



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**“Análisis del Comportamiento de los Materiales Reciclados de Escombros  
para Sub-base en Pavimentos Flexibles en la Av. Nazca, SJL, Lima”**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO CIVIL**

**AUTOR**

Edwin Román Rodas

**ASESOR**

Mgtr. Cesar Teodoro Arriola Prieto

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN**

Diseño de Infraestructura Vial

LIMA - PERU

2017

## PÁGINA DEL JURADO

  
.....  
Dra. MARÍA YSABEL GARCÍA ALVAREZ  
PRESIDENTE

  
.....  
Mgtr. CÉSAR TEODORO ARRIOLA PRIETO  
SECRETARIO

  
.....  
Mgtr. GERMAN FERNANDO CASUSOL  
IBERICO  
VOCAL

---

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo está dedicado: A mis padres Julia Rodas Alarcón y Glicerio Román Triveño por brindarme su apoyo incondicional durante toda la carrera universitaria.

A mí querida esposa Vanessa Fiorella Contreras Lavado, quien me reconforta con su cariño y bondad durante los momentos difíciles pasados.

A mi querida hija Valeria Román Contreras motivo de mis logros.

## **AGRADECIMIENTO**

A mis padres, infinitas gracias por haberme dado la vida y por su esfuerzo y dedicación invertidos en mí.

A nuestro asesor académico y profesor Mgtr. Arriola Prieto Cesar Teodoro por su tiempo y enseñanza prestada en la elaboración de esta investigación.

A todas aquellas personas que colaboraron y participaron en la realización de esta investigación, hago extensivo mi más sincero agradecimiento.



## DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Edwin Román Rodas con DNI N.º 46092887, declaro ser autor de la presente tesis a efecto de cumplir con los criterios de evaluación de la Universidad César Vallejo, manifiesto bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

Así mismo, declaro también bajo juramento que toda la información y los datos que se presentan en esta tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Lima, diciembre del 2017



---

ROMÁN RODAS, EDWIN

## **PRESENTACIÓN**

Señores miembros del jurado, me presento ante ustedes con la tesis titulada: “Análisis del comportamiento de los materiales reciclados de escombros para sub-base en pavimentos flexibles, en la Av. Nazca, SJL, Lima” con la finalidad de evaluar las características físicas y mecánicas del materiales reciclado de escombros para determinar su uso en sub-base de pavimento flexible de la av. Nazca del distrito de San Juan de Lurigancho - Lima, en cumplimiento del reglamento de grados y títulos de la Universidad César Vallejo para obtener el título profesional de Ingeniero Civil.

Esperando cumplir con los requisitos de aprobación.

Román Rodas, Edwin

## ÍNDICE

PÁGINA DEL JURADO.....	II
DEDICATORIA .....	III
AGRADECIMIENTO .....	IV
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD.....	V
PRESENTACIÓN .....	VI
ÍNDICE DE TABLAS .....	8
ÍNDICE DE FIGURAS.....	9
ÍNDICE DE GRAFICOS .....	9
RESUMEN.....	10
ABSTRACT .....	11
I.- INTRODUCCIÓN.....	12
1.1. Realidad Problemática.....	12
1.2. Trabajos Previos.....	14
1.3. Teorías relacionadas al tema.....	17
1.4. Formulación del Problema .....	23
1.5. Justificación e importancia de la investigación.....	23
1.6. Hipótesis.....	24
1.7. Objetivos .....	25
II. – METODOLOGÍA. ....	26
2.1. Diseño de la investigación .....	26
2.2. Variables e Indicadores .....	26
2.3. Población y muestra .....	27
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	28
2.5. Ensayos de verificación de los materiales para sub-base.....	29
III. RESULTADOS .....	36
IV. DISCUSIÓN. ....	51
V. CONCLUSIONES.....	53
VI. RECOMENDACIONES.....	54
VII. REFERENCIAS.....	55
ANEXOS.....	57
Anexo 01. Matriz de consistencia de la investigación.....	58
Anexo 02. Certificado del resultado de los ensayos. ....	60
Anexo 03. Certificación de calibración de los equipos. ....	76
Anexo 04. Fotografías.....	89

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Variables Independientes .....	26
Tabla 2. Variables Dependientes.....	27
Tabla 3. Cuadro técnico de normas y ensayos para firmes de carreteras.....	28
Tabla 4. Requerimiento granulométrico para sub-base granular .....	29
Tabla 5. Clasificación de suelos según índice de plasticidad. ....	31
Tabla 6. Granulometría de la muestra de agregado para ensayo .....	35
Tabla 7. Carga Abrasiva según Granulometría. ....	35
Tabla 8. Resultado del Contenido de humedad. ....	36
Tabla 9. Resultado del Límite Líquido.....	37
Tabla 10. Resultado del Límite Plástico. ....	37
Tabla 11. Descripción de la muestra para el análisis granulométrico 100% MR. ....	38
Tabla 12. Resultado del análisis granulométrico 100 % MR. ....	39
Tabla 13. Descripción de muestra (análisis granulométrico) 80% MR + 20%MN. ....	40
Tabla 14. Cuadro comparativo de SUCS. ....	41
Tabla 15. Resultado del análisis granulométrico (80% MR +20% MN). ....	41
Tabla 16. Resultado del Proctor Modificado 100% MR.....	42
Tabla 17. Resultado del Proctor Modificado 80% MR + 20% MN. ....	44
Tabla 18. Resultado de la gradación de tipo A.....	45
Tabla 19. Resultado de expansión del material reciclado. ....	46
Tabla 20. Requerimientos granulométricos para sub-base granular .....	48
Tabla 21. Comparación de sección 402- 01 (MTC) con la nuestra.....	49
Tabla 22. Requerimiento de ensayos especiales para sub-base granular.....	49
Tabla 23. Cuadro comparativo de los ensayos especiales con la Norma.....	50
Tabla 24. Densidad y Absorción del Árido Reciclado.....	51
Tabla 25. CBR en combinación de 75% AR y 25% AN.....	52

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Sección Estructural del Camino (Keller y Sherar, 2005) .....	19
--	----

## ÍNDICE DE GRAFICOS

Gráfico 1. Resultado del límite de contracción. ....	38
Gráfico 2. Curva Granulométrica 100% MR. ....	40
Gráfico 3. Curva del Proctor Modificado 100% MR. ....	43
Gráfico 4. Curva del Proctor Modificado 80% MR + 20% MN. ....	44
Gráfico 5. Resultado de penetración del CBR 100% MR. ....	47
Gráfico 6. Resultado de penetración del CBR 80% MR +20% MN. ....	47

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación consiste en el análisis de las características físicas y mecánicas de los materiales reciclados de escombros proveniente de demolición de obras civiles para determinar su aplicación en componentes estructurales de carreteras, lo cual es una alternativa de solución a la gran acumulación del material inerte que tenemos y el deterioro de las obras de infraestructuras viales que se observa en la ciudad de Lima, sobre todo en el distrito de San Juan de Lurigancho.

Para ello se realizó ensayos de laboratorio para caracterizar las propiedades físicas y mecánicas del material reciclado provenientes de las obras de demolición, dentro del distrito, con el fin de determinar el uso del material para sub-base de pavimentos, por esa razón se tuvo que ensayar dos muestras, la primera muestra fue 100% material reciclado y la segunda muestra es 80% de material reciclado más 20% de material de cantera, con el objetivo de comprobar si mejora la capacidad de soporte de la muestra, obteniendo un mejor resultado. La investigación concluye que existe viabilidad técnica de la reutilización del material reciclado de escombros en elementos estructurales para carreteras como sub-base de pavimentos flexibles.

**Palabras claves:** Material reciclado, Reutilizar, Sub-base.

## ABSTRACT

The present investigation work consists in the analysis of the physical and mechanical characteristics of the recycled materials of debris coming from demolition of civil works to determine its application in structural components of roads, which is an alternative solution to the great accumulation of material Inert we have and the deterioration of road infrastructure works observed in the city of Lima, especially in the district of San Juan de Lurigancho.

For this, laboratory tests were carried out to characterize the physical and mechanical properties of the recycled material coming from the demolition works, within the district, in order to determine the use of the material for sub-base of pavements, for that reason it had to be test two samples, the first sample was 100% recycled material and the second sample is 80% recycled material plus 20% quarry material, in order to check if it improves the support capacity of the sample, obtaining a better result.

The research concludes that there is technical feasibility for the reuse of recycled rubble material in structural elements for roads such as sub-base of flexible pavements.

**Keywords:** Recycled material, Reuse, Sub-base.

## I.- INTRODUCCIÓN

El desarrollo económico de un país se da a través del boom inmobiliario, debido al incremento de sus habitantes que requieren más viviendas o ampliar espacios dentro de su hogar, generando una gran cantidad de escombros, los cuales se convierte en un peligro para los mismos habitantes ya que estos materiales llegan a parar a orillas del río e incluso en zonas de esparcimientos como los parques, plazas sin un control ni una alternativa de organizar y reutilizar dichos materiales.

La acumulación de materiales de escombros provenientes de la construcción crece cada día más, llegando a superar los límites de recepción en los pocos botaderos que tenemos dentro de la zona de estudio.

Debido a la falta de botaderos o lugar de recolección y clasificación de estos materiales nos vemos obligados a desarrollar un proyecto de reutilización de los escombros, tomando en cuenta la gran cantidad de material que tenemos y el deterioro de las obras de infraestructuras viales que se observa en la ciudad de Lima que superan más del 70 % de las vías existentes según el ministerio de transportes y comunicaciones, presentando diferentes tipos de fallas que necesitan ser reparados o incluso una nueva construcción, para ello se requieren materiales (agregados) vírgenes que son explotados de las canteras aledañas, llevadas y colocadas con costo muy elevado, deforestando y cambiando el relieve morfológico de las canteras o zonas.

### 1. Realidad Problemática

A nivel mundial la reutilización de los recursos o materiales es una buena práctica ya que aporta la preservación de los recursos naturales, siendo una iniciativa de nuevas ideas para la ingeniería civil.

En países desarrollados, como España, Estados Unidos, Guatemala, Italia y México, se reutiliza todo elemento o recurso, ya sea mediante su renovación o transformación en un nuevo producto o sub-producto siendo uno de ellos la reutilización de los materiales de escombros de demolición.

La forma de uso de estos materiales se da mediante la transformación de formas y propiedades que luego son usados para construcciones modernas, puesto que



la calidad del material reciclado tiene una resistencia similar a un concreto elaborado con material virgen explotado de canteras.

A nivel nacional, el uso de materiales reciclados es escaso ya que se desconoce la forma de uso, mientras que las canteras naturales son explotadas de forma irracional, para compensar la depredación de las canteras naturales es necesario la búsqueda de nuevos métodos de utilización del material de escombros de demolición, puesto que estos desechos llegan a parar a orillas de ríos, parques y lugares descampados, contaminando gravemente la ecología y sobre todo dando un caos peatonal a pobladores que viven cerca a los botaderos improvisados, exponiéndolos a nuevos riesgos, como sucedió en las orillas del Río Rímac, Huaycoloro y otros ríos, que debido a la gran acumulación de desmonte provenientes de demolición obstruyen sus cauces generando su desborde e inundación de viviendas.

