

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **INGENIERÍA CIVIL**

“RECICLADO DE CONCRETO PARA LA  
CONSTRUCCIÓN DE BASES EN LA  
ESTRUCTURA DE PAVIMENTOS”

Tesis para optar el título profesional de:  
**Ingeniera Civil**

**Autoras:**

Gianella Sharleen Martinez Ocharan  
Silvana Areli Taico Lezama

**Asesor:**

M.Cs. Ing. Lizbeth Milagros Merma Gallardo  
<https://orcid.org/0000-0002-4644-063X>

Cajamarca - Perú

**2023**

### JURADO EVALUADOR

Jurado 1 Presidente(a)	<b>Hugo Emmanuel Rodríguez Chico</b>	<b>45955444</b>
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 2	<b>Carlos Elder Rudecindo Calua Carrasco</b>	<b>71573678</b>
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 3	<b>Erick Muñoz Barboza</b>	<b>44035182</b>
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

## INFORME DE SIMILITUD

### CONCRETO RECICLADO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE BASES EN LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTOS

#### ORIGINALITY REPORT

<b>12%</b> SIMILARITY INDEX	<b>10%</b> INTERNET SOURCES	<b>2%</b> PUBLICATIONS	<b>9%</b> STUDENT PAPERS
--------------------------------	--------------------------------	---------------------------	-----------------------------

#### PRIMARY SOURCES

<b>1</b>	<b>hdl.handle.net</b> Internet Source	<b>5%</b>
<b>2</b>	<b>Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga</b> Student Paper	<b>4%</b>
<b>3</b>	<b>repositorio.unj.edu.pe</b> Internet Source	<b>2%</b>
<b>4</b>	<b>Submitted to Universidad Militar Nueva Granada</b> Student Paper	<b>1%</b>
<b>5</b>	<b>www.smig.org.mx</b> Internet Source	<b>1%</b>
<b>6</b>	<b>Submitted to Universidad Privada del Norte</b> Student Paper	<b>1%</b>

Exclude quotes  On

Exclude matches  < 1%

Exclude bibliography  On

## **DEDICATORIA**

A mis padres, hermana y hermanos, por las enseñanzas y educación, forjándome con valores y principios, brindándome su apoyo incondicional.

A mis abuelos, que siempre velan por mi bienestar y me ayudan a crecer como persona, ofreciéndome su amor y paciencia.

A mis amigos cercanos, por su apoyo y consejos, siempre con palabras de aliento y muchas risas.

**Gianella Sharleen Martínez Ocharán**

A mis padres y hermano, por su amor, apoyo y guía incondicional.

A mis mejores amigas, por brindarme palabras de aliento y motivación en los momentos más difíciles.

A mis amigos de carrera, por llenar mi vida de risas y hacer este camino más llevadero.

**Silvana Areli Taico Lezama**

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios, por las grandes oportunidades que pone en mi camino y me llena de fuerza en cada paso.

A mis seres queridos, por su constante apoyo y comprensión durante esta travesía

A Silvana, gracias por la paciencia, empatía y apoyo en este recorrido, mi más profunda gratitud.

A la Universidad Privada del Norte, por permitirme formar parte de ella brindándome los mejores docentes que me apoyaron con sus conocimientos.

**Gianella Sharleen Martínez Ocharán**

Agradezco a Dios, por darme salud y fuerza en cada objetivo que me propongo.

A Gianella, sin ti no lo habría logrado, gracias por brindarme tu apoyo, amistad y paciencia en todo momento.

A mis docentes, por las grandes enseñanzas, paciencia y motivación que transmitían en cada clase.

**Silvana Areli Taico Lezama**

**TABLA DE CONTENIDO**

JURADO EVALUADOR .....	2
INFORME DE SIMILITUD .....	3
DEDICATORIA.....	4
AGRADECIMIENTO .....	5
TABLA DE CONTENIDO .....	6
ÍNDICE DE FIGURAS .....	7
ÍNDICE DE TABLAS.....	8
ÍNDICE DE ECUACIONES .....	9
RESUMEN .....	10
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN .....	11
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA .....	21
CAPÍTULO III: RESULTADOS .....	40
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES .....	45
REFERENCIAS .....	50
ANEXOS.....	54

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b>	Protocolo del ensayo de Análisis Granulométrico mediante tamizado en seco	23
<b>Figura 2</b>	Protocolo del ensayo de Porcentaje de partículas fracturadas	23
<b>Figura 3</b>	Protocolo del ensayo de Límites de plasticidad	24
<b>Figura 4</b>	Protocolo del ensayo de Equivalente de Arena	24
<b>Figura 5</b>	Protocolo del ensayo de Abrasión de Los Ángeles	25
<b>Figura 6</b>	Protocolo para el ensayo de Partículas Chatas y Alargadas	25
<b>Figura 7</b>	Protocolo para el ensayo de Proctor Modificado	26
<b>Figura 8</b>	Protocolo para el ensayo de CBR	26
<b>Figura 9</b>	Esquema del procedimiento de la investigación	27
<b>Figura 10</b>	Curvas granulométricas por cada tipo de material	41
<b>Figura 11</b>	Comparación del % CBR y el 95% de densidad máxima de cada material	43
<b>Figura 12</b>	Resumen del % CBR, % Hum. Óptimo y 95% Ds. Máx. por cada material	44

**ÍNDICE DE TABLAS**

<b>Tabla 1</b> Número de ensayos por tipo de material	22
<b>Tabla 2</b> Requerimientos granulométricos para base granular	28
<b>Tabla 3</b> Requerimientos agregado grueso	29
<b>Tabla 4</b> Requerimientos agregado fino	29
<b>Tabla 5</b> Requerimientos valor relativo de soporte	29
<b>Tabla 6</b> Resumen del análisis granulométrico de cada material	40
<b>Tabla 7</b> Resumen de las propiedades físicas del agregado reciclado y afirmado	42
<b>Tabla 8</b> Resultados promedio del ensayo de próctor modificado por cada material	42
<b>Tabla 9</b> Resultados promedio del ensayo de CBR por cada material	43
<b>Tabla 10</b> Resultados del ensayo de CBR a las 24 y 96 horas	44



**ÍNDICE DE ECUACIONES**

<b>Ecuación 1</b> Porcentaje retenido	34
<b>Ecuación 2</b> Porcentajes retenidos acumulados	34
<b>Ecuación 3</b> Porcentaje que pasa	35
<b>Ecuación 4</b> Porcentaje de partículas chatas y alargadas	35
<b>Ecuación 5</b> Porcentaje de caras fracturadas	35
<b>Ecuación 6</b> Porcentaje de Desgaste	36
<b>Ecuación 7</b> Límite Líquido	36
<b>Ecuación 8</b> Límite Plástico	36
<b>Ecuación 9</b> Índice de plasticidad	36
<b>Ecuación 10</b> Equivalente de Arena	37
<b>Ecuación 11</b> Densidad Húmeda	37
<b>Ecuación 12</b> Contenido de Humedad Óptimo	37
<b>Ecuación 13</b> Densidad seca	38
<b>Ecuación 14</b> Densidad máxima seca	38
<b>Ecuación 15</b> California Bearing Ratio	39

## RESUMEN

La investigación evaluó la variación de las propiedades físico – mecánicas del uso de concreto reciclado para la construcción de bases granulares de pavimentos de acuerdo al Manual de Carreteras “Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción”, siendo de tipo experimental con un enfoque cuantitativo. Los residuos de construcción y demolición (RCD) fueron adquiridos del relleno sanitario para ser procesados en la planta trituradora de agregado y obtener agregado reciclado de concreto; se utilizó agregado reciclado al 100%, afirmado al 100% y agregado combinado al 50%/50%. Se realizaron ensayos con la finalidad de verificar que los materiales cumplan con las propiedades físicas y mecánicas (granulometría, partículas chatas y alargadas, % de partículas fracturadas, abrasión, índice de plasticidad, equivalente de arena, próctor modificado y CBR) establecidas en el Manual de Carreteras. Los resultados obtenidos fueron favorables para el agregado reciclado al 100% y el agregado combinado al 50%, logrando alcanzar un CBR de 120.33% y 86.33% respectivamente, lo que enmarca su resistencia dentro de la clasificación de suelo bueno en bases. Asimismo, los resultados validaron nuestra hipótesis, demostrando que se logra una mejora de las propiedades físico - mecánicas mediante el uso de concreto reciclado, las cuales incluso pudieron superar los valores establecidos por el Manual de Carreteras.

**PALABRAS CLAVES:** Agregado reciclado de concreto, bases granulares, pavimento.

## CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática

La industria de la construcción es una de las principales causas de la producción de escombros de concreto y la explotación de canteras. De acuerdo a la Agencia de Protección Ambiental de Los Estados Unidos [EPA] (2019), al año se generan aproximadamente 600 millones de toneladas de desechos de construcción a nivel mundial. Además, la explotación de canteras genera un gran impacto ambiental, pues consume grandes cantidades de energía y recursos naturales, produciendo de un 55.08% al 73.68% del consumo energético y del 47.41% al 71.29% de CO<sub>2</sub> equivalente (Wang et al., 2021).

Asimismo, en el Perú, la generación de escombros de concreto y la explotación de canteras son un problema de gran importancia en el sector construcción, de acuerdo al Ministerio del Ambiente en el año 2012 se originaron en el Perú más de 166 mil toneladas de residuos de construcción y demolición (RCD) (Ministerio del Ambiente, 2013). Estos datos evidencian la necesidad de abordar dicha problemática.

Cabe mencionar que uno de los factores involucrados en la explotación de canteras es la construcción de pavimentos, sin embargo, el sector transporte es fundamental para el desarrollo económico y la competitividad de un país. Desde ese punto de vista, la preservación y conservación de pavimentos se convierte en algo de suma importancia (Bastidas-Martínez et al., 2021). Añadido a esto, las carreteras brindan el acceso a bienes y servicios públicos, como la salud y la educación, lo que contribuye al cierre de brechas de población rural y urbana. Por lo tanto, no se puede negar la importancia de la infraestructura vial como pilar del crecimiento del país (COMEXPerú, 2020).

De ese modo es relevante considerar que, el reciclaje de residuos de construcción es una demanda global que impulsa la búsqueda de nuevas prácticas de construcción (Camargo

Najar, 2019), por esta razón se planteó la idea de aprovechar los restos de concreto para la construcción de pavimentos en la ciudad de Cajamarca, lo que resulta favorable para el medioambiente, ya que contribuye en la conservación de minerales provenientes de canteras, evita la mayor explotación de recursos naturales y disminuye la producción de óxidos de carbono convirtiéndose en un beneficio para la preservación del hábitat natural, flora y fauna. Transformando así el uso de agregado reciclado de concreto en una alternativa sostenible y competitiva (Martínez-Molina et al., 2015).

## **1.2. Formulación del problema**

De los aspectos mencionados anteriormente, se formuló el siguiente problema: ¿Cuál es la variación de las propiedades físico – mecánicas del uso de concreto reciclado para la construcción de bases granulares de pavimentos de acuerdo al Manual de Carreteras “Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción” (EG 2013)?

## **1.3. Objetivos**

Con todo y lo anterior se define que el objetivo general de la investigación es evaluar la variación de las propiedades físico – mecánicas del uso de concreto reciclado para la construcción de bases granulares de pavimentos de acuerdo al Manual de Carreteras “Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción” (EG 2013), y como objetivos específicos se tiene: (1) determinar las propiedades físicas del afirmado y agregado reciclado de concreto, (2) determinar las propiedades mecánicas del afirmado, agregado reciclado de concreto y la combinación 50% agregado reciclado de concreto y 50% afirmado, y (3) evaluar y comparar las propiedades físico-mecánicas del concreto reciclado con el Manual de Carreteras “Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción (EG 2013).

#### 1.4. Hipótesis

Se establece como hipótesis que el uso de concreto reciclado mejora las propiedades físico - mecánicas requeridas para la construcción de bases granulares de pavimentos de acuerdo al Manual de Carreteras “Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción” (EG 2013).

Con respecto a temas relacionados a nuestro estudio, se encontraron investigaciones internacionales mencionadas a continuación:

Gómez & Farias (2012) evidenciaron que la velocidad de la urbanización actual ha provocado un aumento significativo en el volumen de residuos de construcción y demolición. Ante la magnitud de la producción de residuos de construcción y su impacto ambiental, tuvieron como objetivo evaluar el potencial de los residuos como material de agregado reciclado en la construcción de pavimentos, caracterizándolos mecánicamente. Para cumplir con su meta, realizaron un estudio experimental donde llevaron a cabo pruebas convencionales de agregados pétreos y ensayos estándar para la estructura del pavimento como es el ensayo CBR y el módulo de resiliencia. Del análisis de resultados concluyeron que el material estudiado resultó adecuado para la construcción de bases granulares, cumpliendo con los requisitos mínimos exigidos por las normas brasileñas.

Por otro lado, Martínez Molina et al. (2015) señalaron en su artículo de investigación que los residuos sólidos generados del concreto son un problema medioambiental de nivel mundial. Para abordar dicho problema, realizaron una revisión de la literatura de los avances en el reciclaje del concreto, concluyendo que el uso de agregados provenientes de la demolición de concreto puede ser aprovechado para generar concreto reciclado; logrando reducir los costos de ejecución, disminuir la contaminación y preservar paisaje natural. No

obstante, también determinaron que aún es necesario investigar un diseño óptimo para lograr un buen desempeño mecánico bajo cargas estáticas y dinámicas.

Además, Flor Chávez (2012) detalló que es necesario reutilizar los residuos de demolición para preservar los recursos naturales, es así que su investigación desarrolló un enfoque holístico para abordar el problema del reciclado de pavimentos urbanos a partir del análisis de un caso concreto en la zona del Gran La Plata en Argentina. En su estudio, caracterizó las fracciones finas y gruesas de agregados reciclados, y analizó alternativas de uso en pavimentos asfálticos y estabilizados granulares, detallando que para concreto asfáltico en caliente no se cumplió con la norma, pues solo incrementó la rigidez, sin embargo, para material granular el valor de soporte fue mayor al exigido para subbase, asimismo realizó un análisis de costo. Concluyendo así que, incluso omitiendo los beneficios ambientales, existe un ahorro económico; convirtiendo al reciclaje de pavimentos en una alternativa beneficiosa.

Coy González (2019) identificó los principios de la gestión ecológica para minimizar los impactos negativos generados en el ambiente a partir de la construcción vial de Colombia. En su estudio tuvo como finalidad identificar los principales impactos ambientales generados por los procesos de pavimentación convencional en las vías del país. Utilizó fuentes de información primaria y consultó con ingenieros especialistas en pavimentos para considerar alternativas de aplicación y nuevos sistemas más sostenibles para futuras construcciones viales en todos los ciclos de vida del pavimento como son la inauguración, construcción y mantenimiento. Finalmente, evidenció que la materia prima que componen los pavimentos se extrae del suelo a través de canteras, lo que genera una alteración geomorfológica del entorno, además especificó que es necesario crear nuevas alternativas que permitan innovar en materiales sustitutos de los materiales pétreos para obtener una menor afectación directa del suelo.

Asimismo, como investigaciones nacionales se tienen las mostradas a continuación:

Contreras Quezada y Herrera Lázaro (2015) identificaron que los residuos de construcción y demolición generados en obras son alojados en botaderos informales, contaminando suelos de extensas áreas vírgenes. Por ese motivo, en su estudio experimental, se centraron en mejorar el agregado reciclado para bases y subbases de la estructura del pavimento. La investigación se realizó a través de ensayos en laboratorio, siguiendo los procedimientos de las normas técnicas peruanas, también ejecutaron un análisis estadístico mediante cuadros y gráficos comparativos. Obtuvieron que la combinación de agregados AR – AN tuvo un buen comportamiento, siendo la proporción de 50%AR – 50%AN la que presentó resultados favorables en comparación con los parámetros para un componente granular. Por último, concluyeron que, al mejorar el agregado reciclado este se puede emplear en bases y sub bases, alcanzando propiedades mecánicas similares al agregado convencional y por lo tanto se puede utilizar como un material alternativo en obras de pavimentación.

De igual manera, Gutiérrez Mendoza y Ortiz Zoloaga (2020) tuvieron como finalidad elaborar un concreto experimental que fuera económico, eficiente y que redujera la contaminación ambiental. En su investigación reemplazaron en su totalidad al agregado grueso y fino por agregado de concreto reciclado proveniente de demoliciones. Para verificar su hipótesis principal realizaron ensayos de resistencia a la compresión a los 28 días y descubrieron que su diseño experimental cumplió con los requisitos de resistencia necesarios, aunque no alcanzó la resistencia del diseño patrón. Al no encontrar diferencias significativas entre la resistencia de ambos diseños, concluyeron que el uso de agregado reciclado es factible en pavimentos rígidos de bajo tránsito, veredas, adoquines, bloquetas y para la estabilización de suelos. Además, descubrieron que es 5.26% más económico emplear concreto reciclado en comparación al concreto convencional.

Adicionalmente, Fernández Salazar (2021) tuvo como objetivo determinar una resistencia adecuada de los pavimentos articulados con concreto reciclado como propuesta para minimizar el impacto negativo sobre el ambiente y ofrecer una alternativa económica más óptima. Para lograr ello, evaluó la resistencia a la compresión de varios adoquines con diversos diseños de mezcla para encontrar el diseño patrón adecuado de acuerdo con la normativa peruana vigente. Sus resultados detallaron que el concreto reciclado adicionado en un 20% presentó un mejor desempeño en sus características para un pavimento articulado de tránsito peatonal y una reducción de costo de S/ 0.189 por unidad de adoquín con concreto reciclado en comparación con el concreto tradicional. Asimismo, notó una disminución en el impacto ambiental al recolectar el concreto reciclado de los botaderos de construcción y no extraer áridos de las canteras naturales.

En cuanto a las variables de estudio es necesario conocer algunas definiciones que nos permitan entender y desarrollar el tema de investigación abordado en la presente tesis, por lo que a continuación se presentan algunos de los conceptos involucrados:

De acuerdo con Reyes Lizcano y Rondón Quintana (2015), los pavimentos son estructuras constituidas por varias capas colocadas una sobre otra de manera horizontal, las cuales contienen material selecto previa evaluación. Además, estas capas están diseñadas para soportar y transmitir cargas provocadas por el tránsito vehicular y condiciones de función estructural, con el fin de ofrecer las mejores condiciones en el mínimo de tiempo como objetivo funcional. Las cargas dinámicas producidas por vehículo originan deformaciones horizontales, verticales, de corte y esfuerzos cíclicos en las interfases.

Según el Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2013), la estructura del pavimento esta dividido por:



La capa de rodadura, la cual compone la parte superior del pavimento y sirve principalmente para soportar las cargas de tránsito. Esta puede ser de tipo rígido, elaborado de concreto, o del tipo flexible, conformado por material bituminoso.

La capa de base granular es la construcción de una o más capas compuestas por un material granular, el cual es obtenido de manera natural o de ciertos procesos mediante la adición de algún estabilizante. Por lo general su ubicación es sobre la sub base, pero en algunos casos esta se encuentra sobre la subrasante.

La sub base granular, es la última capa del pavimento, tiene por función soportar a la base y capa de rodadura, asimismo sirve para controlar la capilaridad y puede ser usada como capa de drenaje, sin embargo, es importante tomar en cuenta que esta capa no es fundamental en la estructura del pavimento, depende del diseño, tipo y dimensionamiento del mismo, esto nos dirá si es necesario o es posible obviar este componente.

AASHTO (1993) detalla que el pavimento puede ser flexible, cuya característica principal de este pavimento es un sistema multicapa, donde se van distribuyendo las cargas de tal manera que lleguen en menor intensidad a la subrasante, siendo la primera capa de concreto asfáltico, luego una base de grava o piedra chancada y por último la subbase, que posee un material de menor calidad. Todas estas capas son necesarias, ya que el concreto asfáltico tiene menos rigidez que uno normal, generando deformaciones y transmitiendo mayor tensión a la subrasante.

Asu vez, AASHTO (1993) propone que el un pavimento rígido es aquel que posee la rigidez en la losa de concreto, al igual que su capacidad portante, por consecuencia las cargas producidas por las ruedas de los vehículos tienen una buena distribución y generan bajas tensiones en la subrasante. Existen tres tipos de pavimentos rígidos: Concreto simple con juntas, concreto armado con juntas y concreto armado con refuerzo continuo.

Ahora bien, Millán (1997) considera material particulado al material granular, ya que está compuesto por fragmentos de roca sólida que se encuentran en un fluido, líquido o gas. Su clasificación se da de acuerdo a su tamaño. (Millán, 1997)

En cambio, Flor Chávez (2012) indica que los áridos reciclados se obtienen a través de un proceso riguroso de construcción y demolición, puesto que es el resultado del desmantelamiento de materiales ya utilizados en obras de construcción.

Los agregados pétreos son sólidos inertes utilizados como materiales granulares en pavimentos, pudiendo emplearse con o sin elementos activos, tomando en cuenta que la gradación de sus partículas sea la adecuada; con la combinación de materiales aglomerantes como cementos, cales y otros, o incluso ligantes asfálticos se crean productos artificiales resistentes (Smith et al., 1994).

Existen dos tipos de agregados pétreos, los agregados naturales que son materiales áridos extraídos de fuentes naturales que ofrece el medio ambiente, estos pueden ser arena, grava y piedra que puede estar triturada o sin triturar, debido a su proveniencia es necesario que estas sean adaptadas a la gradación que se requiere y los agregados triturados, se les conoce también como piedra angular o astillada, la cual es un agregado utilizado para la construcción; su producción se da mediante la extracción de un yacimiento de roca, luego esta se tritura hasta el tamaño deseado mediante máquinas de trituración (Adinkrah-Appiah et al., 2016).

Se clasifica al agregado como agregado grueso, son materiales que no pasan la Malla N° 4 (4.75 mm), estos pueden ser de origen natural o triturado y deben tener la capacidad de soportar manipulación y compactación; estos pueden ser grava natural, grava triturada, agregados metálicos naturales o artificiales y agregado fino, los cuales son materiales que pasan la Malla N° 4 (4.75 mm) y se quedan retenidos en la Malla N° 200 (75  $\mu$ m), estos

pueden ser de fuentes naturales, producto de una trituración o ambos; un ejemplo de ellos es la arena (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2013a).

El afirmado es una capa compactada de material granular, el cual puede ser natural o procesada, con gradación específica que puede soportar las cargas y esfuerzos del tránsito. Además, posee la cantidad adecuada de material fino cohesivo que permite mantener la unión de las partículas. Para caminos y carreteras sin pavimentar funciona como superficie de rodadura (Ministerio de Economía y Finanzas, 2015).

El instituto de Geología de la Universidad Autónoma de San Luis Potosi sostiene que existen diversos tipos de suelos y en ingeniería se utilizan dos sistemas para su clasificación: El Sistema Unificado de Clasificación del Suelo (SUCS) y el Sistema de Clasificación AASHTO, las cuales nos permiten obtener información detallada sobre las características que presenta un suelo, facilitando su evaluación y análisis (Borselli, 2022).

Además, la calidad de los agregados es medida a través de las propiedades físico – mecánicas del material granular para la base del pavimento. El Manual de Ensayos de Materiales EM edición 2016, las cuales están basadas en la normativa American Society for Testing and Materials (ASTM) y American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), detalla los ensayos:

- Granulometría, Norma ASTM D 1241 y ASTM D 422.
- Clasificación AASHTO Y SUCS ASTM D 3282 y ASTM D 2487.
- Partículas con una cara fracturada MTC E 210 y ASTM D 5821.
- Partículas con dos caras fracturadas MTC E 210 y ASTM D 5821.
- Abrasión “Los Ángeles” MTC E 207 y ASTM D 4060.
- Partículas chatas y alargadas ASTM D 4791.
- Índices de Plasticidad MTC E 111 y ASTM D 4318.

- Equivalente de Arena MTC E 114 y ASTM D 2419.
- Próctor Modificado, Norma MTC E 115 y ASTM D 1557.
- CBR de suelos, Norma MTC E 132 y ASTM D 4429.

La presente investigación evaluó el uso del concreto reciclado como base granular para pavimentos de acuerdo al Manual de Carreteras “Especificaciones Técnicas para la Construcción de Carreteras”. Bajo este contexto, el aporte de la investigación radica en brindar una alternativa para disminuir la explotación de agregado virgen para la construcción, asimismo evitar la acumulación de residuos generados por la demolición en la construcción y rehabilitación de obras viales. La utilidad de este estudio se justifica debido a la propuesta del uso de materiales no convencionales, ya que en el país no se realizan muchas investigaciones acerca de los agregados reciclados de concreto en pavimentos. Además, se tiene como finalidad dar a conocer una posible alternativa eco-amigable para la construcción de bases granulares, lo que contribuirá a explorar nuevas posibilidades en el ámbito de la construcción de proyectos viales.

## CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

El enfoque de la investigación es cuantitativo, puesto que implica obtener los datos mediante el uso de laboratorio y el posterior análisis de los mismos, de esta manera se pueda comprobar la hipótesis planeada. Kerlinger (2002) define este tipo de enfoque al estudio que mide sus variables a través de la recolección y análisis de datos, todo ello con la finalidad de describir y explicar sus causas y futuras consecuencias.

Además, la investigación fue considerada como experimental, ya que se trabajó con muestras manipuladas mediante la realización de ensayos en laboratorio para verificar las propiedades que las variables muestran, permitiendo verificar las condiciones establecidas por la normativa vigente. De acuerdo a Kerlinger (2002), un diseño experimental consiste en la observación del posible cambio de la(s) variable(s) dependiente(s) debido a la manipulación de una o más variables independientes.

Asimismo, la investigación se enmarca dentro del alcance correlacional, ya que es un estudio que se enfoca en examinar la relación existente entre dos o más variables (Hernández Sampieri et al., 2014). Debido a que el estudio busca establecer la correlación de la variación de las propiedades físico – mecánicas del agregado reciclado de concreto para bases granulares.

Para establecer la muestra del estudio, se emplearon los siguientes criterios de inclusión y exclusión:

- Los residuos de construcción y demolición deberán ser de concreto que no contenga barras de acero de refuerzo.
- Las muestras deben ser producto de desecho que se encuentren en buenas condiciones de uso, es decir, no deben presentar ningún tipo de sustancias extrañas o materiales no deseados que contaminen la muestra (grasas, sustancias tóxicas, etc)

- El estado de las muestras no debe de presentar algún nivel de degradación o deterioro excesivo que comprometa su uso en bases granulares de pavimentos.

De igual manera, para esta investigación la población coincide con la muestra. Se empleó el método no probabilístico con el propósito de seleccionar la muestra, puesto que se desconocía la posibilidad de inclusión de cada elemento de la población para integrar la misma (Arias, 2016). La muestra de material utilizada fue obtenida de los residuos de concreto de construcción y demolición (RCD) del relleno sanitario de la provincia de Cajamarca.

Para mayor precisión de resultados se consideró repetir los ensayos tal y como se muestra a continuación en la Tabla N° 01.

**Tabla 1**

*Número de ensayos por tipo de material*

Ensayos	Muestra		
	Agregado Reciclado	Afirmado	Agregado Combinado
Granulometría	3	3	3
% de Partículas Chatas y Alargadas	3	3	-
Caras Fracturadas	3	3	-
Abrasión	3	3	-
Índice de Plasticidad	3	3	-
Equivalente de Arena	3	3	-
Proctor Modificado	3	3	3
California Bearing Ratio	6	3	3

La técnica para la recolección y análisis de datos que se utilizó en esta investigación fue de observación. Como investigadoras, llevamos a cabo los ensayos mediante el proceso de observación y ejecución para la obtención los datos. A su vez, los instrumentos para la recolección y análisis de datos de la investigación fueron las fichas técnicas para cada ensayo de laboratorio (protocolos), las cuales contenían los criterios de evaluación de las propiedades y características de los materiales.

Figura 1

Protocolo del ensayo de Análisis Granulométrico mediante tamizado en seco


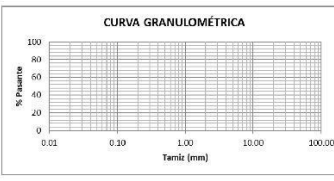
LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA						
		<b>PROTOCOLO</b> ENSAYO: ANALISIS GRANULOMETRICO MEDIANTE TAMIZADO EN SECO NORMA: ASTM D 422 - ASTM D 1241 TESIS: RECICLADO DE CONCRETO PARA LA CONSTRUCCION DE BASES EN LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTOS				
CANTIDAD DE MUESTRA:		NÚMERO DE PROTOCOLO:				
TIPO DE MATERIAL:		RESPONSABLE:				
FECHA DE ENSAYO:		REVISADO POR:				
HORA DE ENSAYO:						
PESO MUESTRA SECA (gr) = _____ GRANULOMETRÍA POR TAMIZADO SECO						
MACILLA	TAMIZ mm.	PESO RETENIDO (gr)	PESO RETENIDO CORREGIDO (gr)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
	75					
	150					
	300					
	Nº 40					
	Nº 100					
	Nº 200					
	Bandas					
	TOTAL					
CURVA GRANULOMÉTRICA						
						
OBSERVACIONES:						
RESPONSABLE DEL ENSAYO		COORDINADOR DE LABORATORIO		ASESOR DE TESIS		
NOMBRE:		NOMBRE:		NOMBRE:		
FECHA:		FECHA:		FECHA:		

Figura 2

Protocolo del ensayo de Porcentaje de partículas fracturadas


LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA					
		<b>PROTOCOLO</b> ENSAYO: PORCENTAJE DE PARTICULAS FRACTURADAS NORMA: MTC E-10 - ASTM D5821 TESIS: RECICLADO DE CONCRETO PARA LA CONSTRUCCION DE BASES EN LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTOS			
CANTIDAD DE MUESTRA:		NÚMERO DE PROTOCOLO:			
TIPO DE MATERIAL:		RESPONSABLE:			
FECHA DE ENSAYO:		REVISADO POR:			
HORA DE ENSAYO:					
MUESTRA TOTAL # 01 = _____ g					
TAMAÑO	F1 (g)	F2 (g)	N (g)	P1 (%)	P2 (%)
1"					
3/4"					
1/2"					
3/8"					
% TOTAL PARTICULAS DE CARAS FRACTURADAS = _____					
MUESTRA TOTAL # 02 = _____ g					
TAMAÑO	F1 (g)	F2 (g)	N (g)	P1 (%)	P2 (%)
1"					
3/4"					
1/2"					
3/8"					
% TOTAL PARTICULAS DE CARAS FRACTURADAS = _____					
MUESTRA TOTAL # 03 = _____ g					
TAMAÑO	F1 (g)	F2 (g)	N (g)	P1 (%)	P2 (%)
1"					
3/4"					
1/2"					
3/8"					
% TOTAL PARTICULAS DE CARAS FRACTURADAS = _____					
% FROM PARTICULAS CON UNA CARA FRACTURADA = _____ % FROM PARTICULAS CON DOS CARAS FRACTURADAS = _____					
OBSERVACIONES:					
RESPONSABLE DEL ENSAYO		COORDINADOR DE LABORATORIO		ASESOR DE TESIS	
NOMBRE:		NOMBRE:		NOMBRE:	
FECHA:		FECHA:		FECHA:	

Figura 3

Protocolo del ensayo de Límites de plasticidad

LABORATORIO DE SUELOS – UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA				
PROTOCOLO				
ENSAYO	LÍMITES DE PLASTICIDAD	NÚMERO DE PROTOCOLO:		
NORMA	MTC E 114 – ASTM D 4318			
TESIS	RECICLADO DE CONCRETO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE BASES EN LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTOS			
CANTIDAD DE MUESTRA:	RESPONSABLE:			
TIPO DE MATERIAL:	REVISADO POR:			
FECHA DE ENSAYO:				
HORA DE ENSAYO:				
<b>MUESTRA # 01</b>				
DETERMINACIÓN LÍMITE LÍQUIDO (LL)				
DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3
Suelo húmedo + Recipiente	g			
Suelo seco + Recipiente	g			
Peso de Recipiente	g			
Peso del Agua	g			
Peso del Suelo Seco	g			
Número de Golpes	Nº			
Contenido de Humedad	%			
LÍMITE LÍQUIDO	-			
LL TOTAL	-			
<b>MUESTRA # 02</b>				
DETERMINACIÓN LÍMITE LÍQUIDO (LL)				
DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3
Suelo húmedo + Recipiente	g			
Suelo seco + Recipiente	g			
Peso de Recipiente	g			
Peso del Agua	g			
Peso del Suelo Seco	g			
Número de Golpes	Nº			
Contenido de Humedad	%			
LÍMITE LÍQUIDO	-			
LL TOTAL	-			
OBSERVACIONES:				
RESPONSABLE DEL ENSAYO      COORDINADOR DE LABORATORIO      ASESOR DE TESIS				
NOMBRE:	NOMBRE:	NOMBRE:		
FECHA:	FECHA:	FECHA:		

LABORATORIO DE SUELOS – UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA																												
PROTOCOLO																												
ENSAYO	EQUIVALENTE DE ARENA	NÚMERO DE PROTOCOLO:																										
NORMA	MTC E 114 – ASTM D 2419																											
TESIS	RECICLADO DE CONCRETO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE BASES EN LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTOS																											
CANTIDAD DE MUESTRA:	RESPONSABLE:																											
TIPO DE MATERIAL:	REVISADO POR:																											
FECHA DE ENSAYO:																												
HORA DE ENSAYO:																												
$SF = \frac{\text{lectura de arena} / \text{lectura de Arcilla}}{\times 100}$																												
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Nº Muestra</th> <th>Hora de Lectura</th> <th>Lectura de Arena (pulg)</th> <th>Lectura de Arcilla (pulg)</th> <th>Arena Equivalente (SE)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>3</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="4">ARENA EQUIVALENTE TOTAL (%) =</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>				Nº Muestra	Hora de Lectura	Lectura de Arena (pulg)	Lectura de Arcilla (pulg)	Arena Equivalente (SE)	1					2					3					ARENA EQUIVALENTE TOTAL (%) =				
Nº Muestra	Hora de Lectura	Lectura de Arena (pulg)	Lectura de Arcilla (pulg)	Arena Equivalente (SE)																								
1																												
2																												
3																												
ARENA EQUIVALENTE TOTAL (%) =																												
OBSERVACIONES:																												
RESPONSABLE DEL ENSAYO      COORDINADOR DE LABORATORIO      ASESOR DE TESIS																												
NOMBRE:	NOMBRE:	NOMBRE:																										
FECHA:	FECHA:	FECHA:																										

Figura 4

Protocolo del ensayo de Equivalente de Arena



Figura 5

Protocolo del ensayo de Abrasión de Los Angeles

LABORATORIO DE SUELOS – UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA															
PROTOKOLO															
ENSAYO	ABRACION		NUMERO DE PROTOCOLO:												
NORMA	MTC E 207 – ASTM D 4060														
TESIS	RECICLADO DE CONCRETO PARA LA CONSTRUCCION DE BASES EN LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTOS														
CANTIDAD DE MUESTRA:		RESPONSABLE:													
TIPO DE MATERIAL:		REVISADO POR:													
FECHA DE ENSAYO:															
HORA DE ENSAYO:															
<table border="1"> <tr> <td>TMN</td> <td>30"</td> </tr> <tr> <td>GRABACION</td> <td>R</td> </tr> <tr> <td>CARGA ABRASIVA (N° de esferos de acero)</td> <td>11</td> </tr> </table>		TMN	30"	GRABACION	R	CARGA ABRASIVA (N° de esferos de acero)	11								
TMN	30"														
GRABACION	R														
CARGA ABRASIVA (N° de esferos de acero)	11														
MUESTRA # 01															
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Tamaño</th> <th>Peso Muestra Inicial (g)</th> <th>Peso Retenido en tamiz N° 12 (g)</th> <th>Desgaste (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1"</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>3/4"</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>				Tamaño	Peso Muestra Inicial (g)	Peso Retenido en tamiz N° 12 (g)	Desgaste (%)	1"				3/4"			
Tamaño	Peso Muestra Inicial (g)	Peso Retenido en tamiz N° 12 (g)	Desgaste (%)												
1"															
3/4"															
MUESTRA # 02															
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Tamaño</th> <th>Peso Muestra Inicial (g)</th> <th>Peso Retenido en tamiz N° 12 (g)</th> <th>Desgaste (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1"</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>3/4"</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>				Tamaño	Peso Muestra Inicial (g)	Peso Retenido en tamiz N° 12 (g)	Desgaste (%)	1"				3/4"			
Tamaño	Peso Muestra Inicial (g)	Peso Retenido en tamiz N° 12 (g)	Desgaste (%)												
1"															
3/4"															
MUESTRA # 03															
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Tamaño</th> <th>Peso Muestra Inicial (g)</th> <th>Peso Retenido en tamiz N° 12 (g)</th> <th>Desgaste (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1"</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>3/4"</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>				Tamaño	Peso Muestra Inicial (g)	Peso Retenido en tamiz N° 12 (g)	Desgaste (%)	1"				3/4"			
Tamaño	Peso Muestra Inicial (g)	Peso Retenido en tamiz N° 12 (g)	Desgaste (%)												
1"															
3/4"															
% DESGASTE PROMEDIO =															
OBSERVACIONES:															
RESPONSABLE DEL ENSAYO		COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR DE TESIS												
NOMBRE:		NOMBRE:	NOMBRE:												
FECHA:		FECHA:	FECHA:												

Figura 6

Protocolo para el ensayo de Partículas Chatas y Alargadas

LABORATORIO DE SUELOS – UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA					
PROTOKOLO					
ENSAYO	PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS EN AGREGADOS				NUMERO DE PROTOCOLO:
NORMA	MTC E 223 – ASTM D 691				
TESIS	RECICLADO DE CONCRETO PARA LA CONSTRUCCION DE BASES EN LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTOS				
CANTIDAD DE MUESTRA:		RESPONSABLE:			
TIPO DE MATERIAL:		REVISADO POR:			
FECHA DE ENSAYO:					
HORA DE ENSAYO:					
MUESTRA TOTAL # 01 Unidades					
Tamaño	N° Partículas Chatas	N° Partículas Alargadas	N° Partículas que cumplen ambos criterios	N° Partículas que no cumplen ningún criterio	N° Total de Elementos
1"					
3/4"					
1/2"					
3/8"					
% Partículas Chatas y Alargadas					
MUESTRA TOTAL # 02 Unidades					
Tamaño	N° Partículas Chatas	N° Partículas Alargadas	N° Partículas que cumplen ambos criterios	N° Partículas que no cumplen ningún criterio	N° Total de Elementos
1"					
3/4"					
1/2"					
3/8"					
% Partículas Chatas y Alargadas					
MUESTRA TOTAL # 03 Unidades					
Tamaño	N° Partículas Chatas	N° Partículas Alargadas	N° Partículas que cumplen ambos criterios	N° Partículas que no cumplen ningún criterio	N° Total de Elementos
1"					
3/4"					
1/2"					
3/8"					
% Partículas Chatas y Alargadas					
% FROM PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS =					
OBSERVACIONES:					
RESPONSABLE DEL ENSAYO		COORDINADOR DE LABORATORIO		ASESOR DE TESIS	
NOMBRE:		NOMBRE:		NOMBRE:	
FECHA:		FECHA:		FECHA:	

Figura 7

Protocolo para el ensayo de Proctor Modificado

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA						
PROTOCOLO						
ENSAYO	COMPACTACION PROCTOR MODIFICADO			NÚMERO DE PROTOCOLO:		
NORMA	MTC E 115 - ASTM D 1557					
TESIS	RECICLADO DE CONCRETO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE BASES EN LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTOS					
CANTIDAD DE MUESTRA:		RESPONSABLE:				
TIPO DE MATERIAL:	Arg. Reciclado					
FECHA DE ENSAYO:		REVISADO POR:				
HORA DE ENSAYO:						
COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO						
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	4
A	Peso Húmedo	gr				
B	Peso Humedad + Mide	gr				
C	Peso Humedad (B-A)	gr				
D	Volumen Muestra	cm <sup>3</sup>				
F	Densidad Humeda (D <sub>m</sub> =C/D)	g/cm <sup>3</sup>				
G	Recipiente	N°	a	b	a	b
H	Peso Recipiente	gr				
I	Peso Muestra Humeda + Recipiente	gr				
J	Peso Muestra Seca + Recipiente	gr				
K	Peso de Agua (J-H)	gr				
L	Peso Muestra seca (J-K)	gr				
M	Contenido de Humedad (W <sub>s</sub> =(K/L) * 100)	%				
N	Densidad Corregida de Humedad Óptima	%				
O	Densidad Seca Máxima D <sub>s</sub>	g/cm <sup>3</sup>				

CURVA DE COMPACTACIÓN

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR DE TESIS
NOMBRE:	NOMBRE:	NOMBRE:
FECHA:	FECHA:	FECHA:

Figura 8

Protocolo para el ensayo de CBR

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA										
PROTOCOLO										
ENSAYO	CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR					NÚMERO DE PROTOCOLO:				
NORMA	MTC E 115 - ASTM D 1557									
TESIS	RECICLADO DE CONCRETO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE BASES EN LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTOS									
CANTIDAD DE MUESTRA:		RESPONSABLE:								
TIPO DE MATERIAL:		REVISADO POR:								
FECHA DEL ENSAYO:										
HORA DE ENSAYO:										
CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR										
N° Capas	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	4	5	6	7	8
15	Asfalto de Saturated	Saturated								
24	Asfalto de Saturated	Saturated								
33	Asfalto de Saturated	Saturated								
Peso Mide	gr									
Peso Muestra Humeda + Mide	gr									
Peso Muestra Humeda	gr									
Volumen Muestra Humeda	cm <sup>3</sup>									
Densidad Humeda, D <sub>m</sub>	g/cm <sup>3</sup>									
CONTENIDO DE HUMEDAD										
Ensayo	N°	1 A	1-B	1 C	2 A	2-B	2 C	3 A	3-B	3 C
Peso Recipiente	gr									
Peso Muestra Humeda + Recipiente	gr									
Peso Muestra Seca + Recipiente	gr									
Peso Muestra Seca	gr									
Contenido de Humedad, W <sub>s</sub>	%									
Densidad Corregida de Humedad Óptima	%									
Densidad Seca Máxima D <sub>s</sub>	g/cm <sup>3</sup>									
ENSAYO DE HINCHAMIENTO										
TIEMPO ACUMULADO	MOLDE N° 01		MOLDE N° 02		MOLDE N° 03					
Horas	Días	Deformación	mm	%	Deformación	mm	%	Deformación	mm	%
0	0									
24	1									
48	2									
72	3									
96	4									

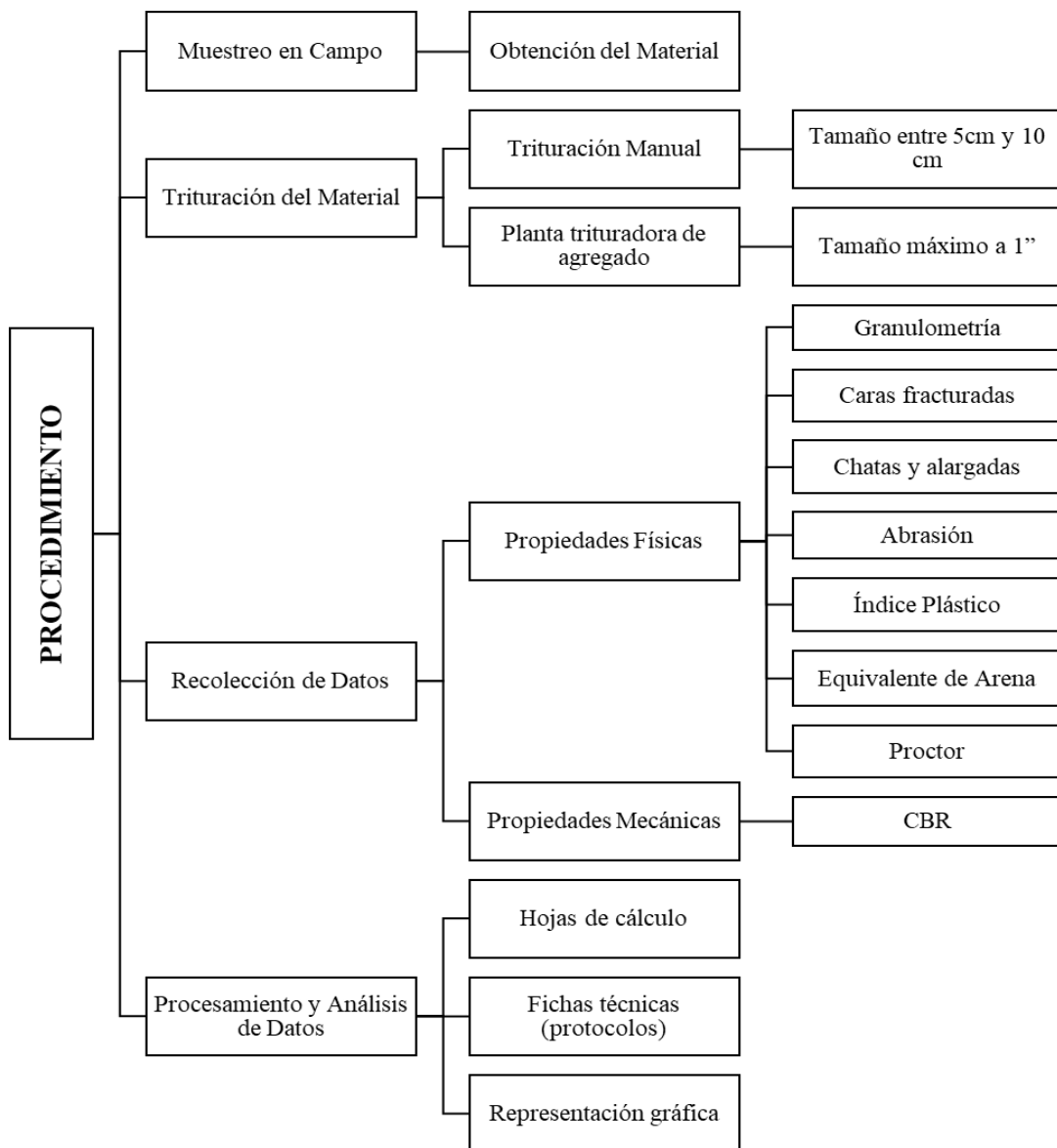
CURVAS ESFUERZO - PENETRACIÓN

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR DE TESIS
NOMBRE:	NOMBRE:	NOMBRE:
FECHA:	FECHA:	FECHA:

Para determinar la validez y confiabilidad de los instrumentos, se solicitó la opinión y el visto bueno de expertos en el tema de la carrera profesional de Ingeniería Civil de nuestra casa superior de estudios sede Cajamarca. Asimismo, se adaptaron las fichas técnicas para cada ensayo en función a las bases y requerimientos de la Sección 403 del Manual de Carreteras “Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción”, las cuales fueron evaluadas por el responsable del laboratorio.

