



UNIVERSIDAD  
PRIVADA  
DEL NORTE

# FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

## INFLUENCIA DE LOS PORCENTAJES DE CEMENTO Y CAL EN EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL MATERIAL DE LA BASE DE PAVIMENTOS FLEXIBLES -TRUJILLO, 2019

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniera Civil

Autor:

Br. María Lidia Rodríguez Anticona

Asesor:

Ing. Germán Sagástegui Vásquez

Trujillo - Perú

2019

## DEDICATORIA

Al creador de todo el universo, el que me ha dado la vida, la salud y la suficiente fortaleza para continuar; por ello, con toda la humildad de mi corazón, dedico primeramente este proyecto de tesis a Dios.

De igual forma, a mis padres quienes han sido formadores con buenos sentimientos, hábitos y valores, lo cuales me han ayudado a salir adelante en los momentos más difíciles.

A todos mis compañeros por ser una buena influencia en mí y llenarme con buena energía espiritual.

Al programa PRONABEC por haberme brindado la oportunidad de una beca integral completa, para poder estudiar y cumplir mis sueños.

*María Lidia Rodríguez Anticona*

## AGRADECIMIENTO

Este proyecto es el resultado del esfuerzo permanente que he dedicado durante estos años de estudio. Por tal motivo, quiero expresar mi más profundo agradecimiento a los siguientes mencionados:

Ante todo, agradezco a Dios por haberme permitido vivir este día, haberme guiado a lo largo de mi vida y culminar con éxito mis estudios universitarios, por ser mi apoyo, mi luz y camino. Por haberme dado la fortaleza para seguir adelante en aquellos momentos de dificultad

A mis padres **Juan Genaro Rodríguez Reyes** y **Felicita Anticona Vera** por apoyarme en todo momento, por sus consejos, sus valores y por su motivación constante que han logrado en mí a que me convierta en una persona luchadora, a mi hermana **Gabriela Rodríguez** y mis hermanos **Santos Rodríguez** y **Jheyson Rodríguez** los cuales son mi motor y motivo para seguir persiguiendo mis sueños.

Al Programa Nacional de Becas y Crédito Educativo por haberme dado la oportunidad de poder realizar mis sueños estudiando una carrera universitaria, de manera muy especial doy gracias a todo el equipo de PRONABEC – LA LIBERTAD por persuadirme a ser mejor y sus palabras motivadoras.

A mis profesores e ingenieros por impartir sus conocimientos durante estos 5 años. Asimismo, un agradecimiento muy profundo a mis amigos y compañeros de la universidad por su apoyo constante y sabios consejos.

*María Lidia Rodríguez Anticona*

## INDICE DE CONTENIDO

<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>2</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>3</b>
<b>INDICE DE TABLAS .....</b>	<b>6</b>
<b>RESÚMEN.....</b>	<b>8</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>9</b>
<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>10</b>
1.1. Realidad Problemática .....	10
1.2. Formulación del Problema.....	17
1.3. Justificación .....	17
1.4. Objetivos .....	18
1.5. Antecedentes de la investigación.....	19
1.6. Bases teóricas.....	25
1.6.1. Pavimentos .....	25
1.6.1.1. Tipos de Pavimentos .....	27
1.6.1.2. Importancia.....	29
1.6.2. Estabilizaciones.....	29
1.6.3. Cemento .....	30
1.6.4. Cal .....	33
1.6.5. Ensayos de Laboratorio .....	43
<b>CAPÍTULO II. METODOLOGÍA .....</b>	<b>59</b>
2.3. Unidad de estudio, población y muestra .....	60
2.3.1. Unidad de estudio .....	60

2.3.2. Población.....	60
2.3.3. Muestra.....	61
<b>CAPÍTULO III: DESARROLLO DE LA TESIS.....</b>	<b>69</b>
<b>3.1. Ubicación de la cantera.....</b>	<b>69</b>
<b>3.2. Ensayos de laboratorio .....</b>	<b>70</b>
<b>3.2.1. Materiales y Aplicación .....</b>	<b>70</b>
<b>3.2.2. Ensayo de contenido de humedad .....</b>	<b>71</b>
<b>3.2.3. Análisis granulométrico utilizando la norma (MTC E 204). .....</b>	<b>72</b>
<b>3.2.4. Límite líquido utilizando la norma MTC E 110 .....</b>	<b>74</b>
<b>3.2.5. Limite plástico Límite plástico utilizando la norma MTC E 111.....</b>	<b>76</b>
<b>3.2.6. Compactación utilizando la norma MTC E 116 .....</b>	<b>76</b>
<b>3.2.7. Ensayo de CBR (California bearing ratio) .....</b>	<b>80</b>
<b>CAPÍTULO IV: RESULTADOS.....</b>	<b>83</b>
<b>CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES .....</b>	<b>98</b>
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>112</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>117</b>

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1: <i>Utilización de la cal según normas ASTM.</i> .....	36
Tabla 2: <i>Usos de la cal.</i> .....	37
Tabla 3: <i>Usos de la cal.</i> .....	37
Tabla 4. <i>Ensayos y frecuencias.</i> .....	39
Tabla 5. <i>Requerimientos granulométricos para la base granular.</i> .....	40
Tabla 6: <i>Valor Relativo de Soporte, CBR.</i> .....	41
Tabla 7. <i>Requerimientos agregado grueso.</i> .....	41
Tabla 8. <i>Requerimientos de Agregado Fino.</i> .....	42
Tabla 9. <i>Cantidad mínima de muestra de agregado grueso.</i> .....	44
Tabla 10. <i>Cantidad mínima de muestra.</i> .....	46
Tabla 11. <i>Factores del límite líquido.</i> .....	47
Tabla 12. <i>Operacionalización de variables.</i> .....	59
Tabla 13. <i>Población de la Investigación.</i> .....	61
Tabla 14. <i>Muestra de cada ensayo de CBR.</i> .....	61
Tabla 15: <i>Contenido de humedad promedio.</i> .....	83
Tabla 16: <i>Análisis Granulométrico Fracción Gruesa.</i> .....	84
Tabla 17: <i>Análisis Granulométrico Fracción Fina.</i> .....	84
Tabla 18: <i>Ensayo de Límite plástico.</i> .....	85
Tabla 19. <i>Resumen de Proctor modificado patrón y con la adición de cemento y cal.</i> .....	89
Tabla 20. <i>Resumen de CBR patrón y con porcentajes de cemento y cal.</i> .....	97
Tabla 22: <i>Prueba de Normalidad de CBR patrón + CBR con 2% de cemento y cal en 0.1”</i> .....	103
Tabla 23: <i>Prueba de Normalidad de CBR patrón + CBR con 4% de cemento y cal en 0.1”</i> .....	103
Tabla 24: <i>Prueba de Normalidad de CBR patrón + CBR con 2% de cemento y cal en 0.2”</i> .....	104

Tabla 25: Prueba de Normalidad de CBR patrón + CBR con 4% de cemento y cal en 0.2” .....	104
Tabla 26: Prueba de Homogeneidad de varianzas de CBR patrón + CBR con 2% de cemento y cal en 0.1” .....	105
Tabla 27: Prueba de Homogeneidad de varianzas de CBR patrón + CBR con 4% de cemento y cal en 0.1” .....	105
Tabla 28: Prueba de Homogeneidad de varianzas de CBR patrón + CBR con 2% de cemento y cal en 0.2” .....	105
Tabla 29: Prueba de Homogeneidad de varianzas de CBR patrón + CBR con 4% de cemento y cal en 0.2” .....	106
Tabla 30: Prueba de Hipótesis de CBR patrón + CBR con 2% de cemento y cal en 0.1” .....	106
Tabla 31: Prueba de Hipótesis de CBR patrón + CBR con 4% de cemento y cal en 0.1” .....	107
Tabla 32: Prueba de Hipótesis de CBR patrón + CBR con 2% de cemento y cal en 0.2” .....	107
Tabla 33: Prueba de Hipótesis de CBR patrón + CBR con 4% de cemento y cal en 0.2” .....	107
Tabla 34: Prueba de Tukey del CBR patrón + CBR con 2% de cemento y cal en 0.1” .....	108
Tabla 35: Prueba de Tukey del CBR patrón + CBR con 4% de cemento y cal en 0.1” .....	108
Tabla 36: Prueba de Tukey del CBR patrón + CBR con 2% de cemento y cal en 0.2” .....	109
Tabla 37: Prueba de Tukey del CBR patrón + CBR con 4% de cemento y cal en 0.2” .....	109

## RESÚMEN

El objetivo de la actual investigación es determinar la influencia de los porcentajes de cemento y cal en el comportamiento estructural del material de base de pavimentos flexibles, aplicando estabilizadores cal y cemento en la relación de porcentajes de 2% y 4%. Los ensayos se realizaron bajo el manual de ensayos de materiales del MTC, 2016. Para este proyecto, en primer lugar, se procedió a la obtención de la muestra del material de base de la cantera Bauner S.A., luego en el laboratorio de suelos se realizaron los siguientes ensayos: Contenido de humedad (ASTM D2216/MTC E 108/NTP 339 -127) y el análisis granulométrico (ASTM C 136/MTC 204). También se realizó el ensayo de determinación del índice de plasticidad (ASTM D4318/MTC E 111/NTP E 339 -130), por otro lado, con la obtención de los datos anteriores se realizaron los ensayos de compactación (ASTM D 1557 /MTC E 115/NTP 339 -141) y de (CBR) Método del Cuerpo de Ingenieros (MTC E 132). En el ensayo de compactación se determinó la máxima densidad seca y el óptimo contenido de humedad los cuales fueron utilizados para determinar el CBR al 95%, según proctor modificado. Finalmente, se logró de esta manera establecer que con un 2% cemento Portland tipo I se aumenta el CBR patrón de 87.20 en un porcentaje del 8.07% , con el 4% cemento Portland tipo I se aumenta el CBR patrón de 87.20 en un porcentaje del 21.92%, mientras que con la adición de cal de un 2% disminuye la resistencia de un 87.20% en un porcentaje del 3.52% y con la adición de 4% disminuye en un 8.92% con referencia a la muestra patrón.

Palabras clave: CBR, cal, cemento.



## ABSTRACT

The objective of the current research is to determine the influence of the percentages of cement and lime in the structural behavior of the base material of flexible pavements, applying lime and cement stabilizers in the ratio of percentages of 2% and 4%. The tests will be carried out under the manual of materials tests of the MTC, 2016. For this project, firstly, we proceeded to obtain the sample of the base material from the Bauner SA quarry, then in the soil laboratory the following tests: Moisture content (ASTM D2216 / MTC E 108 / NTP 339 -127) and granulometric analysis (ASTM C 136 / MTC 204). The plasticity index determination test was also carried out (ASTM D4318 / MTC E 111 / NTP E 339 -130), on the other hand, with the obtaining of the previous data, the compaction tests were carried out (ASTM D 1557 / MTC E 115 / NTP 339 -141) and (CBR) Engineer Corps Method (MTC E 132). In the compaction test, the maximum dry density and the optimum moisture content were determined, which were used to determine the 95% CBR, according to the modified proctor. Finally, it was achieved in this way to establish that with 2% Portland cement type I the standard CBR of 87.20 is increased in a percentage of 8.07%, with 4% Portland cement type I the standard CBR of 87.20 is increased by a percentage of 21.92%, while the addition of 2% lime decreases the resistance of 87.20% in a percentage of 3.52% and with the addition of 4% decreases by 8.92% with reference to the standard sample.

Key words: CBR, lime, cement.

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad Problemática

En la actualidad del SIGLO XXI, el área de construcción en el mundo ha crecido considerablemente como es en el caso de pavimentos Flexibles, lo cual se ve reflejado en la gran demanda de los materiales de construcción uno de ellos que es la piedra la cual desde épocas muy antiguas se dio su utilización en la construcción de caminos debido a sus características de resistencia, decoración así como también materia prima para la elaboración de otros materiales de construcción. Los Técnicos Romanos construyeron el primer camino empedrado la Vía Apia (Roma-Capua) en el año 312 a. de C. Estos caminos tenían un ancho de 5 a 6 m., de carretera para el pase de dos vehículos y la diferencia para dos paseos laterales. (Rama, sf).

Guía de pavimentos (2004) define;

los pavimentos flexibles son aquellos que tienen una cubierta asfáltica sobre la capa de base granular. El reparto de tensiones y deformaciones se originan por las cargas de rueda del vehículo en la estructura, se da de tal manera que la cubiertita y base granular absorben las tensiones verticales de compresión del suelo original por medio de la absorción de tensiones cizallantes (p.11).

La Calzadas Romanas fueron carreteras de 80.000km que cubrían las provincias conquistadas con espesor de 90 a 120 cm. Edmund J. DeSmedt en 1870 fue quién realizó el primer pavimento asfáltico real en los Estado Unidos, en Broad Street, al frente del City Hall de Hewark. (Tarazona. M, 2015).

La mala calidad del material de la capa base es uno de los motivos por lo que se produce las falla en los pavimentos provocando así que no lleguen a cumplir su vida útil para lo cual son diseñados es decir acortando el tiempo de su duración y

provocando daños en poco tiempo en las distintas calles de la ciudad. Tenemos un claro ejemplo en la calle Octavio Chacón de la zona del Parque Industrial ciudad de Cuenca, Ecuador, ya que se dio el mantenimiento de sus calles con la utilización de bases estabilizadas con cemento ya que en su estudio que realizaron obtuvieron como resultados el valor del CBR oscilaba entre el 40% y el 59%. No cumpliendo con los requisitos de material para bala capa base de un pavimento que debe ser 80% o mayor (Murillo, 2018).

Unos de los problemas que se viene dando en el Perú es que en su gran mayoría de suelos se tiene que realizar un mejoramiento de suelos. Por ejemplo, se realizó un estudio de mejoramiento de la resistencia de suelos del sur, este y norte de Lima para vías a nivel de afirmado, en lo cual, se encontrón con suelos que se clasifican según AASHTO y SUCS de la siguiente forma:

Zona Norte: Carabaylo, AASHTO A-4(0) y según el sistema SUCS este tipo de suelo representa limos orgánicos de baja plasticidad (ML).

Zona Este: Huaycán, AASHTO A-1-b (0) y según el sistema SUCS este tipo de suelo representa a gravas mal graduadas, mezcla de grava y arena con poco o nada de finos (GP).

Zona Sur: Lurín, AASHTO A-3(0) y según el sistema SUCS este tipo de suelo representa una arena pobremente graduada con poco o nada de finos (SP).

Y los resultados de ensayos de consistencia fueron: El suelo de Carabaylo presentó un índice plástico de 6.46%, mientras que para los otros tipos de suelo, Huaycán y Lurín, no presentan límite líquido y límite plástico. (Cortés & Fernández, 2015).

Según Huamán (2009), menciona que;

la explotación de canteras en nuestro país se lleva a cabo con un control de calidad mínimo y a veces no se realiza ninguno, por ende no se está asegurando que el material obtenido cumpla con los requisitos mínimos estipulados en las Normas técnicas empleados en nuestro medio (NTP y ASTM) (p. 8). Por ello se realizará los diferentes ensayos para evaluar la calidad de los materiales de base para pavimentos flexibles de las canteras de Trujillo y poder ayudar a que el pavimento flexible tenga un mejor comportamiento estructural.

En el Perú, en la mayoría de las construcciones la demanda de los agregados es alta. Trujillo, tiene el privilegio en este sentido, ya que cuenta con gran cantidad de zonas de explotación de agregados, denominadas canteras. Sin embargo, distintas canteras comercializadoras de material de base para pavimentos que abastecen a las construcciones de Trujillo, no cuenta con material que cumpla con lo estipulado en normas, esto se debe a que existen canteras informales o no se realizan un buen control en empresas formales, motivo por la cual los pavimentos no se construyen con material con las debidas propiedades. Debido a este problemas muchas de las empresas se preguntarán ¿Que canteras tienen material de calidad? y ¿Dónde comprar material que cumpla con los requisitos requeridos para las construcciones de pavimentos?

Asimismo, Luis De la Vega, de la Asociación de Rescate y Defensa del Apu Cerro Campana ubicado al norte de Trujillo en el Distrito de Huanchaco, denunció que hay promotores de las canteras informales que están invadiendo más del espacio, es decir llegan hasta las faldas del cerro. Por ello, la Municipalidad de Trujillo realizó una gestión al Congreso de la República, sobre la declaratoria de interés nacional y de necesidad

pública den la protección correspondiente de la biodiversidad natural existente y también contribuir al cuidado del patrimonio cultural que se encuentra en este cerro, que en la actualidad es visitado por muchos turistas (RPP Noticias -2013).

(Hernández, Mejía & Zelaya, 2016), Encontraron que los suelos expansivos resultan ser un gran problema para la construcción, porque los incrementos del volumen no se presentan de una manera uniforme, sino todo lo contrario al producirse incrementos en distintas zonas y al momento de contraerse generan asentamientos, que pueden dañar severamente las estructuras, por ello es que se debe añadir 5% de cal en peso al suelo en su estado natural ya que de esta manera se logra incrementar su valor de soporte de 1.93% al 54.00%.

(Cubas, 2017), Realizó una investigación en Cajamarca, Perú en la cual lo realizó usando agregados de río extraído de la cantera Chonta y agregados de cerro extraído de la cantera Bazán y concluye que ninguna de las canteras cumple con los requisitos mínimos de diseño de afirmado según el Manual de carreteras 2013, mientras al realizar combinación de estos cumple con lo requerido, indicándose que la proporción 75%/25% tuvo la mejor capacidad de soporte (CBR).

(Guamán, 2016), Encontró que una de las alternativas para mejorar el suelo es a través de una estabilización física que consiste en mezclar dos suelos e incluso tres suelos, otra de las alternativas es la estabilización química que consiste en incorporar algún aditamento químico al suelo. Los aditamentos químicos utilizados para estabilización de suelos son cemento, cal, sales, polímeros y resinas. Dichos métodos son más efectivos en arcillas cohesivas que la cal influye positivamente en el CBR y el cloruro de sodio no cumple con lo especificado.

(Pico, 2016), Encontró que la estabilización con cal y cloruro de sodio en la subrasante de la vía entre las comunidades de Teligote y Masabachos de la parroquia

Benítez Cantón San Pedro de Pelileo, la cal es el estabilizador más apropiado para la vía ya que ésta da un aumento más del 100% al CBR.

PROESTECH S.A.C. con RUC: 20548510229, Cementos Pacasmayo, 2018, se centran en generar soluciones de pavimentación de alta calidad y durabilidad, optimizando el uso de recursos y cuidando la sustentabilidad ambiental de los procesos desde el año 1999 vienen estabilizando caminos Hidro Ituango -Colombia, Minera la Zanjás, vías secundarias y vías de alto tránsito y lluvias- Perú y también, caminos forestales fundo el Rosal y vías de alto tránsito-Chile.

Es por ello que, el Gerente general del Instituto Vial Provincia de Moyobamba Alberto, 2018, Menciona que tienen registrado 908km en la Provincia de Moyobamba y en comparación con toda la red vial son el 75% de vías abarca las vías vecinales debido a ello es que han estado buscando soluciones que les permitan garantizar una adecuada durabilidad y de reducir acarreos de material granular de cantera por temas de ahorro ya que no cuenta con canteras cercanas y para su transporte de estos demandan de mucho dinero es por ello que ellos toman esta tecnología para el mejoramiento de sus vías.

Por otro lado el encargado ejecutivo de cuentas clave Ing. Arenas, 2018, menciona que el objetivo fundamental de la realización de los tramos de prueba en las diferentes regiones de prueba en el Norte del Perú es demostrar que la estabilización química mejorada es un proceso constructivo fácil práctico.

Asimismo, el jefe de ingeniería PROESTECH Ing. León, 2018, dice que la estabilización química mejorada consiste básicamente en mejorar las propiedades físicas y mecánicas de los suelos ya sea en resistencia, flexibilidad, durabilidad y estabilidad, esto se genera utilizando dos tipos de aditivos un sólido (cemento, cal o puzolana) y un líquido. Estas estabilizaciones son aplicables en carreteras de zonas urbanas, rurales,

puertos, aeródromos, forestales y caminos mineros porque los caminos no necesariamente necesitan resistencia sino que tienen que tener estabilidad frente a lluvias y saturación entre otros.

Del mismo modo, el Administrador del instituto vial de Moyobamba Linares, 2018, Comenta que realizaron ese plan piloto en el centro poblado de los ángeles donde permite la estabilización de suelos debido a la escasa demanda que tienen de material pétreo, se realiza esta estabilización con el fin de obtener pavimentos con mayor durabilidad teniendo en cuenta que el clima allí es muy variado como por ejemplo las lluvias son muy intensas y malogran un afirmado o una rehabilitación que normalmente se ejecutan.

El comportamiento estructural de los pavimentos flexibles en la ciudad de Trujillo hoy en día no está teniendo buenos resultados ya que la gran mayoría están en mal estado, ya que la calidad de los materiales influye mucho, al desarrollarse deterioros en el pavimento se produce una pérdida de serviciabilidad lo que origina una reducción en la vida de servicio prevista del pavimento.

Se puede apreciar como el clima, en especial las lluvias afectan los materiales que conforman la estructura del pavimento modificando sus propiedades físicas y mecánicas, que pueden tener cierto efecto sobre la resistencia, estabilidad, durabilidad y capacidad de carga del pavimento. De igual manera el tráfico, en especial los ejes de carga pesada, ayudan a contribuir a un rápido deterioro de la estructura del pavimento. A medida que pasa el tiempo, el daño causado por estos factores va aumentando, lo que origina fallas a lo largo de la superficie del pavimento, que si no son tratadas o corregidas a tiempo pueden traer como consecuencia el deterioro total de éste.

Las causas de las fallas en el comportamiento estructural se da por:

Fin del período de diseño original y ausencia de acciones de rehabilitación mayor durante el mismo. En este caso la falla es la prevista o esperada.

Incremento del tránsito con respecto a las estimaciones del diseño de pavimento original.

Deficiencias en el proceso constructivo, bien sea en procesos o en la calidad de los materiales empleados.

Otro de la causas es por el diseño deficiente (errores en la estimación del tránsito o en la valoración de las propiedades de los materiales empleados).

Factores climáticos imprevistos (lluvias extraordinarias).

Insuficiencia de estructuras de drenaje superficial y/o subterráneo.

Insuficiencia o ausencia de mantenimiento y/o rehabilitación de pavimentos

(Yarango, 2014, p.55).

Es por ello que en la presente investigación se tiene como objetivo determina la influencia de los porcentajes de cemento y cal en el comportamiento estructural del material de la base de pavimentos flexibles - Trujillo, 2019. Lo que se pretende investigar es si realmente el material de la capa base utilizado en la construcción de pavimentos en la ciudad de Trujillo cumple con el CBR que nos indica la norma, y de no ser así aplicar estabilizadores como es cemento y cal en diversos porcentajes para contribuir con la mejora del mismo, además de ello realizar una comparación de cuál es el estabilizante que nos brinda mejores resultados.

Hoy en día es preciso contar con materiales de calidad para tener un buen comportamiento estructural en cualquier obra. Un material defectuoso o de mala calidad puede provocar accidentes y poner en riesgo la vida de las personas que estén trasladándose a sus hogares respectivos, por motivos de viaje, trabajo, entre otros. Es



decir, si utilizamos malos materiales estos pueden llegar a generar problemas de gran magnitud y por ende una gran cantidad de dinero para su reparación y en otros casos muy perjudicados una nueva construcción de la vía. Además las empresas de hoy en día lo que buscan es su beneficio propio utilizando materiales de bajo precio que hace que las fallas no tarden en aparecer en las vías. Por ello se realizará este trabajo con el fin de poder realizar un mejoramiento y contar con un material de calidad o que cumpla con los requisitos estipulados en la norma, y por ende las empresas o entidad al momento de realiza el expediente técnico puedan tener en consideración que se va realizar una mejora del material y no tengan que reparar fallas al poco tiempo de terminar la ejecución.

## **1.2. Formulación del Problema**

¿Cómo influyen los porcentajes de cemento y cal en el comportamiento estructural del material de base de pavimentos flexibles, Trujillo, 2019?

## **1.3. Justificación**

Ante la falta de un control de calidad de los materiales utilizados para realizar la construcción de pavimentos flexibles, los cuales por no cumplir con los requisitos mínimos estipulados en normas, vienen perjudicando las estructuras de estos, resulta de vital interés conocer sus propiedades de los agregados y a partir de ahí buscar la manera de cómo solucionar este problema de los pavimentos flexibles.

La investigación busca proporcionar información que será útil para la población de Trujillo y alrededores, en principal a las empresas constructoras ya que tendrán mayor conocimiento sobre las propiedades de los agregados de las canteras

de Trujillo, y por ende ver si los estabilizadores cal y cemento influyen positivamente o negativamente en comportamiento estructural del material de la base de un pavimento.

El presente proyecto surge de la necesidad de comparar el comportamiento estructural del material de base de pavimentos flexibles aplicando estabilizadores cal y cemento, para ver si estos estabilizadores nos ayudan a mejorar el comportamiento estructural o no. Debido a que en Trujillo no existen investigaciones similares ya que se ha realizado la estabilización a nivel de sub-rasante más no en la base de un pavimento flexible.

En este proyecto se realiza con la finalidad de que los materiales de las canteras que no cumple con las normativas también sean utilizados con la estabilización con cal o cemento, para así de esa manera contribuir con el medio ambiente bajando la explotación de canteras en mucho lugares. Ya que se puede ver que los materiales al no cumplir con los requisitos son inservibles, solo son utilizados en las construcciones los que cumplen.

## **1.4. Objetivos**

### **1.4.1. Objetivo General**

Determinar la influencia de los porcentajes de cemento y cal en el comportamiento estructural del material de base de pavimentos flexibles - Trujillo, 2019.

### **1.4.2. Objetivos Específicos**

**O.E.01.** Determinar las propiedades físico – mecánicas del material de base en pavimentos flexibles de la cantera Bauner .S.A.

**O.E.02.** Determinar la influencia del cemento en porcentajes de 2% y 4% en el comportamiento estructural del material de base de pavimentos flexibles.

**O.E.03.** Determinar la influencia de la cal en porcentajes de 2% y 4% en el comportamiento estructural del material de base de pavimentos flexibles.

## **1.5. Antecedentes de la investigación**

### **1.5.1. Nivel Internacional**

**Propuesta de estabilización de suelos arcillosos para su aplicación en pavimentos rígidos en la facultad Multidisciplinaria Oriental de la universidad de el Salvador.**

(Hernández et al., 2016), realizaron un estudio el cual tenía como objetivo analizar las mejoras en el comportamiento de un suelo arcilloso mediante la utilización de cal como agente estabilizador, para ser utilizado como sub rasante de pavimentos rígidos en la Facultad Multidisciplinaria Oriental de la Universidad de El Salvador. Sus variables de diseño fueron; las propiedades de la sub rasante, características de los materiales, importancia del tránsito y factores de medio ambiente. En cuanto a los resultados obtenidos en cuanto al ensayo de CBR indica que en un suelo posee un valor de CBR de 1.93 % en su estado natural, lo que lo convierte en un suelo inadecuado para formar parte de la sub rasante, mientras que con la adición de cal de un 5% en peso genero un CBR de 54.00 %. Concluyendo que se debe añadir 5% de cal en peso al suelo en su estado natural ya que de esta manera se logra incrementar su valor de soporte de 1.93% al 54.00% (ps. 165-166) .

Cabe mencionar que este antecedente es de suma importancia para el este proyecto de investigación ya que nos permite tener una noción que al adicionar 5% de cal si ayuda a mejorar en gran porcentaje el CBR de una capa de un pavimento.

**Estudio del comportamiento de un suelo arcilloso estabilizado por dos métodos químicos (cal y cloruro de sodio).**

(Guamán, 2016). Analizar el comportamiento de un suelo arcilloso estabilizado con componentes químicos (cal y cloruro de sodio) en el laboratorio. Teniendo como muestra la calicata de 1m<sup>3</sup> ya que se encontró el mismo estrato en una profundidad de 1m y la adición de cal en un 2,5% - 7,5% y 12,5%. Asimismo se tiene como resultado que el CBR del suelo más cal en un 7,5% y 12,5% con valores de 20,8% y 26% cumplen con lo establecido por las Especificaciones requeridas ya que son mayores que el CBR mínimo que es de 20%. Mientras que el suelo estabilizado con cloruro de sodio no cumple con lo requerido. Concluyendo que la cal influye positivamente en el CBR y el cloruro de sodio no cumple con lo especificado (ps.60-66).

Esta tesis es de vital importancia para la aplicación de esta investigación ya que nos ayuda a tener una idea más clara de la influencia positiva de la estabilización con cal en las propiedades del suelo.

**Análisis comparativo de la estabilización de la subrasante de la vía entre las comunidades de Teligote y Masabachos de la parroquia Benítez Cantón San Pedro de Pelileo, con cal y cloruro de sodio para realizar el diseño de pavimentos de la misma.**

(Pico, 2016), Diseñar la vía de las comunidades de Teligote y Masabachos de la parroquia Benítez con su respectiva estabilización. La metodología utilizada es de tipo investigativo y de campo. Después de analizar los resultados de CBR se de en comparación con el estabilizador con cal y cloruro de sodio se tiene como resultado que el material óptimo para realizar la estabilización es la cal. Llegando a la conclusión que el la cal es el estabilizador más apropiado para la vía ya que ésta da un aumento más del 100% al CBR (p.136).

Como aporte a este trabajo de investigación podemos ver que al compararlo los dos estabilizantes con la muestra patrón la que da mayor beneficio en la estabilización es la cal y nos ayuda a tener una mayor noción para tener en consideración una hipótesis verdadera.

**Pruebas de resistencia y calidad del suelo para la elaboración del bloque de adobe suelo cemento en la construcción de viviendas mínimas unifamiliares en el Municipio de San Rafael del Sur Comunidad La Gallina (de Agosto – Noviembre 2016).**

(Rivas y Cerrato, 2016), Determinar la resistencia y calidad del suelo para la elaboración del bloque de adobe suelo cemento en la construcción de viviendas mínimas unifamiliares en el Municipio de San Rafael del Sur Comunidad La Gallina. El diseño de la investigación es de tipo descriptiva y experimental, se tiene como muestra la que quedó determinada en uno de los bancos de material llamado Banco.2. Donde se obtuvo como resultado que su humedad óptima del 25.3%, alcanzando una densidad seca máxima de 1555kg/cm<sup>3</sup> y una resistencia a la compresión de 85.3kg/cm<sup>2</sup>. Asimismo se concluye que; con la adición de los estabilizantes se alcanzó una resistencia máxima a la compresión de 1217 PSI o 85 kg/cm<sup>2</sup>;

sobrepasando la resistencia mínima de la normativa que es de 200 PSI o 50 kg/cm<sup>2</sup> (p.84).

Esta investigación es de suma importancia para poder tomar decisiones en aplicar como estabilizador cemento ya que si nos ayuda a tener una mayor resistencia al ser añadido diferentes porcentajes Asimismo nos da una noción importante que si nos ayudará a tener resultados positivos. Por otro lado, ya que el presente trabajo trata de estabilizar la base de pavimentos flexibles con esta variable que es el cemento.

### 1.5.2. Nivel Nacional

#### **Comportamiento estructural del material de base de pavimentos flexibles, al adicionar cemento portland, 2016.**

(Benavides, 2016), Determinar el comportamiento estructural del material de base de pavimentos flexibles, al adicionar cemento Portland tipo I. Las variables de estudio fueron; adición de cemento Portland tipo I y comportamiento estructural. Para la recolección de información de la presente investigación se utilizó el método analítico o tanteos sucesivos. Asimismo, se aplicó el diseño de investigación experimental, teniendo como población especímenes de material de base para pavimentos flexibles, con adición de cemento Portland tipo I. En cuanto a los resultados obtenidos, indica que, el CBR de la combinación de agregados (muestra patrón) es 86.30%, el CBR adicionando 2% de cemento Portland tipo I es 95.80%, el CBR adicionando 4% de cemento Portland tipo I es 106.50% y el CBR al adicionar 6% de cemento Portland tipo I es 122.10%. Concluyendo que cumple al adicionar 2% de cemento ya que el CBR aumentó en 9.50%; pero no cumple cuando se adiciona 4% y 6% de cemento ya que el CBR se incrementó en 20.20% y 35.80% respectivamente (p.69).

Este estudio es importante como antecedente para el desarrollo de la investigación debido a que nos indica que el cemento si ayuda a mejorar el comportamiento estructural de una base de pavimento flexible.

**Determinación de la resistencia de la subrasante incorporando cal estructural en el suelo limo arcilloso del sector 14 Mollepampa de Cajamarca, 2015.**

(García, 2015), Determinar la resistencia de la subrasante al incorporar cal estructural en el suelo limo arcilloso del sector 14 Mollepampa de Cajamarca. Teniendo como variables de estudio; resistencia de la subrasante y Cal estructural. Se utilizó el diseño de investigación experimental, teniendo como población al Sector 14 Mollepampa, como unidad de estudio un suelo limo arcilloso del sector 14 Mollepampa de Cajamarca y como muestra la Calle Jr. 23 de Septiembre. Los resultados obtenidos son los siguientes (*Ver en anexo 1*).

Concluyendo que la resistencia de la subrasante limo arcillosa aumenta al incorporar cal estructural por medio del ensayo CBR, al 2% de cal se tiene un CBR de 5.30%, incorporando 4% de cal un CBR de 6.30%, incorporando 6% de cal un CBR de 7.20%, e incorporando 8% de cal un CBR de 8.05 (p.73).

Este antecedente es importante para este proyecto ya que permite conocer que la cal si ayuda a mejorar en la resistencia de un pavimento, además nos brinda una idea del porcentaje de estabilizador que se debe utilizar.

**Evaluación de las canteras en la provincia de Trujillo y la proporción de arena fina, para morteros de enlucido, sobre sus propiedades físicas, químicas y mecánicas, en el año 2017.**

(Aguinaga & Narro ,2017), Evaluar las canteras de Trujillo y las proporciones de arena fina para morteros de enlucido, sobre sus propiedades físicas, químicas y mecánicas. Las variables de estudio fueron; canteras de Trujillo, proporción de arena fina, propiedades físicas, propiedades químicas y propiedades mecánicas. Se utilizó el diseño de investigación experimental, teniendo como población morteros de cemento para enlucido y como muestra morteros elaborados con agregado fino de las canteras: Mudarra, Lekersa, Alfa y Omega, y La Esperanza, constituido por 144 probetas. El muestreo es no probabilístico por conveniencia, con 3 repeticiones como mínimo. En cuanto a los resultados obtenidos, indican que el menor porcentaje de absorción, con 14.179%, lo presentó la cantera Mudarra, tuvo una resistencia a la compresión de 168 kg/cm<sup>2</sup>, es la de mejor calidad, respecto a sus propiedades físicas, química y mecánicas. Concluyendo que, los menores valores son alcanzados por la cantera Mudarra, para la absorción con un valor mínimo de 14.179% y máximo de 21.390, a comparación de la cantera Esperanza, con una intensidad de velo grueso, y una absorción mínima de 14.657% y máxima de 23.766%. También, se obtuvo la proporción óptima para una alta resistencia a la compresión en los morteros de enlucido, la cual fue la relación de una parte de cemento y cuatro partes de arena, con 168 Kg/cm<sup>2</sup> del material procedente de la cantera Mudarra (p.65).

Este estudio es importante como antecedente para el desarrollo de la investigación debido a que orienta a conocer las situaciones de las canteras que abastecen con material para las construcciones de pavimentos en Trujillo, y en este tema de investigación dar alternativas de solución para mejorar sus propiedades de



dichos materiales, para de esa manera poder contar con material de calidad, de tal manera que al momento de construir los pavimentos puedan cumplir su vida útil estimado.

## 1.6. Bases teóricas

### 1.6.1. Pavimentos

En la clasificación de carreteras en el Perú tenemos dos, por demanda y por orografía, dentro de la clasificación por demanda las carreteras se dividen en tres clases: Carreteras de primera clases, carreteras de segunda clase y carreteras de tercera clase y dentro de su clasificación por orografía tenemos: Terreno plano, ondulado, accidentado y escarpado. (Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG – 2018, ps.12-14).

Según el Manual de Carreteras de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos (2014), el pavimento es una estructura de capas superpuestas de materiales que cumplen con el requerimiento estipulados para cada una de las capas y son ejecutadas sobre la subrasante con el fin de transmitir las cargas provocadas por los vehículos hacia la subrasante y con la finalidad de tener la mejor comodidad y seguridad.

Asimismo, señala que las capas que se encuentra en general en los tipos de pavimentos son.

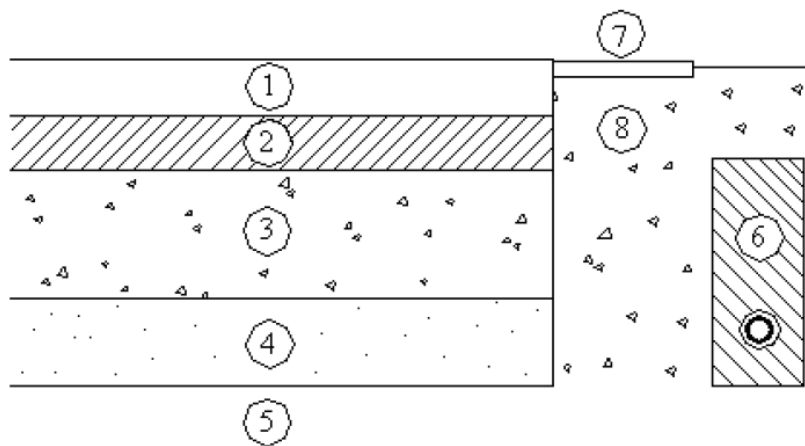
- **Capa de Rodadura:** Es la última capa de un pavimento, que puede ser bituminosa, de concreto de cemento Portland o adoquinada, con la finalidad de sostener directamente las cargas provocadas por el tránsito.

- **Base:** Es la capa que se encuentra entre la capa de rodadura y la subbase encargada de transmitir las cargas de los vehículos a la subbase. En esta capa se utilizará material granular drenante ( $CBR \geq 80\%$ ) o mejorado.
- **Subbase:** Es la capa que se encuentra al inferior de la capa base y superior a la subrasante encargada de transmitir las cargas de a de los vehículos, carpeta de rodadura y base. De acuerdo al tipo de diseño y dimensionamiento del pavimento, esta capa no se puede ser considerada. Esta capa es de material granular ( $CBR \geq 40\%$ ) o mejorado (p. 21).

De acuerdo al manual completo de Diseño de Pavimentos UMSS (s.f.) los pavimentos están compuestos por:

- |                     |                               |
|---------------------|-------------------------------|
| 1. Capa de Rodadura | 5. Subrasante                 |
| 2. Capa Base        | 6. Sub-drenaje longitudinal   |
| 3. Capa Sub-base    | 7. Revestimiento de Hombreras |
| 4. Suelo Compactado | 8. Sub-base de Hombreras      |

**Fig. 1.** *Sección típica de un pavimento.*



**Fuente:** Instituto Tecnológico de Aeronáutica, Ingeniería de Pavimentos, Brasil, 2000.

### 1.6.1.1. Tipos de Pavimentos

Motejo (2002), Clasifica los pavimentos en: pavimentos flexibles, rígidos y articulados.

#### a) Pavimentos Flexibles

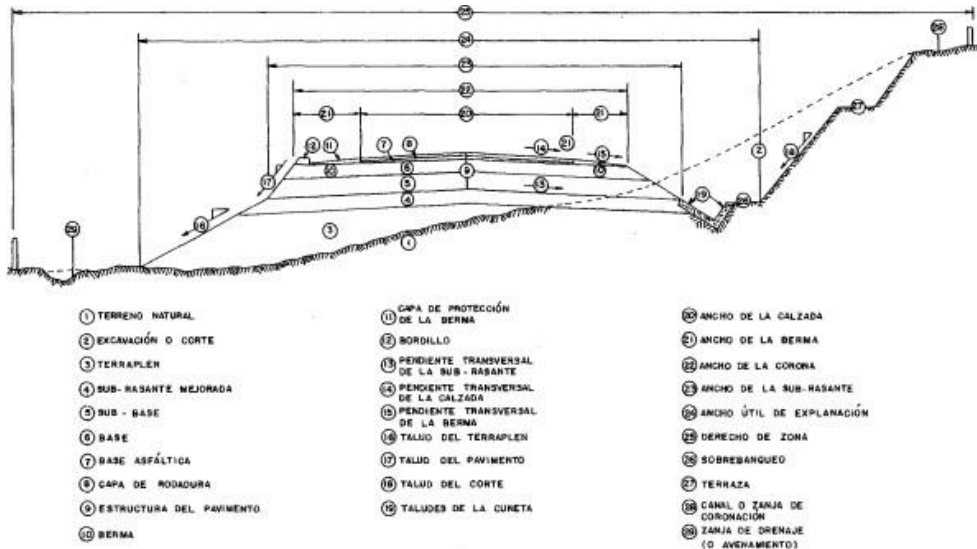
Son los que cuentan con una capa de asfalto sobre su capa base granular, su repartimiento de tensiones y deformaciones presentes por las cargas vehiculares generadas en la estructura, se da de tal manera que las capas de asfalto y base disipan las tensiones verticales de compresión del suelo de fundación por intermedio de la disipación de tensiones cizallantes ocasionando su fisuración por fatiga provocadas por las cargas repetitivas del tráfico, Asimismo, ocasionarán la aparición de hundimientos en la trilla de rueda, cuando el tráfico tiene una tendencia a ser canalizado (Guía de Pavimentos, 2004, p.11).

Motejo (2002), indica que los pavimentos flexibles están formados por una carpeta bituminosa ubicada sobre dos capas no rígidas, la base y la sub-base. Asimismo indica que No obstante cualquiera de estas capas puede no considerarse dependiendo de las necesidades en particular de cada obra. (p. 3).

**Fig. 2.** *Capas de pavimentos flexibles.*



Fig. 3. Sección típica de un pavimento.



Fuente. Motejo, 2002.

Fuente. Motejo, 2002.

## b) Pavimentos Rígidos

Motejo (2002), describe a los pavimentos rígidos como aquellos que están compuestos por una losa de concreto hidráulico, ubicada sobre sobre la sub rasante o sobre una capa, de material seleccionado, denominada sub-base del pavimento rígido, la cual debido a la gran rigidez del concreto hidráulico y elevado coeficiente de elasticidad, la distribución de los esfuerzos es repartida en una zona muy amplia. (p. 6).

Son aquellos en los que la losa de concreto de cemento Portland (C.C.P.) es el principal componente estructural, que alivia las tensiones en las capas subyacentes por medio de su elevada resistencia a la flexión, cuando se generan tensiones y deformaciones de tracción en el inferior de la losa provocan su fisuración por fatiga, después de un cierto número de repeticiones de carga. (Guía de Pavimentos, 2004, p.11).

### c) Pavimentos Articulados

Los pavimentos articulados están conformados por una capa de rodadura que está fabricada con bloques de concreto prefabricados, llamados adoquines, de espesor uniforme e iguales entre sí. Esta puede ir sobre una capa de espesor mínimo de arena la cual, a su vez, se apoya sobre una capa de base granular o directamente sobre la subrasante, dependiendo de la calidad de ésta y de la magnitud y frecuencia de las cargas que transiten por dicho pavimento (Motejo, 2002, p.7).

#### 1.6.1.2. Importancia

Los pavimentos flexibles son de gran importancia por su suavidad de su carpeta de rodadura, ya que esta permite que los vehículos que circulan por estos pavimentos gasten menos combustible y por ende ayudan a conservar mejor las reservas naturales del planeta. (Pavimentos flexibles, 2014, p.1).

#### 1.6.2. Estabilizaciones

Solminihac, Echeverría y Thenoux (S.f), en su artículo Estabilización Química de Suelos: Aplicaciones en la construcción de estructuras de pavimentos, Las estabilizaciones de suelos son de suma importancia para poder mejorar los suelos para las diferentes construcciones en este caso como es la construcción de pavimentos flexibles se puede estabilizar la sub rasante de suelos arcillosos o de aquellos que no cumplen con el CBR requerido en este para el mejoramiento de la base de dicho pavimento.

La estabilización de suelos con cemento consiste en agregar cemento Portland a un suelo previamente pulverizado y permitir que esta mezcla se endurezca por la hidratación del cemento. Los principales factores que afectan las

propiedades físicas de un suelo cemento son: tipo de suelo, cantidad de cemento, grado de mezclado, tiempo de curado y densidad seca de la mezcla compactada. Un amplio rango de suelos pueden ser estabilizados con cemento Portland, en todo caso, la mayor eficiencia y economía en comparación con otros aditivos se logra en arenas y arcillas con baja a media plasticidad.

Si el índice de plasticidad excede en 30%, la mezcla del cemento y el suelo se hace muy difícil. Si el cemento se va a usar para estabilizar suelos de muy alta plasticidad, entonces primero se debe agregar cal para reducir el índice de plasticidad y mejorar la trabajabilidad y luego agregar el cemento. Como el efecto beneficioso de la estabilización con cal es el resultado de varias reacciones entre la parte fina del suelo y la cal, los suelos granulares finos responden más favorablemente al uso de la cal como estabilizante. Se recomienda que la fracción bajo malla N°200 del suelo sea mayor de 10% y que el Índice de Plasticidad sea mayor de 10.

### **1.6.3. Cemento**

Sanjúan. M, & Chinchón. S, (2014) citan a:

Los cementos según la norma europea UNE-EN 197-1:2011, son conglomerantes hidráulicos, que finamente molidos y mezclados con agua resulta una pasta que fragua y endurece, debido a las reacciones de hidrólisis e hidratación de sus diversos componentes, obteniendo como resultado de estos productos hidratados mecánicamente resistentes y estables al aire como al agua. (p.18). Es por ello que se utilizará para estabilizar la base del pavimento flexible para brindar una mejor resistencia y por ende un mejor comportamiento estructural ya que es una capa del

pavimento que está expuesta a soportar altos niveles de carga, debido a que se encuentra ubicada cerca a la superficie de rodadura.

### **1.6.3.1. Cemento Portland**

Sanjuán y Chinchón (2015), indican que el cemento fragua y endurece tanto en el aire como sumergido en agua. Se trata, por consiguiente, de un conglomerante hidráulico. El más conocido y el más utilizado de todos los cementos es el cemento portland.