Según DIGESA el 70 % de los materiales desechos provenientes de la construcción llegan a parar a botaderos informales, e incluso en lugares de esparcimientos.

A nivel local, el distrito de San Juan de Lurigancho tampoco es ajeno a lo descrito; así tenemos que la construcción de infraestructura a favor de la industria textil, el boom inmobiliario y los antiguos diseños de viviendas ha ocasionado un gran número de desmonte providente de obras civiles, los cuales son desechados en sus calles y parques.

Según la Municipalidad Metropolitana de Lima en el año 2012, la cantidad de residuos sólidos producidos en la ciudad de Lima creció a 2,649.634.00 toneladas, siendo el distrito de San Juan de Lurigancho el que genera la mayor cantidad de residuos sólidos con un total de 238 mil 928 toneladas, de los cuales el 2.8% de la cifra mencionada son escombros e inertes.

Para evitar la crecida de desmonte en las calles del distrito, el presente trabajo de investigación pretende reutilizar estos residuos mediante su uso como un componente para sub-base en pavimentos flexibles, permitiendo la mejora en su infraestructura vial, por ende, concientizar a las empresas a realizar más estudios de uso de residuos de desmonte provenientes de obras civiles.

## 2. Trabajos Previos

En diversos países se han realizado estudios acerca de reutilización de materiales de escombros reciclados y las siguientes investigaciones lo demuestran en relación con la problemática en estudio.

### **Internacional**

García, M (2015), realizó una tesis doctoral que consiste en el estudio de los resultados en obra y a largo plazo de la utilización de materiales reciclados de residuos de construcción y demolición (RCD) en firmes de carreteras y urbanizaciones, la tesis tuvo como objetivo principal estudiar los materiales reciclados proveniente de construcción y demolición, para su aplicación en terraplenes o carreteras, desarrollando la investigación en hechos reales y teóricos, los cuales fueron puesto en práctica en las calles de Sevilla mediante su construcción de la autovía A-376 de utrera a Sevilla, dando buenos resultados en cuanto a características físicas y mecánicas de los materiales reciclados.

Concluyendo que es viable la reutilización de los residuos de construcción y demolición, puesto que las propiedades técnicas son similares al material de cantera, pare ello la autora recomienda que se elabore una bueno homogenización al clasificar los materiales.

Muñoz, R (2013), realizó una tesis master que consiste en estudiar la mezcla de áridos reciclados de hormigón y asfalto estabilizado con cemento para su aplicación en bases y sub-bases de carreteras, esta investigación tuvo como objetivo estudiar la reutilización de áridos reciclados de hormigón de baja calidad y de escombros de demolición para su aplicación en capas de pavimentos, por lo que desarrollo la investigación a través de ensayos en laboratorio con muestras de hormigón de baja calidad y áridos reciclados de asfalto para luego determinar sus características y propiedades que permitan su utilización en capas de carreteras cumpliendo con las exigencias de la norma de diseño de pavimentos.

Concluyendo que los resultados obtenidos de las pruebas del CBR y Proctor son óptimos y las propiedades mecánicas medidas cumplen con los estándares requeridos para el diseño de la sub-base y base.

Marroquín, E (2012), realizó una tesis sobre la reutilización del concreto mediante el estudio de sus características físicas y mecánicas, esta investigación tuvo como objetivo determinar y establecer las propiedades mecánicas, físicas y los porcentajes comparativos de los desechos de concreto reciclado.

Desarrolló la investigación a través de una serie de ensayos que ayudaron a establecer parámetros de utilización del concreto reciclado, guiados por la Norma ASTM C-33, los cuales ayudaron durante el proceso de selección de los materiales.

Concluyendo que las propiedades del material reciclados son similares a las propiedades del material natural o virgen provenientes de canteras.

Barbudo, M (2012) realizó una tesis doctoral que consistió en la aplicación del árido reciclado provenientes de los desechos de construcción y demolición a favor de infraestructura viarias, esta investigación tuvo como objetivo principal plantear la viabilidad del uso del árido reciclado, producidos de escombros de demolición para su aplicación en carreteras de la ciudad de Córdoba – España. Desarrollo la investigación a través de una serie de selección para su obtención de diferentes áridos reciclados, según su origen de procedencia y respectiva caracterización, con la intención de conseguir similitud entre su composición y característica del material reciclado de demolición y el material de canteras naturales.

Concluyendo que la viabilidad del material (RCD) dependerá del valor que se le dé a una correcta gestión en los vertederos, un óptimo proceso para su tratamiento en la planta y una buena selección de su procedencia. De esta manera afirma barbudo, que los materiales desechos se pueden utilizar en carreteras sin riesgo que dañen la estructura del pavimento ni al medioambiental.

## **Nacional**

Contreras, K y Herrera, V (2015) realizó una tesis sobre mejoramiento del agregado obtenido de escombros de construcción, para bases y sub-bases de estructura de pavimento.

La tesis tuvo como objetivo mejorar la base y sub-base de pavimentos en la ciudad de Áncash, del distrito de Nuevo Chimbote.

Desarrollo la investigación a través de ensayos realizados a los materiales reciclados de escombros de construcción, para determinar sus características físicas y mecánicas según las normas técnicas de bases y sub-bases granulares de pavimentos.

Llegando a concluir la investigación con resultados óptimos, puesto que los ensayos de laboratorio demostraron una buena resistencia del material reciclado y está dentro de los rangos de calidad para ser usado como capa mejorada de sub-bases o sub-rasante.

Parillo, E y Camargo, C (2015), realizó una investigación para la reutilización de los escombros en la producción de pavimentos rígidos de bajo costo en el distrito de Juliaca, teniendo como objetivo cuantificar la proporción e influencia del material reciclado.

Desarrollando la investigación a través de ensayos y diseños reales con materiales reciclados de pavimentos rígidos y elementos estructurales provenientes de distintas procedencias, determinado su clasificación y propiedades físicas como mecánicas para un nuevo diseño de pavimentos. Concluyendo que los materiales reciclados se pueden utilizar como agregados para el diseño de pavimentos rígidos con un bajo costo, en cuando a la resistencia se obtuvo un concreto de 210 kg/ cm<sup>2</sup> cuyas propiedades son establecidos según el diseño de mezcla y reglamentos apropiados para su uso.

### **3. Teorías relacionadas al tema**

#### **Materiales reciclados de escombros:**

Según Aguilar, Alonso (1997) el material reciclado de escombro es aquel material proveniente de la refacción o demolición de una infraestructura de obras civiles (edificios, casa, veredas, supermercados, terraplenes), cuyo propósito es ser nuevamente utilizado por la industria de la construcción, por tener propiedades y componentes naturales que se puedan reutilizar ya sea mediante una transformación o simplemente usado de la misma forma de origen. (p. 93)

#### **Clasificación de los materiales reciclados de demolición:**

Según Mejía, Giraldo y Martínez (2013) los materiales reciclados se clasifican en:

No peligrosos. - Son los que no presentan ningún tipo de riesgo para el ser humano ni para el medio ambiente.

Los peligrosos. - Son los materiales que pueden causar un daño al ser humano y al medio ambiente sean por su grado toxico corrosivo u otros.

Los especiales. - Son consideras materiales especiales por su volumen, peso, tamaño y grado de contaminación que deben ser manipulados cuidadosamente para no originar daños personales ni materiales, dentro de ello se encuentra el escombro de demolición. (P.105-130)

Contreras K, Herrera V (2015) clasifican los materiales según sus propiedades y formas como pueden ser:

Áridos reciclados. - Son considerados los materiales conformados por ladrillos molidos, cerámicos, arena proveniente de demolición, confitillos reciclados agregados finos triturados de residuos de concreto y otros. (p.23)

Agregados reciclados. - Son materiales que tienen tamaños estandarizados según norma, provenientes de materiales triturados de componentes estructurales que son realizados para un nuevo diseño de mezcla ya sea para elementos estructurales o pavimentos rígidos.

Cementos reciclados. - Este material en su mayoría proviene de plantas de producción de concreto y de obras de construcción, sean por sobrantes o desperdicios que son desechados junto con el desmonte.

Aceros reciclados. - Este material proviene de demoliciones o plantas metalúrgicas que son desechados de forma mínima, ya que es aceptado por las empresas recolectoras de metal (charreros) e incluso son vendidas por kilos, debido a su gran uso en herramientas artesanas.

Maderas. - Esta materia es desechado en su mayoría por carpinterías o empresas aserradoras que debido a su volumen y la falta de espacios para su almacenamiento son desechos en botaderos improvisados.

### **Consideraciones Medio Ambientales:**

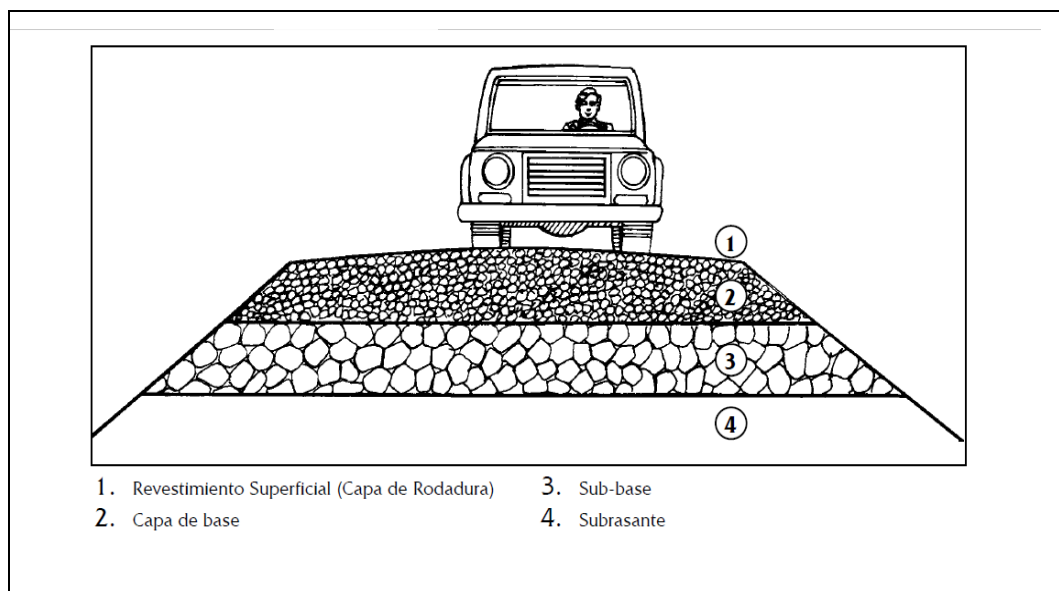
Según Barbudo, María Auxiliadora (2012) el tratamiento correcto de los materiales reciclados proporciona una serie de beneficios para la conservación del medio ambiente y el cuidado de la integridad física de sus habitantes. Puesto que ello servirá como guía para:

1. Un ahorro en los costos de los botaderos, conservación de materia prima natural y la creación de subproductos con materiales reciclados.
2. Reducción del impacto medioambiental y un beneficio al mantener los vertederos sin ocupar, depositando los residuos en vertedero donde se puedan dar uso.
3. Incremento de la calidad de vida y la conservación de materias primas, mediante la utilización de material reciclado en capas como sub-bases cumpliendo con los ensayos necesarios de los límites fijados.