**Figura 9**

*Esquema del procedimiento de la investigación*



El procedimiento se detalla a continuación en los siguientes párrafos:

El proceso de muestreo en campo consistió en la recolección de residuos de concreto de construcción y demolición (RCD) del relleno sanitario ubicado en la provincia Cajamarca, la selección del material se realizó siguiendo los criterios de inclusión y exclusión previamente establecidos.

Tras completar el muestreo en campo, se procedió a triturar el material en dos fases, la primera consistió en una trituración manual para reducir el tamaño de las probetas hasta una medida de 5 cm a 10 cm cada una, posteriormente se continuó con la segunda fase en la planta trituradora de agregado, dónde se logró obtener una gradación máxima de 1” de diámetro. De esta manera, se obtuvo el agregado reciclado de concreto proveniente de residuos de construcción y demolición.

Para determinar la calidad de los materiales utilizados en el estudio se consideraron los criterios de evaluación establecidos en la Sección 403 del Manual de Carreteras “Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción” (EG 2013) emitido por el MTC, tal como se expresa en la Tabla 2, Tabla 3, Tabla 4 y Tabla 5.

**Tabla 2**

*Requerimientos granulométricos para base granular*

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
2.00 mm. (N° 10)	15-40	20-45	25-50	40-70
425 µm. (N° 40)	8-20	15-30	15-30	25-45
75 µm. (N° 200)	2-8	5-15	5-15	8-15

Nota: Tabla 403-01 del Manual de Carreteras “Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción”.

**Tabla 3**

*Requerimientos agregado grueso*

Ensayo	Requerimientos Altitud	
	< 3.000 msnm	≥ 3.000 msnm
Partículas con una cara fracturada	80% mín.	80% mín.
Partículas con dos caras fracturadas	40% mín.	50% mín.
Abrasión Los Ángeles	40% máx.	40% máx.
Partículas chatas y alargadas	15% máx.	15% máx.

Nota: Tabla 403-03 del Manual de Carreteras “Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción”.

**Tabla 4**

*Requerimientos agregado fino*

Ensayo	Requerimientos Altitud	
	< 3.000 msnm	≥ 3.000 msnm
Índice plástico	4% máx.	2% mín.
Equivalente de arena	35% mín.	45% mín.

Nota: Tabla 403-04 del Manual de Carreteras “Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción”.

**Tabla 5**

*Requerimientos valor relativo de soporte*

Valor Relativo de Soporte CBR	Tráfico en ejes equivalentes (<10 <sup>6</sup> )	Mín. 80%
	Tráfico en ejes equivalentes (≥10 <sup>6</sup> )	Mín. 100%

Nota: Tabla 403-02 del Manual de Carreteras “Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción”.

Asimismo, para caracterizar las propiedades físicas y mecánicas del agregado reciclado y afirmado se siguieron los métodos descritos en el Manual de Ensayos de Materiales EM edición 2016, las cuales se basan en las normativas de la ASTM y AASHTO.

Para la recolección de datos: En primer lugar, se determinó cuantitativamente la distribución de tamaños de partículas del agregado reciclado, afirmado y agregado

combinado mediante el ensayo de análisis granulométrico para bases granulares. Está determinado por la norma ASTM D 1241 y ASTM D 422; para preparar la muestra se cuarteó hasta que se obtuvo la cantidad requerida y luego se colocó en el horno a una temperatura uniforme de 110 °C. Una vez seca la muestra total, se pesó y se pasó el material por el juego de tamices de 2", 1", 3/8", N° 04, N° 10, N° 40 y N° 200, agitándolo de forma manual de un lado a otro y en circunferencia de manera que la muestra este en movimiento sobre la malla, por último, se determinó el peso del material retenido en cada tamiz en la balanza con sensibilidad de 0.1%.

En segundo lugar, se caracterizaron los materiales por el porcentaje de partículas chatas y alargadas, el ensayo está regido por la ASTM D 4791. Se obtuvo una muestra total de 5 kg reducida por cuarteo. Se examinó cada partícula de cada tamaño y se clasificó en uno de los cuatro grupos siguientes: (1) Chatas, (2) Alargadas, (3) Chatas y alargadas y (4) Ni chatas ni alargadas. Para determinar las partículas chatas se ajustó la abertura entre el poste y el brazo mayor del calibre al ancho de las partículas; si el espesor de la partícula pasaba por la abertura menor, se consideraba. Para las partículas alargadas se ajustó la abertura mayor a la longitud de la partícula. Si el ancho de la partícula pasaba por la abertura menor del calibre, se consideraba alargada. Después de la clasificación por grupos, se determinó la proporción de la muestra por conteo.

También se determinó el porcentaje de caras fracturadas del agregado grueso siguiendo la norma ASTM D 5821. Para el ensayo se utilizó una muestra de 1.5 kg, que se lavó inicialmente para eliminar cualquier material fino adherido y posteriormente se secó en el horno a 110 °C. Luego se procedió a extender la muestra sobre una superficie plana que permitió inspeccionar cada partícula y determinar la categoría donde pertenece si (1) a una cara fracturada o (2) a dos o más caras fracturadas, siguiendo las imágenes de referencia del Manual de Ensayos de Materiales. Cada muestra se clasificó según la cantidad de caras

fracturadas y se determinó la proporción por conteo. Para esta investigación, el tamaño apropiado del ensayo fue hasta 3/8”.

El ensayo de abrasión Los Ángeles está descrito por la norma NTP 400.019. La muestra utilizada consistió en 2.5 kg de agregado de 1/2” y 2.5 kg de 3/8”, que cumple con la Gradación B requerida para el ensayo. Luego se lavó y secó el material en el horno, y se colocó el material en la máquina de Los Ángeles a una velocidad entre 30 – 33 rpm durante 500 revoluciones. Seguidamente se separó la muestra por el tamiz N° 12 y se pesó el material retenido en el tamiz mencionado.

Para poder encontrar el índice de plasticidad de acuerdo a la NTP E339.130, MTC E111 y a la ASTM D4318, fue necesario calcular el Límite Líquido (LL) y Límite Plástico (LP). En el ensayo de LL, tomó una muestra de 150 g del material que pasa la malla N° 40 para ir mezclando con agua hasta que se formó una pasta uniforme, luego se la colocó en la copa de Casagrande, perfilando eliminando las burbujas hasta conseguir un espesor máximo de 10 mm, posterior a eso con ayuda de un acanalador se dividió la muestra en la copa y se empezó a dar los golpes con el manubrio, cada uno de 2 caídas por segundo hasta que se pongan en contacto en unos 125 mm de la parte inferior de la ranura, se retira una muestra de suelo para el contenido de humedad, y se repitió en mismo procedimiento agregando agua progresivamente, anotando el número de golpes necesarios para conseguir cerrar la ranura. En el caso del ensayo de LP la muestra fue de 20 g, material que pasa por el tamiz N° 40, se comenzó a mezclar el material con agua hasta que esta se pudo enrollar en cilindros de diámetro de 3 mm, sin que existan agrietamientos de ningún tipo, y luego llevarla al horno para obtener su contenido de humedad, en vista de que no se podía conseguir dicha medida por la presencia de fisuras no fue posible determinar el límite plástico, por ende, tampoco se pudo hallar el índice de plasticidad.

Según la norma MTC E114 se realizó el ensayo de equivalente de arena. Con una muestra total de 1500g pasante de la malla N°4, se tomaron 4 medidas con un recipiente de tal manera que no se pierda ningún fino, posterior a que haya estado en el horno por 24 horas se colocó en las probetas y se golpeó la base para eliminar burbujas, pasado 10 minutos de reposo se agitó durante unos 30 segundos para luego irrigar con glicerina la probeta. Después de dejar el material durante 20 min se realizó la lectura del nivel superior arcillosa, inmediatamente se insertó el disco hasta la arena realizando la segunda lectura en el tope.

Se realizaron los ensayos mecánicos de Próctor y CBR al agregado reciclado de concreto, afirmado y a la combinación de los mismos en una proporción de 50/50 (agregado combinado).

El procedimiento para el ensayo de Proctor Modificado se realizó siguiendo lo especificado en la Norma MTC E115 y ASTM D1557 se utilizaron aproximadamente 25 kg de material seco, tomando en cuenta el método que se va a utilizar, el cual en este caso fue el método “C”.

Se prepararon 4 muestras de cada una de las muestras de material (cada una de ellas aproximadamente de 6kg) con una determinada cantidad de agua de tal manera que el contenido de humedad de cada una de ellas varíe aproximadamente en 1¼ % entre ellas.

Se compacta cada muestra en 5 capas y cada capa con 56 golpes, al terminar de compactar la última capa, se retira el collar de extensión para enrasa con la espátula y se determinó la densidad húmeda (Dh). Se encontró el contenido de humedad de cada muestra compactada (W %), tomando una muestra que pertenece a la parte superior y otra a la inferior.

El procedimiento para el ensayo de California Bearing Ratio (CBR) determinado por  
Martinez Ocharan, G.; Taico Lezama, S.



las Normas ASTM D4429 y ASTM D1883, donde se detalla que el ensayo consta de 3 fases, abarcando el ensayo de compactación CBR, ensayo de Hinchamiento y ensayo Carga – Penetración. La muestra se prepara mediante el contenido óptimo de humedad, obtenido del ensayo de Proctor Modificado. Se compactó la muestra en cada uno de los moldes, el primero con 13 golpes, el segundo molde con 27 y el tercero con 55 golpes, por cada uno de ellos se colocó 5 capas.

En el ensayo de hinchamiento, se invirtió las muestras, es decir, que la parte superior e inferior cambiaron de lugar, de esta manera es posible que las superficies libres queden en la parte de arriba al momento de ensamblar nuevamente los moldes. Se acomoda un pedazo de papel filtro en cada muestra, asimismo la placa de expansión y la sobrecarga, el trípode y el dial de expansión que medirá el hinchamiento de la muestra. Los moldes fueron sumergidos en agua por 4 días máximo, donde se registraron las lecturas de expansión cada 24 horas.

Posterior a los 4 días que los moldes estuvieron sumergidos, se dejó drenar el agua de estos durante 15 minutos, se colocó la sobrecarga en cada molde y se los llevó a la prensa hidráulica.

Se procede con el ensayo de penetración aplicando un pisón una velocidad de 0.05 pulg/min, registrando las lecturas de carga y de penetración de cada muestra. Nuevamente fue necesario determinar la densidad húmeda y el contenido de humedad de las muestras de cada molde.

Algunas veces es necesario corregir la curva y cambiar el origen de las coordenadas, como es el caso de esta investigación. Se determinará los esfuerzos correspondientes a 0.1” y 0.2” de penetración de cada una de las curvas esfuerzo – deformación. Además, se determinará los índices de CBR para 0.1” y 0.2”.

Se realizó el procesamiento y análisis de datos mediante hojas y plantillas de cálculo en Excel, donde a partir de los datos obtenidos en los ensayos, se desarrolla los cálculos necesarios para la obtención de los parámetros. Todo el proceso se registró en las fichas técnicas para su posterior análisis de datos.

Para llevar a cabo este análisis, se consideraron los niveles de medición de las variables establecidos por la norma y técnicas estadísticas apropiadas. En el ensayo granulométrico se determinó el porcentaje del peso retenido en cada tamiz (%R):

### **Ecuación 1**

*Porcentaje retenido*

$$\%R. = \frac{\text{Peso Retenido}}{\text{Peso total de la muestra}} * 100$$

Luego se calculó los porcentajes retenidos acumulados de cada tamiz (% R.A.) expresados de la siguiente manera:

### **Ecuación 2**

*Porcentajes retenidos acumulados*

$$\%RA1 = \%RA1$$

$$\%RA2 = \%RA1 + \%RA2$$

$$\%RA3 = \%RA1 + \%RA2 + \%RA3, \text{ etc.}$$

Seguidamente se hallaron los porcentajes acumulados que pasan cada juego de tamices:

**Ecuación 3***Porcentaje que pasa*

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

Por último, se graficó la curva granulométrica, donde se ubicó en el eje de abscisas el tamaño de la abertura de cada tamiz (en milímetros) en escala logarítmica, y en el eje de las ordenadas se ubicaron los porcentajes acumulados que pasan los tamices en escala natural.

El procesamiento para determinar el porcentaje de partículas que son chatas y alargadas está en función de:

**Ecuación 4***Porcentaje de partículas chatas y alargadas*

$$\% \text{Part. chatas y alargadas} = \frac{\# \text{ Part. cumplen ambos criterios}}{\# \text{ Part. totales}}$$

También se calculó el porcentaje de partículas con el número especificado de caras fracturadas mediante:

**Ecuación 5***Porcentaje de caras fracturadas*

$$P = \frac{F}{F + N} * 100$$

Dónde:

P = % de partículas con el número de caras fracturadas.

F = Cantidad de partículas con al menos el número especificado de caras fracturadas.

N = Cantidad de partículas que no cumplen con el criterio especificado.

El porcentaje de desgaste del agregado grueso se calculó con la siguiente ecuación:

**Ecuación 6***Porcentaje de Desgaste*

$$\% \text{ Desgaste} = \frac{\text{Peso Total} - \text{Peso Retenido en tamiz}}{\text{Peso Total}} * 100$$

Para poder encontrar los índices de plasticidad se hicieron uso de las fórmulas mostradas a continuación:

**Ecuación 7***Límite Líquido*

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

Dónde:

LL = Límite Líquido.

$W^n$  = contenido de humedad del suelo.

N = Números de golpes requeridos para cerrar la ranura.

**Ecuación 8***Límite Plástico*

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

Una vez hallados el límite líquido y el límite plástico es posible determinar el índice de plasticidad mediante la siguiente ecuación:

**Ecuación 9***Índice de plasticidad*

$$\text{Índice de Plasticidad} = \text{Límite Líquido} - \text{Límite Plástico}$$

Sin embargo, el material en estudio no presenta límite plástico, por lo que no fue posible determinar el índice de plasticidad de ninguna de las muestras.

Asimismo, para poder hallar el equivalente de arena que presenta el agregado reciclado y el afirmado se utilizó la ecuación:

### **Ecuación 10**

*Equivalente de Arena*

$$SE = \frac{\text{Lectura de Arena}}{\text{Lectura de Arcilla}} * 100$$

Proctor Modificado:

En el caso de Proctor Modificado para poder determinar la densidad húmeda (Dh.):

### **Ecuación 11**

*Densidad Húmeda*

$$Dh = \frac{\text{Peso Muestra Húmeda (gr)}}{\text{Valumen Muestra Húmeda (cm}^3\text{)}}$$

Luego se halló los porcentajes del contenido de humedad de cada una de las muestras, haciendo uso de cantidades representativas tanto de la parte superior del recipiente como de la inferior, y se aplicó la fórmula mostrada a continuación:

### **Ecuación 12**

*Contenido de Humedad Óptimo*

$$W\% = \frac{(\text{Peso Muestra Húmeda} - \text{Peso Muestra Seca}) * 100}{\text{Peso Muestra Seca}}$$

Se calculan las densidades secas de cada muestra compactada (Ds).

**Ecuación 13***Densidad seca*

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

Por último, se dibujó la curva de compactación, los datos de contenido de humedad se encontrarán en el eje de abscisas y los datos obtenidos de densidad seca en el eje de ordenadas. Por medio de la gráfica realizada se pudo determinar la máxima densidad seca y el contenido de humedad óptimo.

Se halló el ensayo de California Bearing Ratio - CBR constando de 3 fases, donde una vez realizado el llenado de cada molde en 5 capas, se encontró la densidad seca de cada molde aplicando la siguiente fórmula:

**Ecuación 14***Densidad máxima seca*

$$\rho_{seca} = \frac{\rho_h}{1 + W\%}$$

En el ensayo de hinchamiento se registraron lecturas de expansión cada 24 horas, los 4 días que las muestras pasan sumergidos en agua.

Para el ensayo de carga penetración se llevó a la prensa hidráulica, aplicando un pisón una velocidad de 0.05 pulg/min y se registraron las lecturas, luego en cada uno de los moldes se determinó nuevamente el contenido de humedad y la densidad húmeda. Posteriormente se dibujó las 03 curvas esfuerzo, el valor de la penetración se registró en el eje de las abscisas y los valores de los esfuerzos en el eje de ordenadas.

Finalmente, se determinó los esfuerzos a 0.1” y 0.2” de penetración y los índices de CBR para dichas penetraciones. Dichos índices se obtuvieron de la división de los valores de esfuerzo a 0.1” y 0.2” de la muestra ensayada sobre el esfuerzo patrón respectivo.

### **Ecuación 15**

#### *California Bearing Ratio*

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

Dónde:

$\sigma_t$  = esfuerzo de la muestra ensayada.

$\sigma_p$  = esfuerzo patrón.

Los resultados se presentaron en gráficos y tablas que facilitan la interpretación y permiten visualizar las diferencias entre los distintos valores obtenidos.

Durante el desarrollo de la investigación, como aspectos éticos se mantuvo la integridad de la información proporcionada por los autores sin realizar modificaciones ni alteraciones, los datos fueron respaldados y supervisados por el personal responsable del laboratorio de la Universidad Privada del Norte. Además, se utilizaron los datos recopilados exclusivamente para los fines previstos en la investigación, respetando todas las normas y fuentes consultadas, las cuales se citaron de manera apropiada y se garantiza el cumplimiento de cada una de ellas. Estos aspectos se consideraron esenciales para garantizar la validez y confiabilidad de los resultados obtenidos en la investigación.

### CAPÍTULO III: RESULTADOS

La Tabla 2 presenta el resumen del análisis granulométrico del agregado reciclado, afirmado y del agregado combinado. Se consideraron los promedios del porcentaje que pasa de las tres repeticiones consecutivas realizadas por cada tipo material para su posterior representación gráfica.

**Tabla 6**

*Resumen del análisis granulométrico de cada material*

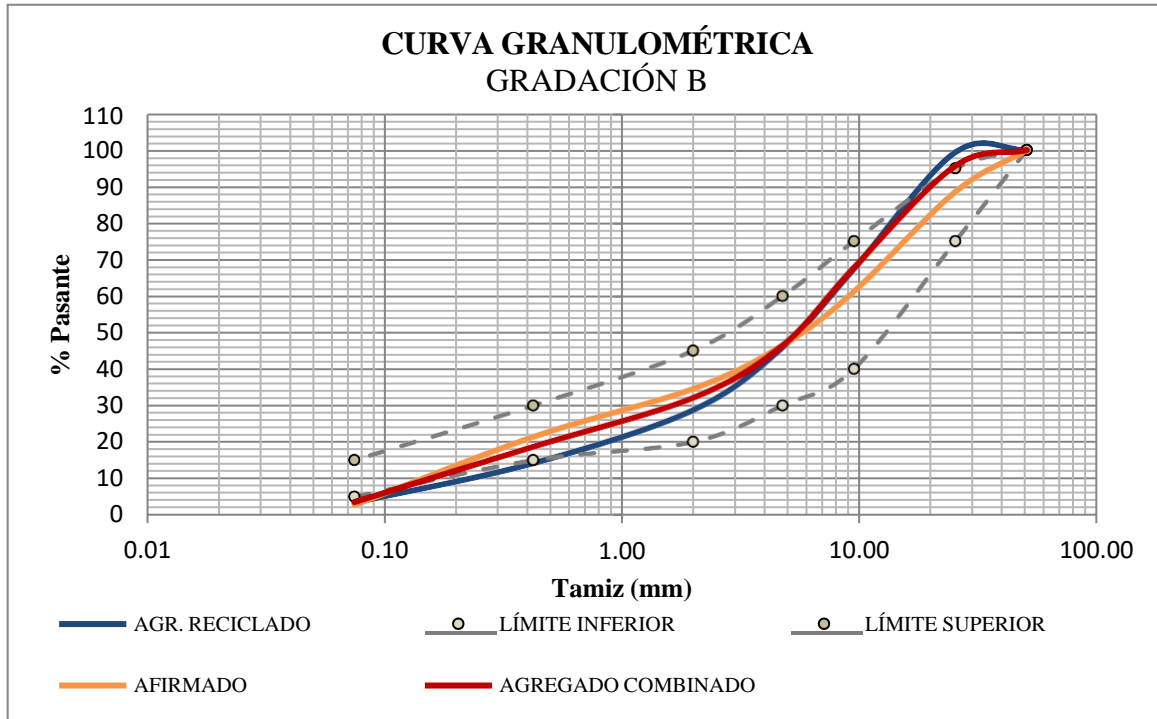
N°	TAMIZ mm	% QUE PASA Agr. Reciclado	% QUE PASA Afirmado	% QUE PASA Agr. Combinado
2"	50.80	100.00	100.00	100.00
1"	25.40	99.44	88.61	95.67
3/8"	9.50	67.37	61.21	67.81
N° 04	4.75	45.78	46.46	46.47
N° 10	2.00	28.67	34.57	32.18
N° 40	0.425	14.15	21.40	18.75
N° 200	0.075	3.33	2.75	3.55

Además, la Figura 10 muestra las curvas granulométricas del agregado reciclado, afirmado y del agregado combinado, donde se visualiza la distribución de tamaños de las partículas de cada material en comparación con los requerimientos de las franjas granulométricas (límite inferior y límite superior) indicadas por la Norma para el tipo de Gradación B para material de base granular. Se observa que los materiales están, en su mayoría, dentro de las franjas granulométricas, a excepción de los extremos de las curvas.



**Figura 10**

*Curvas granulométricas por cada tipo de material*



De la figura anterior se puede observar tres curvas: (1) la curva azul representa al agregado reciclado de concreto procesado en la planta trituradora de agregado, (2) la curva amarilla al material de afirmado proveniente de la cantera “El Guitarrero” ubicado por el sector “El Gavilán” de la ciudad de Cajamarca y (3) la curva roja muestra la combinación de 50% de agregado reciclado y 50% de afirmado.

Adicionalmente, en la Tabla 3 se muestra en síntesis el promedio de los resultados de las propiedades físicas obtenidas para cada uno de los ensayos en función a cada una de las normas especificadas. Para obtener resultados más precisos y confiables, se realizaron tres repeticiones de cada ensayo, el procesamiento de datos se encuentra en los anexos de la investigación.

**Tabla 7**

*Resumen de las propiedades físicas del agregado reciclado y afirmado*

ENSAYO DE MATERIALES	Norma	MATERIAL	
		Agregado Reciclado	Afirmado
Clasificación AASHTO	ASTM D 3282	A1 - a	A1 - a
Clasificación SUCS	ASTM D 2487	GW	GW
Partículas con una cara fracturada	ASTM D 5821	96.00%	92.80%
Partículas con dos caras fracturadas	ASTM D 5821	95.30%	91.70%
Abrasión "Los Ángeles"	ASTM D 4060	32.30%	59.80%
Partículas chatas y alargadas	ASTM D 4791	2.80%	5.60%
Límite Líquido	ASTM D 4318	25	18
Límite Plástico	ASTM D 4318	N.P.	N.P.
Equivalente de arena	ASTM D 2419	59.00%	17.33%

Al mismo tiempo, se realizó el ensayo de Próctor Modificado tres veces para cada tipo de material, obteniéndose así una relación entre el contenido de agua (% humedad óptimo) y el peso unitario seco (densidad seca máxima) de cada uno de ellos. Los resultados se muestran en la Tabla 4, a la precisión de dos decimales.

**Tabla 8**

*Resultados promedio del ensayo de próctor modificado por cada material*

Próctor Modificado (MTC E 115)	Agregado Reciclado	MATERIAL	
		Afirmado	Agregado Combinado
Densidad Seca Máx.	2.01	2.23	2.12
Humedad Óptima (%)	10.57	5.91	7.99

Se presenta el promedio de las tres repeticiones del ensayo de California Bearing Ratio (CBR) para los materiales en estudio. Los detalles del procesamiento se encuentran registrados en las fichas técnicas ubicadas en Anexos, donde se especifica el desarrollo del ensayo de CBR para cada una de las repeticiones.

**Tabla 9**

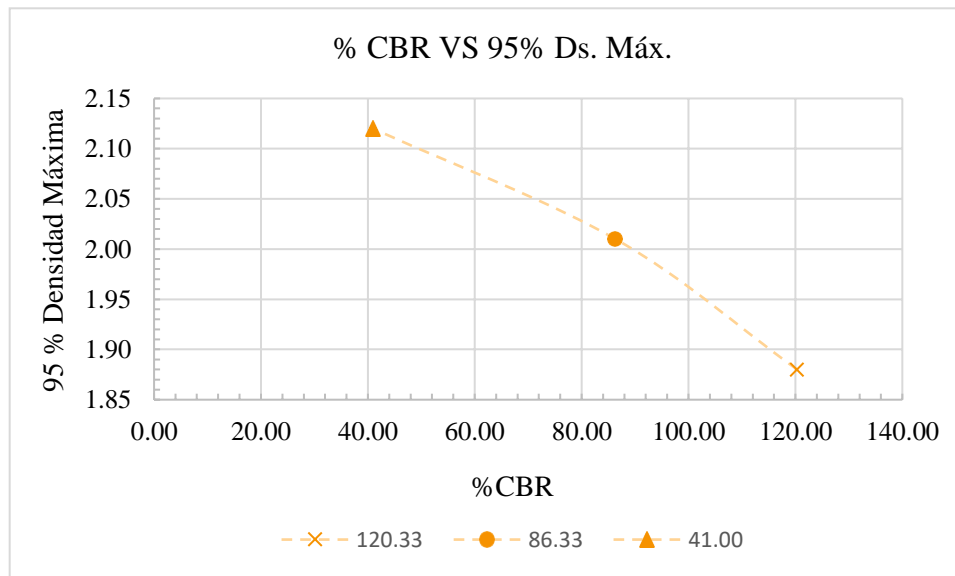
*Resultados promedio del ensayo de CBR por cada material*

California Bearing Ratio (MTC E 132)	MATERIAL		
	Agregado Reciclado	Afirmado	Agregado Combinado
95% Ds. Máx.	1.88	2.12	2.01
CBR (%)	120.33	41.00	86.33

Asimismo, la densidad seca máxima al 95% es inversamente proporcional al % CBR, dependiendo de la cantidad de agregado reciclado utilizado.

**Figura 11**

*Comparación del % CBR y el 95% de densidad máxima de cada material*



Sumado a ello, con el fin de ampliar el conocimiento sobre el comportamiento del Agregado Reciclado de concreto, se realizó el ensayo de carga – penetración luego de sumergirlo 24 horas y 96 horas en agua (ensayo de hinchamiento). Se observó que la densidad seca máxima al 95% no sufre variación con respecto al tiempo de duración del ensayo de hinchamiento, sin embargo, la capacidad del CBR aumenta.

**Tabla 10**

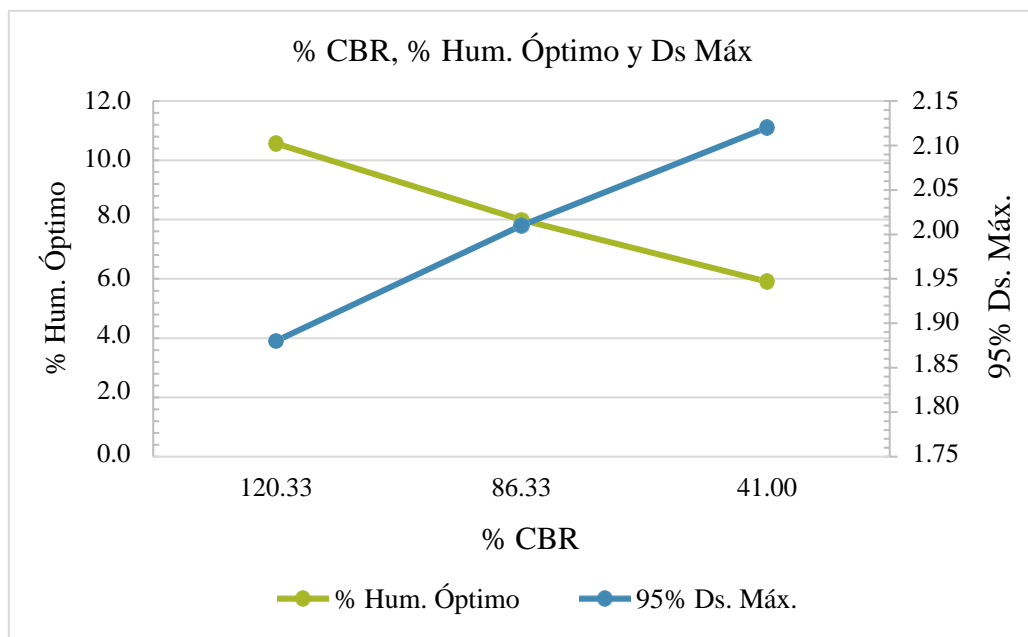
*Resultados del ensayo de CBR a las 24 y 96 horas*

California Bearing Ratio (MTC E 132)	Agregado Reciclado	
	95% Ds. Máx.	CBR (%)
96 horas	1.88	120.33
24 horas	1.88	96.33

Por otra parte, la Figura 12 presenta un resumen de los datos de % CBR, densidad seca máxima al 95% y contenido de humedad óptimo para agregado reciclado, agregado combinado y afirmado. Se puede observar que existe una relación directa entre % CBR y contenido de humedad óptimo, mientras que ambos tienen una relación inversa con la densidad máxima.

**Figura 12**

*Resumen del % CBR, % Hum. Óptimo y 95% Ds. Máx. por cada material*



## CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La investigación propone la alternativa de utilizar agregado reciclado de concreto en bases granulares para la estructura de pavimentos. Esto con el fin de disminuir la contaminación y reducir el aumento de desechos en rellenos sanitarios; esta opción de construcción es más sostenible y evita la explotación continua de canteras.

Una de las principales limitaciones del estudio es la falta de investigaciones realizadas sobre el comportamiento del concreto reciclado como agregado en la construcción de bases granulares y sus propiedades físico – mecánicas en pavimentos, tanto a nivel regional como nacional. Además, se debe tener en cuenta que la muestra se vio restringida a la trituración de probetas de concreto encontradas en el relleno sanitario, lo cual impidió considerar la inclusión de concretos provenientes de demolición de estructuras, esta restricción limita su uso en la ejecución de proyectos de pavimentaciones de gran envergadura. Por otro lado, en la elaboración de ensayos el equipo que se tenía a disposición era reducido, con respecto a la demanda del mismo.

Sin embargo, se encontraron investigaciones relacionadas al reciclado de áridos empleados en pavimentos, como el caso de Contreras Quezada & Herrera Lázaro (2015), quienes utilizaron escombros derivados de la construcción para bases y subbases de un pavimento mezclado con agregado natural, haciendo énfasis en la combinación 50% agregado reciclado (AR) - 50% agregado natural (AN), puesto que el CBR que obtuvieron fue de 115.62%, el cual en relación a nuestra investigación es un valor mayor demostrando que se es posible alcanzar propiedades mecánicas similares al agregado convencional de modo que se pueda emplear áridos reciclados como un material alternativo en la construcción de pavimentos.

Por otro lado, Flor Chávez (2012) concluyó que al emplear residuos de demolición y construcción al 100% se obtiene un CBR de 56% en estado húmedo, y un CBR de 47% en estado seco, por lo que es un material recomendado solo para uso en subbases. También detalla que las probetas sumergidas por 4 días en agua no mostraron cambios en su expansión, empero si en su porcentaje de CBR. En comparación a nuestra investigación presenta un CBR mucho menor, en cambio en ambas investigaciones no ostentaron ninguna variación en su volumen durante el ensayo de hinchamiento. Por último, se sospecha que la diferencia entre los resultados de CBR obtenidos se debe al tipo de material utilizado para esta prueba.

Finalmente, Coy González (2019) evidenció la necesidad de crear alternativas que permitan sustituir materiales pétreos y así obtener una menor afectación del suelo, puesto que la extracción de agregados para la construcción vial genera deformación geomorfológica. Dicho resultado en relación con el tema en investigación, tienen en común crear nuevas alternativas de materiales a emplear en la construcción de pavimentos y que a su vez se logre una opción amigable con el medio ambiente.

Como implicancias del estudio se logró determinar que el uso de concreto reciclado es una alternativa sostenible en la construcción de bases granulares para pavimentos, al demostrar que el agregado reciclado de concreto cumple con las exigencias estipuladas en el Manual de Carreteras “Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción”, en consecuencia, tendría un impacto ambiental positivo, ya que hace posible la reducción de la explotación excesiva de canteras, que generan impactos negativos en el medio ambiente. Asimismo, contribuye a una mejor gestión de residuos de construcción y demolición, al fomentar la reutilización de este material en lugar de ser descartado permanentemente.

Por otro lado, la investigación encontró que el agregado reciclado cuenta con una granulometría uniforme, aunque tiene una baja presencia de agregado grueso de 1” y una

alta presencia de agregado fino en las mallas N° 40 y N° 200 en comparación con los requerimientos de Gradación “B” establecidos en el actual Manual de Carreteras del Perú. Asimismo, en comparación con las propiedades físicas para agregado grueso y fino, se encontró que el agregado reciclado cumplió satisfactoriamente con los requerimientos de la norma, tanto para altitudes menores como mayores a 3000 msnm. En cuanto al % CBR, se obtuvo un valor de 120.33%, superando el mínimo requerido para un tráfico menor a  $10^6$  de ejes equivalentes y a la vez para un tráfico mayor a  $10^6$  ejes equivalentes. Adicionalmente, se observó que la capacidad de resistencia del suelo es directamente proporcional al tiempo sumergido del material en agua, no existe una razón exacta conocida para esto, pero se cree que se debe a que el concreto utilizado previamente en el reciclaje no tuvo un tiempo de curado suficiente para alcanzar su máxima resistencia. En función de lo anterior, los resultados indican que el agregado reciclado es apto para ser utilizado como material para base granular.

De igual forma, se realizó un análisis del material de afirmado en comparación con la normativa vigente y se observó que cumple con los límites granulométricos requeridos, aunque presenta un mayor contenido de material fino en la malla N° 200. En función a sus propiedades físicas, el afirmado cumplió con los requerimientos mínimos, a excepción del ensayo de equivalente de arena, que presentó un 17.67% inferior al mínimo requerido, debido a que la relación de arcilla es mayor a la de arena, y del ensayo de abrasión se observó un incremento del 19.80% del límite permitido, lo que indica que este material se desgasta más rápidamente. Por otro lado, el valor de %CBR obtenido fue de 41.00%, lo que está por debajo de lo requerido para ser utilizado en bases granulares.

Adicionalmente, se evaluó el material de agregado combinado (50% de agregado reciclado y 50% de afirmado), el cual presenta una gradación adecuada que cumple con los límites granulométricos para la Gradación B, aunque se observó un contenido ligeramente

Martinez Ocharan, G.; Taico Lezama, S.

elevado de material fino en la malla N° 200. En cuanto a sus propiedades mecánicas, el agregado combinado muestra un valor de CBR del 86.33%, superando al mínimo requerido para su uso en bases granulares.

En los resultados mencionados, se observa que el agregado reciclado de concreto mejora en un 50% el índice de resistencia del afirmado y supera al mínimo requerido por el Manual de Carreteras en un 40.33% cuando se emplea el 100% de este. Sin embargo, se recomienda que la proporción más adecuada para utilizar en pavimentos sea la de 50% agregado reciclado y 50% afirmado (o material virgen), esto se debe a que al utilizar 100% agregado reciclado de concreto, se podría producir una alta cantidad de álcalis en relación a la cantidad de agregado (RAA), lo que podría causar la fisuración del concreto y disminuir su durabilidad a largo plazo, llevando a la falla del pavimento; sin embargo, queda abierta las posibles investigaciones al respecto, ya que supera los objetivos planteados para la investigación.

Además, las pruebas realizadas abren paso a futuros temas de estudio, como la durabilidad que tendría el pavimento elaborado con material reciclado de concreto, siendo necesario realizar pruebas que permitan determinar su vida útil a largo plazo. Además, se debe abordar en futuras investigaciones la falta de normativas y especificaciones para el uso de agregado reciclado de concreto en bases granulares en el Perú.

Las conclusiones de la investigación son las siguientes:

- De la evaluación se obtuvieron resultados que validaron nuestra hipótesis, demostrando que se logra una mejora de las propiedades físico - mecánicas mediante el uso de concreto reciclado, las cuales incluso pudieron superar los valores establecidos por la normativa vigente, es importante destacar que el ensayo de valor relativo de soporte (%CBR) supera los parámetros para ser usado como material de base granular en pavimentos.



- En general, el afirmado y el agregado reciclado presentaron propiedades físicas similares, tales como: granulometría, partículas chatas y alargadas, % de partículas fracturadas e índice de plasticidad. No obstante, el afirmado superó en un 19.80% del máximo permitido en el ensayo de abrasión, por otro lado, el resultado de equivalente de arena está por debajo en un 17.67% del mínimo requerido.
- Las propiedades mecánicas (Valor Relativo de Soporte CBR) del agregado reciclado al 100% supera al afirmado y al agregado combinado al 50% en 79.33% y 34.00%, respectivamente. Las muestras que contienen agregado reciclado de concreto cumplen con las Especificaciones Técnicas del Manual de Carreteras.
- Se demostró que tanto el agregado reciclado al 100% y el agregado combinado al 50% cumplen con los requisitos en sus propiedades físicas y mecánicas; presentando un 40.33% y un 6.33% más del mínimo exigido por la Normativa en sus respectivos índices de resistencia del suelo (%CBR).

## REFERENCIAS

- AASHTO. (1993). *AASHTO Guide for Design of Pavement Structures* (Vol. 1). AASHTO.
- Adinkrah-Appiah, K., Kpamma, Z., Nimo-Boakye, A., Asumadu, T., & Obeng-Ankamah, N. (2016). Annual Consumption of Crushed Stone Aggregates in Ghana. *Journal of Civil Engineering and Architecture Research*, 3, 1729-1737.
- Agencia de Protección Ambiental de Los Estados Unidos [EPA]. (2019). *Construction and Demolition Debris: Material-Specific Data*. <https://www.epa.gov/facts-and-figures-about-materials-waste-and-recycling/construction-and-demolition-debris-material>
- Arias, F. G. (2016). *El Proyecto de Investigación: Introducción a la metodología científica* (Séptima). Editorial Episteme.
- Bastidas-Martínez, J. G., Rondón-Quintana, H. A., Contreras-Zartha, L., Forero-Castaño, S., & Rojas-Rozo, L. (2021). Evaluación de una mezcla de concreto asfáltico con incorporación de agregados reciclados de concreto. *Revista UIS Ingenierías*, 20(2), Art. 2. <https://doi.org/10.18273/revuin.v20n2-2021007>
- Borselli, L. (2022). *Geotecnia I*. [https://www.lorenzo-borselli.eu/geotecnia1/Geotecnia\\_1\\_parte\\_II.pdf](https://www.lorenzo-borselli.eu/geotecnia1/Geotecnia_1_parte_II.pdf)
- Camargo Najar, C. (2019). Evaluación del uso de pavimentos rígidos demolidos como agregados reciclados en la elaboración de mezclas de concreto en la región Puno-2011. *Revista Científica Investigación Andina*, 18(1), Art. 1. <https://doi.org/10.35306/rev>
- COMEXPerú. (2020). *Infraestructura Vial: Gobiernos Subnacionales Estancados*. <https://www.comexperu.org.pe/articulo/infraestructura-vial-gobiernos-subnacionales->



Mendoza%20Richard%20Elbio\_Ortiz%20Zoloaga%20Cirilo%20Nic%3%a9foro.  
pdf?sequence=5&isAllowed=y

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. del P. (2014).  
*Metodología de la Investigación* (Sexta). Mc Graw Hill Education.

Kerlinger, F. N. (2002). *Investigación del comportamiento* (Cuarta). McGRAW-HILL.

Martínez-Molina, W., Torres-Acosta, A. A., Alonso-Guzmán, E. M., Chávez-García, H. L.,  
Hernández-Barrios, H., Lara-Gómez, C., Martínez-Alonso, W., Pérez-Quiroz, J. T.,  
Bedolla-Arroyo, J. A., & González-Valdéz, F. M. (2015). Concreto reciclado: Una  
revisión. *Revista ALCONPAT*, 5(3), 235-248.