(Vidaud, 2013), nos dice que el cemento, (un aglomerante), al mezclarse con el agua se hidrata; iniciándose así complejas reacciones químicas que lo convierten en una pasta moldeable con buenas propiedades adherentes. Al fraguar en pocas horas y endurecer progresivamente, el cemento adquiere una consistencia pétreo. Este comportamiento, es sin duda, su principal atractivo y es el responsable de que se haya convertido en el conglomerante más económico y versátil empleado en la industria de la construcción moderna.

### **1.6.3.2. Tipos de Cemento Portland**

Cemento Portland uso y tipos (s.f.), da a conocer los tipos de cemento portland y su respectivo uso, teniendo los siguientes:

Tipo I: el cemento portland tipo I es el normal, usado en la construcción de obras de hormigón en general, viviendas, edificaciones, estructuras etc, se utiliza cuando las especificaciones de construcción, no indican el uso de otro tipo de cemento.

Tipo II: El cemento Portland tipo II tienen una resistencia media a los ataques de sulfatos, con o sin calor moderado de hidratación, se usa en obras de construcción en general y en construcciones expuestas a la acción moderada de los

sulfatos, o que requieren un calor de hidratación moderado, cuando así este consignado en las especificaciones de construcción, por lo general es el cemento utilizado en la realización de tuberías de hormigón y puentes. Su precio es muy similar al cemento portland tipo I.

Tipo III: el Cemento Portland tipo III, alcanza una resistencia inicial alta, su resistencia a la compresión a los 3 días, es igual a la resistencia a la compresión en siete días de los cementos tipos I y II.

Es usado cuando se necesita un hormigón que debe ser desencofrado antes de los 28 días y recibirá cargas muy pronto, como en el caso de los elementos prefabricados o construcciones de emergencia.

Tipo IV: El Cemento Portland tipo IV es usado cuando se necesita un bajo calor de hidratación sin producirse dilataciones durante la etapa de fraguado. El calor desprendido durante la hidratación se produce más lento. Es utilizado en estructuras de hormigón muy grandes, como los diques.

Tipo V: El Cemento Portland tipo V es usa en la construcción de elementos y obras que necesiten una resistencia elevada al ataque concentrado de sulfatos y álcalis, como en las alcantarillas, canales de conducción e infraestructuras portuarias.

Los cementos Portland Tipos Ia, IIa y IIIa tienen la misma composición que los tipos I, II y III normales. La única diferencia es que en los tipos Ia, IIa, IIIa, tienen un agente incorporador de aire que se muele en la mezcla. La incorporación de aire debe cumplir con la especificación opcional de mínimo y máximo se encuentra en el manual de la ASTM. Estos tipos sólo están disponibles en el este de Estados Unidos y Canadá, la incorporación de aire a este tipo de cementos, mejora la resistencia a la congelación cuando hay bajas temperaturas.



### **1.6.3.3. Estabilización con Cemento**

Cualquier suelo que no tenga cantidades excesivas de materia orgánica puede ser tratado con cemento para mejorar su comportamiento mecánico; las únicas limitaciones estriban en lo difícil que pueda resultar un adecuado mezclado de cemento, lo que llega a ser muy difícil en arcillas suaves y húmedas o las que puedan surgir en suelos muy gruesos limpios, que no suelen requerir estabilización por tener propiedades suficientemente buenas y en las que el uso de cemento no conduce a mejoramientos substanciales de esas propiedades, pero puede, en cambio, introducir graves problemas de agrietamiento en suelos tratados (Rico y Del Castillo, 1977).

### **1.6.4. Cal**

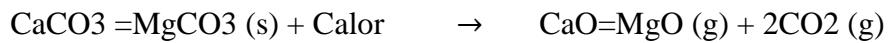
La cal es considerada uno de los materiales de construcción más antiguos, ya que la más antigua utilización de la cal es de unos 4000 años antes de Jesucristo aplicadas en los revestimientos de las pirámides de Egipto. (Villarino. A, sf, p.20).

Producto resultante de la descomposición de las rocas calizas por la acción del calor. (INVIAS, 2012). Asimismo (Brummer 2011), da a conocer que hasta la revolución industrial y el descubrimiento del cemento en 1824 en Pórtland, Inglaterra, la cal ha sido el principal ligante de la construcción en morteros, revestimientos y pinturas.

#### **1.6.4.1. Clasificación**

(Coloma, 2008). Lo clasifica en:

- a) **Dolomita.**- La dolomita es el carbonato de calcio-magnesio doble, el que se desintegra en óxido de calcio-magnesio (CaO=MgO) al calcinarlo, formando así la siguiente reacción química.

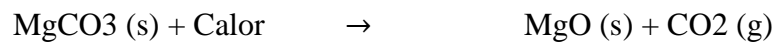


Dolomita

Cal viva dolomítica

Y está constituido comúnmente por un 35% a 40% de MgO.

- b) **Magnesita.**- Es el carbonato de magnesio, que al ser sujeto a calcinación se disgregación en óxido de magnesio, obteniendo lo siguiente:

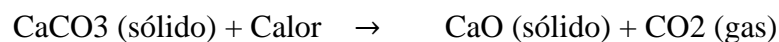


Magnesita

cal viva magnesiana, magnesia o periclase

Producto con una solubilidad de  $6,8 \times 10^{-3}$  g/l a 0°C y de  $3 \times 10^{-3}$  g/l a 100°C.

- c) **Calcita.**- Es el carbonato de calcio, que al calcinarlo se desintegra en óxido de calcio (CaO) y anhídrido carbónico, conforme a la siguiente reacción química:

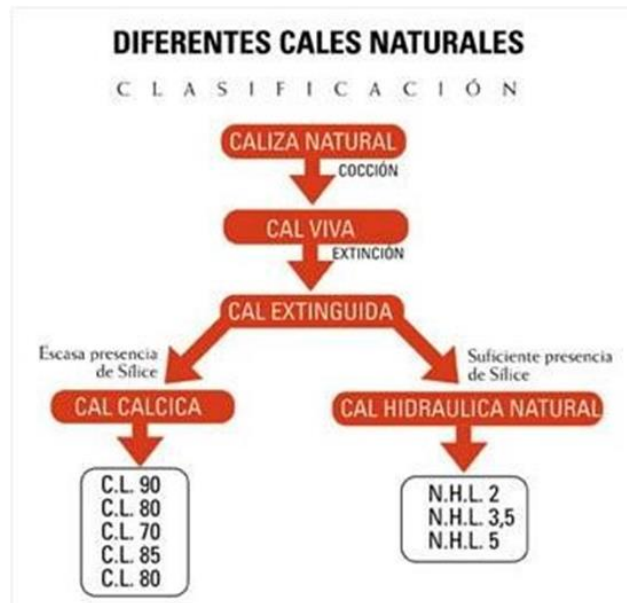


Calcita

cal viva calcítica

El contenido de MgO oscila a entre 0,5% a 2,5%. Si éste carbonato contiene cantidades sustanciales de sílice, alúmina, hierro, se obtiene la cal viva hidráulica. (p.41)

**Fig. 2.** Clasificación de cales.



**Fuente.** Coloma, 2008.

#### 1.6.4.2. Tipos

(Coloma, 2008). Describe los siguientes tipos de cal:

- a) **Cal viva.-** Se encuentra conformada por óxido de calcio con óxido de magnesio u por óxido y está se hidrata con agua. Existen dos tipos: la cal viva dolomítica y la cal viva de alto calcio.
- b) **Cal apagada o hidratada.** Esta cal para lograr una hibridación adecuada se forma de la mezcla de cal viva y agua. Obteniendo un polvo muy hidratado fino y seco. Tenemos tres tipos: Cal apagada de alto calcio, cal apagada dolomítica especial y cal apagada dolomítica normal.
- c) **Cal Apagada Hidráulica.** Es un mezcla de cal apagada de alto calcio con puzolana ceniza volante, arcilla u cualquier otro material que contenga sílice libre activa y alúmina, con el fin de que se genere en forma natural la hibridación de los aluminatos cálcicos y silicatos, que sean capaces de

endurecerse bajo agua como en el aire, ya que son los que dan las propiedades de conglomerante hidráulico.

- d) **Cal Aérea.**- Es la cal viva hidratada a la intemperie, donde por lo general se obtiene una mezcla de cal viva, cal apagada y cal recarbonatada.
- e) **Cal Refractaria.**- Es usualmente cal viva dolomítica, Tiene una mínima tendencia o nada de convertirse en hidróxido y es la que ha sido extremadamente calcinada (pp.60-74).

### 1.6.4.3. Uso.

Las normas norteamericanas A.S.T.M. nos brinda la cal de acuerdo al uso requerido. En la Tabla 7 se mencionan algunas de ellas (p.74)

**Tabla 1:** *Utilización de la cal según normas ASTM.*

NORMA ASTM	UTILIZACIÓN
C5-79	Cal viva para propósitos estructurales.
C45-25 (R-79)	Cal viva y cal hidráulica para el tratamiento de desechos de papel.
C46-62 (R-79)	Cal viva y calizas para fabricación de pulpas de sulfito.
C49-57 (R79)	Cal viva y cal Hidratada para fabricacio de ladrillos silicicos.
C53-63(R76)	Cal viva y cal hidratada para el trataiento de agua.
C141-67(R-78)	Cal hiráulica hidratada para propósitos estucturales.
C206-79	Cal hidratada de Terminación
C207-79	Cal hidratada para albañilería.
C258-52(R-79)	Cal viva para fabricar carburo de calcio.

**Fuente:** American National Standard ASTM.

**Tabla 2:** *Usos de la cal.*

<b>INDUSTRIA</b>	<b>CONSTRUCCIÓN</b>	<b>AGRICULTURA</b>
Química orgánica e inorgánica	Ladrillos silícicos	Mejoramiento de terrenos
Tratamiento de aguas	Ladrillos ligeros	Nutriente vegetal
Tratamiento de agua vía osmosis inversa	Hormigón liviano	Abonos
Papel y pulpa	Morteros	Insecticida, fungicida
Alimentos y subproductos	Pavimentos asfálticos	
Producción de azúcar	Estabilización de suelos	
Petrolíferos	Revestimientos protectores	
Centrales térmicas de generación eléctrica		

**Fuente:** Coloma, 2008.

**Tabla 3:** *Usos de la cal.*

<b>MINERÍA METÁLICA</b>	<b>MINERÍA NO METÁLICA</b>	<b>OTROS</b>
	En la obtención de sales de yodos	
Fundición	y nitratos	Pigmentos
En fundiciones de cobre		Barnices
En Cianuración de minerales auríferos y argentíferos	En la obtención de colemanita sintética, en faenas productoras de ácido bórico	
		Caucho-gomas

	En la obtención de ulexita	Control de
En Flotación alcalina	granulada	contaminación
En estabilización de ripios	En la obtención de nitrato de	
de lixiviación	potasio granulado	Cultivos marinos
	En la obtención de litio	Granjas
	En tratamiento de aguas o riles	

---

**Fuente:** Coloma, 2008.

#### **1.6.4.4. Estabilización de Suelos con Cal**

Adición de cal a un suelo en cantidad suficiente para promover reacciones puzolánicas duraderas que se traduzcan en aumentos de resistencia y en un mejoramiento permanente de la estabilidad (INVIAS, 2012).

La cal puede ser utilizada en el tratamiento de suelos, en varios grados o cantidades, dependiendo del objetivo. Una mínima cantidad de cal para tratamiento se utiliza para secar y modificar temporalmente los suelos. Tal tratamiento produce una plataforma de trabajo para la construcción de caminos temporales. Un mayor grado de tratamiento – respaldado por las pruebas, diseño y las técnicas apropiadas de construcción – producen la estabilización estructural permanente del suelo. Para el tratamiento de suelos se puede utilizar cal viva (óxido de calcio – CaO) o cal hidratada (hidróxido de calcio – Ca [OH]<sub>2</sub>). (Manual de estabilización de suelo tratado con cal. LIME, 2004)

#### **1.6.4.5. Ensayos a Realizar para una base granular**

Según el Ministerio de Transportes y comunicaciones (EG, 2013). Para cualquier volumen o procedencia se tomarán cuatro muestras para los ensayos y frecuencias que se muestran en la Tabla 403-05.

**Tabla 4.** *Ensayos y frecuencias.*

Material o producto	Propiedades y Características	Método de ensayo	Norma ASTM	Norma AASHTO	Frecuencia (1)	Lugar de Muestreo
	Granulometría	MTC E 204	C 136	T 27	750m <sup>3</sup>	Cantera (2)
	Límite Líquido	MTC E 110	D 4318	T 89	750m <sup>3</sup>	Cantera (2)
	Índice de plasticidad	MTC E 111	D 4319	T 90	750m <sup>3</sup>	Cantera (2)
	Abración Los Angeles	MTC E 207	C 131	T 96	2.000m <sup>3</sup>	Cantera (2)
	Equivalente de Arena	MTC E 114	D 2419	T 176	2.000m <sup>3</sup>	Cantera (2)
	Sales Solubles	MTC E 219			2.000m <sup>3</sup>	Cantera (2)
<b>Base Granular</b>	CBR	MTC E 132	D 1883	T 193	2.000m <sup>3</sup>	Cantera (2)
	Partículas Fracturadas	MTC E 210	D 5821		2.000m <sup>3</sup>	Cantera (2)
	Partículas Chatas y Alargadas		D 4791		2.000m <sup>3</sup>	Cantera (2)
	Durabilidad del Sulfato de Magnesio	MTC E 209	C 88	T 104	2.000m <sup>3</sup>	Cantera (2)
	Densidad y Humedad	MTC E 115	D 1557	T 180	750m <sup>3</sup>	Pista
	Compactación	MTC E 117	D 4718	T 191	250 m <sup>3</sup>	
		MTC E 124	D 2922	T 238		Pista

**Fuente:** MTC (EG, 2013).

**Notas:**

(1) O antes, si por su génesis, existe variación estratigráfica horizontal y vertical que originen cambios en las propiedades físico-mecánicas de los agregados. En caso de que los metrados del Proyecto no alcancen las frecuencias mínimas especificadas se exigirá como mínimo un ensayo de cada propiedad y /o característica.

(2) Material preparado previo a su uso.

#### 1.6.4.6. Granulometría

De acuerdo al Ministerio de Transportes y comunicaciones (EG, 2013). La granulometría del material base será bien graduada y continua siguiendo los requerimientos plasmados en la Tabla N° 1 (Tabla 403-01, DG-2013). Como nos encontramos en Trujillo zona con altitud menor a 3.000 msnm. No se considerará la gradación "A".

**Tabla 5.** *Requerimientos granulométricos para la base*

Tamiz	Porcentaje que pasa en Peso			
	Gradación A	Gradación B	Gradación C	Gradación D
50 mm (2")	100	100		
25 mm (1")		75 - 95	100	100
9.5 mm (3/8")	30 - 65	40 - 75	50 - 85	60 - 100
4.75 mm (N° 4)	25 - 55	30 - 60	35 - 65	50 - 85
2.0 mm (N° 10)	15 - 40	20 - 45	25 - 50	40 - 70
4.25 mm (N° 40)	8 - 20	15 - 30	15 - 30	25 - 45
75 um (N° 200)	2 - 8	5 - 15	5 - 15	8 - 15

**Fuente:** ASTM D 1241.

También se tendrá en cuenta el valor relativo de soporte indicado en la Tabla N° 6 (Tabla 403-02, DG-2013).



**Tabla 6:** *Valor Relativo de Soporte, CBR.*

<b>Valor Relativo de Soporte, CBR(1)</b>	Tráfico en ejes Equivalentes ( $<10^6$ )	Min. 80%
	Tráfico en ejes Equivalentes ( $\geq 10^6$ )	Min. 100%

(1) Referido al 100% de la Máxima Densidad Seca y una Penetración de Carga de 0.1" (2.5mm)

**Fuente:** MTC (EG, 2013).

#### 1.6.4.7. Agregado Grueso

Son aquellos que quedan en la malla N° 4, este agregado debe cumplir con los requerimientos de la Tabla N° 3 (Tabla 403-03, según EG, 2013).

**Tabla 7.** *Requerimientos agregado grueso.*

Ensayo	Norma MTC	Norma ASTM	Norma AASHTO	Requerimiento Altitud	
				< 3.000 msnm	$\geq 3.000$ msnm
Partículas con una cara fracturada	MTC E 210	D 5821		80% min	80% min
Partículas con dos caras fracturada	MTC 210	D 5822		40% min	50% min
Abrasión los Ángeles	MTC 207	C 131	T 96	40% máx.	40% máx.
Partículas Chatas y Alargadas (1)		D 4791		15% máx.	15% máx.
Sales solubles totales	MTC 219	D 1888		0.5% máx.	0.5% máx.
Durabilidad al sulfato de magnesio	MTC 209	C 88	T 104		18% máx.

**Fuente:** MTC (EG, 2013).

#### 1.6.4.8. Agregado Fino.

Se denominará así a los materiales que pasan la malla N° 4, que podrán provenir de fuentes naturales, procesados o combinación de ambos. Deberán cumplir las características, indicadas en la Tabla N°4 (Tabla 403-04, según EG, 2013).

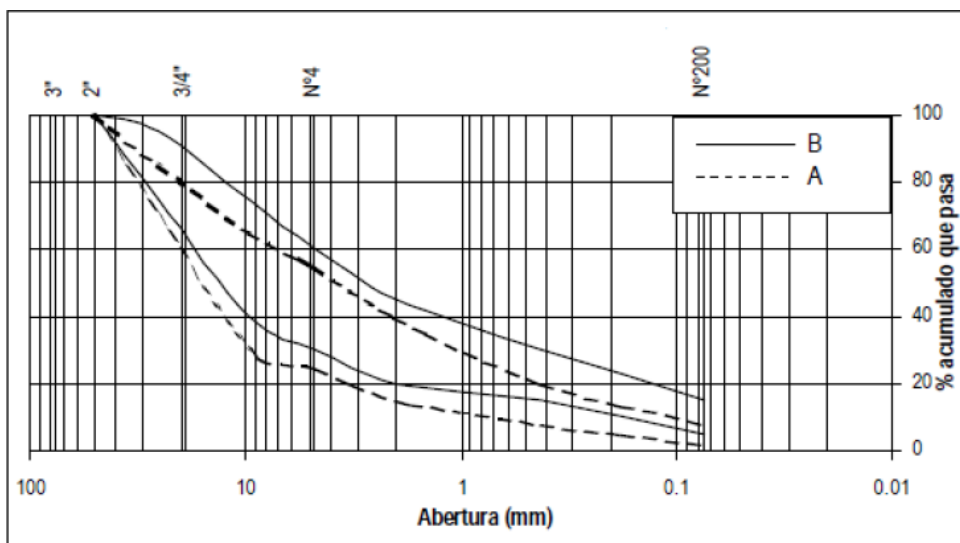
**Tabla 8.** *Requerimientos de Agregado Fino.*

Ensayo	Norma	Requerimientos	
		Altitud	
		<3.000 msnm	>= 3.000 msnm
Índice plástico	MTC E 111	4% máx.	2% mín.
Equivalente de arena	MTC E 114	35% mín.	45% mín.
Sales solubles	MTC E 219	0.5% máx.	0.5% máx.
Durabilidad al sulfato de magnesio	MTC E 209	.....	15%

**Fuente:** MTC (EG, 2013).

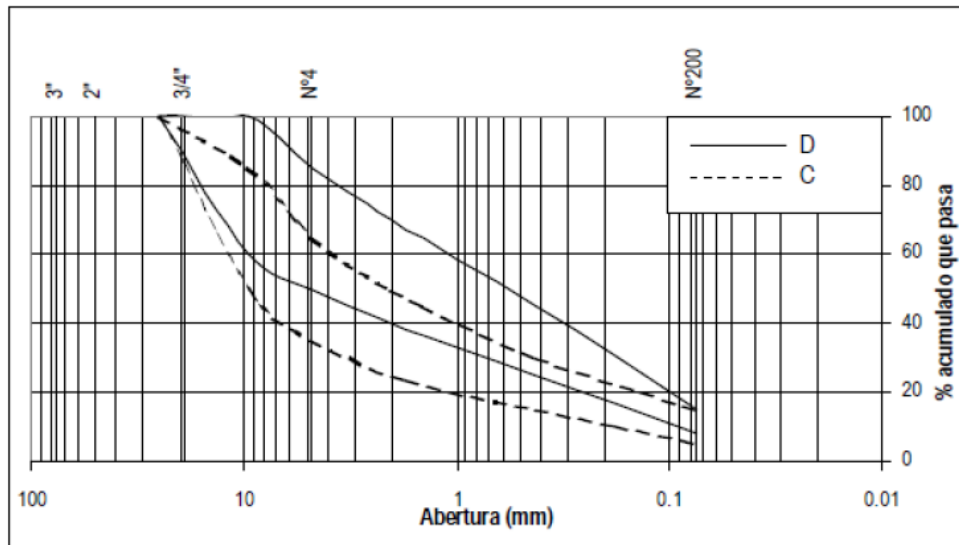
#### 1.6.4.9. Husos granulométricos para base de pavimento

**Fig.3.** *Huso granulométrico para materiales de sub-base y base granular (MTC) - Gradaciones A y B.*



**Fuente:** MTC, 2000.

**Fig.4.** Huso granulométrico para materiales de sub-base y base granular (MTC) - Gradaciones C y D.



**Fuente:** MTC, 2000.

- **Calidad de agregados**

Para verificar la calidad de un determinado banco de materiales, estos deben ser sometidos a ensayos de suelos, debiendo cumplir con las especificaciones técnicas emitidas por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones 2016.

### 1.6.5. Ensayos de Laboratorio

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

#### 1.6.5.1. Análisis 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)

#### **1.6.5.2. Análisis Granulométrico de agregados gruesos y finos (MTC E 204).**

Se aplica para determinar la gradación de materiales propuestos para uso como agregados o los que están siendo usados como tales. Los resultados serán usados para determinar el cumplimiento de la distribución del tamaño de partículas con los requisitos exigidos en la especificación técnica de la obra y proporcionar datos necesarios para el control de producción de agregados.

**Agregado fino:** La cantidad de muestra de agregado fino, después de secado, debe ser de 300 g. mínimo.

**Agregado grueso:** La cantidad de muestra de agregado grueso, después de secado, debe ser de acuerdo a lo establecido en la siguiente tabla 6 (Tabla 1 MTC E 2014).

**Tabla 9.** *Cantidad mínima de muestra de agregado grueso.*

Tamaño Máximo Nominal Abertura Cuadrada		Cantidad Mínima de muestra de ensayo
mm	(pulg)	Kg
9.5	(3/8)	1
12.5	(1/2)	2
19	(3/4)	5
25	1	10
37.5	1 1/2	15
50	2	20
63	2 1/2	35
75	3	60
90	3 1/2	100
100	4	150
125	5	300

**Fuente:** MTC, 2016.

#### **1.6.5.2.1. Cantidad de material fino que pasa el tamiz de 75 $\mu\text{m}$ (N° 200) por lavado (MTC E 202).**

Los resultados de este ensayo son incluidos en el cálculo del ensayo de granulometría y la cantidad total del material más fino que el tamiz de 75  $\mu\text{m}$  (N° 200) además del obtenido por tamizado en seco en la misma muestra es reportado con los resultados de granulometría. Usualmente, la cantidad adicional del material más fino que 75  $\mu\text{m}$

obtenido en el proceso de tamizado en seco es una cantidad pequeña. Si ésta es muy grande, la eficiencia de la operación de lavado debe ser chequeada. Esto también puede ser indicativo de degradación del agregado. Las cantidades que se usan, se describen en la siguiente tabla 6.

**Tabla 10.** *Cantidad mínima de muestra.*

<b>Tamaño máximo nominal de agregado</b>			<b>Peso mínimo de la muestra (g)</b>
4,75 mm	(N°4) ó menor		300
9,5 mm	(3/8")		1 000
19,0 mm	(3/4")		2 500
37,5 mm	(1 1/2")		5 000

**Fuente:** MTC, 2016.

### Cálculos

Calcular la cantidad de material que pasa el tamiz de 75 µm (N° 200) por lavado con agua, como sigue:

$$A = \frac{B - C}{B} \times 100$$

**Ecuación N° 1**

Donde:

A = Porcentaje del material fino que pasa el tamiz de 75 µm (N° 200) por lavado.

B = Peso seco de la muestra original, en gramos.

C = Peso seco de la muestra después de lavado, en gramos.

### 1.6.5.3. Límite líquido (MTC E 110).

Es el contenido de humedad, expresado en porcentaje, para el cual el suelo se halla en el límite entre los estados líquido y plástico. Arbitrariamente se designa como el contenido de humedad al cual el surco separador de dos mitades de una pasta de suelo se cierra a lo largo de su fondo en una distancia de 13 mm (1/2") cuando se deja caer la copa 25 veces desde una altura de 1 cm a razón de dos caídas por segundo.

#### Cálculos

$$LL = W^n \left(\frac{N}{25}\right)^{0.121} \quad \text{O} \quad LL = kW^n$$

#### Ecuación N° 2

Donde:

N = Números de golpes requeridos para cerrar la ranura para el contenido de humedad.

$W_n$  = Contenido de humedad del suelo.

**Tabla 11.** Factores del límite líquido.

N (Número de golpes)	k (Factor para límite líquido)
20	0.974
21	0.979
22	0.985
23	0.990
24	0.995
25	1.000
26	1.005
27	1.009
28	1.014
29	1.018
30	1.022

**Fuente:** MTC, 2016.

#### 1.6.5.4. Límite plástico utilizando la norma MTC E 111

Este método de ensayo es utilizado como una parte integral de varios sistemas de clasificación en ingeniería para caracterizar las fracciones de grano fino de suelos. El límite líquido, el límite plástico, y el índice de plasticidad de suelos con extensamente usados, tanto individual como en conjunto, con otras propiedades de suelo para correlacionarlos con su comportamiento ingenieril tal como la compresibilidad, permeabilidad, compactibilidad, contracción-expansión y resistencia al corte.



Los plásticos de un suelo pueden utilizar con el contenido de humedad natural de un suelo para expresar su consistencia relativa o índice de liquidez y puede ser usado con el porcentaje más fino que  $2\mu\text{m}$  para determinar su número de actividad.

### Cálculos

$$\text{Límite Plástico} = \frac{\text{Peso de agua}}{\text{Peso de suelo secado al horno}} \times 100$$

#### *Ecuación 3*

### Cálculos de índice de plasticidad

$$\text{I.P.} = \text{L.L.} - \text{L.P.}$$

#### *Ecuación 4*

L.L. = Límite Líquido

P.L. = Límite Plástico

L.L. y L.P., son números enteros

**Tabla 12.** Clasificación del suelo según si 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:** Manuel de Carreteras “Suelo, Geología, Geotecnia y Pavimentos ,2014”.

#### 1.6.5.5. 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 13 y 14, cabe recalcar que para este sistema de clasificación se utiliza la carta de plasticidad Figura 3 (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), arena o grava bien graduada con partículas de limos (SW-SM, GWGM); 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 13. 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
		Gravas con finos (cantidad apreciable de finos)	GP	Gravas pobremente gradadas, mezclas grava – arena, poco o ningún fino.  No cumple todos los requisitos de gradación para GW.
			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
		Arenas con finos (cantidad apreciable de finos)	SP	Arenas pobremente gradadas, arenas gravosas, pocos o ningún fino.  No cumplen todos los requisitos de gradación para SW.
			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

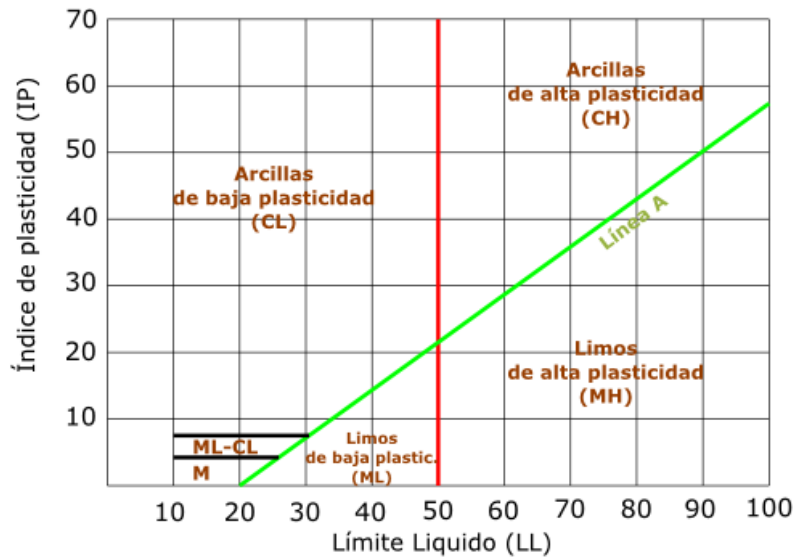
Fuente: Bañón & Bevia, 2000.

Tabla 14. 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.	<p>1. Determinar el porcentaje de arenas y gravas de la curva Granulométrica.</p> <p>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</p> <p>CARTA DE PLASTICIDAD</p>
		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.	
	Limos y arcillas (Límite Líquido WL > 50)	MH	Limos inorgánicos, suelos limosos o arenosos finos micáceos o diatomáceos, suelos elásticos.	
		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: Bañon & Bevia, 2000.

## Gráfica de plasticidad del USCS



**Figura 3:** Carta de plasticidad de Casagrande para suelos

**Fuente:** Bañón & Beviá, 2000

### 1.6.5.6. Compactación en laboratorio utilizando (Proctor modificado) (MTC E 115).

Este ensayo abarca los procedimientos de compactación usados en laboratorio, para determinar la relación entre el contenido de agua y peso unitario seco de los suelos (curva de compactación) compactados en un molde de 101.6 o 152.4 mm (4'' o 6'') de diámetro con un pisón de 44.5 N (10 lbf) que cae de una altura de 457 mm (18''), produciendo una energía de compactación de (2 700 KN-m/m<sup>3</sup> (56 000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>)). Se proporciona 3 métodos alternativos. El método usado debe ser indicado en las especificaciones del material a ser ensayado. Si el método no está especificado, la elección se basará en la gradación del material.

#### **METODO "A"**

- Molde: 101.6 mm de diámetro (4'')
- Material: Se emplea el que pasa por el tamiz 4.75 mm (Nº 4).

- Número de capas: 5.
- Golpes por capa: 25.
- Uso: Cuando el 20% o menos del peso del material es retenido en el tamiz 4.75 mm (Nº 4).
- Otros Usos: Si el método no es especificado; los materiales que cumplen éstos requerimientos de gradación pueden ser ensayados usando el método B o C.

### **METODO "B"**

- Molde: 101.6 mm (4'') de diámetro.
- Materiales: Se emplea el que pasa por el tamiz de 9.5 mm (3/8'').
- Número de Capas: 5.
- Golpes por capa: 25.
- Usos: Cuando más del 20% del peso del material es retenido en el tamiz 4.75 mm (Nº 4) y 20% o menos de peso del material es retenido en el tamiz 9.5 mm (3/8'').
- Otros Usos: Si el método no es especificado, y los materiales entran en los requerimientos de gradación pueden ser ensayados usando el método C.

### **METODO "C"**

- Molde: 152.4 mm (6'') de diámetro.
- Materiales: Se emplea el que pasa por el tamiz 19.0 mm (3/4'').
- Número de Capas: 5.
- Golpes por Capa: 56.
- Uso: Cuando más del 20% en peso del material se retiene en el tamiz 9.5 mm (3/8'') y menos de 30% en peso es retenido en el tamiz 19.0 mm (3/4'').

- El molde de 152.4 mm (6'') de diámetro no será usado con los métodos A o B.

### Cálculos

Peso unitario seco: Calcular la densidad húmeda (ecuación 3), la densidad seca (ecuación 4) y luego el peso unitario seco (ecuación 5) como sigue:

$$\rho_m = 1000 \times \frac{(M_t - M_{md})}{V}$$

#### *Ecuación N° 5*

Donde:

$\rho_m$  = Densidad húmeda del espécimen compactado (Mg/m<sup>3</sup>).

$M_t$  = Masa del espécimen húmedo y molde (kg).

$M_{md}$  = Masa del molde de compactación (kg).

$V$  = Volumen del molde de compactación (m<sup>3</sup>).

$$\rho_d = \frac{P_m}{1 + \frac{W}{100}}$$

#### *Ecuación N° 6*

$\rho_d$  = Densidad seca del espécimen compactado (Mg/m<sup>3</sup>).

$W$  = Contenido de agua (%).



$$\gamma_d = 62,43 \rho_d \text{ en } \frac{\text{lb}}{\text{pie}^3}$$

$$\gamma_d = 9,807 \rho_d \text{ en } \frac{\text{KN}}{\text{m}^3}$$

**Ecuación N°7**

Donde:

$\gamma_d$ =Peso unitario seco del espécimen compactado.

**Tabla 15:** Condiciones para ensayo de 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

Fuente: NTP 339.141, 1999.

**1.6.5.7. CBR (California bearing ratio) en laboratorio (MTC E 132).**

Describe el procedimiento de ensayo para la determinación de un índice de resistencia de los suelos denominado valor de la relación de soporte, que es muy conocido, como CBR (California bearing ratio). El ensayo se realiza normalmente sobre suelo preparado en el laboratorio en condiciones determinadas

de humedad y densidad; pero también puede operarse en forma análoga sobre muestras inalteradas tomadas del terreno. Este método de ensayo se usa para evaluar la resistencia potencial de subrasante, subbase y material de base, incluyendo materiales reciclados para usar en pavimentos de vías y de campos de aterrizaje. El valor de CBR obtenido en esta prueba forma una parte integral de varios métodos de diseño de pavimento flexible.

**Cálculo:**

$$CBR = 100 \times \frac{\text{Carga unitaria del ensayo}}{\text{Carga unitaria patrón}}$$

*Ecuación N° 8*

### 1.7. Hipótesis

El cemento influye significativamente en el comportamiento estructural del material de base de pavimentos flexibles hasta en un 10% al adicionar 2% de cemento Portland Tipo I.

La cal influye significativamente en el comportamiento estructural del material de base de pavimentos flexibles hasta en un 5% al adicionar 2% de cal.

## CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

### 2.1. Operacionalización de variables

**Tabla 16.** Operacionalización de variables.

		OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES			
VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	
DEPENDIENTE	Comportamiento Estructural	Higera, C. (2012).El comportamiento estructural del pavimento está asociado las características de las cargas del tránsito, las propiedades de los materiales y los espesores de las capas que conforman un pavimento, que estará sometido durante su período de vida útil; ya que las cargas de los vehículos pesados producen una pérdida lenta y progresiva de la capacidad de soporte de la estructura del pavimento.		Capacidad portante del suelo CBR	CBR 0.1” CBR 0.2”
INDEPENDIENTES	Porcentajes de cemento	Sanjuán y Chinchón (2015), citan a la norma europea UNE-EN 197-1:2011, que «Los cementos son conglomerantes hidráulicos, esto es, materiales artificiales de naturaleza inorgánica y mineral, que finamente molidos y convenientemente amasados con agua forman pastas que fraguan y endurecen a causa de las reacciones de hidrólisis e hidratación de sus constituyentes.	Se realizará la extracción del material para base de pavimentos flexibles de una de las canteras que abastece a Trujillo como es Bauner S.A. Se estudiará con la realización de ensayos en el Laboratorio de UPN bajo el manual de ensayos de materiales del MTC, 2016.	Dosificación de agente estabilizador	Adición de cemento Portland Tipo I al 2% Adición de cemento Portland Tipo I al 4%
	Porcentaje de cal	Producto resultante de la descomposición de las rocas calizas por la acción del calor. (INVIAS, 2012). Asimismo (Brummer 2011), da a conocer que hasta la revolución industrial y el descubrimiento del cemento en 1824 en Pórtland, Inglaterra, la cal ha sido el principal ligante de la construcción en morteros, revestimientos y pinturas.		Dosificación de agente estabilizador	Adición de cal al 2% Adición de cal al 4%

**Fuente:** Elaboración propia, 2019.

## 2.2. Diseño de investigación

El presente proyecto de investigación es de tipo experimental porque se tiene un control sobre las variables, debido a que las variables independientes se manipulan para poder determinar su influencia sobre la variable dependiente, para ello se trabaja con diferentes muestras variando los porcentajes de adición de cal y cemento y de esta manera se obtendrán diferentes resultados.

Por lo cual, el diseño es experimental puro porque reúne los dos requisitos de control y validez interna, ya que puede controlar y limitar las variaciones de porcentaje de adición de las variables independientes, para luego analizar la variable dependiente.

**Figura 4:** *Diseño de Investigación.*



**Fuente:** Elaboración propia, 2019.

## 2.3. Unidad de estudio, población y muestra

### 2.3.1. Unidad de estudio

La unidad de estudio serán los especímenes de suelo adicionado cal y cemento portland tipo I, donde el suelo a utilizar será de la Cantera Bauner S.A. de la ciudad de Trujillo.

### 2.3.2. Población.

Todos los especímenes de material base para pavimentos flexibles, con adición de cemento y cal para determinar la influencia en el comportamiento estructural.

### 2.3.3. Muestra

La técnica de muestreo es no probabilístico por juicio ya que se tendrá especímenes de material base de la cantera Bauner S.A. con adición de cemento y cal para pavimentos flexibles y comparar su comportamiento estructural. Para esto se utilizará las diferentes muestras de cada ensayo, estipuladas en el manual de ensayos de materiales del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016.

**Tabla 17.** *Población de la Investigación.*

ADICIONANTES	CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)		
	DOSIFICACIÓN	CANTERA BAUNER S.A.	CBR
Patrón	0	3	3
Cal	2%	3	3
	4%	3	3
Cemento Portlandd Tipo I	2%	3	3
	4%	3	3
TOTAL		15	15

**Fuente:** Elaboración Propia, 2019.

**Tabla 18.** *Muestra de cada ensayo de CBR.*

MUESTRA	CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)		
	N° DE MUESTRAS	N° DE GOLES	N° DE CAPAS
Patrón	3	10, 25 y 56	5
adición de 2% de cemento	3	10, 25 y 56	5
adición de 4% de cemento	3	10, 25 y 56	5
adición de 2% de cal	3	10, 25 y 56	5
adición de 4% de cal	3	10, 25 y 56	5
TOTAL	15		

**Fuente:** Elaboración Propia, 2019.

## **2.4. Técnicas e instrumentos y procedimiento de recolección de datos**


### **2.4.1. Técnicas de recolección de datos**

Se utilizará la técnica de la observación de tipo directo, mediante esto se va a seleccionar, ver y registrar para luego analizar el comportamiento estructural de la base al adicionar cemento en porcentajes 2, 4 y 6 % y cal en porcentajes 2, 4 y 6 % respectivamente, considerando el cumplimiento del manual de ensayos de materiales 2016. Además el personal de laboratorio será el encargado de supervisar todos los ensayos de laboratorio. Los cuales son:

- Contenido de humedad (MTC E108)
- Análisis granulométrico utilizando la norma (MTC E 204).
- Límite líquido utilizando la norma MTC E 110
- Límite plástico utilizando la norma MTC E 111
- Compactación utilizando la norma MTC E 116
- CBR utilizando la norma MTC E 132

### **2.4.2. Instrumentos de recolección de datos**

El instrumento de recolección de datos a utilizar es la guía de observación, mediante el uso de este instrumento se registrarán los datos más importantes para posteriormente ser analizados.

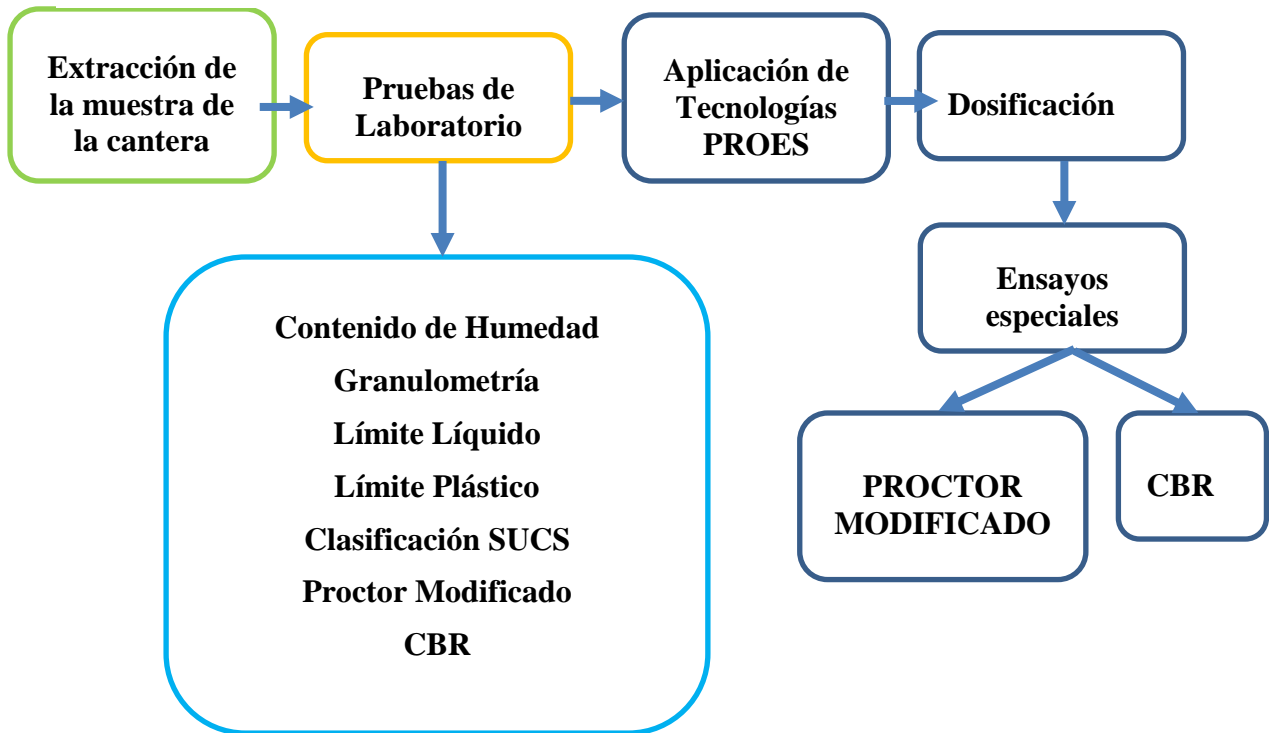
LABORATORIO DESUELOS-UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE TRUJILLO																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	PROTOCOLO																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
	ENSAYO:	CALIFORNIA BERING RATIO - CBR						CÓDIGO DEL DOCUMENTO CBR-LS-UPNT:1																																																																																																																																																																																																																																																																																											
	NORMA:	ASTM D 188 /MTC E 132																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
	PROYECTO:	INFLUENCIA DE LOS PORCENTAJES DE CEMENO Y CAL EN EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL MATERIAL DE BASE DE PAVIMENTOS FLEXIBLES -TRUJILLO, 2019																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
CANTERA:		UBICACIÓN																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
FECHA DE MUESTREO CAMPO:		TIPO DE MATERIAL:																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
FECHA DE MUESTREO LAB:		RESPONSABLE:																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
FECHA DE ENSAYO		REVISADO POR:																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2" style="text-align: left;">DESCRIPCIÓN</th> <th rowspan="2" style="text-align: left;">UND</th> <th colspan="6" style="text-align: center;">CALIFORNIA BEARING RATIO-CBR PARA MUESTRA PATRÓN</th> </tr> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">1</th> <th colspan="2" style="text-align: center;">2</th> <th colspan="2" style="text-align: center;">3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>N° Capas</td> <td></td> <td colspan="2" style="text-align: center;">5</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">5</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">5</td> </tr> <tr> <td>N° Golpes por capa</td> <td></td> <td colspan="2" style="text-align: center;">10</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">25</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">56</td> </tr> <tr> <td>Condición de Muestra</td> <td></td> <td style="text-align: center;">Antes</td> <td style="text-align: center;">Después</td> <td style="text-align: center;">Antes</td> <td style="text-align: center;">Después</td> <td style="text-align: center;">Antes</td> <td style="text-align: center;">Después</td> </tr> <tr> <td>Peso Molde</td> <td style="text-align: center;">gr</td> <td colspan="6"></td> </tr> <tr> <td>Peso Muestra húmeda + Peso Molde</td> <td style="text-align: center;">gr</td> <td colspan="6"></td> </tr> <tr> <td>Peso Muestra húmeda</td> <td style="text-align: center;">gr</td> <td colspan="6"></td> </tr> <tr> <td>Vmh</td> <td style="text-align: center;">cm<sup>3</sup></td> <td colspan="6"></td> </tr> <tr> <td>Densidad Húmeda: Dh</td> <td style="text-align: center;">gr/cm<sup>3</sup></td> <td colspan="6"></td> </tr> <tr> <th colspan="10" style="text-align: left;">CONTENIDO DE HUMEDAD</th> </tr> <tr> <td>Ensayo N°</td> <td style="text-align: center;">N°</td> <td style="text-align: center;">1-A</td> <td style="text-align: center;">1-B</td> <td style="text-align: center;">1-C</td> <td style="text-align: center;">2-A</td> <td style="text-align: center;">2-B</td> <td style="text-align: center;">2-C</td> <td style="text-align: center;">3-A</td> <td style="text-align: center;">3-B</td> <td style="text-align: center;">3-C</td> </tr> <tr> <td>Peso Recipiente</td> <td style="text-align: center;">gr</td> <td colspan="9"></td> </tr> <tr> <td>Peso Muestra húmeda + Recipiente</td> <td style="text-align: center;">gr</td> <td colspan="9"></td> </tr> <tr> <td>Peso Muestra Seca + Recipiente</td> <td style="text-align: center;">gr</td> <td colspan="9"></td> </tr> <tr> <td>Peso del Agua</td> <td style="text-align: center;">gr</td> <td colspan="9"></td> </tr> <tr> <td>Peso Muestra seca</td> <td style="text-align: center;">gr</td> <td colspan="9"></td> </tr> <tr> <td>Contenido de Humedad; W%</td> <td style="text-align: center;">%</td> <td colspan="9"></td> </tr> <tr> <td>Promedio Contenido de Humedad</td> <td style="text-align: center;">%</td> <td colspan="9"></td> </tr> <tr> <td>Densidad Máxima Seca; Ds</td> <td style="text-align: center;">gr/cm<sup>3</sup></td> <td colspan="9"></td> </tr> <tr> <td colspan="10" style="text-align: center;"> <math display="block">Ds = \frac{Dh}{\left(1 + \frac{W\%}{100}\right)}</math> </td> </tr> <tr> <th colspan="10" style="text-align: left;">Dimensiones del Molde</th> </tr> <tr> <td>Altura</td> <td style="text-align: center;">cm</td> <td colspan="9"></td> </tr> <tr> <td>Dámetro</td> <td style="text-align: center;">cm</td> <td colspan="9"></td> </tr> <tr> <th colspan="10" style="text-align: left;">Disco Esparcidor</th> </tr> <tr> <td>Altura</td> <td style="text-align: center;">cm</td> <td colspan="9"></td> </tr> <tr> <td>Dámetro</td> <td style="text-align: center;">cm</td> <td colspan="9"></td> </tr> <tr> <th colspan="10" style="text-align: left;">Peso de la Muestra</th> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">gr</td> <td colspan="9"></td> </tr> </tbody> </table>										DESCRIPCIÓN	UND	CALIFORNIA BEARING RATIO-CBR PARA MUESTRA PATRÓN						1		2		3		N° Capas		5		5		5		N° Golpes por capa		10		25		56		Condición de Muestra		Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después	Peso Molde	gr							Peso Muestra húmeda + Peso Molde	gr							Peso Muestra húmeda	gr							Vmh	cm <sup>3</sup>							Densidad Húmeda: Dh	gr/cm <sup>3</sup>							CONTENIDO DE HUMEDAD										Ensayo N°	N°	1-A	1-B	1-C	2-A	2-B	2-C	3-A	3-B	3-C	Peso Recipiente	gr										Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr										Peso Muestra Seca + Recipiente	gr										Peso del Agua	gr										Peso Muestra seca	gr										Contenido de Humedad; W%	%										Promedio Contenido de Humedad	%										Densidad Máxima Seca; Ds	gr/cm <sup>3</sup>										$Ds = \frac{Dh}{\left(1 + \frac{W\%}{100}\right)}$										Dimensiones del Molde										Altura	cm										Dámetro	cm										Disco Esparcidor										Altura	cm										Dámetro	cm										Peso de la Muestra											gr									
DESCRIPCIÓN	UND	CALIFORNIA BEARING RATIO-CBR PARA MUESTRA PATRÓN																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
		1		2		3																																																																																																																																																																																																																																																																																													
N° Capas		5		5		5																																																																																																																																																																																																																																																																																													
N° Golpes por capa		10		25		56																																																																																																																																																																																																																																																																																													
Condición de Muestra		Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después																																																																																																																																																																																																																																																																																												
Peso Molde	gr																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Peso Muestra húmeda + Peso Molde	gr																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Peso Muestra húmeda	gr																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Vmh	cm <sup>3</sup>																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Densidad Húmeda: Dh	gr/cm <sup>3</sup>																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
CONTENIDO DE HUMEDAD																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
Ensayo N°	N°	1-A	1-B	1-C	2-A	2-B	2-C	3-A	3-B	3-C																																																																																																																																																																																																																																																																																									
Peso Recipiente	gr																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Peso Muestra Seca + Recipiente	gr																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Peso del Agua	gr																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Peso Muestra seca	gr																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Contenido de Humedad; W%	%																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Promedio Contenido de Humedad	%																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Densidad Máxima Seca; Ds	gr/cm <sup>3</sup>																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
$Ds = \frac{Dh}{\left(1 + \frac{W\%}{100}\right)}$																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
Dimensiones del Molde																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
Altura	cm																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Dámetro	cm																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Disco Esparcidor																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
Altura	cm																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Dámetro	cm																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Peso de la Muestra																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
	gr																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
OBSERVACIONES:																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
RESPONSABLE DEL ENSAYO			COORDINADOR DE LABORATORIO				ASESOR																																																																																																																																																																																																																																																																																												
NOMBRE:			NOMBRE:				NOMBRE:																																																																																																																																																																																																																																																																																												
FECHA:			FECHA:				FECHA:																																																																																																																																																																																																																																																																																												

LABORATORIO DESUELOS-UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE TRUJILLO											
PROTOCOLO											
UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	ENSAYO: CALIFORNIA BERING RATIO - CBR						CÓDIGO DEL DOCUMENTO CBR-LS-UPNT:2				
	NORMA: ASTM D 188 /MTC E 132										
	PROYECTO: INFLUENCIA DE LOS PORCENTAJES DE CEMENO Y CAL EN EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL MATERIAL DE BASE DE PAVIMENTOS FLEXIBLES -TRUJILLO, 2019										
CANTERA:				UBICACIÓN							
FECHA DE MUESTREO CAMPO:				TIPO DE MATERIAL:							
FECHA DE MUESTREO LAB:				RESPONSABLE:							
FECHA DE ENSAYO				REVISADO POR:							
LECTURA DE PENETRACIÓN - MUESTRA PATRÓN											
PENETRACIÓN			MOLDE N°1			MOLDE N°2			MOLDE N°3		
Medida	mm	pulg	N° de Divisiones	Carga (lb)	Efuerzo (lb/pulg2)	N° de Divisiones	Carga (lb)	Efuerzo (lb/pulg2)	N° de Divisiones	Carga (lb)	Efuerzo (lb/pulg2)
1	0.00	0.000									
2	0.64	0.025									
3	1.27	0.050									
4	1.91	0.075									
5	2.54	0.100									
6	3.18	0.125									
7	3.81	0.150									
8	5.08	0.200									
9	7.62	0.300									
10	10.16	0.400									
11	12.70	0.500									
OBSERVACIONES:											
RESPONSABLE DEL ENSAYO				COORDINADOR DE LABORATORIO				ASESOR			
NOMBRE:				NOMBRE:				NOMBRE:			
FECHA:				FECHA:				FECHA:			



### 2.4.3. Procedimiento de recolección de datos

**Figura 5:** *Procedimiento de recolección de Datos.*



**Fuente:** Elaboración propia, 2019.

## 2.5. Métodos, instrumentos y procedimientos de análisis de datos

### 2.5.1. Método de análisis de datos

En el presente proyecto de investigación para realizar el análisis estadístico de datos se empleará el método analítico o tanteos sucesivos (Granulometría) para encontrar los porcentajes de agregados de la cantera Bauner. S.A. y ver que cumplan con el huso granulométrico de gradación C.