### **Estructura del pavimento:**

Según Montejo, Alfonso. (2012) el pavimento está constituido por un conjunto de capas superpuestas, relativamente horizontales, que se diseñan y construyen técnicamente con materiales apropiados y adecuadamente compactados. Estas estructuras estratificadas se apoyan sobre la subra-sante de una vía obtenida por el movimiento de tierras en el proceso de exploración y que han de resistir

adecuadamente los esfuerzos que las cargas repetidas del tránsito se transmiten durante el periodo para el cual fue diseñada la estructura del pavimento. La sección estructural del pavimento se muestra en la Figura 1.



**Figura 1.** Sección Estructural del Camino (Keller y Sherar, 2005)

### Componentes Estructurales:

#### Suelo de Fundación:

Es el terreno aglomerado por suelo, piedra o mezcla de ambos, donde la mayor porción de suelo bien nivelada, perfilada y compactada, nos sirve para el soporte del pavimento. Este tipo de suelo se pueden encontrar en la naturaleza como:

1. En las terrazas de los ríos, zonas de huaycos o torrenteras aluviales llamada grava aluvial.
2. En las orillas del rio en forma redondeada y en los cantos rodados conocida como grava arenosa.
3. Al pie de talud de escombros denominado limo.
4. Arenas finas o de playa.
5. Arcilla uniforme de la sierra o suelos de la selva.
6. Tufos volcánicos o "aguajales" de la selva.

Sin embargo, lo más probable es encontrar a los suelos de fundación en bancos heterogéneos de mezclas de suelos en proporciones infinitamente variada. Este último también es el caso de los suelos en relleno conocidos como terraplenes.

#### Sub-rasante:

Es la parte superior del suelo natural, que fue nivelada, compactada para servir de apoyo a las demás estructuras del pavimento.

La calidad de soporte de la sub-rasante se mide con el C.B.R (California Bearing Ratio o Relación Soporte de California – Norma AASHTO T-193-81) que viene a hacer el resultado de la ecuación (carga unitaria del ensayo / carga unitaria patrón) para el caso de pavimentos flexibles. De los cuales se mide en porcentajes que puede ser de buena, regular o mala calidad según el resultado que proporcione la ecuación. Si la sub-rasante es buena, puede servir; si es mala, conviene reemplazarla o estabilizarla con materiales de mejor calidad.

#### Capa de Sub-Base:

Es un material seleccionado que se pone entre la sub-rasante y la base para pavimentos flexibles, los cuales cumplirán las funciones de drenar y cuidar ante contaminantes y/o resistente.

1. Como capa para drenar ayuda en la salida lateral de las aguas que provienen del nivel freático.
2. Como anticontaminante, ayuda a impedir el arrastre de los materiales finos de la sub-rasante hacia la base, impidiendo que las piedras y gravas de la base se metan en una sub-rasante blanda.
3. Controlar la ascensión capilar del agua proveniente de las napas freáticas cercanas.
4. Reduce el efecto dañino ocasionado por las heladas o por arcillas expansivas, y como capa resistente en un pavimento flexible en función de su espesor y de su coeficiente de resistencia relativa.

#### Capa de Base:

Es el elemento principal de un pavimento flexible que puede ser tratada y controlada con cemento, cal, asfalto o cualquier otro producto que ayude a mejorarlo, o sin tratar como los materiales naturales usados (piedra chancada, gravas y otros).



En pavimento flexible se coloca sobre una sub-rasante o sub-base, debajo de la carpeta asfáltica o superficie de rodadura. Para cumplir la función de soportar las fuerzas transmitidas por el peso de los vehículos para luego repartirlo uniformemente sobre la capa de la sub-base y al suelo de fundación.

#### Superficie de Rodadura:

Es la capa más superficial compuesta por un componente concreto o carpeta asfáltica de un pavimento. Está preparada por una mezcla de agregados gruesos, finos y aglomerante, que para pavimentos asfálticos se utilizan cemento asfáltico y/o líquido que posteriormente se ubica sobre la base, sus principales funciones son:

1. Resistir el efecto abrasivo del tránsito evitando la desintegración de la base.
2. Proteger a la base de las lluvias que podrían deteriorar total o parcialmente de las capas internas del pavimento.
3. Proporcionar una superficie adecuada para el tránsito vehicular.

Para todos los pavimentos asfálticos, la superficie de rodadura se coloca sobre la base imprimada con un riego asfáltico tipo cut-back de curado medio o rápido denominado capa de imprimación, a un régimen comprendido entre 0.2 y 0.6 galones por metro cuadrado.

#### Carpeta de Desgaste o Sello:

Es la estructura más superficial del pavimento. Está formado por una combinación bituminosa, ubicado sobre la capa de rodadura, y tiene como función:

1. Sellar la superficie impermeabilizándolo para evitar la filtración de las aguas superficiales.
2. Protege también a la capa de rodadura contra la fuerza abrasiva de los neumáticos de vehículos, así como también mitiga la acción de la temperatura ambiental.

## Métodos de diseño de Pavimentos Flexibles

Existen varios métodos para el diseño de pavimentos entre los más usados tenemos:

1. EL Método del Instituto del Asfalto; propuesto en 1964 se guía por un tránsito previsible durante un “periodo” de 20 años, que contempla a una carga por “eje sencillo” de 18,000 libras, que viene a ser “carga por eje”. Además de calcular el valor admisible del terreno de fundación, la calidad del material de la Sub-base, Base y capa de rodadura que se contemplen y los procedimientos de construcción son típicos.
2. El Método del CBR, se diseña mediante la determinación de la resistencia al corte de un suelo, que se puede medir por medio de un ensayo de corte directo en una prueba triaxial, o simplemente midiendo la resistencia a la penetración del material., luego este valor es llevado a un cuadro de Curvas para el Cálculo de Espesores de Pavimentos Flexibles, para diferentes CBR y Cargas por Rueda.
3. El Método del Índice de Grupo, se guía por las características físicas del material, principalmente por su composición granulométrica y grado de plasticidad; consiste simplemente en determinar mediante el gráfico de la figura, el espesor del pavimento a través del denominado Índice de Grupo.
4. El Método AASHTO 93, sirve para determinar el espesor de soporte del pavimento flexible, se analiza cuidadosamente los parámetros como la Confiabilidad (R%), la Desviación standard total (So), el Trafico (EAL) el Módulo Resiliente (Mr), la Serviciabilidad y los Índices estructurales del pavimento.

## **1. Formulación del Problema**

### **Problema principal**

¿Cuál es el comportamiento (propiedades físicas y mecánicas) de los materiales reciclados de escombros para ser usado en sub-base de pavimentos flexibles, en Av. Nazca del distrito de San Juan de Lurigancho – Lima?

### **Problemas secundarios**

1. ¿Cuáles son las características físicas y mecánicas de los materiales reciclados de escombros para ser usados como sub- base de pavimentos flexibles?
2. ¿Cuál es la capacidad de soporte (CBR) del agregado reciclado de demolición y la combinación con agregados naturales?
3. ¿Cuál es la diferencia de los resultados obtenidos frente a los requisitos de calidad para sub bases granulares?

### **1. Justificación e importancia de la investigación**

#### **Conveniencia**

Esta investigación es conveniente porque contribuye al desarrollo de la infraestructura vial dentro del Perú, generando sostenibilidad medio ambiental atreves de la reutilización de los escombros de demolición, que a su vez reduce la explotación de nuevas canteras.

#### **Justificación Teórica**

En la presente investigación se cuenta con información confiable procedente de investigaciones a nivel internacional y nacional donde se considera los múltiples factores asociados a la problemática en estudio, dicho sea de paso, se recurrirá a la información existente a la que pertenece este estudio, dando un mayor respaldo con esquemas teóricos confiables y evaluados.

### **Justificación Metodológica**

Para conseguir el cumplimiento de los objetivos propuestos, se deberá acudir a guías metodológicas de investigación, que nos proporcionará las herramientas y pautas para el buen procesamiento de los datos con la finalidad de obtener la información necesaria que ayude a la verificación de prueba de las hipótesis de la investigación y a su vez nos ayudará a la toma de decisiones.

### **Justificación Práctica**

Es necesario contar con un plan de trabajo que nos facilite comprender de una manera racional la conservación de los recursos naturales. Para ello se requiere elaborar esquemas de trabajos eficientes que permitan organizar y minimizar los esfuerzos individuales evitando ensayos empíricos y desordenados sin rumbos como los que se desarrollan en la mayoría de investigaciones.

Esta investigación servirá para proponer soluciones inmediatas sin afectar el funcionamiento del comercio y a los pobladores, procedimiento que se planteará como una posible solución al ordenamiento urbano y mala práctica de desechar los escombros provenientes de las obras de construcción del distrito de San Juan de Lurigancho.

## **2. Hipótesis**

### **Hipótesis general**

El análisis del comportamiento (propiedades físicas y mecánicas) de los materiales reciclados de escombros es favorable para ser usado en la sub-base de pavimentos flexibles, en Av. Nazca del distrito de San Juan de Lurigancho – Lima.

### **Hipótesis específicas**

1. Las características físicas y mecánicas de los materiales reciclados de escombros presentan buenos resultados para ser usado como sub- base de pavimentos flexibles.
2. Los porcentajes de materiales reciclados que se emplearán serán los adecuados para obtener una mayor resistencia de la capacidad de soporte (CBR) de la sub-base.
3. Los resultados obtenidos cumplen con los requisitos de calidad para sub-base granular, según el manual de carreteras (402-2 de la EG- 2000 MTC)

### **1. Objetivos**

#### **Objetivo General**

Obtener resultados óptimos al analizar el comportamiento (propiedades físicas y mecánicas) de los materiales reciclados de escombros para ser usado en sub-base de pavimentos flexibles, en Av. Nazca del distrito de San Juan de Lurigancho – Lima.

#### **Objetivos Específicos**

1. Caracterizar los materiales reciclados de escombros según sus propiedades físicas y mecánicas para ser usados como sub- base de pavimentos flexibles.
2. Determinar el porcentaje de materiales reciclados que se emplearán para obtener una mayor resistencia de la capacidad de soporte (CBR) de la sub-base.
3. Comparar los resultados obtenidos con los requisitos de calidad para sub-base granular, según el manual de carreteras (402-2 de la EG- 2000 MTC).

## II. – METODOLOGÍA.

### 1. Diseño de la investigación

Según Hernández, Fernández y Batista (2014), El tipo de investigación será aplicada. El nivel de investigación será descriptivo y explicativo porque se dará a conocer las definiciones, conceptos normados y técnicos.