Millán, J. M. V. (1997). *Estática y dinámica de materiales granulares xerográficos*  
[[Http://purl.org/dc/dcmitype/Text](http://purl.org/dc/dcmitype/Text), Universidad de Sevilla].  
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=22810>

Ministerio de Economía y Finanzas. (2015). *Pautas metodológicas para el desarrollo de  
alternativas de pavimentos en la formulación y evaluación social de proyectos de  
inversión públicas de carreteras* (Primera).  
[https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv\\_publica/docs/normas/normasv/2015/RD00  
3-2015/Pautas\\_Pavimentos.pdf](https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv_publica/docs/normas/normasv/2015/RD003-2015/Pautas_Pavimentos.pdf)

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2013a). *Manual de Carreteras  
«Especificaciones Técnicas Generales para Construcción»*.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2013b). *Manual de Carreteras «Suelos,  
Geología, Geotecnia y Pavimentos» Sección: Suelos y Pavimentos*.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2016). *Manual de Ensayo de Materiales*.

[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)

Ministerio del Ambiente. (2013). *Informe anual de residuos sólidos municipales y no*

*municipales en el Perú Gestión 2012* (p. 270).

<https://redrrss.minam.gob.pe/material/20140423145035.pdf>

Reyes Lizcano, F., & Rondón Quintana, H. (2015). *Pavimentos: Materiales, construcción y diseño*. Ecoe Ediciones.

Smith, M. R., Collins, L. E., & Suárez, L. (1994). *Aridos: Áridos naturales y de machaqueo para la construcción*. Colegio Oficial de Geólogos de España.

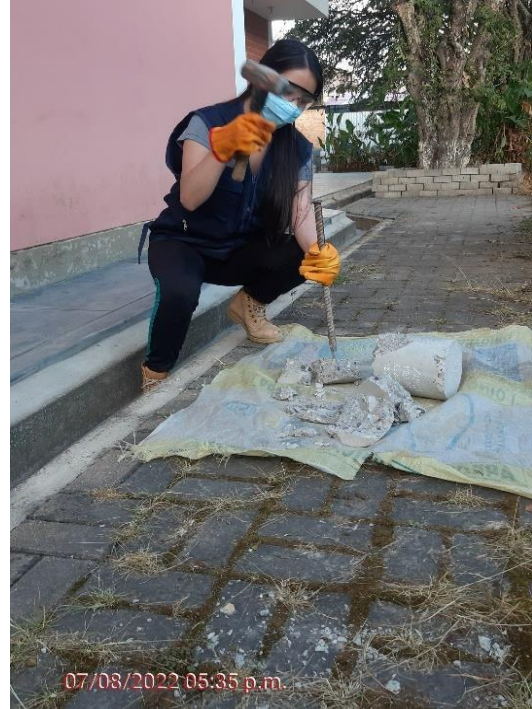
Wang, F., Hoff, I., Yang, F., Wu, S., Xie, J., Li, N., & Zhang, L. (2021). Comparative assessments for environmental impacts from three advanced asphalt pavement construction cases. *Journal of Cleaner Production*, 297, 126659. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126659>

## ANEXOS

### ANEXO N° 01: Panel Fotográfico



**Fotografía N° 1:** Muestreo del material para reciclado.



**Fotografía N° 2:** Trituración manual del material.



**Fotografía N° 3:** Trituración manual del material en tamaños entre 5cm y 10 cm.



**Fotografía N° 4:** Preparación del material triturado manualmente para procesarlo en la planta trituradora de agregado.



**Fotografía N° 5:** Agregado reciclado de concreto procesado en la planta trituradora de agregado.



**Fotografía N° 6:** Cuarteo del material para los ensayos de laboratorio.



**Fotografía N° 7:** Ejecución del ensayo de granulometría del agregado reciclado de concreto.



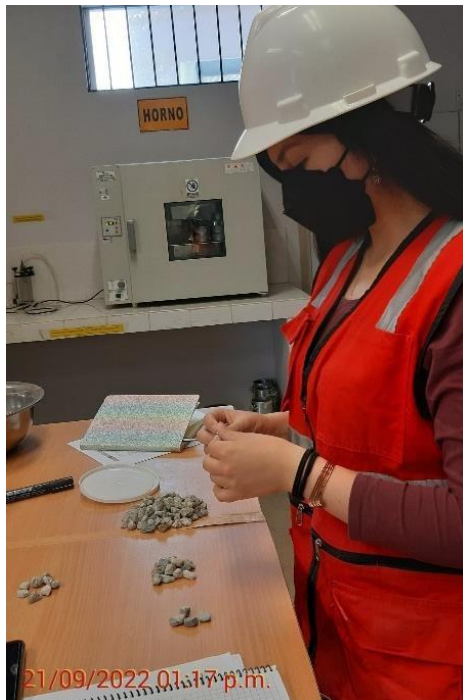
**Fotografía N° 8:** Ejecución del ensayo de partículas chatas y alargadas del agregado reciclado de concreto.



**Fotografía N° 9:** Ensayo de granulometría mediante tamizado en seco del afirmado.



**Fotografía N° 10:** Ensayo de límites de Atterberg del agregado reciclado.



**Fotografía N° 11:** Ejecución del ensayo de caras fracturadas del agregado reciclado de concreto.



**Fotografía N° 12:** Ejecución del ensayo de equivalente de arena del agregado reciclado.





**Fotografía N° 13:** Control del ensayo de equivalente de arena del agregado reciclado.



**Fotografía N° 14:** Ensayo de abrasión del agregado reciclado.



**Fotografía N° 15:** Supervisión de parte de la asesora en el ensayo de Próctor Modificado del agregado reciclado.



**Fotografía N° 16:** Ensayo de granulometría mediante tamizado en seco del agregado combinado.



**Fotografía N° 17:** Ejecución del ensayo de equivalente de arena del afirmado.



**Fotografía N° 18:** Ensayo de límites de Atterberg del afirmado.



**Fotografía N° 19:** Ensayo de caras fracturadas del afirmado.



**Fotografía N° 20:** Ensayo de partículas chatas y alargadas del afirmado.



**Fotografía N° 21:** Preparación de la muestra del agregado combinado para la ejecución de ensayos.



**Fotografía N° 22:** Ejecución del ensayo de abrasión del afirmado.



**Fotografía N° 23:** Ensayo de Próctor Modificado del agregado reciclado.



**Fotografía N° 24:** Ejecución del ensayo de CBR del agregado reciclado.



**Fotografía N° 25:** Ensayo de Próctor Modificado del afirmado.



**Fotografía N° 26:** Ensayo de CBR del afirmado.



**Fotografía N° 27:** Toma de lectura del ensayo de hinchamiento del afirmado.



**Fotografía N° 28:** Ensayo de carga - penetración del afirmado.



**Fotografía N° 29:** Ensayo de Próctor Modificado del agregado combinado.

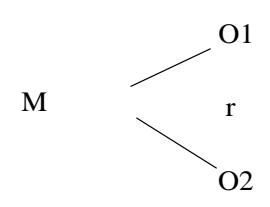


**Fotografía N° 30:** Control del ensayo de carga - penetración del agregado combinado.

ANEXO N° 02: Matriz de Consistencia

TÍTULO	PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES $y = f(x)$
Reciclado de concreto para la construcción de bases en la estructura de pavimentos	¿Cuál es la variación de las propiedades físico – mecánicas del uso de concreto reciclado para la construcción de bases granulares de pavimentos de acuerdo al Manual de Carreteras “Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción” (EG 2013)?	<p><b>Objetivo General:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Evaluar la variación de las propiedades físico – mecánicas del uso de concreto reciclado para la construcción de bases granulares de pavimentos de acuerdo al Manual de Carreteras “Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción” (EG 2013)</li> </ul>	El uso de concreto reciclado mejora las propiedades físico - mecánicas requeridas para la construcción de bases granulares de pavimentos de acuerdo al Manual de Carreteras “Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción” (EG 2013).	<p><b>Variable Dependiente:</b></p> <p>Propiedades físico- mecánicas (y)</p>
		<p><b>Objetivo Específico:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Determinar las propiedades físicas del afirmado natural y agregado reciclado de concreto.</li> <li>- Determinar las propiedades mecánicas del afirmado, agregado reciclado de concreto y la combinación 50% agregado reciclado de concreto y 50% afirmado.</li> <li>- Evaluar y comparar las propiedades físico-mecánicas del concreto reciclado con el Manual de Carreteras “Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción (EG 2013).</li> </ul>		<p><b>Variable Independiente:</b></p> <p>Agregado Reciclado de Concreto (x)</p>

### ANEXO N° 03: Matriz Metodológica

TIPO DE INVESTIGACIÓN	DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	PROBLACION - MUESTRA	INSTRUMENTOS
Descripción	Descripción	Descripción	Descripción
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Según la finalidad:</b> Es investigación aplicada ya que hace uso de la teoría para dar solución a problemas prácticos.</li> <li>• <b>Según su carácter:</b> Es investigación Experimental ya que trabaja con muestras manipuladas mediante la realización de ensayos.</li> <li>• <b>Según su naturaleza:</b> Es investigación cuantitativa, puesto que implica obtener los datos mediante el uso de laboratorio y el posterior análisis de los mismos.</li> <li>• <b>Según el alcance:</b> El alcance es correlacional, ya que es un estudio que se enfoca en examinar la relación existente entre dos o más variables.</li> <li>• <b>Según la orientación que asume:</b> Investigación orientada a la aplicación ya que va dirigida a la adquisición de conocimientos con el propósito de dar respuesta a problemas concretos.</li> </ul>	<p>El diseño es correlacional experimental debido a que se observara la influencia entre las dos variables en una misma población, como lo podemos ver en el siguiente diagrama:</p>  <p>M = Residuos de concreto de construcción y demolición.  O1 = Propiedades físico - mecánicas.  O2 = Agregado reciclado de concreto.  r = Relación entre las dos Variables.</p>	<p>La población coincide con la muestra. La muestra de material utilizada fue obtenida de los residuos de concreto de construcción y demolición (RCD) del relleno sanitario de la provincia de Cajamarca.</p>	<p>La <b>técnica</b> de la investigación fue de observación, llevamos a cabo los ensayos mediante el proceso de observación y ejecución para la obtención los datos.  De igual forma en la presente investigación se utilizará como <b>instrumentos</b> para la recolección de datos a los protocolos para los ensayos de laboratorio.</p>

**ANEXO N° 04: Protocolos de ensayo al material de agregado reciclado**

LABORATORIO DE SUELOS – UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
ENSAYO	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO MEDIANTE TAMIZADO EN SECO		NÚMERO DE PROTOCOLO:
NORMA	ASTM D 1241 – ASTM D 422		
TESIS	RECICLADO DE CONCRETO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE BASES EN LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTOS		
CANTIDAD DE MUESTRA:		RESPONSABLE:	
TIPO DE MATERIAL:	Agr. Reciclado	REVISADO POR:	
FECHA DE ENSAYO:			
HORA DE ENSAYO:			

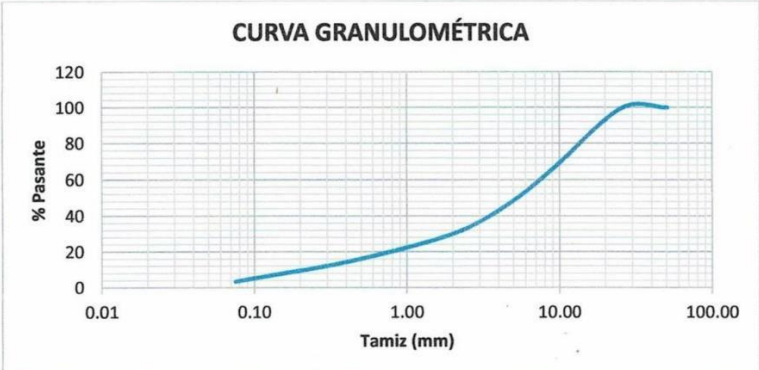
PESO MUESTRA SECA (gr) =	3985.10
--------------------------	---------

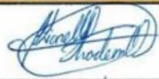
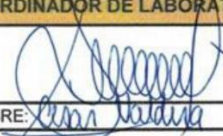

GRANULOMETRÍA POR TAMIZADO EN SECO						
N°	TAMIZ mm.	PESO RETENIDO (gr)	PESO RETENIDO CORREGIDO (gr)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
2"	50.80	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.40	17.20	17.92	0.45	0.45	99.55
3/8"	9.50	1267.70	1268.42	31.83	32.28	67.72
N° 04	4.75	810.20	810.92	20.35	52.63	47.37
N° 10	2.00	687.30	688.02	17.26	69.89	30.11
N° 40	0.425	606.60	607.32	15.24	85.13	14.87
N° 200	0.075	453.40	454.12	11.40	96.53	3.47
Bandeja		138.40	138.40	3.47	100.00	0.00
<b>TOTAL</b>		3980.80	3985.10			

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



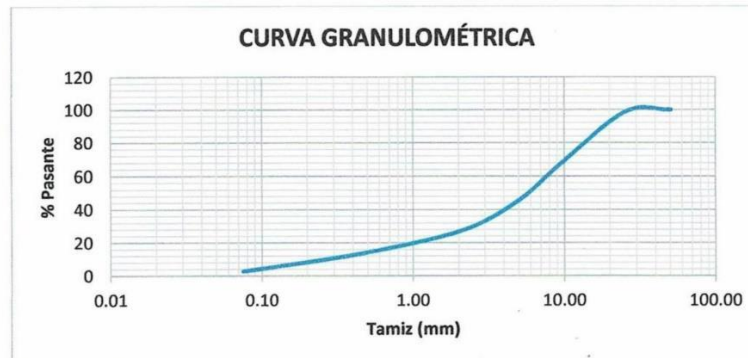
  

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR DE TESIS
		
NOMBRE: <i>Giselle Martínez Ocharán</i>	NOMBRE: <i>Taico Lezama</i>	NOMBRE: <i>Luzmila M. Morúa Guillán</i>
FECHA:	FECHA:	FECHA: <small>INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 98703</small>

<b>LABORATORIO DE SUELOS – UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA</b>			
<b>PROTOCOLO</b>			
<b>ENSAYO</b>	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO MEDIANTE TAMIZADO EN SECO		<b>NÚMERO DE PROTOCOLO:</b>
<b>NORMA</b>	ASTM D 1241 – ASTM D 422		
<b>TESIS</b>	RECICLADO DE CONCRETO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE BASES EN LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTOS		
CANTIDAD DE MUESTRA:		RESPONSABLE:	
TIPO DE MATERIAL:	Agr. Reciclado	REVISADO POR:	
FECHA DE ENSAYO:			
HORA DE ENSAYO:			

**PESO MUESTRA SECA (gr) =** 3392.70


GRANULOMETRÍA POR TAMIZADO EN SECO						
Nº	TAMIZ mm.	PESO RETENIDO (gr)	PESO RETENIDO CORREGIDO (gr)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
2"	50.80	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.40	41.70	41.98	1.24	1.24	98.76
3/8"	9.50	1059.40	1059.68	31.23	32.47	67.53
Nº 04	4.75	790.20	790.48	23.30	55.77	44.23
Nº 10	2.00	588.30	588.58	17.35	73.12	26.88
Nº 40	0.425	466.50	466.78	13.76	86.88	13.12
Nº 200	0.075	349.20	349.48	10.30	97.18	2.82
Bandeja		95.70	95.70	2.82	100.00	0.00
<b>TOTAL</b>		3391.00	3392.70			



**OBSERVACIONES:**

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR DE TESIS
		
NOMBRE: Gisella Martínez Ocharán	NOMBRE: Taico Lezama	NOMBRE: ..... INGENIERO CIVIL Reg. CIP. N° 98765
FECHA:	FECHA:	FECHA:



 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>LABORATORIO DE SUELOS – UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA</b>		
	<b>PROTOCOLO</b>		
	<b>ENSAYO</b>	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO MEDIANTE TAMIZADO EN SECO	<b>NÚMERO DE PROTOCOLO:</b>
	<b>NORMA</b>	ASTM D 1241 – ASTM D 422	
<b>TESIS</b>	RECICLADO DE CONCRETO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE BASES EN LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTOS		
CANTIDAD DE MUESTRA:			RESPONSABLE:
TIPO DE MATERIAL:		Agr. Reciclado	REVISADO POR:
FECHA DE ENSAYO:			
HORA DE ENSAYO:			

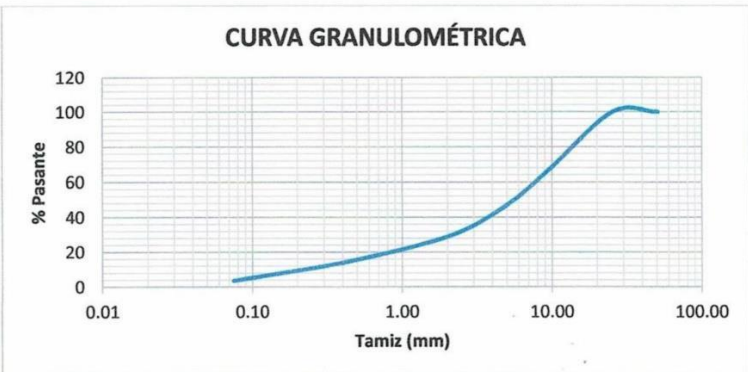
<b>PESO MUESTRA SECA (gr) =</b>	3112.07
---------------------------------	---------




GRANULOMETRÍA POR TAMIZADO EN SECO						
N°	TAMIZ mm.	PESO RETENIDO (gr)	PESO RETENIDO CORREGIDO (gr)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
2"	50.80	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.40	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.50	1030.39	1030.98	33.13	33.13	66.87
N° 04	4.75	656.81	657.40	21.12	54.25	45.75
N° 10	2.00	520.09	520.68	16.73	70.98	29.02
N° 40	0.425	452.19	452.78	14.55	85.53	14.47
N° 200	0.075	334.50	335.09	10.77	96.30	3.70
Bandeja		115.14	115.14	3.70	100.00	0.00
<b>TOTAL</b>		3109.12	3112.07			

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



<b>OBSERVACIONES:</b>		
<b>RESPONSABLE DEL ENSAYO</b>	<b>COORDINADOR DE LABORATORIO</b>	<b>ASESOR DE TESIS</b>
		
NOMBRE: Silvana Taico Lezama	NOMBRE: Jorge Hoyos Martinez	NOMBRE: Lizbeth M. Herrera Guillardi
FECHA:	FECHA:	FECHA:

<b>LABORATORIO DE SUELOS – UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA</b>			
<b>PROTOCOLO</b>			
<b>ENSAYO</b>	PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS EN AGREGADOS		<b>NÚMERO DE PROTOCOLO:</b>
<b>NORMA</b>	MTC E223 – ASTM D4791		
<b>TESIS</b>	RECICLADO DE CONCRETO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE BASES EN LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTOS		
CANTIDAD DE MUESTRA:		RESPONSABLE:	
TIPO DE MATERIAL:	Agr. Reciclado	REVISADO POR:	
FECHA DE ENSAYO:			
HORA DE ENSAYO:			

MUESTRA TOTAL # 01 126 Unidades

Tamaño	N° Partículas Chatas	N° Partículas Alargadas	N° Partículas que cumplen ambos criterios	N° Partículas que no cumplen ningún criterio	N° Total de Elementos
1"	2	0	0	1	3
3/4"	9	0	0	9	18
1/2"	18	0	2	38	58
3/8"	22	0	4	21	47
<b>% Partículas Chatas y Alargadas</b>			4.76%		

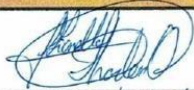
MUESTRA TOTAL # 02 110 Unidades

Tamaño	N° Partículas Chatas	N° Partículas Alargadas	N° Partículas que cumplen ambos criterios	N° Partículas que no cumplen ningún criterio	N° Total de Elementos
1"	1	0	0	0	1
3/4"	6	0	0	12	18
1/2"	18	0	0	27	45
3/8"	28	1	3	14	46
<b>% Partículas Chatas y Alargadas</b>			2.73%		

MUESTRA TOTAL # 03 133 Unidades

Tamaño	N° Partículas Chatas	N° Partículas Alargadas	N° Partículas que cumplen ambos criterios	N° Partículas que no cumplen ningún criterio	N° Total de Elementos
1"	0	0	0	0	0
3/4"	15	0	0	20	35
1/2"	17	0	1	34	52
3/8"	16	0	4	26	46
<b>% Partículas Chatas y Alargadas</b>			3.76%		

**% PROM PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS = 2.80%**

<b>OBSERVACIONES:</b>		
<b>RESPONSABLE DEL ENSAYO</b>	<b>COORDINADOR DE LABORATORIO</b>	<b>ASESOR DE TESIS</b>
		
NOMBRE: <i>Gizabella Martinez Ocharan</i>	NOMBRE: <i>Cesar Lezama</i>	NOMBRE: .....
FECHA:	FECHA:	FECHA: .....

LABORATORIO DE SUELOS – UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
ENSAYO	ABRASIÓN	NÚMERO DE PROTOCOLO:	
NORMA	MTC E 207 – ASTM D 4060		
TESIS	RECICLADO DE CONCRETO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE BASES EN LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTOS		
CANTIDAD DE MUESTRA:		RESPONSABLE:	
TIPO DE MATERIAL:	Agr. Reciclado	REVISADO POR:	
FECHA DE ENSAYO:			
HORA DE ENSAYO:			

TMN	3/4"
GRADACIÓN	B
CARGA ABRASIVA (N° de esferas de acero)	11

**MUESTRA # 01**

Tamaño	Peso Muestra Inicial (g)	Peso Retenido en tamiz N° 12 (g)	Desgaste (%)
1/2"	2500.6	3438.6	31.26
3/8"	2501.9		
	5002.5		

**MUESTRA # 02**

Tamaño	Peso Muestra Inicial (g)	Peso Retenido en tamiz N° 12 (g)	Desgaste (%)
1/2"	2501.0	3482.4	30.37
3/8"	2500.1		
	5001.1		



**MUESTRA # 03**

Tamaño	Peso Muestra Inicial (g)	Peso Retenido en tamiz N° 12 (g)	Desgaste (%)
1/2"	2500.1	3231.4	35.38
3/8"	2500.9		
	5001.0		

**% DESGASTE PROMEDIO = 32.30**

<b>OBSERVACIONES:</b>		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR DE TESIS
		
NOMBRE: Silvana Taico Lezama	NOMBRE: Jorge Hoyos Martinez	NOMBRE:
FECHA:	FECHA:	FECHA:

<b>LABORATORIO DE SUELOS – UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA</b>			
<b>PROTOCOLO</b>			
<b>ENSAYO</b>	LÍMITES DE PLASTICIDAD	<b>NÚMERO DE PROTOCOLO:</b>	
<b>NORMA</b>	MTC E 111 – ASTM D 4318		
<b>TESIS</b>	RECICLADO DE CONCRETO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE BASES EN LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTOS		
CANTIDAD DE MUESTRA:		RESPONSABLE:	
TIPO DE MATERIAL:	Agr. Reciclado	REVISADO POR:	
FECHA DE ENSAYO:			
HORA DE ENSAYO:			




**MUESTRA # 01**

DETERMINACIÓN LÍMITE LÍQUIDO (LL)				
DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3
Suelo Húmedo + Recipiente	g	47.36	57.88	52.04
Suelo Seco + Recipiente	g	43.00	50.30	46.70
Peso de Recipiente	g	26.59	26.50	26.64
Peso del Agua	g	4.36	7.58	5.34
Peso del Suelo Seco	g	16.41	23.80	20.06
Número de Golpes	#	15	13	10
Contenido de Humedad	%	26.57	31.85	26.62
LÍMITE LÍQUIDO	-	24.98	29.43	23.83
<b>LL TOTAL</b>	-	<b>26</b>		

**MUESTRA # 02**

DETERMINACIÓN LÍMITE LÍQUIDO (LL)				
DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3
Suelo Húmedo + Recipiente	g	56.54	61.51	62.70
Suelo Seco + Recipiente	g	52.10	55.80	56.80
Peso de Recipiente	g	35.17	35.22	35.80
Peso del Agua	g	4.44	5.71	5.90
Peso del Suelo Seco	g	16.93	20.58	21.00
Número de Golpes	#	17	10	6
Contenido de Humedad	%	26.23	27.75	28.10
LÍMITE LÍQUIDO	-	25.03	24.83	23.64
<b>LL TOTAL</b>	-	<b>25</b>		

**OBSERVACIONES:**

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR DE TESIS
		
NOMBRE: <i>Girelda Martinez Ocharan</i>	NOMBRE: <i>Taico Lezama</i>	NOMBRE: <i>Lizbeth M. Merino Gollardo</i> <small>INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 89783</small>
FECHA:	FECHA:	FECHA:

LABORATORIO DE SUELOS – UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
ENSAYO	LÍMITES DE PLASTICIDAD	NÚMERO DE PROTOCOLO:	
NORMA	MTC E 111 – ASTM D 4318		
TESIS	RECICLADO DE CONCRETO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE BASES EN LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTOS		
CANTIDAD DE MUESTRA:		RESPONSABLE:	
TIPO DE MATERIAL:	Agr. Reciclado	REVISADO POR:	
FECHA DE ENSAYO:			
HORA DE ENSAYO:			

**MUESTRA # 03**

DETERMINACIÓN LÍMITE LÍQUIDO (LL)				
DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3
Suelo Húmedo + Recipiente	g	60.80	62.00	69.30
Suelo Seco + Recipiente	g	55.60	56.90	62.10
Peso de Recipiente	g	36.20	38.80	38.30
Peso del Agua	g	5.20	5.10	7.20
Peso del Suelo Seco	g	19.40	18.10	23.80
Número de Golpes	#	14	9	5
Contenido de Humedad	%	26.80	28.18	30.25
LÍMITE LÍQUIDO	-	24.99	24.90	24.90
<b>LL TOTAL</b>	-		<b>25</b>	

<b>PROM LL = 25</b>
---------------------

DETERMINACIÓN LÍMITE PLÁSTICO (LP)	
Límite Plástico (LP) =	NP

**OBSERVACIONES:**

En el caso de que el Límite Líquido o Límite Plástico no puedan ser determinados el índice de plasticidad será registrado con la abreviatura de NP (No Plástico)

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR DE TESIS
		
NOMBRE: Gianella Martinez Ocharan	NOMBRE: Taico Lezama	NOMBRE: Norma Gallardo
FECHA:	FECHA:	FECHA:

<b>LABORATORIO DE SUELOS – UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA</b>			
<b>PROTOCOLO</b>			
<b>ENSAYO</b>	PORCENTAJE DE PARTÍCULAS FRACTURADAS	<b>NÚMERO DE PROTOCOLO:</b>	
<b>NORMA</b>	MTC E210 – ASTM D5821		
<b>TESIS</b>	RECICLADO DE CONCRETO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE BASES EN LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTOS		
CANTIDAD DE MUESTRA:		RESPONSABLE:	
TIPO DE MATERIAL:	Agr. Reciclado	REVISADO POR:	
FECHA DE ENSAYO:			
HORA DE ENSAYO:			

**MUESTRA TOTAL # 01 = 1555.67 g**

TAMAÑO	F1 (g)	F2 (g)	N (g)	P1 (%)	P2 (%)
1"	43.25	43.25	0.00	100.00	100.00
3/4"	304.64	263.69	0.00	100.00	100.00
1/2"	796.18	686.86	56.38	93.39	92.41
3/8"	322.00	269.41	33.22	90.65	89.02
<b>% TOTAL PARTÍCULAS DE CARAS FRACTURADAS =</b>				<b>96.01</b>	<b>95.36</b>

**MUESTRA TOTAL # 02 = 1699.93 g**

TAMAÑO	F1 (g)	F2 (g)	N (g)	P1 (%)	P2 (%)
1"	46.30	46.30	0.00	100.00	100.00
3/4"	283.04	246.49	11.12	96.22	95.68
1/2"	1075.54	950.51	35.88	96.77	96.36
3/8"	232.51	207.43	15.54	93.74	93.03
<b>% TOTAL PARTÍCULAS DE CARAS FRACTURADAS =</b>				<b>96.68</b>	<b>96.27</b>

**MUESTRA TOTAL # 03 = 1507.57 g**

TAMAÑO	F1 (g)	F2 (g)	N (g)	P1 (%)	P2 (%)
1"	63.53	63.53	0.00	100.00	100.00
3/4"	302.10	274.43	24.42	92.52	91.83
1/2"	797.86	637.02	74.39	91.47	89.54
3/8"	237.36	202.74	7.91	96.77	96.24
<b>% TOTAL PARTÍCULAS DE CARAS FRACTURADAS =</b>				<b>95.19</b>	<b>94.40</b>





**% PROM PARTÍCULAS CON UNA CARA FRACTURADA = 96.0**  
**% PROM PARTÍCULAS CON DOS CARAS FRACTURADAS = 95.3**

**OBSERVACIONES:**

F1 = Cantidad de partículas con 1 cara fracturada  
 F2 = Cantidad de partículas con 2 caras fracturadas  
 P1 = % de partículas con 1 cara fracturada  
 P2 = % de partículas con 2 caras fracturadas  
 N = Cantidad de partículas en la categoría de no fracturadas

$$P = \frac{F}{(F + N)} \times 100$$




RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESORA DE TESIS
		
NOMBRE: <i>Gianella Martinez Ocharan</i>	NOMBRE: <i>Taico Lezama</i>	NOMBRE: <i>Zaira M. Torres</i>
FECHA:	FECHA:	FECHA: <i>2023/08/01</i>

LABORATORIO DE SUELOS – UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA																													
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	PROTOCOLO																												
	ENSAYO	EQUIVALENTE DE ARENA	NÚMERO DE PROTOCOLO:																										
	NORMA	MTC E 114 – ASTM D 2419																											
	TESIS	RECICLADO DE CONCRETO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE BASES EN LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTOS																											
CANTIDAD DE MUESTRA:		RESPONSABLE:																											
TIPO DE MATERIAL:	Agr. Reciclado	REVISADO POR:																											
FECHA DE ENSAYO:																													
HORA DE ENSAYO:																													
$SE = (Lectura\ de\ arena / Lectura\ de\ Arcilla) \times 100$																													
<table border="1" style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">N° Muestra</th> <th style="width: 15%;">Hora de Lectura</th> <th style="width: 15%;">Lectura de Arena (pulg)</th> <th style="width: 15%;">Lectura de Arcilla (pulg)</th> <th style="width: 45%;">Arena Equivalente (SE)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">4:42 p. m.</td> <td style="text-align: center;">3.10</td> <td style="text-align: center;">5.15</td> <td style="text-align: center;">61.00</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">4:45 p. m.</td> <td style="text-align: center;">3.50</td> <td style="text-align: center;">6.00</td> <td style="text-align: center;">59.00</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">3</td> <td style="text-align: center;">4:47 p. m.</td> <td style="text-align: center;">3.30</td> <td style="text-align: center;">5.81</td> <td style="text-align: center;">57.00</td> </tr> <tr> <td colspan="4" style="text-align: center;"><b>ARENA EQUIVALENTE TOTAL (%) =</b></td> <td style="text-align: center;"><b>59.00</b></td> </tr> </tbody> </table>					N° Muestra	Hora de Lectura	Lectura de Arena (pulg)	Lectura de Arcilla (pulg)	Arena Equivalente (SE)	1	4:42 p. m.	3.10	5.15	61.00	2	4:45 p. m.	3.50	6.00	59.00	3	4:47 p. m.	3.30	5.81	57.00	<b>ARENA EQUIVALENTE TOTAL (%) =</b>				<b>59.00</b>
N° Muestra	Hora de Lectura	Lectura de Arena (pulg)	Lectura de Arcilla (pulg)	Arena Equivalente (SE)																									
1	4:42 p. m.	3.10	5.15	61.00																									
2	4:45 p. m.	3.50	6.00	59.00																									
3	4:47 p. m.	3.30	5.81	57.00																									
<b>ARENA EQUIVALENTE TOTAL (%) =</b>				<b>59.00</b>																									
<b>OBSERVACIONES:</b>  																													
<b>RESPONSABLE DEL ENSAYO</b>		<b>COORDINADOR DE LABORATORIO</b>		<b>ASESOR DE TESIS</b>																									
																													
NOMBRE: Silvana Taico Lezama		NOMBRE: Jorge Hoyos Martinez		NOMBRE:																									
FECHA:		FECHA:		FECHA:																									

<b>LABORATORIO DE SUELOS – UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA</b>			
<b>PROTOCOLO</b>			
<b>ENSAYO</b>	COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO		<b>NÚMERO DE PROTOCOLO:</b>
<b>NORMA</b>	MTC E 115 – ASTM D 1557		
<b>TESIS</b>	RECICLADO DE CONCRETO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE BASES EN LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTOS		
CANTIDAD DE MUESTRA:		RESPONSABLE:	
TIPO DE MATERIAL:	Arg. Reciclado	REVISADO POR:	
FECHA DE ENSAYO:			
HORA DE ENSAYO:			

<b>COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO</b>										
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1		2		3		4	
A	Peso Molde	gr	6561.00		6560.00		6556.00		6558.00	
B	Peso Muestra Húmeda + Molde	gr	10925.00		11080.00		11275.00		11202.00	
C	Peso Muestra Húmeda (B-A)	gr	4364.00		4520.00		4719.00		4644.00	
D	Volumen Muestra húmeda	cm3	2104.92		2104.92		2104.92		2104.92	
F	Densidad húmeda; (Dh=C/D)	g/cm3	2.07		2.15		2.24		2.21	
G	Recipiente	N°	a	b	a	b	a	b	a	b
H	Peso Recipiente	gr	26.82	27.25	26.82	27.25	26.75	26.76	26.79	27.17
I	Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	150.25	151.14	155.12	157.98	156.10	160.84	177.40	149.09
J	Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	141.22	143.03	144.89	147.69	142.18	148.57	156.18	137.00
K	Peso del Agua (I-H-L)	gr	9.03	8.11	10.23	10.29	13.92	12.27	21.22	12.09
L	Peso Muestra seca (J-H)	gr	114.40	115.78	118.07	120.44	115.43	121.81	129.39	109.83
M	Contenido de Humedad (W%=(K/L) * 100)	%	7.89	7.00	8.66	8.54	12.06	10.07	16.40	11.01
N	Promedio Contenido de humedad Óptimo	%	7.45		8.60		11.07		13.70	
O	Densidad Seca Máxima; Ds	g/cm3	1.93		1.98		2.02		1.94	




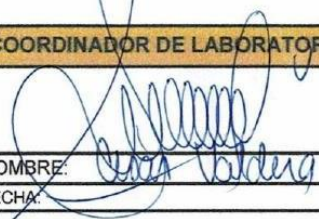
<b>OBSERVACIONES:</b>		
<b>RESPONSABLE DEL ENSAYO</b>	<b>COORDINADOR DE LABORATORIO</b>	<b>ASESOR DE TESIS</b>
		
NOMBRE: <i>Gianella Martínez Ocharán</i>	NOMBRE: <i>S. Taico Lezama</i>	NOMBRE: <i>M. Norma C. Barrón</i>
FECHA:	FECHA:	FECHA: <i>10/07/2020</i>



<b>LABORATORIO DE SUELOS – UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA</b>			
<b>PROTOCOLO</b>			
<b>ENSAYO</b>	COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO	<b>NÚMERO DE PROTOCOLO:</b>	
<b>NORMA</b>	MTC E 115 – ASTM D 1557		
<b>TESIS</b>	RECICLADO DE CONCRETO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE BASES EN LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTOS		
CANTIDAD DE MUESTRA:		RESPONSABLE:	
TIPO DE MATERIAL:	Arg. Reciclado	REVISADO POR:	
FECHA DE ENSAYO:			
HORA DE ENSAYO:			

<b>COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO</b>										
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1		2		3		4	
A	Peso Molde	gr	6556.00	6557.00	6556.00	6560.00				
B	Peso Muestra Húmeda + Molde	gr	10973.00	11185.00	11239.00	11230.00				
C	Peso Muestra Húmeda (B-A)	gr	4417.00	4628.00	4683.00	4670.00				
D	Volumen Muestra húmeda	cm3	2104.92	2104.92	2104.92	2104.92				
F	Densidad húmeda; (Dh=C/D)	g/cm3	2.10	2.20	2.22	2.22				
G	Recipiente	N°	a	b	a	b	a	b	a	b
H	Peso Recipiente	gr	26.83	26.63	27.61	27.23	26.79	27.90	26.85	27.21
I	Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	143.23	143.00	143.28	143.20	139.66	144.06	147.93	144.20
J	Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	134.81	135.01	132.23	133.15	126.45	132.75	132.13	133.25
K	Peso del Agua (I-H-L)	gr	8.42	7.99	11.05	10.05	13.21	11.31	15.80	10.95
L	Peso Muestra seca (J-H)	gr	107.98	108.38	104.62	105.92	99.66	104.85	105.28	106.04
M	Contenido de Humedad (W% = (K/L) * 100)	%	7.80	7.37	10.56	9.49	13.26	10.79	15.01	10.33
N	Promedio Contenido de humedad Óptimo	%	7.58		10.03		12.02		12.67	
O	Densidad Seca Máxima; Ds	g/cm3	1.95		2.00		1.99		1.97	



<b>OBSERVACIONES:</b>		
<b>RESPONSABLE DEL ENSAYO</b>	<b>COORDINADOR DE LABORATORIO</b>	<b>ASESOR DE TESIS</b>
		
NOMBRE: Gracela Martínez Ocharán	NOMBRE: Taico Lezama	NOMBRE: L. J. A. Alvarado Gattardo
FECHA:	FECHA:	FECHA: 11/05/2023 Reg. CIP Nº 98783


<b>LABORATORIO DE SUELOS – UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA</b>			
<b>PROTOCOLO</b>			
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>ENSAYO</b>	COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO	<b>NÚMERO DE PROTOCOLO:</b>
	<b>NORMA</b>	MTC E 115 – ASTM D 1557	
	<b>TESIS</b>	RECICLADO DE CONCRETO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE BASES EN LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTOS	
<b>CANTIDAD DE MUESTRA:</b>		<b>RESPONSABLE:</b>	
<b>TIPO DE MATERIAL:</b>	Agr. Reciclado	<b>REVISADO POR:</b>	
<b>FECHA DE ENSAYO:</b>			
<b>HORA DE ENSAYO:</b>			

<b>COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO</b>										
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1		2		3		4	
A	Peso Molde	gr	6556.00	6556.00	6560.00	6560.00	6560.00	6560.00	6560.00	6560.00
B	Peso Muestra Húmeda + Molde	gr	10955.28	11123.68	11123.68	11253.97	11253.97	11253.97	11211.87	11211.87
C	Peso Muestra Húmeda (B-A)	gr	4399.28	4567.68	4567.68	4693.97	4693.97	4693.97	4651.87	4651.87
D	Volumen Muestra húmeda	cm <sup>3</sup>	2104.92	2104.92	2104.92	2104.92	2104.92	2104.92	2104.92	2104.92
F	Densidad húmeda; (Dh=C/D)	g/cm <sup>3</sup>	2.09	2.17	2.17	2.23	2.23	2.23	2.21	2.21
G	<b>Recipiente</b>	<b>N°</b>	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>a</b>	<b>b</b>
H	Peso Recipiente	gr	26.83	26.94	27.22	27.24	26.77	27.33	26.82	27.19
I	Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	146.84	147.07	149.20	150.59	147.77	152.55	162.67	146.65
J	Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	138.02	139.02	138.56	140.42	134.32	140.66	144.16	135.13
K	Peso del Agua (I-H-L)	gr	8.82	8.05	10.64	10.17	13.45	11.89	18.51	11.52
L	Peso Muestra seca (J-H)	gr	111.19	112.08	111.34	113.18	107.55	113.33	117.34	107.94
M	Contenido de Humedad (W% = (K/L) * 100)	%	7.93	7.18	9.56	8.99	12.51	10.49	15.77	10.67
N	Promedio Contenido de humedad Óptimo	%	7.56		9.27		11.50		13.22	
O	Densidad Seca Máxima; D <sub>s</sub>	g/cm <sup>3</sup>	1.94		1.99		2.00		1.95	



**OBSERVACIONES:**

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR DE TESIS
		
NOMBRE: Silvana Taico Lezama	NOMBRE: Luis Caldera	NOMBRE: Lizbeth M. Merma Gallardo
FECHA:	FECHA:	FECHA: INGENIERO CIVIL REG. CIP. N° 98793

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>LABORATORIO DE SUELOS – UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA</b>							
	<b>PROTOCOLO</b>							
	<b>ENSAYO</b>	CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR					<b>NÚMERO DE PROTOCOLO:</b>	
	<b>NORMA</b>	MTC E 115 – ASTM D 1557						
<b>TESIS</b>	RECICLADO DE CONCRETO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE BASES EN LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTOS							
CANTIDAD DE MUESTRA:				RESPONSABLE:				
TIPO DE MATERIAL:		Agr. Reciclado		REVISADO POR:				
FECHA DE ENSAYO:								
HORA DE ENSAYO:								

CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR							
DESCRIPCIÓN	UND	1		2		3	
N° Capas		5		5		5	
N° Golpes por Capa		13		26		55	
Condición de Muestra		Antes de Saturar	Saturado	Antes de Saturar	Saturado	Antes de Saturar	Saturado
Peso Molde	gr	8302.00	8302.00	7193.00	7193.00	7977.00	7977.00
Peso Muestra húmeda + Molde	gr	13012.00	13171.00	11926.00	12064.00	12955.00	13008.00
Peso Muestra húmeda	gr	4710.00	4869.00	4733.00	4871.00	4978.00	5031.00
Volumen Muestra húmeda	cm3	2289.39		2289.39		2289.39	
Densidad húmeda ; Dh	g/cm3	2.06	2.13	2.07	2.13	2.17	2.20

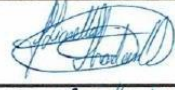
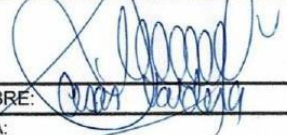
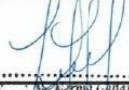
CONTENIDO DE HUMEDAD										
ENSAYO	N°	1- A	1-B	1-C	2-A	2-B	2-C	3-A	3-B	3-C
Peso Recipiente	gr	26.82	27.04	27.03	26.88	26.74	26.67	26.73	27.88	27.04
Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	162.63	169.32	129.31	198.57	194.18	123.76	137.85	159.71	127.29
Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	147.40	154.89	117.30	185.82	182.35	115.10	128.03	148.68	118.00
Peso del Agua	gr	15.23	14.43	12.01	12.75	11.83	8.66	9.82	11.03	9.29
Peso Muestra Seca	gr	120.58	127.85	90.27	158.94	155.61	88.43	101.30	120.80	90.96
Contenido de Humedad ; W%	%	12.63	11.29	13.30	8.02	7.60	9.79	9.69	9.13	10.21
Promedio Contenido de Humedad	%	11.96		13.30	7.81		9.79	9.41		10.21
Densidad Máxima Seca; Ds	g/cm3	1.84		1.88	1.92		1.94	1.98		2.00

ENSAYO DE HINCHAMIENTO										
TIEMPO ACUMULADO		MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
		Lectura	Hinchamiento		Lectura	Hinchamiento		Lectura	Hinchamiento	
Horas	Días	Deforma	mm	%	Deforma	mm	%	Deforma	mm	%
0	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
24	1	0.001	0.0254	0.020	0.001	0.0254	0.020	0.001	0.0254	0.020
48	2	0.001	0.0254	0.020	0.001	0.0254	0.020	0.001	0.0254	0.020
72	3	0.001	0.0254	0.020	0.001	0.0254	0.020	0.001	0.0254	0.020
96	4	0.001	0.0254	0.020	0.001	0.0254	0.020	0.001	0.0254	0.020