Según el Instituto del Asfalto, 2010, este método consiste en determinar en forma rápida, cada uno de los porcentajes (%) de los agregados.

Siempre es beneficioso, producir una granulometría que se aproxime lo más que se pueda a la media de los límites de las especificaciones.

Nos permite ver que para un tamiz determinado el % con que contribuye un tipo de agregado a la mezcla deseada se obtiene multiplicando el % total que pasa por el tamiz (expresado en decimal), por el % de agregado de ese tipo contenido en la mezcla. El % del material que pasa por un tamiz determinado se obtiene sumando las cantidades de material de cada tipo que pasa por dicho tamiz.

$$P = Aa + Bb + Cc + \dots + Nn \dots Ec. (10)$$

$$a + b + c + \dots + n = 1$$

Donde:

P: % pasante o retenido, correspondiente a un tamiz cualquiera. Este % es la media aritmética de las especificaciones.

A, B, C... N: % de material que pasa por un tamiz dado para cada uno de los agregados empleados en la combinación.

a, b, c...n: proporciones expresadas en forma decimal resultantes de la combinación para cada uno de los materiales empleados y cuyo valor es igual a 1.

### 2.5.2. Instrumentos de análisis de datos

Para esta investigación se utilizarán los programas computacionales: Microsoft Word y Microsoft Excel para el procesamiento de datos de dichos ensayos.

El instrumento que se utilizará es la prueba de ANOVA, , cuyos resultados o datos obtenidos de la hoja de observaciones serán medibles en escala ordinal, para ello primero se realizará la prueba de Shapiro-Wilk, para comprobar si cumple con el criterio de Normalidad, luego se utilizara la prueba de Levene, para comprobar si cumple con la igualdad de varianzas, finalmente se realizará la prueba de hipótesis mediante el ANOVA de un factor. Para el análisis de datos del presente proyecto de

investigación se utilizará el software estadístico SPSS (Statistical Package For The Social Sciences).

Para la prueba de hipótesis se consideran dos hipótesis:

- Hipótesis nula ( $H_0$ ): Indica que hay igualdad entre los valores de los resultados que serán comparados.

- Hipótesis alterna ( $H_1$ ): Indica que hay variación entre los valores de los resultados que serán comparados.

Asimismo, se utilizarán los programas computacionales: Microsoft Word y Microsoft Excel para el procesamiento de datos de dichos ensayos.

### **2.5.3. Procedimiento de análisis de datos**

Se procedió a la búsqueda del afirmado en las diferentes canteras de Trujillo y de ellas se realizó el ensayo de una cantera. Asimismo, se tomó material de la cantera Bauner. S.A. y se trasladó a La Universidad Privada del Norte (sede San Isidro) para realizar los ensayos respectivos en laboratorio de acorde al procedimiento del manual de ensayos de materiales del MTC, 2016.

El procedimiento para el análisis de datos se realizarán de acuerdo con las hipótesis específicas descritas en las anteriores tablas, en la cual se establece afirmaciones para la hipótesis nula ( $H_0$ ) y la hipótesis alterna ( $H_1$ ), luego se determinará el porcentaje de error y el nivel de confianza, posteriormente se debe cumplir con los parámetros para poder calcular el P-Valor (Valor de la prueba), los cuales son:

- La normalidad que se comprobará que la variable aleatoria en ambos grupos se distribuye normalmente, para ello se utilizará la prueba de Shapiro- Wilk, porque

el tamaño de la muestra es dieciocho para cada tiempo de curado y suele ser la muestra menor a cincuenta, para ello se determinará si presenta normalidad o no de la siguiente manera:

$P\text{-Valor} \geq 0.05$ , se acepta  $H_0$ , los datos provienen de una distribución normal

$P\text{-Valor} < 0.05$ , se acepta  $H_1$ , los datos no provienen de una distribución normal

- Igualdad de varianza para esto se utilizará la prueba de Levene, para ello se determinará si presenta o no igualdad de varianza de la siguiente manera.

$P\text{-Valor} \geq 0.05$ , se acepta  $H_0$ , las varianzas presentan igualdad

$P\text{-Valor} < 0.05$ , se acepta  $H_1$ , presenta diferencias significativas entre varianzas.

Finalmente se calcula el P-Valor con la prueba ANOVA DE UN FACTOR para muestras independientes y se toma la decisión estadística, para ello se determinará con el siguiente criterio:

- Si la probabilidad obtenida  $P\text{-Valor} \geq 0.05$ , se acepta la hipótesis nula ( $H_0$ )

- Si la probabilidad obtenida  $P\text{-Valor} < 0.05$ , se acepta la hipótesis alterna  
( $H_1$ )

### CAPÍTULO III: DESARROLLO DE LA TESIS

#### 3.1. Ubicación de la cantera

El proyecto se ubica en la Región La Libertad, Provincia de Trujillo, Distrito de Trujillo.



## **3.2. Ensayos de laboratorio**

### **3.2.1. Materiales y Aplicación**

#### **3.2.1.1. 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 es el más utilizado en el campo laboral y asimismo porque cumple con la normatividad vigente que son NTP 334.009, ASTM C150. Los porcentajes varían de 2% que será 120gr del peso del suelo y 4% que será 240gr quitados al suelo para reemplazarlos con cemento.

#### **3.2.1.2. Cal**

Se utilizó Cal de obra, de la marca Martell ya que se mayor utilización se da en suelos de alta plasticidad y porque cuenta con la normativa correspondiente que valide su confiabilidad como estabilizante y el color que presenta es blanco humo. El peso de la cal cuando se adiciona el 2% es de 120gr y cuando se adiciona el 4% es de 240gr.

#### **3.2.1.3. Agua**

Se utilizó agua destilada del laboratorio de suelos de la Universidad Privada del Norte, donde se trabajó con distintos porcentajes de 4% (240gr), 6% (360gr) , 8% (480gr) y 10% (600gr, ya que se trabajó con una muestra de agregado de 6000gr.

#### **3.2.1.4. Aplicación**

##### **a) Ensayo de proctor modificado**

Para este ensayo se tomó de muestras 6kg por cada espécimen, debido a la granulometría se trabajó con el método C, así también el agua que se utilizó inicia

con un 4% y se va aumentando de 2% hasta hacer las 4 muestras (4 moldes) con diferentes % de agua. En cada molde se procesa 5 capas dando 56 golpes a cada capa utilizando el pistón grande por ser ensayo modificado; luego enrasamos y pesamos, después desmoldamos la muestra y obtenemos una porción de muestra de la parte central superior e inferior del molde para el ensayo de contenido de humedad.

Para el Proctor Modificado con adición de cemento se tomó al 2% y 4% de la muestra total que fue de 6000gr, se agregó el cemento con los siguientes pesos para el 2% con 120gr de cemento y para el 4% con 240gr de cemento. De la misma manera se realizó para el CBR con cal.

#### **b) Ensayo de CBR**

Se procesó a la Cantera Bauner S.A., donde se realizó 3 especímenes por cada estrato de la cantera, con su contenido de humedad óptimo encontrado en el ensayo proctor modificado. Para el CBR patrón solo se hizo mezclando la tierra 6kg y agua con el óptimo encontrado en el proctor modificado, Para el CBR con adición de cemento se tomó al 2% y 4% de la muestra total que fue de 6000gr, se agregó a el agregado cemento con los siguientes pesos para el 2% con 120gr de cemento y para el 4% con 240gr de cemento. De la misma manera se realizó para el CBR con cal.

#### **3.2.2. Ensayo de contenido de humedad**

El ensayo de contenido de humedad de la muestra se realizó de acorde a lo establecido en el MTC E 108. Este ensayo se realizó para el afirmado de la cantera Bauner S.A. que abastece a las construcciones de Trujillo.

**a) Equipo y herramientas**

- Balanza con aproximación de 0.1 gr.
- Horno de secado a una temperatura  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
- Recipientes metálicos.

**b) Muestra**

- La determinación de contenido de humedad se realizó tan pronto como fue posible después del muestreo en campo, Tomando en un tres recipiente una porción de muestra.

**c) Procedimiento**

- Se escogió un espécimen de ensayo húmedo.
- Se colocó el espécimen en un recipiente metálico, para luego ser pesado.
- Se colocó el recipiente con el material al horno a una temperatura de  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$  durante 24 horas.
- Luego se retiró el recipiente con la muestra para luego ser pesado y poder definir en gabinete el contenido de humedad de la muestra.

**3.2.3. Análisis granulométrico utilizando la norma (MTC E 204).**

El presente ensayo se realizará siguiendo el procedimiento establecido en el manual MTC E 107, para la cantera Bauner S.A. de Trujillo.

**a) Equipo y herramientas**



- **Dos balanzas.** Una con sensibilidad de 0,01 g para pesar material que pase el tamiz de 4,760 mm (N° 4). Otra con sensibilidad de 0,1% del peso de la muestra, para pesar los materiales retenidos en el tamiz de 4,760 mm (N° 4).

#### 4.1.2

- Horno eléctrico de temperatura hasta  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
- Juego de tamices: 1 1/2", 1", 3/4", 1/2", 3/8", N° 4, N° 10, N° 30, N° 40, N° 60, N°100, N° 200 y cazoleta.
- Bandejas metálicas.

### b) Muestra

- Se obtuvo una muestra representativa de acuerdo al manual de ensayos de materiales del MTC E 201.
- Se dejó secar la muestra en el horno eléctrico por 24 horas.
- Se obtuvo una muestra de 500 gr. de agregado fino.
- La cantidad de muestra de agregado grueso, después de secado, se hará de acuerdo a lo establecido en la tabla N.° 5.

### c) Procedimiento

#### Agregado grueso

- Primero se secó la muestra en el horno a una temperatura de  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$  durante 24 horas
- Se realizó el cuarteo manualmente del material.

- Luego se pasaron la muestra seleccionada por los tamices N° 4, 3/8", 1/2", 3/4", 1" y 1 1/2".
- Seguidamente se pesó cada uno de los porcentajes retenidos en cada tamiz.
- Finalmente se elaborará los resultados en gabinete.

#### **Agregado fino:**

- Se tomó la muestra representativa de 500 gr.
- Seguidamente se lavó en el tamiz N° 200 ejerciendo presión con los dedos, para liberar las partículas limo-arcillosas y se debe verificar que el agua este limpia.
- Asimismo, se dejó secar en el horno eléctrico a una temperatura de 110 °C, hasta que la muestra esté seca.
- Una vez seca la muestra se tamizó la muestra en las mallas N° 200, N° 100, N° 60, N° 40, N° 30, N° 20 y N° 10. Y luego se registró el peso retenido en cada tamiz.

#### **3.2.4. Límite líquido utilizando la norma MTC E 110**

El presente ensayo se realizó siguiendo el procedimiento establecido en el manual MTC E 110, para las canteras de Trujillo.

##### **a) Equipo y herramientas**

- Balanza digital de precisión 0.1 gr.
- Aparato de límite líquido o copa de Casagrande.
- Una vasija de porcelana de 115 mm (4 1/2") de diámetro aproximadamente.

- Acanalador.
- Horno eléctrico de temperatura hasta  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
- Espátula de hoja flexible de unos 75 a 100 mm (3"– 4") de longitud y 20 mm (3/4") de ancho aproximadamente.

#### **b) Muestra**

- Se obtuvo una porción representativa de la muestra total, suficiente para proporcionar 150 g a 200 g de material pasante del tamiz 4.25 mm (N° 40). Se mezcló en un recipiente con una espátula y se sacó una porción representativa de la masa total extrayéndola dos veces con la cuchara.

#### **c) Procedimiento**

- Luego de haber secado el material, se tamizó por la malla N° 40, seleccionando una muestra representativa de 200 g.
- A la muestra se añadió agua en la vasija de porcelana y se realizará el mezclado por un periodo de 10 minutos.
- Se verificó que la copa de Casagrande este calibrada (altura de caída libre de la cazuela) que esté de acuerdo a la norma (1 cm.).
- Luego se colocó la pasta en la cuchara de la copa de Casagrande y se pulió una con la espátula.
- Luego se dividió por la mitad con el acanalador la muestra contenida en la copa, haciendo una ranura a través del suelo siguiendo una línea que una el punto más alto y el punto más bajo sobre el borde de la copa.

- Se dejó caer la cuchara desde una altura regulada por el instrumento (1 cm.) a una velocidad de 2 golpes por segundo, hasta que se cierre la ranura a una distancia mínima de 13 mm. Este proceso se repetirá hasta obtener 5 valores de interpolación en el gráfico contenido de humedad vs el N° de golpes.
- Finalmente se pesó la muestra húmeda en una balanza con precisión de 0.01 g.
- Luego colocó en el horno para su secado por 24 horas, y luego se retiró las muestras y se peso nuevamente.

### **3.2.5. Límite plástico Límite plástico utilizando la norma MTC E 111**

No cuenta con límite Plástico.

### **3.2.6. Compactación utilizando la norma MTC E 116**

Para realizar el ensayo se ha tomado en cuenta la norma descrita por el Manual de Ensayos de Materiales (E.116), para la evaluación de resultados de la muestra ensayada ( base granular) obtenidos se ha tomado como referencia El Manual de Carreteras del MTC (104) - 2013.

#### **a) Equipo y herramientas**

- Equipo proctor modificado (molde cilíndrico, placa de base y anillo de extensión).
- Pisón proctor modificado.
- Balanza con aproximación de 0.01 gr.
- Estufa con control de temperatura.

- Probeta de 1000 ml.
- Recipiente de 6 kg, de capacidad.
- Espátula.
- Recipientes identificados.
- Papel filtro.
- Tamiz de 3/4".

**b) Muestra y obtención del método.**

Se tendrá una porción representativa de la muestra total, después de valorar los siguientes los resultados que se obtuvieron con el ensayo de granulometría se tomaron en cuenta los siguientes métodos:

**- METODO "A"**

- Molde: 101,6 mm de diámetro (4 pulg)
- Material: Se emplea el que pasa por el tamiz 4,75 mm (Nº 4).
- Número de capas: 5
- Golpes por capa: 25
- Uso: Cuando el 20 % ó menos del peso del material es retenido en el tamiz 4,75 mm (Nº 4).
- Otros Usos: Si el método no es especificado; los materiales que cumplen éstos requerimientos de gradación pueden ser ensayados usando Método B o C.

**- METODO "B"**

- Molde: 101,6 mm (4 pulg) de diámetro.

- Materiales: Se emplea el que pasa por el tamiz de 9,5 mm ( $\frac{3}{8}$  pulg).
- Número de Capas: 5
- Golpes por capa: 25
- Usos: Cuando más del 20% del peso del material es retenido en el tamiz 4,75 mm (N°4) y 20% ó menos de peso del material es retenido en el tamiz 9,5 mm ( $\frac{3}{8}$  pulg).
- Otros Usos: Si el método no es especificado, y los materiales entran en los requerimientos de gradación pueden ser ensayados usando Método C.

- **METODO "C"**

- Molde: 152,4 mm (6 pulg) de diámetro.
- Materiales: Se emplea el que pasa por el tamiz 19,0 mm ( $\frac{3}{4}$  pulg).
- Número de Capas: 5
- Golpes por Capa: 56
- Uso: Cuando más del 20% en peso del material se retiene en el tamiz 9,5 mm ( $\frac{3}{8}$  pulg) y menos de 30% en peso es retenido en el tamiz 19,0 mm ( $\frac{3}{4}$  pulg).
- El molde de 152,4 mm (6 pulg) de diámetro no será usado con los métodos A o B.

c) **Procedimiento**

- Se obtuvo el molde de compactación apropiado de acuerdo a la granulometría se trabajó con el Método C.
- Ensamblar el molde, base y collar de extensión. Chequear el alineamiento de la pared interior del molde y collar de extensión del molde.

- Se revisó que el ensamblado del pisón esté en buenas condiciones de trabajo y que sus partes no estén flojas ó gastado.
- **Moldes.-** Determinar el volumen.

### **Preparación del ensayo**

- Se pasó el suelo por el tamiz  $\frac{3}{4}$ " , para obtener las muestras (se realizaron 4 especímenes de aproximadamente 6 kg para así obtener 4 puntos para la curva.
- Se pesó el molde limpio.
- El molde se lo colocó en su base, en la cual previamente se colocó papel para así evita que la muestra se adhiera a la base y de ese modo facilitar el desarrollo de ensayo y a su vez se colocó la extensión de molde (collarín) y ambos se aseguran con los tornillos de tan manera que queden fijos.
- Se colocó una de las muestras en una bandeja metálica, la cual se añade porcentajes de agua (en este caso se estudió con 4%, 6%, 8% y 10%) y luego se procedió a mezclar con la ayuda de una badilejo, de tal manera que se tenga una muestra homogenizada, para después dividirla en 5 porciones iguales.
- Se distribuyó uniformemente de una por unas las 5 porciones de la muestra dentro del molde (previamente armado), y a cada capa o porción nuestra se le aplica el proceso de compactación con la ayuda del martillo (56 golpes por capa).
- Una vez acabada la compactación, se procedió a retirar el collarín y enrazar cuidadosamente el suelo compactado del molde.

- Con ayuda de una brocha se limpió el molde de posible suelo suelto lo que se pudiese adherir al exterior, para después pesar el molde con la muestra compactada.
- Finalmente se tomó porciones de muestra para pesarlo y ser colocadas en el horno para su secado y así poder determinar la humedad óptima y densidad máxima.

### **3.2.7. Ensayo de CBR (California bearing ratio)**

El ensayo de CBR se desarrollará de acuerdo al manual del MTC E 132 (ASTM D1883), en donde se utilizara el contenido óptimo de humedad obtenido en el ensayo de proctor modificado y también nos dice que para suelos arenosos se debe de colocar en agua por 24 horas y no presenta hinchamiento. Se realizó el procedimiento siguiente para la muestra patrón como también a las muestras con las dosificaciones de 2% y 4% de cemento y cal.

#### **a) Equipo y herramientas**

- Balanza digital de precisión 0.1 gr.
- Aparato de límite líquido o copa de Casagrande.
- Una vasija de porcelana de 115 mm (4 1/2") de diámetro aproximadamente.
- Acanalador.
- Horno eléctrico de temperatura hasta  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
- Espátula de hoja flexible de unos 75 a 100 mm (3"– 4") de longitud y 20 mm (3/4") de ancho aproximadamente.



- Calibrador
- Recipientes o Pesa Filtros.
- Espátula de hoja flexible de unos 75 a 100 mm (3"– 4") de longitud y 20 mm ( $\frac{3}{4}$ " de ancho aproximadamente.

#### **b) Muestra**

- Se obtuvo una porción representativa de la muestra total suficiente para proporcionar 150 g a 200 g de material pasante del tamiz 425  $\mu\text{m}$  (N° 40). Las muestras que fluyen libremente pueden ser reducidas por los métodos de cuarteo o división de muestras. Las muestras cohesivas deben ser mezcladas totalmente en un recipiente con una espátula, o cuchara y se obtendrá una porción representativa de la masa total extrayéndola dos veces con la cuchara.

#### **c) Procedimiento**

- Se preparó la muestra con el contenido óptimo de humedad determinado en el ensayo de compactación proctor modificado.
- Se ensamblará los moldes cilíndricos con sus placas de base, collares de extensión, discos espaciadores y papeles filtro
- Luego se compactó la muestra en los 3 moldes CBR, cada uno de ellos en 5 capas, el primero con 10 golpes, el segundo con 25 golpes y el tercero con 56 golpes por capa.
- Se determinó la densidad húmeda y el contenido de humedad de las muestras de cada molde.

- Luego se invirtió las muestras, se colocó la placa de expansión y la sobrecarga y luego se colocó los moldes debidamente equipados en un recipiente lleno de agua por 96 horas.
- Se determinó la densidad seca de las muestras de cada molde.

## CAPÍTULO IV: RESULTADOS

### 4.1. Resultados de laboratorio

Una vez concluidos los ensayos de muestra patrón, a continuación muestro los resultados obtenidos de cada ensayo.

#### 4.1.1. Ensayo de Contenido de Humedad (MTC E108)

En este ensayo el resultado promedio obtenido de la cantera Bauner S.A. es de 6.82% de humedad.

**Tabla 19:** *Contenido de humedad promedio.*

Nº Muestra	Peso húmedo (gr)	Peso seco (gr)	Humedad individual W(%)	Humedad promedio W(%)
1	173.37	163.10	6.30	
2	126.93	118.62	7.01	6.82
3	144.20	134.56	7.16	

**Fuente:** Elaboración propia, 2019.

El contenido de humedad promedio es de 6.82%, teniendo como resultado de la primera muestra un 6.30%, de la segunda muestra un 7.01% y de la tercera muestra un 7.16%.

#### 4.1.2. Ensayo de Análisis granulométrico utilizando la norma (MTC E 204).

En este ensayo se muestra los diferentes porcentajes de muestra obtenidos que pasa por cada tamiz, de la cantera Bauner S.A.

En la siguiente tabla se muestra las especificaciones de acuerdo al MTC.

**Tabla 20:** *Análisis Granulométrico Fracción Gruesa.*

ANÁLISIS DE FRACCIÓN GRUESA			
Malla	Abert.(mm)	% que pasa	Especificaciones
1"	25.00	100.00	100
3/4"	19.00	92.52	
1/2"	12.50	85.28	
3/8"	9.50	79.71	50-85
N°4	4.76	58.71	35-65

**Fuente:** Elaboración propia, 2019.

**Tabla 21:** *Análisis Granulométrico Fracción Fina.*

ANÁLISIS DE FRACCIÓN FINA			
Malla	Abert.(mm)	% que pasa	Especificaciones
N°10	2.00	43.49	25-50
N°20	0.84	35.20	
N°30	0.59	32.84	
N°40	0.42	29.87	15-30
N°60	0.25	23.47	
N°100	0.15	12.30	
N°200	0.07	6.58	5-15

**Fuente:** Elaboración propia, 2019.

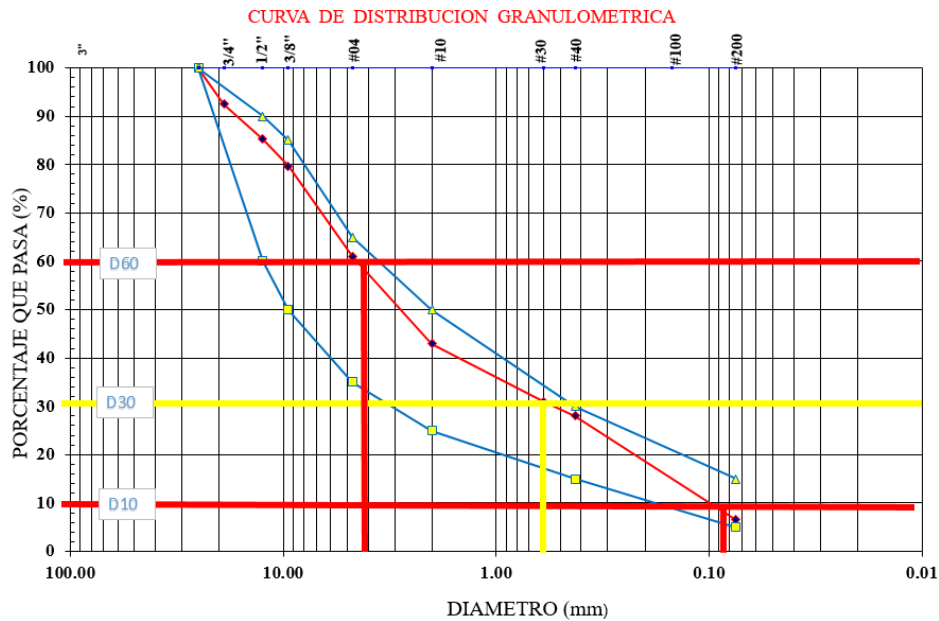


Figura 6: Curva de distribución granulométrica.

Figura 7: Base de datos, 2019.

<b>D60 =</b> 4.10	<b>D30 =</b> 0.60	<b>D10 =</b> 0.085
<b>Cu = 48.24</b>		<b>Cc = 1.03</b>

CU: Coeficiente de uniformidad.

CC: Coeficiente de curvatura.

#### 4.1.3. Ensayo de Limite plástico (MTC E 110)

A continuación se presenta los resultados de límite líquido y limite plástico de la cantera Bauner S.A.

Tabla 22: Ensayo de Límite plástico.

Datos	Limite liquido					Limite plástico
N° de golpes	13	16	12	10	20	NP
LL -LP	24.79%					NP
Índice de plasticidad	No plástico					

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Las muestras debido a que en su gran mayoría está conformado por arena, no presentan límite plástico, ya que no se logra unir a los 25 golpes en la copa de Casagrande.

#### 4.1.4. Clasificación SUCS

Asimismo se tiene los resultados de clasificación SUCS de la muestra patrón de la cantera Bauner S.A. el cual tenemos un suelo SP- Arena mal graduados con grava poco finos o sin finos.

*Tabla 23. Clasificación de suelos según S.U.C.S.*

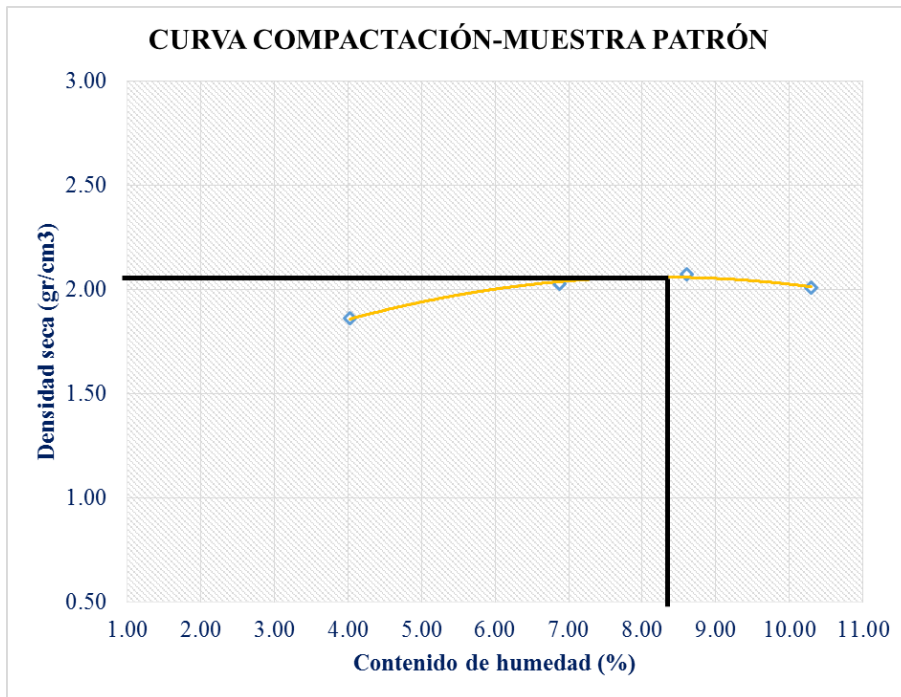
CLASIFICACIÓN SUCS	
% Que pasa la Malla N° 200	6.58
% Que pasa la Malla N° 4	58.71
Límite Líquido LL:	24.79
Límite Plástico LP:	NP
Índice de Plasticidad	NP
Tipo de suelo según Granulometría	Suelo Grueso
	Arena
Tipo de suelo	SW,SP
Suelo	SP
Característica del suelo:	SP
	Arena mal graduadas con grava, poco finos o sin finos.

*Fuente: Base de datos, 2019.*

#### 4.1.5. Compactación (MTC E 116)

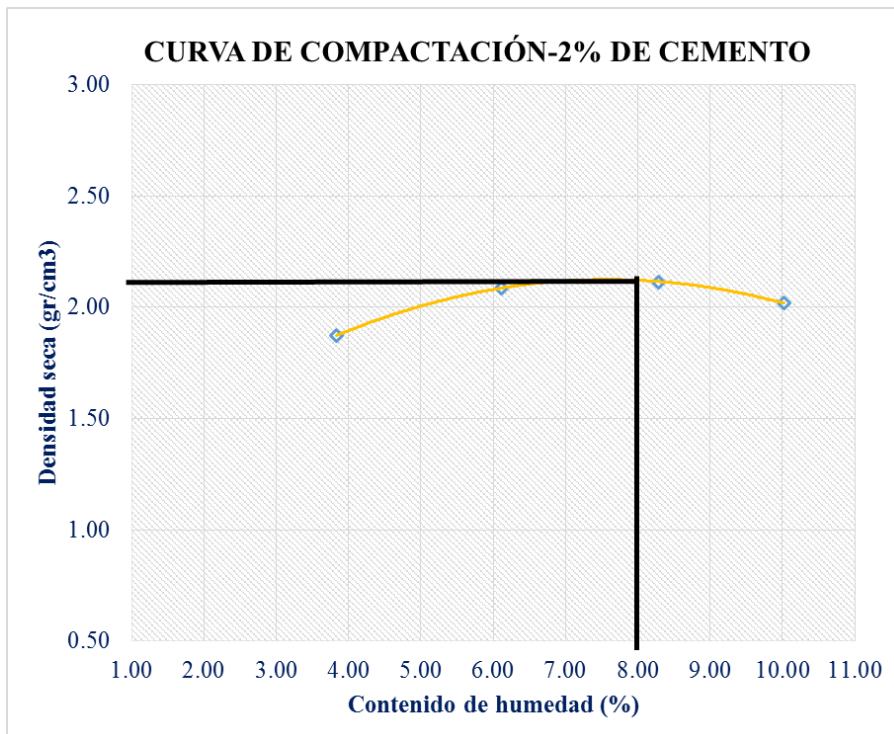
Asimismo se tiene los resultados del ensayo de proctor modificado de la muestra patrón de la cantera Bauner S.A. Obteniendo así una Densidad seca de 2.03 gr/cm<sup>3</sup> y contenido de Humedad óptimo de 8.25%. Como se muestra en la siguiente gráfica.

**Figura 8:** Curva de Compactación Muestra Patrón.



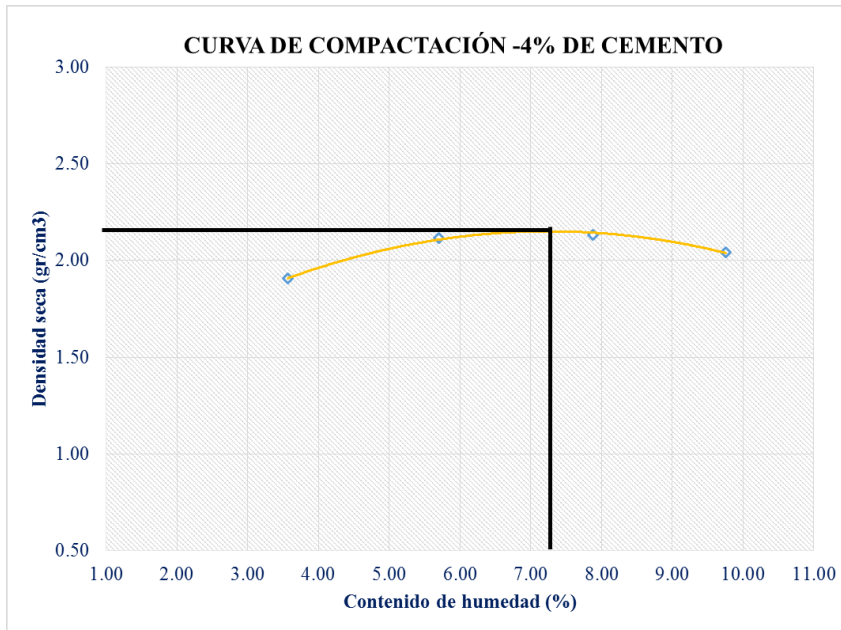
**Fuente:** Base de datos, 2019.

**Figura 9:** Curva de Compactación Muestra con Adición de 2% de Cemento.



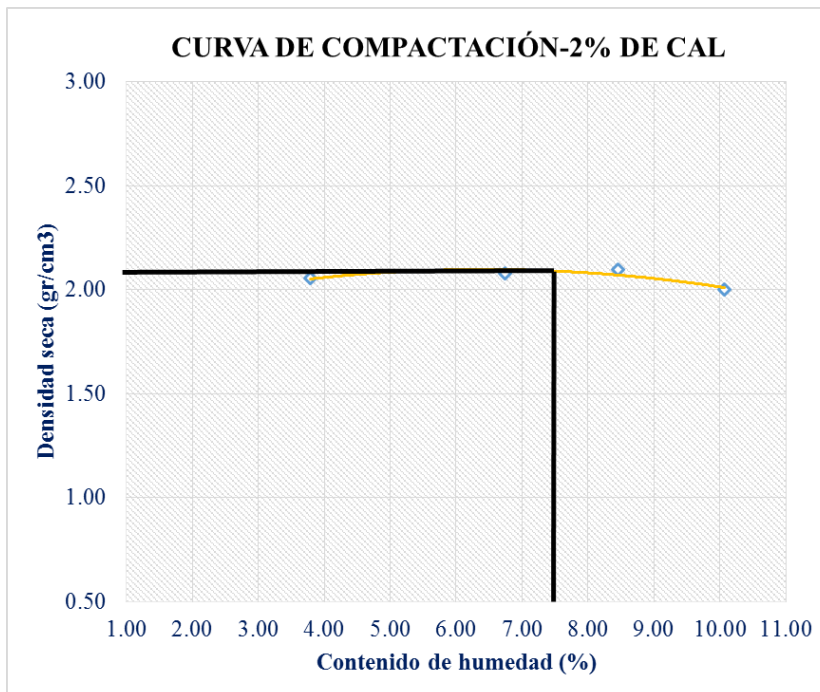
**Fuente:** Base de datos, 2019.

**Figura 10:** Curva de Compactación Muestra con Adición de 4% de cemento.



**Fuente:** Base de datos, 2019.

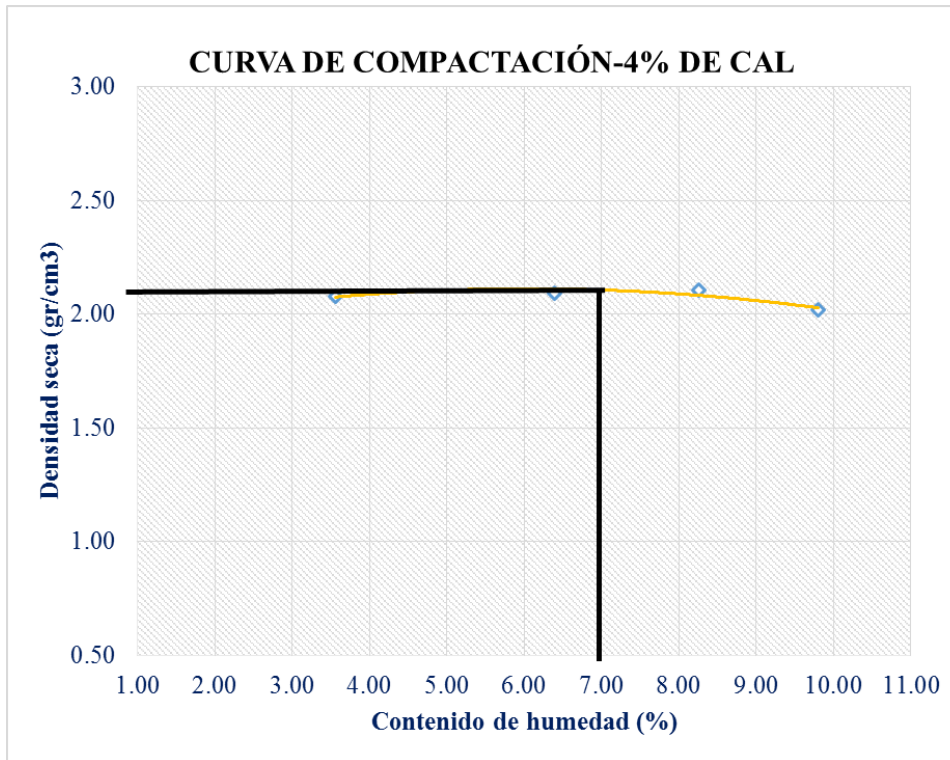
**Figura 11.** Curva de Compactación Muestra con Adición de 2% de cal



**Fuente:** Base de datos, 2019.



**Figura 12.** Curva de Compactación Muestra con Adición de 4% de cal



Fuente: Base de datos, 2019.

**Tabla 24.** Resumen de Proctor modificado patrón y con la adición de cemento y cal.

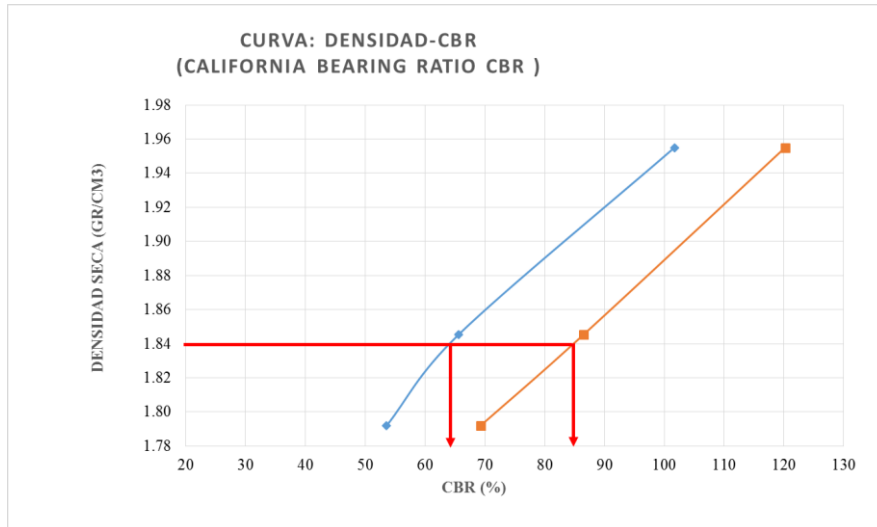
	RESÚMEN DE PROCTOR MODIFICADO				
	PATRÓN	CEMENTO PORTLAND TIPO I %		CAL %	
		2%	4%	2%	4%
<b>DENSIDAD SECA (gr/cm³)</b>	2.03	2.10	2.20	2.08	2.15
<b>HUMEDAD ÓPTIMA (%)</b>	8.25	8.00	7.60	7.50	7.00

Fuente: Base de datos, 2019.