El método de la investigación será cuantitativo de diseño experimental puro ya que la propuesta se llevará a cabo mediante la manipulación de una variable en condiciones controladas, según las normas técnicas. (p.163)

### 2. Variables e Indicadores

**Tabla 1.** Variables Independientes

VARIABLE INDEPENDIENTE	INDICADORES	DIMENSIONES	INSTRUMENTOS
1. Material reciclado de escombros	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Granulometría.</li> <li>- Porcentaje de humedad.</li> <li>-Límite de Absorción.</li> <li>- Plasticidad.</li> <li>- Capacidad de carga (CBR).</li> <li>-Proctor modificado.</li> <li>- Abrasión de los ángeles.</li> </ul>	<p>Características físicas y mecánicas de los materiales reciclados de escombros.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1. Tamices Normados</li> <li>2. Horno de secado</li> <li>3. Taras</li> <li>4. Molde de metal cilíndrico</li> <li>5. Disco espaciador de metal de forma circular</li> <li>6. Pesas</li> <li>7. Diales</li> <li>8. Pisón de compactación</li> <li>9. Trípode</li> <li>10. Cuarteador, mezclador, espátulas</li> </ul> <p>Papel de filtro del diámetro del molde</p>

Fuente: Elaboración Propia.

**Tabla 2.** Variables Dependientes.

VARIABLE DEPENDIENTE	INDICADORES	DIMENSIONES	INSTRUMENTOS
11. Sub-base de pavimentos flexibles	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Limite Líquido (LL) 25% máx.</li> <li>- Índice de plasticidad (IP) 4% máx.</li> <li>- Abrasión 50% máx.</li> <li>- Capacidad de carga (CBR) 40% min.</li> <li>- Equivalencia de arena 35% min.</li> </ul>	Especificaciones técnicas para sub-base – sección 303. 402-2 de la EG-2000 MTC	<ul style="list-style-type: none"> <li>12. NTP 339 de 1999.</li> <li>13. ASTM D 4318.</li> <li>14. ASTM C 131.</li> <li>15. ASTM D 1883.</li> <li>16. ASTM D 2419.</li> </ul>

*Fuente: Elaboración Propia.*

## 1. Población y muestra

### Población de estudio

La población de estudio es el material reciclado de escombros proveniente de construcción y demolición del distrito de San Juan de Lurigancho.

### Muestra

Según Hernández, Fernández y Batista (2014) la muestra para el presente estudio es no probabilístico porque será tomada a criterio del investigador y de medición infinita, por no tener parámetros que determinen cuantas muestras se puedan realizar como mínimo o máximo por tipo de ensayo. (P.189-190.).

-La muestra tomada para el estudio es el material reciclado de escombros provenientes de las obras de demolición de pavimentos de la Av. Magistrados y Av. Médicos, lo cual será medida según el manual de mecánica de suelos del ministerio de transportes comunicaciones MTC. E 101-2000 y EM-200 con el propósito de realizar ensayos de laboratorio para determinar sus características físicas y mecánicas del material reciclado de escombros provenientes de demolición, previamente seleccionados y clasificados según su procedencia y manipulación.

## 2. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

El análisis de datos se dará según el programa experimental que considera, hacer ensayos a la muestra (material reciclado de escombros provenientes de demoliciones o bancos de almacenamiento).

Los ensayos de laboratorio para agregados han permitido caracterizar mecánicamente a los materiales. Se ha considerado ensayos de CBR y Proctor modificado, Límites de Atterberg, Abrasión y Granulometría del material reciclado (escombro) para ser utilizado como sub-base en pavimentos flexibles.

### Normas para realizar ensayos in situ y laboratorio.

Según el reglamento nacional de edificaciones (RNE) 2010, CE. 010 pavimentos urbanos y manual de ensayos de materiales para carreteras del ministerio de transportes y comunicaciones del 2016, indica las pautas y normas que se debe aplicar para realizar los ensayos a los materiales que se utilizara en la elaboración de una obra de infraestructura vial. Tabla 3.

**Tabla 3.** Cuadro técnico de normas y ensayos para firmes de carreteras

NORMA	DENOMINACION
NTP 339.127:1998	SUELOS. Método de ensayos para determinar el contenido de humedad de un suelo.
NTP 339.128:1999	SUELOS. Método de ensayo para el análisis granulométrico
NTP 339.129:1999	SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad.
NTP 339.132:1999	SUELOS. Método de ensayo para determinar el material que pasa el tamiz 75 $\mu\text{m}$ (N° 200).
NTP 339.134:1999	SUELOS. Método para la clasificación de suelos con propósito de ingeniería (SUCS sistema unificado de clasificación de suelos).
NTP 339.135:1999	SUELOS. Método para la clasificación de suelos para su uso en vías de transporte.
NTP 339.141:1999	SUELOS. Método de ensayo para la captación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 KN- m/m <sup>3</sup> y 56000 pie-lbf / pie <sup>3</sup> )
NTP 339.142:1999	SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía estándar (600 KN –m/m <sup>3</sup> y 12400 pie-lbf/pie <sup>3</sup> )
NTP 339.145:1999	SUELOS. Método de ensayo del CBR (relación de soporte de california) de suelos compactados en laboratorio.
NTP 339.146:2000	SUELOS. Método de prueba estándar para el valor equivalente de arena de suelo y agregado fino.

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones Norma CE.0010 Pavimentos Urbanos (2010)



### 3. Ensayos de verificación de los materiales para sub-base

Para la elaboración de un buen diseño de infraestructura vial, es necesario conocer los procedimientos y pruebas que permitan determinar las características físicas y mecánicas de los materiales a usar, pruebas que ayuden a la selección de los materiales que se utilizan según el tipo de pavimento que se pretenda realizar. Las características físicas y mecánicas del material ensayado deberán estar por encima de los estándares requeridos o normas vigentes para pavimentos flexibles.

#### Características físicas:

#### Granulometría por tamizado para agregados.

Según la NTP 339.128:1999 y ASTM D 1241 del MTC, este método se aplica mediante la clasificación de las partículas según su tamaño por medio del tamizado, con el fin de clasificarlo y ser usado según la medida requerida.

Esta prueba se realiza cuando el material se encuentra en estado seco, posteriormente se coloca el material en una columna de tamices puestos progresivamente con medidas de diferentes tamaños desde el más pequeño (N° 200) hasta el más grande (2"), guiados o controlados por la norma técnica ASTM-C 136 y AASHTO T 27, T 11. Tabla 4.

**Tabla 4.** Requerimiento granulométrico para sub-base granular

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

Fuente: 303-1 de la EG- 2000 MTC

De los cuales al realizar la curva de gradación (B) se utilizará en zonas menores o iguales a los 3000 m.s.n.m, del mismo modo debe cumplir con los siguientes requisitos de calidad.

#### **Contenido de humedad.**

Según la NTP 339.127: 1998 y ASTM D- 2216, este ensayo se realiza para determinar la cantidad de agua y cantidad de aire acumulados, con la finalidad de controlar la inestabilidad mecánica, los cambios de volúmenes y cohesión. La medida del contenido de humedad natural permite realizar una comparación de los resultados obtenidos de la humedad optimada del ensayo del proctor modificado para obtener el CBR del material. Si la humedad natural resulta menor o igual a la humedad óptima el proyectista podrá proponer una compactación normal, pero si la humedad natural resulta mayor a la humedad óptima el proyectista propondrá una compactación con una energía aumentada, e incluso se podrá cambiar el material.

Esta prueba se realiza en el laboratorio de mecánica de suelos por medio del secado a horno, donde la humedad de un suelo es la relación expresada en porcentaje entre el peso del agua existente en una determinada masa de suelo y el peso de las partículas sólidas.

$$w = (W_w / W_s) * 100 (\%)$$

Dónde:

w = contenido de humedad expresado en %.

Ww = peso del agua existente en la masa de suelo.

Ws = peso de las partículas sólidas.

#### **Límite de Atterberg.**

Según la NTP 339.129: 1999 y ASTM D 4318- 98, el Limite de Atterberg determina el grado de sensibilidad que presenta el suelo con respecto al contenido de humedad, definiendo los limites correspondientes a los tres estados

de consistencia que presenta un suelo, como son el Limite liquido (LL), el Limite plástico (LP) y Limite de contracción (LC).

Límite Líquido (LL), cuando el suelo pasa del estado semilíquido a un estado plástico y puede moldearse.

Límite Plástico (LP), cuando el suelo pasa de un estado plástico a un estado semisólido y se rompe.

Límite de Contracción (LC), cuando el suelo pasa de un estado semisólido a un estado sólido y deja de contraerse al perder humedad.

El Índice de plasticidad (IP), es la diferencia entre LL y LP. ( $IP = LL - LP$ )

El índice de plasticidad indica la magnitud del intervalo de humedades en el cual el suelo posee consistencia plástica y permite clasificar un suelo. Un valor de IP alto corresponde a un suelo muy arcilloso y un valor IP bajo es característico de un suelo poco arcilloso, tabla 5.

**Tabla 5.** Clasificación de suelos según índice de plasticidad.

Índice de Plasticidad	Plasticidad	Característica
$IP > 20$	Alta	Suelos muy arcillosos
$IP \leq 20$ $IP > 7$	Media	Suelos arcillosos
$IP < 7$	Baja	Suelos poco arcillosos
$IP = 0$	No Plástico (NP)	Suelos exentos de arcilla

Fuente: Manual de Carreteras MTC E 111- 2000.

### Características Mecánicas:

#### Proctor Modificado.

Según la NTP 339.141: 1999 y ASTM D 1557- 2002, el ensayo de Proctor modificado es un ensayo de compactación que sirve para determinar la densidad seca de un material con relación a su humedad optima (curva de compactación), compactados en un molde de 4 o 6 pulgadas de diámetro con un pistón de (44,5N) o (10 lb) que cae de una altura de 457 mm (18 pulg), produciendo una energía de (2700 KN- m/m<sup>3</sup>) o (56000 pie- lbf / pie<sup>3</sup>).

La norma nos proporciona tres métodos alternativos para su uso los cuales indican las condiciones de uso, según sus características:

#### **Método A.**

Este método se utiliza siempre en cuando el 20% del material en peso es retenido por el tamiz 4.75 mm (N° 4), ensayado con un molde de diámetro de 4 pulgadas a 16 kilos de material, colocando los materiales en cinco capas con 25 golpes por capa.

#### **Método B.**

Se utiliza cuando el 20% del material en peso es retenido por el tamiz 4.75 mm (N° 4) y el otro 20% del material en peso es retenido por el tamiz 9.5 mm (3/8 pulg) y se ensaya con un molde de 4 pulgadas de diámetro a 16 kilos y 32 kilos de material colocados en cinco capas con 25 golpes por capa.

#### **Método C.**

Se utiliza cuando más del 20% del material en peso es retenido por el tamiz 9.5 mm (3/8 pulg) y menos del 30% del material en peso es retenido por el tamiz 19.0 mm (3/4 pulg), para su ensayo se utiliza un molde de 6 pulgadas de diámetro, para esta prueba se necesita un aproximado de 29 a 45 kilos de material que son colocados en cinco capas con 56 golpes por capa.