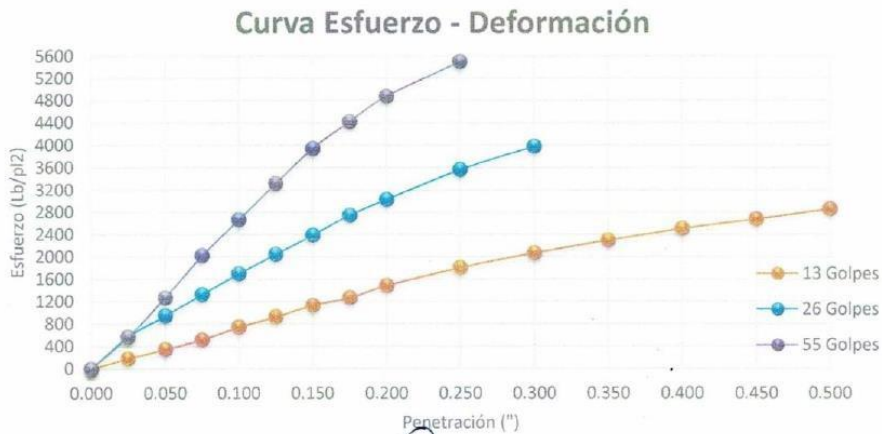
  

**MATERIAL NO EXPANSIVO**

<b>OBSERVACIONES:</b>		
<b>RESPONSABLE DEL ENSAYO</b>	<b>COORDINADOR DE LABORATORIO</b>	<b>ASESOR DE TESIS</b>
		
NOMBRE: <i>Gianella Martínez Ocharán</i>	NOMBRE: <i>Taico Lezama</i>	NOMBRE: <i>Gianella Martínez Ocharán</i>
FECHA:	FECHA:	FECHA:

<b>LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA</b>			
<b>PROTOCOLO</b>			
<b>ENSAYO</b>	CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR	<b>NÚMERO DE PROTOCOLO:</b>	
<b>NORMA</b>	MTC E 115 - ASTM D 1557		
<b>TESIS</b>	RECICLADO DE CONCRETO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE BASES EN LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTOS		
<b>CANTIDAD DE MUESTRA:</b>		<b>RESPONSABLE:</b>	
<b>TIPO DE MATERIAL:</b>	Agr. Reciclado	<b>REVISADO POR:</b>	
<b>FECHA DE ENSAYO:</b>			
<b>HORA DE ENSAYO:</b>			

CARGA - PENETRACIÓN													
PENETRACIÓN		MOLDE N° 01				MOLDE N° 02				MOLDE N° 03			
		Lectura	Carga	Esfuerzo		Lectura	Carga	Esfuerzo		Lectura	Carga	Esfuerzo	
mm	Pulg		kg	kg/cm2	Lb/pl2		kg	kg/cm2	Lb/pl2		kg	kg/cm2	Lb/pl2
0.00	0.000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.64	0.025	0.0080	255.7002	13.0227	185.2258	0.0256	794.0149	40.4388	575.1732	0.0253	784.8558	39.9724	568.5394
1.27	0.050	0.0153	479.2207	24.4065	347.1410	0.0424	1305.9993	66.5140	946.0486	0.0572	1755.5267	89.4082	1271.6797
1.90	0.075	0.0232	720.7259	36.7063	522.0847	0.0598	1834.3520	93.4228	1328.7805	0.0915	2791.9123	142.1909	2022.4238
2.54	0.100	0.0333	1028.9001	52.4015	745.3223	0.0767	2345.6551	119.4632	1699.1609	0.1212	3683.1849	187.5831	2668.0507
3.17	0.125	0.0416	1281.6603	65.2744	928.4174	0.0926	2825.0237	143.8773	2046.4100	0.1514	4583.6354	233.4426	3320.3241
3.81	0.150	0.0508	1561.3096	79.5168	1130.9913	0.1084	3299.7642	168.0556	2390.3052	0.1803	5439.8234	277.0479	3940.5354
4.45	0.175	0.0571	1752.4941	89.2538	1269.4836	0.1248	3790.8318	193.0855	2746.0285	0.2026	6096.8029	310.5076	4416.4427
5.08	0.200	0.0671	2055.4365	104.6825	1488.9306	0.1381	4187.8034	213.2831	3033.5895	0.2241	6727.1805	342.6125	4873.0804
6.35	0.250	0.0817	2496.5755	127.1495	1808.4855	0.1629	4924.9776	250.8270	3567.5877	0.2538	7593.0831	386.7125	5500.3279
7.62	0.300	0.0937	2858.1274	145.5632	2070.3891	0.1821	5492.9720	279.7548	3979.0364				
8.89	0.350	0.1043	3176.7266	161.7894	2301.1792								
10.16	0.400	0.1139	3464.6446	176.4529	2509.7425								
11.43	0.450	0.1218	3701.1319	188.4971	2681.0508								
12.70	0.500	0.1302	3952.1457	201.2811	2862.8815								



**OBSERVACIONES:**

<b>RESPONSABLE DEL ENSAYO</b>	<b>COORDINADOR DE LABORATORIO</b>	<b>ASESOR DE TESIS</b>
NOMBRE: <i>Gianella Martínez Ocharán</i>	NOMBRE: <i>Taico Lezama</i>	NOMBRE: <i>W. Norberto Cullarón</i>
FECHA:	FECHA:	FECHA:

LABORATORIO DE SUELOS – UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA									
PROTOCOLO									
ENSAYO		CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR				NÚMERO DE PROTOCOLO:			
NORMA		MTC E 115 – ASTM D 1557							
TESIS		RECICLADO DE CONCRETO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE BASES EN LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTOS							
CANTIDAD DE MUESTRA:				RESPONSABLE:					
TIPO DE MATERIAL:		Agr. Reciclado		REVISADO POR:					
FECHA DE ENSAYO:									
HORA DE ENSAYO:									




CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR										
DESCRIPCIÓN	UND	1			2			3		
Nº Capas		5			5			5		
Nº Golpes por Capa		13			27			55		
Condición de Muestra		Antes de Saturar	Saturado	Antes de Saturar	Saturado	Antes de Saturar	Saturado	Antes de Saturar	Saturado	
Peso Molde	gr	7241.00	7241.00	7193.00	7193.00	7977.00	7977.00	7977.00	7977.00	
Peso Muestra húmeda + Molde	gr	11892.00	12010.00	11930.00	12024.00	12942.00	12959.00	12942.00	12959.00	
Peso Muestra húmeda	gr	4651.00	4769.00	4737.00	4831.00	4965.00	4982.00	4965.00	4982.00	
Volumen Muestra húmeda	cm3	2289.39			2289.39			2289.39		
Densidad húmeda ; Dh	g/cm3	2.03	2.08	2.07	2.11	2.17	2.18	2.17	2.18	
CONTENIDO DE HUMEDAD										
Ensayo	Nº	1- A	1-B	1-C	2-A	2-B	2-C	3-A	3-B	3-C
Peso Recipiente	gr	26.74	27.89	27.89	26.83	27.32	26.66	27.34	27.04	27.98
Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	150.89	149.73	159.37	138.22	137.85	137.04	148.62	151.78	154.62
Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	136.57	134.97	143.57	126.10	126.39	124.49	135.83	139.96	142.88
Peso del Agua	gr	14.32	14.76	15.80	12.12	11.46	12.55	12.79	11.82	11.74
Peso Muestra Seca	gr	109.83	107.08	115.68	99.27	99.07	97.83	108.49	112.92	114.90
Contenido de Humedad ; W%	%	13.04	13.78	13.66	12.21	11.57	12.83	11.79	10.47	10.22
Promedio Contenido de Humedad	%	13.41			11.89			11.13		
Densidad Máxima Seca; Ds	g/cm3	1.79			1.85			1.95		

ENSAYO DE HINCHAMIENTO										
TIEMPO ACUMULADO		MOLDE Nº 01			MOLDE Nº 02			MOLDE Nº 03		
Horas	Días	Lectura Deforma	Hinchamiento mm	Hinchamiento %	Lectura Deforma	Hinchamiento mm	Hinchamiento %	Lectura Deforma	Hinchamiento mm	Hinchamiento %
0	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
24	1	0.001	0.0254	0.020	0.001	0.0254	0.020	0.001	0.0254	0.020
48	2	0.001	0.0254	0.020	0.001	0.0254	0.020	0.001	0.0254	0.020
72	3	0.001	0.0254	0.020	0.001	0.0254	0.020	0.001	0.0254	0.020
96	4	0.001	0.0254	0.020	0.001	0.0254	0.020	0.001	0.0254	0.020

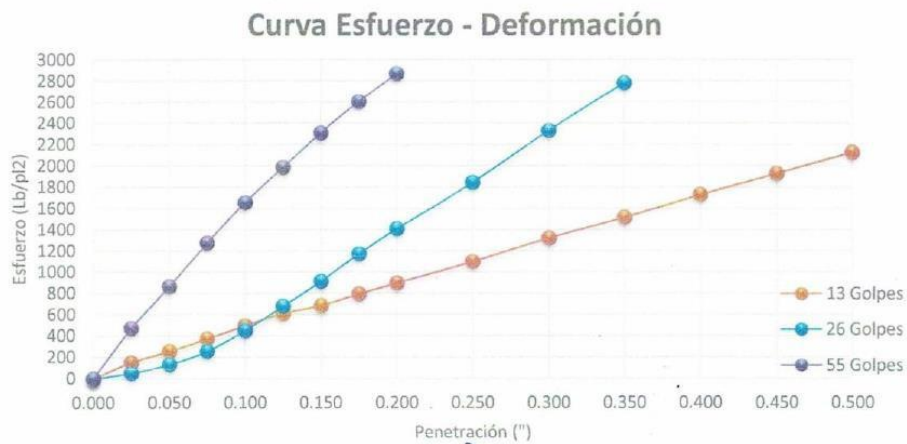
  

**MATERIAL NO EXPANSIVO**

<b>OBSERVACIONES:</b>		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR DE TESIS
		
NOMBRE: <i>Giordana Martinez Ocharan</i>	NOMBRE: <i>Taico Lezama</i>	NOMBRE: <i>L.I. ...</i>
FECHA:	FECHA:	FECHA:

	<b>LABORATORIO DE SUELOS – UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA</b>		
	<b>PROTOCOLO</b>		
	<b>ENSAYO</b>	CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR	<b>NÚMERO DE PROTOCOLO:</b>
	<b>NORMA</b>	MTC E 115 – ASTM D 1557	
<b>TESIS</b>	RECICLADO DE CONCRETO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE BASES EN LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTOS		
<b>CANTIDAD DE MUESTRA:</b>		<b>RESPONSABLE:</b>	
<b>TIPO DE MATERIAL:</b>	Agr. Reciclado	<b>REVISADO POR:</b>	
<b>FECHA DE ENSAYO:</b>			
<b>HORA DE ENSAYO:</b>			

CARGA - PENETRACIÓN													
PENETRACIÓN		MOLDE N° 01				MOLDE N° 02				MOLDE N° 03			
		Lectura	Carga	Esfuerzo		Lectura	Carga	Esfuerzo		Lectura	Carga	Esfuerzo	
mm	Pulg		kg	kg/cm2	Lb/pl2		kg	kg/cm2	Lb/pl2		kg	kg/cm2	Lb/pl2
0.00	0.000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.64	0.025	0.0065	209.7289	10.6814	151.9248	0.0020	71.7278	3.6531	51.9591	0.0209	650.4557	33.1274	471.1809
1.27	0.050	0.0112	353.7241	18.0150	256.2327	0.0056	182.1391	9.2763	131.9396	0.0388	1196.4414	60.9343	866.6868
1.90	0.075	0.0165	515.9309	26.2761	373.7329	0.0112	353.7241	18.0150	256.2327	0.0574	1761.5917	89.7171	1276.0732
2.54	0.100	0.0220	684.0674	34.8393	495.5298	0.0200	622.9494	31.7266	451.2569	0.0748	2288.2631	116.5403	1657.5876
3.17	0.125	0.0273	845.9055	43.0816	612.7625	0.0303	937.4318	47.7430	679.0630	0.0899	2743.7363	139.7373	1987.5255
3.81	0.150	0.0306	946.5812	48.2090	685.6911	0.0409	1260.3603	64.1896	912.9879	0.1047	3188.7350	162.4009	2309.8767
4.45	0.175	0.0355	1095.9400	55.8158	793.8849	0.0527	1618.9953	82.4548	1172.7794	0.1183	3596.4086	183.1636	2605.1908
5.08	0.200	0.0402	1239.0571	63.1047	897.5571	0.0635	1946.4514	99.1320	1409.9842	0.1305	3961.1020	201.7373	2869.3701
6.35	0.250	0.0494	1518.7894	77.3513	1100.1907	0.0834	2547.8517	129.7610	1845.6296				
7.62	0.300	0.0595	1825.2590	92.9597	1322.1937	0.1056	3215.7502	163.7768	2329.4466				
8.89	0.350	0.0684	2094.7716	106.5858	1517.4241	0.1265	3841.6361	195.6529	2782.8299				
10.16	0.400	0.0781	2387.9290	121.6162	1729.7837								
11.43	0.450	0.0872	2662.4019	135.5950	1928.6084								
12.70	0.500	0.0963	2936.3413	149.5466	2127.0462								



<b>OBSERVACIONES:</b>		
<b>RESPONSABLE DEL ENSAYO</b>	<b>COORDINADOR DE LABORATORIO</b>	<b>ASESOR DE TESIS</b>
<b>NOMBRE:</b> Granella Martínez Ocharán	<b>NOMBRE:</b> Taico Lezama	<b>NOMBRE:</b> L. J. ...
<b>FECHA:</b>	<b>FECHA:</b>	<b>FECHA:</b>

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA							
PROTOCOLO							
ENSAYO	CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR				NÚMERO DE PROTOCOLO:		
NORMA	MTC E 115 - ASTM D 1557						
TESIS	RECICLADO DE CONCRETO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE BASES EN LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTOS						
CANTIDAD DE MUESTRA:		RESPONSABLE:					
TIPO DE MATERIAL:	Agr. Reciclado		REVISADO POR:				
FECHA DE ENSAYO:							
HORA DE ENSAYO:							

CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR							
DESCRIPCIÓN	UND	1		2		3	
N° Capas		5		5		5	
N° Golpes por Capa		13		27		55	
Condición de Muestra		Antes de Saturar	Saturado	Antes de Saturar	Saturado	Antes de Saturar	Saturado
Peso Molde	gr	8301.00	8301.00	8030.00	8030.00	8244.00	8244.00
Peso Muestra húmeda + Molde	gr	12949.00	13092.00	12866.00	12970.00	13262.00	13285.00
Peso Muestra húmeda	gr	4648.00	4791.00	4836.00	4940.00	5018.00	5041.00
Volumen Muestra húmeda	cm3	2289.39		2289.39		2289.39	
Densidad húmeda ; Dh	g/cm3	2.03	2.09	2.11	2.16	2.19	2.20




CONTENIDO DE HUMEDAD										
Ensayo	N°	1- A	1- B	1- C	2- A	2- B	2- C	3- A	3- B	3- C
Peso Recipiente	gr	27.37	26.76	27.67	26.79	27.07	30.81	26.95	27.30	27.07
Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	128.48	157.29	155.76	165.03	147.86	152.50	173.95	167.99	135.35
Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	118.49	144.57	142.04	151.39	134.36	138.24	161.45	156.13	124.73
Peso del Agua	gr	9.99	12.72	13.72	13.64	13.50	14.26	12.50	11.86	10.62
Peso Muestra Seca	gr	91.12	117.81	114.38	124.60	107.29	107.43	134.50	128.83	97.66
Contenido de Humedad ; W%	%	10.96	10.80	12.00	10.95	12.58	13.27	9.29	9.21	10.87
Promedio Contenido de Humedad	%	10.88		12.00	11.77		13.27	9.25		10.87
Densidad Máxima Seca; Ds	g/cm3	1.83	1.87		1.89	1.91		2.00		1.98

ENSAYO DE HINCHAMIENTO										
TIEMPO ACUMULADO		MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
		Lectura	Hinchamiento		Lectura	Hinchamiento		Lectura	Hinchamiento	
Horas	Días	Deforma	mm	%	Deforma	mm	%	Deforma	mm	%
0	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
24	1	0.001	0.0254	0.020	0.001	0.0254	0.020	0.001	0.0254	0.020
48	2	0.001	0.0254	0.020	0.001	0.0254	0.020	0.001	0.0254	0.020
72	3	0.001	0.0254	0.020	0.001	0.0254	0.020	0.001	0.0254	0.020
96	4	0.001	0.0254	0.020	0.001	0.0254	0.020	0.001	0.0254	0.020

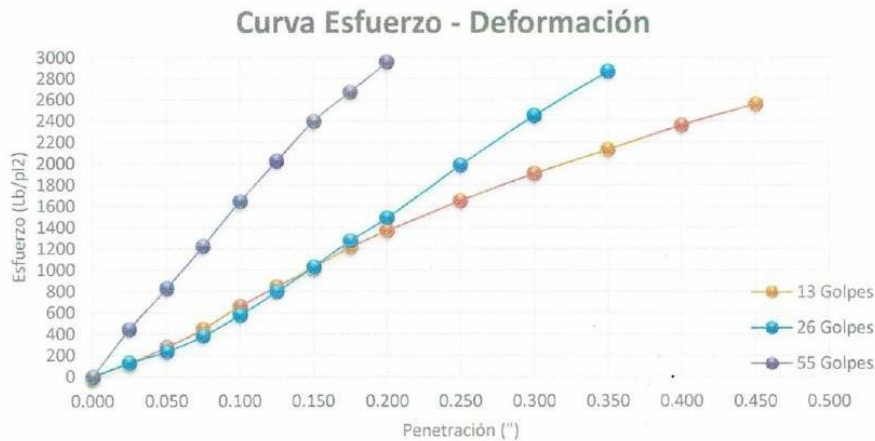
  

**MATERIAL NO EXPANSIVO**

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR DE TESIS
		
NOMBRE: <i>Gianella Martínez Ocharan</i>	NOMBRE: <i>Taico Lezama</i>	NOMBRE: .....
FECHA:	FECHA:	FECHA: <small>UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CALLE EMERSON C.M. MIGUEL CIPRIANO 1971</small>


<b>LABORATORIO DE SUELOS – UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA</b>			
<b>PROTOCOLO</b>			
<b>ENSAYO</b>	CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR	<b>NÚMERO DE PROTOCOLO:</b>	
<b>NORMA</b>	MTC E 115 – ASTM D 1557		
<b>TESIS</b>	RECICLADO DE CONCRETO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE BASES EN LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTOS		
<b>CANTIDAD DE MUESTRA:</b>		<b>RESPONSABLE:</b>	
<b>TIPO DE MATERIAL:</b>	Agr. Reciclado	<b>REVISADO POR:</b>	
<b>FECHA DE ENSAYO:</b>			
<b>HORA DE ENSAYO:</b>			

CARGA - PENETRACIÓN																	
PENETRACIÓN		MOLDE N° 01				MOLDE N° 02				MOLDE N° 03							
		Lectura	Carga		Esfuerzo		Lectura	Carga		Esfuerzo		Lectura	Carga		Esfuerzo		
mm	Pulg		kg	kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pl <sup>2</sup>		kg	kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pl <sup>2</sup>		kg	kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pl <sup>2</sup>		kg	kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pl <sup>2</sup>
0.00	0.000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.64	0.025	0.0055	179.0732	9.1201	129.7179	0.0056	182.1391	9.2763	131.9396	0.0197	613.7795	31.2595	444.6132				
1.27	0.050	0.0121	381.2814	19.4185	276.1952	0.0103	326.1615	16.6113	236.2675	0.037	1141.6311	58.1428	826.9825				
1.90	0.075	0.0198	616.8362	31.4152	446.8278	0.0168	525.1070	26.7435	380.3808	0.0551	1691.8283	86.1641	1225.5378				
2.54	0.100	0.0294	909.9800	46.3449	659.1774	0.0256	794.0149	40.4388	575.1732	0.0743	2273.1561	115.7709	1646.6442				
3.17	0.125	0.0378	1165.9938	59.3836	844.6308	0.0357	1102.0330	56.1261	798.2984	0.0915	2791.9123	142.1909	2022.4238				
3.81	0.150	0.0459	1412.4338	71.9347	1023.1488	0.0461	1418.5134	72.2443	1027.5524	0.1086	3305.7633	168.3611	2394.6504				
4.45	0.175	0.0546	1676.6578	85.3915	1214.5489	0.0574	1761.5917	89.7171	1276.0732	0.1214	3689.1675	187.8878	2672.3845				
5.08	0.200	0.0617	1891.9276	96.3551	1370.4875	0.0673	2061.4887	104.9908	1493.3156	0.1346	4083.4477	207.9683	2957.9955				
6.35	0.250	0.0747	2285.2418	116.3864	1655.3987	0.0899	2743.7363	139.7373	1987.5255								
7.62	0.300	0.0863	2635.2800	134.2137	1908.9617	0.1111	3380.7298	172.1792	2448.9564								
8.89	0.350	0.0966	2945.3632	150.0061	2133.5818	0.1305	3961.1020	201.7373	2869.3701								
10.16	0.400	0.1070	3257.7635	165.9165	2359.8802												
11.43	0.450	0.1162	3533.5368	179.9616	2559.6478												
12.70	0.500																



<b>OBSERVACIONES:</b>		
<b>RESPONSABLE DEL ENSAYO</b>	<b>COORDINADOR DE LABORATORIO</b>	<b>ASESOR DE TESIS</b>
		
<b>NOMBRE:</b> Gianella Martinez Ocharan	<b>NOMBRE:</b> Taico Lezama	<b>NOMBRE:</b> 
<b>FECHA:</b>	<b>FECHA:</b>	<b>FECHA:</b>



LABORATORIO DE SUELOS – UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA											
PROTOCOLO											
		<b>ENSAYO</b>				<b>CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR</b>					<b>NÚMERO DE PROTOCOLO:</b>
		<b>NORMA</b>				<b>MTC E 115 – ASTM D 1557</b>					
		<b>TESIS</b>				<b>RECICLADO DE CONCRETO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE BASES EN LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTOS</b>					
<b>CANTIDAD DE MUESTRA:</b>						<b>RESPONSABLE:</b>					
<b>TIPO DE MATERIAL:</b>			Agr. Reciclado			<b>REVISADO POR:</b>					
<b>FECHA DE ENSAYO:</b>											
<b>HORA DE ENSAYO:</b>											

CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR										
DESCRIPCIÓN	UND	1			2			3		
N° Capas		5			5			5		
N° Golpes por Capa		13			27			55		
Condición de Muestra		Antes de Saturar		Saturado	Antes de Saturar		Saturado	Antes de Saturar		Saturado
Peso Molde	gr	8025.00		8025.00	7220.00		7220.00	7978.00		7978.00
Peso Muestra húmeda + Molde	gr	12721.00		12950.00	12002.00		12151.00	12998.00		13038.00
Peso Muestra húmeda	gr	4696.00		4925.00	4782.00		4931.00	5020.00		5060.00
Volumen Muestra húmeda	cm3	2289.39			2289.39			2289.39		
Densidad húmeda ; Dh	g/cm3	2.05		2.15	2.09		2.15	2.19		2.21


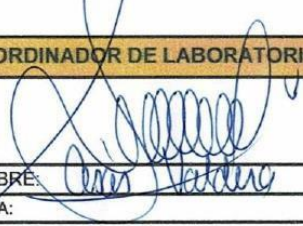

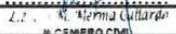
CONTENIDO DE HUMEDAD										
Ensayo	N°	1- A	1-B	1-C	2-A	2-B	2-C	3-A	3-B	3-C
Peso Recipiente	gr	26.77	27.88	26.65	26.79	26.65	30.80	26.97	27.47	27.98
Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	146.38	163.46	147.82	154.37	138.75	143.84	141.68	129.16	141.93
Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	135.30	150.18	132.67	143.02	128.87	131.16	130.85	119.15	131.72
Peso del Agua	gr	11.08	13.28	15.15	11.35	9.88	12.68	10.83	10.01	10.21
Peso Muestra Seca	gr	108.53	122.30	106.02	116.23	102.22	100.36	103.88	91.68	103.74
Contenido de Humedad ; W%	%	10.21	10.86	14.29	9.77	9.67	12.63	10.43	10.92	9.84
Promedio Contenido de Humedad	%	10.54		14.29	9.72		12.63	10.68		9.84
Densidad Máxima Seca; Ds	g/cm3	1.85		1.88	1.90		1.91	1.98		2.01

ENSAYO DE HINCHAMIENTO										
TIEMPO ACUMULADO		MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
		Lectura	Hinchamiento		Lectura	Hinchamiento		Lectura	Hinchamiento	
Horas	Días	Deforma	mm	%	Deforma	mm	%	Deforma	mm	%
0	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
24	1	0.001	0.0254	0.020	0.001	0.0254	0.020	0.001	0.0254	0.020
48	2	0.001	0.0254	0.020	0.001	0.0254	0.020	0.001	0.0254	0.020
72	3	0.001	0.0254	0.020	0.001	0.0254	0.020	0.001	0.0254	0.020
96	4	0.001	0.0254	0.020	0.001	0.0254	0.020	0.001	0.0254	0.020

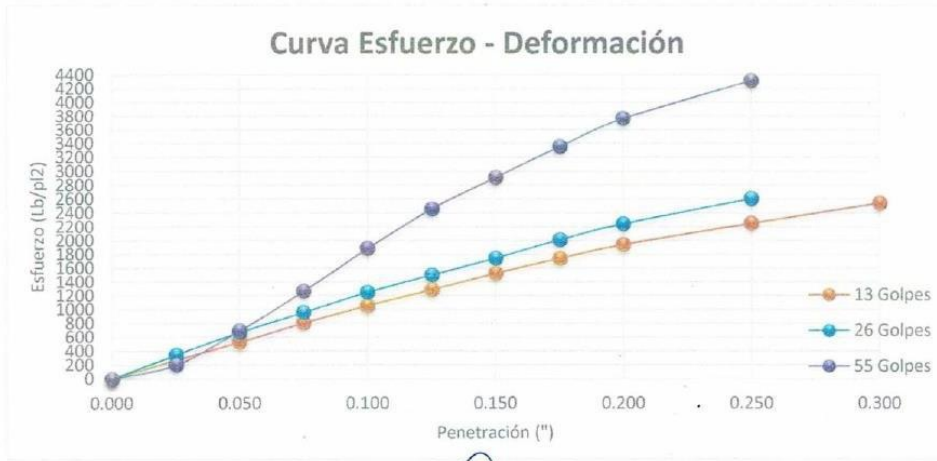
  

**MATERIAL NO EXPANSIVO**

OBSERVACIONES:										
RESPONSABLE DEL ENSAYO			COORDINADOR DE LABORATORIO				ASESOR DE TESIS			
										
NOMBRE: Gionella Martinez Ocharan			NOMBRE: Taico Lezama				NOMBRE: 			
FECHA:			FECHA:				FECHA:			

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>LABORATORIO DE SUELOS – UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA</b>		
	<b>PROTOCOLO</b>		
	<b>ENSAYO</b>	CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR	<b>NÚMERO DE PROTOCOLO:</b>
	<b>NORMA</b>	MTC E 115 – ASTM D 1557	
<b>TESIS</b>	RECICLADO DE CONCRETO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE BASES EN LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTOS		
<b>CANTIDAD DE MUESTRA:</b>		<b>RESPONSABLE:</b>	
<b>TIPO DE MATERIAL:</b>	Agr. Reciclado	<b>REVISADO POR:</b>	
<b>FECHA DE ENSAYO:</b>			
<b>HORA DE ENSAYO:</b>			

CARGA - PENETRACIÓN													
PENETRACIÓN		MOLDE N° 01				MOLDE N° 02				MOLDE N° 03			
		Lectura	Carga kg	Esfuerzo kg/cm2	Lb/pl2	Lectura	Carga kg	Esfuerzo kg/cm2	Lb/pl2	Lectura	Carga kg	Esfuerzo kg/cm2	Lb/pl2
0.00	0.000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
0.64	0.025	0.0120	378.2197	19.2626	273.9777	0.0152	476.1611	24.2507	344.9250	0.0088	280.2124	14.2711	202.9821
1.27	0.050	0.0235	729.8890	37.1729	528.7213	0.0300	928.2818	47.2770	672.4350	0.0310	958.7796	48.8302	694.5266
1.90	0.075	0.0362	1117.2643	56.9018	809.3314	0.0430	1324.2508	67.4435	959.2691	0.0570	1749.4614	89.0993	1267.2861
2.54	0.100	0.0474	1458.0245	74.2566	1056.1739	0.0562	1725.1977	87.8636	1249.7103	0.0853	2605.1384	132.6786	1887.1275
3.17	0.125	0.0580	1779.7853	90.6437	1289.2525	0.0677	2073.5925	105.6072	1502.0829	0.1117	3398.7158	173.0952	2461.9850
3.81	0.150	0.0688	2106.8726	107.3021	1526.1900	0.0788	2409.0613	122.6925	1745.0922	0.1324	4017.8123	204.6255	2910.4499
4.45	0.175	0.0787	2406.0426	122.5387	1742.9047	0.0910	2776.8591	141.4243	2011.5202	0.1530	4631.1775	235.8639	3354.7630
5.08	0.200	0.0879	2683.4931	136.6692	1943.8870	0.1017	3098.6466	157.8128	2244.6188	0.1721	5197.4379	264.7033	3764.9544
6.35	0.250	0.1021	3110.6617	158.4247	2253.3220	0.1183	3596.4086	183.1636	2605.1908	0.1980	5961.5447	303.6190	4318.4641
7.62	0.300	0.1155	3512.5732	178.8939	2544.4616								
8.89	0.350												
10.16	0.400												
11.43	0.450												
12.70	0.500												



**OBSERVACIONES:**

<b>RESPONSABLE DEL ENSAYO</b>	<b>COORDINADOR DE LABORATORIO</b>	<b>ASESOR DE TESIS</b>
NOMBRE: Granelita Martínez Ocharán	NOMBRE: Taico Lezama	NOMBRE: M. Mermaidullara
FECHA:	FECHA:	FECHA:

INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP N° 86783

LABORATORIO DE SUELOS – UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA										
PROTOCOLO										
ENSAYO		CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR					NÚMERO DE PROTOCOLO:			
NORMA		MTC E 115 – ASTM D 1557								
TESIS		RECICLADO DE CONCRETO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE BASES EN LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTOS								
CANTIDAD DE MUESTRA:				RESPONSABLE:						
TIPO DE MATERIAL:		Agr. Reciclado		REVISADO POR:						
FECHA DE ENSAYO:										
HORA DE ENSAYO:										

CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR							
DESCRIPCIÓN	UND	1		2		3	
N° Capas		5		5		5	
N° Golpes por Capa		13		26		55	
Condición de Muestra		Antes de Saturar	Saturado	Antes de Saturar	Saturado	Antes de Saturar	Saturado
Peso Molde	gr	8108.00	8108.00	8291.00	8291.00	8265.00	8265.00
Peso Muestra húmeda + Molde	gr	12422.00	12604.00	12658.00	12821.00	12775.00	12889.00
Peso Muestra húmeda	gr	4314.00	4496.00	4367.00	4530.00	4510.00	4624.00
Volumen Muestra húmeda	cm3	2061.29		2061.29		2061.29	
Densidad húmeda ; Dh	g/cm3	2.09	2.18	2.12	2.20	2.19	2.24

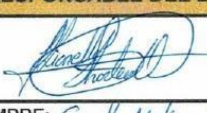

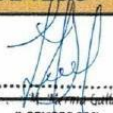
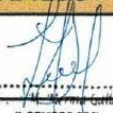
CONTENIDO DE HUMEDAD										
Ensayo	N°	1- A	1-B	1-C	2-A	2-B	2-C	3-A	3-B	3-C
Peso Recipiente	gr	26.68	26.94	27.04	26.81	27.24	35.24	27.11	27.91	27.08
Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	138.61	183.13	143.32	179.54	171.56	139.02	173.63	178.00	134.49
Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	126.68	161.02	126.78	163.43	158.21	127.23	160.02	164.22	123.13
Peso del Agua	gr	11.93	22.11	16.54	16.11	13.35	11.79	13.61	13.78	11.36
Peso Muestra Seca	gr	100.00	134.08	99.74	136.62	130.97	91.99	132.91	136.31	96.05
Contenido de Humedad ; W%	%	11.93	16.49	16.58	11.79	10.19	12.82	10.24	10.11	11.83
Promedio Contenido de Humedad	%	14.21		16.58	10.99		12.82	10.18		11.83
Densidad Máxima Seca; Ds	g/cm3	1.83	1.87		1.91	1.95		1.99	2.00	


  

ENSAYO DE HINCHAMIENTO										
TIEMPO		MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
ACUMULADO		Lectura	Hinchamiento		Lectura	Hinchamiento		Lectura	Hinchamiento	
Horas	Días	Deforma	mm	%	Deforma	mm	%	Deforma	mm	%
0	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
24	1	0.001	0.0254	0.020	0.001	0.0254	0.020	0.001	0.0254	0.020
48	2	0.001	0.0254	0.020	0.001	0.0254	0.020	0.001	0.0254	0.020
72	3	0.001	0.0254	0.020	0.001	0.0254	0.020	0.001	0.0254	0.020
96	4	0.001	0.0254	0.020	0.001	0.0254	0.020	0.001	0.0254	0.020





**MATERIAL NO EXPANSIVO**

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR DE TESIS
		
NOMBRE: Granello Martínez Charán	NOMBRE: Taico Lezama	NOMBRE: 
FECHA:	FECHA:	FECHA:

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>LABORATORIO DE SUELOS – UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA</b>		
	<b>PROTOCOLO</b>		
	<b>ENSAYO</b>	CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR	<b>NÚMERO DE PROTOCOLO:</b>
	<b>NORMA</b>	MTC E 115 – ASTM D 1557	
<b>TESIS</b>	RECICLADO DE CONCRETO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE BASES EN LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTOS		
<b>CANTIDAD DE MUESTRA:</b>		<b>RESPONSABLE:</b>	
<b>TIPO DE MATERIAL:</b>	Agr. Reciclado	<b>REVISADO POR:</b>	
<b>FECHA DE ENSAYO:</b>			
<b>HORA DE ENSAYO:</b>			

CARGA - PENETRACIÓN													
PENETRACIÓN		MOLDE N° 01				MOLDE N° 02				MOLDE N° 03			
		Lectura	Carga	Esfuerzo		Lectura	Carga	Esfuerzo		Lectura	Carga	Esfuerzo	
mm	Pulg		kg	kg/cm2	Lb/pl2		kg	kg/cm2	Lb/pl2		kg	kg/cm2	Lb/pl2
0.00	0.000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.64	0.025	0.0033	155.3691	7.9129	112.5476	0.0100	467.3040	23.7996	338.5089	0.0045	211.3137	10.7621	153.0726
1.27	0.050	0.0066	309.1374	15.7442	223.9345	0.0203	944.8373	48.1202	684.4280	0.0195	907.8345	46.2356	657.6228
1.90	0.075	0.0114	532.3544	27.1126	385.6306	0.0313	1452.1370	73.9567	1051.9083	0.0352	1631.3312	83.0830	1181.7144
2.54	0.100	0.0179	833.7849	42.4643	603.9825	0.0423	1956.6608	99.6519	1417.3789	0.0504	2326.3994	118.4825	1685.2121
3.17	0.125	0.0251	1166.5458	59.4117	845.0304	0.0533	2458.4090	125.2057	1780.8382	0.0642	2952.8578	150.3878	2139.0108
3.81	0.150	0.0325	1507.3108	76.7667	1091.8758	0.0639	2939.2856	149.6966	2129.1797	0.0765	3507.5407	178.6376	2540.8162
4.45	0.175	0.0396	1833.0802	93.3580	1327.8588	0.0731	3354.5608	170.8464	2429.9996	0.0867	3964.8893	201.9302	2872.1138
5.08	0.200	0.0459	2121.1749	108.0306	1536.5516	0.0802	3673.7175	187.1009	2661.1922	0.0943	4304.1071	219.2064	3117.8384
6.35	0.250	0.0586	2699.1695	137.4676	1955.2429	0.0931	4250.8345	216.4830	3079.1027	0.1098	4991.8262	254.2316	3616.0123
7.62	0.300	0.0699	3210.3375	163.5011	2325.5252	0.1045	4757.2907	242.2868	3446.1178	0.1216	5511.6852	280.7078	3992.5913
8.89	0.350	0.0800	3664.7430	186.6438	2654.6908	0.1150	5221.3103	265.9191	3782.2471				
10.16	0.400	0.0890	4067.6871	207.1656	2946.5785	0.1237	5603.8676	285.4026	4059.3668				
11.43	0.450	0.0954	4353.0947	221.7013	3153.3241								
12.70	0.500	0.1009	4597.6161	234.1547	3330.4525								



<b>OBSERVACIONES:</b>		
<b>RESPONSABLE DEL ENSAYO</b>	<b>COORDINADOR DE LABORATORIO</b>	<b>ASESOR DE TESIS</b>
		
<b>NOMBRE:</b> Granella Matinez Ocharan	<b>NOMBRE:</b> Taico Lezama	<b>NOMBRE:</b> 
<b>FECHA:</b>	<b>FECHA:</b>	<b>FECHA:</b>

LABORATORIO DE SUELOS – UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA									
PROTOCOLO									
ENSAYO		CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR						NÚMERO DE PROTOCOLO:	
NORMA		MTC E 115 – ASTM D 1557							
TESIS		RECICLADO DE CONCRETO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE BASES EN LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTOS							
CANTIDAD DE MUESTRA:				RESPONSABLE:					
TIPO DE MATERIAL:		Agr. Reciclado		REVISADO POR:					
FECHA DE ENSAYO:									
HORA DE ENSAYO:									

CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR							
DESCRIPCIÓN	UND	1		2		3	
N° Capas		5		5		5	
N° Golpes por Capa		13		27		55	
Condición de Muestra		Antes de Saturar	Saturado	Antes de Saturar	Saturado	Antes de Saturar	Saturado
Peso Molde	gr	8297.00	8297.00	8032.00	8032.00	8240.00	8240.00
Peso Muestra húmeda + Molde	gr	12967.35	13081.82	12839.71	12931.28	13230.86	13253.75
Peso Muestra húmeda	gr	4670.35	4784.82	4807.71	4899.28	4990.86	5013.75
Volumen Muestra húmeda	cm3	2289.39		2289.39		2289.39	
Densidad húmeda ; Dh	g/cm3	2.04	2.09	2.10	2.14	2.18	2.19


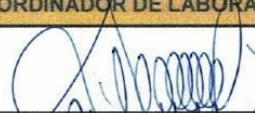

CONTENIDO DE HUMEDAD										
Ensayo	N°	1- A	1-B	1-C	2-A	2-B	2-C	3-A	3-B	3-C
Peso Recipiente	gr	27.37	26.76	27.67	26.79	27.07	30.81	26.95	27.30	27.07
Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	129.71	158.55	156.19	166.63	147.63	151.81	175.60	170.04	134.54
Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	118.49	144.57	142.04	151.39	134.36	138.24	161.45	156.13	124.73
Peso del Agua	gr	11.22	13.98	14.15	15.24	13.27	13.57	14.15	13.91	9.81
Peso Muestra Seca	gr	91.12	117.81	114.38	124.60	107.29	107.43	134.50	128.83	97.66
Contenido de Humedad ; W%	%	12.31	11.87	12.37	12.23	12.37	12.63	10.52	10.80	10.05
Promedio Contenido de Humedad	%	12.09			12.37			12.63		
Densidad Máxima Seca; Ds	g/cm3	1.82	1.86	1.87	1.90	1.97	1.99			

ENSAYO DE HINCHAMIENTO										
TIEMPO ACUMULADO		MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
		Lectura	Hinchamiento		Lectura	Hinchamiento		Lectura	Hinchamiento	
Horas	Días	Deforma	mm	%	Deforma	mm	%	Deforma	mm	%
0	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
24	1	0.001	0.0254	0.020	0.001	0.0254	0.020	0.001	0.0254	0.020
48	2	0.001	0.0254	0.020	0.001	0.0254	0.020	0.001	0.0254	0.020
72	3	0.001	0.0254	0.020	0.001	0.0254	0.020	0.001	0.0254	0.020
96	4	0.001	0.0254	0.020	0.001	0.0254	0.020	0.001	0.0254	0.020

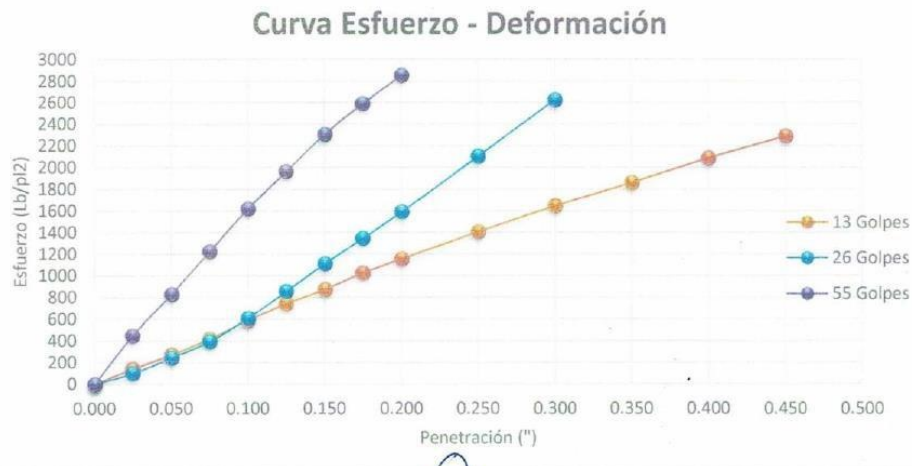
  


**MATERIAL NO EXPANSIVO**

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR DE TESIS
		
NOMBRE: <i>Gianella Martínez Ocharán</i>	NOMBRE: <i>S. Taico Lezama</i>	NOMBRE: <i>G. Martínez Ocharán</i>
FECHA:	FECHA:	FECHA: <i>2023-08-15</i> <small>Reg. CIP N° 68762</small>


<b>LABORATORIO DE SUELOS – UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA</b>			
<b>PROTOCOLO</b>			
<b>ENSAYO</b>	CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR	<b>NÚMERO DE PROTOCOLO:</b>	
<b>NORMA</b>	MTC E 115 – ASTM D 1557		
<b>TESIS</b>	RECICLADO DE CONCRETO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE BASES EN LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTOS		
CANTIDAD DE MUESTRA:		RESPONSABLE:	
TIPO DE MATERIAL:		REVISADO POR:	
FECHA DE ENSAYO:			
HORA DE ENSAYO:			

CARGA - PENETRACIÓN													
PENETRACIÓN		MOLDE N° 01				MOLDE N° 02				MOLDE N° 03			
		Lectura	Carga	Esfuerzo		Lectura	Carga	Esfuerzo		Lectura	Carga	Esfuerzo	
mm	Pulg		kg	kg/cm2	Lb/pl2		kg	kg/cm2	Lb/pl2		kg	kg/cm2	Lb/pl2
0.00	0.000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.64	0.025	0.0061	197.4674	10.0569	143.0423	0.0042	139.2113	7.0900	100.8432	0.0199	619.8928	31.5709	449.0424
1.27	0.050	0.0119	375.1580	19.1066	271.7589	0.0107	338.4122	17.2352	245.1414	0.0371	1144.6767	58.2979	829.1885
1.90	0.075	0.0185	577.0940	29.3912	418.0399	0.0174	543.4575	27.6781	393.6739	0.0551	1691.8283	86.1641	1225.5378
2.54	0.100	0.0262	812.3314	41.3717	588.4421	0.0271	839.8017	42.7707	608.3405	0.0731	2236.8927	113.9240	1620.3752
3.17	0.125	0.0332	1025.8521	52.2462	743.1134	0.0383	1181.2184	60.1590	855.6595	0.0889	2713.6179	138.2034	1965.7084
3.81	0.150	0.0391	1205.5744	61.3994	873.3021	0.0499	1533.9767	78.1248	1111.1925	0.1045	3182.7309	162.0952	2305.5287
4.45	0.175	0.0460	1415.4736	72.0895	1025.3506	0.0606	1858.5972	94.6576	1346.3434	0.1175	3572.4608	181.9439	2587.8427
5.08	0.200	0.0520	1597.7454	81.3725	1157.3855	0.0719	2200.6200	112.0767	1594.1005	0.1299	3943.1887	200.8250	2856.3942
6.35	0.250	0.0634	1943.4229	98.9777	1407.7895	0.0953	2906.2642	148.0148	2105.2589				
7.62	0.300	0.0744	2276.1776	115.9248	1648.8332	0.1192	3623.3450	184.5354	2624.7024				
8.89	0.350	0.0842	2571.9753	130.9896	1863.1044								
10.16	0.400	0.0945	2882.1978	146.7891	2087.8254								
11.43	0.450	0.1038	3161.7146	161.0248	2290.3040								
12.70	0.500												