#### 4.1.6. CBR (MTC E 116)

#### Curva CBR – Densidad seca de la muestra patrón

**Figura 13:** Curva CBR – Densidad seca de la muestra 1- patrón.

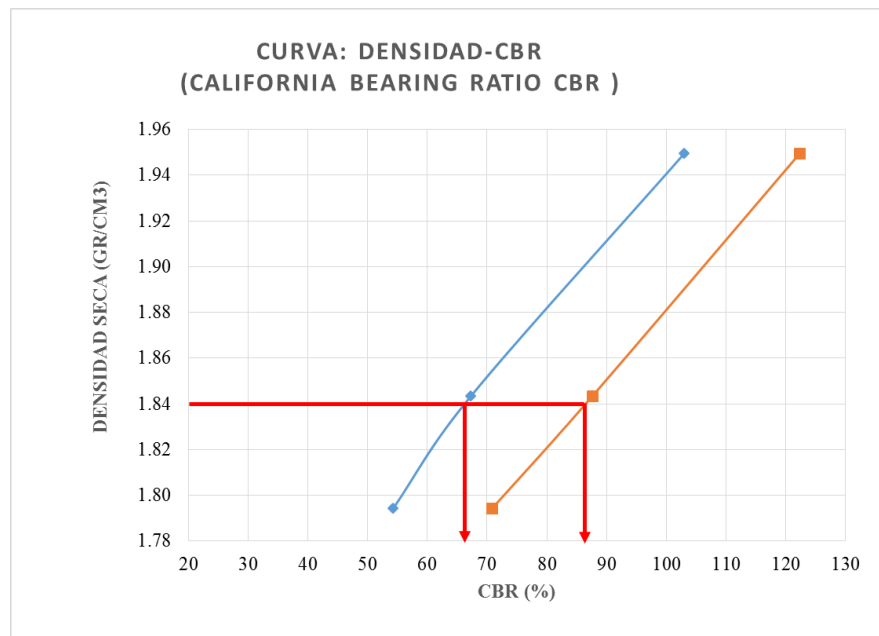


DS Max.	1.94	gr/cm <sup>3</sup>
95% Ds. Max	1.84	%

CBR (0.1")	65.12	%
CBR (0.2")	85.60	%

**Fuente:** Base de datos, 2019.

**Figura 14.** Curva CBR – Densidad seca de la muestra 2- patrón.

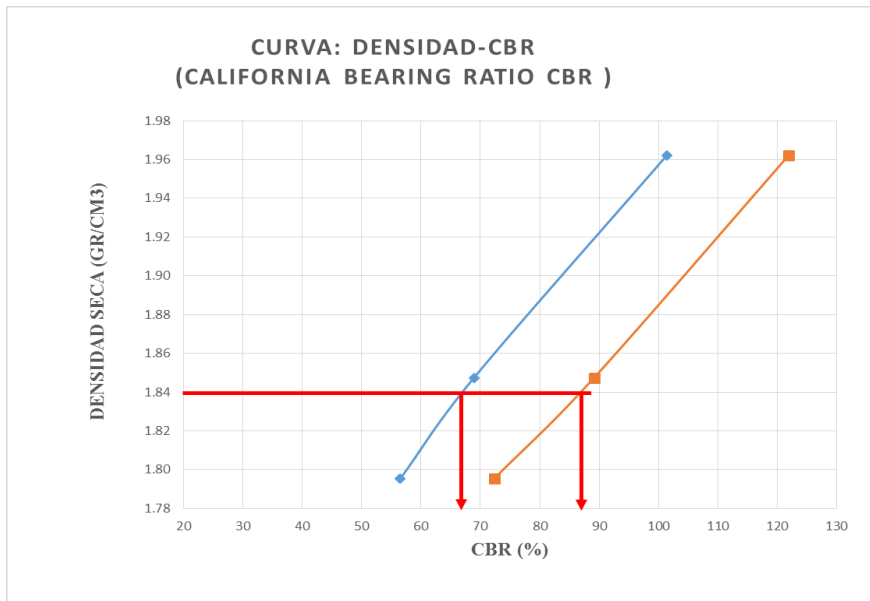


DS Max.	1.94	gr/cm <sup>3</sup>
95% Ds. Max	1.84	%

CBR (0.1")	67.10	%
CBR (0.2")	87.10	%

**Fuente:** Base de datos, 2019.

**Figura 15.** Curva CBR – Densidad seca de la muestra 3- patrón .

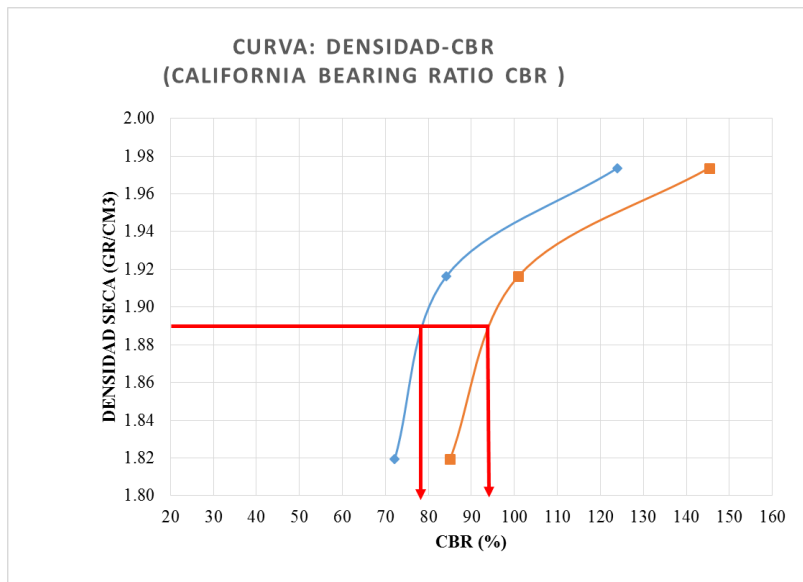


DS Max.	1.94	gr/cm <sup>3</sup>
95% Ds. Max	1.84	%

CBR (0.1")	68.50	%
CBR (0.2")	88.90	%

**Fuente:** Base de datos, 2019.

**Figura 16.** Curva CBR–Densidad seca de la muestra 1-Vs 2% de cemento.

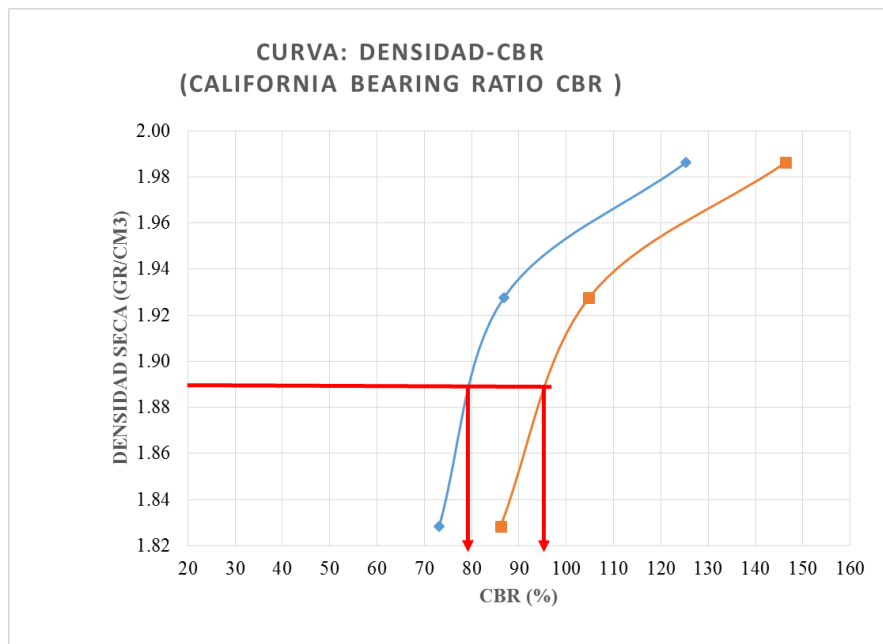


DS Max.	1.99	gr/cm <sup>3</sup>
95% Ds. Max	1.89	%

CBR (0.1")	78.10	%
CBR (0.2")	94.15	%

**Fuente:** Base de datos, 2019.

**Tabla 17.** Curva CBR–Densidad seca de la muestra 2-Vs 2% de cemento.

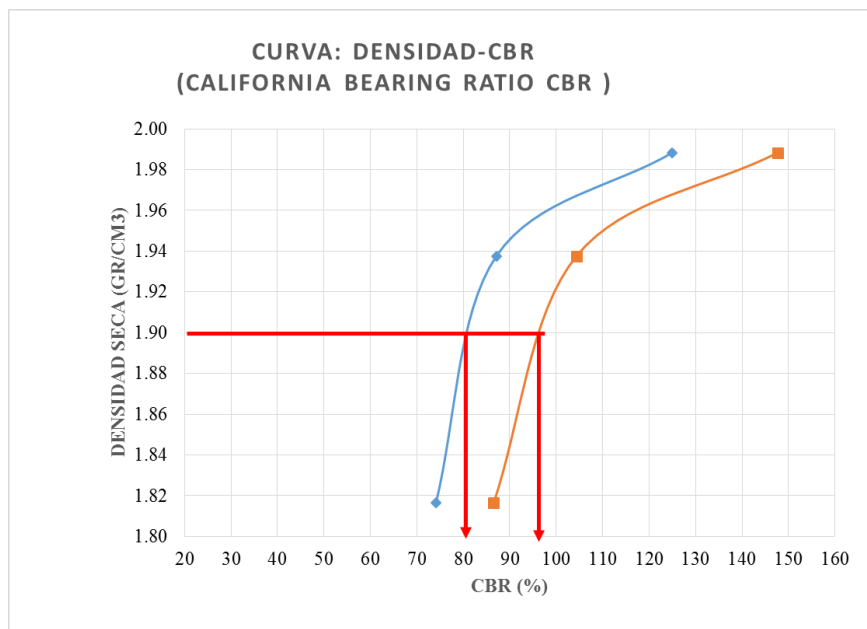


DS Max.	1.99	gr/cm <sup>3</sup>
95% Ds. Max	1.89	%

CBR (0.1")	79.80	%
CBR (0.2")	95.08	%

**Fuente:** Base de datos, 2019.

**Figura 18** Curva CBR–Densidad seca de la muestra 3-Vs 2% de cemento.

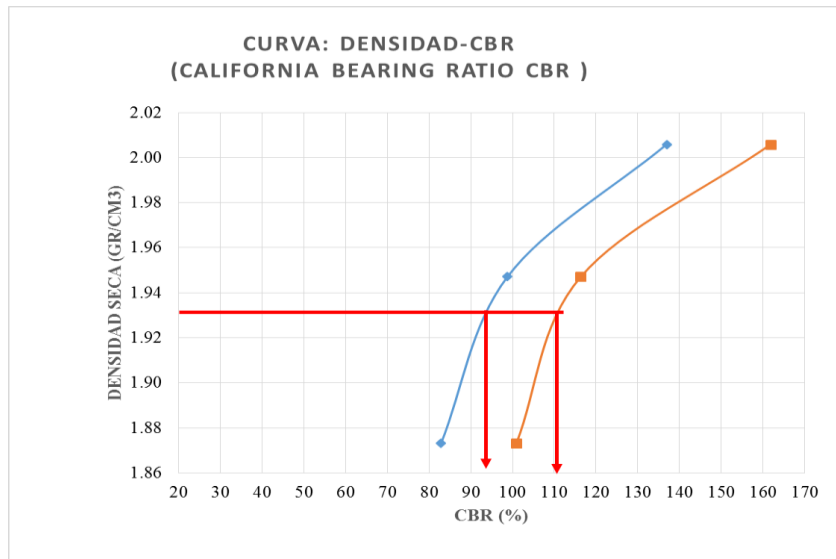


DS Max.	1.99	gr/cm <sup>3</sup>
95% Ds. Max	1.89	%

CBR (0.1")	80.05	%
CBR (0.2")	96.58	%

**Fuente:** Base de datos, 2019.

**Figura 19.** Curva CBR–Densidad seca de la muestra 1-Vs 4% de cemento.

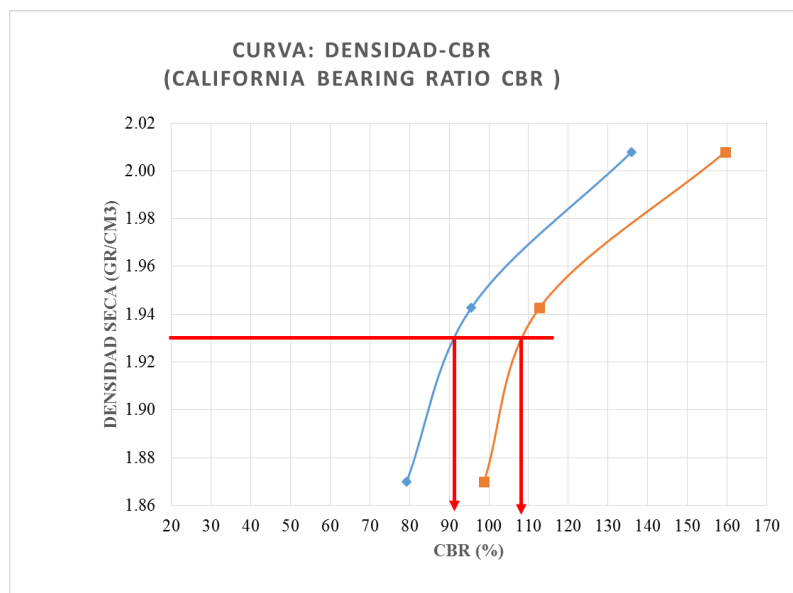


DS Max.	2.03	gr/cm3
95% Ds. Max	1.93	%

CBR (0.1")	91.30	%
CBR (0.2")	109.20	%

**Fuente:** Base de datos, 2019.

**Figura 20.** Curva CBR–Densidad seca de la muestra 2-Vs 4% de cemento.

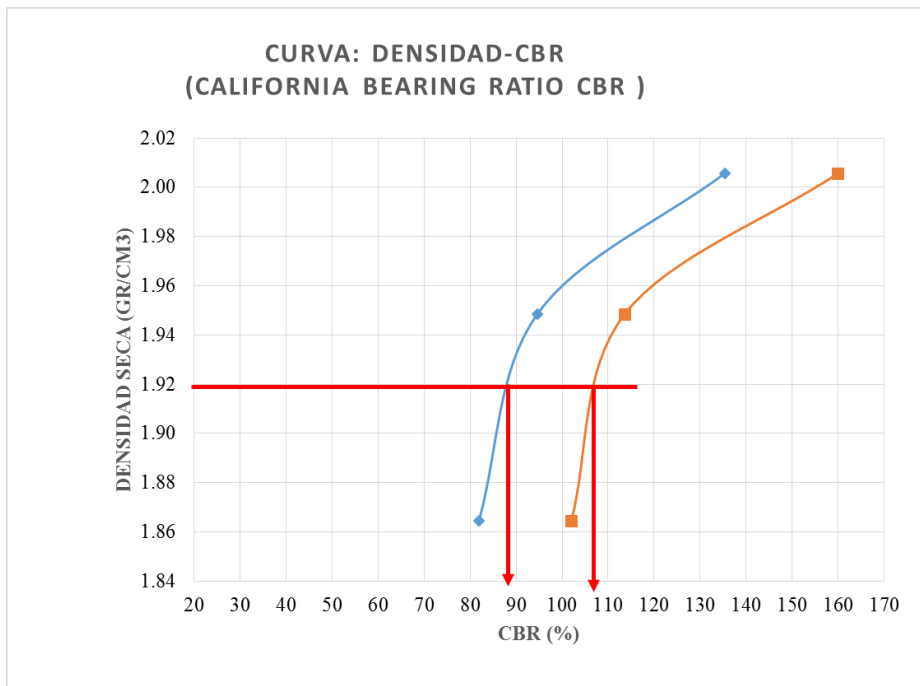


DS Max.	2.03	gr/cm3
95% Ds. Max	1.93	%

CBR (0.1")	93.52	%
CBR (0.2")	110.00	%

**Fuente:** Base de datos, 2019.

**Figura 21.** Curva CBR–Densidad seca de la muestra 3-Vs 4% de cemento.

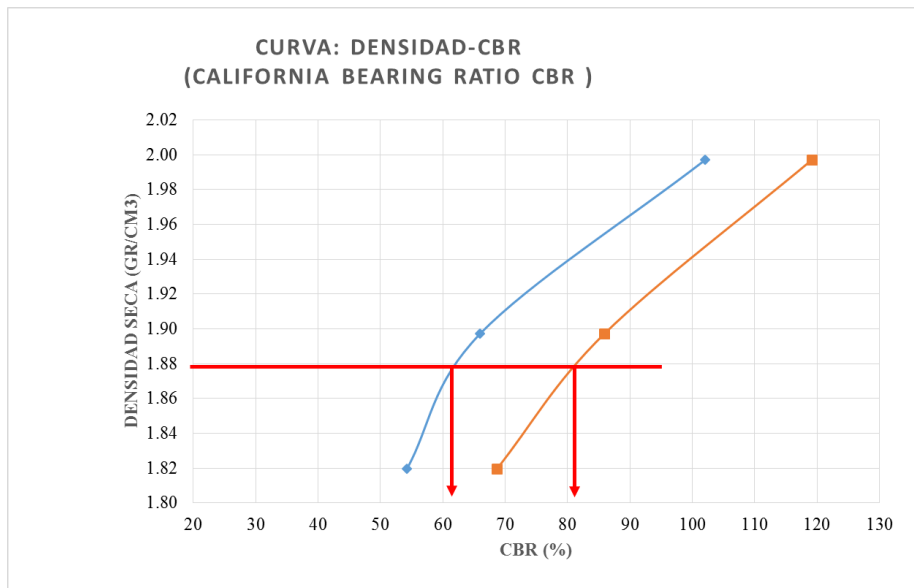


DS Max.	2.02	gr/cm <sup>3</sup>
95% Ds. Max	1.92	%

CBR (0.1")	89.50	%
CBR (0.2")	108.15	%

**Fuente:** Base de datos, 2019.

**Figura 22.** Curva CBR–Densidad seca de la muestra 1-Vs 2% de cal.

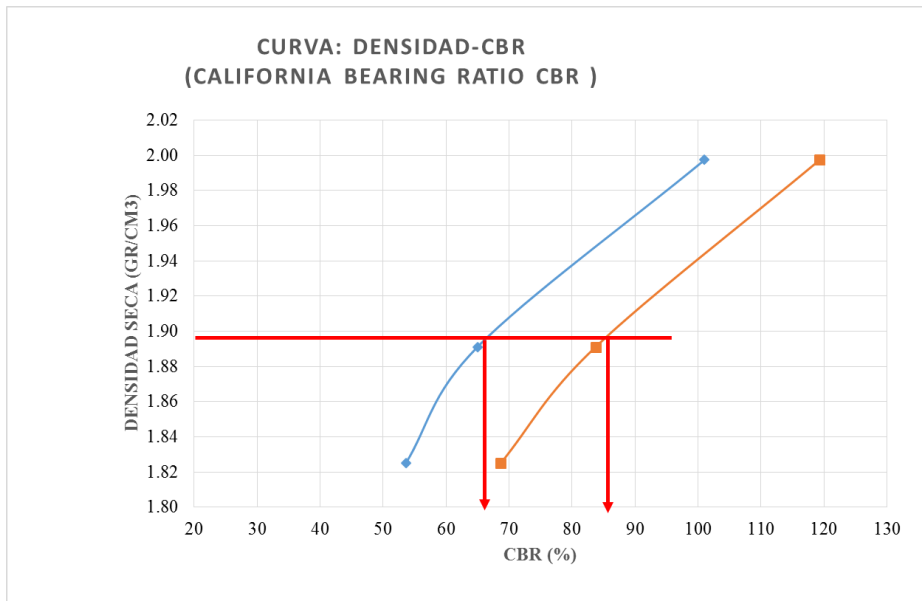


DS Max.	1.98	gr/cm <sup>3</sup>
95% Ds. Max	1.88	%

CBR (0.1")	61.50	%
CBR (0.2")	81.60	%

**Fuente:** Base de datos, 2019.

**Figura 23.** Curva CBR–Densidad seca de la muestra 2-Vs 2% de cal.

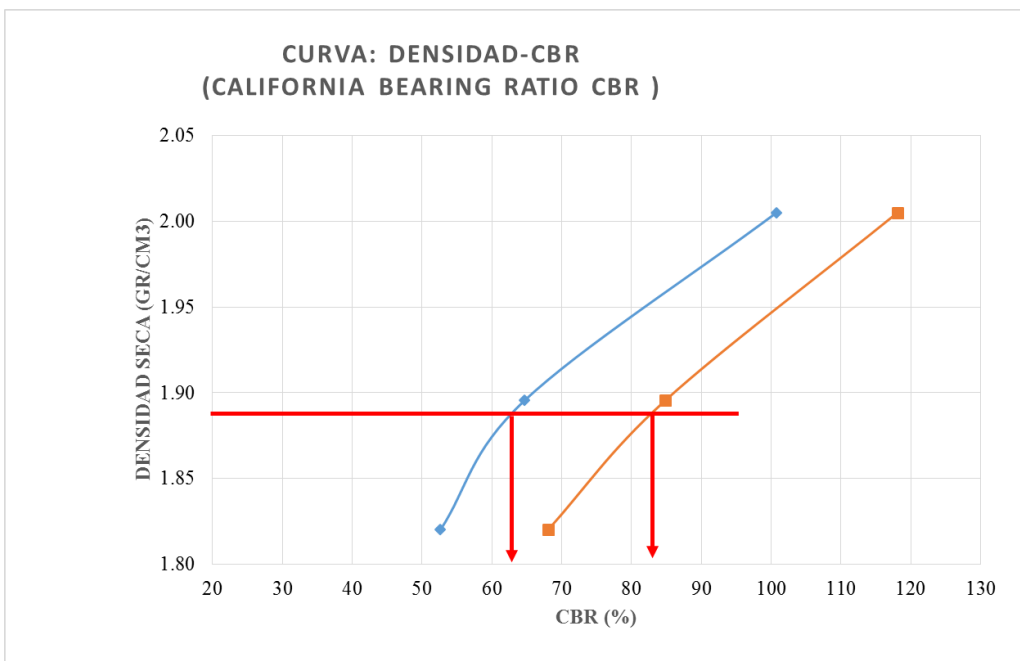


DS Max.	1.99	gr/cm3
95% Ds. Max	1.89	%

CBR (0.1")	66.32	%
CBR (0.2")	86.15	%

**Fuente:** Base de datos, 2019.

**Figura 24.** Curva CBR–Densidad seca de la muestra 3-Vs 2% de cal.

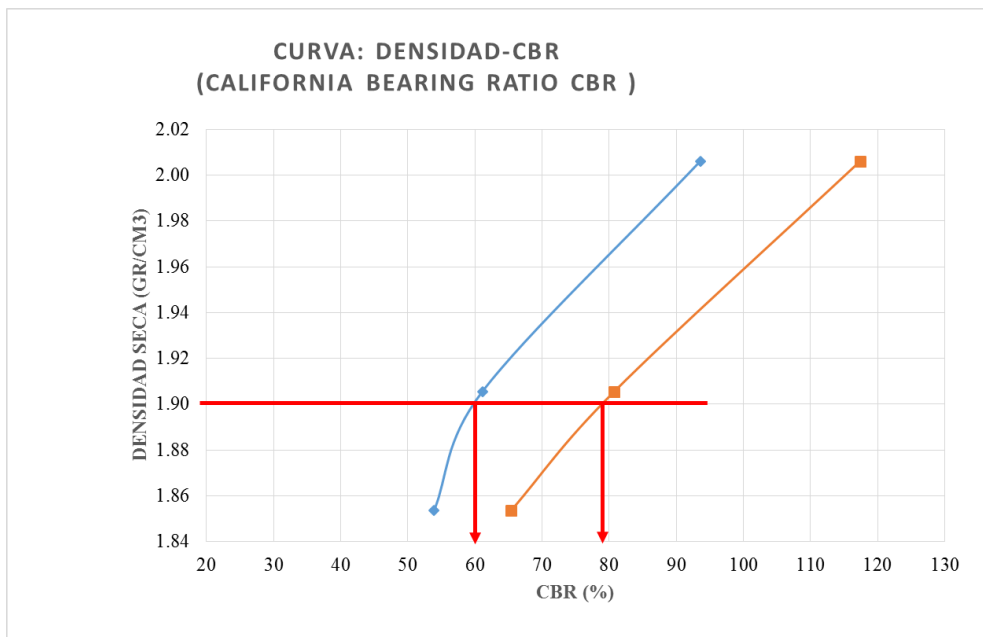


DS Max.	1.98	gr/cm3
95% Ds. Max	1.88	%

CBR (0.1")	63.40	%
CBR (0.2")	83.30	%

**Fuente:** Base de datos, 2019.

**Figura 25.** Curva CBR–Densidad seca de la muestra 1-Vs 4% de cal.

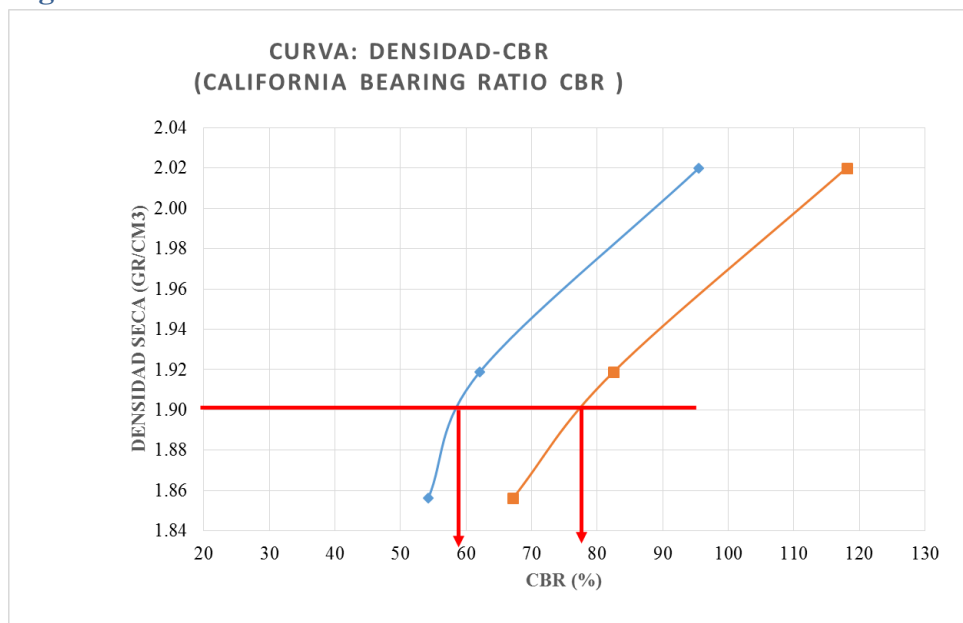


DS Max.	2.00	gr/cm <sup>3</sup>
95% Ds. Max	1.90	%

CBR (0.1")	60.00	%
CBR (0.2")	79.10	%

**Fuente:** Base de datos, 2019.

**Figura 26.** Curva CBR–Densidad seca de la muestra 2-Vs 4% de cal.



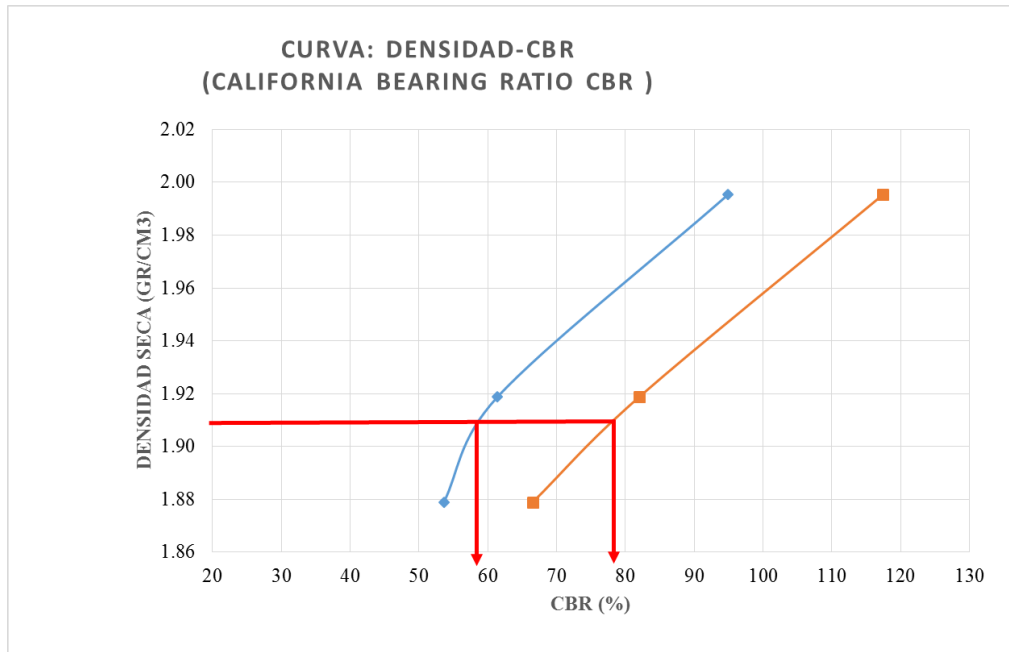
DS Max.	2.00	gr/cm <sup>3</sup>
95% Ds. Max	1.90	%

CBR (0.1")	59.15	%
CBR (0.2")	78.05	%

**Fuente:** Base de datos, 2019.



Figura 27. Curva CBR–Densidad seca de la muestra 3-Vs 4% de cal.



DS Max.	2.00	gr/cm <sup>3</sup>
95% Ds. Max	1.90	%

CBR (0.1")	58.50	%
CBR (0.2")	77.60	%

Fuente: Base de datos, 2019.

Tabla 25. Resumen de CBR patrón y con porcentajes de cemento y cal.

CBR	PATRÓN	RESÚMEN DE CBR			
		CEMENTO PORTLAND TIPO I %		CAL %	
		2%	4%	2%	4%
CBR (0.1")	65.12	78.10	93.52	61.50	60.00
	67.10	79.80	91.30	66.32	59.15
	68.50	80.05	89.50	63.40	58.50
<b>PROMEDIO 1</b>	<b>66.91</b>	<b>79.32</b>	<b>91.44</b>	<b>63.74</b>	<b>59.22</b>
CBR (0.2")	85.60	94.15	110.00	81.60	79.10
	87.10	95.08	109.20	86.15	78.05
	88.90	96.58	108.15	83.30	77.60
<b>PROMEDIO 1</b>	<b>87.20</b>	<b>95.27</b>	<b>109.12</b>	<b>83.68</b>	<b>78.25</b>

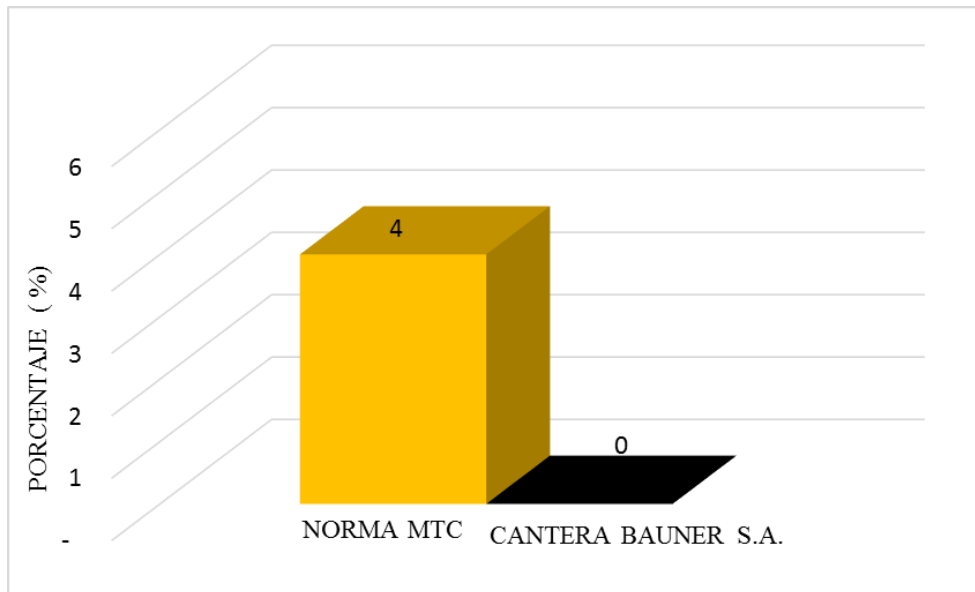
Fuente: Base de datos, 2019

## CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### 4.1. Discusión

#### 4.1.1. Límites de Atterberg

**Figura 28.** Comparación de Índices de plasticidad con la norma MTC que nos da un porcentaje máximo de 4% y en la cantera Bauner S.A. un porcentaje de 0%.



**Fuente:** Base de datos, 2019

El porcentaje de índice plástico en la cantera Bauner S.A. no pudo determinarse debido a que contiene arenas en su mayor parte del material.

Si al realizar el ensayo de límite plástico no se puede determinar después de haber realizado varias pruebas con distintos porcentajes de agua, y esta pasta no llega a alcanzar los 25 golpes al cerrar la ranura es decir siempre la ranura es cerrada bajo los 25 golpes, se registrará que el límite no pudo determinarse y se reportará como un suelo no plástico MTC (EG, 2013).

Asimismo en un estudio realizado por (Benavides, 2016), en el departamento de Cajamarca determinó que las muestras de las canteras del Río Chonta y El Gavilán no presentan índice plástico porque el límite plástico no pudo determinarse.

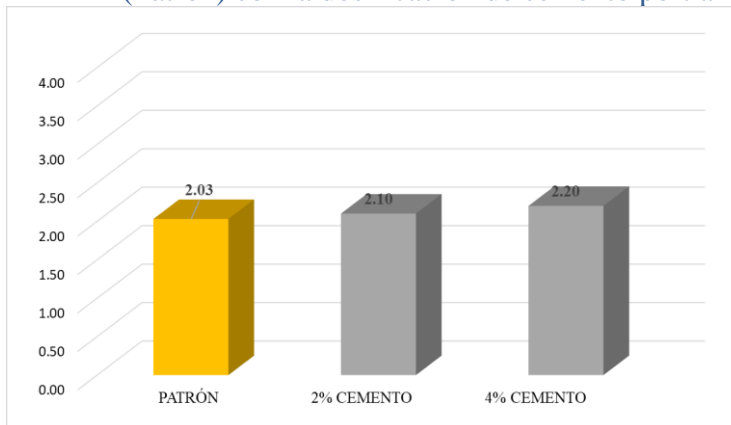
#### 4.1.2. Proctor modificado

En este ensayo se obtuvieron resultados para densidad seca y óptimo contenido de humedad.

Para la densidad seca presenta un incremento al aumentar la dosificación de cemento en 2% y 4% .Por otro lado el óptimo contenido de humedad presenta una disminución al aumentar las dosificaciones de cemento.

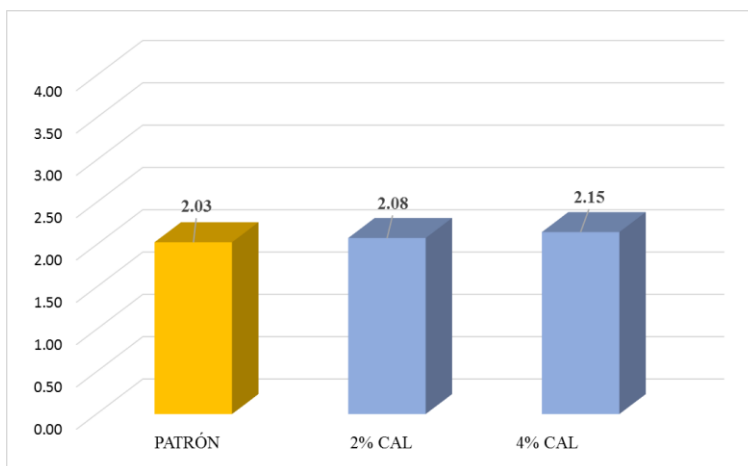
**Densidad seca máxima:** De los resultados obtenidos observamos que la densidad seca aumenta conforme se agrega las proporciones de cemento y cal.

**Figura 29.** Comparación de la densidad seca máxima de la cantera Bauner S.A (Patrón) con la dosificación de cemento portland tipo I.



**Fuente:** Base de datos, 2019

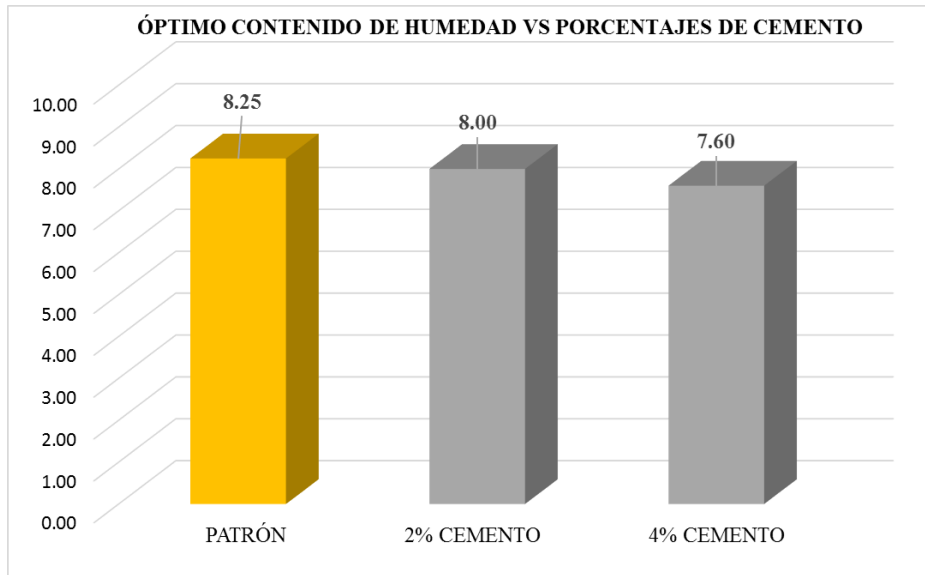
**Figura 30.** Comparación de la densidad seca máxima de la cantera Bauner S.A (Patrón) con la dosificación de cal.



**Fuente:** Base de datos, 2019

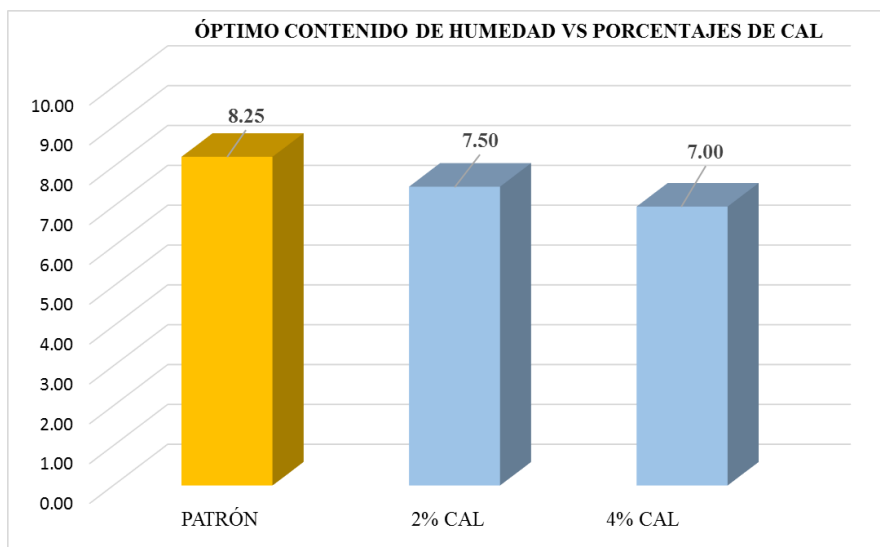
**Óptimo contenido de humedad:** De los resultados obtenidos al contrario de la densidad seca, el óptimo contenido de humedad disminuye conforme se aumenta la dosificación de cemento y cal.

**Figura 31.** Óptimo contenido de humedad vs porcentaje de cemento portland tipo I.



**Fuente:** Base de datos, 2019

**Figura 32.** Óptimo contenido de humedad vs porcentaje de cal.

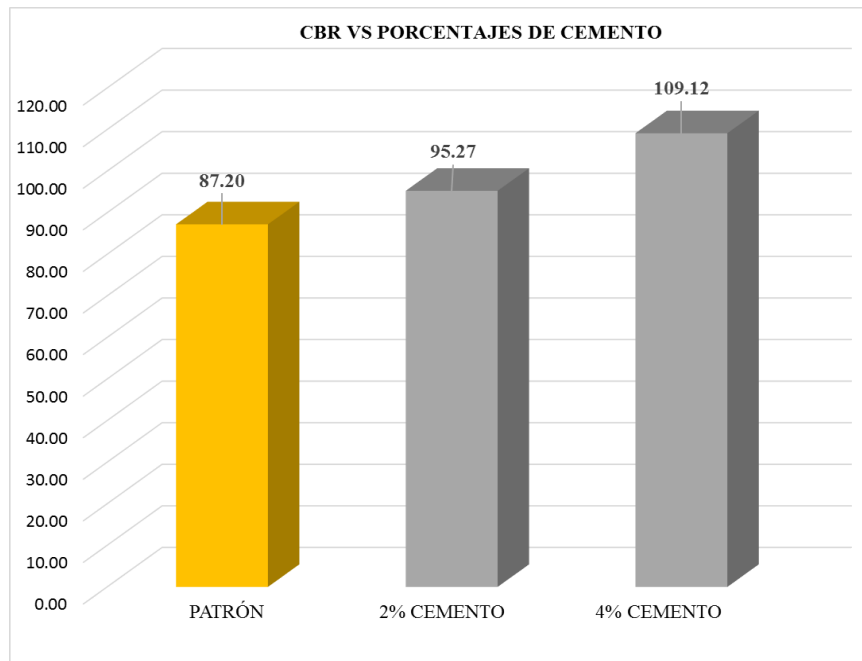


**Fuente:** Base de datos, 2019

### 4.1.3. California Bearing Ratio (CBR)

El CBR obtenido de la muestra patrón fue de 87.20 % al adicionar 2% de cemento el CBR obtenido es 95.27%, al adicionar 4% de cemento el CBR obtenido es 109.12%, cumpliendo con la normativa MTC 2016 que nos da los CBR mínimos que es 80% y 100%.

**Figura 33.** CBR VS porcentajes de cemento portland tipo I



**Fuente:** Base de datos, 2019

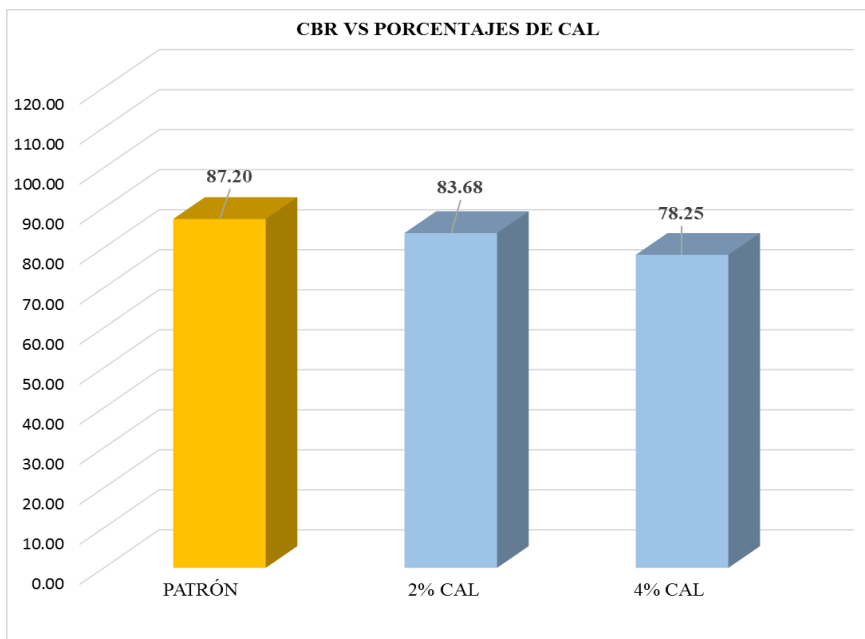
La muestra patrón dio un CBR de 87.20%, el cual cumple con las especificaciones para bases granulares (Tabla N° 6).

Al adicionar 2% de cemento Portland tipo I el CBR aumenta a 95.27%, teniendo un incremento de 8.07%, cumpliendo con las especificaciones para bases granulares (Tabla N° 6).

Al adicionar 4% de cemento Portland tipo I el CBR aumenta a 109.12%, teniendo un incremento de 21.92%, cumpliendo con las especificaciones para bases granulares (Tabla N° 6).

El CBR obtenido de la muestra patrón fue de 87.20 % al adicionar 2% de cal el CBR obtenido es 83.68%, al adicionar 4% de cal el CBR obtenido es 78.25%, cumpliendo con la normativa MTC 2016 que nos da los CBR mínimos que es 80% y 100% para el porcentaje de 2% mientras que para el porcentaje del 4% no cumple con los parámetros mínimos de la Norma.

**Figura 34.** CBR VS porcentajes de cal.



**Fuente:** Base de datos, 2019

La muestra patrón dio un CBR de 87.20%, el cual cumple con las especificaciones para bases granulares (Tabla N° 6).

Al adicionar 2% de cal el CBR disminuye a 83.68%, teniendo una disminución de 3.52%, cumpliendo con las especificaciones para bases granulares (Tabla N° 6).

Al adicionar 4% de cal el CBR disminuye a 78.25%, teniendo una disminución de 8.95%, incumpliendo con las especificaciones para bases granulares (Tabla N° 6).

#### 4.1.4. Validación de Hipótesis mediante Análisis Estadístico

##### 4.1.1. 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 26, Tabla 27, Tabla 28 y Tabla 29 al adicionar cemento portland tipo I y la cal, si tienen una distribución normal, por ser mayor a 0.05 este se analiza teniendo en cuenta su significancia si es mayor a 0.05 presenta una distribución normal.

**Tabla 26:** Prueba de Normalidad de CBR patrón + CBR con 2% de cemento y cal en 0.1”

PORCENTAJE DE ADICIÓN	Shapiro-Wilk			OBSERVACIÓN
	Estadístico	gl	Sig.	
PATRÓN	0,990	3	0,811	SI PRESENTA
2% DE ADICIÓN DE CEMENTO	0,844	3	0,226	SI PRESENTA
2% DE ADICIÓN DE CAL	0,985	3	0,768	SI PRESENTA

**Fuente:** Software Estadístico SPSS, 2019

**Tabla 27:** Prueba de Normalidad de CBR patrón + CBR con 4% de cemento y cal en 0.1”

PORCENTAJE DE ADICIÓN	Shapiro-Wilk			OBSERVACIÓN
	Estadístico	gl	Sig.	
PATRÓN	0,990	3	0,811	SI PRESENTA
4% DE ADICIÓN DE CEMENTO	0,996	3	0,885	SI PRESENTA
4% DE ADICIÓN DE CAL	0,994	3	0,853	SI PRESENTA

**Fuente:** Software Estadístico SPSS, 2019

**Tabla 28:** Prueba de Normalidad de CBR patrón + CBR con 2% de cemento y cal en 0.2”

PORCENTAJE DE ADICIÓN	Shapiro-Wilk			OBSERVACIÓN
	Estadístico	gl	Sig.	
PATRÓN	0,997	3	0,900	SI PRESENTA
2% DE ADICIÓN DE CEMENTO	0,982	3	0,743	SI PRESENTA
2% DE ADICIÓN DE CAL	0,979	3	0,723	SI PRESENTA

Fuente: Software Estadístico SPSS, 2019

**Tabla 29:** Prueba de Normalidad de CBR patrón + CBR con 4% de cemento y cal en 0.2”

PORCENTAJE DE ADICIÓN	Shapiro-Wilk			OBSERVACIÓN
	Estadístico	gl	Sig.	
PATRÓN	0,997	3	0,900	SI PRESENTA
4% DE ADICIÓN DE CEMENTO	0,994	3	0,851	SI PRESENTA
4% DE ADICIÓN DE CAL	0,949	3	0,567	SI PRESENTA

Fuente: Software Estadístico SPSS, 2019

#### 4.1.2. Prueba de Homogeneidad de varianzas

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 con los porcentajes de cemento y con los porcentajes de cal ver Tabla 30, Tabla 31, Tabla 32 y En la Tabla 33 . En la cual, las tablas muestran resultados presentando homogeneidad de varianzas.