En esta prueba puede existir variaciones debido a utilizar la misma fuerza de compactación en diferentes tamaños de molde, lo cuales serán corregidos según sea el caso.

Si el material de ensayo contiene más del 5% en peso en un tamaño (fracción gruesa) y no se utiliza para la prueba dicho agregado, se deberá hacer correcciones al peso unitario del material y al contenido de agua, usando el método de ensayo de NTP 339.251- 2003 y ASTM D 4718.

$$\text{OCHC} = (W_f * P_f + W_c * P_c)$$

$$\text{MDSC} = (100 D_f * G_m * D_w) / ((D_f * P_g) + (G_m * D_w * P_f))$$

Donde:

OCHC = Óptimo contenido de humedad corregido.

MDSC = Máxima densidad seca corregida.

Wf = Óptimo contenido de humedad de la fracción.

Pf = Porcentaje de fracción fina.

Wc = Contenido de humedad de la fracción de sobre tamaño.

Pc = Porcentaje de sobre tamaño.

Gm = Gravedad específica de la grava.

Dw = Gravedad específica del agua.

Df = Máxima densidad seca de la fracción.

### **California Bearing Ratio (CBR).**

Según la NTP 339.145.1999 y ASTM D 1883- 1999, Este método se utiliza para determinar la capacidad potencial de soporte de los materiales para sub-rasante, sub-bases y bases de un pavimento flexible, incluye materiales reciclados que se puedan utilizar en la estructura vial mencionada.

Este ensayo conforma un conjunto de métodos que ayudan a determinar el contenido de humedad óptimo de compactación especificado, basándose en conocimientos geotécnico de ingeniería los cuales serán aplicados a los materiales preparados en laboratorio en condiciones controladas de humedad y densidad, también se puede ensayar a los materiales seleccionados en campo.

Para su ensayo se toma una muestra de 500 gramos para cada molde según sea el caso de su contenido de agregados gruesos o finos, luego se realiza el tamizaje para separar la muestra por porciones según sea el caso.

El material que pasa por la malla de 19 mm (3/4 pulg) toda la muestra debe ser utilizado para preparar la muestra de compactación, si hubiera material retenido en el tamiz de 3/4 de pulgada, este deberá ser removido y remplazado por la misma cantidad del material removido del tamiz de 3/4 de pulgada, donde el procedimiento para obtener el valor de soporte es igual al procedimiento para obtener el peso unitario y contenido de agua que se espera encontrar, la

situación más crítica se origina cuando el material está saturado; se deberá sumergir en agua el material durante cuatro días confinados en el molde con sobrecarga similar al del pavimento que soportara.

Para material granular la prueba se realiza dando 56, 25, 10 golpes por capas con contenido de agua al valor óptimo, para suelos cohesivos se recomienda buscar intervalos de agua con el fin de determinar las curvas que muestre el peso específico, humedad y capacidad de soporte.

### **Abrasión Los Ángeles.**

Según la NTP 400.019.2002 y ASTM C 131-1996 este método se utiliza para determinar el desgaste o abrasión, impacto y trituración de los agregados gruesos, es una propiedad que depende principalmente de las características de la roca madre. Este factor cobra importancia cuando las partículas van a ser sometidas a un roce continuo que consiste básicamente en colocar una cantidad especificada de agregado dentro de un tambor cilíndrico de acero que está montado horizontalmente. Se añade una carga de esferas de acero y se le aplica un número determinado de revoluciones. El choque entre el agregado y las bolas da por resultado la abrasión y los efectos se miden por la diferencia entre la masa inicial de la muestra seca y la masa del material desgastado expresándolo como porcentaje inicial.

$$\% \text{ Desgaste} = 100(P1 - P2) / P1$$

Dónde:

P1 = Peso muestra seca antes del ensayo.

P2 = Peso muestra seca después del ensayo

Preparación de la muestra: La muestra consistirá en agregado limpio por lavado y secado en horno a una temperatura constante comprendida entre 105 y 110°C (221 a 230°F), separada por fracciones de cada tamaño y recombinadas con una de las granulometrías indicadas en la siguiente tabla 6.

**Tabla 6.** Granulometría de la muestra de agregado para ensayo

Pasa Tamiz		Retenido en Tamiz		Pesos y granulometría de la muestra para ensayo (g)			
mm	(alt.)	mm	(alt.)	A	B	C	D
37.5	(1 ½")	25.0	(1")	1250 ± 25			
25.0	(1")	19.0	(¾")	1250 ± 25			
19.0	(¾")	12.5	(½")	1250 ± 10	2500 ± 10		
12.5	(½")	9.5	(⅜")	1250 ± 10	2500 ± 10		
9.5	(⅜")	6.3	(1 ¼")			2500 ± 10	
6.3	(1 ¼")	4.75	(Nº4)			2500 ± 10	
4.75	(Nº4)	2.36	(Nº8)				5000 ± 10
TOTALES				5000 ± 10	2500 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10

Fuente: MTC E 207 – 2000

La carga abrasiva consistirá en esferas de acero o de fundición, de un diámetro entre 46.38 mm (1 13/16") y 47.63 mm (1 7/8") y un peso comprendido entre 390 g y 445 g. La carga abrasiva dependerá de la granulometría de ensayo, A, B, C o D, de acuerdo con la siguiente tabla 7:

**Tabla 7.** Carga Abrasiva según Granulometría.

Granulometría de ensayo	Número de esferas	Peso Total g
A	12	5000 ± 25
B	11	4584 ± 25
C	8	3330 ± 20
D	6	2500 ± 15

Fuente: MTC E 207 - 2000

### III. RESULTADOS

#### Resultados obtenidos

Los resultados obtenidos son producto de las pruebas de ensayos realizados al material reciclado de escombros de demolición de la Av. Magistrados y Av. Médicos, obra para la instalación de gas natural, ensayados en el laboratorio de materiales de ingeniería y control de calidad LEM- ENGIL SRL, seguido por la comparación de requisitos de calidad para sub-base del pavimento flexible propuesta por la EG-Sección - 402 del MTC.

#### Resultados del ensayo de características física.

##### Ensayo de contenido de humedad.

Este ensayo de contenido de humedad, se realizó guiado por la NTP 339. 127: 1998 y ASTM D 2216, lo cual dio como resultado que el material reciclado de escombros no presenta contenido de humedad, al igual que el material reciclado más la combinación con material natural procedente de canteras, debido que es un material inerte saturado por el cemento que se utilizó para su diseño de mezcla como se muestra en la tabla 8.

**Tabla 8.** Resultado del Contenido de humedad.

PRUEBA	Nº	<b>1</b>
TARA	Nº	-
PESO DE SUELO HUMEDO MAS TARA (g)		<b>5008</b>
PESO DE SUELO SECO MAS TARA (g)		<b>5000</b>
PESO DE TARA (g)		<b>0</b>
PESO DE AGUA (g)		<b>8</b>
PESO DE SUELO SECO (g)		<b>5000</b>
HUMEDAD (%)		<b>0</b>

*Fuente: Elaboración Propia.*

##### Ensayo Límite de Atterberg.

El ensayo se realizó Según la NTP 339.129: 1999 y ASTM D 4318- 98, para determinar el grado de sensibilidad que presenta el suelo con respecto al contenido de humedad, definiendo los límites correspondientes a los tres estados



de consistencia que presenta un suelo, como son el Limite liquido (LL), el Limite plástico (LP) y Limite de contracción (LC).

### Limite líquido (LL).

El material reciclado de escombros de demolición ensayado no presenta límite líquido por ser un material inerte y no tener un contenido de humedad tal cual se muestra en la tabla 9.

**Tabla 9.** Resultado del Límite Líquido.

N.º TARRO			
TARRO + SUELO HUMEDO (g)			
TARRO + SUELO SECO (g)		<b>NP</b>	
AGUA (g)			
PESO DEL TARRO (g)			
PESO DEL SUELO SECO (g)			
HUMEDAD (%)			
N.º DE GOLPES			

*Fuente: Elaboración Propia*

### Limite plástico (LP).

El material ensayado no presenta límite plástico por no tener un contenido de humedad como se muestra en la tabla 10.

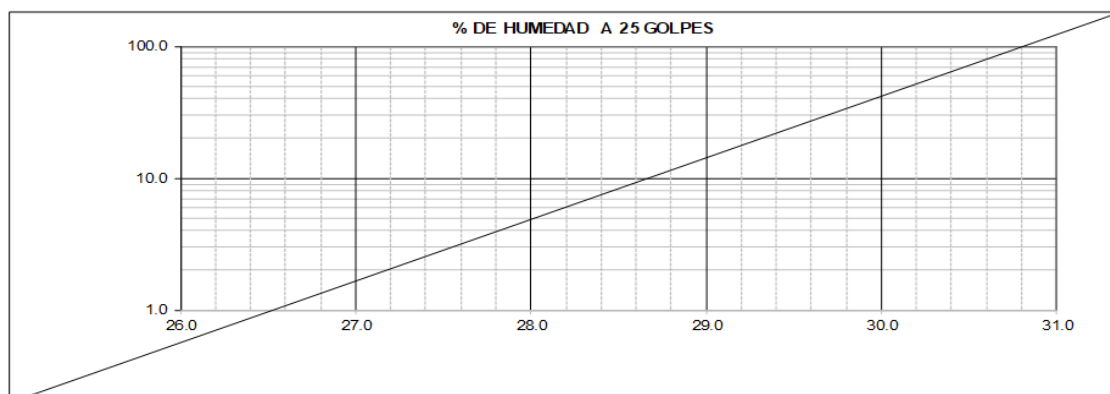
**Tabla 10.** Resultado del Límite Plástico.

N.º TARRO			
TARRO + SUELO HUMEDO (g)			
TARRO + SUELO SECO (g)		<b>NP</b>	
AGUA (g)			
PESO DEL TARRO (g)			
PESO DEL SUELO SECO (g)			
HUMEDAD (%)			
N.º DE GOLPES			

*Fuente: Elaboración Propia.*

### Límite de Contracción (LC).

El material ensayo no presenta límite de contracción por no tener limite liquido ni limite plástico como se muestra en el gráfico 1.

**Gráfico 1.** Resultado del límite de contracción.

Fuente: Elaboración Propia.

### Ensayo de análisis granulométrico.

#### Material reciclado (MR) 100 %.

Este ensayo se realizó según la Norma ASTM D 422-63 del MTC y la NTP 339.128:1999, el método se aplica con la siguiente descripción de la muestra, tal cual se presenta en la tabla 11.

**Tabla 11.** Descripción de la muestra para el análisis granulométrico 100% MR.

DESCRIPCION	CANTIDAD		
Peso total	5,000.0 g.		
Peso material < tamiz # 4	2968.5 g.		
Peso fracción	200 g.		
Limite liquido	N.L. %		
Limite plástico	N.P %		
Índice plástico	N.P %		
Clasf. ASSHTO	A-1-a (0)		
Clasf. SUCS	SM		
Grava	40.6 %		
Arena	46.7 %		
Finos	12.7 %		
Malla # 200	12.7 %		
% Humedad	P.S.H	P.S.S	% Humd
	5,008.0	5,000.0	0

Fuente: Elaboración Propia.