<b>OBSERVACIONES:</b>		
<b>RESPONSABLE DEL ENSAYO</b>	<b>COORDINADOR DE LABORATORIO</b>	<b>ASESOR DE TESIS</b>
		
NOMBRE: <i>Giannella Martinez Ocharan</i>	NOMBRE: <i>Taico Lezama</i>	NOMBRE: <i>Z. J. M. Herrera Cullarín</i>
FECHA:	FECHA:	FECHA: <small>INSTRUMENTOS CALIBRADOS EN EL CENTRO COMERCIAL DE CALIDAD S.A. REG. CIP N° 98783</small>

**ANEXO N° 05: Protocolos de ensayo al material de afirmado**

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>LABORATORIO DE SUELOS – UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA</b>		
	<b>PROTOCOLO</b>		
	<b>ENSAYO</b>	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO MEDIANTE TAMIZADO EN SECO	<b>NÚMERO DE PROTOCOLO:</b>
	<b>NORMA</b>	ASTM D 1241 – ASTM D 422	
<b>TESIS</b>	RECICLADO DE CONCRETO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE BASES EN LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTOS		
CANTIDAD DE MUESTRA:			RESPONSABLE:
TIPO DE MATERIAL:		Afirmado	
FECHA DE ENSAYO:			REVISADO POR:
HORA DE ENSAYO:			

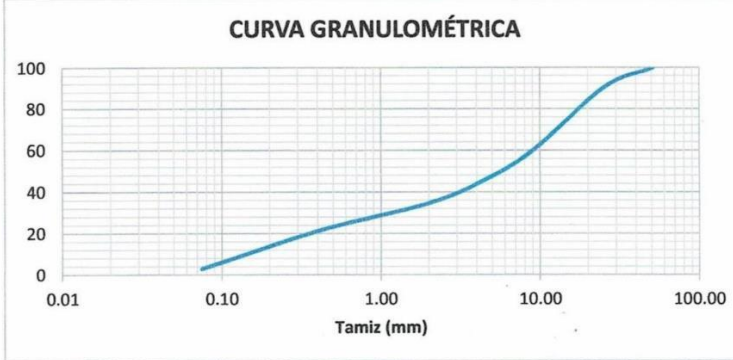
PESO MUESTRA SECA (gr) =	3002.12
--------------------------	---------

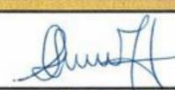


GRANULOMETRÍA POR TAMIZADO EN SECO						
N°	TAMIZ mm.	PESO RETENIDO (gr)	PESO RETENIDO CORREGIDO (gr)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
2"	50.80	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.40	285.50	286.15	9.53	9.53	90.47
3/8"	9.50	869.00	869.65	28.97	38.50	61.50
N° 04	4.75	438.20	438.85	14.62	53.12	46.88
N° 10	2.00	364.90	365.55	12.18	65.29	34.71
N° 40	0.425	386.70	387.35	12.90	78.20	21.80
N° 200	0.075	566.80	567.45	18.90	97.10	2.90
Bandeja		87.14	87.14	2.90	100.00	0.00
<b>TOTAL</b>		2998.24	3002.12			


  

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



<b>OBSERVACIONES:</b>		
<b>RESPONSABLE DEL ENSAYO</b>	<b>COORDINADOR DE LABORATORIO</b>	<b>ASESOR DE TESIS</b>
		
NOMBRE: Silvana Taico Lezama	NOMBRE: Jorge Hoyos Martinez	NOMBRE: Lizbeth M. Verma Gullardo
FECHA:	FECHA:	FECHA: <small>INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 8479</small>

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>LABORATORIO DE SUELOS – UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA</b>		
	<b>PROTOCOLO</b>		
	<b>ENSAYO</b>	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO MEDIANTE TAMIZADO EN SECO	<b>NÚMERO DE PROTOCOLO:</b>
	<b>NORMA</b>	ASTM D 1241 – ASTM D 422	
<b>TESIS</b>	RECICLADO DE CONCRETO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE BASES EN LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTOS		
CANTIDAD DE MUESTRA:			RESPONSABLE:
TIPO DE MATERIAL:		Afirmado	
FECHA DE ENSAYO:			REVISADO POR:
HORA DE ENSAYO:			

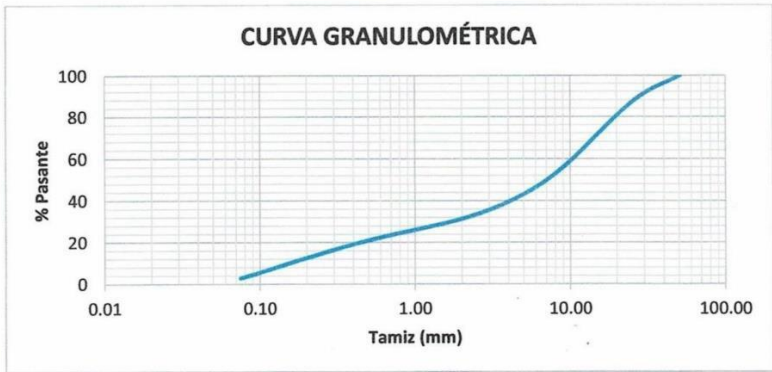
<b>PESO MUESTRA SECA (gr) =</b>	3091.44
---------------------------------	---------

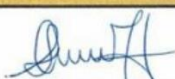


GRANULOMETRÍA POR TAMIZADO EN SECO						
N°	TAMIZ mm.	PESO RETENIDO (gr)	PESO RETENIDO CORREGIDO (gr)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
2"	50.80	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.40	384.14	384.68	12.44	12.44	87.56
3/8"	9.50	928.91	929.45	30.07	42.51	57.49
N° 04	4.75	468.13	468.67	15.16	57.67	42.33
N° 10	2.00	335.67	336.21	10.88	68.54	31.46
N° 40	0.425	361.60	362.14	11.71	80.26	19.74
N° 200	0.075	521.71	522.25	16.89	97.15	2.85
Bandeja		88.07	88.07	2.85	100.00	0.00
<b>TOTAL</b>		3088.23	3091.44			

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



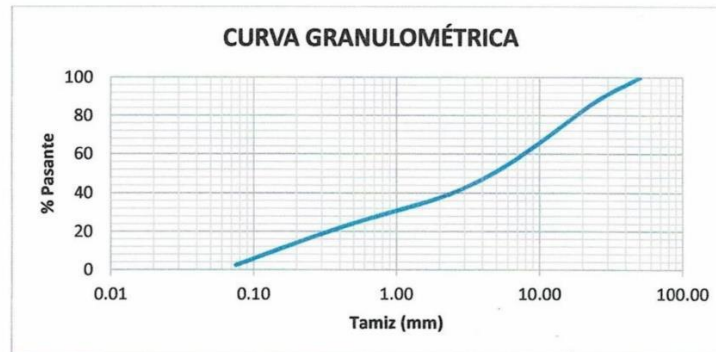
<b>OBSERVACIONES:</b>		
<b>RESPONSABLE DEL ENSAYO</b>	<b>COORDINADOR DE LABORATORIO</b>	<b>ASESOR DE TESIS</b>
		
NOMBRE: Silvana Taico Lezama	NOMBRE: Jorge Hoyos Martinez	NOMBRE: Lizbeth M. Herrera Guillardi
FECHA:	FECHA:	FECHA:



 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>LABORATORIO DE SUELOS – UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA</b>		
	<b>PROTOCOLO</b>		
	<b>ENSAYO</b>	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO MEDIANTE TAMIZADO EN SECO	<b>NÚMERO DE PROTOCOLO:</b>
	<b>NORMA</b>	ASTM D 1241 – ASTM D 422	
<b>TESIS</b>	RECICLADO DE CONCRETO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE BASES EN LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTOS		
CANTIDAD DE MUESTRA:		RESPONSABLE:	
TIPO DE MATERIAL:	Afirmado	REVISADO POR:	
FECHA DE ENSAYO:			
HORA DE ENSAYO:			

<b>PESO MUESTRA SECA (gr) =</b>	3149.42
---------------------------------	---------

GRANULOMETRÍA POR TAMIZADO EN SECO						
N°	TAMIZ mm.	PESO RETENIDO (gr)	PESO RETENIDO CORREGIDO (gr)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
2"	50.80	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.40	383.49	383.98	12.19	12.19	87.81
3/8"	9.50	729.18	729.67	23.17	35.36	64.64
N° 04	4.75	455.08	455.57	14.47	49.83	50.17
N° 10	2.00	396.77	397.26	12.61	62.44	37.56
N° 40	0.425	469.02	469.51	14.91	77.35	22.65
N° 200	0.075	634.06	634.55	20.15	97.49	2.51
Bandeja		78.90	78.90	2.51	100.00	0.00
<b>TOTAL</b>		3146.50	3149.42			



<b>OBSERVACIONES:</b>		
<b>RESPONSABLE DEL ENSAYO</b>	<b>COORDINADOR DE LABORATORIO</b>	<b>ASESOR DE TESIS</b>
		
NOMBRE: Silvana Taico Lezama	NOMBRE: Jorge Hoyos Martinez	NOMBRE: Lizbeth M. Verma Guillardi
FECHA:	FECHA:	FECHA:

LABORATORIO DE SUELOS – UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
ENSAYO	PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS EN AGREGADOS		NÚMERO DE PROTOCOLO:
NORMA	MTC E223 – ASTM D4791		
TESIS	RECICLADO DE CONCRETO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE BASES EN LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTOS		
CANTIDAD DE MUESTRA:		RESPONSABLE:	
TIPO DE MATERIAL:	Afirmado	REVISADO POR:	
FECHA DE ENSAYO:			
HORA DE ENSAYO:			

MUESTRA TOTAL # 01 = 110 Unidades

Tamaño	N° Partículas Chatas	N° Partículas Alargadas	N° Partículas que cumplen ambos criterios	N° Partículas que no cumplen ningún criterio	N° Total de Elementos
1"	9	0	0	6	15
3/4"	15	0	2	13	30
1/2"	11	0	2	21	34
3/8"	12	0	4	15	31
% Partículas Chatas y Alargadas =			7.27%		

MUESTRA TOTAL # 02 = 112 Unidades

Tamaño	N° Partículas Chatas	N° Partículas Alargadas	N° Partículas que cumplen ambos criterios	N° Partículas que no cumplen ningún criterio	N° Total de Elementos
1"	6	0	1	8	15
3/4"	17	0	3	13	33
1/2"	16	0	4	11	31
3/8"	11	0	3	19	33
% Partículas Chatas y Alargadas =			9.82%		

MUESTRA TOTAL # 03 = 110 Unidades

Tamaño	N° Partículas Chatas	N° Partículas Alargadas	N° Partículas que cumplen ambos criterios	N° Partículas que no cumplen ningún criterio	N° Total de Elementos
1"	11	0	0	5	16
3/4"	20	0	2	8	30
1/2"	10	0	2	19	31
3/8"	12	0	2	19	33
% Partículas Chatas y Alargadas =			5.45%		

% PROM PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS = 5.60%

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR DE TESIS
		
NOMBRE: Granella Martínez Obispo	NOMBRE: Luis Velasco	NOMBRE: Elizabeth M. Hermoso
FECHA:	FECHA:	FECHA: INGENIERO CIVIL Reg. CIP. Nº 66703

LABORATORIO DE SUELOS – UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
ENSAYO	ABRASIÓN	NÚMERO DE PROTOCOLO:	
NORMA	MTC E 207 – ASTM D 4060		
TESIS	RECICLADO DE CONCRETO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE BASES EN LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTOS		
CANTIDAD DE MUESTRA:		RESPONSABLE:	
TIPO DE MATERIAL:	Afirmado	REVISADO POR:	
FECHA DE ENSAYO:			
HORA DE ENSAYO:			

TMN	3/4"
GRADACIÓN	B
CARGA ABRASIVA (N° de esferas de acero)	11

**MUESTRA # 01**

Tamaño	Peso Muestra Inicial (g)	Peso Retenido en tamiz N° 12 (g)	Desgaste (%)
1/2"	2500.0	1890.6	62.20
3/8"	2501.0		
	5001.0		

**MUESTRA # 02**

Tamaño	Peso Muestra Inicial (g)	Peso Retenido en tamiz N° 12 (g)	Desgaste (%)
1/2"	2500.3	2128.0	57.44
3/8"	2500.2		
	5000.5		

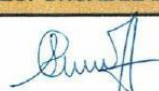


**MUESTRA # 03**

Tamaño	Peso Muestra Inicial (g)	Peso Retenido en tamiz N° 12 (g)	Desgaste (%)
1/2"	2500.1	2004.9	59.91
3/8"	2500.4		
	5000.5		

**% DESGASTE PROMEDIO = 59.80**

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR DE TESIS
		
NOMBRE: Silvana Taico Lezama	NOMBRE: Jorge Hoyos Martínez	NOMBRE: Elizabeth Alvarado Gallardo <small>INGENIERO CIVIL</small>
FECHA:	FECHA:	FECHA:

LABORATORIO DE SUELOS – UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
ENSAYO	LÍMITES DE PLASTICIDAD	NÚMERO DE PROTOCOLO:	
NORMA	MTC E 111 – ASTM D 4318		
TESIS	RECICLADO DE CONCRETO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE BASES EN LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTOS		
CANTIDAD DE MUESTRA:		RESPONSABLE:	
TIPO DE MATERIAL:	Afirmado	REVISADO POR:	
FECHA DE ENSAYO:			
HORA DE ENSAYO:			

**MUESTRA # 01**


DETERMINACIÓN LÍMITE LÍQUIDO (LL)				
DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3
Suelo Húmedo + Recipiente	g	62.28	57.62	57.74
Suelo Seco + Recipiente	g	58.75	54.42	54.47
Peso de Recipiente	g	38.83	35.12	35.29
Peso del Agua	g	3.53	3.20	3.27
Peso del Suelo Seco	g	19.92	19.30	19.18
Número de Golpes	#	21	27	31
Contenido de Humedad	%	17.72	16.58	17.05
LÍMITE LÍQUIDO	-	17.35	16.74	17.50
LL TOTAL	-	17		

**MUESTRA # 02**

DETERMINACIÓN LÍMITE LÍQUIDO (LL)				
DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3
Suelo Húmedo + Recipiente	g	51.92	48.97	48.51
Suelo Seco + Recipiente	g	47.92	45.55	45.57
Peso de Recipiente	g	26.70	26.87	26.93
Peso del Agua	g	4.00	3.42	2.94
Peso del Suelo Seco	g	21.22	18.68	18.64
Número de Golpes	#	18	22	34
Contenido de Humedad	%	18.85	18.31	15.77
LÍMITE LÍQUIDO	-	18.12	18.03	16.37
LL TOTAL	-	18		

**OBSERVACIONES:**

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR DE TESIS
		
NOMBRE: Silvana Taico Lezama	NOMBRE: Jorge Hoyos Martínez	NOMBRE: Norma Gallardo INGENIERO CIVIL REG. CIP. N. 20183
FECHA:	FECHA:	FECHA:

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>LABORATORIO DE SUELOS – UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA</b>		
	<b>PROTOCOLO</b>		
	<b>ENSAYO</b>	LÍMITES DE PLASTICIDAD	<b>NÚMERO DE PROTOCOLO:</b>
	<b>NORMA</b>	MTC E 111 – ASTM D 4318	
<b>TESIS</b>	RECICLADO DE CONCRETO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE BASES EN LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTOS		
CANTIDAD DE MUESTRA:		RESPONSABLE:	
TIPO DE MATERIAL:	Afirmado	REVISADO POR:	
FECHA DE ENSAYO:			
HORA DE ENSAYO:			

**MUESTRA # 03**

DETERMINACIÓN LÍMITE LÍQUIDO (LL)				
DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3
Suelo Húmedo + Recipiente	g	50.21	36.27	41.38
Suelo Seco + Recipiente	g	46.35	34.75	39.15
Peso de Recipiente	g	26.70	26.75	26.99
Peso del Agua	g	3.86	1.52	2.23
Peso del Suelo Seco	g	19.65	8.00	12.16
Número de Golpes	#	17	27	30
Contenido de Humedad	%	19.64	19.00	18.34
LÍMITE LÍQUIDO	-	18.75	19.18	18.75
LL TOTAL	-		19	

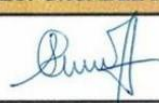
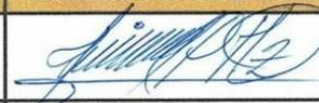

  

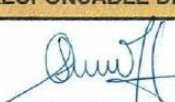
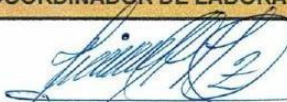

<b>PROM LL = 18</b>
---------------------

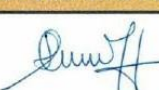


  

DETERMINACIÓN LÍMITE PLÁSTICO (LP)	
Límite Plástico (LP) =	NP

<b>OBSERVACIONES:</b>		
<b>RESPONSABLE DEL ENSAYO</b>	<b>COORDINADOR DE LABORATORIO</b>	<b>ASESOR DE TESIS</b>
		
NOMBRE: Silvana Taico Lezama	NOMBRE: Jorge Hoyos Martínez	NOMBRE: Norma Gallardo <small>INGENIERO CIVIL REG. CIP. N° 24783</small>
FECHA:	FECHA:	FECHA:

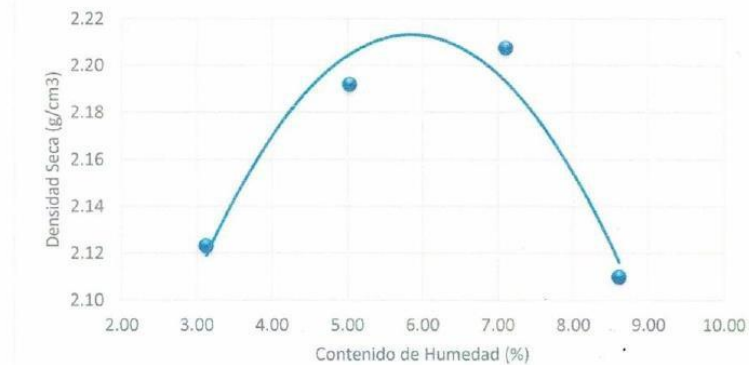
LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA					
PROTOCOLO					
ENSAYO	PORCENTAJE DE PARTÍCULAS FRACTURADAS			NÚMERO DE PROTOCOLO:	
NORMA	MTC E210 - ASTM D5821				
TESIS	RECICLADO DE CONCRETO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE BASES EN LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTOS				
CANTIDAD DE MUESTRA:				RESPONSABLE:	
TIPO DE MATERIAL:	Afirmado			REVISADO POR:	
FECHA DE ENSAYO:					
HORA DE ENSAYO:					
<b>MUESTRA TOTAL # 01 = 2334.25 g</b>					
TAMAÑO	F1 (g)	F2 (g)	N (g)	P1 (%)	P2 (%)
1"	768.13	735.96	48.37	94.08	93.83
3/4"	804.02	773.26	14.48	98.23	98.16
1/2"	440.45	422.06	14.61	96.79	96.65
3/8"	201.72	156.83	42.47	82.61	78.69
<b>% TOTAL PARTÍCULAS DE CARAS FRACTURADAS =</b>				<b>92.93</b>	<b>91.83</b>
<b>MUESTRA TOTAL # 02 = 2309.54 g</b>					
TAMAÑO	F1 (g)	F2 (g)	N (g)	P1 (%)	P2 (%)
1"	805.27	735.57	60.09	93.06	92.45
3/4"	722.71	694.57	25.29	96.62	96.49
1/2"	411.02	399.60	19.23	95.53	95.41
3/8"	220.85	169.97	45.08	83.05	79.04
<b>% TOTAL PARTÍCULAS DE CARAS FRACTURADAS =</b>				<b>92.06</b>	<b>90.85</b>
<b>MUESTRA TOTAL # 03 = 2314.66 g</b>					
TAMAÑO	F1 (g)	F2 (g)	N (g)	P1 (%)	P2 (%)
1"	835.04	770.42	28.77	96.67	96.40
3/4"	608.47	575.23	20.46	96.75	96.57
1/2"	566.20	550.92	24.93	95.78	95.67
3/8"	194.47	160.92	36.32	84.26	81.59
<b>% TOTAL PARTÍCULAS DE CARAS FRACTURADAS =</b>				<b>93.37</b>	<b>92.56</b>
<b>% PROM PARTÍCULAS CON UNA CARA FRACTURADA =</b>				<b>92.8</b>	
<b>% PROM PARTÍCULAS CON DOS CARAS FRACTURADAS =</b>				<b>91.7</b>	
<b>OBSERVACIONES:</b>					
F1 = Cantidad de partículas con 1 cara fracturada					
F2 = Cantidad de partículas con 2 caras fracturadas					
P1 = % de partículas con 1 cara fracturada					
P2 = % de partículas con 2 caras fracturadas					
N = Cantidad de partículas en la categoría de no fracturadas					
				$P = \frac{F}{(F + N)} \times 100$	
RESPONSABLE DEL ENSAYO		COORDINADOR DE LABORATORIO		ASESORA DE TESIS	
					
NOMBRE: Silvana Taiwo Lezama		NOMBRE: Jorge Hoyos Martinez		NOMBRE: Lizbeth M. Merma Gallardo	
FECHA:		FECHA:		FECHA:	

LABORATORIO DE SUELOS – UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA																												
PROTOCOLO																												
ENSAYO	EQUIVALENTE DE ARENA	NÚMERO DE PROTOCOLO:																										
NORMA	MTC E 114 – ASTM D 2419																											
TESIS	RECICLADO DE CONCRETO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE BASES EN LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTOS																											
CANTIDAD DE MUESTRA:		RESPONSABLE:																										
TIPO DE MATERIAL:	Afirmado	REVISADO POR:																										
FECHA DE ENSAYO:																												
HORA DE ENSAYO:																												
$SE = (Lectura\ de\ arena / Lectura\ de\ Arcilla) \times 100$																												
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;">N° Muestra</th> <th style="width: 15%;">Hora de Lectura</th> <th style="width: 15%;">Lectura de Arena (pulg)</th> <th style="width: 15%;">Lectura de Arcilla (pulg)</th> <th style="width: 15%;">Arena Equivalente (SE)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>9:40 a. m.</td> <td>2.20</td> <td>14.00</td> <td>16.00</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>9:42 a. m.</td> <td>2.40</td> <td>13.15</td> <td>19.00</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>9:44 a. m.</td> <td>2.20</td> <td>13.48</td> <td>17.00</td> </tr> <tr> <td colspan="4" style="text-align: center;"><b>ARENA EQUIVALENTE TOTAL (%) =</b></td> <td><b>17.33</b></td> </tr> </tbody> </table>				N° Muestra	Hora de Lectura	Lectura de Arena (pulg)	Lectura de Arcilla (pulg)	Arena Equivalente (SE)	1	9:40 a. m.	2.20	14.00	16.00	2	9:42 a. m.	2.40	13.15	19.00	3	9:44 a. m.	2.20	13.48	17.00	<b>ARENA EQUIVALENTE TOTAL (%) =</b>				<b>17.33</b>
N° Muestra	Hora de Lectura	Lectura de Arena (pulg)	Lectura de Arcilla (pulg)	Arena Equivalente (SE)																								
1	9:40 a. m.	2.20	14.00	16.00																								
2	9:42 a. m.	2.40	13.15	19.00																								
3	9:44 a. m.	2.20	13.48	17.00																								
<b>ARENA EQUIVALENTE TOTAL (%) =</b>				<b>17.33</b>																								
<b>OBSERVACIONES:</b>  																												
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR DE TESIS																										
																												
NOMBRE: Silvana Taico Lezama	NOMBRE: Jorge Hoyos Martinez	NOMBRE: <small>PROFESOR CIVIL</small> <small>Reg. CIP N° 01781</small>																										
FECHA:	FECHA:	FECHA:																										

<b>LABORATORIO DE SUELOS – UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA</b>			
<b>PROTOCOLO</b>			
<b>ENSAYO</b>	COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO		<b>NÚMERO DE PROTOCOLO:</b>
<b>NORMA</b>	MTC E 115 – ASTM D 1557		
<b>TESIS</b>	RECICLADO DE CONCRETO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE BASES EN LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTOS		
CANTIDAD DE MUESTRA:		RESPONSABLE:	
TIPO DE MATERIAL:	Afirmado	REVISADO POR:	
FECHA DE ENSAYO:			
HORA DE ENSAYO:			

<b>COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO</b>										
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1		2		3		4	
A	Peso Molde	gr	6558.00	6558.00	6558.00	6558.00	6558.00	6558.00	6558.00	6558.00
B	Peso Muestra Húmeda + Molde	gr	11167.00	11404.00	11404.00	11533.00	11533.00	11383.00	11383.00	11383.00
C	Peso Muestra Húmeda (B-A)	gr	4609.00	4846.00	4846.00	4977.00	4977.00	4824.00	4824.00	4824.00
D	Volumen Muestra húmeda	cm <sup>3</sup>	2104.92	2104.92	2104.92	2104.92	2104.92	2104.92	2104.92	2104.92
F	Densidad húmeda; (Dh=C/D)	g/cm <sup>3</sup>	2.19	2.30	2.36	2.36	2.29	2.29	2.29	2.29
G	Recipiente	N°	a	b	a	b	a	b	a	b
H	Peso Recipiente	gr	26.78	27.08	27.35	26.76	26.85	27.24	27.59	26.92
I	Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	143.11	144.17	125.18	129.65	143.39	141.85	143.78	147.21
J	Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	139.59	140.62	120.24	125.00	135.47	134.45	134.31	137.95
K	Peso del Agua (I-H-L)	gr	3.52	3.55	4.94	4.65	7.92	7.40	9.47	9.26
L	Peso Muestra seca (J-H)	gr	112.81	113.54	92.89	98.24	108.62	107.21	106.72	111.03
M	Contenido de Humedad (W%= (K/L) * 100)	%	3.12	3.13	5.32	4.73	7.29	6.90	8.87	8.34
N	Promedio Contenido de humedad Óptimo	%	3.12		5.03		7.10		8.61	
O	Densidad Seca Máxima; Ds	g/cm <sup>3</sup>	2.12		2.19		2.21		2.11	

### CURVA DE COMPACTACIÓN


**OBSERVACIONES:**

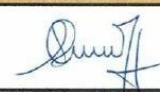


RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR DE TESIS
		
NOMBRE: Graciela Martínez Ocharán	NOMBRE: Taico Lezama	NOMBRE: Irma Cullarín
FECHA:	FECHA:	FECHA:



<b>LABORATORIO DE SUELOS – UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA</b>			
<b>PROTOCOLO</b>			
<b>ENSAYO</b>	COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO		<b>NÚMERO DE PROTOCOLO:</b>
<b>NORMA</b>	MTC E 115 – ASTM D 1557		
<b>TESIS</b>	RECICLADO DE CONCRETO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE BASES EN LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTOS		
CANTIDAD DE MUESTRA:		RESPONSABLE:	
TIPO DE MATERIAL:	Afirmado	REVISADO POR:	
FECHA DE ENSAYO:			
HORA DE ENSAYO:			

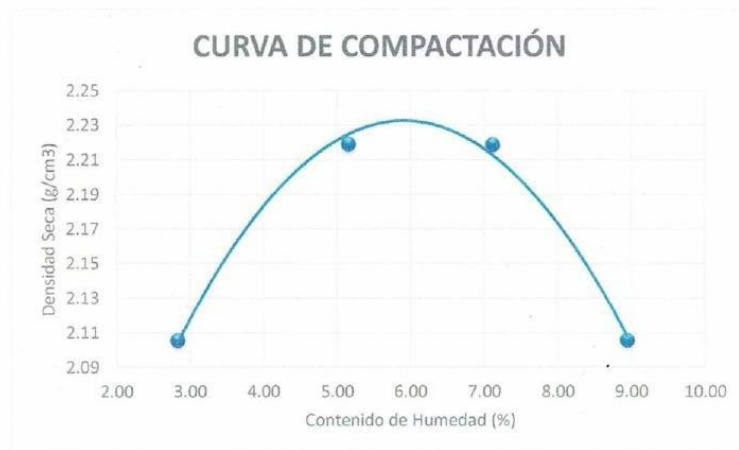
COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO										
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1		2		3		4	
A	Peso Molde	gr	6558.00		6558.00		6558.00		6560.00	
B	Peso Muestra Húmeda + Molde	gr	11146.73		11441.41		11546.66		11401.32	
C	Peso Muestra Húmeda (B-A)	gr	4588.73		4883.41		4988.66		4841.32	
D	Volumen Muestra húmeda	cm3	2104.92		2104.92		2104.92		2104.92	
F	Densidad húmeda; (Dh=C/D)	g/cm3	2.18		2.32		2.37		2.30	
G	Recipiente	N°	a	b	a	b	a	b	a	b
H	Peso Recipiente	gr	26.94	27.10	27.07	26.70	26.83	27.56	27.17	26.74
I	Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	143.91	144.97	138.62	140.30	147.58	145.87	155.20	158.53
J	Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	140.48	141.41	133.09	134.93	139.40	138.19	143.92	148.87
K	Peso del Agua (I-H-L)	gr	3.43	3.56	4.42	5.37	8.18	7.68	11.28	9.66
L	Peso Muestra seca (J-H)	gr	113.54	114.31	106.02	108.23	112.57	110.63	116.75	122.13
M	Contenido de Humedad (W% = (K/L) * 100)	%	3.02	3.11	4.17	4.96	7.27	6.94	9.66	7.91
N	Promedio Contenido de humedad Óptimo	%	3.07		4.57		7.10		8.79	
O	Densidad Seca Máxima; Ds	g/cm3	2.12		2.22		2.21		2.11	



<b>OBSERVACIONES:</b>		
<b>RESPONSABLE DEL ENSAYO</b>	<b>COORDINADOR DE LABORATORIO</b>	<b>ASESOR DE TESIS</b>
		
NOMBRE: Silvana Taico Lezama	NOMBRE: Jorge Hoyos Martínez	NOMBRE: Elizabeth M. Verma Cullarain
FECHA:	FECHA:	FECHA: INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 9878

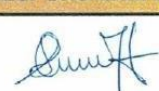


<b>LABORATORIO DE SUELOS – UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA</b>			
<b>PROTOCOLO</b>			
<b>ENSAYO</b>	COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO		<b>NÚMERO DE PROTOCOLO:</b>
<b>NORMA</b>	MTC E 115 – ASTM D 1557		
<b>TESIS</b>	RECICLADO DE CONCRETO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE BASES EN LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTOS		
CANTIDAD DE MUESTRA:		RESPONSABLE:	
TIPO DE MATERIAL:	Afirmado	REVISADO POR:	
FECHA DE ENSAYO:			
HORA DE ENSAYO:			

COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO										
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1		2		3		4	
A	Peso Molde	gr	6576.00		6558.00		6558.00		6560.00	
B	Peso Muestra Húmeda + Molde	gr	11134.00		11470.00		11561.00		11389.00	
C	Peso Muestra Húmeda (B-A)	gr	4558.00		4912.00		5003.00		4829.00	
D	Volumen Muestra húmeda	cm3	2104.92		2104.92		2104.92		2104.92	
F	Densidad húmeda; (Dh=C/D)	g/cm3	2.17		2.33		2.38		2.29	
G	Recipiente	N°	a	b	a	b	a	b	a	b
H	Peso Recipiente	gr	109.30	107.90	26.79	26.64	26.80	27.87	26.75	26.56
I	Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	377.40	341.40	152.06	150.95	151.76	149.89	166.62	169.85
J	Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	370.05	334.95	145.94	144.85	143.32	141.93	153.53	159.78
K	Peso del Agua (I-H-L)	gr	7.35	6.45	6.12	6.10	8.44	7.96	13.09	10.07
L	Peso Muestra seca (J-H)	gr	260.75	227.05	119.15	118.21	116.52	114.06	126.78	133.22
M	Contenido de Humedad (W%= (K/L) * 100)	%	2.82	2.84	5.14	5.16	7.24	6.98	10.32	7.56
N	Promedio Contenido de humedad Óptimo	%	2.83		5.15		7.11		8.94	
O	Densidad Seca Máxima; Ds	g/cm3	2.11		2.22		2.22		2.11	



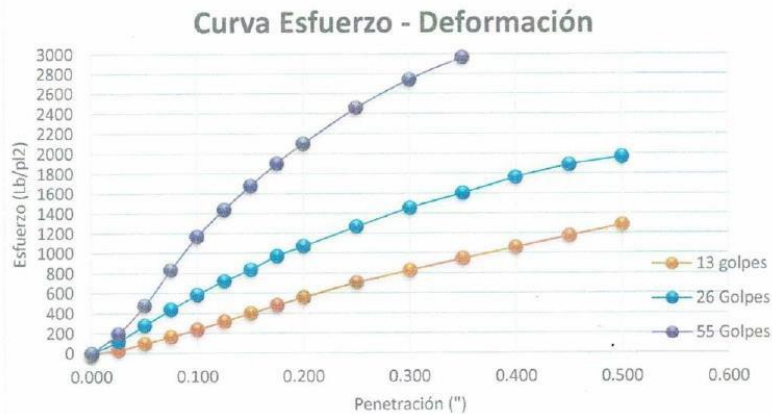
**OBSERVACIONES:**

<b>RESPONSABLE DEL ENSAYO</b>	<b>COORDINADOR DE LABORATORIO</b>	<b>ASESOR DE TESIS</b>
		
NOMBRE: Silvana Taico Lezama	NOMBRE: Jorge Hoyos Martínez	NOMBRE: Lizbeth M. Merma Culliani
FECHA:	FECHA:	FECHA: <small>ROSEBERO QUIROGA Reg. CIP N° 9870</small>




LABORATORIO DE SUELOS – UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA										
PROTOCOLO										
ENSAYO		CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR				NÚMERO DE PROTOCOLO:				
NORMA		MTC E 115 – ASTM D 1557								
TESIS		RECICLADO DE CONCRETO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE BASES EN LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTOS								
CANTIDAD DE MUESTRA:			RESPONSABLE:							
TIPO DE MATERIAL:		Afirmado		REVISADO POR:						
FECHA DE ENSAYO:										
HORA DE ENSAYO:										
CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR										
DESCRIPCIÓN	UND	1		2		3				
Nº Capas		5		5		5				
Nº Golpes por Capa		13		26		55				
Condición de Muestra		Antes de Saturar	Saturado	Antes de Saturar	Saturado	Antes de Saturar	Saturado			
Peso Molde	gr	8100.00	8100.00	8134.00	8134.00	8338.00	8338.00			
Peso Muestra húmeda + Molde	gr	13238.00	13367.00	13323.00	13458.00	13721.00	13798.00			
Peso Muestra húmeda	gr	5138.00	5267.00	5189.00	5324.00	5383.00	5460.00			
Volumen Muestra húmeda	cm3	2289.39		2289.39		2289.39				
Densidad húmeda ; Dh	g/cm3	2.24	2.30	2.27	2.33	2.35	2.38			
CONTENIDO DE HUMEDAD										
Ensayo	Nº	1- A	1- B	1- C	2- A	2- B	2- C	3- A	3- B	3- C
Peso Recipiente	gr	27.49	27.06	27.05	26.78	27.07	35.21	27.36	26.76	27.07
Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	151.98	149.34	144.75	189.51	182.88	139.26	149.16	153.50	143.88
Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	144.28	140.67	135.99	183.25	176.65	131.63	143.52	146.67	134.96
Peso del Agua	gr	7.70	8.67	8.76	6.26	6.23	7.63	5.64	6.83	8.92
Peso Muestra Seca	gr	116.79	113.61	108.94	156.47	149.58	96.42	116.16	119.91	107.89
Contenido de Humedad ; W%	%	6.59	7.63	8.04	4.00	4.16	7.91	4.86	5.70	8.27
Promedio Contenido de Humedad	%	7.11		8.04	4.08		7.91	5.28		8.27
Densidad Máxima Seca; Ds	g/cm3	2.09		2.13	2.18		2.16	2.23		2.20
ENSAYO DE HINCHAMIENTO										
TIEMPO ACUMULADO		MOLDE Nº 01			MOLDE Nº 02			MOLDE Nº 03		
		Lectura	Hinchamiento		Lectura	Hinchamiento		Lectura	Hinchamiento	
Horas	Días	Deforma	mm	%	Deforma	mm	%	Deforma	mm	%
0	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
24	1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.051	0.040
48	2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.051	0.040
72	3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.051	0.040
96	4	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.051	0.040
MATERIAL NO EXPANSIVO										
<b>OBSERVACIONES:</b>										
RESPONSABLE DEL ENSAYO		COORDINADOR DE LABORATORIO				ASESOR DE TESIS				
										
NOMBRE: Silvana Taico Lezama		NOMBRE: Jorge Hoyos Martínez				NOMBRE: <small>Dr. G. Herrera Gallardo</small> <small>INGENIERO CIVIL</small> <small>TEL. 051 984 211 211</small>				
FECHA:		FECHA:				FECHA:				

<b>LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA</b>			
<b>PROTOCOLO</b>			
<b>ENSAYO</b>	CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR	<b>NÚMERO DE PROTOCOLO:</b>	
<b>NORMA</b>	MTC E 115 - ASTM D 1557		
<b>TESIS</b>	RECICLADO DE CONCRETO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE BASES EN LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTOS		
CANTIDAD DE MUESTRA:		RESPONSABLE:	
TIPO DE MATERIAL:	Afirmado	REVISADO POR:	
FECHA DE ENSAYO:			
HORA DE ENSAYO:			

CARGA - PENETRACIÓN														
PENETRACIÓN		MOLDE N° 01					MOLDE N° 02				MOLDE N° 03			
		Lectur a	Carga kg	Esfuerzo		Lectur a	Carga kg	Esfuerzo		Lectur a	Carga kg	Esfuerzo		
mm	Pulg			kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pl <sup>2</sup>			kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pl <sup>2</sup>			kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pl <sup>2</sup>	
0.00	0.000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
0.64	0.025	0.0011	44.1119	2.2466	31.9541	0.0050	163.7430	8.3394	118.6138	0.0085	271.0208	13.8030	196.3242	
1.27	0.050	0.0040	133.0777	6.7776	96.3998	0.0123	387.4045	19.7303	280.6300	0.0212	659.6233	33.5943	477.8218	
1.90	0.075	0.0071	228.1191	11.6180	165.2463	0.0194	604.6090	30.7925	437.9710	0.0373	1150.7676	58.6081	833.6006	
2.54	0.100	0.0104	329.2243	16.7673	238.4863	0.0260	806.2261	41.0608	584.0201	0.0525	1612.9242	82.1456	1168.3815	
3.17	0.125	0.0140	439.4408	22.3805	318.3246	0.0322	995.3685	50.6937	721.0317	0.0648	1985.8167	101.1368	1438.4990	
3.81	0.150	0.0177	552.6318	28.1453	400.3190	0.0374	1153.8130	58.7632	835.8066	0.0757	2315.4517	117.9250	1677.2827	
4.45	0.175	0.0213	662.6791	33.7500	480.0364	0.0436	1342.5000	68.3730	972.4897	0.0861	2629.2522	133.9067	1904.5952	
5.08	0.200	0.0248	769.5893	39.1949	557.4808	0.0480	1476.2567	75.1851	1069.3802	0.0951	2900.2480	147.7084	2100.9009	
6.35	0.250	0.0315	974.0261	49.6067	705.5710	0.0570	1749.4614	89.0993	1267.2861	0.1115	3392.7208	172.7899	2457.6426	
7.62	0.300	0.0370	1141.6311	58.1428	826.9825	0.0656	2010.0362	102.3703	1456.0435	0.1246	3784.8537	192.7610	2741.6975	
8.89	0.350	0.0424	1305.9993	66.5140	946.0486	0.0724	2215.7347	112.8464	1605.0482	0.1351	4098.3605	208.7278	2968.7981	
10.16	0.400	0.0475	1461.0633	74.4113	1058.3742	0.0797	2436.2266	124.0760	1764.7702					
11.43	0.450	0.0527	1618.9953	82.4548	1172.7794	0.0855	2611.1673	132.9857	1891.4955					
12.70	0.500	0.0578	1773.7210	90.3349	1284.8604	0.0891	2719.6421	138.5102	1970.0721					



<b>OBSERVACIONES:</b>		
<b>RESPONSABLE DEL ENSAYO</b>	<b>COORDINADOR DE LABORATORIO</b>	<b>ASESOR DE TESIS</b>
		
NOMBRE: Silvana Taico Lezama	NOMBRE: Jorge Hoyos Martínez	NOMBRE: Merysa Capanari <small>2.2.2014 Merysa Capanari RUC CIP N° 96705</small>
FECHA:	FECHA:	FECHA:

LABORATORIO DE SUELOS – UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA										
PROTOCOLO										
ENSAYO		CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR					NÚMERO DE PROTOCOLO:			
NORMA		MTC E 115 – ASTM D 1557								
TESIS		RECICLADO DE CONCRETO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE BASES EN LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTOS								
CANTIDAD DE MUESTRA:					RESPONSABLE:					
TIPO DE MATERIAL:		Afirmado			REVISADO POR:					
FECHA DE ENSAYO:										
HORA DE ENSAYO:										
CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR										
DESCRIPCIÓN	UND	1			2		3			
N° Capas		5			5		5			
N° Golpes por Capa		13			26		55			
Condición de Muestra		Antes de Saturar	Saturado	Antes de Saturar	Saturado	Antes de Saturar	Saturado	Saturado		
Peso Molde	gr	8300.00	8300.00	8029.00	8029.00	8243.00	8243.00	8243.00		
Peso Muestra húmeda + Molde	gr	13373.00	13537.00	13272.00	13374.00	13642.00	13702.00	13702.00		
Peso Muestra húmeda	gr	5073.00	5237.00	5243.00	5345.00	5399.00	5459.00	5459.00		
Volumen Muestra húmeda	cm <sup>3</sup>	2289.39			2289.39		2289.39			
Densidad húmeda ; Dh	g/cm <sup>3</sup>	2.22	2.29	2.29	2.33	2.36	2.38	2.38		
CONTENIDO DE HUMEDAD										
Ensayo	N°	1- A	1- B	1- C	2- A	2- B	2- C	3- A	3- B	3- C
Peso Recipiente	gr	26.79	27.90	27.04	26.77	26.64	35.19	26.97	27.39	27.04
Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	147.33	162.66	143.29	140.22	161.49	143.70	154.48	154.74	136.64
Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	140.93	156.14	134.20	133.71	154.01	135.80	148.10	148.16	130.65
Peso del Agua	gr	6.40	6.52	9.09	6.51	7.48	7.90	6.38	6.58	5.99
Peso Muestra Seca	gr	114.14	128.24	107.16	106.94	127.37	100.61	121.13	120.77	103.61
Contenido de Humedad ; W%	%	5.61	5.08	8.48	6.09	5.87	7.85	5.27	5.45	5.78
Promedio Contenido de Humedad	%	5.35		8.48	5.98		7.85	5.36		5.78
Densidad Máxima Seca; Ds	g/cm <sup>3</sup>	2.11		2.11	2.16		2.16	2.24		2.25
ENSAYO DE HINCHAMIENTO										
TIEMPO ACUMULADO		MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
		Lectura	Hinchamiento		Lectura	Hinchamiento		Lectura	Hinchamiento	
Horas	Días	Deforma	mm	%	Deforma	mm	%	Deforma	mm	%
0	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
24	1	0.003	0.076	0.060	0.003	0.076	0.060	0.002	0.051	0.040
48	2	0.003	0.076	0.060	0.003	0.076	0.060	0.002	0.051	0.040
72	3	0.003	0.076	0.060	0.003	0.076	0.060	0.002	0.051	0.040
96	4	0.003	0.076	0.060	0.003	0.076	0.060	0.002	0.051	0.040
MATERIAL NO EXPANSIVO										
OBSERVACIONES:										
RESPONSABLE DEL ENSAYO			COORDINADOR DE LABORATORIO				ASESOR DE TESIS			
										