**Tabla 30:** Prueba de Homogeneidad de varianzas de CBR patrón + CBR con 2% de cemento y 2% de cal en 0.1”

COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.	Observación
Se basa en la media	0,797	2	6	0,493	SI PRESENTA
Se basa en la mediana	0,505	2	6	0,627	SI PRESENTA
Se basa en la mediana y con gl ajustado	0,505	2	5,027	0,631	SI PRESENTA
Se basa en la media recortada	0,778	2	6	0,501	SI PRESENTA

**Fuente:** Software Estadístico SPSS, 2019

**Tabla 31:** Prueba de Homogeneidad de varianzas de CBR patrón + CBR con 4% de cemento y 4% de cal en 0.1”

COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.	Observación
Se basa en la media	0,888	2	6	0,459	SI PRESENTA
Se basa en la mediana	0,654	2	6	0,554	SI PRESENTA
Se basa en la mediana y con gl ajustado	0,654	2	4,521	0,563	SI PRESENTA
Se basa en la media recortada	0,873	2	6	0,465	SI PRESENTA

**Fuente:** Software Estadístico SPSS, 2019

**Tabla 32:** Prueba de Homogeneidad de varianzas de CBR patrón + CBR con 2% de cemento y 2 % de cal en 0.2”

COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.	Observación
Se basa en la media	0,579	2	6	0,589	SI PRESENTA
Se basa en la mediana	0,319	2	6	0,738	SI PRESENTA
Se basa en la mediana y con gl ajustado	0,319	2	4,674	0,741	SI PRESENTA
Se basa en la media recortada	0,561	2	6	0,598	SI PRESENTA

**Fuente:** Software Estadístico SPSS, 2019

**Tabla 33:** Prueba de Homogeneidad de varianzas de CBR patrón + CBR con 4% de cemento y 4% de cal en 0.2”

COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.	Observación
Se basa en la media	0,737	2	6	0,517	SI PRESENTA
Se basa en la mediana	0,604	2	6	0,577	SI PRESENTA
Se basa en la mediana y con gl ajustado	0,604	2	4,407	0,586	SI PRESENTA
Se basa en la media recortada	0,730	2	6	0,520	SI PRESENTA

**Fuente:** Software Estadístico SPSS, 2019

#### 4.1.3. ANOVA

Este análisis se le realiza a las mismas muestras de la prueba de normalidad. En las Tablas 34 y 35 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 las Tabla 36 y 37 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 34:** Prueba de Hipótesis de CBR patrón + CBR con 2% de cemento y cal en 0.1”

Descripción	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	406,668	2	203,334	61,587	0,000
Dentro de grupos	19,810	6	3,302		
Total	426,478	8			

**Fuente:** Software Estadístico SPSS, 2019

**Tabla 35:** Prueba de Hipótesis de CBR patrón + CBR con 4% de cemento y cal en 0.1''

Descripción	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	1699,364	2	849,682	339,657	0,000
Dentro de grupos	15,010	6	2,502		
Total	1714,373	8			

Fuente: Software Estadístico SPSS, 2019

**Tabla 36:** Prueba de Hipótesis de CBR patrón + CBR con 2% de cemento y cal en 0.2''

Descripción	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	211,743	2	105,871	33,366	0,001
Dentro de grupos	19,038	6	3,173		
Total	230,781	8			

Fuente: Software Estadístico SPSS, 2019

**Tabla 37:** Prueba de Hipótesis de CBR patrón + CBR con 4% de cemento y cal en 0.2''

Descripción	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	1513,194	2	756,597	542,579	000
Dentro de grupos	8,367	6	1,394		
Total	1521,561	8			

Fuente: Software Estadístico SPSS, 2019

#### 4.1.4. 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 34, Tabla 35, Tabla 36 y Tabla 37. 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 38 y 39. Lo mismo sucede en la Tabla 40 y 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 Tablas, 38,39,40 y 41 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 38:** Prueba de Tukey del CBR patrón + CBR con 2% de cemento y cal en 0.1''

Descripción		Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Límite inferior	Límite superior
PATRÓN	2% DE ADICIÓN DE CEMENTO	-12,41000*	1,48360	0,000	-16,9621	-7,8579
	2% DE ADICIÓN DE CAL	3,16667	1,48360	0,163	-1,3854	7,7187
2% DE	PATRÓN	12,41000*	1,48360	0,000	7,8579	16,9621
ADICIÓN DE	2% DE ADICIÓN DE CEMENTO	15,57667*	1,48360	0,000	11,0246	20,1287
2% DE	PATRÓN	-3,16667	1,48360	0,163	-7,7187	1,3854
ADICIÓN DE	2% DE ADICIÓN DE CAL	-15,57667*	1,48360	0,000	-20,1287	-11,0246

Fuente: Software Estadístico SPSS, 2019

**Tabla 39:** Prueba de Tukey del CBR patrón + CBR con 4% de cemento y cal en 0.1''

Descripción		Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Límite inferior	Límite superior
PATRÓN	4% DE ADICIÓN DE CEMENTO	-24,53333*	1,29140	0,000	-28,4957	-20,5709
	4% DE ADICIÓN DE CAL	7,69000*	1,29140	0,002	3,7276	11,6524
4% DE	PATRÓN	24,53333*	1,29140	0,000	20,5709	28,4957
ADICIÓN DE	4% DE ADICIÓN DE CEMENTO	32,22333*	1,29140	0,000	28,2609	36,1857
4% DE	PATRÓN	-7,69000*	1,29140	0,002	-11,6524	-3,7276
ADICIÓN DE	4% DE ADICIÓN DE CAL	-32,22333*	1,29140	0,000	-36,1857	-28,2609

Fuente: Software Estadístico SPSS, 2019

**Tabla 40:** Prueba de Tukey del CBR patrón + CBR con 2% de cemento y cal en 0.2''

Descripción		Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig	Límite inferior	Límite superior
PATRÓN	2% DE ADICIÓN DE CEMENTO	-8,07000*	1,45443	0,003	-12,5326	-3,6074
	2% DE ADICIÓN DE CAL	3,51667	1,45443	0,113	-0,9459	7,9793
2% DE ADICIÓN DE CEMENTO	PATRÓN	8,07000*	1,45443	0,003	3,6074	12,5326
	2% DE ADICIÓN DE CAL	11,58667*	1,45443	0,001	7,1241	16,0493
2% DE ADICIÓN DE CAL	PATRÓN	-3,51667	1,45443	0,113	-7,9793	0,9459
	2% DE ADICIÓN DE CEMENTO	-11,58667*	1,45443	0,001	-16,0493	-7,1241

Fuente: Software Estadístico SPSS, 2019

**Tabla 41:** Prueba de Tukey del CBR patrón + CBR con 4% de cemento y cal en 0.2''

Descripción		Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig	Límite inferior	Límite superior
PATRÓN	4% DE ADICIÓN DE CEMENTO	-21,91667*	0,96417	0,000	-24,8750	-18,9583
	4% DE ADICIÓN DE CAL	8,95000*	0,96417	0,000	5,9917	11,9083
4% DE ADICIÓN DE CEMENTO	PATRÓN	21,91667*	0,96417	0,000	18,9583	24,8750
	4% DE ADICIÓN DE CAL	30,86667*	0,96417	0,000	27,9083	33,8250
4% DE ADICIÓN DE CAL	PATRÓN	-8,95000*	0,96417	0,000	-11,9083	-5,9917
	4% DE ADICIÓN DE CEMENTO	-30,86667*	0,96417	0,000	-33,8250	-27,9083

Fuente: Software Estadístico SPSS, 2019

#### 4.2. Conclusiones

Se determinaron las propiedades físico – mecánicas estipuladas en las especificaciones para bases granulares, obteniendo en el ensayo Limite líquido de 24.79% con un IP no plástico, y en el ensayo de proctor modificado se obtuvo parámetros de densidad seca máxima y óptimo contenido de humedad para el cemento y cal, teniendo como resultados del cemento de la muestra patrón de un 2.03 gr/cm<sup>3</sup> incrementando hasta 2.20 gr/cm<sup>3</sup> al adicionar 4% de cemento; por otro lado el óptimo contenido de humedad de la muestra patrón es 8.25% disminuyendo hasta 7.60% al adicionar 4% de cemento; para la cal, el resultado de la muestra patrón es de 2.03 gr/cm<sup>3</sup> incrementando hasta 2.15 gr/cm<sup>3</sup> al adicionar 4% de cal; por otro lado el óptimo contenido de humedad de la muestra patrón es 8.25% disminuyendo hasta 7.00% al adicionar 4% de cal. Asimismo, se determinó el CBR; por un lado, para el cemento se obtuvo para la muestra patrón un CBR de 87.20%, adicionando de 2% de cemento el CBR aumentó a un 95.27% y adicionando 4% de cemento el CBR aumentó a 109.12%, por otro lado, adicionando 2% de cal el CBR disminuyó a 83.68% y adicionando 4% de cal el CBR disminuyó a 78.25%.

Se determinó la influencia del cemento en porcentajes de 2% y 4% en el comportamiento estructural del material de base de pavimentos flexibles, en la cual para la adición de cemento influye positivamente ya que se cumple parcialmente, es decir, cumple al adicionar 2% de cemento ya que el CBR aumentó en 8.07% y cumple al adicionar 4% de cemento ya que el CBR se incrementó en 21.92% respectivamente.

Se determinó la influencia de la cal en porcentajes de 2% y 4% en el comportamiento estructural del material de base de pavimentos flexibles, en la

cual para la adición de cal influye negativamente ya que no cumple cuando se adicionar en un 2% ya que el CBR disminuye en 3.52%; y no cumple cuando se adiciona 4% ya que el CBR disminuye en un 8.95% respectivamente.

#### 4.3. Recomendaciones

Se recomienda utilizar el Cemento Portland Tipo I como un estabilizador del material para base de pavimentos flexibles, ya que con los porcentajes propuestos aumenta significativamente la capacidad de soporte del agregado a diferencia de la cal, que no es recomendable su uso para este tipo de material debido a que los porcentajes utilizados disminuyeron la capacidad de soporte.

Se recomienda a las empresas que ejecutan obras privadas y públicas puedan realizar un estudio minucioso de las características de cada capa del pavimento.

Se recomienda realizar el análisis de costos por 1 m<sup>2</sup> de pavimento y realizar su comparación con la adición de cemento en los porcentajes de 2% y 4%.

Se recomienda realizar el diseño de un pavimento flexible para evaluar si el espesor de las capas aumenta o disminuye al adicionar cemento Portland Tipo I.

Se recomienda analizar este material utilizando más porcentajes de cemento portland tipo I para encontrar la dosificación óptima del máximo CBR.

## REFERENCIAS

- Aguinaga, M. & Narro, M. (2017). *Evaluación de las canteras en la provincia de Trujillo y la proporción de arena fina, para morteros de enlucido, sobre sus propiedades físicas, químicas y mecánicas, en el año 2017.* (Tesis de grado). ). Universidad de Privada del Norte, Trujillo, Perú
- Benavides, F. (2016). *Comportamiento estructural del material de base de pavimentos flexibles, al adicionar cemento portland, 2016.* (Tesis de pregrado). Universidad de Privada del Norte, Cajamarca, Perú.
- Cemento Portland uso y tipos (s.f), blog cemento portland usos y tipos. [Versión electrónica]. Recuperado el 1 de Octubre del 2018 de, <https://bloquescando.com/cemento-portland-usos-y-tipos/>.
- Colombo, G. (2008). *La Cal: ¡Es un reactivo químico!* (1.<sup>a</sup> ed.). Chile: CIM Los Andes. [Versión electrónica]. Recuperado el 28 de Abril del 2019 de, <file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/187666515-Libro-La-Cal.pdf>
- Cortés. & Fernández. (2015). *Influencia de las zeolitas y biopolímeros en el mejoramiento de la resistencia de suelos del Sur, Este y Norte de Lima para vías a nivel de afirmado.* (Tesis de Pregrado). Universidad Ricardo Palma, Lima, Perú.
- Cubas, A. (2017). *Influencia de la combinación de agregado de cerro y de río en la capacidad de soporte de un afirmado.* (Tesis de pregrado). Universidad de Privada del Norte, Cajamarca, Perú.
- García, A. (2015). *Determinación de la resistencia de la subrasante incorporando cal estructural en el suelo limo arcilloso del sector 14 Mollepampa de Cajamarca, 2015.* (Tesis de pregrado). Universidad de Privada del Norte, Cajamarca, Perú.



Guamán, I. (2016). *Estudio del comportamiento de un suelo arcilloso estabilizado por dos métodos químicos (cal y cloruro de sodio)*. (Tesis de Pregrado). Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador.

Guía de pavimentos (2004) .*Texto Guía*. [Versión electrónica] Recuperado el 10 de Setiembre del 2018 de, <https://www.udocz.com/read/libro-de-pavimentos-pdf>

Hernández, J., Mejía, D. & Zelaya. (2016). *Propuesta de estabilización de suelos arcillosos para su aplicación en pavimentos rígidos en la Facultad Multidisciplinaria Oriental de la Universidad de el Salvador*. (Tesis de Pregrado). Universidad de el Salvador, San Miguel, El Salvador

Huamán, C. (2009). *Estudio de la calidad del agregado para su uso en la producción de concreto aplicado a las principales canteras de agregados de las regiones Huánuco y Pasco*. (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional Hermilio Valdizan, Huanuco, Perú.

MTC (2014). *Manual de Carreteras de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos*. [Versión electrónica]. Recuperado el 1 de Octubre del 2018 de, [http://transparencia.mtc.gob.pe/idm\\_docs/P\\_recientes/4515.pdf](http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/P_recientes/4515.pdf)

MTC (2018). *Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018*. [Versión electrónica]. Recuperado el 15 de Octubre del 2018 de, [https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas\\_carreteras/documentos/manuales/Manual.de.Carreteras.DG-2018.pdf](https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual.de.Carreteras.DG-2018.pdf)

Manual de estabilización de suelo tratado con cal. LIME. (2004). Estabilización y modificación con cal. . [Versión electrónica]. Recuperado el 15 de Octubre del 2018 de, [https://www.lime.org/documents/publications/free\\_downloads/construct-manual-spanish2004.pdf](https://www.lime.org/documents/publications/free_downloads/construct-manual-spanish2004.pdf)

Ministerio de Transportes y comunicaciones (2013). Manual de carreteras – especificaciones técnicas generales para la construcción –EG 2013. Tomo I. [Versión electrónica].

Recuperado el 15 de Octubre del 2018 de,  
[http://transparencia.mtc.gob.pe/idm\\_docs/P\\_recientes/4955.pdf](http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/P_recientes/4955.pdf)

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2016). Manual de ensayo de materiales. Perú.

[Versión electrónica]. Recuperado el 15 de Octubre del 2018 de,  
[https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas\\_carreteras/documentos/manuales/Manual%20Ensayo%20de%20Materiales.pdf](https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual%20Ensayo%20de%20Materiales.pdf)

Montejo, A. (2002). Ingeniería de pavimentos para carreteras. Segunda edición. Bogotá: Ágora.

Murillo, E. (2010). *Estudio del comportamiento de las bases de pavimentos rígidos en la ciudad de Cuenca y su influencia en el diseño*. (Tesis de grado). Universidad de Cuenca, Cuenca Ecuador.

Pavimentos flexibles (2014). Recuperado el 15 de Octubre del 2018 de

<https://www.buenastareas.com/ensayos/Pavimento-Flexible-La-Importancia/48668703.html>

Pico, J. (2016), Análisis comparativo de la estabilización de la subrasante de la vía entre las comunidades de Teligote y Masabachos de la Parroquia Benítez Cantón San Pedro de Pelileo, con cal y cloruro de sodio para realizar el diseño de pavimentos de la misma. (Tesis de Pregrado). Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador.

PROESTECH S.A.C. con RUC: 20548510229 & Cementos Pacasmayo. (2018). Pacasmayo

Profesional - Moyobamba: Estabilización de Suelos. [Versión electrónica]  
Recuperado el 20 de Abril del 2019 de,

<https://www.youtube.com/watch?v=4qj8bD9ajvI>  
<https://www.youtube.com/watch?v=4qj8bD9ajvI>

Rama, F. (s.f). Historia de los pavimentos urbanos. [Versión electrónica] Recuperado el 10 de Setiembre del 2018 de, [http://www.franciscorama.com/docs/conservacion\\_historia.pdf](http://www.franciscorama.com/docs/conservacion_historia.pdf)

Rico, A. & Del Castillo, H. (1977). Artículos sobre tópicos de geotecnia y vías terrestres. [Versión electrónica] Recuperado el 10 de Septiembre del 2018 de, <https://imt.mx/archivos/Publicaciones/Libro/lb6.pdf>

Rivas. & Cerrato, C. (2016), *Pruebas de resistencia y calidad del suelo para la elaboración del bloque de adobe suelo cemento en la construcción de viviendas mínimas unifamiliares en el Municipio de San Rafael del Sur Comunidad La Gallina (de Agosto – Noviembre 2016)*. (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua, Nicaragua.

RPP NOTICIAS, (2013). Denuncian presencia de canteras informales en cerro Campana. [Versión electrónica] Recuperado el 10 de Setiembre del 2018 de, <https://rpp.pe/peru/actualidad/trujillo-denuncian-presencia-de-canteras-informales-en-cerro-campana-noticia-562742>

Sanjuán. M, & Chinchón. S. (2014). Introducción a la fabricación y normalización del cemento portland. San Vicente, Universidad de Alicante.

Solminihaq, Echeverría y Thenoux (S.f), Estabilización Química de Suelos: Aplicaciones en la construcción de estructuras de pavimentos. Pontificia Universidad Católica de Chile, Chile.

Tarazona. M., (2015). Historia de los pavimentos. [Versión electrónica] Recuperado el 10 de Septiembre del 2018 de, <https://prezi.com/fawooe06znz0/historia-de-los-pavimentos/>

Vidaud. E. (2013). De la historia del cemento. [Versión electrónica] Recuperado el 15 de Octubre del 2018 de, <http://www.revistacyt.com.mx/pdf/noviembre2013/ingenieria.pdf>

Villarino. A. (sf). Enseñanza-técnicas/ciencia y tecnología de los materiales. La Cal. . [Versión electrónica] Recuperado el 15 de Octubre del 2018 de, <http://ocw.usal.es/enseanzas-tecnicas/ciencia-y-tecnologia-de-los-materiales/contenido/TEMA%202-%20LA%20CAL.pdf>

Yarango, E. (2014). *Rehabilitación de la carretera de acceso a la Sociedad Minera Cerro Verde (S.M.C.V) desde la prog. km 0+000 hasta el km 1+900, en el Distrito de Uchumayo, Aarequipa, Arequipa. Empleando el sistema Bitufor para reducir la reflexión de grietas y prolongar la vida útil del pavimento.* (Tesis de Pregrado). Universidad Ricardo Palma, Lima, Perú.

## ANEXOS

### ANEXO N° 01: RESULTADOS DE ANTECEDENTE DE TESIS

Ensayos		Suelo Natural	Suelo Natural +2% de cal	Suelo Natural +4% de cal	Suelo Natural +6% de cal	Suelo Natural +8% de cal
<b>LIMITES DE ATTERBERG</b>	Límite líquido	39.36%	33.39%	31.37%	27.82%	23.45%
	Límite plástico	28.11%	26.03%	25.39%	23.03%	19.81%
	Índice de plasticidad	11.26%	7.37%	5.97%	4.78%	3.64%
<b>PROCTOR MODIFICADO</b>	Densidad max. Seca	1.898	1.929	0.0195	0.0196	0.0198
<b>CBR</b>	OCH	10.70%	12.90%	11.98%	11.95%	10.21%
	CBR al 95% a 0.1"	5.20%	5.30%	6.30%	7.20%	8.05%
	CBR al 95% a 0.2"	5.40%	570.00%	6.60%	7.50%	8.30%

Figura 1: García, 2015.

## ANEXO N° 02: FICHA TÉCNICA DE CEMENTO PACASMAYO TIPO I



**CEMENTOS PACASMAYO S.A.A.**

Calle La colonia Nro. 150 Urb. El Vivero de Monterrico Santiago de Surco - Lima  
Carretera Panamericana Norte Km. 666 Pacasmayo - La Libertad  
Teléfono 317 - 6000



G-CC-F-04  
Versión 04

Planta: Pacasmayo

**Cemento Portland Tipo I**

15 de Mayo de 2019

Periodo de despacho 01 de Abril de 2019 - 30 de Abril de 2019

### REQUISITOS NORMALIZADOS

NTP 334.009 Tablas 1 y 3

#### QUÍMICOS

Requisitos	Especificación	Resultado de ensayos
MgO (%)	6.0 máx.	2.8
SO <sub>3</sub> (%)	3.0 máx.	2.8
Pérdida por ignición (%)	3.5 máx.	3.1
Residuo insoluble (%)	1.5 máx.	0.6

#### FÍSICOS

Requisitos	Especificación	Resultado de ensayos
<b>Contenido de aire del mortero (volumen %)</b>	12 máx.	7
<b>Superficie específica (cm<sup>2</sup>/g)</b>	2600 mín.	4040
<b>Expansión en autoclave (%)</b>	0.80 máx.	0.10
<b>Densidad (g/mL)</b>	A	3.10
<b>Resistencia a la compresión min. (MPa)</b>		
1 día	A	16.3
3 días	12.0	28.8
7 días	19.0	35.2
28 días <sup>(1)</sup>	28.0	45.0
<b>Tiempo de fraguado, minutos, Vicat</b>		
Inicial, no menor que:	45	121
Final, no mayor que:	375	248

A No especifica.

<sup>(1)</sup> Requisito opcional.

La resistencia a 28 días corresponde al mes de Marzo del 2019.

Certificamos que el cemento descrito arriba, al tiempo del envío, cumple con los requisitos químicos y físicos de la NTP 334.009.2016.

Ing. Dennis R. Rodas Lavado  
Superintendente de Control de Calidad

Solicitado por:

Distribuidora Norte Pacasmayo S.R.L.

Está totalmente prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin la autorización de Cementos Pacasmayo S.A.A.

**ANEXO N° 03: NORMA TÉCNICA PERUANA**





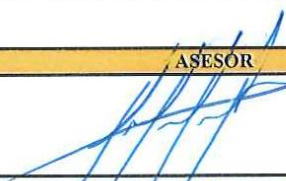
**MANUAL DE ENSAYO DE MATERIALES**



Edición Mayo de 2016



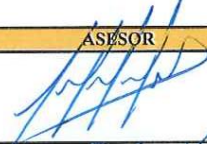


**ANEXO N° 04: RESULTADOS DE CONTENIDO DE HUMEDAD**



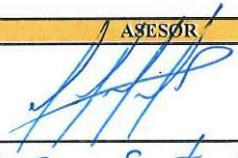
LABORATORIO DE SUELOS-UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE TRUJILLO																																																																	
FICHA DE OBSERVACIÓN																																																																	
ENSAYO:	CONTENIDO DE HUMEDAD			CÓDIGO DEL DOCUMENTO CH-LS-UPNT:1																																																													
NORMA:	ASTM D2216/MTC E 108/NTP 339 -127																																																																
PROYECTO:	INFLUENCIA DE LOS PORCENTAJES DE CEMENO Y CAL EN EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL MATERIAL DE BASE DE PAVIMENTOS FLEXIBLES -TRUJILLO, 2019																																																																
CANtera:	BAUNER S.A	UBICACIÓN:	CARRETERA P. NORTE 13700 KM566+100																																																														
FECHA DE MUESTREO CAMPO:	29/04/2019	TIPO DE MATERIAL:	AGREGADO																																																														
FECHA DE MUESTREO LAB:	29/04/2019	RESPONSABLE:	MARIA LIDIA RODRIGUEZ ANTICONA																																																														
FECHA DE ENSAYO	29/04/2019	REVISADO POR:																																																															
<p>Temperatura de Secado 60°C/110°C/Ambiente</p> <p>Método Horno 110 ± 5°C</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="6">CONTENIDO DE HUMEDAD</th> </tr> <tr> <th>ID</th> <th>DESCRIPCIÓN</th> <th>UND</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>Identificación del recipiente o Tara</td> <td></td> <td>T-1</td> <td>T-2</td> <td>T-3</td> </tr> <tr> <td>B</td> <td>Peso del Recipiente</td> <td>gr</td> <td>34.69</td> <td>27.03</td> <td>27.38</td> </tr> <tr> <td>C</td> <td>Recipiente + Suelo Humedo</td> <td>gr</td> <td>208.06</td> <td>153.96</td> <td>171.58</td> </tr> <tr> <td>D</td> <td>Recipiente + Suelo Seco</td> <td>gr</td> <td>197.79</td> <td>145.65</td> <td>161.94</td> </tr> <tr> <td>W<sub>w</sub></td> <td>Peso de agua (W<sub>w</sub>) C-D</td> <td>gr</td> <td>10.27</td> <td>8.31</td> <td>9.64</td> </tr> <tr> <td>W<sub>s</sub></td> <td>Peso Suelo seco (W<sub>s</sub>) D-B</td> <td>gr</td> <td>163.10</td> <td>118.62</td> <td>134.56</td> </tr> <tr> <td>W%</td> <td>Porcentaje de Humedad (W<sub>w</sub>/W<sub>s</sub>)*100</td> <td>%</td> <td>6.30</td> <td>7.01</td> <td>7.16</td> </tr> <tr> <td>G</td> <td>Promedio Porcentaje de Humedad</td> <td>%</td> <td colspan="3">6.82</td> </tr> </tbody> </table> $W = \frac{W_w}{W_s} * 100$						CONTENIDO DE HUMEDAD						ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	A	Identificación del recipiente o Tara		T-1	T-2	T-3	B	Peso del Recipiente	gr	34.69	27.03	27.38	C	Recipiente + Suelo Humedo	gr	208.06	153.96	171.58	D	Recipiente + Suelo Seco	gr	197.79	145.65	161.94	W <sub>w</sub>	Peso de agua (W <sub>w</sub> ) C-D	gr	10.27	8.31	9.64	W <sub>s</sub>	Peso Suelo seco (W <sub>s</sub> ) D-B	gr	163.10	118.62	134.56	W%	Porcentaje de Humedad (W <sub>w</sub> /W <sub>s</sub> )*100	%	6.30	7.01	7.16	G	Promedio Porcentaje de Humedad	%	6.82		
CONTENIDO DE HUMEDAD																																																																	
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3																																																												
A	Identificación del recipiente o Tara		T-1	T-2	T-3																																																												
B	Peso del Recipiente	gr	34.69	27.03	27.38																																																												
C	Recipiente + Suelo Humedo	gr	208.06	153.96	171.58																																																												
D	Recipiente + Suelo Seco	gr	197.79	145.65	161.94																																																												
W <sub>w</sub>	Peso de agua (W <sub>w</sub> ) C-D	gr	10.27	8.31	9.64																																																												
W <sub>s</sub>	Peso Suelo seco (W <sub>s</sub> ) D-B	gr	163.10	118.62	134.56																																																												
W%	Porcentaje de Humedad (W <sub>w</sub> /W <sub>s</sub> )*100	%	6.30	7.01	7.16																																																												
G	Promedio Porcentaje de Humedad	%	6.82																																																														
OBSERVACIONES:																																																																	
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR																																																															
																																																																	
NOMBRE: Maria Lidia Rodriguez	NOMBRE: Gregorio Cuzcoza Asistente de Laboratorio Carrera de Ingeniería Civil	NOMBRE: German Sagastegui Vargas																																																															
FECHA:	FECHA:	FECHA:																																																															



**ANEXO N° 05: RESULTADOS DE GRANUOMETRÍA**



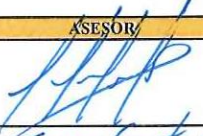
LABORATORIO DESUELOS-UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE TRUJILLO					
PROTOCOLO					
ENSAYO:		ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGRGADO GRUESO Y FINO		CÓDIGO DEL DOCUMENTO AGTS-LS-UPNT:2	
NORMA:		ASTM C 136/MTC 204			
PROYECTO:		INFLUENCIA DE LOS PORCENTAJES DE CEMENO Y CAL EN EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL MATERIAL DE BASE DE PAVIMENTOS FLEXIBLES - TRUJILLO, 2019			
CANTERA:		BAUNER S.A.	UBICACIÓN:	CARRETERA P. NORTE 13700 KM566+100	
FECHA DE MUESTREO CAMPO:		29/04/2019	TIPO DE MATERIAL:	AGREGADO	
FECHA DE MUESTREO LAB:		30/05/2019	RESPONSABLE:	MARIA LIDIA RODRIGUEZ ANTICONA	
FECHA DE ENSAYO		30/05/2019	REVISADO POR:		
Peso muestra seca total			10000	gr	
ANÁLISIS DE FRACCIÓN GRUESA					
Malla	Abert.(mm)	P.R.P.	%RP	% RA	% que pasa
1"	25.00	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.00	748.10	7.48	7.48	92.52
1/2"	12.50	724.15	7.24	14.72	85.28
3/8"	9.50	557.10	5.57	20.29	79.71
Nº4	4.76	2100.00	21.00	41.29	58.71
Total					58.71
ANÁLISIS DE FRACCIÓN FINA					
Corrección de la muestra (W%/Ws)					0.12
Peso de la muestra seca (Ws)					500
Malla	Abert.(mm)	P.R.P.	%RP	% RA	% que pasa
Nº4	4.76	0.00	0.00	0.00	100.00
Nº10	2.00	129.56	25.91	56.51	43.49
Nº20	0.84	70.65	14.13	64.80	35.20
Nº30	0.59	20.11	4.02	67.16	32.84
Nº40	0.42	25.28	5.06	70.13	29.87
Nº60	0.25	54.51	10.90	76.53	23.47
Nº100	0.15	95.17	19.03	87.70	12.30
Nº200	0.07	48.70	9.74	93.42	6.58
Bandeja		56.02	11.20	100.00	0.00
OBSERVACIONES:					
RESPONSABLE DEL ENSAYO		COORDINADOR DE LABORATORIO		ASESOR	
					
NOMBRE: María Rodríguez A.		NOMBRE: Asistente de Laboratorio Bachera de Ingeniería Civil		NOMBRE: Germán Saiztegui Vozquez	
FECHA:		FECHA:		FECHA:	




**ANEXO N° 06: RESULTADOS DE LIMITES DE ATTENBERG**

LABORATORIO DESUELOS-UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE TRUJILLO							
PROTOCOLO							
ENSAYO:	LIMITES DE PLASTICIDAD					CÓDIGO DEL DOCUMENTO LP-LS-UPNT : 3	
NORMA:	ASTM D4318/MTC E 111/NTP E 339 -130						
PROYECTO:	INFLUENCIA DE LOS PORCENTAJES DE CEMENTO Y CAL EN EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL MATERIAL DE BASE DE PAVIMENTOS FLEXIBLES -TRUJILLO, 2019						
CANTERA:	BAUNER S.A	UBICACIÓN:	CARRETERA P. NORTE 13700 KM566+100				
FECHA DE MUESTREO CAMPO:	29/04/2019	TIPO DE MATERIAL:	AGREGADO				
FECHA DE MUESTREO LAB:	02/05/2019	RESPONSABLE:	MARIA LIDIA RODRIGUEZ ANTICONA				
FECHA DE ENSAYO	02/05/2019	REVISADO POR:					
DETERMINACIÓN DE LIMITE LIQUIDO (LL)							
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	4	5
A	Identificación del recipiente o Tara	N°	T-1	T-2	T-3	T-4	T-5
B	Peso del Recipiente	gr	33.69	27.03	27.38	27.38	27.38
C	Recipiente + Suelo Humedo	gr	41.94	34.11	33.96	34.78	34.88
D	Recipiente + Suelo Seco	gr	39.97	32.34	32.14	32.74	33.38
E	Peso del agua (Ww) C-D	gr	1.97	1.77	1.82	2.04	1.50
F	Peso Suelo seco (Ws) D-B	gr	6.28	5.31	4.76	5.36	6.00
G	Numero de golpes	N	13.00	16.00	12.00	10.00	18.00
H	Contenido de Humedad (E/F)*100	%	31.37	33.33	38.24	38.06	25.00
DETERMINCIÓN DE LÍMITE PLÁSTICO (LP)							
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	4	5
A	Identificación del recipiente o Tara	N°	-	-	-	-	-
B	Peso del Recipiente	gr	-	-	-	-	-
C	Recipiente + Suelo Humedo	gr	-	-	-	-	-
D	Recipiente + Suelo Seco	gr	-	-	-	-	-
E	Peso del agua (Ww) C-D	gr	-	-	-	-	-
F	Peso Suelo seco (Ws) D-B	gr	-	-	-	-	-
G	Contenido de Humedad (E/F)*100	%	NP	NP	NP	NP	NP
H	Promedio Límite Plástico		NP	NP	NP	NP	NP
OBSERVACIONES:							
RESPONSABLE DEL ENSAYO		COORDINADOR DE LABORATORIO			ASESOR		
							
NOMBRE: <i>Maria Lidia Rodriguez Anticono</i>		NOMBRE: <i>German Sagastegui Vargas</i> Asistente de Laboratorio Carrera de Ingeniería Civil			NOMBRE: <i>German Sagastegui Vargas</i>		
FECHA:		FECHA:			FECHA:		

**ANEXO N° 07: RESULTADO DE PROCTOR MODIFICADO**



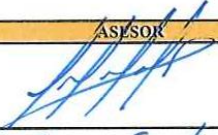
LABORATORIO DESUELOS-UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE TRUJILLO										
PROTOCOLO										
ENSAYO:	COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO							CÓDIGO DEL DOCUMENTO CPM-LS-UPNT:4		
NORMA:	ASTM D 1557 /MTC E 115/NTP 339 -141									
PROYECTO:	INFLUENCIA DE LOS PORCENTAJES DE CEMENO Y CAL EN EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL MATERIAL DE BASE DE PAVIMENTOS FLEXIBLES -TRUJILLO, 2019									
CANTERA:	BAUNER S.A	UBICACIÓN	CARRETERA P. NORTE 13700 KM566+100							
FECHA DE MUESTREO CAMPO:	29/04/2019	TIPO DE MATERIAL	AGREGADO							
FECHA DE MUESTREO LAB:	04/05/2019	RESPONSABLE:	MARIA LIDIA RODRIGUEZ ANTICONA							
FECHA DE ENSAYO	04/05/2019	REVISADO POR:								
COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO-MUESTRA PATRÓN										
DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD										
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	4	5	6	7	8
A	Peso Molde	gr	6589.00		6589.00		6589.00		6589.00	
B	Peso Muestra Húmeda +Molde	gr	10700.00		11185.00		11370.00		11290.00	
C	Peso Muestra Húmeda	gr	4111.00		4596.00		4781.00		4701.00	
D	Volumen muestra húmeda	cm3	2123.76		2123.76		2123.76		2123.76	
E	Densidad Humeda; Dh	gr/cm3	1.94		2.16		2.25		2.21	
DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD										
F	Recipiente	N°	a	b	a	b	a	2	a	b
H	Peso del Recipiente	gr	19.3	26.95	284.11	284.54	9.72	29.47	27.84	27.38
I	Peso Muestra Húmeda +Recipiente	gr	174.15	170.8	395.88	487.50	99.13	111.49	128.66	93.73
J	Peso Muestra Seca+ Resipiente	gr	168.13	165.25	388.08	475.57	93.06	104.08	121.24	86.28
K	Peso del agua	gr	6.02	5.55	7.8	11.93	6.07	7.41	7.42	7.45
L	Peso Muestra Seca	gr	148.83	138.3	103.97	191.03	83.34	74.61	93.4	58.9
M	Contenido de Humedad W%	%	4.04	4.01	7.50	6.25	7.28	9.93	7.94	12.65
N	Contenido de Humedad Óptimo	%	4.03		6.87		8.61		10.30	
O	Densidad Seca Máxima; Ds	gr/cm3	1.86		2.02		2.07		2.01	
$D_s = \frac{D_h}{\left(1 + \frac{W\%}{100}\right)}$										
OBSERVACIONES:										
RESPONSABLE DEL ENSAYO			COORDINADOR DE LABORATORIO				ASESOR			
NOMBRE: Maria Rodriguez .A			NOMBRE: Asistente de Laboratorio				NOMBRE: German Sagastegui Vargu4			
FECHA:			FECHA: Carrera de Ingeniería Civil				FECHA:			

LABORATORIO DE SUELOS-UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE TRUJILLO										
PROTOCOLO										
ENSAYO:	COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO							CÓDIGO DEL DOCUMENTO CPM-LS-UPNT:5		
NORMA:	ASTM D 1557 /MTC E 115/NTP 339 -141									
PROYECTO:	INFLUENCIA DE LOS PORCENTAJES DE CEMENTO Y CAL EN EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL MATERIAL DE BASE DE PAVIMENTOS FLEXIBLES -TRUJILLO, 2019									
CANTERA:	BAUNER S.A	UBICACIÓN	CARRETERA P. NORTE 13700 KM566+100							
FECHA DE MUESTREO CAMPO:	29/04/2019	TIPO DE MATERIAL	AGREGADO							
FECHA DE MUESTREO LAB:	06/05/2019	RESPONSABLE:	MARIA LIDIA RODRIGUEZ ANTICONA							
FECHA DE ENSAYO	06/05/2019	REVISADO POR:								
<b>COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO: 2% DE CEMENTO</b> DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD										
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	4	5	6	7	8
A	Peso Molde	gr	6589.00		6589.00		6589.00		6589.00	
B	Peso Muestra Húmeda +Molde	gr	10720.00		11292.00		11452.00		11305.00	
C	Peso Muestra Húmeda	gr	4131.00		4703.00		4863.00		4716.00	
D	Volumen muestra húmeda	cm3	2123.76		2123.76		2123.76		2123.76	
E	Densidad Humeda; Dh	gr/cm3	1.95		2.21		2.29		2.22	
DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD										
F	Recipiente	Nº	a	b	a	b	a	b	a	b
H	Peso del Recipiente	gr	10.25	10.51	12.89	30.48	176.52	179.82	113.76	123.14
I	Peso Muestra Húmeda +Recipiente	gr	135.2	92.53	85.26	87.50	255.21	210.15	200.38	214.17
J	Peso Muestra Seca+ Resipiente	gr	130.53	89.53	82.42	83.2	249.16	207.84	192.24	206.15
K	Peso del agua	gr	4.67	3	2.84	4.3	6.05	2.31	8.14	8.02
L	Peso Muestra Seca	gr	120.28	79.02	69.53	52.72	72.64	28.02	78.48	83.01
M	Contenido de Humedad W%	%	3.88	3.80	4.08	8.16	8.33	8.24	10.37	9.66
N	Contenido de Humedad Óptimo	%	3.84		6.12		8.29		10.02	
O	Densidad Seca Máxima; Ds	gr/cm3	1.87		2.09		2.11		2.02	
$D_s = \frac{D_h}{\left(1 + \frac{W\%}{100}\right)}$										
OBSERVACIONES:										
RESPONSABLE DEL ENSAYO			COORDINADOR DE LABORATORIO			ASESOR				
										
NOMBRE: Maria Rodriguez .A.			NOMBRE: Carrera de Ingeniería Civil			NOMBRE: Carmelo Santiago Vargas				
FECHA:			FECHA:			FECHA:				

LABORATORIO DESUELOS-UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE TRUJILLO										
PROTOCOLO										
ENSAYO:	COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO							CÓDIGO DEL DOCUMENTO CPM-LS-UPNT:6		
NORMA:	ASTM D 1557 /MTC E 115/NTP 339 -141									
PROYECTO:	INFLUENCIA DE LOS PORCENTAJES DE CEMENO Y CAL EN EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL MATERIAL DE BASE DE PAVIMENTOS FLEXIBLES -TRUJILLO, 2019									
CANTERA:	BAUNER S.A	UBICACIÓN	CARRETERA P. NORTE 13700 KM566+100							
FECHA DE MUESTREO CAMPO:	29/04/2019	TIPO DE MATERIAL	AGREGADO							
FECHA DE MUESTREO LAB:	08/05/2019	RESPONSABLE:	MARIA LIDIA RODRIGUEZ ANTICONA							
FECHA DE ENSAYO	08/05/2019	REVISADO POR:								
COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO: 4% DE CEMENTO										
DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD										
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	4	5	6	7	8
A	Peso Molde	gr	6589.00		6589.00		6589.00		6589.00	
B	Peso Muestra Húmeda +Molde	gr	10780.00		11340.00		11477.00		11350.00	
C	Peso Muestra Húmeda	gr	4191.00		4751.00		4888.00		4761.00	
D	Volumen del molde	cm <sup>3</sup>	2123.76		2123.76		2123.76		2123.76	
E	Densidad Humeda; Dh	gr/cm <sup>3</sup>	1.97		2.24		2.30		2.24	
DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD										
F	Recipiente	Nº	a	b	a	b	a	b	a	b
H	Peso del Recipiente	gr	34.69	27.03	41.94	27.38	26.53	27.00	34.78	25.78
I	Peso Muestra Húmeda +Recipiente	gr	474.45	270.7	273.76	182.82	215.37	191.70	265.92	162.72
J	Peso Muestra Seca+ Recipiente	gr	458.95	262.5	260.86	174.72	201.55	179.7	244.92	150.82
K	Peso del agua	gr	15.5	8.2	12.9	8.1	13.82	12	21	11.9
L	Peso Muestra Seca	gr	424.26	235.47	218.92	147.34	175.02	152.7	210.14	125.04
M	Contenido de Humedad W%	%	3.65	3.48	5.89	5.50	7.90	7.86	9.99	9.52
N	Contenido de Humedad Óptimo	%	3.57		5.70		7.88		9.76	
O	Densidad Seca Máxima; Ds	gr/cm <sup>3</sup>	1.91		2.12		2.13		2.04	
OBSERVACIONES:										
RESPONSABLE DEL ENSAYO			COORDINADOR DE LABORATORIO				ASESOR			
										
NOMBRE: <i>Maria Rodriguez .A.</i>			NOMBRE: <i>Carrera de Ingenieria Civil</i>				NOMBRE: <i>German Sagotey Vazquez</i>			
FECHA:			FECHA:				FECHA:			





$$D_s = \frac{D_h}{\left(1 + \frac{W\%}{100}\right)}$$

LABORATORIO DE SUELOS-UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE TRUJILLO										
PROTOCOLO										
ENSAYO:	COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO							CÓDIGO DEL DOCUMENTO CPM-LS-UPNT:7		
NORMA:	ASTM D 1557 /MTC E 115/NTP 339 -141									
PROYECTO:	INFLUENCIA DE LOS PORCENTAJES DE CEMENTO Y CAL EN EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL MATERIAL DE BASE DE PAVIMENTOS FLEXIBLES -TRUJILLO, 2019									
CANTERA:	BAUNER S.A	UBICACIÓN	CARRETERA P. NORTE 13700 KM566+100							
FECHA DE MUESTREO CAMPO:	29/04/2019	TIPO DE MATERIAL:	AGREGADO							
FECHA DE MUESTREO LAB:	10/05/2019	RESPONSABLE:	MARIA LIDIA RODRIGUEZ ANTICONA							
FECHA DE ENSAYO	10/05/2019	REVISADO POR:								
<b>COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO: 2% DE CAL</b> DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD										
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	4	5	6	7	8
A	Peso Molde	gr	6589.00	6589.00	6589.00	6589.00	6589.00	6589.00	6589.00	6589.00
B	Peso Muestra Húmeda +Molde	gr	11120.00	11296.00	11296.00	11296.00	11416.00	11416.00	11265.00	11265.00
C	Peso Muestra Húmeda	gr	4531.00	4707.00	4707.00	4707.00	4827.00	4827.00	4676.00	4676.00
D	Volumen del molde	cm3	2123.76	2123.76	2123.76	2123.76	2123.76	2123.76	2123.76	2123.76
E	Densidad Humeda; Dh	gr/cm3	2.13	2.22	2.22	2.22	2.27	2.27	2.20	2.20
DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD										
F	Recipiente	Nº	a	b	a	b	a	b	a	b
H	Peso del Recipiente	gr	89.76	80.86	75.02	79.29	278.93	283.51	153.72	315.88
I	Peso Muestra Húmeda +Recipiente	gr	183.74	187.35	182.93	144.97	398.77	384.64	287.28	458.54
J	Peso Muestra Seca+ Recipiente	gr	180.52	183.22	175.76	141.04	389.51	376.69	275.3	445.23
K	Peso del agua	gr	3.22	4.13	7.17	3.93	9.26	7.95	11.98	13.31
L	Peso Muestra Seca	gr	90.76	102.36	100.74	61.75	110.58	93.18	121.58	129.35
M	Contenido de Humedad W%	%	3.55	4.03	7.12	6.36	8.37	8.53	9.85	10.29
N	Contenido de Humedad Óptimo	%	3.79		6.74		8.45		10.07	
O	Densidad Seca Máxima; Ds	gr/cm3	2.06		2.08		2.10		2.00	
$D_s = \frac{D_h}{\left(1 + \frac{W\%}{100}\right)}$										
OBSERVACIONES:										
RESPONSABLE DEL ENSAYO			COORDINADOR DE LABORATORIO				ASESOR			
NOMBRE: <i>Maria Rodriguez. A.</i>			NOMBRE: <i>Asistente de Laboratorio Carrera de Ingeniería Civil</i>				NOMBRE: <i>German Sagotepi Vargas</i>			
FECHA:			FECHA:				FECHA:			