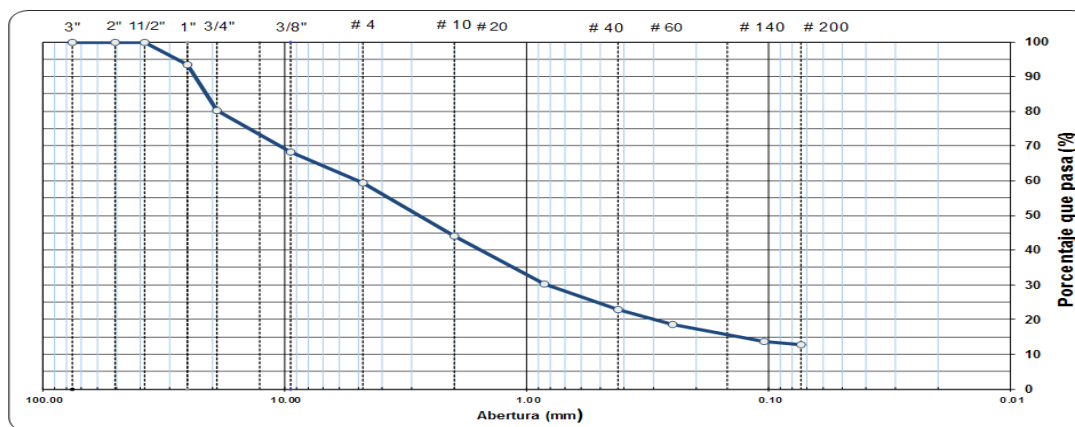
La prueba se realizó con el material en estado seco, posterior mente se colocó el material en una columna de tamices puestos progresivamente con medidas de diferentes tamaños desde el más pequeño (# 200) hasta el más grande (3"), guiados o controlados por la norma técnica ASTM D 422-63, donde se pudo medir el peso del material retenido en cada malla (tamiz), obteniendo los siguientes resultados que se muestran en la tabla 12.

**Tabla 12.** Resultado del análisis granulométrico 100 % MR.

TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET. PARCIAL	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% Q' PASA
3"	76.200					
2 1/2"	63.500					
2"	50.800					
1 1/2"	38.100					100.0
1"	25.400	<b>330.6</b>	330.6	6.6	6.6	93.4
3/4"	19.100	<b>662.2</b>	662.2	13.2	19.9	80.2
1/2"	12.700					
3/8"	9.520	<b>591.1</b>	591.1	11.8	31.7	68.3
1/4"	6.350					
# 4	4.760	<b>448.2</b>	448.2	9.0	40.6	59.4
# 8	2.360					
# 10	2.000	<b>52.2</b>	774.8	15.5	56.1	43.9
# 16	1.190					
# 20	0.850	<b>45.9</b>	681.3	13.6	69.8	30.2
# 40	0.420	<b>24.6</b>	365.1	7.3	77.1	22.9
# 60	0.250	<b>15.1</b>	224.1	4.5	81.5	18.5
# 140	0.105	<b>16.0</b>	237.5	4.7	86.3	13.7
# 200	0.074	<b>3.5</b>	51.9	1.0	87.3	12.7
< # 200	FONDO	<b>42.7</b>	633.8	12.7	100.0	

Fuente: Elaboración Propia.

Se puede observar que el material reciclado presenta el porcentaje adecuado de material que se pueda usar como sub-base, tal cual se estipula en la NTP. 339.128:1999, donde el tamiz # 4, contiene más del 40% de material retenido, eso significa que tiene una granulometría óptima para ser usado como material granular en la sub-base, lo cual se evidencia en la tabulación de la curva granulométrica, como se muestra en el gráfico 2.

**Gráfico 2.** Curva Granulométrica 100% MR.

Fuente: elaboración propia.

### 80% Material reciclado (MR) y 20% material natural (MN).

El procedimiento para ensayar esta muestra, es el mismo sistema que se utilizó para ensayar el material reciclado al 100%, con una diferencia en cuanto a su descripción de la muestra tal cual se observa en la tabla 13.

**Tabla 13.** Descripción de muestra (análisis granulométrico) 80% MR + 20%MN.

DESCRIPCION	CANTIDAD		
Peso total	5,235.0 g.		
Peso material < tamiz # 4	2446.8 g.		
Peso fracción	221.7 g.		
Limite liquido	N.L. %		
Limite plástico	N.P %		
Índice plástico	N.P %		
Clasf. ASSHTO	A-1-a (0)		
Clasf. SUCS	GP-GM		
Grava	53.3 %		
Arena	36.0 %		
Finos	10.7 %		
Malla # 200	10.7 %		
% Humedad	P.S.H	P.S.S	% Humd
	5,242.0	5,235.0	0

Fuente: Elaboración Propia.

La diferencia de esta muestra con respecto a la muestra del 100% material reciclado se da por el sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS), donde se observa una diferencia mínima como se muestra en la tabla 14.

**Tabla 14.** Cuadro comparativo de SUCS.

Muestra	S. Grupo	Características	Descripción
100% MR	SM	Gravas (< 50% en tamiz # 4 ASTM)	17. Grava 40.6% 18. Finos 46.7% 19. Malla #200 12.7%
80% MR + 20% MN	GP - GM	Gravas (> 50% en tamiz # 4 ASTM)	20. Grava 53.3% 21. Finos 36.0% Malla #200 10.7%

Fuente: Elaboración Propia.

Se detalla en el resultado del análisis granulométrico del 80% Material Reciclado (MR) + 20% Material Natural (MN), en la tabla 15.

**Tabla 15.** Resultado del análisis granulométrico (80% MR +20% MN).

TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET. PARCIAL	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% Q' PASA
3"	76.200					
2 1/2"	63.500					
2"	50.800					
1 1/2"	38.100					100.0
1"	25.400	<b>410.0</b>	410.0	7.8	7.8	92.2
3/4"	19.100	<b>851.0</b>	851.0	16.3	24.1	75.9
1/2"	12.700					
3/8"	9.520	<b>829.0</b>	892.0	17.0	41.1	58.9
1/4"	6.350			-		
# 4	4.760	<b>635.0</b>	635.0	12.1	53.3	46.7
# 8	2.360					
# 10	2.000	<b>60.0</b>	662.2	12.6	65.9	34.1
# 16	1.190					
# 20	0.850	<b>52.0</b>	573.9	11.0	76.9	23.1
# 40	0.420	<b>25.0</b>	275.9	5.3	82.1	17.9
# 60	0.250	<b>16.0</b>	176.6	3.4	85.5	14.5
# 140	0.105	<b>14.0</b>	154.5	3.0	88.5	11.5
# 200	0.074	<b>4.0</b>	44.1	0.8	89.3	10.7
< # 200	FONDO					
		<b>50.7</b>	559.6	10.7	100.00	

Fuente: Elaboración Propia.

## Resultados del ensayo de características mecánicas.

### Ensayo de Proctor Modificado.

Se realizó según las normas ASTM D 1557- 2002 y NTP 339.141:1999, donde se determinó la densidad seca del material con relación a su humedad óptima (curva de compactación) por el método C, compactados en un molde de 4 o 6 pulgadas de diámetro con un pistón de (44,5N) o (10 lb) que cae de una altura de 457 mm (18 pulga), produciendo una energía de (56000 pie- lbf / pie<sup>3</sup>), obteniendo los siguientes resultados para cada muestra:

### Para el 100% Material Reciclado (MR).

La muestra dio como resultado, Densidad Máxima seca: 1.814 g/cm<sup>3</sup>. y Humedad Óptima: 10.3%, como se detalla en tabla 16.

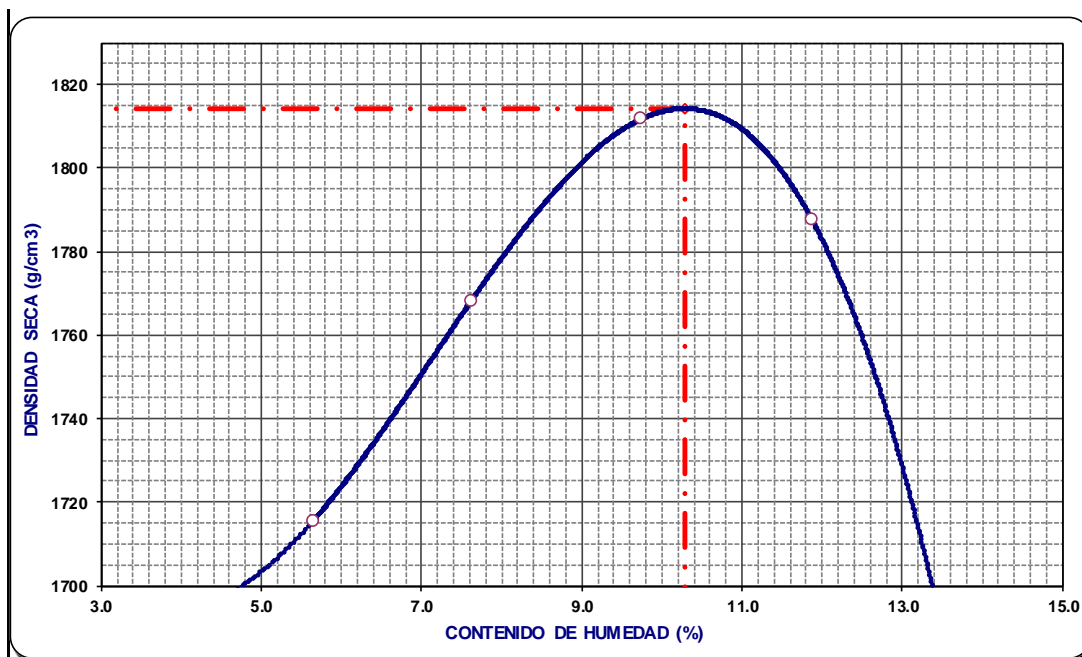
**Tabla 16.** Resultado del Proctor Modificado 100% MR.

<b>METODO: " C "</b>					
VOLUMEN DEL MOLDE (cm <sup>3</sup> )	<b>2130</b>		PESO DEL MOLDE (g.) :	<b>6485</b>	
NUMERO DE ENSAYOS	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	
PESO SUELO + MOLDE	<b>10345</b>	<b>10538</b>	<b>10720</b>	<b>10745</b>	
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO	3860	4053	4235	4260	
PESO VOLUMETRICO HUMEDO	1812	1903	1988	2000	
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>					
RECIPIENTE Nro.	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	
PESO SUELO HUMEDO + TARA	<b>729.0</b>	<b>736.4</b>	<b>890.0</b>	<b>789.8</b>	
PESO SUELOS SECO + TARA	<b>698.8</b>	<b>695.8</b>	<b>825.6</b>	<b>723.6</b>	
PESO DE LA TARA	<b>163.5</b>	<b>162.8</b>	<b>164.7</b>	<b>165.8</b>	
PESO DE AGUA	30.2	40.6	64.4	66.2	
PESO DE SUELO SECO	535.3	533.0	660.9	557.8	
CONTENIDO DE AGUA	<b>5.6</b>	<b>7.6</b>	<b>9.7</b>	<b>11.9</b>	
PESO VOLUMETRICO SECO	<b>1715</b>	<b>1768</b>	<b>1812</b>	<b>1788</b>	
<b>DENSIDAD MAXIMA SECA:</b>	<b>1.814</b>	<b>g/cm<sup>3</sup></b>	<b>HUMEDAD OPTIMA:</b>	<b>10.3</b>	<b>%</b>

Fuente: Elaboración Propia.