NOMBRE: Gianella Martínez Ocharán			NOMBRE: Juan Valdivia				NOMBRE: Norma Gallardo			
FECHA:			FECHA:				FECHA:			

<b>LABORATORIO DE SUELOS – UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA</b>			
<b>PROTOCOLO</b>			
<b>ENSAYO</b>	CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR	<b>NÚMERO DE PROTOCOLO:</b>	
<b>NORMA</b>	MTC E 115 – ASTM D 1557		
<b>TESIS</b>	RECICLADO DE CONCRETO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE BASES EN LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTOS		
CANTIDAD DE MUESTRA:		RESPONSABLE:	
TIPO DE MATERIAL:	Afirmado	REVISADO POR:	
FECHA DE ENSAYO:			
HORA DE ENSAYO:			

CARGA - PENETRACIÓN													
PENETRACIÓN		MOLDE N° 01				MOLDE N° 02				MOLDE N° 03			
		Lectura	Carga	Esfuerzo		Lectura	Carga	Esfuerzo		Lectura	Carga	Esfuerzo	
mm	Pulg		kg	kg/cm2	Lb/pl2		kg	kg/cm2	Lb/pl2		kg	kg/cm2	Lb/pl2
0.00	0.000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.64	0.025	0.0039	130.0108	6.6214	94.1782	0.0079	252.6359	12.8666	183.0055	0.0047	154.5441	7.8709	111.9502
1.27	0.050	0.0067	215.8592	10.9936	156.3653	0.0159	497.5769	25.3414	360.4383	0.0125	393.5274	20.0422	285.0662
1.90	0.075	0.0092	292.4669	14.8952	211.8589	0.0234	726.8347	37.0174	526.5096	0.0228	708.5074	36.0840	513.2336
2.54	0.100	0.0118	372.0962	18.9507	269.5415	0.0301	931.3319	47.4323	674.6438	0.0334	1031.9480	52.5567	747.5297
3.17	0.125	0.0138	433.3198	22.0688	313.8912	0.0359	1108.1257	56.4364	802.7118	0.0429	1321.2090	67.2886	957.0659
3.81	0.150	0.0160	500.6361	25.4972	362.6543	0.0415	1278.6176	65.1195	926.2142	0.0521	1600.7813	81.5271	1159.5844
4.45	0.175	0.0185	577.0940	29.3912	418.0399	0.0460	1415.4736	72.0895	1025.3506	0.0610	1870.7182	95.2749	1355.1235
5.08	0.200	0.0204	635.1751	32.3492	460.1124	0.0503	1546.1253	78.7435	1119.9924	0.0689	2109.8977	107.4562	1528.3818
6.35	0.250	0.0246	763.4823	38.8838	553.0560	0.0572	1755.5267	89.4082	1271.6797	0.0836	2553.8830	130.0682	1849.9990
7.62	0.300	0.0287	888.6250	45.2573	643.7082	0.0632	1937.3655	98.6692	1403.4016	0.0970	2957.3915	150.6187	2142.2950
8.89	0.350	0.0327	1010.6111	51.4700	732.0733	0.0678	2076.6183	105.7613	1504.2747	0.1099	3344.7509	170.3468	2422.8936
10.16	0.400	0.0367	1132.4941	57.6775	820.3644	0.0719	2200.6200	112.0767	1594.1005	0.1250	3796.8098	193.3699	2750.3581
11.43	0.450	0.0406	1251.2308	63.7247	906.3755	0.0757	2315.4517	117.9250	1677.2827	0.1398	4238.4620	215.8631	3070.2856
12.70	0.500	0.0439	1351.6237	68.8376	979.0978	0.0798	2439.2447	124.2297	1766.9563				



<b>OBSERVACIONES:</b>		
<b>RESPONSABLE DEL ENSAYO</b>	<b>COORDINADOR DE LABORATORIO</b>	<b>ASESOR DE TESIS</b>
NOMBRE: Gladia Martinez Ocharan	NOMBRE: Taico Lezama	NOMBRE: N. Norma Citarán Ingeniero Civil Reg. CIP N° 99162
FECHA:	FECHA:	FECHA:

LABORATORIO DE SUELOS – UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA										
PROTOCOLO										
ENSAYO		CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR					NÚMERO DE PROTOCOLO:			
NORMA		MTC E 115 – ASTM D 1557								
TESIS		RECICLADO DE CONCRETO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE BASES EN LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTOS								
CANTIDAD DE MUESTRA:				RESPONSABLE:						
TIPO DE MATERIAL:		Afirmado		REVISADO POR:						
FECHA DE ENSAYO:										
HORA DE ENSAYO:										

CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR							
DESCRIPCIÓN	UND	1		2		3	
N° Capas		5		5		5	
N° Golpes por Capa		13		26		55	
Condición de Muestra		Antes de Saturar	Saturado	Antes de Saturar	Saturado	Antes de Saturar	Saturado
Peso Molde	gr	8024.00	8024.00	7220.00	7220.00	7978.00	7978.00
Peso Muestra húmeda + Molde	gr	13161.00	13287.00	12558.00	12619.00	13388.00	13446.00
Peso Muestra húmeda	gr	5137.00	5263.00	5338.00	5399.00	5410.00	5468.00
Volumen Muestra húmeda	cm3	2289.39		2289.39		2289.39	
Densidad húmeda ; Dh	g/cm3	2.24	2.3	2.33	2.36	2.36	2.39

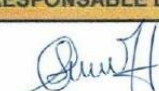
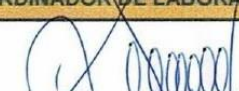
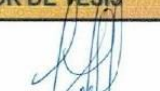
CONTENIDO DE HUMEDAD										
Ensayo	N°	1- A	1-B	1-C	2-A	2-B	2-C	3-A	3-B	3-C
Peso Recipiente	gr	26.97	27.46	27.05	26.84	26.68	35.21	26.83	27.89	27.07
Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	168.33	137.17	129.98	136.48	136.22	127.21	137.19	146.29	134.25
Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	160.63	130.77	122.05	129.57	129.67	120.73	131.31	139.58	124.90
Peso del Agua	gr	7.70	6.40	7.93	6.91	6.55	6.48	5.88	6.71	9.35
Peso Muestra Seca	gr	133.66	103.31	95.00	102.73	102.99	85.52	104.48	111.69	97.83
Contenido de Humedad ; W%	%	5.76	6.19	8.35	6.73	6.36	7.58	5.63	6.01	9.56
Promedio Contenido de Humedad	%	5.98		8.35	6.55		7.58	5.82		9.56
Densidad Máxima Seca; Ds	g/cm3	2.11		2.12	2.19		2.19	2.23		2.18

ENSAYO DE HINCHAMIENTO										
TIEMPO ACUMULADO		MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
		Lectura	Hinchamiento		Lectura	Hinchamiento		Lectura	Hinchamiento	
Horas	Días	Deforma	mm	%	Deforma	mm	%	Deforma	mm	%
0	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
24	1	0.001	0.025	0.020	0.002	0.051	0.040	0.001	0.025	0.020
48	2	0.001	0.025	0.020	0.002	0.051	0.040	0.001	0.025	0.020
72	3	0.001	0.025	0.020	0.002	0.051	0.040	0.001	0.025	0.020
96	4	0.001	0.025	0.020	0.002	0.051	0.040	0.001	0.025	0.020

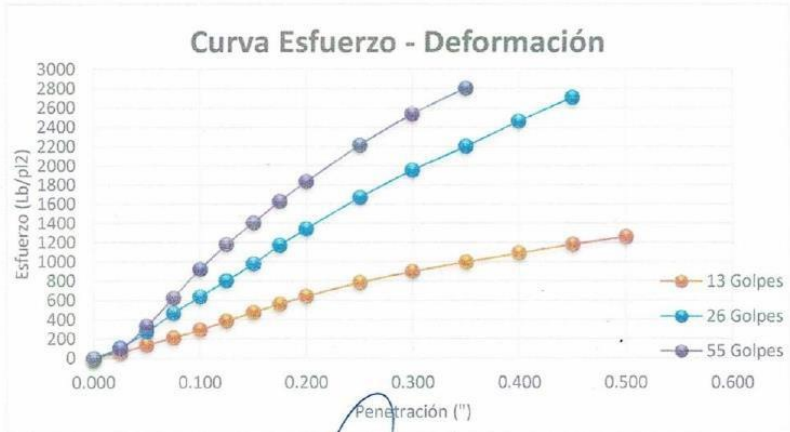
  





**MATERIAL NO EXPANSIVO**

OBSERVACIONES:										
RESPONSABLE DEL ENSAYO			COORDINADOR DE LABORATORIO				ASESOR DE TESIS			
										
NOMBRE: Silvana Taico Lezama			NOMBRE: G. Martinez Ocharan				NOMBRE: G. Martinez Ocharan			
FECHA:			FECHA:				FECHA:			

<b>LABORATORIO DE SUELOS – UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA</b>			
<b>PROTOCOLO</b>			
<b>ENSAYO</b>	CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR	<b>NÚMERO DE PROTOCOLO:</b>	
<b>NORMA</b>	MTC E 115 – ASTM D 1557		
<b>TESIS</b>	RECICLADO DE CONCRETO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE BASES EN LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTOS		
<b>CANTIDAD DE MUESTRA:</b>		<b>RESPONSABLE:</b>	
<b>TIPO DE MATERIAL:</b>	Afirmado	<b>REVISADO POR:</b>	
<b>FECHA DE ENSAYO:</b>			
<b>HORA DE ENSAYO:</b>			

CARGA - PENETRACIÓN													
PENETRACIÓN		MOLDE N° 01				MOLDE N° 02				MOLDE N° 03			
		Lectura	Carga	Esfuerzo		Lectura	Carga	Esfuerzo		Lectura	Carga	Esfuerzo	
mm	Pulg		kg	kg/cm2	Lb/pl2		kg	kg/cm2	Lb/pl2		kg	kg/cm2	Lb/pl2
0.00	0.000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.64	0.025	0.0024	83.9998	4.2781	60.8487	0.0046	151.4776	7.7147	109.7285	0.0042	139.2113	7.0900	100.8432
1.27	0.050	0.0058	188.2706	9.5885	136.3801	0.0121	381.2814	19.4185	276.1952	0.0147	460.8621	23.4715	333.8422
1.90	0.075	0.0093	295.5304	15.0512	214.0777	0.0207	644.3436	32.8162	466.7547	0.0279	864.2154	44.0141	626.0257
2.54	0.100	0.0130	408.8335	20.8217	296.1533	0.0285	882.5230	44.9465	639.2876	0.0414	1275.5749	64.9645	924.0096
3.17	0.125	0.0171	534.2825	27.2108	387.0274	0.0360	1111.1720	56.5915	804.9179	0.0531	1631.1367	83.0731	1181.5736
3.81	0.150	0.0212	659.6233	33.5943	477.8218	0.0440	1354.6648	68.9925	981.3010	0.0634	1943.4229	98.9777	1407.7895
4.45	0.175	0.0250	775.6961	39.5059	561.9043	0.0526	1615.9598	82.3002	1170.5804	0.0736	2252.0035	114.6936	1631.3215
5.08	0.200	0.0287	888.6250	45.2573	643.7082	0.0605	1855.5668	94.5032	1344.1474	0.0830	2535.7884	129.1466	1836.8908
6.35	0.250	0.0351	1083.7532	55.1951	785.0565	0.0755	2309.4102	117.6173	1672.9061	0.1004	3059.5903	155.8237	2216.3272
7.62	0.300	0.0404	1245.1441	63.4147	901.9663	0.0886	2704.5812	137.7432	1959.1629	0.1152	3503.5879	178.4363	2537.9530
8.89	0.350	0.0448	1378.9914	70.2315	998.9237	0.0999	3044.5657	155.0585	2205.4436	0.1275	3871.5122	197.1745	2804.4721
10.16	0.400	0.0490	1506.6385	76.7325	1091.3894	0.1119	3404.7106	173.4005	2466.3273				
11.43	0.450	0.0531	1631.1367	83.0731	1181.5736	0.1232	3742.9991	190.6294	2711.3791				
12.70	0.500	0.0567	1740.3630	88.6360	1260.6964								



<b>OBSERVACIONES:</b>		
<b>RESPONSABLE DEL ENSAYO</b>	<b>COORDINADOR DE LABORATORIO</b>	<b>ASESOR DE TESIS</b>
		
NOMBRE: Silvana Taico Lezama	NOMBRE: G. Martínez Ocharan	NOMBRE: 
FECHA:	FECHA:	FECHA:



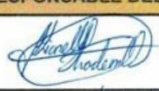
**ANEXO N° 06: Protocolos de ensayo al material de agregado combinado**


<b>LABORATORIO DE SUELOS – UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA</b>			
<b>PROTOCOLO</b>			
<b>ENSAYO</b>	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO MEDIANTE TAMIZADO EN SECO	<b>NÚMERO DE PROTOCOLO:</b>	
<b>NORMA</b>	ASTM D 1241 – ASTM D 422		
<b>TESIS</b>	RECICLADO DE CONCRETO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE BASES EN LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTOS		
CANTIDAD DE MUESTRA:		RESPONSABLE:	
TIPO DE MATERIAL: Arg. Combinado		REVISADO POR:	
FECHA DE ENSAYO:			
HORA DE ENSAYO:			

<b>PESO MUESTRA SECA (gr) =</b>	3877.67
---------------------------------	---------

GRANULOMETRÍA POR TAMIZADO EN SECO						
N°	TAMIZ mm.	PESO RETENIDO (gr)	PESO RETENIDO CORREGIDO (gr)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
2"	50.80	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.40	128.28	129.52	3.34	3.34	96.66
3/8"	9.50	1132.05	1133.29	29.23	32.57	67.43
N° 04	4.75	885.84	887.08	22.88	55.44	44.56
N° 10	2.00	553.79	555.03	14.31	69.76	30.24
N° 40	0.425	494.65	495.89	12.79	82.54	17.46
N° 200	0.075	542.28	543.52	14.02	96.56	3.44
Bandeja		133.36	133.36	3.44	100.00	0.00
<b>TOTAL</b>		<b>3870.25</b>	<b>3877.67</b>			

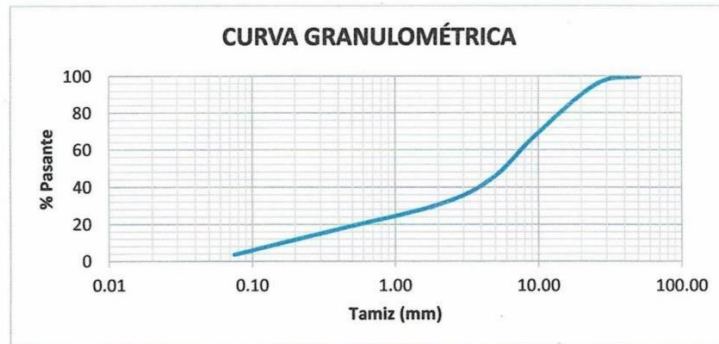


<b>OBSERVACIONES:</b>		
<b>RESPONSABLE DEL ENSAYO</b>	<b>COORDINADOR DE LABORATORIO</b>	<b>ASESOR DE TESIS</b>
		
NOMBRE: <i>Giannela Martínez Ocharán</i>	NOMBRE: <i>Leon Lezama</i>	NOMBRE: <i>Luzbelis M. Herrera Guillard</i>
FECHA:	FECHA:	FECHA: <small>INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 94703</small>

<b>LABORATORIO DE SUELOS – UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA</b>			
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>PROTOCOLO</b>		
	<b>ENSAYO</b>	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO MEDIANTE TAMIZADO EN SECO	<b>NÚMERO DE PROTOCOLO:</b>
	<b>NORMA</b>	ASTM D 1241 – ASTM D 422	
	<b>TESIS</b>	RECICLADO DE CONCRETO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE BASES EN LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTOS	
<b>CANTIDAD DE MUESTRA:</b>		<b>RESPONSABLE:</b>	
<b>TIPO DE MATERIAL:</b>	Arg. Combinado	<b>REVISADO POR:</b>	
<b>FECHA DE ENSAYO:</b>			
<b>HORA DE ENSAYO:</b>			

**PESO MUESTRA SECA (gr) =** 3548.29

GRANULOMETRÍA POR TAMIZADO EN SECO						
N°	TAMIZ mm.	PESO RETENIDO (gr)	PESO RETENIDO CORREGIDO (gr)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
2"	50.80	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.40	151.71	151.83	4.28	4.28	95.72
3/8"	9.50	995.25	995.37	28.05	32.33	67.67
N° 04	4.75	815.87	815.99	23.00	55.33	44.67
N° 10	2.00	495.17	495.29	13.96	69.29	30.71
N° 40	0.425	450.93	451.05	12.71	82.00	18.00
N° 200	0.075	509.79	509.91	14.37	96.37	3.63
Bandeja		128.85	128.85	3.63	100.00	0.00
<b>TOTAL</b>		3547.57	3548.29			



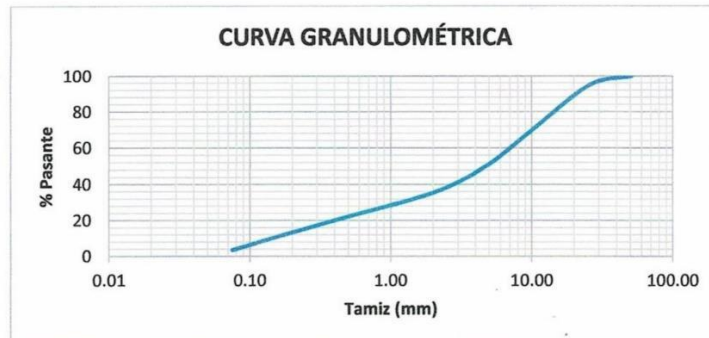
**OBSERVACIONES:**

<b>RESPONSABLE DEL ENSAYO</b>	<b>COORDINADOR DE LABORATORIO</b>	<b>ASESOR DE TESIS</b>
		
NOMBRE: Gisella Martínez Obaco	NOMBRE: Leonilda	NOMBRE: Elizabeth N. Myrta Guillardo
FECHA:	FECHA:	FECHA: INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 68763

<b>LABORATORIO DE SUELOS – UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA</b>			
<b>PROTOCOLO</b>			
<b>ENSAYO</b>	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO MEDIANTE TAMIZADO EN SECO	<b>NÚMERO DE PROTOCOLO:</b>	
<b>NORMA</b>	ASTM D 1241 – ASTM D 422		
<b>TESIS</b>	RECICLADO DE CONCRETO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE BASES EN LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTOS		
CANTIDAD DE MUESTRA:		RESPONSABLE:	
TIPO DE MATERIAL:	Arg. Combinado	REVISADO POR:	
FECHA DE ENSAYO:			
HORA DE ENSAYO:			

PESO MUESTRA SECA (gr) = 3530.20

GRANULOMETRÍA POR TAMIZADO EN SECO						
N°	TAMIZ mm.	PESO RETENIDO (gr)	PESO RETENIDO CORREGIDO (gr)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
2"	50.80	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.40	188.57	189.52	5.37	5.37	94.63
3/8"	9.50	927.56	928.51	26.30	31.67	68.33
N° 04	4.75	639.44	640.39	18.14	49.81	50.19
N° 10	2.00	515.05	516.00	14.62	64.43	35.57
N° 40	0.425	520.56	521.51	14.77	79.20	20.80
N° 200	0.075	606.90	607.85	17.22	96.42	3.58
Bandeja		126.40	126.40	3.58	100.00	0.00
<b>TOTAL</b>		<b>3524.48</b>	<b>3530.20</b>			



<b>OBSERVACIONES:</b>		
<b>RESPONSABLE DEL ENSAYO</b>	<b>COORDINADOR DE LABORATORIO</b>	<b>ASESOR DE TESIS</b>
NOMBRE: Gianella Martínez Ocharán	NOMBRE: Taico Lezama	NOMBRE: ..... INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 98765
FECHA:	FECHA:	FECHA:

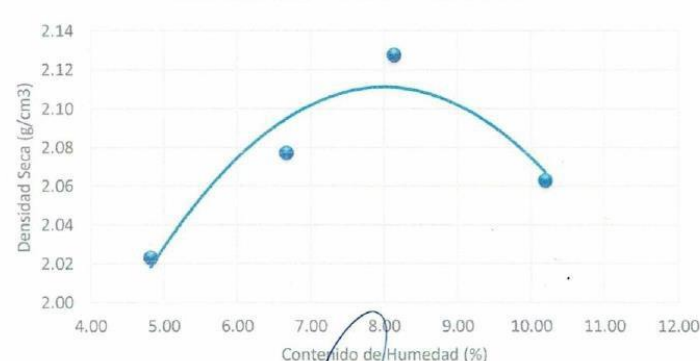
LABORATORIO DE SUELOS – UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA									
PROTOCOLO									
ENSAYO	COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO					NÚMERO DE PROTOCOLO:			
NORMA	MTC E 115 – ASTM D 1557								
TESIS	RECICLADO DE CONCRETO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE BASES EN LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTOS								
CANTIDAD DE MUESTRA:			RESPONSABLE:						
TIPO DE MATERIAL:		Agr. Combinado		REVISADO POR:					
FECHA DE ENSAYO:									
HORA DE ENSAYO:									

COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO										
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1		2		3		4	
A	Peso Molde	gr	6557.00		6556.00		6555.00		6558.00	
B	Peso Muestra Húmeda + Molde	gr	11021.00		11220.00		11398.00		11343.00	
C	Peso Muestra Húmeda (B-A)	gr	4464.00		4664.00		4843.00		4785.00	
D	Volumen Muestra húmeda	cm3	2104.92		2104.92		2104.92		2104.92	
F	Densidad húmeda; (Dh=C/D)	g/cm3	2.12		2.22		2.30		2.27	
G	Recipiente	N°	a	b	a	b	a	b	a	b
H	Peso Recipiente	gr	26.69	26.65	27.03	27.05	26.82	27.23	26.78	27.89
I	Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	177.47	170.16	134.10	134.67	149.15	142.98	142.00	137.73
J	Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	170.25	163.85	127.17	128.19	139.59	134.63	130.86	128.04
K	Peso del Agua (I-H-L)	gr	7.22	6.31	6.93	6.48	9.56	8.35	11.14	9.69
L	Peso Muestra seca (J-H)	gr	143.56	137.20	100.14	101.14	112.77	107.40	104.08	100.15
M	Contenido de Humedad (W%= (K/L) * 100)	%	5.03	4.60	6.92	6.41	8.48	7.77	10.70	9.68
N	Promedio Contenido de humedad Óptimo	%	4.81		6.66		8.13		10.19	
O	Densidad Seca Máxima; Ds	g/cm3	2.02		2.08		2.13		2.06	



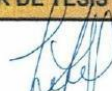
### CURVA DE COMPACTACIÓN



Densidad Seca (g/cm<sup>3</sup>)

Contenido de Humedad (%)

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR DE TESIS
		
NOMBRE: Garelle Martínez Ocharán	NOMBRE: Taico Lezama	NOMBRE: Víctor Gallardo
FECHA:	FECHA:	FECHA:

LABORATORIO DE SUELOS – UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA									
PROTOCOLO									
ENSAYO	COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO					NÚMERO DE PROTOCOLO:			
NORMA	MTC E 115 – ASTM D 1557								
TESIS	RECICLADO DE CONCRETO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE BASES EN LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTOS								
CANTIDAD DE MUESTRA:				RESPONSABLE:					
TIPO DE MATERIAL:		Agr. Combinado		REVISADO POR:					
FECHA DE ENSAYO:									
HORA DE ENSAYO:									

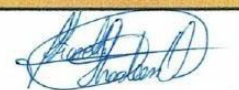
COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO										
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1		2		3		4	
A	Peso Molde	gr	6558.00		6559.00		6557.00		6558.00	
B	Peso Muestra Húmeda + Molde	gr	11045.00		11261.00		11373.00		11375.00	
C	Peso Muestra Húmeda (B-A)	gr	4487.00		4702.00		4816.00		4817.00	
D	Volumen Muestra húmeda	cm3	2104.92		2104.92		2104.92		2104.92	
F	Densidad húmeda; (Dh=C/D)	g/cm3	2.13		2.23		2.29		2.29	
G	Recipiente	N°	a	b	a	b	a	b	a	b
H	Peso Recipiente	gr	26.70	26.67	26.79	27.23	26.77	27.89	26.89	27.24
I	Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	144.85	146.05	130.57	132.72	131.40	134.11	143.47	143.51
J	Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	139.11	141.22	123.55	125.79	124.05	125.59	131.17	132.60
K	Peso del Agua (I-H-L)	gr	5.74	4.83	7.02	6.93	7.35	8.52	12.30	10.91
L	Peso Muestra seca (J-H)	gr	112.41	114.55	96.76	98.56	97.28	97.70	104.28	105.36
M	Contenido de Humedad (W%=(K/L) * 100)	%	5.11	4.22	7.26	7.03	7.56	8.72	11.80	10.35
N	Promedio Contenido de humedad Óptimo	%	4.66		7.14		8.14		11.08	
O	Densidad Seca Máxima; Ds	g/cm3	2.04		2.08		2.12		2.06	

### CURVA DE COMPACTACIÓN

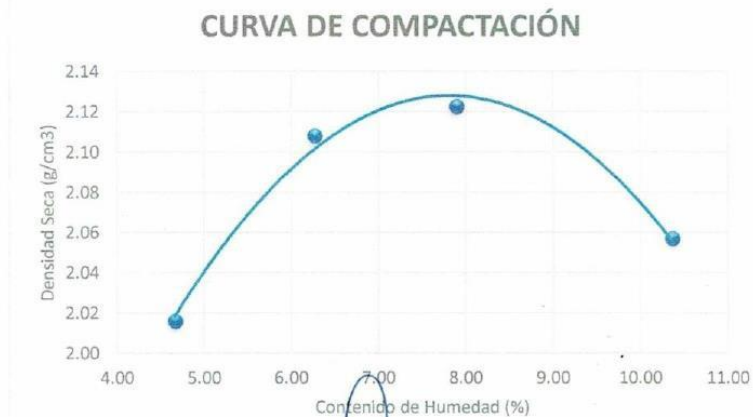


OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR DE TESIS
		
NOMBRE: <i>Giaretta Martinez Ocharan</i>	NOMBRE: <i>César Valera</i>	NOMBRE: <i>.....</i>
FECHA:	FECHA:	FECHA:

<b>LABORATORIO DE SUELOS – UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA</b>			
<b>PROTOCOLO</b>			
<b>ENSAYO</b>	COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO	<b>NÚMERO DE PROTOCOLO:</b>	
<b>NORMA</b>	MTC E 115 – ASTM D 1557		
<b>TESIS</b>	RECICLADO DE CONCRETO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE BASES EN LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTOS		
CANTIDAD DE MUESTRA:		RESPONSABLE:	
TIPO DE MATERIAL:	Agr. Combinado	REVISADO POR:	
FECHA DE ENSAYO:			
HORA DE ENSAYO:			

<b>COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO</b>										
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1		2		3		4	
A	Peso Molde	gr	6556.00		6556.00		6558.00		6557.00	
B	Peso Muestra Húmeda + Molde	gr	11003.00		11271.00		11378.00		11332.00	
C	Peso Muestra Húmeda (B-A)	gr	4447.00		4715.00		4820.00		4775.00	
D	Volumen Muestra húmeda	cm3	2104.92		2104.92		2104.92		2104.92	
F	Densidad húmeda; (Dh=C/D)	g/cm3	2.11		2.24		2.29		2.27	
G	Recipiente	Nº	a	b	a	b	a	b	a	b
H	Peso Recipiente	gr	26.68	26.65	26.81	27.24	27.68	27.87	26.85	27.20
I	Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	140.68	136.38	130.24	128.39	134.89	137.53	137.69	137.88
J	Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	135.52	131.57	123.32	122.21	126.46	130.12	126.38	128.40
K	Peso del Agua (I-H-L)	gr	5.16	4.81	5.81	6.18	8.43	7.41	11.31	9.48
L	Peso Muestra seca (J-H)	gr	108.84	104.92	96.51	94.97	98.78	102.25	99.53	101.20
M	Contenido de Humedad (W% = (K/L) * 100)	%	4.74	4.58	6.02	6.51	8.53	7.25	11.36	9.37
N	Promedio Contenido de humedad Óptimo	%	4.66		6.26		7.89		10.37	
O	Densidad Seca Máxima; Ds	g/cm3	2.02		2.11		2.12		2.06	



<b>OBSERVACIONES:</b>		
<b>RESPONSABLE DEL ENSAYO</b>	<b>COORDINADOR DE LABORATORIO</b>	<b>ASESOR DE TESIS</b>
		
NOMBRE: Graciela Martínez Ocharán	NOMBRE: Taico Lezama	NOMBRE: LIZBETH M. MARTÍNEZ GARCÍA
FECHA:	FECHA:	FECHA: INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 9978

LABORATORIO DE SUELOS – UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA										
PROTOCOLO										
ENSAYO		CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR					NÚMERO DE PROTOCOLO:			
NORMA		MTC E 115 – ASTM D 1557								
TESIS		RECICLADO DE CONCRETO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE BASES EN LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTOS								
CANTIDAD DE MUESTRA:					RESPONSABLE:					
TIPO DE MATERIAL:		Agr. Combinado			REVISADO POR:					
FECHA DE ENSAYO:										
HORA DE ENSAYO:										

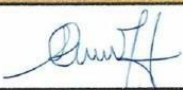

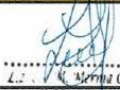
  

CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR										
DESCRIPCIÓN	UND	1			2			3		
Nº Capas		5			5			5		
Nº Golpes por Capa		13			26			55		
Condición de Muestra		Antes de Saturar		Saturado	Antes de Saturar		Saturado	Antes de Saturar		Saturado
Peso Molde	gr	8099.00		8099.00	8283.00		8283.00	8256.00		8256.00
Peso Muestra húmeda + Molde	gr	12366.00		12561.00	12869.00		13025.00	13084.00		13098.00
Peso Muestra húmeda	gr	4267.00		4462.00	4586.00		4742.00	4828.00		4842.00
Volumen Muestra húmeda	cm3	2116.01			2116.01			2116.01		
Densidad húmeda ; Dh	g/cm3	2.02	2.11		2.17	2.24		2.28	2.29	
CONTENIDO DE HUMEDAD										
Ensayo	Nº	1- A	1- B	1- C	2- A	2- B	2- C	3- A	3- B	3- C
Peso Recipiente	gr	25.30	27.10	27.60	24.80	25.60	24.80	27.60	25.80	25.50
Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	132.96	137.92	174.25	158.08	159.97	182.72	163.21	152.72	148.45
Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	125.20	129.80	158.90	148.60	150.10	167.70	153.60	143.20	138.70
Peso del Agua	gr	7.76	8.12	15.35	9.48	9.87	15.02	9.61	9.52	9.75
Peso Muestra Seca	gr	99.90	102.70	131.30	123.80	124.50	142.90	126.00	117.40	113.20
Contenido de Humedad ; W%	%	7.77	7.91	11.69	7.66	7.93	10.51	7.63	8.11	8.61
Promedio Contenido de Humedad	%	7.84		11.69	7.80		10.51	7.87		8.61
Densidad Máxima Seca; Ds	g/cm3	1.87		1.89	2.01		2.03	2.11		2.11

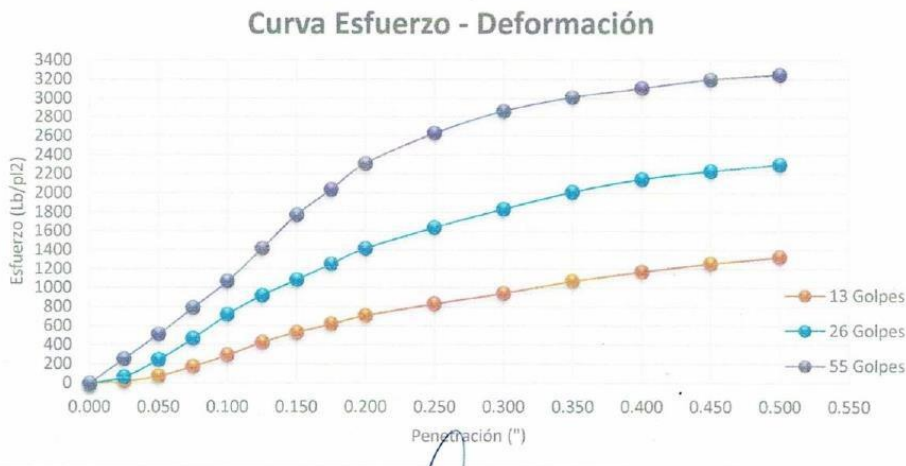
ENSAYO DE HINCHAMIENTO										
TIEMPO ACUMULADO		MOLDE Nº 01			MOLDE Nº 02			MOLDE Nº 03		
		Lectura	Hinchamiento		Lectura	Hinchamiento		Lectura	Hinchamiento	
Horas	Días	Deforma	mm	%	Deforma	mm	%	Deforma	mm	%
0	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
24	1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
48	2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
72	3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
96	4	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

**MATERIAL NO EXPANSIVO**

<b>OBSERVACIONES:</b>		
<b>RESPONSABLE DEL ENSAYO</b>	<b>COORDINADOR DE LABORATORIO</b>	<b>ASESOR DE TESIS</b>
		
NOMBRE: <u>Silvana Taico Lezama</u>	NOMBRE: <u>[Signature]</u>	NOMBRE: <u>[Signature]</u>
FECHA:	FECHA:	FECHA:

<b>LABORATORIO DE SUELOS – UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA</b>			
<b>PROTOCOLO</b>			
<b>ENSAYO</b>	CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR	<b>NÚMERO DE PROTOCOLO:</b>	
<b>NORMA</b>	MTC E 115 – ASTM D 1557		
<b>TESIS</b>	RECICLADO DE CONCRETO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE BASES EN LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTOS		
<b>CANTIDAD DE MUESTRA:</b>		<b>RESPONSABLE:</b>	
<b>TIPO DE MATERIAL:</b>	Agr. Combinado	<b>REVISADO POR:</b>	
<b>FECHA DE ENSAYO:</b>			
<b>HORA DE ENSAYO:</b>			

CARGA - PENETRACIÓN													
PENETRACIÓN		MOLDE N° 01				MOLDE N° 02				MOLDE N° 03			
		Lectura	Carga	Esfuerzo		Lectura	Carga	Esfuerzo		Lectura	Carga	Esfuerzo	
mm	Pulg		kg	kg/cm2	Lb/pl2		kg	kg/cm2	Lb/pl2		kg	kg/cm2	Lb/pl2
0.00	0.000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.64	0.025	0.0057	28.1000	1.3863	19.7178	0.0193	91.4000	4.5091	64.1343	0.0777	363.4000	17.9280	254.9953
1.27	0.050	0.0227	107.2000	5.2886	75.2213	0.0757	354.2000	17.4741	248.5394	0.1574	733.6000	36.1914	514.7611
1.90	0.075	0.0534	250.4000	12.3532	175.7033	0.1432	667.7000	32.9403	468.5198	0.2427	1128.1000	55.6537	791.5793
2.54	0.100	0.0898	420.1000	20.7252	294.7807	0.2206	1026.4000	50.6364	720.2167	0.3292	1526.4000	75.3034	1071.0628
3.17	0.125	0.1304	608.7000	30.0296	427.1200	0.2823	1310.8000	64.6670	919.7781	0.4368	2019.6000	99.6349	1417.1371
3.81	0.150	0.1630	759.5000	37.4692	532.9357	0.3331	1544.7000	76.2062	1083.9036	0.5479	2526.0000	124.6177	1772.4749
4.45	0.175	0.1898	883.7000	43.5964	620.0847	0.3856	1785.6000	88.0908	1252.9419	0.6314	2904.7000	143.3004	2038.2046
5.08	0.200	0.2175	1012.0000	49.9260	710.1125	0.4363	2017.4000	99.5264	1415.5938	0.7174	3293.2000	162.4667	2310.8126
6.35	0.250	0.2558	1188.8000	58.6482	834.1709	0.5063	2336.6500	115.2763	1639.6094	0.8184	3747.3500	184.8717	2629.4857
7.62	0.300	0.2898	1345.6000	66.3838	944.1967	0.5677	2615.9000	129.0528	1835.5567	0.8931	4081.5000	201.3567	2863.9568
8.89	0.350	0.3294	1527.4500	75.3552	1071.7996	0.6233	2868.1500	141.4973	2012.5585	0.9408	4294.2000	211.8500	3013.2061
10.16	0.400	0.3603	1689.3000	82.3532	1171.3343	0.6658	3060.4000	150.9817	2147.4580	0.9706	4426.9000	218.3966	3106.3204
11.43	0.450	0.3871	1792.4500	88.4287	1257.7479	0.6922	3179.5500	158.8599	2231.0654	1.0005	4559.8500	224.9556	3199.6110
12.70	0.500	0.4097	1895.6000	93.5175	1330.1275	0.7142	3278.7000	161.7514	2300.6387	1.0169	4632.8000	228.5545	3250.7992



<b>OBSERVACIONES:</b>		
<b>RESPONSABLE DEL ENSAYO</b>	<b>COORDINADOR DE LABORATORIO</b>	<b>ASESOR DE TESIS</b>
<i>[Firma]</i>	<i>[Firma]</i>	<i>[Firma]</i>
<b>NOMBRE:</b> Silvana Taico Lezama	<b>NOMBRE:</b> Cesar Saldaña	<b>NOMBRE:</b> E.L. Miermo Guillera
<b>FECHA:</b>	<b>FECHA:</b>	<b>FECHA:</b>



LABORATORIO DE SUELOS – UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA									
PROTOCOLO									
ENSAYO		CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR					NÚMERO DE PROTOCOLO:		
NORMA		MTC E 115 – ASTM D 1557							
TESIS		RECICLADO DE CONCRETO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE BASES EN LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTOS							
CANTIDAD DE MUESTRA:					RESPONSABLE:				
TIPO DE MATERIAL:		Agr. Combinado							
FECHA DE ENSAYO:					REVISADO POR:				
HORA DE ENSAYO:									

CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR							
DESCRIPCIÓN	UND	1		2		3	
N° Capas		5		5		5	
N° Golpes por Capa		13		26		55	
Condición de Muestra		Antes de Saturar	Saturado	Antes de Saturar	Saturado	Antes de Saturar	Saturado
Peso Molde	gr	8099.00	8099.00	8283.00	8283.00	8256.00	8256.00
Peso Muestra húmeda + Molde	gr	12312.00	12561.00	12958.00	13045.00	13098.00	13159.00
Peso Muestra húmeda	gr	4213.00	4462.00	4675.00	4762.00	4842.00	4903.00
Volumen Muestra húmeda	cm3	2116.01		2116.01		2116.01	
Densidad húmeda ; Dh	g/cm3	1.99	2.11	2.21	2.25	2.29	2.32

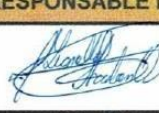


CONTENIDO DE HUMEDAD										
Ensayo	N°	1- A	1-B	1-C	2-A	2-B	2-C	3-A	3-B	3-C
Peso Recipiente	gr	27.60	25.30	25.10	24.90	25.80	27.50	25.40	27.60	25.80
Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	143.68	137.27	161.44	134.52	137.48	158.94	148.26	134.68	150.56
Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	134.90	129.40	144.60	126.30	129.50	146.60	139.90	126.30	139.40
Peso del Agua	gr	8.78	7.87	16.84	8.22	7.98	12.34	8.36	8.38	11.16
Peso Muestra Seca	gr	107.30	104.10	119.50	101.40	103.70	119.10	114.50	98.70	113.60
Contenido de Humedad ; W%	%	8.18	7.56	14.09	8.11	7.70	10.36	7.30	8.49	9.82
Promedio Contenido de Humedad	%	7.87		14.09	7.91		10.36	7.90		9.82
Densidad Máxima Seca; Ds	g/cm3	1.84	1.85		2.05	2.04		2.12	2.11	

ENSAYO DE HINCHAMIENTO										
TIEMPO ACUMULADO		MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
		Lectura	Hinchamiento		Lectura	Hinchamiento		Lectura	Hinchamiento	
Horas	Días	Deforma	mm	%	Deforma	mm	%	Deforma	mm	%
0	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
24	1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
48	2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
72	3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
96	4	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

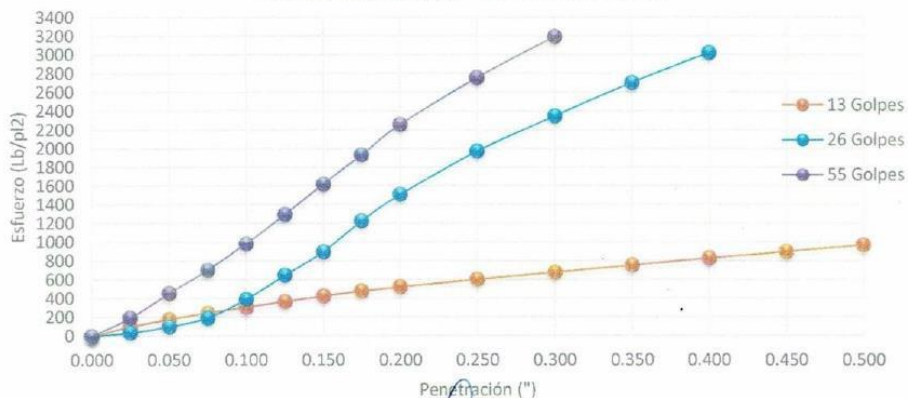
**MATERIAL NO EXPANSIVO**

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR DE TESIS
		
NOMBRE: <i>Gianella Martinez Ocharan</i>	NOMBRE: <i>Taico Lezama</i>	NOMBRE: <i>M. Merino Gullardo</i>
FECHA:	FECHA:	FECHA: <small># ° ENERO CIVIL Reg. CIP N° 98783</small>

<b>LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA</b>			
<b>PROCOLO</b>			
<b>ENSAYO</b>	CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR	<b>NÚMERO DE PROCOLO:</b>	
<b>NORMA</b>	MTC E 115 - ASTM D 1557		
<b>TESIS</b>	RECICLADO DE CONCRETO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE BASES EN LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTOS		
<b>CANTIDAD DE MUESTRA:</b>		<b>RESPONSABLE:</b>	
<b>TIPO DE MATERIAL:</b>		Agr. Combinado	
<b>FECHA DE ENSAYO:</b>		<b>REVISADO POR:</b>	
<b>HORA DE ENSAYO:</b>			

CARGA - PENETRACIÓN													
PENETRACIÓN		MOLDE N° 01				MOLDE N° 02				MOLDE N° 03			
		Lectura	Carga kg	Esfuerzo kg/cm2    Lb/pl2		Lectura	Carga kg	Esfuerzo kg/cm2    Lb/pl2		Lectura	Carga kg	Esfuerzo kg/cm2    Lb/pl2	
mm	Pulg												
0.00	0.000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.64	0.025	0.0301	141.8000	6.9956	99.5005	0.0109	52.2450	2.5775	36.6606	0.0589	276.1000	13.6211	193.7370
1.27	0.050	0.0547	256.3000	12.6443	179.8437	0.0299	141.0750	6.9598	98.9913	0.1397	651.7000	32.1510	457.2933
1.90	0.075	0.0745	348.7000	17.2028	244.6806	0.0588	275.8050	13.6066	193.5308	0.2158	1003.8000	49.5215	704.3592
2.54	0.100	0.0943	440.6000	21.7366	309.1662	0.1197	558.7650	27.5661	392.0809	0.3023	1402.7000	69.2008	984.2637
3.17	0.125	0.1122	524.1000	25.8559	367.7562	0.1987	925.1550	45.6416	649.1742	0.3989	1846.3000	91.0853	1295.5335
3.81	0.150	0.1304	608.7000	30.0296	427.1200	0.2754	1279.2600	63.1110	897.6467	0.5005	2310.5000	113.9862	1621.2599
4.45	0.175	0.1463	682.1000	33.6507	478.6240	0.3780	1750.5350	86.3609	1228.3370	0.5988	2757.4000	136.0335	1934.8453
5.08	0.200	0.1603	747.1000	36.8574	524.2339	0.4661	2153.3850	106.2351	1511.0137	0.7022	3224.7000	159.0873	2262.7464
6.35	0.250	0.1851	861.9000	42.5210	604.7889	0.6112	2813.5350	138.8029	1974.2353	0.8590	3929.3000	193.8481	2757.1597
7.62	0.300	0.2084	969.7000	47.8392	680.4313	0.7299	3349.5200	165.2452	2350.3321	0.9988	4552.4000	224.5881	3194.3839
8.89	0.350	0.2314	1076.1000	53.0883	755.0908	0.8423	3854.4200	190.1539	2704.6160				
10.16	0.400	0.2542	1181.4000	58.2832	828.9794	0.9432	4304.8150	212.3737	3020.6548				
11.43	0.450	0.2757	1280.4000	63.1672	898.4460								
12.70	0.500	0.2977	1381.7000	68.1648	969.5284								

Curva Esfuerzo - Deformación



**OBSERVACIONES:**

<b>RESPONSABLE DEL ENSAYO</b>	<b>COORDINADOR DE LABORATORIO</b>	<b>ASESOR DE TESIS</b>
		
NOMBRE: Gianello Martinez Ocharan	NOMBRE: Taico Lezama	NOMBRE: .....
FECHA	FECHA:	FECHA: .....