LABORATORIO DESUELOS-UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE TRUJILLO										
PROTOCOLO										
ENSAYO:	COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO							CÓDIGO DEL DOCUMENTO CPM-LS-UPNT:8		
NORMA:	ASTM D 1557 /MTC E 115/NTP 339 -141									
PROYECTO:	INFLUENCIA DE LOS PORCENTAJES DE CEMENO Y CAL EN EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL MATERIAL DE BASE DE PAVIMENTOS FLEXIBLES -TRUJILLO, 2019									
CANTERA:	BAUNER S.A	UBICACIÓN	CARRETERA P. NORTE 13700 KM566+100							
FECHA DE MUESTREO CAMPO:	29/04/2019	TIPO DE MATERIAL	AGREGADO							
FECHA DE MUESTREO LAB:	12/05/2019	RESPONSABLE:	MARIA LIDIA RODRIGUEZ ANTICONA							
FECHA DE ENSAYO	12/05/2019	REVISADO POR:								
<b>COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO: 4% DE CAL</b> DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD										
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	4	5	6	7	8
A	Peso Molde	gr	6589.00		6589.00		6589.00		6589.00	
B	Peso Muestra Húmeda +Molde	gr	11160.00		11320.00		11426.00		11295.00	
C	Peso Muestra Húmeda	gr	4571.00		4731.00		4837.00		4706.00	
D	Volumen del molde	cm3	2123.76		2123.76		2123.76		2123.76	
E	Densidad Humeda; Dh	gr/cm3	2.15		2.23		2.28		2.22	
DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD										
F	Recipiente	Nº	a	b	a	b	a	b	a	b
H	Peso del Recipiente	gr	45.02	90.76	80.86	65.89	102.65	175.20	28.35	98.36
I	Peso Muestra Húmeda +Recipiente	gr	115.25	201.35	182.93	144.97	185.15	226.50	287.28	210.35
J	Peso Muestra Seca+ Resipiente	gr	112.85	197.52	175.76	141.04	178.76	222.65	264.16	200.36
K	Peso del agua	gr	2.40	3.83	7.17	3.93	6.39	3.85	23.12	9.99
L	Peso Muestra Seca	gr	67.83	106.76	94.90	75.15	76.11	47.45	235.81	102.00
M	Contenido de Humedad W%	%	3.54	3.59	7.56	5.23	8.40	8.11	9.80	9.79
N	Contenido de Humedad Óptimo	%	3.56		6.39		8.25		9.80	
O	Densidad Seca Máxima; Ds	gr/cm3	2.08		2.09		2.10		2.02	
$D_s = \frac{D_h}{\left(1 + \frac{W\%}{100}\right)}$										
OBSERVACIONES:										
RESPONSABLE DEL ENSAYO			COORDINADOR DE LABORATORIO				ASESOR			
										
NOMBRE: <i>Maria Rodriguez A.</i>			NOMBRE: <i>Asistente de Laboratorio</i> Carrera de Ingeniería Civil				NOMBRE: <i>German Sagstegi Vazquez</i>			
FECHA:			FECHA:				FECHA:			




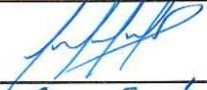
ANEXO N° 08: RESULTADOS DE CBR




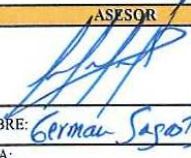
P

LABORATORIO DE SUELOS-UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE TRUJILLO											
	PROTOCOLO										
	ENSAYO:	CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR							CÓDIGO DEL DOCUMENTO CBR-LS-UPNT:9		
	NORMA:	ASTM D 188 /MTC E 132									
	PROYECTO:	INFLUENCIA DE LOS PORCENTAJES DE CEMENTO Y CAL EN EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL MATERIAL DE BASE DE PAVIMENTOS FLEXIBLES -TRUJILLO, 2019									
CANTERA:	BAUNER S.A.	UBICACIÓN		CARRETERA P. NORTE 13700 KM566+100							
FECHA DE MUESTREO CAMPO:	29/04/2019	TIPO DE MATERIAL:		AGREGADO							
FECHA DE MUESTREO LAB:	14/05/2019	RESPONSABLE:		MARIA LIDIA RODRIGUEZ ANTICONA							
FECHA DE ENSAYO	14/05/2019	REVISADO POR:									
CALIFORNIA BEARING RATIO-CBR PARA MUESTRA PATRÓN 1											
DESCRIPCIÓN		UND	1		2		3				
N° Capas			5		5		5				
N° Golpes por capa			10		25		56				
Condición de Muestra			Antes		Después		Antes		Después		
Peso Molde		gr	7212	7212	7215	7215	7250	7250	7250	7250	
Peso Muestra húmeda + Peso Molde		gr	11513	11645	11715	11798	11963	12065	11963	12065	
Peso Muestra húmeda		gr	4301	4433	4500	4583	4713	4815	4713	4815	
Vmh		cm3	2295.39	2295.39	2295.39	2295.39	2295.39	2295.39	2295.39	2295.39	
Densidad Húmeda: Dh		gr/cm3	1.87	1.93	1.96	2.00	2.05	2.10	2.05	2.10	
CONTENIDO DE HUMEDAD											
Ensayo N°		N°	1-A	1-B	1-C	2-A	2-B	2-C	3-A	3-B	3-C
Peso Recipiente		gr	25.58	16.32	25.57	28.77	28.58	27.85	10.25	12.51	12.89
Peso Muestra húmeda + Recipiente		gr	92.45	96.30	95.45	84.20	78.20	79.63	84.20	87.46	89.34
Peso Muestra Seca + Recipiente		gr	87.02	90.01	90.41	79.66	75.16	75.71	78.39	81.49	84.14
Peso del Agua		gr	5.43	6.29	5.04	4.54	3.04	3.92	5.81	5.97	5.20
Peso Muestra seca		gr	61.44	73.69	64.84	50.89	46.58	47.86	68.14	68.98	71.25
Contenido de Humedad; W%		%	8.84	8.54	8.92	6.53			8.53	8.65	
Promedio Contenido de Humedad		%	8.69		7.77	7.72		8.19	8.59		7.30
Densidad Máxima Seca; Ds		gr/cm3	1.72		1.79	1.82		1.85	1.89		1.96
$(D_s = \frac{D_h}{1 + \frac{W\%}{100}})$											
Dimensiones del Molde											
Altura		cm	17.80								
Dámetro		cm	15.06								
Disco Esparcidor											
Altura		cm	5.00								
Dámetro		cm	14.93								
Peso de la Muestra											
		gr	6000								
OBSERVACIONES:											
RESPONSABLE DEL ENSAYO			COORDINADOR DE LABORATORIO				ASESOR				
											
NOMBRE: <i>Maria Rodriguez - A.</i>			NOMBRE: <i>Asistente de Laboratorio</i>				NOMBRE: <i>Germa Sapsotqui Vajr</i>				
FECHA:			FECHA: <i>Carrera de Ingeniería Civil</i>				FECHA:				


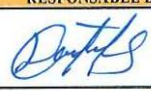
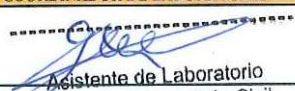






LABORATORIO DESUELOS-UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE TRUJILLO											
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	PROTOCOLO										
	ENSAYO:	CALIFORNIA BERING RATIO - CBR								CÓDIGO DEL DOCUMENTO CBR-LS-UPNT:10	
	NORMA:	ASTM D 138 /MTC E 132									
	PROYECTO:	INFLUENCIA DE LOS PORCENTAJES DE CEMENO Y CAL EN EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL MATERIAL DE BASE DE PAVIMENTOS FLEXIBLES -TRUJILLO, 2019									
CANTERA:	BAUNER S.A	UBICACIÓN	CARRETERA P. NORTE 13700 KM566+100								
FECHA DE MUESTREO CAMPO:	29/04/2019	TIPO DE MATERIAL:	AGREGADO								
FECHA DE MUESTREO LAB:	18/05/2019	RESPONSABLE:	MARIA LIDIA RODRIGUEZ ANTICONA								
FECHA DE ENSAYO	18/05/2019	REVISADO POR:									
LECTURA DE PENETRACIÓN - MUESTRA PATRÓN 1											
Medida	PENETRACIÓN		MOLDE Nº1			MOLDE Nº2			MOLDE Nº3		
	mm	pulg	Nº de Divisiones	Carga (lb)	Efuerzo (lb/pulg2)	Nº de Divisiones	Carga (lb)	Efuerzo (lb/pulg2)	Nº de Divisiones	Carga (lb)	Efuerzo (lb/pulg2)
1	0.00	0.000	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
2	0.64	0.025	15	162.90	51.85	23	245.37	78.11	45	472.08	150.26
3	1.27	0.050	68	708.81	225.62	86	893.93	284.55	118	1222.64	389.18
4	1.91	0.075	118	1222.64	389.18	125	1294.49	412.05	191	1970.71	627.30
5	2.54	0.100	163	1684.07	536.06	200	2062.77	656.60	311	3195.02	1017.01
6	3.18	0.125	220	2267.21	721.67	263	2706.10	861.38	386	3956.79	1259.49
7	3.81	0.150	290	2981.24	948.96	318	3266.23	1039.67	432	4422.71	1407.79
8	5.08	0.200	318	3266.23	1039.67	398	4078.41	1298.21	555	5663.67	1802.81
9	7.62	0.300	341	3500.03	1114.10	491	5018.84	1597.55	608	6196.22	1972.32
10	10.16	0.400	396	4058.15	1291.75	499	5099.55	1623.24	683	6947.57	2211.49
11	12.70	0.500	459	4695.71	1494.70	592	6035.59	1921.19	775	7865.67	2503.72
OBSERVACIONES:											
RESPONSABLE DEL ENSAYO				COORDINADOR DE LABORATORIO				ASESOR			
											
NOMBRE: <i>Maria Rodriguez. A.</i>				NOMBRE: <i>Asistente de Laboratorio Carrera de Ingenieria Civil</i>				NOMBRE: <i>German Sagastegui Vargas</i>			
FECHA:				FECHA:				FECHA:			



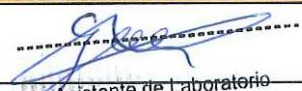
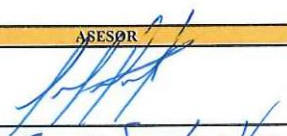
LABORATORIO DESUELOS-UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE TRUJILLO										
	PROTOCOLO									
	ENSAYO:	CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR							CÓDIGO DEL DOCUMENTO CBR-LS-UPNT:11	
	NORMA:	ASTM D 188 /MTC E 132								
	PROYECTO:	INFLUENCIA DE LOS PORCENTAJES DE CEMENO Y CAL EN EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL MATERIAL DE BASE DE PAVIMENTOS FLEXIBLES -TRUJILLO, 2019								
CANTERA:	BAUNER S.A.	UBICACIÓN	CARRETERA P. NORTE 13700 KM566+100							
FECHA DE MUESTREO CAMPO:	29/04/2019	TIPO DE MATERIAL:	AGREGADO							
FECHA DE MUESTREO LAB:	18/05/2019	RESPONSABLE:	MARIA LIDIA RODRIGUEZ ANTICONA							
FECHA DE ENSAYO	18/05/2019	REVISADO POR:								
<b>CALIFORNIA BEARING RATIO-CBR PARA MUESTRA PATRÓN 2</b>										
DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3						
Nº Capas		5	5	5						
Nº Golpes por capa		10	25	56						
Condición de Muestra		Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después			
Peso Molde	gr	7212	7212	7215	7215	7250	7250			
Peso Muestra húmeda + Peso Molde	gr	11525	11650	11735	11801	11965	12060			
Peso Muestra húmeda	gr	4313	4438	4520	4586	4715	4810			
Vmh	cm3	2295.39	2295.39	2295.39	2295.39	2295.39	2295.39			
Densidad Húmeda: Dh	gr/cm3	1.88	1.93	1.97	2.00	2.05	2.10			
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>										
Ensayo Nº	Nº	1-A	1-B	1-C	2-A	2-B	2-C	3-A	3-B	3-C
Peso Recipiente	gr	25.58	14.43	25.57	28.77	28.58	27.85	10.25	12.51	12.89
Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	82.43	76.61	85.43	97.89	109.07	104.92	74.19	79.05	79.17
Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	78.12	71.37	81.12	91.69	103.11	98.96	67.88	74.97	74.55
Peso del Agua	gr	4.31	5.24	4.31	6.20	5.96	5.96	6.31	4.08	4.62
Peso Muestra seca	gr	52.54	56.94	55.55	62.92	74.53	71.11	57.63	62.46	61.66
Contenido de Humedad; W%	%	8.20	9.20	9.85	8.00	10.95	6.53			
Promedio Contenido de Humedad	%	8.70	7.76	8.93	8.38	8.74	7.49			
Densidad Máxima Seca: Ds	gr/cm3	1.73	1.79	1.81	1.84	1.89	1.95			
$(Ds = \frac{Dh}{(1 + \frac{W\%}{100})})$										
<b>Dimensiones del Molde</b>										
Altura	cm	17.80								
Dámetro	cm	15.06								
<b>Disco Esparcidor</b>										
Altura	cm	5.00								
Dámetro	cm	14.93								
<b>Peso de la Muestra</b>										
	gr	6000								
OBSERVACIONES:										
RESPONSABLE DEL ENSAYO			COORDINADOR DE LABORATORIO				ASESOR			
										
NOMBRE: <i>Maria Rodriguez Anticono</i>			NOMBRE: <i>Gerardo Sagastegui</i>				NOMBRE: <i>Gerardo Sagastegui</i>			
FECHA:			FECHA:				FECHA:			


LABORATORIO DESUELOS-UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE TRUJILLO											
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	PROTOCOLO										
	ENSAYO:	CALIFORNIA BERING RATIO - CBR								CÓDIGO DEL DOCUMENTO CBR-LS-UPNT:12	
	NORMA:	ASTM D 188 /MTC E 132									
	PROYECTO:	INFLUENCIA DE LOS PORCENTAJES DE CEMENO Y CAL EN EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL MATERIAL DE BASE DE PAVIMENTOS FLEXIBLES -TRUJILLO, 2019									
CANTERA:	BAUNER S.A	UBICACIÓN	CARRETERA P. NORTE 13700 KM566+100								
FECHA DE MUESTREO CAMPO:	29/04/2019	TIPO DE MATERIAL:	AGREGADO								
FECHA DE MUESTREO LAB:	22/05/2019	RESPONSABLE:	MARIA LIDIA RODRIGUEZ ANTICONA								
FECHA DE ENSAYO	22/05/2019	REVISADO POR:									
LECTURA DE PENETRACIÓN - MUESTRA PATRÓN 2											
PENETRACIÓN			MOLDE Nº1			MOLDE Nº2			MOLDE Nº3		
Medida	mm	pulg	Nº de Divisiones	Carga (lb)	Efuerzo (lb/pulg <sup>2</sup> )	Nº de Divisiones	Carga (lb)	Efuerzo (lb/pulg <sup>2</sup> )	Nº de Divisiones	Carga (lb)	Efuerzo (lb/pulg <sup>2</sup> )
1	0.00	0.000	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	0.64	0.025	16	173.22	55.13	26.00	276.31	87.95	48.00	502.96	160.10
3	1.27	0.050	64	667.67	212.52	84.00	873.36	278.00	125.00	1294.49	412.05
4	1.91	0.075	120	1243.16	395.71	128.00	1325.26	421.84	195.00	2011.63	640.32
5	2.54	0.100	165	1704.57	542.58	205.00	2113.90	672.87	315.00	3235.70	1029.96
6	3.18	0.125	225	2318.29	737.93	265.00	2726.50	867.87	395.00	4048.01	1288.53
7	3.81	0.150	295	3032.17	963.17	324.00	3327.23	1059.10	440.00	4503.64	1433.55
8	5.08	0.200	325	3337.42	1062.33	403.00	4129.08	1314.33	565.00	5764.24	1834.82
9	7.62	0.300	346	3550.83	1130.27	495.00	5059.21	1610.40	610.00	6436.74	1978.71
10	10.16	0.400	401	4108.82	1307.88	501.00	5119.72	1629.66	695.00	7067.55	2249.68
11	12.70	0.500	465	4756.34	1513.99	595.00	6065.73	1930.78	780.00	8031.14	2519.57
OBSERVACIONES:											
RESPONSABLE DEL ENSAYO				COORDINADOR DE LABORATORIO				ASESOR			
											
NOMBRE: <i>Maria Lidia Rodriguez Anticona</i>				NOMBRE: <i>Asistente de Laboratorio</i> Carrera de Ingeniería Civil				NOMBRE: <i>Germa Sagoteyu Vozman</i>			
FECHA:				FECHA:				FECHA:			

LABORATORIO DESUELOS-UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE TRUJILLO											
PROTOCOLO											
ENSAYO:		CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR						CÓDIGO DEL DOCUMENTO CBR-LS-UPNT:13			
NORMA:		ASTM D 188 /MTC E 132									
PROYECTO:		INFLUENCIA DE LOS PORCENTAJES DE CEMENO Y CAL EN EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL MATERIAL DE BASE DE PAVIMENTOS FLEXIBLES -TRUJILLO, 2019									
CANTERA:		BAUNER S.A.	UBICACIÓN			CARRETERA P. NORTE 13700 KM566+100					
FECHA DE MUESTREO CAMPO:		29/04/2019	TIPO DE MATERIAL:			AGREGADO					
FECHA DE MUESTREO LAB:		22/05/2019	RESPONSABLE:			MARIA LIDIA RODRIGUEZ ANTICONA					
FECHA DE ENSAYO		22/05/2019	REVISADO POR:								
CALIFORNIA BEARING RATIO-CBR PARA MUESTRA PATRÓN 3											
DESCRIPCIÓN		UND		1		2		3			
Nº Capas				5		5		5			
Nº Golpes por capa				10		25		56			
Condición de Muestra		Antes		Después		Antes		Después		Antes Después	
Peso Molde		gr	7212	7212	7215	7215	7250	7250			
Peso Muestra húmeda + Peso Molde		gr	11532	11656	11745	11810	11978	12090			
Peso Muestra húmeda		gr	4320	4444	4530	4595	4728	4840			
Vmh		cm3	2295.39	2295.39	2295.39	2295.39	2295.39	2295.39			
Densidad Húmeda: Dh		gr/cm3	1.88	1.94	1.97	2.00	2.06	2.11			
CONTENIDO DE HUMEDAD											
Ensayo Nº		Nº	1-A	1-B	1-C	2-A	2-B	2-C	3-A	3-B	3-C
Peso Recipiente		gr	25.58	14.43	25.57	28.77	28.58	27.85	10.25	12.51	12.89
Peso Muestra húmeda + Recipiente		gr	96.32	102.37	115.20	114.30	95.86	88.91	86.74	65.97	72.49
Peso Muestra Seca + Recipiente		gr	90.85	95.13	108.69	108.05	90.12	84.20	80.15	62.18	68.35
Peso del Agua		gr	5.47	7.24	6.51	6.25	5.74	4.71	6.59	3.79	4.14
Peso Muestra seca		gr	65.27	80.70	83.12	79.28	61.54	56.35	69.90	49.67	55.46
Contenido de Humedad; W%		%	8.38	8.97	7.88	9.33	9.43	7.63			
Promedio Contenido de Humedad		%	8.67	7.83	8.61	8.36	8.53	7.46			
Densidad Máxima Seca; Ds		gr/cm3	1.73	1.80	1.82	1.85	1.90	1.96			
$(Ds = \frac{Dh}{(1 + \frac{W\%}{100})})$											
Dimensiones del Molde											
Altura		cm	17.80								
Dámetro		cm	15.06								
Disco Esparcidor											
Altura		cm	5.00								
Dámetro		cm	14.93								
Peso de la Muestra											
6000		gr									
OBSERVACIONES:											
RESPONSABLE DEL ENSAYO				COORDINADOR DE LABORATORIO				ASESOR			
NOMBRE: Maria Rodriguez .A.				NOMBRE: Asistente de Laboratorio Carrera de Ingeniería Civil				NOMBRE: Germain Sagasti Vague			
FECHA:				FECHA:				FECHA:			





LABORATORIO DESUELOS-UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE TRUJILLO											
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	PROTOCOLO										
	ENSAYO:	CALIFORNIA BERING RATIO - CBR							CÓDIGO DEL DOCUMENTO CBR-LS-UPNT:14		
	NORMA:	ASTM D 188 /MTC E 132									
	PROYECTO:	INFLUENCIA DE LOS PORCENTAJES DE CEMENO Y CAL EN EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL MATERIAL DE BASE DE PAVIMENTOS FLEXIBLES -TRUJILLO, 2019									
CANTERA:	BAUNER S.A	UBICACIÓN	CARRETERA P. NORTE 13700 KM566+100								
FECHA DE MUESTREO CAMPO:	29/04/2019	TIPO DE MATERIAL:	AGREGADO								
FECHA DE MUESTREO LAB:	26/05/2019	RESPONSABLE:	MARIA LIDIA RODRIGUEZ ANTICONA								
FECHA DE ENSAYO	26/05/2019	REVISADO POR:									
LECTURA DE PENETRACIÓN - MUESTRA PATRÓN 3											
Medida	PENETRACIÓN		MOLDE N°1			MOLDE N°2			MOLDE N°3		
	mm	pulg	N° de Divisiones	Carga (lb)	Efuerzo (lb/pulg2)	N° de Divisiones	Carga (lb)	Efuerzo (lb/pulg2)	N° de Divisiones	Carga (lb)	Efuerzo (lb/pulg2)
1	0.00	0.000	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
2	0.64	0.025	18	193.83	61.70	28	296.92	94.51	52	544.14	173.21
3	1.27	0.050	66	688.24	219.07	82	852.81	271.46	128	1325.26	421.84
4	1.91	0.075	125	1294.49	412.05	130	1345.79	428.38	200	2062.77	656.60
5	2.54	0.100	172	1776.24	565.40	210	2165.00	689.14	310	3184.84	1013.77
6	3.18	0.125	231	2379.56	757.44	268	2757.08	877.61	391	4007.47	1275.62
7	3.81	0.150	298	3062.70	974.89	330	3388.24	1078.51	442	4523.86	1439.99
8	5.08	0.200	332	3408.59	1084.99	410	4200.00	1336.90	563	5744.14	1828.42
9	7.62	0.300	350	3591.46	1143.20	500	5109.65	1626.45	615	6266.46	1994.68
10	10.16	0.400	410	4200.00	1336.90	509	5200.39	1655.34	697	7087.54	2256.04
11	12.70	0.500	461	4715.92	1501.13	600	6115.92	1946.76	785	7965.20	2535.41
OBSERVACIONES:											
RESPONSABLE DEL ENSAYO			COORDINADOR DE LABORATORIO				ASÉSOR				
 NOMBRE: <i>Maria Lidia Rodriguez Anticono</i>			 NOMBRE: <i>Germa Sagoteji Vega</i> Asistente de Laboratorio Carrera de Ingeniería Civil				 NOMBRE: <i>Germa Sagoteji Vega</i>				
FECHA:			FECHA:				FECHA:				




LABORATORIO DESUELOS-UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE TRUJILLO																																																																																																																																																																																																																								
PROTOCOLO																																																																																																																																																																																																																								
ENSAYO:	CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR								CÓDIGO DEL DOCUMENTO CBR-LS-UPNT-15																																																																																																																																																																																																															
NORMA:	ASTM D 188 /MTC E 132																																																																																																																																																																																																																							
PROYECTO:	INFLUENCIA DE LOS PORCENTAJES DE CEMENTO Y CAL EN EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL MATERIAL DE BASE DE PAVIMENTOS FLEXIBLES -TRUJILLO, 2019																																																																																																																																																																																																																							
CANTERA:	BAUNER S.A.	UBICACIÓN			CARRETERA P. NORTE 13700 KM566+100																																																																																																																																																																																																																			
FECHA DE MUESTREO CAMPO:	29/04/2019	TIPO DE MATERIAL:			AGREGADO																																																																																																																																																																																																																			
FECHA DE MUESTREO LAB:	26/05/2019	RESPONSABLE:			MARIA LIDIA RODRIGUEZ ANTICONA																																																																																																																																																																																																																			
FECHA DE ENSAYO	26/05/2019	REVISADO POR:																																																																																																																																																																																																																						
<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">DESCRIPCIÓN</th> <th colspan="8">CALIFORNIA BEARING RATIO-CBR 2% DE CEMENTO 1</th> </tr> <tr> <th>UND</th> <th colspan="2">1</th> <th colspan="2">2</th> <th colspan="2">3</th> <th colspan="2"></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Nº Capas</td> <td></td> <td colspan="2">5</td> <td colspan="2">5</td> <td colspan="2">5</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>Nº Golpes por capa</td> <td></td> <td colspan="2">10</td> <td colspan="2">25</td> <td colspan="2">56</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>Condición de Muestra</td> <td></td> <td colspan="2">Antes</td> <td colspan="2">Después</td> <td colspan="2">Antes</td> <td colspan="2">Después</td> </tr> <tr> <td>Peso Molde</td> <td>gr</td> <td>7212</td> <td>7212</td> <td>7215</td> <td>7215</td> <td>7250</td> <td>7250</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>Peso Muestra húmeda + Peso Molde</td> <td>gr</td> <td>11680</td> <td>11742</td> <td>11892</td> <td>11932</td> <td>12028</td> <td>12118</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>Peso Muestra húmeda</td> <td>gr</td> <td>4468</td> <td>4530</td> <td>4677</td> <td>4717</td> <td>4778</td> <td>4868</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>Vmh</td> <td>cm<sup>3</sup></td> <td>2295.39</td> <td>2295.39</td> <td>2295.39</td> <td>2295.39</td> <td>2295.39</td> <td>2295.39</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>Densidad Húmeda: Dh</td> <td>gr/cm<sup>3</sup></td> <td>1.95</td> <td>1.97</td> <td>2.04</td> <td>2.05</td> <td>2.08</td> <td>2.12</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td colspan="10"><b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b></td> </tr> <tr> <td>Ensayo N°</td> <td>N°</td> <td>1-A</td> <td>1-B</td> <td>1-C</td> <td>2-A</td> <td>2-B</td> <td>2-C</td> <td>3-A</td> <td>3-B</td> <td>3-C</td> </tr> <tr> <td>Peso Recipiente</td> <td>gr</td> <td>77.40</td> <td>83.63</td> <td>94.23</td> <td>180.36</td> <td>127.10</td> <td>155.54</td> <td>125.21</td> <td>81.83</td> <td>146.23</td> </tr> <tr> <td>Peso Muestra húmeda + Recipiente</td> <td>gr</td> <td>140.30</td> <td>165.20</td> <td>186.35</td> <td>255.32</td> <td>198.23</td> <td>225.37</td> <td>179.64</td> <td>164.29</td> <td>201.89</td> </tr> <tr> <td>Peso Muestra Seca + Recipiente</td> <td>gr</td> <td>135.20</td> <td>158.64</td> <td>179.15</td> <td>250.02</td> <td>192.25</td> <td>220.66</td> <td>175.88</td> <td>158.36</td> <td>198.03</td> </tr> <tr> <td>Peso del Agua</td> <td>gr</td> <td>5.10</td> <td>6.56</td> <td>7.20</td> <td>5.30</td> <td>5.98</td> <td>4.71</td> <td>3.76</td> <td>5.93</td> <td>3.86</td> </tr> <tr> <td>Peso Muestra seca</td> <td>gr</td> <td>57.80</td> <td>75.01</td> <td>84.92</td> <td>69.66</td> <td>65.15</td> <td>65.12</td> <td>50.67</td> <td>76.53</td> <td>51.80</td> </tr> <tr> <td>Contenido de Humedad; W%</td> <td>%</td> <td>8.82</td> <td>8.75</td> <td></td> <td>7.61</td> <td>9.18</td> <td></td> <td>7.42</td> <td>7.75</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Promedio Contenido de Humedad</td> <td>%</td> <td colspan="2">8.78</td> <td>8.48</td> <td>8.39</td> <td>7.23</td> <td>7.58</td> <td colspan="2">7.45</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Densidad Máxima Seca; Ds</td> <td>gr/cm<sup>3</sup></td> <td colspan="2">1.79</td> <td>1.82</td> <td>1.88</td> <td>1.92</td> <td>1.93</td> <td colspan="2">1.97</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>										DESCRIPCIÓN	CALIFORNIA BEARING RATIO-CBR 2% DE CEMENTO 1								UND	1		2		3				Nº Capas		5		5		5				Nº Golpes por capa		10		25		56				Condición de Muestra		Antes		Después		Antes		Después		Peso Molde	gr	7212	7212	7215	7215	7250	7250			Peso Muestra húmeda + Peso Molde	gr	11680	11742	11892	11932	12028	12118			Peso Muestra húmeda	gr	4468	4530	4677	4717	4778	4868			Vmh	cm <sup>3</sup>	2295.39	2295.39	2295.39	2295.39	2295.39	2295.39			Densidad Húmeda: Dh	gr/cm <sup>3</sup>	1.95	1.97	2.04	2.05	2.08	2.12			<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>										Ensayo N°	N°	1-A	1-B	1-C	2-A	2-B	2-C	3-A	3-B	3-C	Peso Recipiente	gr	77.40	83.63	94.23	180.36	127.10	155.54	125.21	81.83	146.23	Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	140.30	165.20	186.35	255.32	198.23	225.37	179.64	164.29	201.89	Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	135.20	158.64	179.15	250.02	192.25	220.66	175.88	158.36	198.03	Peso del Agua	gr	5.10	6.56	7.20	5.30	5.98	4.71	3.76	5.93	3.86	Peso Muestra seca	gr	57.80	75.01	84.92	69.66	65.15	65.12	50.67	76.53	51.80	Contenido de Humedad; W%	%	8.82	8.75		7.61	9.18		7.42	7.75		Promedio Contenido de Humedad	%	8.78		8.48	8.39	7.23	7.58	7.45			Densidad Máxima Seca; Ds	gr/cm <sup>3</sup>	1.79		1.82	1.88	1.92	1.93	1.97		
DESCRIPCIÓN	CALIFORNIA BEARING RATIO-CBR 2% DE CEMENTO 1																																																																																																																																																																																																																							
	UND	1		2		3																																																																																																																																																																																																																		
Nº Capas		5		5		5																																																																																																																																																																																																																		
Nº Golpes por capa		10		25		56																																																																																																																																																																																																																		
Condición de Muestra		Antes		Después		Antes		Después																																																																																																																																																																																																																
Peso Molde	gr	7212	7212	7215	7215	7250	7250																																																																																																																																																																																																																	
Peso Muestra húmeda + Peso Molde	gr	11680	11742	11892	11932	12028	12118																																																																																																																																																																																																																	
Peso Muestra húmeda	gr	4468	4530	4677	4717	4778	4868																																																																																																																																																																																																																	
Vmh	cm <sup>3</sup>	2295.39	2295.39	2295.39	2295.39	2295.39	2295.39																																																																																																																																																																																																																	
Densidad Húmeda: Dh	gr/cm <sup>3</sup>	1.95	1.97	2.04	2.05	2.08	2.12																																																																																																																																																																																																																	
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>																																																																																																																																																																																																																								
Ensayo N°	N°	1-A	1-B	1-C	2-A	2-B	2-C	3-A	3-B	3-C																																																																																																																																																																																																														
Peso Recipiente	gr	77.40	83.63	94.23	180.36	127.10	155.54	125.21	81.83	146.23																																																																																																																																																																																																														
Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	140.30	165.20	186.35	255.32	198.23	225.37	179.64	164.29	201.89																																																																																																																																																																																																														
Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	135.20	158.64	179.15	250.02	192.25	220.66	175.88	158.36	198.03																																																																																																																																																																																																														
Peso del Agua	gr	5.10	6.56	7.20	5.30	5.98	4.71	3.76	5.93	3.86																																																																																																																																																																																																														
Peso Muestra seca	gr	57.80	75.01	84.92	69.66	65.15	65.12	50.67	76.53	51.80																																																																																																																																																																																																														
Contenido de Humedad; W%	%	8.82	8.75		7.61	9.18		7.42	7.75																																																																																																																																																																																																															
Promedio Contenido de Humedad	%	8.78		8.48	8.39	7.23	7.58	7.45																																																																																																																																																																																																																
Densidad Máxima Seca; Ds	gr/cm <sup>3</sup>	1.79		1.82	1.88	1.92	1.93	1.97																																																																																																																																																																																																																
$D_s = \frac{D_h}{\left(1 + \frac{W\%}{100}\right)}$																																																																																																																																																																																																																								
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Dimensiones del Molde</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Altura</td> <td>cm 17.80</td> </tr> <tr> <td>Dámetro</td> <td>cm 15.06</td> </tr> <tr> <th colspan="2">Disco Esparcidor</th> </tr> <tr> <td>Altura</td> <td>cm 5.00</td> </tr> <tr> <td>Dámetro</td> <td>cm 14.93</td> </tr> <tr> <th colspan="2">Peso de la Muestra</th> </tr> <tr> <td></td> <td>6000 gr</td> </tr> </tbody> </table>										Dimensiones del Molde		Altura	cm 17.80	Dámetro	cm 15.06	Disco Esparcidor		Altura	cm 5.00	Dámetro	cm 14.93	Peso de la Muestra			6000 gr																																																																																																																																																																																															
Dimensiones del Molde																																																																																																																																																																																																																								
Altura	cm 17.80																																																																																																																																																																																																																							
Dámetro	cm 15.06																																																																																																																																																																																																																							
Disco Esparcidor																																																																																																																																																																																																																								
Altura	cm 5.00																																																																																																																																																																																																																							
Dámetro	cm 14.93																																																																																																																																																																																																																							
Peso de la Muestra																																																																																																																																																																																																																								
	6000 gr																																																																																																																																																																																																																							
OBSERVACIONES:																																																																																																																																																																																																																								
RESPONSABLE DEL ENSAYO			COORDINADOR DE LABORATORIO				ASESOR																																																																																																																																																																																																																	
																																																																																																																																																																																																																								
NOMBRE: Maria Rodriguez Anticono			NOMBRE: Germa Zapateji Vazquez Asistente de Laboratorio Carrera de Ingenieria Civil				NOMBRE: Germa Zapateji Vazquez																																																																																																																																																																																																																	
FECHA:			FECHA:				FECHA:																																																																																																																																																																																																																	


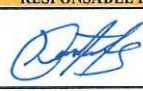
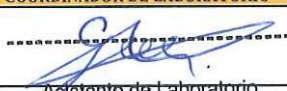

LABORATORIO DE SUELOS-UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE TRUJILLO											
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	PROTOCOLO										
	ENSAYO:	CALIFORNIA BERING RATIO - CBR								CÓDIGO DEL DOCUMENTO CBR-LS-UPNT:12	
	NORMA:	ASTM D 188 /MTC E 132									
	PROYECTO:	INFLUENCIA DE LOS PORCENTAJES DE CEMENTO Y CAL EN EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL MATERIAL DE BASE DE PAVIMENTOS FLEXIBLES -TRUJILLO, 2019									
CANTERA:	BAUNER S.A	UBICACIÓN	CARRETERA P. NORTE 13700 KM566+100								
FECHA DE MUESTREO CAMPO:	29/04/2019	TIPO DE MATERIAL:	AGREGADO								
FECHA DE MUESTREO LAB:	30/05/2019	RESPONSABLE:	MARIA LIDIA RODRIGUEZ ANTICONA								
FECHA DE ENSAYO	30/05/2019	REVISADO POR:									
LECTURA DE PENETRACIÓN - 2% DE CEMENTO 1											
Medida	PENETRACIÓN		MOLDE N°1			MOLDE N°2			MOLDE N°3		
	mm	pulg	N° de Divisiones	Carga (lb)	Efuerzo (lb/pulg <sup>2</sup> )	N° de Divisiones	Carga (lb)	Efuerzo (lb/pulg <sup>2</sup> )	N° de Divisiones	Carga (lb)	Efuerzo (lb/pulg <sup>2</sup> )
1	0.00	0.000	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
2	0.64	0.025	39	410.26	130.59	58	605.92	192.87	63	657.37	209.25
3	1.27	0.050	90	935.05	297.63	114	1181.57	376.11	140	1448.35	461.02
4	1.91	0.075	156	1612.35	513.23	170	1755.76	558.88	225	2318.29	737.93
5	2.54	0.100	220	2267.21	721.67	257	2644.90	841.90	380	3895.94	1240.12
6	3.18	0.125	288	2960.87	942.48	321	3296.74	1049.39	464	4746.24	1510.78
7	3.81	0.150	360	3693.00	1175.52	380	3895.94	1240.12	500	5109.65	1626.45
8	5.08	0.200	391	4007.47	1275.62	465	4756.34	1513.99	673	6847.55	2179.65
9	7.62	0.300	417	4270.88	1359.47	567	5784.37	1841.22	675	6867.57	2186.02
10	10.16	0.400	451	4614.86	1468.96	582	5935.12	1889.22	780	7915.45	2519.57
11	12.70	0.500	491	5018.84	1597.55	637	6487.05	2064.90	875	8859.09	2819.94
OBSERVACIONES:											
RESPONSABLE DEL ENSAYO			COORDINADOR DE LABORATORIO					ASESOR			
											
NOMBRE: <i>Maria Rodriguez .A.</i>			NOMBRE: <i>Asistente de Laboratorio</i> <i>Carerra de Ingeniería Civil</i>					NOMBRE: <i>German Sagastyn Vaz</i>			
FECHA:			FECHA:					FECHA:			

LABORATORIO DESUELOS-UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE TRUJILLO										
	PROTOCOLO									
	ENSAYO:	CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR							CÓDIGO DEL DOCUMENTO CBR-LS-UPNT:13	
	NORMA:	ASTM D 188 /MTC E 132								
	PROYECTO:	INFLUENCIA DE LOS PORCENTAJES DE CEMENTO Y CAL EN EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL MATERIAL DE BASE DE PAVIMENTOS FLEXIBLES - TRUJILLO, 2019								
CANTERA:	BAUNER S.A.	UBICACIÓN:	CARRETERA P. NORTE 13700 KM566+100							
FECHA DE MUESTREO CAMPO:	29/04/2019	TIPO DE MATERIAL:	AGREGADO							
FECHA DE MUESTREO LAB:	01/06/2019	RESPONSABLE:	MARIA LIDIA RODRIGUEZ ANTICONA							
FECHA DE ENSAYO	01/06/2019	REVISADO POR:								
CALIFORNIA BEARING RATIO-CBR 2% DE CEMENTO 2										
DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3						
Nº Capas		5	5	5						
Nº Golpes por capa		10	25	56						
Condición de Muestra		Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después			
Peso Molde	gr	7212	7212	7215	7215	7250	7250			
Peso Muestra húmeda + Peso Molde	gr	11685	11750	11900	11950	12052	12138			
Peso Muestra húmeda	gr	4473	4538	4685	4735	4802	4888			
Vmh	cm <sup>3</sup>	2295.39	2295.39	2295.39	2295.39	2295.39	2295.39			
Densidad Húmeda: Dh	gr/cm <sup>3</sup>	1.95	1.98	2.04	2.06	2.09	2.13			
CONTENIDO DE HUMEDAD										
Ensayo Nº	Nº	1-A	1-B	1-C	2-A	2-B	2-C	3-A	3-B	3-C
Peso Recipiente	gr	50.23	25.30	12.89	25.86	27.59	12.51	29.54	30.26	25.36
Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	125.36	76.61	82.13	97.89	109.07	104.92	74.19	79.05	79.17
Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	119.48	72.57	76.93	91.69	103.11	98.86	71.88	74.97	75.55
Peso del Agua	gr	5.88	4.04	5.20	6.20	5.96	6.06	2.31	4.08	3.62
Peso Muestra seca	gr	69.25	47.27	64.04	65.83	75.52	86.35	42.34	44.71	50.19
Contenido de Humedad; W%	%	8.49	8.55		9.42	7.89		5.46	9.13	
Promedio Contenido de Humedad	%	8.52	8.12	8.66	7.02	7.29	7.21			
Densidad Máxima Seca; Ds	gr/cm <sup>3</sup>	1.80	1.83	1.88	1.93	1.95	1.99			
$(D_s = \frac{D_h}{1 + \frac{W\%}{100}})$										
Dimensiones del Molde										
Altura	cm	17.80								
Dámetro	cm	15.06								
Disco Esparcidor										
Altura	cm	5.00								
Dámetro	cm	14.93								
Peso de la Muestra										
6000	gr									
OBSERVACIONES:										
RESPONSABLE DEL ENSAYO			COORDINADOR DE LABORATORIO				ASESOR			
NOMBRE: María Rodríguez A.			NOMBRE: Asistente de Laboratorio Carrera de Ingeniería Civil				NOMBRE: German Sagotzi Vique			
FECHA:			FECHA:				FECHA:			








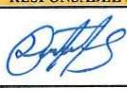
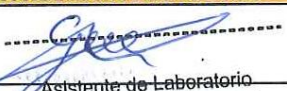
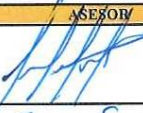
LABORATORIO DESUELOS-UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE TRUJILLO											
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	PROTOCOLO										
	ENSAYO:	CALIFORNIA BERING RATIO - CBR								CÓDIGO DEL DOCUMENTO CBR-LS-UPNT:14	
	NORMA:	ASTM D 188 /MTC E 132									
	PROYECTO:	INFLUENCIA DE LOS PORCENTAJES DE CEMENO Y CAL EN EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL MATERIAL DE BASE DE PAVIMENTOS FLEXIBLES -TRUJILLO, 2019									
CANTERA:	BAUNER S.A	UBICACIÓN	CARRETERA P. NORTE 13700 KM566+100								
FECHA DE MUESTREO CAMPO:	29/04/2019	TIPO DE MATERIAL:	AGREGADO								
FECHA DE MUESTREO LAB:	05/06/2019	RESPONSABLE:	MARIA LIDIA RODRIGUEZ ANTICONA								
FECHA DE ENSAYO	05/06/2019	REVISADO POR:									
LECTURA DE PENETRACIÓN - 2% DE CEMENTO 2											
Medida	PENETRACIÓN		MOLDE N°1			MOLDE N°2			MOLDE N°3		
	mm	pulg	N° de Divisiones	Carga (lb)	Efuerzo (lb/pulg2)	N° de Divisiones	Carga (lb)	Efuerzo (lb/pulg2)	N° de Divisiones	Carga (lb)	Efuerzo (lb/pulg2)
1	0.00	0.000	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
2	0.64	0.025	40	420.58	133.87	60	626.51	199.42	65	677.94	215.80
3	1.27	0.050	91	945.32	300.91	118	1222.64	389.18	142	1468.85	467.55
4	1.91	0.075	158	1632.85	519.75	175	1806.97	575.18	228	2348.91	747.69
5	2.54	0.100	223	2297.85	731.43	265	2726.50	867.87	384	3936.50	1253.03
6	3.18	0.125	290	2981.24	948.96	325	3337.42	1062.33	463	4736.14	1507.56
7	3.81	0.150	362	3713.31	1181.98	384	3936.50	1253.03	505	5160.07	1642.50
8	5.08	0.200	396	4058.15	1291.75	483	4938.11	1571.85	678	6897.57	2195.57
9	7.62	0.300	417	4270.88	1359.47	571	5824.58	1854.02	679	6907.58	2198.75
10	10.16	0.400	455	4655.30	1481.83	588	5995.42	1908.40	788	7995.05	2544.91
11	12.70	0.500	498	5089.48	1620.03	641	6527.13	2077.66	878	8888.81	2829.40
OBSERVACIONES:											
RESPONSABLE DEL ENSAYO				COORDINADOR DE LABORATORIO				ASESOR			
											
NOMBRE: <i>Maria Rodriguez A</i>				NOMBRE: <i>Asistente de Laboratorio</i> <i>Carrera de Ingeniería Civil</i>				NOMBRE: <i>Carolina Sotomayor Voz</i>			
FECHA:				FECHA:				FECHA:			


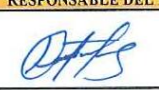


LABORATORIO DESUELOS-UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE TRUJILLO										
PROTOCOLO										
ENSAYO:	CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR								CÓDIGO DEL DOCUMENTO CBR-LS-UPNT:15	
NORMA:	ASTM D 188 /MTC E 132									
PROYECTO:	INFLUENCIA DE LOS PORCENTAJES DE CEMENTO Y CAL EN EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL MATERIAL DE BASE DE PAVIMENTOS FLEXIBLES -TRUJILLO, 2019									
CANTERA:	BAUNER S.A.	UBICACIÓN	CARRETERA P. NORTE 13700 KM566+100							
FECHA DE MUESTREO CAMPO:	29/04/2019	TIPO DE MATERIAL:	AGREGADO							
FECHA DE MUESTREO LAB:	05/06/2019	RESPONSABLE:	MARIA LIDIA RODRIGUEZ ANTICONA							
FECHA DE ENSAYO	05/06/2019	REVISADO POR:								
CALIFORNIA BEARING RATIO-CBR 2% DE CEMENTO 3										
DESCRIPCIÓN	UND	1		2		3				
Nº Capas		5		5		5				
Nº Golpes por capa		10		25		56				
Condición de Muestra		Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después			
Peso Molde	gr	7212	7212	7215	7215	7250	7250			
Peso Muestra húmeda + Peso Molde	gr	11695	11758	11935	11986	12063	12141			
Peso Muestra húmeda	gr	4483	4546	4720	4771	4813	4891			
Vmh	cm3	2295.39	2295.39	2295.39	2295.39	2295.39	2295.39			
Densidad Húmeda: Dh	gr/cm3	1.95	1.98	2.06	2.08	2.10	2.13			
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>										
Ensayo Nº	Nº	1-A	1-B	1-C	2-A	2-B	2-C	3-A	3-B	3-C
Peso Recipiente	gr	50.23	25.30	12.89	25.86	27.59	12.51	29.54	30.26	25.36
Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	101.11	145.66	98.32	85.32	75.28	68.14	97.25	102.34	86.37
Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	97.35	136.32	91.25	80.64	71.48	64.37	92.58	97.32	82.29
Peso del Agua	gr	3.76	9.34	7.07	4.68	3.80	3.77	4.67	5.02	4.08
Peso Muestra seca	gr	47.12	111.02	78.36	54.78	43.89	51.86	63.04	67.06	56.93
Contenido de Humedad; W%	%	7.98	8.41		8.54	8.66		7.41	7.49	
Promedio Contenido de Humedad	%	8.20		9.02	8.60		7.27	7.45		7.17
Densidad Máxima Seca; Ds	gr/cm3	1.81	1.82	1.89	1.94	1.95	1.99			
$(Ds = \frac{Dh}{(1 + \frac{W\%}{100})})$										
<b>Dimensiones del Molde</b>										
Altura	cm	17.80								
Dámetro	cm	15.06								
<b>Disco Esparcidor</b>										
Altura	cm	5.00								
Dámetro	cm	14.93								
<b>Peso de la Muestra</b>										
		6000 gr								
OBSERVACIONES:										
<b>RESPONSABLE DEL ENSAYO</b>			<b>COORDINADOR DE LABORATORIO</b>				<b>ASESOR</b>			
										
NOMBRE: <i>Maria Rodriguez A.</i>			NOMBRE: <i>Asistente de Laboratorio</i> Carrera de Ingeniería Civil				NOMBRE: <i>Comandante Sargent, n.º V.º</i>			
FECHA:			FECHA:				FECHA:			