Seguido por una curva Como se muestra en el gráfico 3.

**Gráfico 3.** Curva del Proctor Modificado 100% MR.



Fuente: Elaboración Propia.

Se realizó la corrección del peso unitario y contenido de humedad guiados por la norma ASTM D- 4718, con el fin de precisar los resultados, los cuales arrojaron los siguientes valores: OCHC = 8.55 % y MDSC = 1.935 g/cm<sup>3</sup>.

**Para el 80% Material Reciclado (MR) y 20% Material Natural (MN).**

Para obtener el resultado se mejoró la muestra con 10% de piedra 57 (1/2") y 10% de confitillo, lo cual produjo reducir la humedad óptima con una mejora de la densidad seca de 20%, con respecto al 100% de Material Reciclado, obteniendo como resultados: Densidad Máxima seca: 2.217 g/cm<sup>3</sup> y Humedad Óptima: 6.2%.

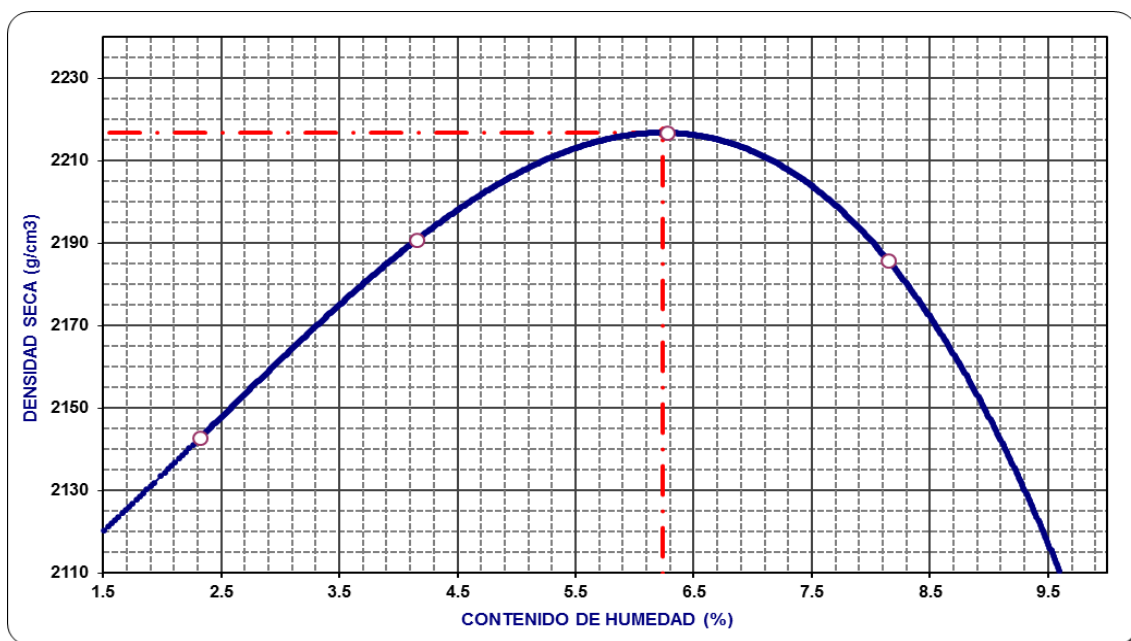
Para esta muestra ya no es necesario realizar la corrección del peso unitario para obtener el óptimo contenido de humedad corregido (OCHC) ni la máxima densidad seca corregida (MDSC), porque los resultados obtenidos son muy buenos lo cual se visualiza en tabla 17.

**Tabla 17.** Resultado del Proctor Modificado 80% MR + 20% MN.

<b>METODO: " C "</b>					
VOLUMEN DEL MOLDE (cm3)	2130		PESO DEL MOLDE (g) :		6485
NUMERO DE ENSAYOS	1	2	3	4	
PESO SUELO + MOLDE	11155	11345	11503	11520	
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO	4670	4860	5018	5035	
PESO VOLUMETRICO HUMEDO	2192	2282	2358	2364	
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>					
RECIPIENTE Nro.	5	6	7	8	
PESO SUELO HUMEDO + TARA	750.0	782.5	793.0	825.5	
PESO SUELOS SECO + TARA	736.7	757.8	755.9	775.8	
PESO DE LA TARA	163.5	162.8	164.7	165.8	
PESO DE AGUA	13.3	24.7	37.1	49.7	
PESO DE SUELO SECO	573.2	595.0	591.2	610.0	
CONTENIDO DE AGUA	2.3	4.2	6.3	8.1	
PESO VOLUMETRICO SECO	2143	2191	2217	2186	
<b>DENSIDAD MAXIMA SECA:</b>	<b>2.217</b>	<b>g/cm3</b>	<b>HUMEDAD OPTIMA:</b>	<b>6.2</b>	<b>%</b>

Fuente: elaboración propia.

Además, la curva obtenida es mucho más uniforme tal cual se muestra en el gráfico 4.

**Gráfico 4.** Curva del Proctor Modificado 80% MR + 20% MN.



*Fuente: Elaboración Propia.*

### **Ensayo de Abrasión de los Ángeles.**

El ensayo se realizó según las normas ASTM C 131-1996 y NTP 400.019.2002, donde se determinó la resistencia a la degradación por abrasión e impacto en la máquina de los Ángeles del agregado grueso proveniente del material reciclado de escombros de demolición, tomando como carga el tipo (A) que consistió en la colocación del material de muestra conjuntamente con 12 esferas de aceros a la revolución de 500 vueltas dando como resultado un desgaste de un 32 %, lo cual es bueno para su uso en sub-bases de pavimentos flexibles y rígidos de vías y terraplenes, como se muestra en la tabla 18.

**Tabla 18.** Resultado de la gradación de tipo A.

Tamaño de tamiz en mm (pulg.)		Peso Inicial (g.)	Peso Final (g.)	Masa Perdida Luego de 500 Revoluciones	Desgaste por abrasión %
Pasa	Retenido				
37.5 (1 ½)	25.0 (1)	1252.5			
25.0 (1)	19.0 (¾)	1243.9			
19.0 (¾)	12.5 (½)	1254.5			
12.5 (½)	9.5 (⅜)	1254.4			
9.5 (⅜)	6.3 (¼)				
6.3 (¼)	4.75 (N°4)				
4.75 (N°4)	2.36 (N°8)				
Total		5005.3	3410.5	1595	32

*Fuente: Elaboración Propia.*

### **Ensayo para obtener el CBR.**

Para la obtención de CBR del material reciclado de escombros se realizó un ensayo al material reciclado sin combinar y otro combinado con material de cantera.

La muestra para los ensayos es obtenido de la obra de demolición para la instalación de gas natural, el cual fue triturado y tamizado con el fin de tener una muestra idónea, se realizó el ensayo a tres especímenes los cuales fueron saturados durante cuatro días, luego de voltear y sacar el espécimen se dejó reposar por un periodo de 15 minutos para posteriormente ser sometido a una fuerza de penetración ensayado según las normas ASTM D 1883-1999 y la NTP 339.145.1999.

### 100% Material Reciclado (MR).

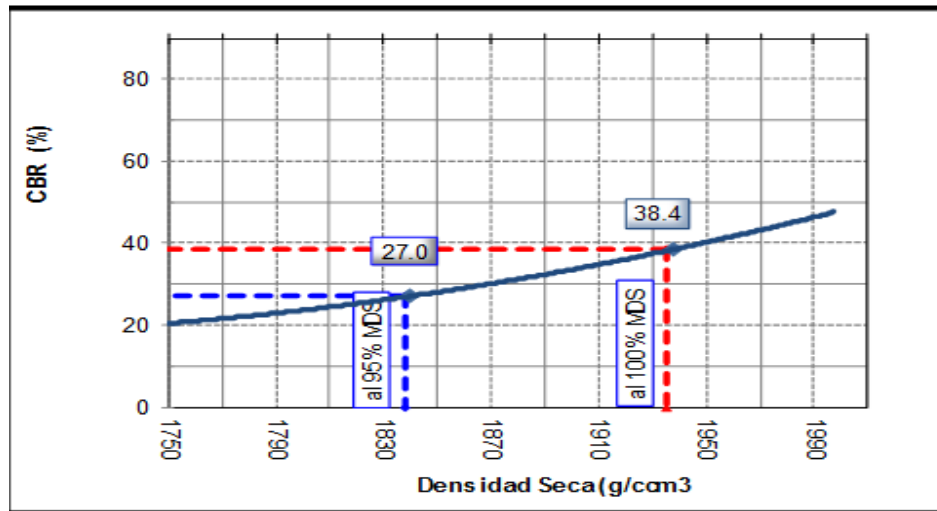
El material no es expansivo, debido al grado de deshidratación que presenta, por no tener plasticidad ni límite líquido tal cual se muestra en la Tabla 19.

**Tabla 19.** Resultado de expansión del material reciclado.

Molde N.º	1		2		3	
N.º Capa	5		5		5	
Golpes por capa N.º	56		25		10	
Cond. de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso molde + Suelo húmedo	11628	11639	12145	12174	11134	11193
Peso de molde (g)	7116	7116	7890	7890	7072	7072
Peso del suelo húmedo (g)	4512	4523	4255	4284	4062	4121
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2145	2145	2131	2131	2149	2149
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	2103	2109	1997	2010	1890	1918
% de humedad	8.5	8.9	8.5	9.3	8.6	9.9
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1938	1937	1840	1838	1741	1745
Densidad Máxima Laboratorio (g/cm <sup>3</sup> )	1935	1935	1935	1935	1935	1935
	100.1	100.1	95.1	95.0	90.0	90.2
Tarro N.º	1	2	3	4	5	6
Tarro + Suelo húmedo (g)	855.0	675.7	638.1	586.8	673.7	685.7
Tarro + Suelo seco (g)	787.7	620.6	587.9	536.7	620.5	623.7
Peso del Agua (g)	67.3	55.1	50.2	50.1	53.2	62.0
Peso del tarro (g)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Peso del suelo seco (g)	787.7	620.6	587.9	536.7	620.5	623.7
% de humedad	8.5	8.9	8.5	9.3	8.6	9.9
Promedio de Humedad (%)						

Fuente: Elaboración Propia.

El material tiene un CBR al 95% de 27% y al 100% llega al 38.4% debido a la densidad seca de 1.935 g/cm<sup>3</sup> y la óptima humedad de 8.6%, por la falta de agregados de 1/2 pulgada y confitillo, los cuales aumentarían la capacidad de soporte según se muestra en el gráfico 5.