LABORATORIO DE SUELOS – UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA									
PROTOCOLO									
ENSAYO		CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR				NÚMERO DE PROTOCOLO:			
NORMA		MTC E 115 – ASTM D 1557							
TESIS		RECICLADO DE CONCRETO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE BASES EN LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTOS							
CANTIDAD DE MUESTRA:				RESPONSABLE:					
TIPO DE MATERIAL:		Agr. Combinado		REVISADO POR:					
FECHA DE ENSAYO:									
HORA DE ENSAYO:									

CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR							
DESCRIPCIÓN	UND	1		2		3	
N° Capas		5		5		5	
N° Golpes por Capa		13		26		55	
Condición de Muestra		Antes de Saturar	Saturado	Antes de Saturar	Saturado	Antes de Saturar	Saturado
Peso Molde	gr	8105.00	8105.00	8290.00	8290.00	8265.00	8265.00
Peso Muestra húmeda + Molde	gr	12358.18	12548.62	12924.06	13029.86	13110.66	13152.98
Peso Muestra húmeda	gr	4253.18	4443.62	4634.06	4739.86	4845.66	4887.98
Volumen Muestra húmeda	cm3	2116.01		2116.01		2116.01	
Densidad húmeda ; Dh	g/cm3	2.01	2.1	2.19	2.24	2.29	2.31




CONTENIDO DE HUMEDAD										
Ensayo	N°	1- A	1-B	1-C	2-A	2-B	2-C	3-A	3-B	3-C
Peso Recipiente	gr	26.50	26.90	27.51	26.45	25.40	27.89	27.56	25.60	26.53
Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	134.31	143.56	161.14	148.84	156.88	166.40	164.74	147.91	152.26
Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	126.34	134.78	146.50	139.97	147.20	154.65	154.71	138.69	141.37
Peso del Agua	gr	7.97	8.78	14.64	8.87	9.68	11.75	10.03	9.22	10.89
Peso Muestra Seca	gr	99.84	107.88	118.99	113.52	121.80	126.76	127.15	113.09	114.84
Contenido de Humedad ; W%	%	7.98	8.14	12.30	7.81	7.95	9.27	7.89	8.15	9.48
Promedio Contenido de Humedad	%	8.06		12.30	7.88		9.27	8.02		9.48
Densidad Máxima Seca; Ds	g/cm3	1.86		1.87	2.03		2.05	2.12		2.11

ENSAYO DE HINCHAMIENTO										
TIEMPO ACUMULADO		MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
		Lectura	Hinchamiento		Lectura	Hinchamiento		Lectura	Hinchamiento	
Horas	Días	Deforma	mm	%	Deforma	mm	%	Deforma	mm	%
0	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
24	1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
48	2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
72	3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
96	4	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

**MATERIAL NO EXPANSIVO**

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR DE TESIS
		
NOMBRE: Granella Hankine Ocharan	NOMBRE: Taico Lezama	NOMBRE: M. Norma Gutiérrez
FECHA	FECHA:	FECHA: 22.01.2018

<b>LABORATORIO DE SUELOS – UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA</b>			
<b>PROTOCOLO</b>			
<b>ENSAYO</b>	CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR	<b>NÚMERO DE PROTOCOLO:</b>	
<b>NORMA</b>	MTC E 115 – ASTM D 1557		
<b>TESIS</b>	RECICLADO DE CONCRETO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE BASES EN LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTOS		
CANTIDAD DE MUESTRA:		RESPONSABLE:	
TIPO DE MATERIAL:	Agr. Combinado	REVISADO POR:	
FECHA DE ENSAYO:			
HORA DE ENSAYO:			

CARGA - PENETRACIÓN														
PENETRACIÓN		MOLDE N° 01					MOLDE N° 02				MOLDE N° 03			
mm	Pulg	Lectura	Carga kg	Esfuerzo		Lectura	Carga kg	Esfuerzo		Lectura	Carga kg	Esfuerzo		
			kg	kg/cm2	Lb/pl2		kg	kg/cm2	Lb/pl2		kg	kg/cm2	Lb/pl2	
0.00	0.000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
0.64	0.025	0.0060	27.3299	1.3919	19.7974	0.0290	136.3637	6.9449	98.7794	0.1160	541.6436	27.5857	392.3597	
1.27	0.050	0.0210	100.033	5.0946	72.4620	0.0700	328.1663	16.7134	237.7197	0.2180	1014.178	51.6517	734.6576	
1.90	0.075	0.0500	234.9055	11.9636	170.1619	0.1310	612.5599	31.1974	443.7300	0.2980	1383.1232	70.4419	1001.9163	
2.54	0.100	0.0850	395.4641	20.1408	286.4686	0.1960	911.5355	46.4241	660.3039	0.3860	1787.2672	91.0248	1294.6730	
3.17	0.125	0.1220	571.2469	29.0934	413.8042	0.2640	1224.9448	62.3859	887.3334	0.4570	2112.043	107.5655	1529.9364	
3.81	0.150	0.1540	715.7628	36.4535	518.4891	0.3320	1537.2977	78.2939	1113.5976	0.5350	2467.506	125.6690	1787.4279	
4.45	0.175	0.1800	839.4564	42.7532	608.0916	0.4060	1879.1564	95.7046	1361.2352	0.6080	2798.9185	142.5477	2027.4987	
5.08	0.200	0.2050	952.6985	48.5205	690.1216	0.4660	2153.7568	109.6899	1560.1524	0.6690	3074.9148	156.6041	2227.4271	
6.35	0.250	0.2530	1173.6386	59.7729	850.1679	0.5990	2755.9720	140.3605	1996.3895	0.7820	3583.9312	182.5281	2596.1519	
7.62	0.300	0.2880	1337.7185	68.1294	969.0249	0.6900	3168.6041	161.3757	2295.2950	0.8570	3920.1567	199.6519	2839.7089	
8.89	0.350	0.3280	1521.9608	77.5128	1102.4878	0.7620	3494.3341	177.9650	2531.2496	0.9100	4156.9779	211.7131	3011.2589	
10.16	0.400	0.3580	1659.9011	84.5381	1202.4108	0.8390	3838.7965	195.5083	2780.7732	0.9550	4357.5467	221.9280	3156.5485	
11.43	0.450	0.3850	1782.3409	90.7739	1291.1044	0.8840	4042.8368	205.9000	2928.5775					
12.70	0.500	0.4080	1889.3416	96.2234	1368.6143	0.9290	4241.4406	216.0148	3072.4433					



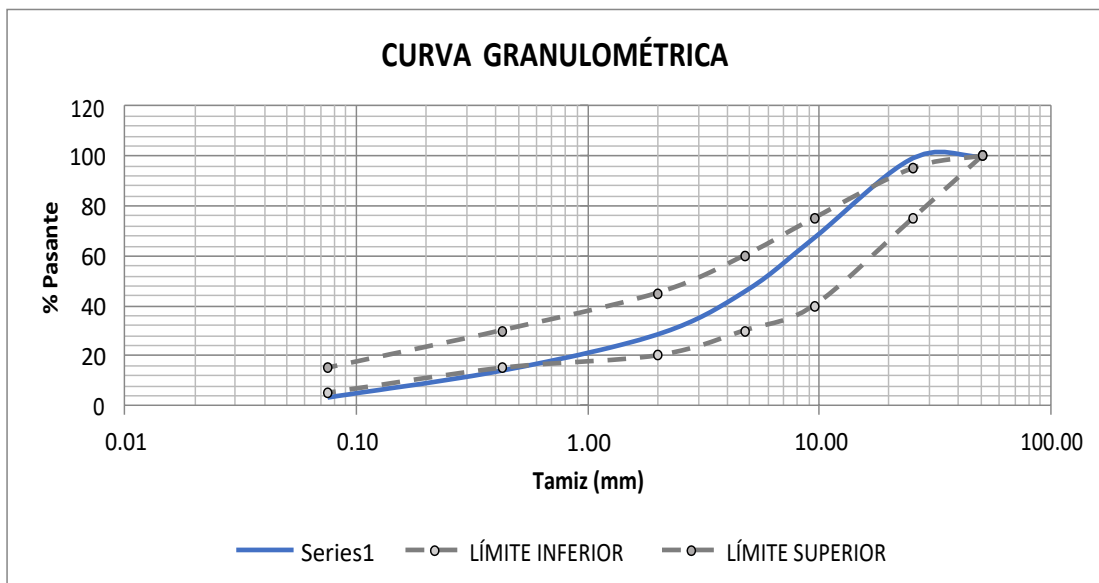
<b>OBSERVACIONES:</b>		
<b>RESPONSABLE DEL ENSAYO</b>	<b>COORDINADOR DE LABORATORIO</b>	<b>ASESOR DE TESIS</b>
NOMBRE: Giaretta Medina Ocharán	NOMBRE: Taico Lezama	NOMBRE: Norma Gallardo
FECHA:	FECHA:	FECHA: 21/02/2023

**ANEXO N° 07: Curva granulométrica de gradación "B" del agregado reciclado**

**Granulometría Gradación "B" - Agregado Reciclado**

PESO MUESTRA SECA (gr) = 4022.97

N°	TAMIZ mm.	PESO RETENIDO (gr)	PESO RETENIDO CORREGIDO (gr)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
3"	75.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.10	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.00	339.60	340.49	8.46	8.46	91.54
1/2"	12.70	561.87	562.76	13.99	22.45	77.55
3/8"	9.50	416.70	417.59	10.38	32.83	67.17
N° 04	4.760	810.20	811.09	20.16	52.99	47.01
N° 08	2.360	394.26	395.15	9.82	62.82	37.18
N° 16	1.100	293.04	293.93	7.31	70.12	29.88
N° 30	0.590	286.34	287.23	7.14	77.26	22.74
N° 50	0.297	320.26	321.15	7.98	85.25	14.75
N° 100	0.149	249.71	250.60	6.23	91.47	8.53
N° 200	0.075	203.68	204.57	5.09	96.56	3.44
Bandeja		138.40	138.40	3.44	100.00	0.00
<b>TOTAL</b>		4014.06	4022.97			

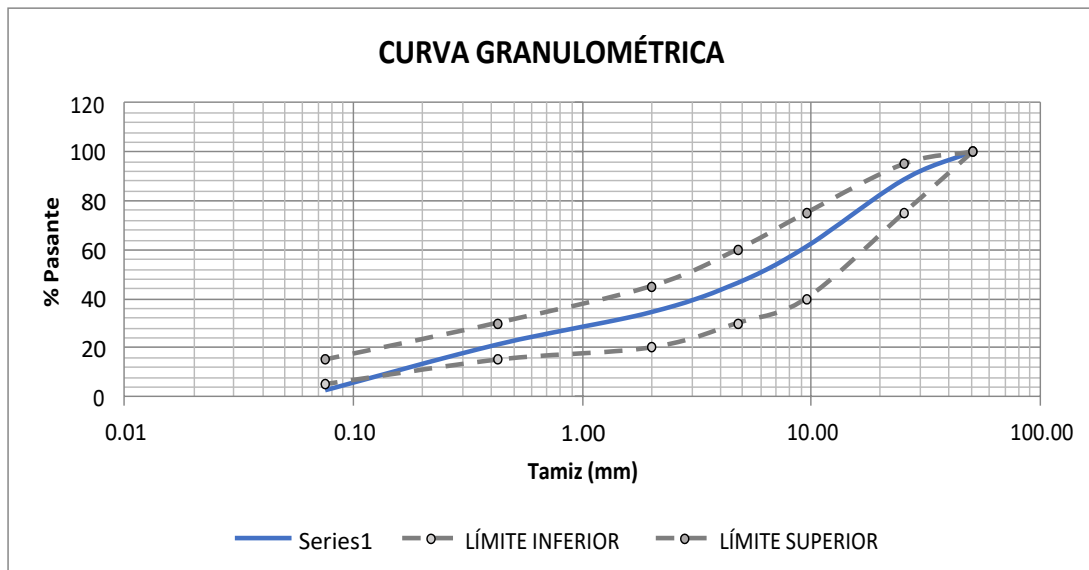


**ANEXO N° 08: Curva granulométrica de gradación "B" del afirmado**

**Granulometría Gradación "B" - Afirmado**

PESO MUESTRA SECA (gr) = 3258.29

N°	TAMIZ mm.	PESO RETENIDO (gr)	PESO RETENIDO CORREGIDO (gr)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
3"	75.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.10	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.00	638.48	639.37	19.62	19.62	80.38
1/2"	12.70	364.93	365.82	11.23	30.85	69.15
3/8"	9.50	263.58	264.47	8.12	38.97	61.03
N° 04	4.760	508.76	509.65	15.64	54.61	45.39
N° 08	2.360	278.03	278.92	8.56	63.17	36.83
N° 16	1.100	256.82	257.71	7.91	71.08	28.92
N° 30	0.590	228.94	229.83	7.05	78.13	21.87
N° 50	0.297	217.27	218.16	6.70	84.83	15.17
N° 100	0.149	220.03	220.92	6.78	91.61	8.39
N° 200	0.075	162.61	163.50	5.02	96.63	3.37
Bandeja		109.90	109.90	3.37	100.00	0.00
<b>TOTAL</b>		<b>3249.35</b>	<b>3258.29</b>			

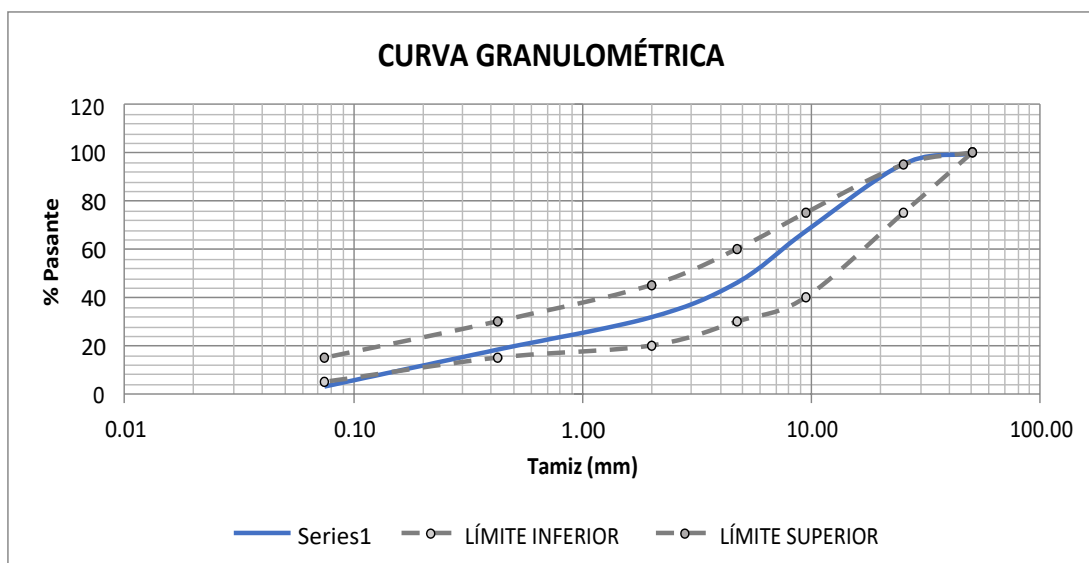


**ANEXO N° 09: Curva granulométrica de gradación "B" del agregado combinado**

**Granulometría Gradación "B" - Agregado Combinado**

PESO MUESTRA SECA (gr) = 3881.69

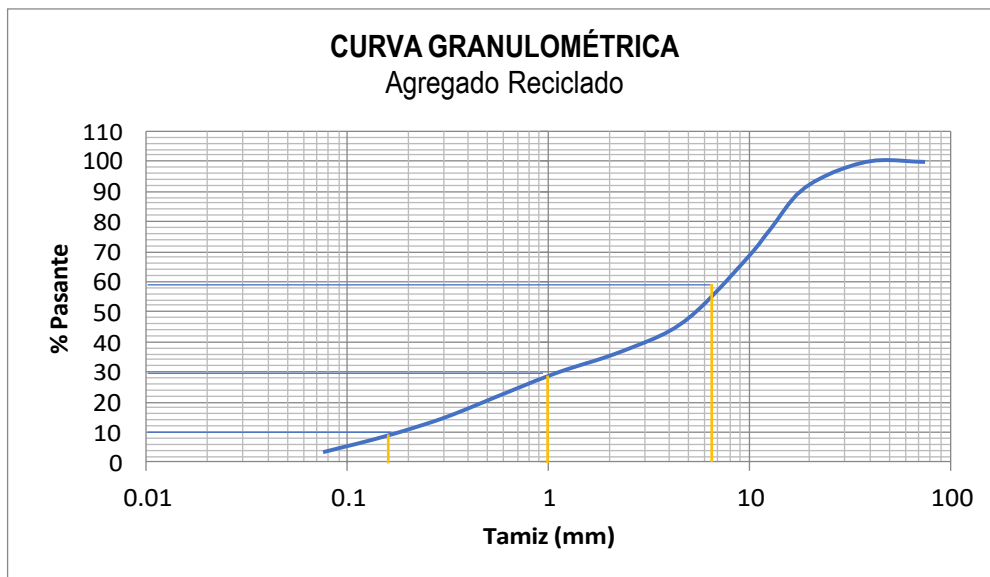
N°	TAMIZ mm.	PESO RETENIDO (gr)	PESO RETENIDO CORREGIDO (gr)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
3"	75.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.10	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.00	540.08	541.01	13.94	13.94	86.06
1/2"	12.70	522.55	523.48	13.49	27.42	72.58
3/8"	9.50	396.21	397.14	10.23	37.65	62.35
N° 04	4.760	815.87	816.80	21.04	58.70	41.30
N° 08	2.360	256.91	257.84	6.64	65.34	34.66
N° 16	1.100	238.26	239.19	6.16	71.50	28.50
N° 30	0.590	215.38	216.31	5.57	77.07	22.93
N° 50	0.297	237.66	238.59	6.15	83.22	16.78
N° 100	0.149	267.43	268.36	6.91	90.13	9.87
N° 200	0.075	253.15	254.08	6.55	96.68	3.32
Bandeja		128.85	128.85	3.32	100.00	0.00
<b>TOTAL</b>		<b>3872.35</b>	<b>3881.69</b>			



**ANEXO N° 10: Clasificación del suelo por SUCS del agregado reciclado**

# CLASIFICACIÓN DEL SUELO

## Sistema Unificado de Clasificación del Suelo - Agregado Reciclado



Valores del D60, D10 y D30:

D60 =	7.5
D10 =	0.175
D30 =	1.15

Determinación del Cu y Cc:

$$Cu = \frac{D_{60} - D_{10}}{D_{10}} \quad \text{y} \quad Cc = \frac{D_{30}^2}{D_{10} * D_{60}}$$

Cu =	42.86
Cc =	1.01

Tipo de suelo:

**SUCS = GW**



**SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS (SUCS)**  
ASTM D 2487(94)

DIVISION		PROCEDIMIENTO DE IDENTIFICACIÓN EN EL CAMPO		SIMBOLO	NOMBRES TÍPICOS	CRITERIO DE CLASIFICACIÓN EN LABORATORIO								
SUELO DE PARTÍCULAS GRUESAS	Más de la mitad del material es <b>RETENIDO</b> en la malla número 200	<b>ARENAS</b>	Mas de la mitad de la fracción gruesa <b>PASA</b> por la malla Nº4.	SC	Gravas arcillosas; mezclas de grava, arena y arcilla.	<b>FRACCIÓN QUE PASA POR LA MALLA Nº 200</b> Menos del 5% : GW, GP, SW, SP. Más de 12% : GM, GC, SM, SC. De 5% al 12% : Casos de frontera se requiere el uso de símbolos dobles.								
		<b>GRAVAS</b>	Mas de la mitad de la fracción gruesa es <b>RETENIDA</b> por la malla Nº4.	GW, GP, GM, GC, SW, SP	Gravas bien gradadas; mezclas de grava y arena con poco o nada de finos y arena con poco o nada de finos Predominio de un tamaño, con ausencia de algunos intermedios. Fracción fino poco o nada plástica (para identificarla verse grupo SM) o Fracción fina plástica (para identificarla verse grupo CL).									
SUELO DE PARTÍCULAS FINAS	Más de la mitad del material <b>PASA</b> en la malla número 200	LIMOS Y ARCILLAS LÍMITE LIQUIDO menor de 50	LIMOS Y ARCILLAS LÍMITE LIQUIDO mayor de 50	PROCEDIMIENTO DE IDENTIFICACIÓN EN LA FRACCIÓN QUE PASA LA MALLA Nº 40	RESISTENCIA EN ESTIRADO SECO (consistencia en la fracción al agitado) / MOVILIDAD DEL AGUA (fracción al agitado) / TENACIDAD (consistencia cerca del límite plástico)	Nula o ligera / Rápida a lenta / Nula / Ligera a media / Ligera a media / Ligera a media / Alta a muy alta / Media a alta	ML / CL / OL / MH / CH / OH / PL	Arcillas inorgánicas de bajas a media plasticidad; arcillas con grava; arcillas arenosas; arcillas limosas; arcillas pobres. Limos inorgánicos; polvo de roca; limos arenosos o arcillosos ligemente plásticos. Arcillas inorgánicas de altas a media plasticidad; arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad. Limos inorgánicos; limos inorgánicos o diatomáceos; limos elásticos. Arcillas inorgánicas de alta plasticidad; arcillas francas; arcillas limosas orgánicas de media a alta plasticidad; limos orgánicos de media plasticidad. Trizas y otros sustratos alimentarios orgánicos.	<b>CARTA DE PLASTICIDAD</b> G = gravas; M = limo; O = orgánicos; W = bien gradadas; S = arenas; C = arcilla; P = mal gradado; L = baja compesibilidad; H = alta compesibilidad.					
										SUELOS ALTAMENTE ORGÁNICOS	Facilmente identificable por su color; olor; sensación esponjosa y frecuentemente por su textura fibrosa.	Ligera a media / Media a alta	Ligera a media / Media a alta	OH / PL

**C** Si el límite líquido es de 28 ó menos y el I.P. es de 6 ó menos (camminos y aeropuertos)

**L** Si el límite líquido es mayor de 28 y el I.P. es mayor de 6 (camminos y aeropuertos)

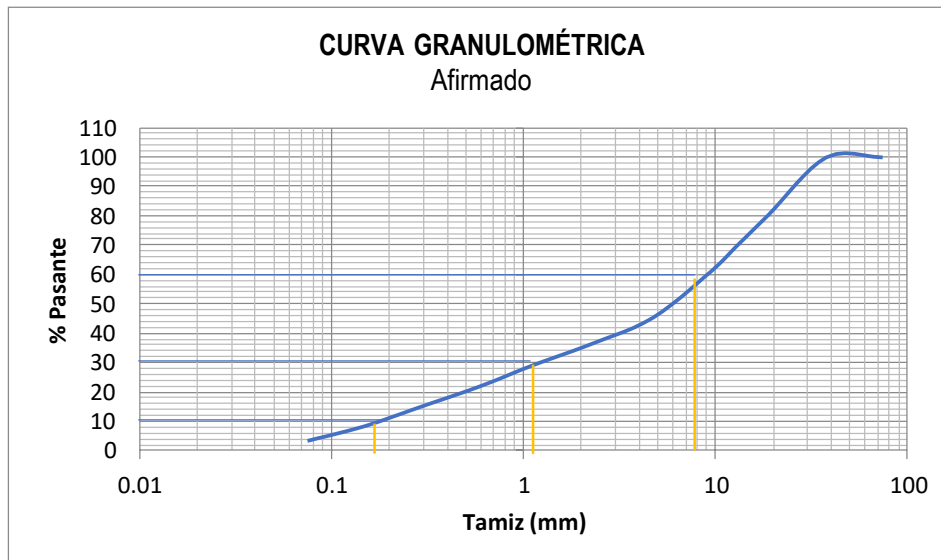
LÍNEA U I.P. = 0,90 (L.L. - 8)

LÍNEA A I.P. = 0,75 (L.L. - 20)

**ANEXO N° 11: Clasificación del suelo por SUCS del afirmado**

# CLASIFICACIÓN DEL SUELO

## Sistema Unificado de Clasificación del Suelo - Afirmado



Valores del D60, D10 y D30:

D60 =	9.00
D10 =	0.18
D30 =	1.30

Determinación del Cu y Cc:

$$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} \quad \text{y} \quad Cc = \frac{D_{30}^2}{D_{10} * D_{60}}$$

Cu =	50.00
Cc =	1.04

Tipo de suelo:

**SUCS = GW**

SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS (SUCS)  
ASTM D 2487(94)

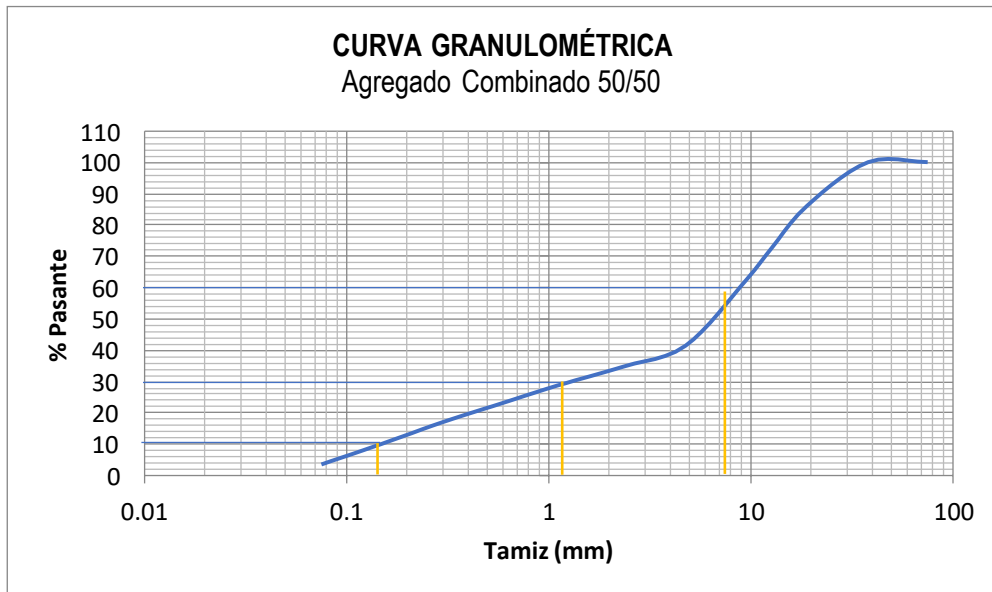
DIVISION	PROCEDIMIENTO DE IDENTIFICACIÓN EN EL CAMPO	SÍMBOLO	NOMBRES TÍPICOS	CRITERIO DE CLASIFICACIÓN EN LABORATORIO
SUELO DE PARTÍCULAS FINAS Más de la mitad del material <b>PASA</b> en la malla numero 200	<b>PROCEDIMIENTO DE IDENTIFICACIÓN EN LA FRACCIÓN QUE PASA LA MALLA Nº 40</b> RESISTENCIA EN ESTIRADO SECO (consistencia seca (resaca al agitar)) MOVILIDAD DEL AGUA (resaca al agitar) TENACIDAD (consistencia seca del limo plástico)	GW	Gravas bien gradadas, mezclas de grava y arena con poco o nada de finos	<b>CRITERIO DE CLASIFICACIÓN EN LABORATORIO</b> Coeficiente de uniformidad Cu: mayor de 4 Coeficiente de curvatura Cc: entre 1 y 3 $C_u = D_{60}/D_{10}$ ; $C_c = (D_{30})^2/D_{10}D_{60}$ No satisfacen todos los requisitos de gradación para GW. Debajo de "A" I.P. menor que 4 Arriba de "A" I.P. mayor que 7 Coeficiente de uniformidad Cu: mayor de 6 Coeficiente de curvatura Cc: entre 1 y 3 $C_u = D_{60}/D_{10}$ ; $C_c = (D_{30})^2/D_{10}D_{60}$ No satisfacen todos los requisitos de gradación para SW. Debajo de "A" I.P. menor que 4 Arriba de "A" y con I.P. entre 4 y 7 casos de frontera, uso de símbolos dobles. Arriba de "A" I.P. mayor que 7
		GP	Gravas mal gradadas, mezclas de grava y arena con poco o nada de finos	
		GC	Gravas arcillosas, mezclas de grava, arena y arcilla.	
		GM	Gravas limosas, mezclas de grava, arena y arcilla.	
		SW	Gravas bien gradadas, mezclas de grava y arena con poco o nada de finos	
		SP	Gravas mal gradadas, mezclas de grava y arena con poco o nada de finos	
		SM	Gravas limosas, mezclas de grava, arena y arcilla.	
		SC	Gravas arcillosas, mezclas de grava, arena y arcilla.	
		ML	Arcillas inorgánicas de baja plasticidad; limos inorgánicos, polvo de roca, limos arenosos o arcillosos (generalmente plásticos).	
		CL	Arcillas inorgánicas de baja a media plasticidad; arcillas con grava; arcillas arenosas; arcillas limosas; arcillas pobres.	
OL	Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad.			
MH	Limos inorgánicos, limos metecicos o diatomicos, limos elasticos.			
CH	Arcillas inorgánicas de alta plasticidad; arcillas ranosas.			
OH	Arcillas orgánicas de media a alta plasticidad; limos orgánicos de media plasticidad.			
PL	Todas y otros suelos altamente orgánicos.			
<b>INDICE PLASTICO</b> 				
<b>CARTA DE PLASTICIDAD</b> G = gravas, M = limo, O = orgánicos, W = bien gradadas, S = arenas, C = arcilla, P = mal gradado, L = baja compresibilidad, H = alta compresibilidad.				
<b>SUELO DE PARTÍCULAS GROSAS</b> Más de la mitad del material es <b>RETENIDO</b> en la malla numero 200				
<b>ARENAS</b> Mas de la mitad de la fracción gruesa <b>PASA</b> por la malla Nº4.				
<b>GRAVAS</b> Mas de la mitad de la fracción gruesa es <b>RETENIDA</b> por la malla Nº4.				
<b>ARENAS CON FINOS</b> (cantidad apreciable de partículas finas) Arenas limpias (poco o nada de partículas finas) Arenas con finos (cantidad apreciable de partículas finas)				
<b>GRAVAS CON FINOS</b> (cantidad apreciable de partículas finas) Gravas limpias (poco o nada de partículas finas) Gravas con finos (cantidad apreciable de partículas finas)				

**d** Si el límite líquido es de 28 ó menos y el I.P. es de 6 ó menos (caminos y aeropuertos)  
**u** Si el límite líquido es mayor de 28 y el I.P. es mayor de 6 (caminos y aeropuertos)  
 LINEA U I.P. = 0,90 (L.L. - 9)  
 LINEA A I.P. = 0,73 (L.L. - 20)

**ANEXO N° 12: Clasificación del suelo por SUCS del agregado combinado**

# CLASIFICACIÓN DEL SUELO

## Sistema Unificado de Clasificación del Suelo - Agregado Combinado



Valores del D60, D10 y D30:

D60 =	8.80
D10 =	0.16
D30 =	1.35

Determinación del Cu y Cc:

$$Cu = \frac{D_{60} - D_{10}}{D_{10}} \quad \text{y} \quad Cc = \frac{D_{30} - D_{10}}{D_{60} - D_{10}}$$

Cu =	55.00
Cc =	1.29

Tipo de suelo:

**SUCS = GW**

SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS (SUCS)  
ASTM D 2487(94)

DIVISION		PROCEDIMIENTO DE IDENTIFICACIÓN EN EL CAMPO		SIMBOLO		NOMBRES TÍPICOS		CRITERIO DE CLASIFICACIÓN EN LABORATORIO	
SUELO DE PARTÍCULAS GRUESAS	Más de la mitad del material es <b>RETENIDO</b> en la malla numero 200	<b>ARENAS</b>		<b>GRAVAS</b>		<b>GW</b>		Coeficiente de uniformidad $C_u$ : mayor de 4	
		Mas de la mitad de la fracción gruesa <b>PASA</b> por la malla N°4.		Mas de la mitad de la fracción gruesa es <b>RETENIDA</b> por la malla N°4.		Grava y arena con poco o nada de limos		$C_u = D_{60}/D_{10}$ ; $C_c = (D_{30})^2/D_{10}D_{60}$	
SUELO DE PARTÍCULAS FINAS	Más de la mitad del material <b>PASA</b> en la malla numero 200	<b>ARENAS CON FINOS</b> (cantidad apreciable de partículas finas)		<b>GRAVAS CON FINOS</b> (cantidad apreciable de partículas finas)		<b>GP</b>		Coeficiente de curvatura $C_c$ : entre 1 y 3	
		Arenas limpias (poco o nada de partículas finas)		Gravas limpias (poco o nada de partículas finas)		Gravas mal gradadas, mezclas de grava y arena con poco o nada de limos		No satisfacen todos los requisitos de gradación para GW.	
SUELO DE PARTÍCULAS FINAS	Más de la mitad del material <b>PASA</b> en la malla numero 200	<b>ARENAS LIMPAS</b> (poco o nada de partículas finas)		<b>GRAVAS CON FINOS</b> (cantidad apreciable de partículas finas)		<b>GM</b>		Detalle de "A" I.P. menor que 4	
		Arenas limpias (poco o nada de partículas finas)		Gravas con finos (cantidad apreciable de partículas finas)		Gravas limosas, mezclas de grava, arena y arcilla.		Arriba de "A" y con I.P. entre 4 y 7 casos de frontera, uso de símbolos dobles.	
SUELO DE PARTÍCULAS FINAS	Más de la mitad del material <b>PASA</b> en la malla numero 200	<b>ARENAS LIMPAS</b> (poco o nada de partículas finas)		<b>GRAVAS CON FINOS</b> (cantidad apreciable de partículas finas)		<b>GC</b>		Arriba de "A" I.P. mayor que 7	
		Arenas limpias (poco o nada de partículas finas)		Gravas con finos (cantidad apreciable de partículas finas)		Gravas arcillosas, mezclas de grava, arena y arcilla.		No satisfacen todos los requisitos de gradación para SW.	
SUELO DE PARTÍCULAS FINAS	Más de la mitad del material <b>PASA</b> en la malla numero 200	<b>ARENAS LIMPAS</b> (poco o nada de partículas finas)		<b>GRAVAS CON FINOS</b> (cantidad apreciable de partículas finas)		<b>SM</b>		Detalle de "A" I.P. menor que 4	
		Arenas limpias (poco o nada de partículas finas)		Gravas con finos (cantidad apreciable de partículas finas)		Gravas limosas, mezclas de grava, arena y arcilla.		Arriba de "A" y con I.P. entre 4 y 7 casos de frontera, uso de símbolos dobles.	
SUELO DE PARTÍCULAS FINAS	Más de la mitad del material <b>PASA</b> en la malla numero 200	<b>ARENAS LIMPAS</b> (poco o nada de partículas finas)		<b>GRAVAS CON FINOS</b> (cantidad apreciable de partículas finas)		<b>SC</b>		Detalle de "A" I.P. mayor que 7	
		Arenas limpias (poco o nada de partículas finas)		Gravas con finos (cantidad apreciable de partículas finas)		Gravas arcillosas, mezclas de grava, arena y arcilla.		No satisfacen todos los requisitos de gradación para SW.	
<b>PROCEDIMIENTO DE IDENTIFICACIÓN EN LA FRACCIÓN QUE PASA LA MALLA N° 40</b>		<b>RESISTENCIA EN ESTIRADO SECO</b> (consistencia al (comprimido))		<b>MOVILIDAD DEL AGUA</b> (reacción al agitado)		<b>TEMERIDAD</b> (consistencia seca del límite plástico)		<b>FRACCIÓN QUE PASA POR LA MALLA N° 200</b> Menos del 5% : GW, GP, SW, SP. Más de 12% : GM, GC, SM, SC. De 5% al 12% : Casos de frontera se requiere el uso de símbolos dobles.	
<b>SUELOS ALTAMENTE ORGÁNICOS</b>		Facilmente identificable por su color, olor, sensación esponjosa y, frecuentemente, por su textura fibrosa.		Tintas y otros suelos altamente orgánicos.		<b>INDICE PLÁSTICO</b> 			

**4** Si el límite líquido es de 28 ó menos y el I.P. es de 6 ó menos (caminos y aeropuertos)  
**5** Si el límite líquido es mayor de 28 y el I.P. es mayor de 6 (caminos y aeropuertos)  
 LINEA U I.P. = 0,90 (L.L. - 8)  
 LINEA A I.P. = 0,73 (L.L. - 20)

**ANEXO N° 13: Clasificación del suelo por AASHTO del agregado reciclado, afirmado y agregado combinado**

**CLASIFICACION AASHTO**  
AASHTO M 145 (66)

1. **Tamaño del Grano:**  
 Grava: pasa 3" (75 mm) retiene N° 4 (2 mm)  
 Arena: pasa N° 4 (2 mm) retiene N° 200 (0.075 mm)  
 Limo y Arcillas: pasa N° 200
2. **Plasticidad:**  
 Limoso  $IP \leq 10$   
 Arcilloso  $IP > 11$
3. **Cantos Rodados y Boleos:**  $> 3"$  (75 mm) el % de material solo se registra

**CLASIFICACION DE MATERIALES PARA SUBRASANTES DE CARRETERAS**

Clasificación general	Materiales granulares (35% ó menos de la muestra que pasa la malla N° 200 )							Materiales limo-arcillas ( más de 35% de la muestra que pasa la malla N° 200 )						
	Sub-grupo	A-1-a	A-1-b	A-3	A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7	A-4	A-5	A-6	A-7-5*	A-7-6**	
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (% que pasa por cada tamiz)														
% PASA N° 10	50 máx.	50 máx.	51 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	36 mín.	36 mín.	36 mín.	36 mín.	41 mín.	41 mín.	
% PASA N° 40	30 máx.	25 máx.	10 máx.	10 máx.	10 máx.	10 máx.	10 máx.	10 máx.	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.	11 mín.	
% PASA N° 200	15 máx.	25 máx.	10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	36 mín.	36 mín.	36 mín.	36 mín.	41 mín.	41 mín.	
ESTADO DE CONSISTENCIA de la fracción de suelo que pasa por el tamiz #40)														
Límite Líquido	...	...	...	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	41 mín.	41 mín.	
Índice Plástico	6 máx.	...	N.P.	10 máx.	10 máx.	10 máx.	11 mín.	10 máx.	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.	11 mín.	
Índice Grupo	0	0	0	0	0	0	≤ 4	≤ 8	≤ 12	≤ 20	≤ 20	≤ 20	≤ 20	
Componentes significativos:	Fragmentos de piedra grava y arena.			Arena fina.				Grava y arena limosa o arcillosa.						
Tasa general de los subrasantes	DE EXCELENTE A BUENA							DE MEDIANO A POBRE						

Fuente: Fundamentos de ingeniería geotécnica de Braja M. Das. (pag 36)

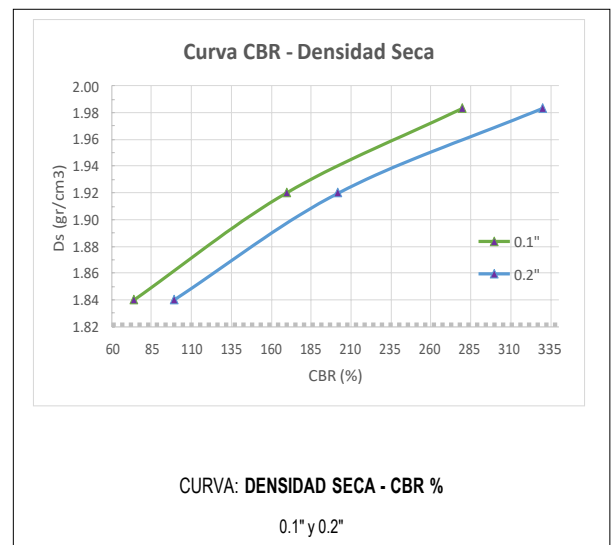
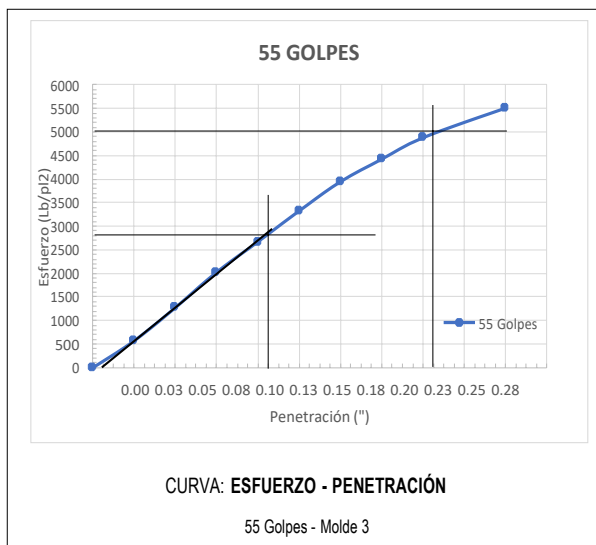
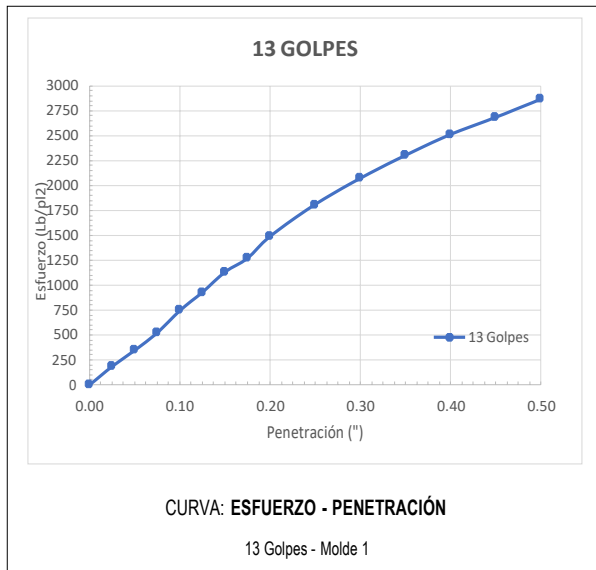
**AASHTO = A-1a**