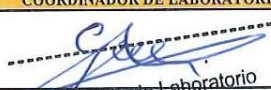
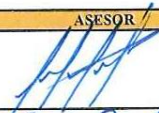
LABORATORIO DE SUELOS-UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE TRUJILLO											
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	PROTOCOLO										
	ENSAYO:	CALIFORNIA BERING RATIO - CBR								CÓDIGO DEL DOCUMENTO CBR-LS-UPNT:16	
	NORMA:	ASTM D 188 /MTC E 132									
	PROYECTO:	INFLUENCIA DE LOS PORCENTAJES DE CEMENTO Y CAL EN EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL MATERIAL DE BASE DE PAVIMENTOS FLEXIBLES -TRUJILLO, 2019									
CANTERA:	BAUNER S.A	UBICACIÓN	CARRETERA P. NORTE 13700 KM566+100								
FECHA DE MUESTREO CAMPO:	29/04/2019	TIPO DE MATERIAL:	AGREGADO								
FECHA DE MUESTREO LAB:	09/06/2019	RESPONSABLE:	MARIA LIDIA RODRIGUEZ ANTICONA								
FECHA DE ENSAYO	09/06/2019	REVISADO POR:									
LECTURA DE PENETRACIÓN - 2% DE CEMENTO 3											
PENETRACIÓN			MOLDE N°1			MOLDE N°2			MOLDE N°3		
Medida	mm	pulg	N° de Divisiones	Carga (lb)	Efuerzo (lb/pulg <sup>2</sup> )	N° de Divisiones	Carga (lb)	Efuerzo (lb/pulg <sup>2</sup> )	N° de Divisiones	Carga (lb)	Efuerzo (lb/pulg <sup>2</sup> )
1	0.00	0.000	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
2	0.64	0.025	38	399.96	127.31	58	605.92	192.87	65	677.94	215.80
3	1.27	0.050	93	965.87	307.45	116	1202.11	382.64	140	1448.35	461.02
4	1.91	0.075	155	1602.12	509.97	176	1817.20	578.43	225	2318.29	737.93
5	2.54	0.100	226	2328.50	741.18	266	2736.68	871.12	383	3926.36	1249.80
6	3.18	0.125	288	2960.87	942.48	324	3327.23	1059.10	468	4786.65	1523.64
7	3.81	0.150	360	3693.00	1175.52	386	3956.79	1259.49	510	5210.49	1658.55
8	5.08	0.200	398	4078.41	1298.21	481	4917.91	1565.43	684	6957.58	2214.67
9	7.62	0.300	415	4250.64	1353.02	573	5844.69	1860.42	680	6917.57	2201.94
10	10.16	0.400	456	4665.39	1485.05	600	6115.92	1946.76	791	8024.93	2554.42
11	12.70	0.500	501	5119.72	1629.66	640	6517.12	2074.47	875	8859.09	2819.94
OBSERVACIONES:											
RESPONSABLE DEL ENSAYO				COORDINADOR DE LABORATORIO				ASISOR			
											
NOMBRE: <i>Maria Lidia Rodriguez Anticona</i>				NOMBRE: <i>Asistente de Laboratorio</i> Carrera de Ingeniería Civil				NOMBRE: <i>German Sagastegui Vargas</i>			
FECHA:				FECHA:				FECHA:			

LABORATORIO DE SUELOS-UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE TRUJILLO																																																																																																																																																																																																																								
PROTOCOLO																																																																																																																																																																																																																								
ENSAYO:	CALIFORNIA BERING RATIO - CBR							CÓDIGO DEL DOCUMENTO CBR-LS-UPNT:17																																																																																																																																																																																																																
NORMA:	ASTM D 188 /MTC E 132																																																																																																																																																																																																																							
PROYECTO:	INFLUENCIA DE LOS PORCENTAJES DE CEMENO Y CAL EN EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL MATERIAL DE BASE DE PAVIMENTOS FLEXIBLES -TRUJILLO, 2019																																																																																																																																																																																																																							
CANTERA:	BAUNER S.A.	UBICACIÓN	CARRETERA P. NORTE 13700 KM566+100																																																																																																																																																																																																																					
FECHA DE MUESTREO CAMPO:	29/04/2019	TIPO DE MATERIAL:	AGREGADO																																																																																																																																																																																																																					
FECHA DE MUESTREO LAB:	09/06/2019	RESPONSABLE:	MARIA LIDIA RODRIGUEZ ANTICONA																																																																																																																																																																																																																					
FECHA DE ENSAYO	09/06/2019	REVISADO POR:																																																																																																																																																																																																																						
<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">DESCRIPCIÓN</th> <th colspan="8">CALIFORNIA BEARING RATIO-CBR 4% DE CEMENTO 1</th> </tr> <tr> <th>UND</th> <th colspan="2">1</th> <th colspan="2">2</th> <th colspan="2">3</th> <th colspan="2"></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Nº Capas</td> <td></td> <td colspan="2">5</td> <td colspan="2">5</td> <td colspan="2">5</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>Nº Golpes por capa</td> <td></td> <td colspan="2">10</td> <td colspan="2">25</td> <td colspan="2">56</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>Condición de Muestra</td> <td></td> <td>Antes</td> <td>Después</td> <td>Antes</td> <td>Después</td> <td>Antes</td> <td>Después</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>Peso Molde</td> <td>gr</td> <td>7212</td> <td>7212</td> <td>7215</td> <td>7215</td> <td>7250</td> <td>7250</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>Peso Muestra húmeda + Peso Molde</td> <td>gr</td> <td>11750</td> <td>11820</td> <td>11986</td> <td>12032</td> <td>12112</td> <td>12189</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>Peso Muestra húmeda</td> <td>gr</td> <td>4538</td> <td>4608</td> <td>4771</td> <td>4817</td> <td>4862</td> <td>4939</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>Ymh</td> <td>cm3</td> <td>2295.39</td> <td>2295.39</td> <td>2295.39</td> <td>2295.39</td> <td>2295.39</td> <td>2295.39</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>Densidad Húmeda: Dh</td> <td>gr/cm3</td> <td>1.98</td> <td>2.01</td> <td>2.08</td> <td>2.10</td> <td>2.12</td> <td>2.15</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td colspan="10"><b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b></td> </tr> <tr> <td>Ensayo Nº</td> <td>Nº</td> <td>1-A</td> <td>1-B</td> <td>1-C</td> <td>2-A</td> <td>2-B</td> <td>2-C</td> <td>3-A</td> <td>3-B</td> <td>3-C</td> </tr> <tr> <td>Peso Recipiente</td> <td>gr</td> <td>85.23</td> <td>25.30</td> <td>12.89</td> <td>25.86</td> <td>27.59</td> <td>12.51</td> <td>29.54</td> <td>30.26</td> <td>25.36</td> </tr> <tr> <td>Peso Muestra húmeda + Recipiente</td> <td>gr</td> <td>140.38</td> <td>87.20</td> <td>75.20</td> <td>87.96</td> <td>95.36</td> <td>65.30</td> <td>89.50</td> <td>103.27</td> <td>82.91</td> </tr> <tr> <td>Peso Muestra Seca + Recipiente</td> <td>gr</td> <td>136.77</td> <td>82.60</td> <td>71.03</td> <td>83.43</td> <td>90.36</td> <td>61.49</td> <td>85.20</td> <td>98.36</td> <td>79.01</td> </tr> <tr> <td>Peso del Agua</td> <td>gr</td> <td>3.61</td> <td>4.60</td> <td>4.17</td> <td>4.53</td> <td>5.00</td> <td>3.81</td> <td>4.30</td> <td>4.91</td> <td>3.90</td> </tr> <tr> <td>Peso Muestra seca</td> <td>gr</td> <td>51.54</td> <td>57.30</td> <td>58.14</td> <td>57.57</td> <td>62.77</td> <td>48.98</td> <td>55.66</td> <td>68.10</td> <td>53.65</td> </tr> <tr> <td>Contenido de Humedad; W%</td> <td>%</td> <td>7.00</td> <td>8.03</td> <td></td> <td>7.87</td> <td>7.97</td> <td></td> <td>7.73</td> <td>7.21</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Promedio Contenido de Humedad</td> <td>%</td> <td></td> <td>7.52</td> <td>7.17</td> <td>7.92</td> <td></td> <td>7.78</td> <td>7.47</td> <td></td> <td>7.27</td> </tr> <tr> <td>Densidad Máxima Seca: Ds</td> <td>gr/cm3</td> <td></td> <td>1.84</td> <td>1.87</td> <td>1.93</td> <td></td> <td>1.95</td> <td>1.97</td> <td></td> <td>2.01</td> </tr> </tbody> </table>										DESCRIPCIÓN	CALIFORNIA BEARING RATIO-CBR 4% DE CEMENTO 1								UND	1		2		3				Nº Capas		5		5		5				Nº Golpes por capa		10		25		56				Condición de Muestra		Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después			Peso Molde	gr	7212	7212	7215	7215	7250	7250			Peso Muestra húmeda + Peso Molde	gr	11750	11820	11986	12032	12112	12189			Peso Muestra húmeda	gr	4538	4608	4771	4817	4862	4939			Ymh	cm3	2295.39	2295.39	2295.39	2295.39	2295.39	2295.39			Densidad Húmeda: Dh	gr/cm3	1.98	2.01	2.08	2.10	2.12	2.15			<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>										Ensayo Nº	Nº	1-A	1-B	1-C	2-A	2-B	2-C	3-A	3-B	3-C	Peso Recipiente	gr	85.23	25.30	12.89	25.86	27.59	12.51	29.54	30.26	25.36	Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	140.38	87.20	75.20	87.96	95.36	65.30	89.50	103.27	82.91	Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	136.77	82.60	71.03	83.43	90.36	61.49	85.20	98.36	79.01	Peso del Agua	gr	3.61	4.60	4.17	4.53	5.00	3.81	4.30	4.91	3.90	Peso Muestra seca	gr	51.54	57.30	58.14	57.57	62.77	48.98	55.66	68.10	53.65	Contenido de Humedad; W%	%	7.00	8.03		7.87	7.97		7.73	7.21		Promedio Contenido de Humedad	%		7.52	7.17	7.92		7.78	7.47		7.27	Densidad Máxima Seca: Ds	gr/cm3		1.84	1.87	1.93		1.95	1.97		2.01
DESCRIPCIÓN	CALIFORNIA BEARING RATIO-CBR 4% DE CEMENTO 1																																																																																																																																																																																																																							
	UND	1		2		3																																																																																																																																																																																																																		
Nº Capas		5		5		5																																																																																																																																																																																																																		
Nº Golpes por capa		10		25		56																																																																																																																																																																																																																		
Condición de Muestra		Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después																																																																																																																																																																																																																	
Peso Molde	gr	7212	7212	7215	7215	7250	7250																																																																																																																																																																																																																	
Peso Muestra húmeda + Peso Molde	gr	11750	11820	11986	12032	12112	12189																																																																																																																																																																																																																	
Peso Muestra húmeda	gr	4538	4608	4771	4817	4862	4939																																																																																																																																																																																																																	
Ymh	cm3	2295.39	2295.39	2295.39	2295.39	2295.39	2295.39																																																																																																																																																																																																																	
Densidad Húmeda: Dh	gr/cm3	1.98	2.01	2.08	2.10	2.12	2.15																																																																																																																																																																																																																	
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>																																																																																																																																																																																																																								
Ensayo Nº	Nº	1-A	1-B	1-C	2-A	2-B	2-C	3-A	3-B	3-C																																																																																																																																																																																																														
Peso Recipiente	gr	85.23	25.30	12.89	25.86	27.59	12.51	29.54	30.26	25.36																																																																																																																																																																																																														
Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	140.38	87.20	75.20	87.96	95.36	65.30	89.50	103.27	82.91																																																																																																																																																																																																														
Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	136.77	82.60	71.03	83.43	90.36	61.49	85.20	98.36	79.01																																																																																																																																																																																																														
Peso del Agua	gr	3.61	4.60	4.17	4.53	5.00	3.81	4.30	4.91	3.90																																																																																																																																																																																																														
Peso Muestra seca	gr	51.54	57.30	58.14	57.57	62.77	48.98	55.66	68.10	53.65																																																																																																																																																																																																														
Contenido de Humedad; W%	%	7.00	8.03		7.87	7.97		7.73	7.21																																																																																																																																																																																																															
Promedio Contenido de Humedad	%		7.52	7.17	7.92		7.78	7.47		7.27																																																																																																																																																																																																														
Densidad Máxima Seca: Ds	gr/cm3		1.84	1.87	1.93		1.95	1.97		2.01																																																																																																																																																																																																														
$D_s = \frac{D_h}{\left(1 + \frac{W\%}{100}\right)}$																																																																																																																																																																																																																								
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Dimensiones del Molde</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Altura</td> <td>cm 17.80</td> </tr> <tr> <td>Dámetro</td> <td>cm 15.06</td> </tr> <tr> <th colspan="2">Disco Esparcidor</th> </tr> <tr> <td>Altura</td> <td>cm 5.00</td> </tr> <tr> <td>Dámetro</td> <td>cm 14.93</td> </tr> <tr> <th colspan="2">Peso de la Muestra</th> </tr> <tr> <td></td> <td>6000 gr</td> </tr> </tbody> </table>										Dimensiones del Molde		Altura	cm 17.80	Dámetro	cm 15.06	Disco Esparcidor		Altura	cm 5.00	Dámetro	cm 14.93	Peso de la Muestra			6000 gr																																																																																																																																																																																															
Dimensiones del Molde																																																																																																																																																																																																																								
Altura	cm 17.80																																																																																																																																																																																																																							
Dámetro	cm 15.06																																																																																																																																																																																																																							
Disco Esparcidor																																																																																																																																																																																																																								
Altura	cm 5.00																																																																																																																																																																																																																							
Dámetro	cm 14.93																																																																																																																																																																																																																							
Peso de la Muestra																																																																																																																																																																																																																								
	6000 gr																																																																																																																																																																																																																							
OBSERVACIONES:																																																																																																																																																																																																																								
RESPONSABLE DEL ENSAYO			COORDINADOR DE LABORATORIO				ASESOR																																																																																																																																																																																																																	
NOMBRE: Maria Lidia Rodriguez .A.			NOMBRE: Asistente de Laboratorio				NOMBRE: Gerardo Sagotiz W. Vazquez																																																																																																																																																																																																																	
FECHA:			FECHA: Carrera de Ingeniería Civil				FECHA:																																																																																																																																																																																																																	





LABORATORIO DESUELOS-UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE TRUJILLO											
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	PROTOCOLO										
	ENSAYO:	CALIFORNIA BERING RATIO - CBR								CÓDIGO DEL DOCUMENTO	
	NORMA:	ASTM D 188 /MTC E 132								CBR-LS-UPNT:18	
	PROYECTO:	INFLUENCIA DE LOS PORCENTAJES DE CEMENO Y CAL EN EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL MATERIAL DE BASE DE PAVIMENTOS FLEXIBLES -TRUJILLO, 2019									
CANTERA:	BAUNER S.A	UBICACIÓN	CARRETERA P. NORTE 13700 KM566+100								
FECHA DE MUESTREO CAMPO:	29/04/2019	TIPO DE MATERIAL:	AGREGADO								
FECHA DE MUESTREO LAB:	13/06/2019	RESPONSABLE:	MARIA LIDIA RODRIGUEZ ANTICONA								
FECHA DE ENSAYO	13/06/2019	REVISADO POR:									
LECTURA DE PENETRACIÓN - 4% DE CEMENTO 1											
PENETRACIÓN			MOLDE Nº1			MOLDE Nº2			MOLDE Nº3		
Medida	mm	pulg	Nº de Divisiones	Carga (lb)	Efuerzo (lb/pulg2)	Nº de Divisiones	Carga (lb)	Efuerzo (lb/pulg2)	Nº de Divisiones	Carga (lb)	Efuerzo (lb/pulg2)
1	0.00	0.000	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
2	0.64	0.025	50	523.55	166.65	68	708.81	225.62	80	832.24	264.91
3	1.27	0.050	112	1161.04	369.57	154	1591.87	506.71	164	1694.32	539.32
4	1.91	0.075	190	1960.48	624.04	220	2267.21	721.67	263	2706.10	861.38
5	2.54	0.100	253	2604.12	828.92	302	3103.42	987.85	420	4301.26	1369.13
6	3.18	0.125	338	3469.56	1104.40	380	3895.94	1240.12	526	5371.73	1709.88
7	3.81	0.150	420	4301.26	1369.13	455	4655.30	1481.83	568	5794.42	1844.42
8	5.08	0.200	465	4756.34	1513.99	537	5482.52	1745.14	751	7626.53	2427.61
9	7.62	0.300	482	4928.01	1568.64	682	6937.59	2208.30	765	7766.06	2472.02
10	10.16	0.400	535	5462.36	1738.73	710	7217.42	2297.38	810	8213.89	2614.57
11	12.70	0.500	570	5814.53	1850.82	748	7596.64	2418.09	935	9452.88	3008.95
OBSERVACIONES:											
RESPONSABLE DEL ENSAYO				COORDINADOR DE LABORATORIO				ASESOR			
											
NOMBRE: <i>Maria Lidia Rodriguez A</i>				NOMBRE: <i>Asistente de Laboratorio</i> <i>Carrera de Ingenieria Civil</i>				NOMBRE: <i>German Sotelo Vega</i>			
FECHA:				FECHA:				FECHA:			

LABORATORIO DE SUELOS-UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE TRUJILLO										
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	PROTOCOLO									
	ENSAYO:	CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR						CÓDIGO DEL DOCUMENTO CBR-LS-UPNT:19		
	NORMA:	ASTM D 188 /MTC E 132								
	PROYECTO:	INFLUENCIA DE LOS PORCENTAJES DE CEMENTO Y CAL EN EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL MATERIAL DE BASE DE PAVIMENTOS FLEXIBLES -TRUJILLO, 2019								
CANTERA:	BAUNER S.A.	UBICACIÓN	CARRETERA P. NORTE 13700 KMS66+100							
FECHA DE MUESTREO CAMPO:	29/04/2019	TIPO DE MATERIAL:	AGREGADO							
FECHA DE MUESTREO LAB:	13/06/2019	RESPONSABLE:	MARIA LIDIA RODRIGUEZ ANTICONA							
FECHA DE ENSAYO	13/06/2019	REVISADO POR:								
CALIFORNIA BEARING RATIO-CBR 4% DE CEMENTO 2										
DESCRIPCIÓN	UND	1		2			3			
Nº Capas		5		5			5			
Nº Golpes por capa		10		25			56			
Condición de Muestra		Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después			
Peso Molde	gr	7212	7212	7215	7215	7250	7250			
Peso Muestra húmeda + Peso Molde	gr	11750	11830	11990	12036	12118	12200			
Peso Muestra húmeda	gr	4538	4618	4775	4821	4868	4950			
Vmh	cm3	2295.39	2295.39	2295.39	2295.39	2295.39	2295.39			
Densidad Húmeda: Dh	gr/cm3	1.98	2.01	2.08	2.10	2.12	2.16			
CONTENIDO DE HUMEDAD										
Ensayo Nº	Nº	1-A	1-B	1-C	2-A	2-B	2-C	3-A	3-B	3-C
Peso Recipiente	gr	85.23	25.30	12.89	25.86	27.59	12.51	29.54	30.26	25.36
Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	156.34	96.32	87.94	102.36	82.94	115.24	98.72	76.98	65.28
Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	151.36	91.46	82.65	96.86	78.86	107.53	93.16	73.86	62.53
Peso del Agua	gr	4.98	4.86	5.29	5.50	4.08	7.71	5.56	3.12	2.75
Peso Muestra seca	gr	66.13	66.16	69.76	71.00	51.27	95.02	63.62	43.60	37.17
Contenido de Humedad; W%	%	7.53	7.35		7.75	7.96		8.74	7.16	
Promedio Contenido de Humedad	%	7.44		7.58	7.85		8.11	7.95		7.40
Densidad Máxima Seca; Ds	gr/cm3	1.84		1.87	1.93		1.94	1.96		2.01
$D_s = \frac{D_h}{\left(1 + \frac{W\%}{100}\right)}$										
Dimensiones del Molde										
Altura	cm	17.80								
Dámetro	cm	15.06								
Disco Esparcidor										
Altura	cm	5.00								
Dámetro	cm	14.93								
Peso de la Muestra										
		6000 gr								
OBSERVACIONES:										
RESPONSABLE DEL ENSAYO			COORDINADOR DE LABORATORIO				ASESOR			
										
NOMBRE: <i>Maria Rodriguez .A.</i>			NOMBRE: <i>Asistente de Laboratorio</i> Carrera de Ingeniería Civil				NOMBRE: <i>Carma Sgoten Vazir</i>			
FECHA:			FECHA:				FECHA:			




LABORATORIO DESUELOS-UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE TRUJILLO											
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	PROTOCOLO										
	ENSAYO:	CALIFORNIA BERING RATIO - CBR								CÓDIGO DEL DOCUMENTO	
	NORMA:	ASTM D 138 /MTC E 132								CBR-LS-UPNT:20	
	PROYECTO:	INFLUENCIA DE LOS PORCENTAJES DE CEMENTO Y CAL EN EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL MATERIAL DE BASE DE PAVIMENTOS FLEXIBLES -TRUJILLO, 2019									
CANTERA:	BAUNER S.A	UBICACIÓN	CARRETERA P. NORTE 13700 KM566+100								
FECHA DE MUESTREO CAMPO:	29/04/2019	TIPO DE MATERIAL:	AGREGADO								
FECHA DE MUESTREO LAB:	17/06/2019	RESPONSABLE:	MARIA LIDIA RODRIGUEZ ANTICONA								
FECHA DE ENSAYO	17/06/2019	REVISADO POR:									
LECTURA DE PENETRACIÓN - 4% DE CEMENTO 2											
Medida	PENETRACIÓN		MOLDE N°1			MOLDE N°2			MOLDE N°3		
	mm	pulg	N° de Divisiones	Carga (lb)	Efuerzo (lb/pulg2)	N° de Divisiones	Carga (lb)	Efuerzo (lb/pulg2)	N° de Divisiones	Carga (lb)	Efuerzo (lb/pulg2)
1	0.00	0.000	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
2	0.64	0.025	46	482.37	153.54	64	667.67	212.52	78	811.67	258.36
3	1.27	0.050	107	1109.70	353.23	150	1550.86	493.66	162	1673.84	532.80
4	1.91	0.075	180	1858.14	591.47	213	2195.67	698.91	260	2675.50	851.64
5	2.54	0.100	242	2491.86	793.19	292	3001.61	955.45	417	4270.88	1359.47
6	3.18	0.125	331	3398.40	1081.75	367	3764.06	1198.14	520	5311.26	1690.63
7	3.81	0.150	418	4281.00	1362.69	447	4574.41	1456.09	560	5713.98	1818.82
8	5.08	0.200	455	4655.30	1481.83	520	5311.26	1690.63	740	7516.85	2392.69
9	7.62	0.300	484	4948.20	1575.07	681	6927.58	2205.12	761	7726.20	2459.33
10	10.16	0.400	525	5361.66	1706.67	703	7147.49	2275.12	807	8184.06	2605.07
11	12.70	0.500	564	5754.19	1831.62	741	7526.84	2395.87	931	9413.35	2996.37
OBSERVACIONES:											
RESPONSABLE DEL ENSAYO			COORDINADOR DE LABORATORIO					ASESOR			
 NOMBRE: <i>Maria Lidia Rodriguez Anticono</i>			 NOMBRE: <i>Asistente de Laboratorio</i> Carrera de Ingeniería Civil					 NOMBRE: <i>Carman Sgotzow Vaz</i>			
FECHA:			FECHA:					FECHA:			




LABORATORIO DE SUELOS-UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE TRUJILLO																																																																																																																																																																																																																																									
PROTOCOLO																																																																																																																																																																																																																																									
ENSAYO:	CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR							CÓDIGO DEL DOCUMENTO CBR-LS-UPNT:21																																																																																																																																																																																																																																	
NORMA:	ASTM D 188 /MTC E 132																																																																																																																																																																																																																																								
PROYECTO:	INFLUENCIA DE LOS PORCENTAJES DE CEMENTO Y CAL EN EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL MATERIAL DE BASE DE PAVIMENTOS FLEXIBLES -TRUJILLO, 2019																																																																																																																																																																																																																																								
CANTERA:	BAUNER S.A.	UBICACIÓN	CARRETERA P. NORTE 13700 KM566+100																																																																																																																																																																																																																																						
FECHA DE MUESTREO CAMPO:	29/04/2019	TIPO DE MATERIAL:	AGREGADO																																																																																																																																																																																																																																						
FECHA DE MUESTREO LAB:	17/06/2019	RESPONSABLE:	MARIA LIDIA RODRIGUEZ ANTICONA																																																																																																																																																																																																																																						
FECHA DE ENSAYO	17/06/2019	REVISADO POR:																																																																																																																																																																																																																																							
<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">DESCRIPCIÓN</th> <th colspan="9">CALIFORNIA BEARING RATIO-CBR 4% DE CEMENTO 3</th> </tr> <tr> <th>UND</th> <th colspan="2">1</th> <th colspan="2">2</th> <th colspan="2">3</th> <th colspan="2"></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Nº Capas</td> <td></td> <td colspan="2">5</td> <td colspan="2">5</td> <td colspan="2">5</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>Nº Golpes por capa</td> <td></td> <td colspan="2">10</td> <td colspan="2">25</td> <td colspan="2">56</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>Condición de Muestra</td> <td></td> <td>Antes</td> <td>Después</td> <td>Antes</td> <td>Después</td> <td>Antes</td> <td>Después</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>Peso Molde</td> <td>gr</td> <td>7212</td> <td>7212</td> <td>7215</td> <td>7215</td> <td>7250</td> <td>7250</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>Peso Muestra húmeda + Peso Molde</td> <td>gr</td> <td>11711</td> <td>11809</td> <td>11976</td> <td>12016</td> <td>12102</td> <td>12186</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>Peso Muestra húmeda</td> <td>gr</td> <td>4499</td> <td>4597</td> <td>4761</td> <td>4801</td> <td>4852</td> <td>4936</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>V<sub>mh</sub></td> <td>cm<sup>3</sup></td> <td>2295.39</td> <td>2295.39</td> <td>2295.39</td> <td>2295.39</td> <td>2295.39</td> <td>2295.39</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>Densidad Húmeda: Dh</td> <td>gr/cm<sup>3</sup></td> <td>1.96</td> <td>2.00</td> <td>2.07</td> <td>2.09</td> <td>2.11</td> <td>2.15</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td colspan="10"><b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b></td> </tr> <tr> <td>Ensayo Nº</td> <td>Nº</td> <td>1-A</td> <td>1-B</td> <td>1-C</td> <td>2-A</td> <td>2-B</td> <td>2-C</td> <td>3-A</td> <td>3-B</td> <td>3-C</td> </tr> <tr> <td>Peso Recipiente</td> <td>gr</td> <td>78.23</td> <td>25.30</td> <td>12.89</td> <td>25.86</td> <td>27.59</td> <td>12.51</td> <td>29.54</td> <td>30.26</td> <td>25.36</td> </tr> <tr> <td>Peso Muestra húmeda + Recipiente</td> <td>gr</td> <td>107.36</td> <td>116.24</td> <td>65.49</td> <td>125.48</td> <td>105.36</td> <td>145.61</td> <td>109.64</td> <td>95.36</td> <td>87.29</td> </tr> <tr> <td>Peso Muestra Seca + Recipiente</td> <td>gr</td> <td>105.26</td> <td>110.26</td> <td>61.86</td> <td>119.63</td> <td>99.73</td> <td>136.50</td> <td>104.16</td> <td>90.36</td> <td>83.12</td> </tr> <tr> <td>Peso del Agua</td> <td>gr</td> <td>2.10</td> <td>5.98</td> <td>3.63</td> <td>5.85</td> <td>5.63</td> <td>9.11</td> <td>5.48</td> <td>5.00</td> <td>4.17</td> </tr> <tr> <td>Peso Muestra seca</td> <td>gr</td> <td>27.03</td> <td>84.96</td> <td>48.97</td> <td>93.77</td> <td>72.14</td> <td>123.99</td> <td>74.62</td> <td>60.10</td> <td>57.76</td> </tr> <tr> <td>Contenido de Humedad; W%</td> <td>%</td> <td>7.77</td> <td>7.04</td> <td></td> <td>6.24</td> <td>7.80</td> <td></td> <td>7.34</td> <td>8.32</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Promedio Contenido de Humedad</td> <td>%</td> <td>7.40</td> <td></td> <td>7.41</td> <td>7.02</td> <td></td> <td>7.35</td> <td>7.83</td> <td></td> <td>7.22</td> </tr> <tr> <td>Densidad Máxima Seca; D<sub>s</sub></td> <td>gr/cm<sup>3</sup></td> <td>1.82</td> <td></td> <td>1.86</td> <td>1.94</td> <td></td> <td>1.95</td> <td>1.96</td> <td></td> <td>2.01</td> </tr> </tbody> </table> $D_s = \frac{D_h}{\left(1 + \frac{W\%}{100}\right)}$ <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Dimensiones del Molde</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Altura</td> <td>cm 17.80</td> </tr> <tr> <td>Dámetro</td> <td>cm 15.06</td> </tr> <tr> <th colspan="2">Disco Esparcidor</th> </tr> <tr> <td>Altura</td> <td>cm 5.00</td> </tr> <tr> <td>Dámetro</td> <td>cm 14.93</td> </tr> <tr> <th colspan="2">Peso de la Muestra</th> </tr> <tr> <td></td> <td>6000 gr</td> </tr> </tbody> </table>										DESCRIPCIÓN	CALIFORNIA BEARING RATIO-CBR 4% DE CEMENTO 3									UND	1		2		3				Nº Capas		5		5		5				Nº Golpes por capa		10		25		56				Condición de Muestra		Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después			Peso Molde	gr	7212	7212	7215	7215	7250	7250			Peso Muestra húmeda + Peso Molde	gr	11711	11809	11976	12016	12102	12186			Peso Muestra húmeda	gr	4499	4597	4761	4801	4852	4936			V <sub>mh</sub>	cm <sup>3</sup>	2295.39	2295.39	2295.39	2295.39	2295.39	2295.39			Densidad Húmeda: Dh	gr/cm <sup>3</sup>	1.96	2.00	2.07	2.09	2.11	2.15			<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>										Ensayo Nº	Nº	1-A	1-B	1-C	2-A	2-B	2-C	3-A	3-B	3-C	Peso Recipiente	gr	78.23	25.30	12.89	25.86	27.59	12.51	29.54	30.26	25.36	Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	107.36	116.24	65.49	125.48	105.36	145.61	109.64	95.36	87.29	Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	105.26	110.26	61.86	119.63	99.73	136.50	104.16	90.36	83.12	Peso del Agua	gr	2.10	5.98	3.63	5.85	5.63	9.11	5.48	5.00	4.17	Peso Muestra seca	gr	27.03	84.96	48.97	93.77	72.14	123.99	74.62	60.10	57.76	Contenido de Humedad; W%	%	7.77	7.04		6.24	7.80		7.34	8.32		Promedio Contenido de Humedad	%	7.40		7.41	7.02		7.35	7.83		7.22	Densidad Máxima Seca; D <sub>s</sub>	gr/cm <sup>3</sup>	1.82		1.86	1.94		1.95	1.96		2.01	Dimensiones del Molde		Altura	cm 17.80	Dámetro	cm 15.06	Disco Esparcidor		Altura	cm 5.00	Dámetro	cm 14.93	Peso de la Muestra			6000 gr
DESCRIPCIÓN	CALIFORNIA BEARING RATIO-CBR 4% DE CEMENTO 3																																																																																																																																																																																																																																								
	UND	1		2		3																																																																																																																																																																																																																																			
Nº Capas		5		5		5																																																																																																																																																																																																																																			
Nº Golpes por capa		10		25		56																																																																																																																																																																																																																																			
Condición de Muestra		Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después																																																																																																																																																																																																																																		
Peso Molde	gr	7212	7212	7215	7215	7250	7250																																																																																																																																																																																																																																		
Peso Muestra húmeda + Peso Molde	gr	11711	11809	11976	12016	12102	12186																																																																																																																																																																																																																																		
Peso Muestra húmeda	gr	4499	4597	4761	4801	4852	4936																																																																																																																																																																																																																																		
V <sub>mh</sub>	cm <sup>3</sup>	2295.39	2295.39	2295.39	2295.39	2295.39	2295.39																																																																																																																																																																																																																																		
Densidad Húmeda: Dh	gr/cm <sup>3</sup>	1.96	2.00	2.07	2.09	2.11	2.15																																																																																																																																																																																																																																		
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>																																																																																																																																																																																																																																									
Ensayo Nº	Nº	1-A	1-B	1-C	2-A	2-B	2-C	3-A	3-B	3-C																																																																																																																																																																																																																															
Peso Recipiente	gr	78.23	25.30	12.89	25.86	27.59	12.51	29.54	30.26	25.36																																																																																																																																																																																																																															
Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	107.36	116.24	65.49	125.48	105.36	145.61	109.64	95.36	87.29																																																																																																																																																																																																																															
Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	105.26	110.26	61.86	119.63	99.73	136.50	104.16	90.36	83.12																																																																																																																																																																																																																															
Peso del Agua	gr	2.10	5.98	3.63	5.85	5.63	9.11	5.48	5.00	4.17																																																																																																																																																																																																																															
Peso Muestra seca	gr	27.03	84.96	48.97	93.77	72.14	123.99	74.62	60.10	57.76																																																																																																																																																																																																																															
Contenido de Humedad; W%	%	7.77	7.04		6.24	7.80		7.34	8.32																																																																																																																																																																																																																																
Promedio Contenido de Humedad	%	7.40		7.41	7.02		7.35	7.83		7.22																																																																																																																																																																																																																															
Densidad Máxima Seca; D <sub>s</sub>	gr/cm <sup>3</sup>	1.82		1.86	1.94		1.95	1.96		2.01																																																																																																																																																																																																																															
Dimensiones del Molde																																																																																																																																																																																																																																									
Altura	cm 17.80																																																																																																																																																																																																																																								
Dámetro	cm 15.06																																																																																																																																																																																																																																								
Disco Esparcidor																																																																																																																																																																																																																																									
Altura	cm 5.00																																																																																																																																																																																																																																								
Dámetro	cm 14.93																																																																																																																																																																																																																																								
Peso de la Muestra																																																																																																																																																																																																																																									
	6000 gr																																																																																																																																																																																																																																								
OBSERVACIONES:																																																																																																																																																																																																																																									
RESPONSABLE DEL ENSAYO			COORDINADOR DE LABORATORIO				ASESOR																																																																																																																																																																																																																																		
																																																																																																																																																																																																																																									
NOMBRE: <i>Maria Rodriguez A.</i>			NOMBRE: <i>Asistente de Laboratorio</i> Carrera de Ingeniería Civil				NOMBRE: <i>German Sotelo Vazquez</i>																																																																																																																																																																																																																																		
FECHA:			FECHA:				FECHA:																																																																																																																																																																																																																																		




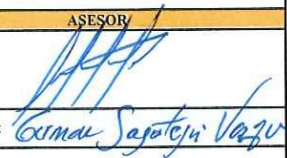





LABORATORIO DESUELOS-UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE TRUJILLO											
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	PROTOCOLO										
	ENSAYO:	CALIFORNIA BERING RATIO - CBR								CÓDIGO DEL DOCUMENTO	
	NORMA:	ASTM D 188 /MTC E 132								CBR-LS-UPNT:22	
	PROYECTO:	INFLUENCIA DE LOS PORCENTAJES DE CEMENO Y CAL EN EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL MATERIAL DE BASE DE PAVIMENTOS FLEXIBLES -TRUJILLO, 2019									
CANTERA:	BAUNER S.A	UBICACIÓN	CARRETERA P. NORTE 13700 KM566+100								
FECHA DE MUESTREO CAMPO:	29/04/2019	TIPO DE MATERIAL:	AGREGADO								
FECHA DE MUESTREO LAB:	21/06/2019	RESPONSABLE:	MARIA LIDIA RODRIGUEZ ANTICONA								
FECHA DE ENSAYO	21/06/2019	REVISADO POR:									
LECTURA DE PENETRACIÓN - 4% DE CEMENTO 3											
Medida	PENETRACIÓN		MOLDE N°1			MOLDE N°2			MOLDE N°3		
	mm	pulg	N° de Divisiones	Carga (lb)	Efuerzo (lb/pulg2)	N° de Divisiones	Carga (lb)	Efuerzo (lb/pulg2)	N° de Divisiones	Carga (lb)	Efuerzo (lb/pulg2)
1	0.00	0.000	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
2	0.64	0.025	45	472.08	150.26	62	647.08	205.97	75	780.83	248.54
3	1.27	0.050	100	1037.80	330.34	154	1591.87	506.71	160	1653.33	526.28
4	1.91	0.075	177	1827.43	581.69	209	2154.80	685.89	258	2655.11	845.15
5	2.54	0.100	250	2573.50	819.17	289	2971.06	945.72	415	4250.64	1353.02
6	3.18	0.125	329	3378.07	1075.28	365	3743.75	1191.68	517	5281.03	1681.01
7	3.81	0.150	415	4250.64	1353.02	442	4523.86	1439.99	565	5764.24	1834.82
8	5.08	0.200	470	4806.84	1530.07	524	5351.58	1703.46	742	7536.80	2399.04
9	7.62	0.300	485	4958.30	1578.28	669	6807.51	2166.91	765	7766.06	2472.02
10	10.16	0.400	515	5260.88	1674.59	699	7107.52	2262.40	803	8144.29	2592.41
11	12.70	0.500	580	5915.04	1882.82	735	7466.98	2376.82	927	9373.82	2983.78
OBSERVACIONES:											
RESPONSABLE DEL ENSAYO			COORDINADOR DE LABORATORIO					ASESOR			
 NOMBRE: <i>Maria Lidia Rodriguez A</i>			 NOMBRE: <i>Asistente de Laboratorio</i> Carrera de Ingeniería Civil					 NOMBRE: <i>Asesor</i>			
FECHA:			FECHA:					FECHA:			


LABORATORIO DESUELOS-UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE TRUJILLO											
PROTOCOLO											
ENSAYO:	CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR						CÓDIGO DEL DOCUMENTO				
NORMA:	ASTM D 188 /MTC E 132						CBR-LS-UPNT:23				
PROYECTO:	INFLUENCIA DE LOS PORCENTAJES DE CEMENO Y CAL EN EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL MATERIAL DE BASE DE PAVIMENTOS FLEXIBLES -TRUJILLO, 2019										
CANTERA:	BAUNER S.A	UBICACIÓN	CARRETERA P. NORTE 13700 KM566+100								
FECHA DE MUESTREO CAMPO:	29/04/2019	TIPO DE MATERIAL:	AGREGADO								
FECHA DE MUESTREO LAB:	21/06/2019	RESPONSABLE:	MARIA LIDIA RODRIGUEZ ANTICONA								
FECHA DE ENSAYO	21/06/2019	REVISADO POR:									
CALIFORNIA BEARING RATIO-CBR 2% DE CAL 1											
DESCRIPCIÓN	UND	1			2			3			
Nº Capas		5			5			5			
Nº Golpes por capa		10			25			56			
Condición de Muestra		Antes	Después		Antes	Después		Antes	Después		
Peso Molde	gr	7212	7212		7215	7215		7250	7250		
Peso Muestra húmeda + Peso Molde	gr	11595	11710		11796	11897		12060	12165		
Peso Muestra húmeda	gr	4383	4498		4581	4682		4810	4915		
V <sub>mh</sub>	cm <sup>3</sup>	2295.39	2295.39		2295.39	2295.39		2295.39	2295.39		
Densidad Húmeda: Dh	gr/cm <sup>3</sup>	1.91	1.96		2.00	2.04		2.10	2.14		
CONTENIDO DE HUMEDAD	Ensayo Nº	Nº	1-A	1-B	1-C	2-A	2-B	2-C	3-A	3-B	3-C
Peso Recipiente	gr	25.58	14.43	20.57	22.77	28.58	25.85	10.25	12.51	14.89	
Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	105.32	96.38	79.05	79.48	115.87	84.93	54.20	81.79	67.56	
Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	100.25	90.56	74.87	74.48	110.79	80.80	51.31	77.09	64.01	
Peso del Agua	gr	5.07	5.82	4.18	5.00	5.08	4.13	2.89	4.70	3.55	
Peso Muestra seca	gr	74.67	76.13	54.30	51.71	82.21	54.95	41.06	64.58	49.12	
Contenido de Humedad; W%	%	6.79	7.64		9.67	6.18		7.04	7.28		
Promedio Contenido de Humedad	%	7.22	7.70		7.92	7.52		7.16	7.23		
Densidad Máxima Seca; D <sub>s</sub>	gr/cm <sup>3</sup>	1.78	1.82		1.85	1.90		1.96	2.00		
$D_s = \frac{D_h}{\left(1 + \frac{W\%}{100}\right)}$											
Dimensiones del Molde											
Altura	cm	17.80									
Dámetro	cm	15.06									
Disco Esparcidor											
Altura	cm	5.00									
Dámetro	cm	14.93									
Peso de la Muestra											
6000	gr										
OBSERVACIONES:											
RESPONSABLE DEL ENSAYO				COORDINADOR DE LABORATORIO				ASESOR			
NOMBRE: Maria Rodriguez . A.				NOMBRE: Asistente de Laboratorio Carrera de Ingeniería Civil				NOMBRE: Gerardo Sagotaji Voz			
FECHA:				FECHA:				FECHA:			

LABORATORIO DESUELOS-UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE TRUJILLO											
PROTOCOLO											
ENSAYO:		CALIFORNIA BERING RATIO - CBR								CÓDIGO DEL DOCUMENTO CBR-LS-UPNT:24	
NORMA:		ASTM D 188 /MTC E 132									
PROYECTO:		INFLUENCIA DE LOS PORCENTAJES DE CEMENO Y CAL EN EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL MATERIAL DE BASE DE PAVIMENTOS FLEXIBLES -TRUJILLO, 2019									
CANTERA:		BAUNER S.A	UBICACIÓN			CARRETERA P. NORTE 13700 KM566+100					
FECHA DE MUESTREO CAMPO:		29/04/2019	TIPO DE MATERIAL:			AGREGADO					
FECHA DE MUESTREO LAB:		25/06/2019	RESPONSABLE:			MARIA LIDIA RODRIGUEZ ANTICONA					
FECHA DE ENSAYO		25/06/2019	REVISADO POR:								
LECTURA DE PENETRACIÓN - 2% DE CAL I											
PENETRACIÓN			MOLDE N°1			MOLDE N°2			MOLDE N°3		
Medida	mm	pulg	N° de Divisiones	Carga (lb)	Efuerzo (lb/pulg2)	N° de Divisiones	Carga (lb)	Efuerzo (lb/pulg2)	N° de Divisiones	Carga (lb)	Efuerzo (lb/pulg2)
1	0.00	0.000	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
2	0.64	0.025	14	152.58	48.57	24	255.69	81.39	48	502.96	160.10
3	1.27	0.050	69	719.10	228.90	84	873.36	278.00	120	1243.16	395.71
4	1.91	0.075	120	1243.16	395.71	123	1273.96	405.51	195	2011.63	640.32
5	2.54	0.100	165	1704.57	542.58	201	2073.00	659.86	312	3205.19	1020.25
6	3.18	0.125	218	2246.77	715.17	265	2726.50	867.87	383	3926.36	1249.80
7	3.81	0.150	286	2940.50	935.99	318	3266.23	1039.67	430	4402.47	1401.35
8	5.08	0.200	315	3235.70	1029.96	395	4048.01	1288.53	550	5613.36	1786.79
9	7.62	0.300	339	3479.71	1107.63	488	4988.57	1587.92	600	6115.92	1946.76
10	10.16	0.400	390	3997.33	1272.39	500	5109.65	1626.45	682	6937.59	2208.30
11	12.70	0.500	460	4705.83	1497.91	595	6065.73	1930.78	780	7915.45	2519.57
OBSERVACIONES:											
RESPONSABLE DEL ENSAYO				COORDINADOR DE LABORATORIO				ASESOR			
											
NOMBRE: <i>Maria Rodríguez.A.</i>				NOMBRE: <i>Asistente de Laboratorio Carrera de Ingeniería Civil</i>				NOMBRE: <i>German Sagastizú</i>			
FECHA:				FECHA:				FECHA:			

LABORATORIO DESUELOS-UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE TRUJILLO													
PROTOCOLO													
ENSAYO:	CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR							CÓDIGO DEL DOCUMENTO CBR-LS-UPNT;25					
NORMA:	ASTM D 188 /MTC E 132												
PROYECTO:	INFLUENCIA DE LOS PORCENTAJES DE CEMENTO Y CAL EN EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL MATERIAL DE BASE DE PAVIMENTOS FLEXIBLES -TRUJILLO, 2019												
CANTERA:	BAUNER S.A.	UBICACIÓN		CARRETERA P. NORTE 13700 KM566+100									
FECHA DE MUESTREO CAMPO:	29/04/2019	TIPO DE MATERIAL:		AGREGADO									
FECHA DE MUESTREO LAB:	21/06/2019	RESPONSABLE:		MARIA LIDIA RODRIGUEZ ANTICONA									
FECHA DE ENSAYO	21/06/2019	REVISADO POR:											
CALIFORNIA BEARING RATIO-CBR 2% DE CAL 2													
DESCRIPCIÓN	UND	1			2			3					
Nº Capas		5			5			5					
Nº Golpes por capa		10			25			56					
Condición de Muestra		Antes		Después		Antes		Después		Antes Después			
Peso Molde	gr	7212	7212	7215	7215	7250	7250						
Peso Muestra húmeda + Peso Molde	gr	11598	11713	11801	11891	12070	12165						
Peso Muestra húmeda	gr	4386	4501	4586	4676	4820	4915						
Vmh	cm3	2295.39	2295.39	2295.39	2295.39	2295.39	2295.39						
Densidad Húmeda: Dh	gr/cm3	1.91	1.96	2.00	2.04	2.10	2.14						
CONTENIDO DE HUMEDAD													
Ensayo Nº	Nº	1-A			1-B			1-C			2-A		
Peso Recipiente	gr	25.58	14.43	20.57	22.77	28.58	25.85	10.25	12.51	14.89			
Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	105.26	86.32	75.29	102.35	96.32	65.32	65.21	103.46	87.26			
Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	99.75	81.23	71.52	97.65	91.35	62.50	61.32	97.66	82.40			
Peso del Agua	gr	5.51	5.09	3.77	4.70	4.97	2.82	3.89	5.80	4.86			
Peso Muestra seca	gr	74.17	66.80	50.95	74.88	62.77	36.65	51.07	85.15	67.51			
Contenido de Humedad; W%	%	7.43	7.62		6.28	7.92		7.62	6.81				
Promedio Contenido de Humedad	%	7.52	7.40	7.10	7.69	7.21	7.20						
Densidad Máxima Seca; Ds	gr/cm3	1.78	1.83	1.87	1.89	1.96	2.00						
$(Ds = \frac{Dh}{(1 + \frac{W\%}{100})})$													
Dimensiones del Molde													
Altura	cm	17.80											
Dámetro	cm	15.06											
Disco Esparcidor													
Altura	cm	5.00											
Dámetro	cm	14.93											
Peso de la Muestra													
		6000											
	gr												
OBSERVACIONES:													
RESPONSABLE DEL ENSAYO				COORDINADOR DE LABORATORIO				ASESOR					
													