**ANEXO N° 14: Corrección de las curvas de CBR del agregado reciclado**

**California Bearing Ratio (CBR) / MTC E132 - ASTM D 1883**

Material: Agregado Reciclado

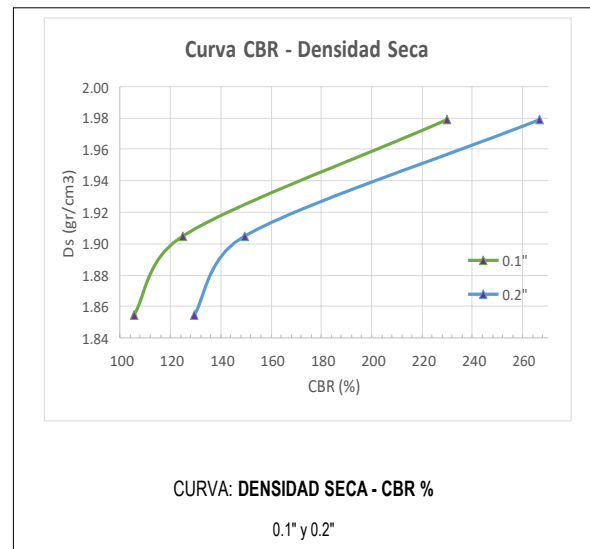
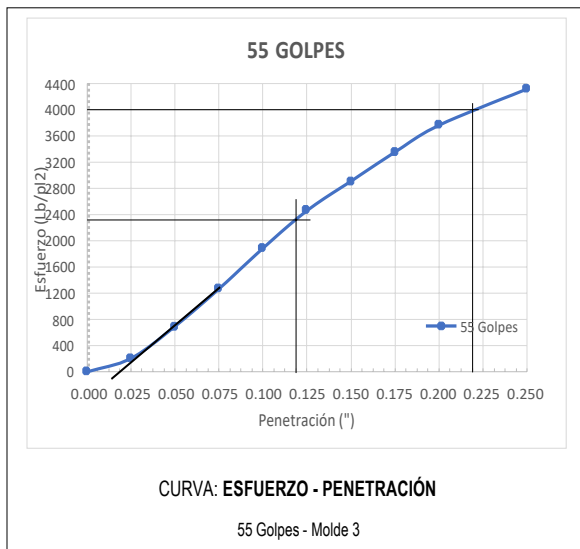
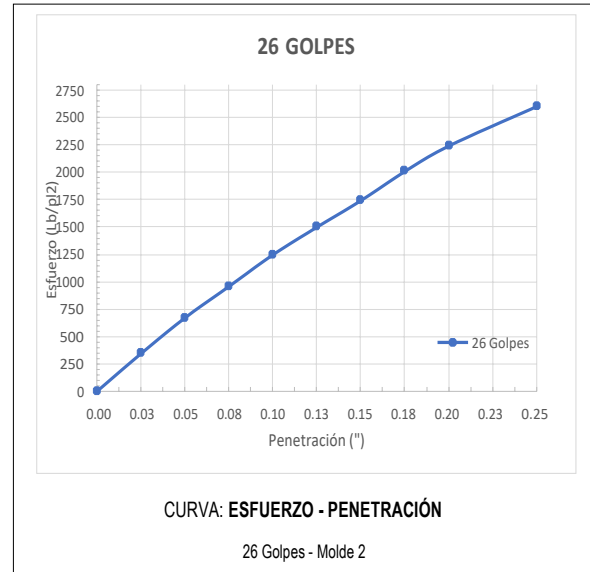
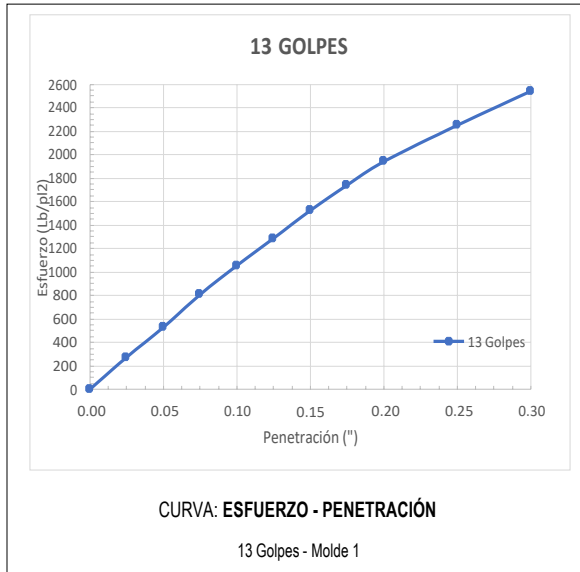
CBR N°1 - 96 horas



## California Bearing Ratio (CBR) / MTC E132 - ASTM D 1883

Material: Agregado Reciclado

CBR N°2 - 96 horas

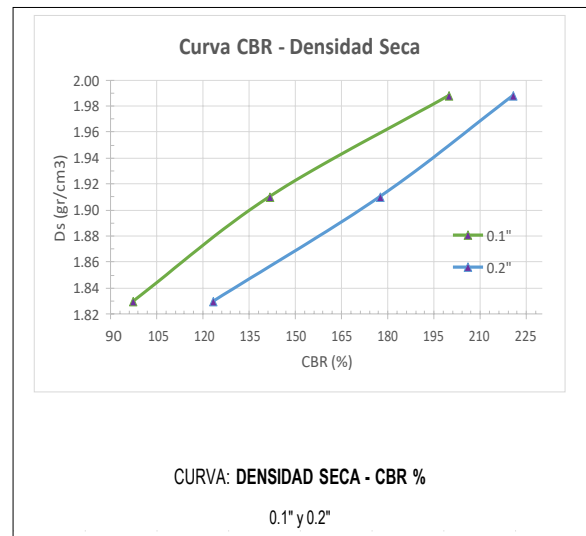
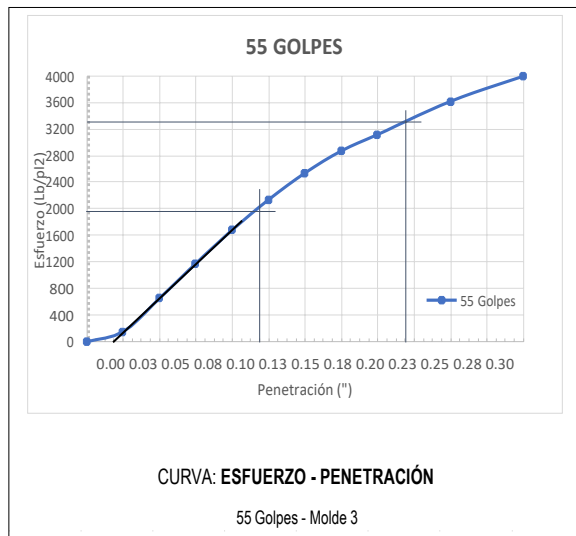
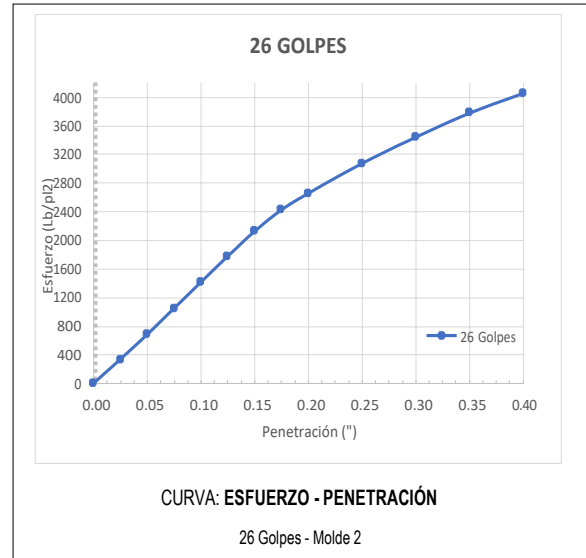
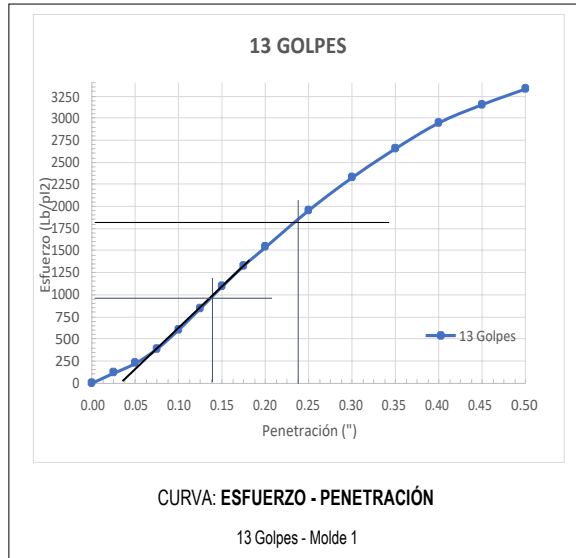




## California Bearing Ratio (CBR) / MTC E132 - ASTM D 1883

Material: Agregado Reciclado

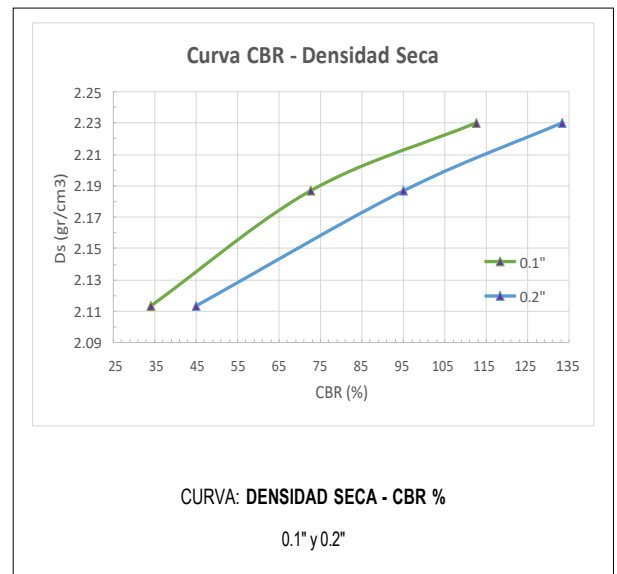
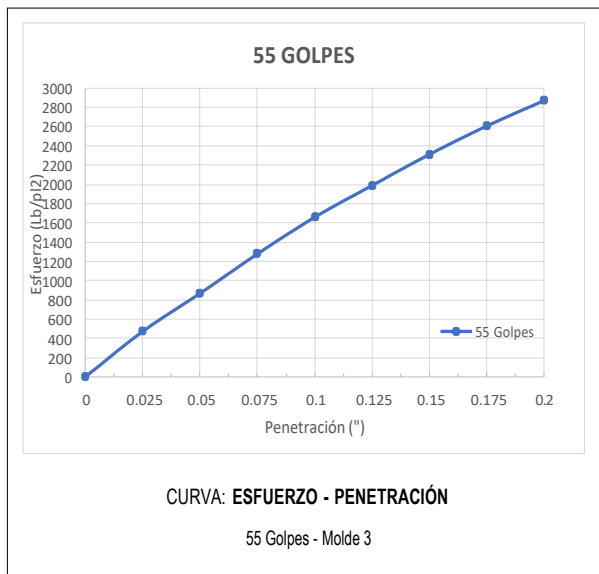
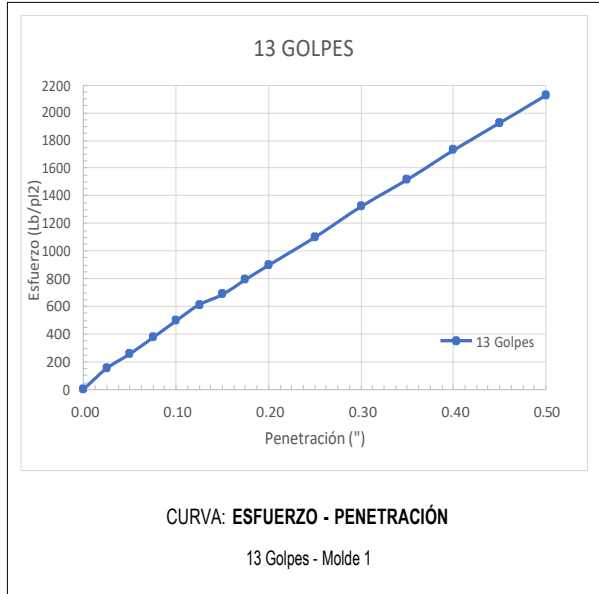
CBR N°3 - 96 horas



## California Bearing Ratio (CBR) / MTC E132 - ASTM D 1883

Material: Agregado Reciclado

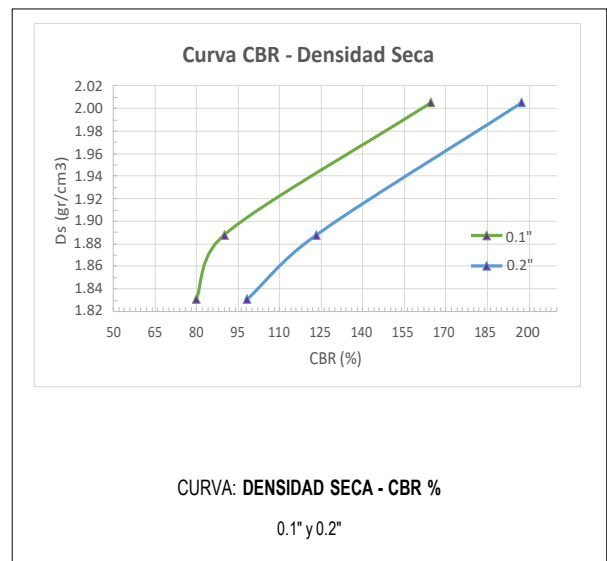
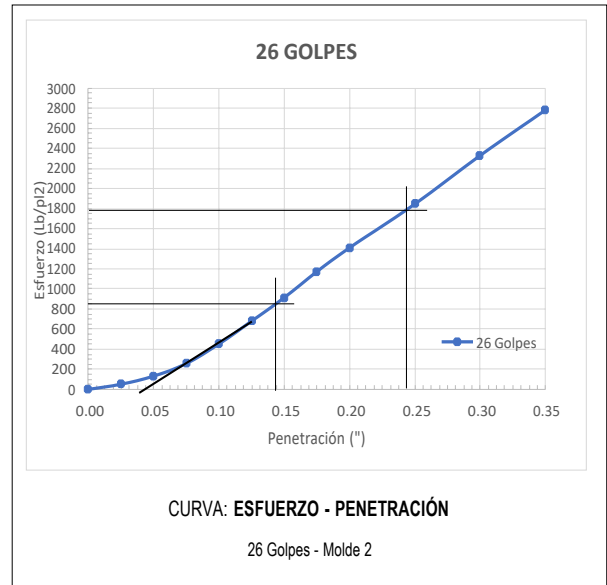
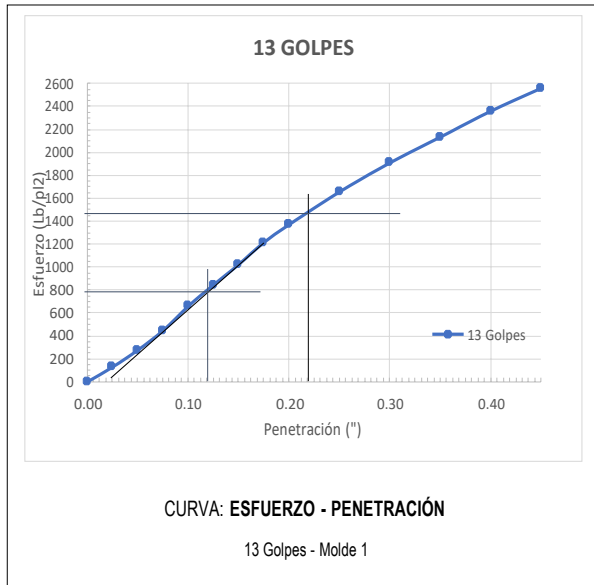
CBR N°4 - 24 horas



## California Bearing Ratio (CBR) / MTC E132 - ASTM D 1883

Material: Agregado Reciclado

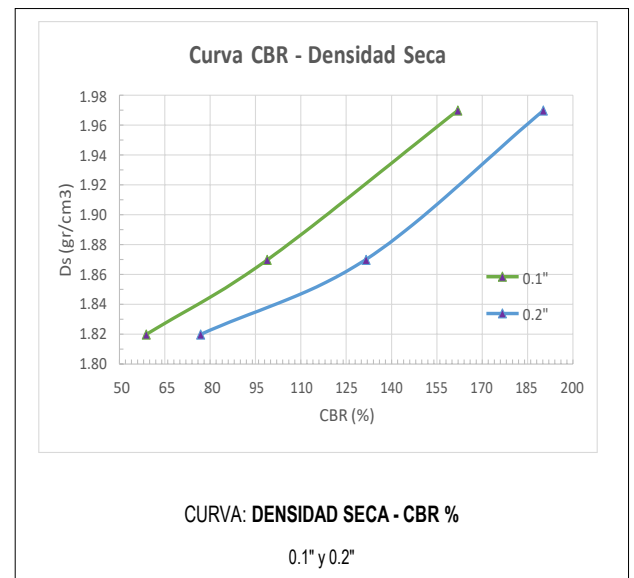
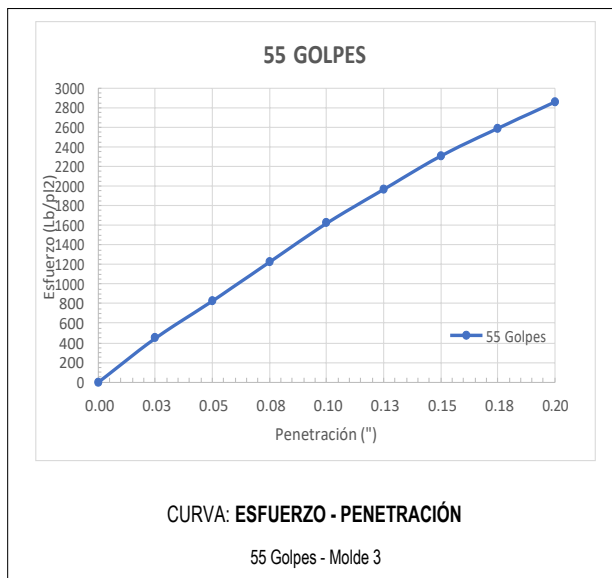
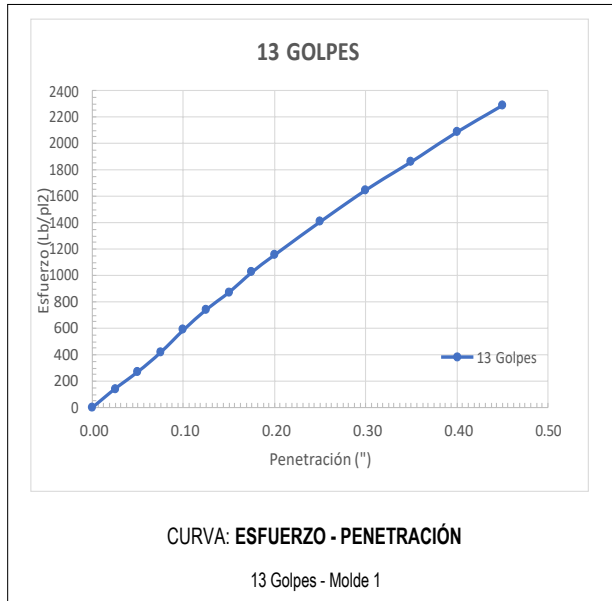
CBR N°5 - 24 horas



## California Bearing Ratio (CBR) / MTC E132 - ASTM D 1883

Material: Agregado Reciclado

CBR N°6 - 24 horas

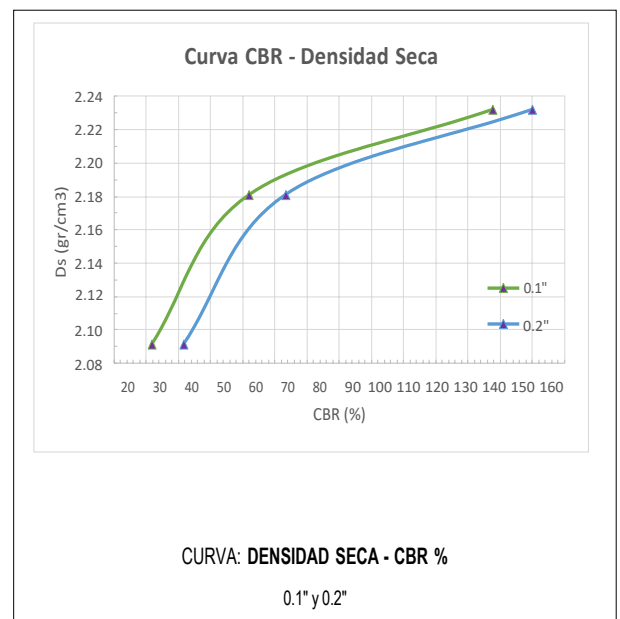
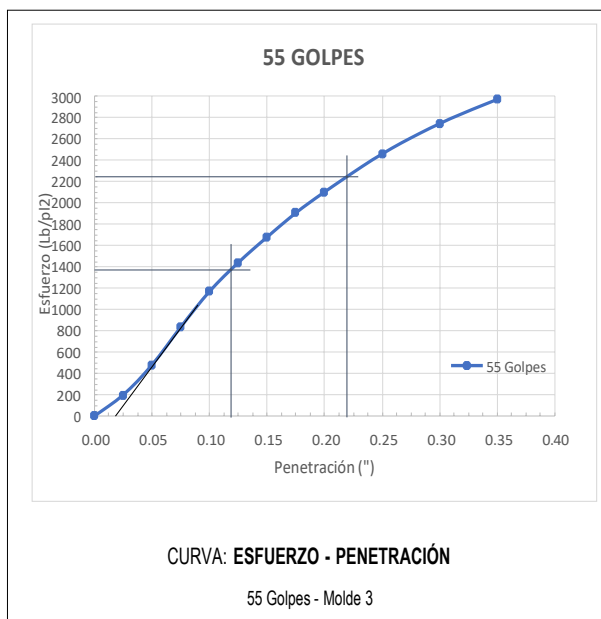
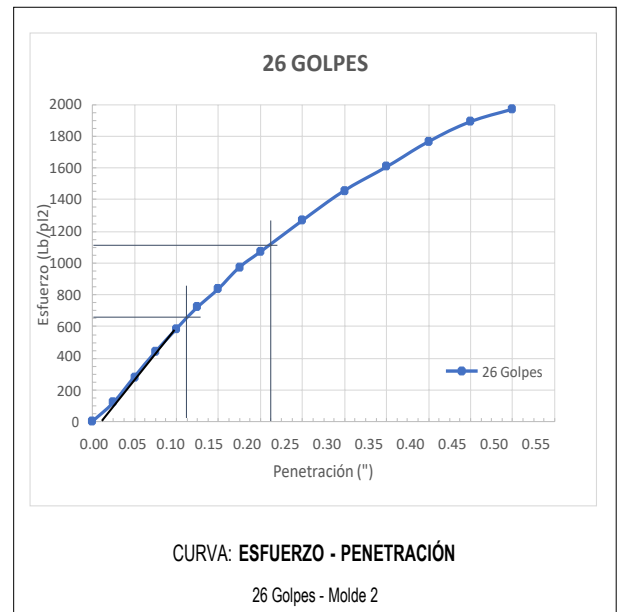
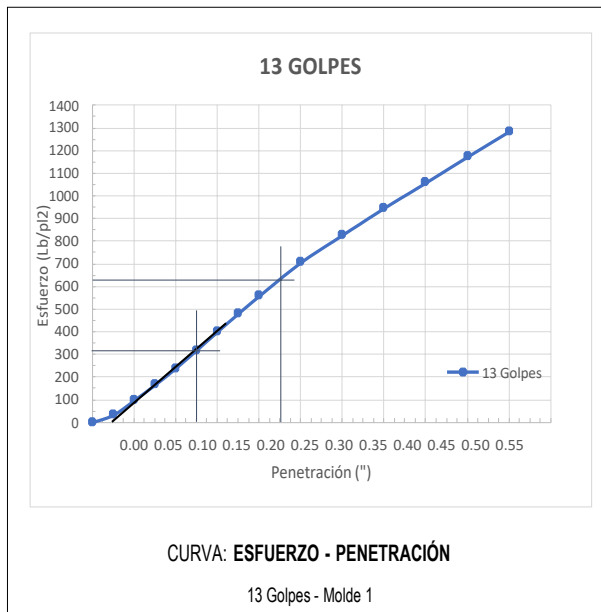


**ANEXO N° 15: Corrección de las curvas de CBR del afirmado**

**California Bearing Ratio (CBR) / MTC E132 - ASTM D 1883**

Material: Afirmado

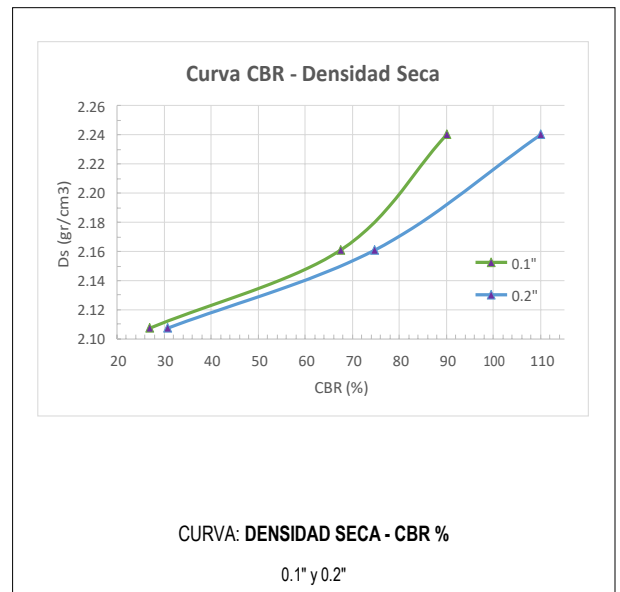
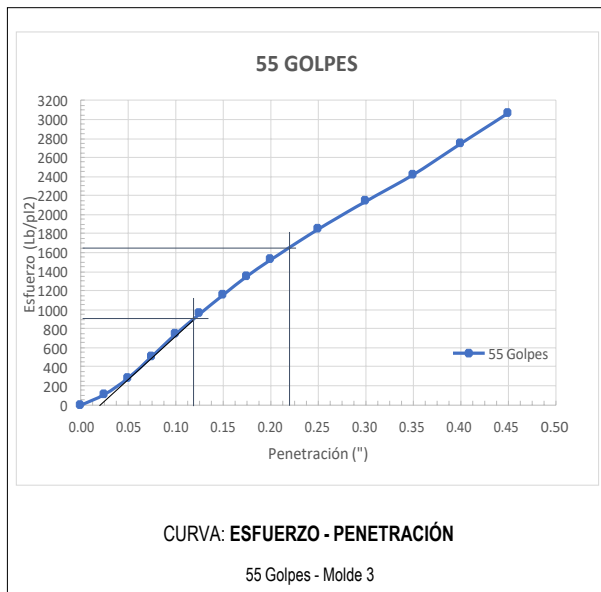
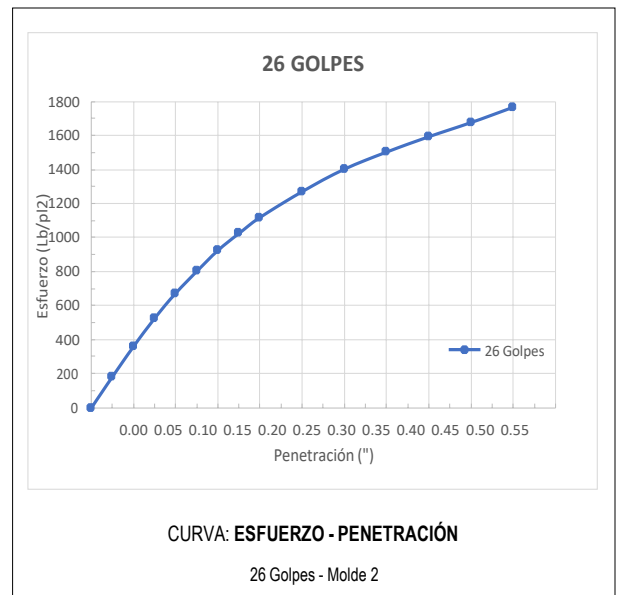
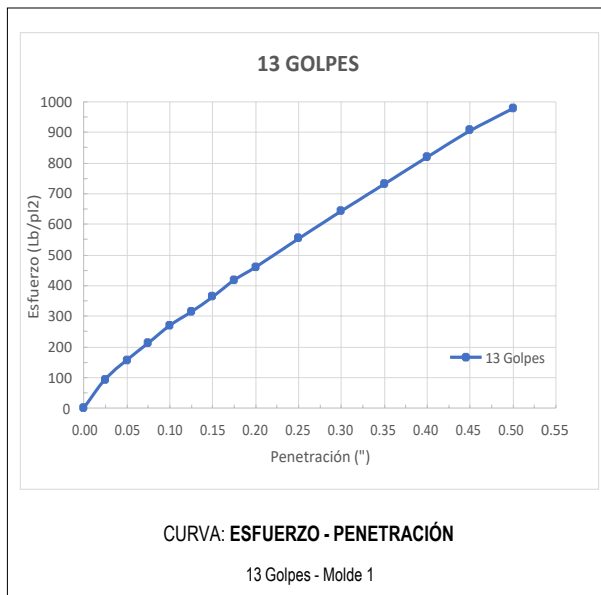
CBR N°1



## California Bearing Ratio (CBR) / MTC E132 - ASTM D 1883

Material: Afirmado

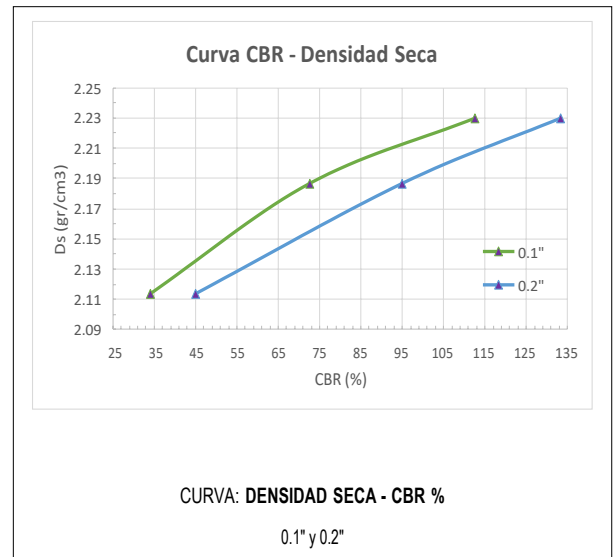
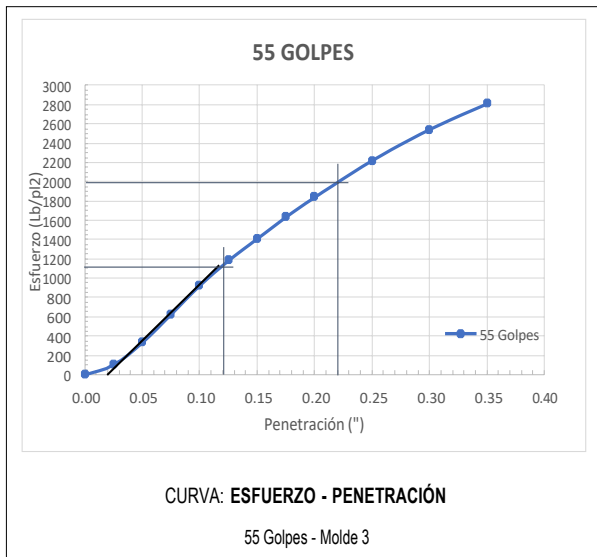
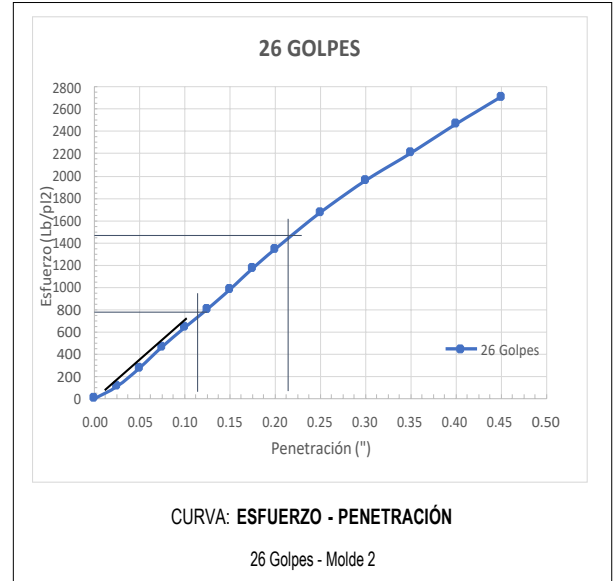
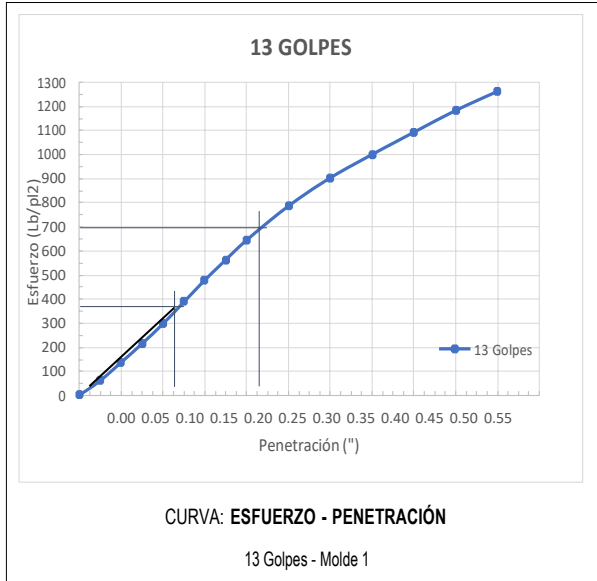
CBR N°2



## California Bearing Ratio (CBR) / MTC E132 - ASTM D 1883

Material: Afirmado

CBR N°3

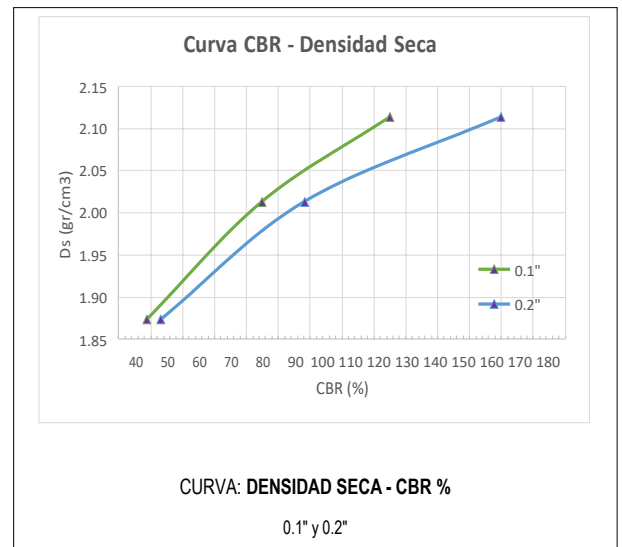
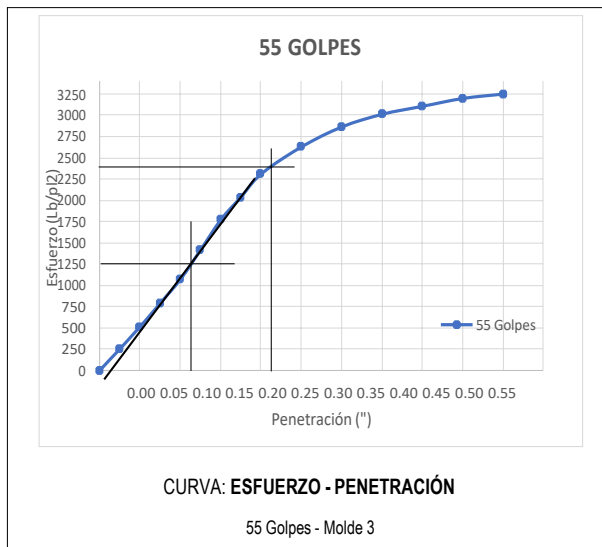
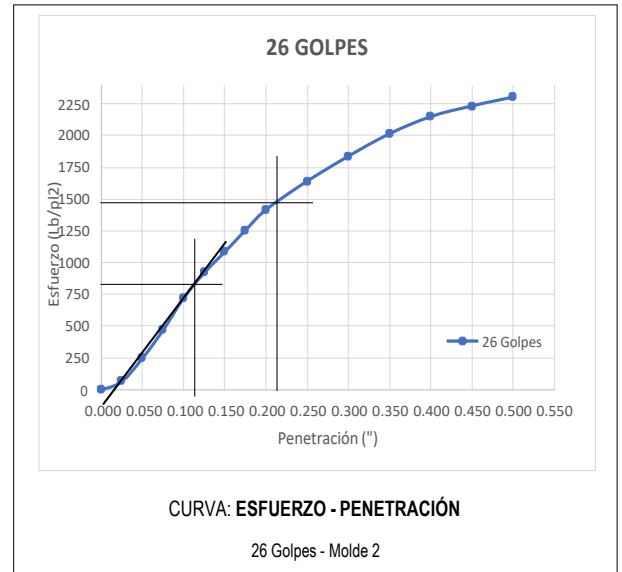
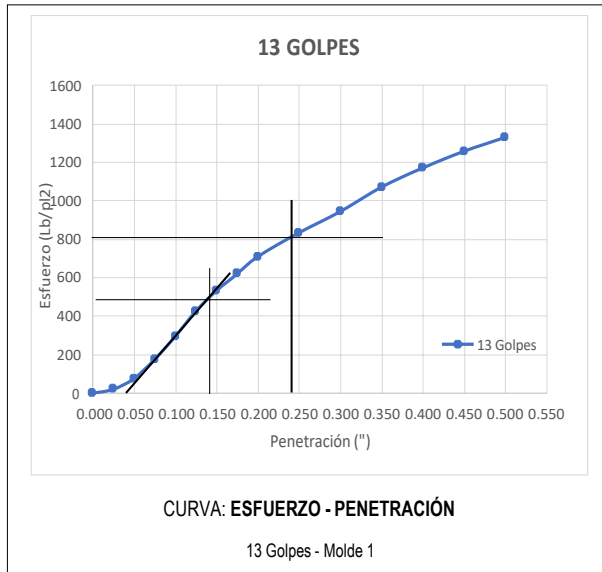


**ANEXO N° 16: Corrección de las curvas de CBR del agregado combinado**

**California Bearing Ratio (CBR) / MTC E132 - ASTM D 1883**

Material: Agregado Combinado

CBR N°1

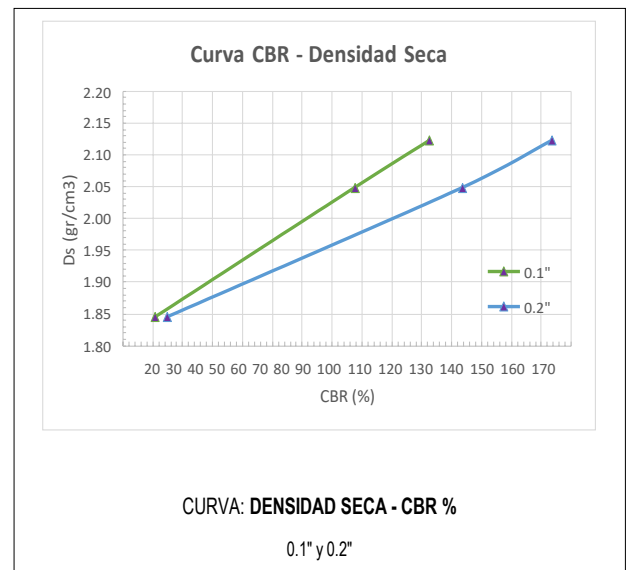
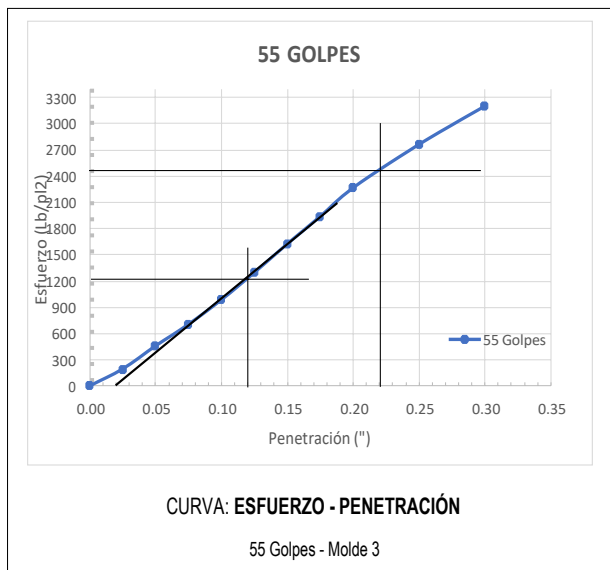
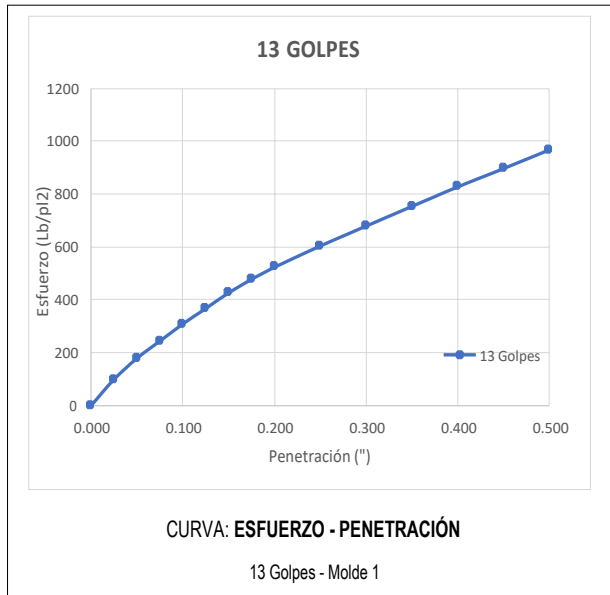




## California Bearing Ratio (CBR) / MTC E132 - ASTM D 1883

Material: Agregado Combinado

CBR N°2



## California Bearing Ratio (CBR) / MTC E132 - ASTM D 1883

Material: Agregado Combinado

CBR N°3