NOMBRE: Maria Rodriguez. M.				NOMBRE: Asistente de Laboratorio Carrera de Ingenieria Civil				NOMBRE: German Sarmiento Vargas					
FECHA:				FECHA:				FECHA:					

LABORATORIO DESUELOS-UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE TRUJILLO											
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	PROTOCOLO										
	ENSAYO:	CALIFORNIA BERING RATIO - CBR								CÓDIGO DEL DOCUMENTO CBR-LS-UPNT:26	
	NORMA:	ASTM D 188 /MTC E 132									
	PROYECTO:	INFLUENCIA DE LOS PORCENTAJES DE CEMENO Y CAL EN EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL MATERIAL DE BASE DE PAVIMENTOS FLEXIBLES -TRUJILLO, 2019									
CANTERA:	BAUNER S.A	UBICACIÓN	CARRETERA P. NORTE 13700 KM566+100								
FECHA DE MUESTREO CAMPO:	29/04/2019	TIPO DE MATERIAL:	AGREGADO								
FECHA DE MUESTREO LAB:	25/06/2019	RESPONSABLE:	MARIA LIDIA RODRIGUEZ ANTICONA								
FECHA DE ENSAYO	25/06/2019	REVISADO POR:									
LECTURA DE PENETRACIÓN - 2% DE CAL 2											
Medida	PENETRACIÓN		MOLDE N°1			MOLDE N°2			MOLDE N°3		
	mm	pulg	N° de Divisiones	Carga (lb)	Efuerzo (lb/pulg2)	N° de Divisiones	Carga (lb)	Efuerzo (lb/pulg2)	N° de Divisiones	Carga (lb)	Efuerzo (lb/pulg2)
1	0.00	0.000	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
2	0.64	0.025	17	183.51	58.42	25	266.01	6.14	46	482.37	153.54
3	1.27	0.050	70	729.40	232.17	82	852.81	19.70	118	1222.64	389.18
4	1.91	0.075	120	1243.16	395.71	125	1294.49	29.90	190	1960.48	624.04
5	2.54	0.100	163	1684.07	536.06	198	2042.32	47.18	309	3174.67	1010.53
6	3.18	0.125	218	2246.77	715.17	261	2685.71	62.04	380	3895.94	1240.12
7	3.81	0.150	275	2828.44	900.32	310	3184.84	73.57	425	4351.88	1385.24
8	5.08	0.200	315	3235.70	1029.96	385	3946.64	91.17	551	5623.43	1790.00
9	7.62	0.300	330	3388.24	1078.51	483	4938.11	114.08	597	6085.79	1937.17
10	10.16	0.400	380	3895.94	1240.12	500	5109.65	118.04	675	6867.57	2186.02
11	12.70	0.500	468	4786.65	1523.64	593	6045.64	139.66	784	7955.26	2532.24
OBSERVACIONES:											
RESPONSABLE DEL ENSAYO			COORDINADOR DE LABORATORIO					ASESOR			
											
NOMBRE: <i>Maria Rodriguez A.</i>			NOMBRE: <i>Asistente de Laboratorio Carrera de Ingenieria Civil</i>					NOMBRE: <i>Osmau Sagotchi Vazq</i>			
FECHA:			FECHA:					FECHA:			

LABORATORIO DESUELOS-UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE TRUJILLO										
PROTOCOLO										
ENSAYO:	CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR							CÓDIGO DEL DOCUMENTO CBR-LS-UPNT:27		
NORMA:	ASTM D 188 /MTC E 132									
PROYECTO:	INFLUENCIA DE LOS PORCENTAJES DE CEMENTO Y CAL EN EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL MATERIAL DE BASE DE PAVIMENTOS FLEXIBLES -TRUJILLO, 2019									
CANTERA:	BAUNER S.A.	UBICACIÓN		CARRETERA P. NORTE 13700 KM566+100						
FECHA DE MUESTREO CAMPO:	29/04/2019	TIPO DE MATERIAL:		AGREGADO						
FECHA DE MUESTREO LAB:	25/06/2019	RESPONSABLE:		MARIA LIDIA RODRIGUEZ ANTICONA						
FECHA DE ENSAYO	25/06/2019	REVISADO POR:								
CALIFORNIA BEARING RATIO-CBR 2% CAL 3										
DESCRIPCIÓN	UND	1			2			3		
Nº Capas		5			5			5		
Nº Golpes por capa		10			25			56		
Condición de Muestra		Antes		Después		Antes		Después		
Peso Molde	gr	7212	7212	7215	7215	7250	7250	7250	7250	
Peso Muestra húmeda + Peso Molde	gr	11601	11715	11800	11884	12000	12000	12000	12200	
Peso Muestra húmeda	gr	4389	4503	4585	4669	4750	4750	4750	4950	
V <sub>nh</sub>	cm <sup>3</sup>	2295.39	2295.39	2295.39	2295.39	2295.39	2295.39	2295.39	2295.39	
Densidad Húmeda: Dh	gr/cm <sup>3</sup>	1.91	1.96	2.00	2.03	2.07	2.07	2.07	2.16	
CONTENIDO DE HUMEDAD										
Ensayo Nº	Nº	1-A	1-B	1-C	2-A	2-B	2-C	3-A	3-B	3-C
Peso Recipiente	gr	25.58	14.43	20.57	22.77	28.58	25.85	10.25	12.51	14.89
Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	86.00	75.10	96.21	60.24	80.14	96.32	67.24	94.82	67.10
Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	81.69	71.45	90.75	57.56	76.89	91.52	63.32	89.20	63.43
Peso del Agua	gr	4.31	3.65	5.46	2.68	3.25	4.80	3.92	5.62	3.67
Peso Muestra seca	gr	56.11	57.02	70.18	34.79	48.31	65.67	53.07	76.69	48.54
Contenido de Humedad; W%	%	7.68	6.40		7.70	6.73		7.39	7.33	
Promedio Contenido de Humedad	%	7.04		7.78	7.22		7.31	7.36		7.56
Densidad Máxima Seca; D <sub>s</sub>	gr/cm <sup>3</sup>	1.79		1.82	1.86		1.90	1.93		2.00
$D_s = \frac{D_h}{\left(1 + \frac{W\%}{100}\right)}$										
Dimensiones del Molde										
Altura	cm	17.80								
Dámetro	cm	15.06								
Disco Esparcidor										
Altura	cm	5.00								
Dámetro	cm	14.93								
Peso de la Muestra										
		6000								
		gr								
OBSERVACIONES:										
RESPONSABLE DEL ENSAYO			COORDINADOR DE LABORATORIO				ASESOR			
										
NOMBRE: <i>Maria Lidia Rodriguez Anticono</i>			NOMBRE: <i>Asistente de Laboratorio</i>				NOMBRE: <i>Asesor</i>			
FECHA:			FECHA: <i>Carrera de Ingeniería Civil</i>				FECHA:			





LABORATORIO DESUELOS-UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE TRUJILLO											
	PROTOCOLO										
	ENSAYO:	CALIFORNIA BERING RATIO - CBR								CÓDIGO DEL DOCUMENTO	
	NORMA:	ASTM D 188 /MTC E 132								CBR-LS-UPNT:38	
	PROYECTO:	INFLUENCIA DE LOS PORCENTAJES DE CEMENO Y CAL EN EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL MATERIAL DE BASE DE PAVIMENTOS FLEXIBLES -TRUJILLO, 2019									
CANTERA:	BAUNER S.A	UBICACIÓN	CARRETERA P. NORTE 13700 KMS66+100								
FECHA DE MUESTREO CAMPO:	29/04/2019	TIPO DE MATERIAL:	AGREGADO								
FECHA DE MUESTREO LAB:	29/07/2019	RESPONSABLE:	MARIA LIDIA RODRIGUEZ ANTICONA								
FECHA DE ENSAYO	29/07/2019	REVISADO POR:									
LECTURA DE PENETRACIÓN -2% DE CAL 3											
Medida	PENETRACIÓN		MOLDE Nº1			MOLDE Nº2			MOLDE Nº3		
	mm	pulg	Nº de Divisiones	Carga (lb)	Efuerzo (lb/pulg2)	Nº de Divisiones	Carga (lb)	Efuerzo (lb/pulg2)	Nº de Divisiones	Carga (lb)	Efuerzo (lb/pulg2)
1	0.00	0.000	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
2	0.64	0.025	15	162.90	51.85	22	235.08	74.83	46	482.37	153.54
3	1.27	0.050	65	677.94	215.80	80	832.24	264.91	115	1191.84	379.38
4	1.91	0.075	115	1191.84	379.38	120	1243.16	395.71	190	1960.48	624.04
5	2.54	0.100	160	1653.33	526.28	197	2032.09	646.83	308	3164.49	1007.29
6	3.18	0.125	215	2216.11	705.41	260	2675.50	851.64	380	3895.94	1240.12
7	3.81	0.150	280	2879.39	916.54	315	3235.70	1029.96	431	4412.59	1404.57
8	5.08	0.200	312	3205.19	1020.25	390	3997.33	1272.39	545	5563.05	1770.78
9	7.62	0.300	329	3378.07	1075.28	480	4907.81	1562.21	595	6065.73	1930.78
10	10.16	0.400	386	3956.79	1259.49	499	5099.55	1623.24	680	6917.57	2201.94
11	12.70	0.500	457	4675.51	1488.26	590	6015.50	1914.80	770	7815.86	2487.87
OBSERVACIONES:											
RESPONSABLE DEL ENSAYO				COORDINADOR DE LABORATORIO				ASESOR			
NOMBRE: Maria Rodriguez A				NOMBRE: Asistente de Laboratorio Carrera de Ingeniería Civil				NOMBRE: Gumar Sagotqui Vay			
FECHA:				FECHA:				FECHA:			



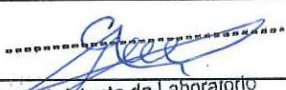

LABORATORIO DESUELOS-UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE TRUJILLO																																																																																																																																																																																																																																			
PROTOCOLO																																																																																																																																																																																																																																			
ENSAYO:	CALIFORNIA BERING RATIO - CBR							CÓDIGO DEL DOCUMENTO CBR-LS-UPNT:29																																																																																																																																																																																																																											
NORMA:	ASTM D 188 /MTC E 132																																																																																																																																																																																																																																		
PROYECTO:	INFLUENCIA DE LOS PORCENTAJES DE CEMENO Y CAL EN EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL MATERIAL DE BASE DE PAVIMENTOS FLEXIBLES -TRUJILLO, 2019																																																																																																																																																																																																																																		
CANTERA:	BAUNER S.A.	UBICACIÓN	CARRETERA P. NORTE 13700 KM566+100																																																																																																																																																																																																																																
FECHA DE MUESTREO CAMPO:	29/04/2019	TIPO DE MATERIAL:	AGREGADO																																																																																																																																																																																																																																
FECHA DE MUESTREO LAB:	25/06/2019	RESPONSABLE:	MARIA LIDIA RODRIGUEZ ANTICONA																																																																																																																																																																																																																																
FECHA DE ENSAYO	25/06/2019	REVISADO POR:																																																																																																																																																																																																																																	
<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">DESCRIPCIÓN</th> <th colspan="9">CALIFORNIA BEARING RATIO CBR - 4% DE CAL 1</th> </tr> <tr> <th>UND</th> <th colspan="3">1</th> <th colspan="3">2</th> <th colspan="3">3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Nº Capas</td> <td></td> <td colspan="3">5</td> <td colspan="3">5</td> <td colspan="3">5</td> </tr> <tr> <td>Nº Golpes por capa</td> <td></td> <td colspan="3">10</td> <td colspan="3">25</td> <td colspan="3">56</td> </tr> <tr> <td>Condición de Muestra</td> <td></td> <td colspan="2">Antes</td> <td>Después</td> <td colspan="2">Antes</td> <td>Después</td> <td colspan="2">Antes</td> <td>Después</td> </tr> <tr> <td>Peso Molde</td> <td>gr</td> <td>7212</td> <td>7212</td> <td>7215</td> <td>7215</td> <td>7250</td> <td>7250</td> <td>7250</td> <td>7250</td> <td>7250</td> </tr> <tr> <td>Peso Muestra húmeda + Peso Molde</td> <td>gr</td> <td>11605</td> <td>11760</td> <td>11800</td> <td>11901</td> <td>12068</td> <td>12205</td> <td>12068</td> <td>12205</td> <td>12205</td> </tr> <tr> <td>Peso Muestra húmeda</td> <td>gr</td> <td>4393</td> <td>4548</td> <td>4585</td> <td>4686</td> <td>4818</td> <td>4955</td> <td>4818</td> <td>4955</td> <td>4955</td> </tr> <tr> <td>Vmh</td> <td>cm3</td> <td>2295.39</td> <td>2295.39</td> <td>2295.39</td> <td>2295.39</td> <td>2295.39</td> <td>2295.39</td> <td>2295.39</td> <td>2295.39</td> <td>2295.39</td> </tr> <tr> <td>Densidad Húmeda: Dh</td> <td>gr/cm3</td> <td>1.91</td> <td>1.98</td> <td>2.00</td> <td>2.04</td> <td>2.10</td> <td>2.16</td> <td>2.10</td> <td>2.16</td> <td>2.16</td> </tr> <tr> <td colspan="11" style="text-align: center;">CONTENIDO DE HUMEDAD</td> </tr> <tr> <td>Ensayo Nº</td> <td>Nº</td> <td>1-A</td> <td>1-B</td> <td>1-C</td> <td>2-A</td> <td>2-B</td> <td>2-C</td> <td>3-A</td> <td>3-B</td> <td>3-C</td> </tr> <tr> <td>Peso Recipiente</td> <td>gr</td> <td>58.69</td> <td>76.58</td> <td>89.36</td> <td>75.63</td> <td>102.36</td> <td>90.46</td> <td>120.36</td> <td>140.56</td> <td>118.60</td> </tr> <tr> <td>Peso Muestra húmeda + Recipiente</td> <td>gr</td> <td>105.32</td> <td>150.32</td> <td>170.26</td> <td>140.32</td> <td>186.36</td> <td>130.25</td> <td>201.30</td> <td>220.36</td> <td>196.34</td> </tr> <tr> <td>Peso Muestra Seca + Recipiente</td> <td>gr</td> <td>102.16</td> <td>145.69</td> <td>165.05</td> <td>136.10</td> <td>180.56</td> <td>127.60</td> <td>195.60</td> <td>215.60</td> <td>190.85</td> </tr> <tr> <td>Peso del Agua</td> <td>gr</td> <td>3.16</td> <td>4.63</td> <td>5.21</td> <td>4.22</td> <td>5.80</td> <td>2.65</td> <td>5.70</td> <td>4.76</td> <td>5.49</td> </tr> <tr> <td>Peso Muestra seca</td> <td>gr</td> <td>43.47</td> <td>69.11</td> <td>75.69</td> <td>60.47</td> <td>78.20</td> <td>37.14</td> <td>75.24</td> <td>75.04</td> <td>72.25</td> </tr> <tr> <td>Contenido de Humedad; W%</td> <td>%</td> <td>7.27</td> <td>6.70</td> <td>6.98</td> <td>7.42</td> <td>7.58</td> <td>6.34</td> <td>7.58</td> <td>6.34</td> <td>6.34</td> </tr> <tr> <td>Promedio Contenido de Humedad</td> <td>%</td> <td>6.98</td> <td>6.88</td> <td>7.20</td> <td>7.14</td> <td>6.96</td> <td>7.60</td> <td>6.96</td> <td>7.60</td> <td>7.60</td> </tr> <tr> <td>Densidad Máxima Seca; Ds</td> <td>gr/cm3</td> <td>1.79</td> <td>1.85</td> <td>1.86</td> <td>1.91</td> <td>1.96</td> <td>2.01</td> <td>1.96</td> <td>2.01</td> <td>2.01</td> </tr> </tbody> </table>										DESCRIPCIÓN	CALIFORNIA BEARING RATIO CBR - 4% DE CAL 1									UND	1			2			3			Nº Capas		5			5			5			Nº Golpes por capa		10			25			56			Condición de Muestra		Antes		Después	Antes		Después	Antes		Después	Peso Molde	gr	7212	7212	7215	7215	7250	7250	7250	7250	7250	Peso Muestra húmeda + Peso Molde	gr	11605	11760	11800	11901	12068	12205	12068	12205	12205	Peso Muestra húmeda	gr	4393	4548	4585	4686	4818	4955	4818	4955	4955	Vmh	cm3	2295.39	2295.39	2295.39	2295.39	2295.39	2295.39	2295.39	2295.39	2295.39	Densidad Húmeda: Dh	gr/cm3	1.91	1.98	2.00	2.04	2.10	2.16	2.10	2.16	2.16	CONTENIDO DE HUMEDAD											Ensayo Nº	Nº	1-A	1-B	1-C	2-A	2-B	2-C	3-A	3-B	3-C	Peso Recipiente	gr	58.69	76.58	89.36	75.63	102.36	90.46	120.36	140.56	118.60	Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	105.32	150.32	170.26	140.32	186.36	130.25	201.30	220.36	196.34	Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	102.16	145.69	165.05	136.10	180.56	127.60	195.60	215.60	190.85	Peso del Agua	gr	3.16	4.63	5.21	4.22	5.80	2.65	5.70	4.76	5.49	Peso Muestra seca	gr	43.47	69.11	75.69	60.47	78.20	37.14	75.24	75.04	72.25	Contenido de Humedad; W%	%	7.27	6.70	6.98	7.42	7.58	6.34	7.58	6.34	6.34	Promedio Contenido de Humedad	%	6.98	6.88	7.20	7.14	6.96	7.60	6.96	7.60	7.60	Densidad Máxima Seca; Ds	gr/cm3	1.79	1.85	1.86	1.91	1.96	2.01	1.96	2.01	2.01
DESCRIPCIÓN	CALIFORNIA BEARING RATIO CBR - 4% DE CAL 1																																																																																																																																																																																																																																		
	UND	1			2			3																																																																																																																																																																																																																											
Nº Capas		5			5			5																																																																																																																																																																																																																											
Nº Golpes por capa		10			25			56																																																																																																																																																																																																																											
Condición de Muestra		Antes		Después	Antes		Después	Antes		Después																																																																																																																																																																																																																									
Peso Molde	gr	7212	7212	7215	7215	7250	7250	7250	7250	7250																																																																																																																																																																																																																									
Peso Muestra húmeda + Peso Molde	gr	11605	11760	11800	11901	12068	12205	12068	12205	12205																																																																																																																																																																																																																									
Peso Muestra húmeda	gr	4393	4548	4585	4686	4818	4955	4818	4955	4955																																																																																																																																																																																																																									
Vmh	cm3	2295.39	2295.39	2295.39	2295.39	2295.39	2295.39	2295.39	2295.39	2295.39																																																																																																																																																																																																																									
Densidad Húmeda: Dh	gr/cm3	1.91	1.98	2.00	2.04	2.10	2.16	2.10	2.16	2.16																																																																																																																																																																																																																									
CONTENIDO DE HUMEDAD																																																																																																																																																																																																																																			
Ensayo Nº	Nº	1-A	1-B	1-C	2-A	2-B	2-C	3-A	3-B	3-C																																																																																																																																																																																																																									
Peso Recipiente	gr	58.69	76.58	89.36	75.63	102.36	90.46	120.36	140.56	118.60																																																																																																																																																																																																																									
Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	105.32	150.32	170.26	140.32	186.36	130.25	201.30	220.36	196.34																																																																																																																																																																																																																									
Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	102.16	145.69	165.05	136.10	180.56	127.60	195.60	215.60	190.85																																																																																																																																																																																																																									
Peso del Agua	gr	3.16	4.63	5.21	4.22	5.80	2.65	5.70	4.76	5.49																																																																																																																																																																																																																									
Peso Muestra seca	gr	43.47	69.11	75.69	60.47	78.20	37.14	75.24	75.04	72.25																																																																																																																																																																																																																									
Contenido de Humedad; W%	%	7.27	6.70	6.98	7.42	7.58	6.34	7.58	6.34	6.34																																																																																																																																																																																																																									
Promedio Contenido de Humedad	%	6.98	6.88	7.20	7.14	6.96	7.60	6.96	7.60	7.60																																																																																																																																																																																																																									
Densidad Máxima Seca; Ds	gr/cm3	1.79	1.85	1.86	1.91	1.96	2.01	1.96	2.01	2.01																																																																																																																																																																																																																									
$D_s = \frac{D_h}{\left(1 + \frac{W\%}{100}\right)}$																																																																																																																																																																																																																																			
Dimensiones del Molde																																																																																																																																																																																																																																			
Altura	cm	17.80																																																																																																																																																																																																																																	
Dámetro	cm	15.06																																																																																																																																																																																																																																	
Disco Esparcidor																																																																																																																																																																																																																																			
Altura	cm	5.00																																																																																																																																																																																																																																	
Dámetro	cm	14.93																																																																																																																																																																																																																																	
Peso de la Muestra																																																																																																																																																																																																																																			
6000	gr																																																																																																																																																																																																																																		




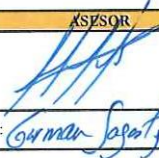
OBSERVACIONES:





RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: Maria Rodriguez-A.	NOMBRE: Asistente de Laboratorio Carrera de Ingenieria Civil	NOMBRE: Asesor
FECHA:	FECHA:	FECHA:



LABORATORIO DESUELOS-UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE TRUJILLO											
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	PROTOCOLO										
	ENSAYO:	CALIFORNIA BERING RATIO - CBR								CÓDIGO DEL DOCUMENTO	
	NORMA:	ASTM D 188 /MTC E 132								CBR-LS-UPNT:30	
	PROYECTO:	INFLUENCIA DE LOS PORCENTAJES DE CEMENO Y CAL EN EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL MATERIAL DE BASE DE PAVIMENTOS FLEXIBLES -TRUJILLO, 2019									
CANTERA:	BAÜNER S.A	UBICACIÓN	CARRETERA P. NORTE 13700 KM566+100								
FECHA DE MUESTREO CAMPO:	29/04/2019	TIPO DE MATERIAL:	AGREGADO								
FECHA DE MUESTREO LAB:	29/07/2019	RESPONSABLE:	MARIA LIDIA RODRIGUEZ ANTICONA								
FECHA DE ENSAYO	29/07/2019	REVISADO POR:									
LECTURA DE PENETRACIÓN - 4% DE CAL 1											
PENETRACIÓN			MOLDE Nº1			MOLDE Nº2			MOLDE Nº3		
Medida	mm	pulg	Nº de Divisiones	Carga (lb)	Efuerzo (lb/pulg2)	Nº de Divisiones	Carga (lb)	Efuerzo (lb/pulg2)	Nº de Divisiones	Carga (lb)	Efuerzo (lb/pulg2)
1	0.00	0.000	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
2	0.64	0.025	14	152.58	48.57	24	255.69	81.39	45	472.08	150.26
3	1.27	0.050	60	626.51	199.42	79	821.95	261.64	118	1222.64	389.18
4	1.91	0.075	110	1140.49	363.03	118	1222.64	389.18	191	1970.71	627.30
5	2.54	0.100	164	1694.32	539.32	186	1919.56	611.01	286	2940.50	935.99
6	3.18	0.125	215	2216.11	705.41	240	2471.45	786.69	362	3713.31	1181.98
7	3.81	0.150	280	2879.39	916.54	310	3184.84	1013.77	415	4250.64	1353.02
8	5.08	0.200	300	3083.07	981.37	371	3804.65	1211.06	542	5532.85	1761.16
9	7.62	0.300	332	3408.59	1084.99	465	4756.34	1513.99	596	6075.76	1933.98
10	10.16	0.400	384	3936.50	1253.03	502	5129.82	1632.87	686	6977.58	2221.04
11	12.70	0.500	452	4624.96	1472.18	586	5975.18	1902.01	759	7926.73	2452.99
OBSERVACIONES:											
RESPONSABLE DEL ENSAYO				COORDINADOR DE LABORATORIO				ASESOR			
 NOMBRE: María Rodríguez .A.				 NOMBRE: Asistente de Laboratorio Carrera de Ingeniería Civil				 NOMBRE: German Sagotqui Voz			
FECHA:				FECHA:				FECHA:			

LABORATORIO DESUELOS-UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE TRUJILLO										
	PROTOCOLO									
	ENSAYO:	CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR							CÓDIGO DEL DOCUMENTO CBR-LS-UPNT:31	
	NORMA:	ASTM D 188 /MTC E 132								
	PROYECTO:	INFLUENCIA DE LOS PORCENTAJES DE CEMENTO Y CAL EN EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL MATERIAL DE BASE DE PAVIMENTOS FLEXIBLES -TRUJILLO, 2019								
CANTERA:	BAUNER S.A.	UBICACIÓN	CARRETERA P. NORTE 13700 KM566+100							
FECHA DE MUESTREO CAMPO:	29/04/2019	TIPO DE MATERIAL:	AGREGADO							
FECHA DE MUESTREO LAB:	29/07/2019	RESPONSABLE:	MARIA LIDIA RODRIGUEZ ANTICONA							
FECHA DE ENSAYO	29/07/2019	REVISADO POR:								
CALIFORNIA BEARING RATIO-4% DE CAL 2										
DESCRIPCIÓN	UND	1			2			3		
Nº Capas		5			5			5		
Nº Golpes por capa		10			25			56		
Condición de Muestra		Antes	Después		Antes	Después		Antes	Después	
Peso Molde	gr	7212	7212		7215	7215		7250	7250	
Peso Muestra húmeda + Peso Molde	gr	11625	11775		11815	11916		12081	12220	
Peso Muestra húmeda	gr	4413	4563		4600	4701		4831	4970	
Vmh	cm <sup>3</sup>	2295.39	2295.39		2295.39	2295.39		2295.39	2295.39	
Densidad Húmeda: Dh	gr/cm <sup>3</sup>	1.92	1.99		2.00	2.05		2.10	2.17	
CONTENIDO DE HUMEDAD										
Ensayo Nº	Nº	1-A	1-B	1-C	2-A	2-B	2-C	3-A	3-B	3-C
Peso Recipiente	gr	58.69	76.58	89.36	75.63	102.36	90.46	120.36	140.56	118.60
Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	105.32	180.32	205.36	140.32	181.45	182.36	175.23	196.37	148.29
Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	102.16	173.23	197.68	136.10	176.56	176.56	171.36	192.58	146.30
Peso del Agua	gr	3.16	7.09	7.68	4.22	4.89	5.80	3.87	3.79	1.99
Peso Muestra seca	gr	43.47	96.65	108.32	60.47	74.20	86.10	51.00	52.02	27.70
Contenido de Humedad; W%	%	7.27	7.34		6.98	6.59		7.59	7.29	
Promedio Contenido de Humedad	%	7.30	7.09		6.78		6.74	7.44		7.18
Densidad Máxima Seca; Ds	gr/cm <sup>3</sup>	1.79	1.86		1.88		1.92	1.96		2.02
$D_s = \frac{D_h}{\left(1 + \frac{W\%}{100}\right)}$										
Dimensiones del Molde										
Altura	cm	17.80								
Dámetro	cm	15.06								
Disco Espareidor										
Altura	cm	5.00								
Dámetro	cm	14.93								
Peso de la Muestra										
	gr	6000								
OBSERVACIONES:										
RESPONSABLE DEL ENSAYO			COORDINADOR DE LABORATORIO				ASESOR			
										
NOMBRE: Maria Rodriguez .A.			NOMBRE: Asistente de Laboratorio				NOMBRE: Carmen Sagasti Vozny			
FECHA:			FECHA: Carrera de Ingeniería Civil				FECHA:			

LABORATORIO DE SUELOS-UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE TRUJILLO											
	PROTOCOLO										
	ENSAYO:	CALIFORNIA BERING RATIO - CBR								CÓDIGO DEL DOCUMENTO	
	NORMA:	ASTM D 188 /MTC E 132								CBR-LS-UPNT:32	
	PROYECTO:	INFLUENCIA DE LOS PORCENTAJES DE CEMEN Y CAL EN EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL MATERIAL DE BASE DE PAVIMENTOS FLEXIBLES - TRUJILLO, 2019									
CANTERA:	BAUNER S.A	UBICACIÓN	CARRETERA P. NORTE 13700 KM566+100								
FECHA DE MUESTREO CAMPO:	29/04/2019	TIPO DE MATERIAL:	AGREGADO								
FECHA DE MUESTREO LAB:	03/76/2019	RESPONSABLE:	MARIA LIDIA RODRIGUEZ ANTICONA								
FECHA DE ENSAYO	03/07/2019	REVISADO POR:									
LECTURA DE PENETRACIÓN - 4% DE CAL 2											
PENETRACIÓN			MOLDE Nº1			MOLDE Nº2			MOLDE Nº3		
Medida	mm	pulg	Nº de Divisiones	Carga (lb)	Efuerzo (lb/pulg2)	Nº de Divisiones	Carga (lb)	Efuerzo (lb/pulg2)	Nº de Divisiones	Carga (lb)	Efuerzo (lb/pulg2)
1	0.00	0.000	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
2	0.64	0.025	16	173.22	55.13	26	276.31	87.95	50	523.55	166.65
3	1.27	0.050	63	657.37	209.25	80	832.24	264.91	121	1253.44	398.98
4	1.91	0.075	112	1161.04	369.57	121	1226.98	398.98	196	2021.86	643.58
5	2.54	0.100	165	1704.57	542.58	189	1950.25	620.79	292	2021.86	955.45
6	3.18	0.125	218	2246.77	715.17	243	2502.07	796.43	366	3001.61	1194.91
7	3.81	0.150	283	2909.88	926.27	315	3235.70	1029.96	418	3753.89	1362.69
8	5.08	0.200	308	3164.49	1007.29	379	3885.80	1236.89	545	4281.00	1770.78
9	7.62	0.300	336	3449.24	1097.93	463	4738.35	1507.56	590	6015.50	1914.80
10	10.16	0.400	389	3987.21	1269.17	509	5200.39	1655.34	681	6927.58	2205.12
11	12.70	0.500	456	4665.39	1485.05	594	6055.67	1927.58	752	7636.52	2430.78
OBSERVACIONES:											
RESPONSABLE DEL ENSAYO				COORDINADOR DE LABORATORIO				ASESOR			
											
NOMBRE: Maria Rodriguez A.				NOMBRE: Asistente de Laboratorio				NOMBRE: German Santiago Vazquez			
FECHA:				FECHA:				FECHA:			

LABORATORIO DE SUELOS-UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE TRUJILLO																	
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	PROTOCOLO																
	ENSAYO:	CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR							CÓDIGO DEL DOCUMENTO								
	NORMA:	ASTM D 188 /MTC E 132							CBR-LS-UPNT:33								
	PROYECTO:	INFLUENCIA DE LOS PORCENTAJES DE CEMENTO Y CAL EN EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL MATERIAL DE BASE DE PAVIMENTOS FLEXIBLES -TRUJILLO, 2019															
CANTERA:	BAUNER S.A.	UBICACIÓN	CARRETERA P. NORTE 13700 KM566+100														
FECHA DE MUESTREO CAMPO:	29/04/2019	TIPO DE MATERIAL:	AGREGADO														
FECHA DE MUESTREO LAB:	03/76/2019	RESPONSABLE:	MARIA LIDIA RODRIGUEZ ANTICONA														
FECHA DE ENSAYO	03/07/2019	REVISADO POR:															
CALIFORNIA BEARING RATIO- 4% DE CAL 3																	
DESCRIPCIÓN	UND	1			2			3									
Nº Capas		5			5			5									
Nº Golpes por capa		10			25			56									
Condición de Muestra		Antes		Después		Antes		Después		Antes Después							
Peso Molde	gr	7212		7212		7215		7215		7250 7250							
Peso Muestra húmeda + Peso Molde	gr	11650		11800		11830		11916		12089 12110							
Peso Muestra húmeda	gr	4438		4588		4615		4701		4839 4860							
V <sub>mh</sub>	cm <sup>3</sup>	2295.39		2295.39		2295.39		2295.39		2295.39 2295.39							
Densidad Húmeda: Dh	gr/cm <sup>3</sup>	1.93		2.00		2.01		2.05		2.11 2.12							
CONTENIDO DE HUMEDAD																	
Ensayo Nº	Nº	1-A		1-B		1-C		2-A		2-B 2-C		3-A		3-B		3-C	
Peso Recipiente	gr	58.69		76.58		89.36		75.63		102.36		90.46		120.36		140.56 115.60	
Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	160.32		157.36		186.34		153.20		180.32		157.49		205.76		234.95 196.48	
Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	155.23		151.32		180.52		148.36		174.56		153.26		201.36		228.68 191.82	
Peso del Agua	gr	5.09		6.04		5.82		4.84		5.76		4.23		4.40		6.27 4.66	
Peso Muestra seca	gr	96.54		74.74		91.16		72.73		72.20		62.80		81.00		88.12 76.22	
Contenido de Humedad; W%	%	5.27		8.08		6.65		7.98		5.43		7.12					
Promedio Contenido de Humedad	%	6.68		6.38		7.32		6.74		6.27		6.11					
Densidad Máxima Seca; D <sub>s</sub>	gr/cm <sup>3</sup>	1.81		1.88		1.87		1.92		1.98		2.00					
$D_s = \frac{D_h}{\left(1 + \frac{W\%}{100}\right)}$																	
Dimensiones del Molde																	
Altura	cm	17.80															
Dámetro	cm	15.06															
Disco Esparcidor																	
Altura	cm	5.00															
Dámetro	cm	14.93															
Peso de la Muestra																	
		6000								gr							
OBSERVACIONES:																	
RESPONSABLE DEL ENSAYO			COORDINADOR DE LABORATORIO				ASESOR										
																	
NOMBRE: <i>Maria Rodriguez. A.</i>			NOMBRE: <i>Asistente de Laboratorio</i>				NOMBRE: <i>Germa Sagotepu Vago</i>										
FECHA:			FECHA:				FECHA:										

LABORATORIO DESUELOS-UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE TRUJILLO											
PROTOCOLO											
ENSAYO:		CALIFORNIA BERING RATIO - CBR						CÓDIGO DEL DOCUMENTO CBR-LS-UPNT34			
NORMA:		ASTM D 188 /MTC E 132									
PROYECTO:		INFLUENCIA DE LOS PORCENTAJES DE CEMENO Y CAL EN EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL MATERIAL DE BASE DE PAVIMENTOS FLEXIBLES -TRUJILLO, 2019									
CANTERA:		BAUNER S.A	UBICACIÓN			CARRETERA P. NORTE 13700 KM566+100					
FECHA DE MUESTREO CAMPO:		29/04/2019	TIPO DE MATERIAL:			AGREGADO					
FECHA DE MUESTREO LAB:		07/07/2019	RESPONSABLE:			MARIA LIDIA RODRIGUEZ ANTICONA					
FECHA DE ENSAYO		07/07/2019	REVISADO POR:								
LECTURA DE PENETRACIÓN - 4% DE CAL 3											
PENETRACIÓN			MOLDE Nº1			MOLDE Nº2			MOLDE Nº3		
Medida	mm	pulg	Nº de Divisiones	Carga (lb)	Efuerzo (lb/pulg2)	Nº de Divisiones	Carga (lb)	Efuerzo (lb/pulg2)	Nº de Divisiones	Carga (lb)	Efuerzo (lb/pulg2)
1	0.00	0.000	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
2	0.64	0.025	16	173.22	55.13	26	276.31	87.95	45	472.08	150.26
3	1.27	0.050	62	647.08	205.97	78	811.67	258.36	122	1263.69	402.25
4	1.91	0.075	110	699.55	363.03	120	1243.16	395.71	193	1991.17	633.81
5	2.54	0.100	163	1684.07	536.06	187	1929.79	614.27	290	2981.24	948.96
6	3.18	0.125	215	2216.11	705.41	240	2471.45	786.69	364	3733.61	1188.45
7	3.81	0.150	280	2879.39	916.54	310	3184.84	1013.77	415	4250.64	1353.02
8	5.08	0.200	305	3133.96	997.57	377	3865.51	1230.43	542	5532.85	1761.16
9	7.62	0.300	332	3408.59	1084.99	460	4705.83	1497.91	588	5995.42	1908.40
10	10.16	0.400	385	3946.64	1256.26	505	5160.07	1642.50	680	6917.57	2201.94
11	12.70	0.500	450	4604.75	1465.74	590	6015.50	1914.80	750	7616.57	2424.43
OBSERVACIONES:											
RESPONSABLE DEL ENSAYO				COORDINADOR DE LABORATORIO				ASESOR			
NOMBRE: <i>Maria Rodriguez A.</i>				NOMBRE: <i>Asistente de Laboratorio</i>				NOMBRE: <i>Asesor</i>			
FECHA:				FECHA:				FECHA:			

## ANEXO N° 09: PANEL FOTOGRÁFICO

**Figura 35.** *Cantera Bauner S.A.*



**Fuente:** Elaboración propia, 2019

**Figura 36.** *Extracción de la muestra por cuarteo de la cantera Bauner S.A.*



**Fuente:** Elaboración propia, 2019

**Figura 37.** *Depósito del material en recipientes metálicos para determinar el porcentaje de humedad y los posteriores ensayos.*



**Fuente:** Elaboración propia, 2019

**Figura 38.** *Colocación de muestras en el horno por 24 horas.*



**Fuente:** Elaboración propia, 2019

**Figura 39.** Lavado del agregado fino en la malla N° 200.



**Fuente:** Elaboración propia, 2019

**Figura 40.** Secado en el horno del agregado fino retenido en la malla N° 200.



**Fuente:** Elaboración propia, 2019



**Figura 41.** Tamizado del agregado fino.



**Fuente:** Elaboración propia, 2019

**Figura 42.** Tamizado por la malla N° 40 para realizar el ensayo de Límite Plástico.



**Fuente:** Elaboración propia, 2019

**Figura 43.** Mezcla del material con agua para determinar el límite líquido.



**Fuente:** Elaboración propia, 2019

**Figura 44.** Colocación de la muestra en la copa de Casa Grande



**Fuente:** Elaboración propia, 2019

**Figura 45.** *Ranura y marca para toma de muestra*



**Fuente:** Elaboración propia, 2019

**Figura 46.** *Toma de muestras en taras para su posterior secad en el horno por 24 horas*



**Fuente:** Elaboración propia, 2019

**Figura 47.** Preparación de los 6000 gr de muestra para cada ensayo.



**Fuente:** Elaboración propia, 2019

**Figura 48.** Compactación de proctor modificado para la muestra patrón.



**Fuente:** Elaboración propia, 2019

**Figura 49.** *Proctor Modificado con la adición del 2% de cemento.*



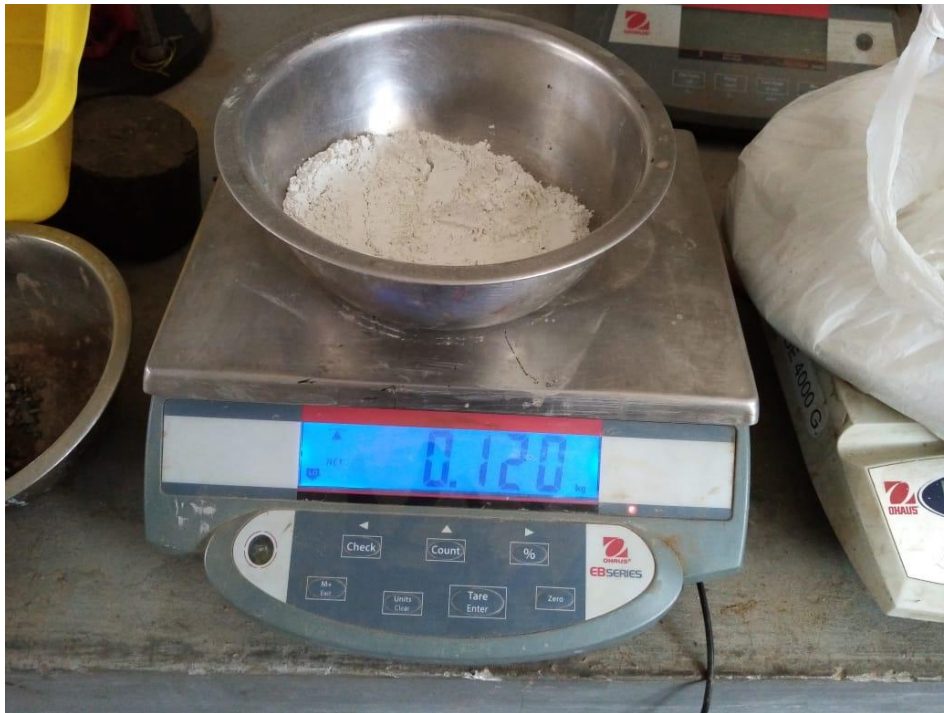
**Fuente:** Elaboración propia, 2019

**Figura 50.** *Peo de la muestra.*



**Fuente:** Elaboración propia, 2019

**Figura 51.** *Peso del 2% de Cal*



**Fuente:** Elaboración propia, 2019

**Figura 52.** *Adición del 4% de cal.*



**Fuente:** Elaboración propia, 2019

**Figura 53.** *Peso de la muestra +molde del proctor Modificado.*



**Fuente:** Elaboración propia, 2019

**Figura 54.** *Desmolde para la toma de muestras para la humedad óptima y Densidad Seca Máxima.*



**Fuente:** Elaboración propia, 2019

**Figura 55.** Colocación de las muestras en taras de porcelana.



**Fuente:** Elaboración propia, 2019

**Figura 56.** Colocación de las muestras en el horno.



**Fuente:** Elaboración propia, 2019



**Figura 57.** Toma de medidas del molde y del disco esparcidor



**Fuente:** Elaboración propia, 2019

**Figura 58.** Enrazado de la muestra de CBR después de ser compactado.



**Fuente:** Elaboración propia, 2019

**Figura 59.** *Sumersión de los moldes de CBR Patrón.*



**Fuente:** Elaboración propia, 2019

**Figura 60.** *Sumersión de los moldes de CBR con la adición de cemento.*



**Fuente:** Elaboración propia, 2019

**Figura 61.** Sumersión de los moldes de CBR con la adición cal.



**Fuente:** Elaboración propia, 2019

**Figura 62.** Moldes en reposo fuera del agua para luego realizar el ensayo de penetración.



**Fuente:** Elaboración propia, 2019

**Figura 63.** *Equipo para realizar el ensayo de CBR.*



**Fuente:** Elaboración propia, 2019

**Figura 64.** *Personal de laboratorio realizando el ensayo de penetración.*



**Fuente:** Elaboración propia, 2019

## ANEXO N° 10: CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN DE EQUIPO DE CBR

METROTEC

**METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C.**

Servicios de Calibración y Mantenimiento de Equipos e Instrumentos de Medición Industriales y de Laboratorio

---

*Área de Metrología*

*Laboratorio de Fuerza*

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**

**MT - LF - 166 - 2018**

Página 3 de 3

---

**12. Resultados de Medición**

El equipo presenta ANILLO DE CARGA con las siguientes características:

Capacidad : 10000 lbf	Marca : FORNEY
Modelo : LA-0498-019	Nº de Serie : 380

% Indicación del Equipo	Divisiones	F <sub>e</sub> (kgf)	Indicación de Fuerza (Ascenso) Patrón de Referencia			Error de Exactitud q (%)	Incertidumbre U (k=2) (%)
			F <sub>1</sub> (kgf)	F <sub>2</sub> (kgf)	F <sub>3</sub> (kgf)		
10	100	470,7	466,6	465,9	465,2	1,0	0,6
20	200	935,7	938,2	937,4	937,7	-0,2	0,6
30	300	1398,5	1401,1	1400,8	1401,0	-0,2	0,6
40	400	1859,1	1861,7	1861,0	1861,2	-0,1	0,6
50	500	2317,7	2323,1	2322,8	2322,7	-0,2	0,6
60	600	2774,1	2776,2	2775,4	2775,3	-0,1	0,6
70	700	3228,5	3225,8	3224,9	3225,0	0,1	0,6
80	800	3680,7	3676,4	3675,8	3675,7	0,1	0,6
90	900	4130,7	4123,7	4122,9	4123,0	0,2	0,6
100	1000	4578,7	4590,3	4588,8	4588,2	-0,2	0,6

Con los resultados obtenidos se realizó la siguiente ecuación de ajuste:


Y = Fuerza (kg)  
X = Valores del Dial

$$Y = -0,000106x^2 + 4,681x + 3,697$$

**13. 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.



---

Fin del Documento

---

**Metrología & Técnicas S.A.C.**  
 Av. San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24 Urb. San Diego - LIMA - PERÚ  
 Telf.: (51) 540-0642  
 Cel.: (51) 971 439 272 / 942 635 342 / 971 439 282  
 RPM: # 971439272 / #942635342 / #971439282  
 RPC: 940037490

email: metrologia@metrologiatecnicas.com  
 ventas@metrologiatecnicas.com  
 WEB: www.metrologiatecnicas.com

## CERTIFICADO

### DE ENSAYOS EN LABORATORIOS

El que suscribe, Gregorio Alejandro Ganoza Aguilar, hace constar por medio de la presente que la Srta. María Lidia Rodríguez Anticona, identificado con D.N.I N° 71475905, ha realizado ensayos de Contenido de Humedad, Granulometría, Límites de Atterberg, Proctor Modificado y California Bearing Ratio en especímenes de suelos y suelos estabilizados, en las instalaciones del laboratorio de **Suelos Pavimentos** de esta universidad, requeridos para la tesis ***“Influencia de los porcentajes de Cemento y Cal en el Comportamiento Estructural del Material de Base de Pavimentos Flexibles- Trujillo 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, 27 de enero de 2020



Gregorio A. Ganoza Aguilar  
Asistente de Laboratorio  
Asistente de Laboratorio  
Carrera de Ingeniería Civil