**Gráfico 5.** Resultado de penetración del CBR 100% MR.

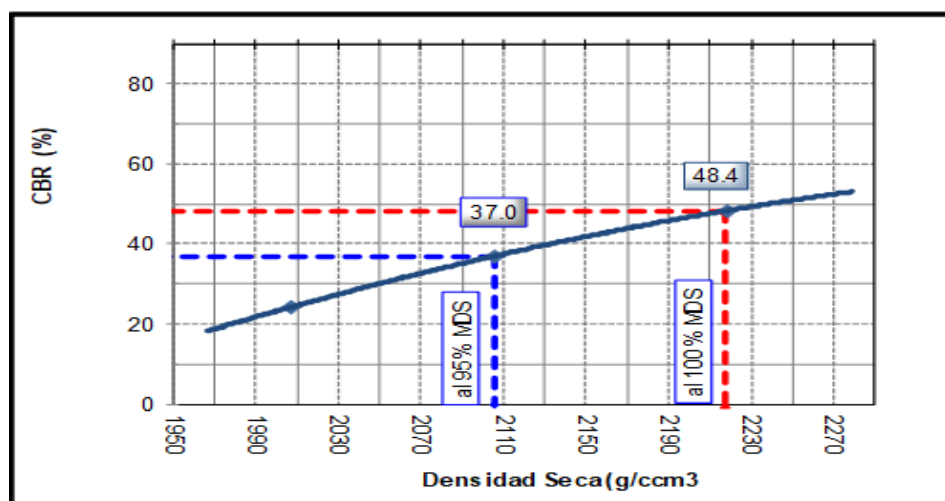
Fuente: Elaboración Propia.

### 80% Material Reciclado (MR) y 20% Material Natural (MN).

El material no es expansivo por tener una cantidad de material reciclado superior al material de canteras, presentando un grado de deshidratación, por presencia de cemento.

La densidad seca es 2.217 g/cm<sup>3</sup> y óptima humedad de 6.2%, donde el CBR obtenido de la combinación de la muestra con material de cantera es, al 95% tiene un 37% y al 100% tiene un 48.4 de soporte a la penetración.

Lo que es óptimo para el uso como material para sub-bases granular como se muestra en el gráfico 6.

**Gráfico 6.** Resultado de penetración del CBR 80% MR +20% MN.

Fuente: Elaboración Propia.

### Comparación de resultados con el manual de carreteras- sección 402.

Las características físicas y mecánicas del material ensayado, deberán estar por encima de los estándares requeridos o normas vigentes para pavimentos flexibles, los mismos que determinarán su viabilidad técnica para ser usado como sub-base de pavimentos.

Se detalla la comparación de la siguiente manera:

#### Para el análisis granulométrico.

La norma especifica el porcentaje que pasa en peso del material y el tipo de gradación que se debe utilizar, tal cual se muestra en la tabla 20.

**Tabla 20.** Requerimientos granulométricos para sub-base granular

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

*Fuente: Sección 402-01 de la EG- 2000 MTC.*

De la tabla de requerimientos granulométricos, se tomó la Gradación B por encontrarnos en una zona menor a los 3000 m.s.n.m. los que se compara los resultados obtenidos por las diferentes muestras del presente trabajo, como se muestra en la tabla 21.

**Tabla 21.** Comparación de sección 402- 01 (MTC) con la nuestra.

Tamiz	Porcentaje que pasa en peso		
	Gradación B	100% MR	80% MR + 20% MN
50 mm (2")	100	100	100
25 mm (1")	75-95	93	92.2
9.5 mm (3/8")	40-75	68.3	58.9
4.75 mm (N° 4)	30-60	59.4	46.7
2.0 mm (N° 10)	20-45	43.9	34.1
4.25 µm (N° 40)	15-30	22.9	17.9
75 µm (N° 200)	5-15	12.7	10.7

Fuente: Elaboración Propia.

Se observa que los resultados obtenidos de la comparación son favorables por qué estar dentro de los rangos permitidos por el requerimiento granulométrico mínimo que solicita La norma técnica y el manual de carreteras.

### Para ensayos especiales.

Para que un material sea utilizado como sub-base de pavimentos debe estar por encima de los valores establecidos por el manual de carreteras sección 402-02, los cuales se detallan en la tabla 22.

**Tabla 22.** Requerimiento de ensayos especiales para sub-base granular

Ensayos	Norma			Requerimientos	
	MTC	ASTM	AASHTO	< 3000 m.s.n.m	≥ 3000 m.s.n.m
Abrasión	MTC –E 207	C - 131	T 96	50% máx.	50% máx.
CBR (1)	MTC –E 132	D - 1883	T 193	40% mín.	40% mín.
Limite líquido	MTC –E 110	D - 4318	T 89	25% máx.	25% máx.
Índice de plasticidad	MTC –E 111	D - 4318	T 89	6% máx.	4% máx.
Equivalencia de arena	MTC –E 114	D - 2419	T 176	25% mín.	35% mín.
Sales solubles	MTC –E 219		-----	1% máx.	1% máx.
Partículas chatas y alargadas	MTC –E 211	D - 4791	-----	20% máx.	20% máx.

Fuente: Sección 402-2 de la EG- 2000 MTC.

De la tabla de requerimientos para ensayos especiales de toma los valores que se encuentran menores o iguales a los 3000 m.s.n.m, de ese modo se realizan la comparación tal cual se observa en la tabla 23.

**Tabla 23.** Cuadro comparativo de los ensayos especiales con la Norma.

Ensayos	Norma		Requerimiento ≥ 3000 m.s.n.m	Muestras	
	MTC	ASTM		100% MR	80% MR+ 20% MN
Abrasión	MTC –E 207	C - 131	50% máx.	32%	30%
CBR (1)	MTC –E 132	D - 1883	40% mín.	38.4%	48.4%
Limite liquido	MTC –E 110	D - 4318	25% máx.	NP	NP
Índice de plasticidad	MTC –E 111	D - 4318	4% máx.	NP	NP
Equivalencia de arena	MTC –E 114	D - 2419	35% mín.	46.7%	36.0%
Sales solubles	MTC –E 219		1% máx.	NP	NP
Partículas chatas y alargadas	MTC –E 211	D - 4791	20% máx.	2%	7%

*Fuente: Sección 402-2 de la EG- 2000 MTC.*

Los resultados de la comparación del manual técnico de carreteras sección 402-2 de la EG – 2000 MTC, con respecto a las muestras, cumplen con los estándares de calidad lo cual es viable técnicamente su uso del material reciclado escombros en sub-base de pavimentos flexibles.

#### IV. DISCUSIÓN.

La presente investigación tuvo como objetivo principal obtener resultados óptimos al analizar el comportamiento (propiedades físicas y mecánicas) de los materiales reciclados de escombros para sub-base en pavimentos flexibles, en Av. Nazca del distrito de San Juan de Lurigancho – Lima y como objetivos específicos, caracterizar los materiales reciclados de escombros según sus propiedades físicas y mecánicas para ser usados como sub- base de pavimentos flexibles, determinar el porcentaje de materiales reciclados que se emplearán para obtener una mayor resistencia de la capacidad de soporte (CBR) de la sub-base y comparar los resultados obtenidos con los requisitos de calidad para sub-base granular, según el manual de carreteras (402-2 de la EG- 2000 MTC).

A continuación, se discute los resultados de los distintos autores mencionados en los antecedentes con el fin de apoyar el logro de los objetivos planteados, lo cual se detalla a continuación:

Los resultados de los ensayos realizados por García, María Del Lirio (2015) presentan una similitud con los resultados obtenidos del ensayo del material reciclado de la obra de calidda, se observa el resultado del material ensayado por María del Lirio, el material no presenta limite liquido (LL) ni limite plástico (LP), no tiene índice de plasticidad (IP) y la granulometría es apropiado para ser usado en sub-base de pavimentos al igual que los resultados obtenidos por Muñoz, Rafael (2013) quien nos ayuda a comparar resultados de la densidad seca y absorción tal como se detalla en la tabla 24.

**Tabla 24.** Densidad y Absorción del Árido Reciclado.

<b>Tipo de densidad</b>	<b>ARH</b>		<b>ARA</b>	
Densidad Aparente (Pa)	2.60 Mg/ m3		2.45 Mg/ m3	
Densidad Seca (Prd)	2.06 Mg/ m3		2.27 Mg/ m3	
Densidad S.S.D. (Pssd)	2.26 Mg/ m3		2.35 Mg/ m3	
<b>ENSAYOS</b>	<b>ARH</b>		<b>ARA</b>	
	<b>Gruesos</b>	<b>Fino</b>	<b>Grueso</b>	<b>Fino</b>
Absorción (WA 24)	6.36%	10.05%	1.83%	3.22%

Fuente: Muñoz, Rafael N. (2013) pag.38.

Se observa que la densidad seca es 2.06%, absorción del agregado grueso 6.32% y fino de 10.05%, lo que significa que el contenido de humedad para la compactación es de 8% a 9%, mientras el resultado obtenido de la muestra ensayada en el presente trabajo de investigación es: densidad seca de 1.93 % y el contenido de humedad es de 8.55% al igual que Contreras K, Herrera V, que sus resultados obtenidos fueron: densidad seca de 1.97% y contenido de humedad de 7.50% lo cual es similar a los resultados obtenidos por los autores mencionados.

Para comprobar los resultados de la capacidad de soporte, se menciona a Contreras K, Herrera V, quien obtuvo muy buenos resultados al ensayar el material reciclado y la combinación con material natural, los que se detallan en la tabla 25.

**Tabla 25.** CBR en combinación de 75% AR y 25% AN.

ENSAYO CBR 75% AR – 25% AN				
Requerimientos			Indicadores CBR	
Estructura pavimento			75% AR - 25% AN	100% AR
Base	Min.	80%	86.72%	60.67%
Sub-base	Min.	40%		

*Fuente: Contreras K, Herrera V (2015).*

Mientras que el resultado obtenido en el presente trabajo, nos dio un CBR de 38.4 % para el material reciclado sin combinar y 48.4 % para el material combinado con dosificación de 80 % material reciclado más 20% de material natural.

La variación de los resultados obtenidos para el CBR de Contreras K., Herrera V. con la presente investigación se puede inferir que se dio por la diferencia de muestras y una clasificación distinta ya que si se ensaya a una muestra que proviene de la demolición de una losa aligerada el espécimen de ensayo será más sólida y bien clasificado en cuanto a la granulometría, de la misma forma sucede si se ensaya agregados reciclados lo cual es la muestra tomada por Contreras, K, Herrera, V.



## V. CONCLUSIONES.

De los resultados obtenidos del ensayo del material reciclado de escombros se obtienen las siguientes conclusiones:

1).- Al Caracterizar los materiales reciclados de escombros según sus propiedades físicas y mecánicas para ser usados como sub- base de pavimentos flexibles, resulta sostenible su reutilización por ser viable técnicamente, estar dentro de los rangos de calidad de la EG, Sección 402-2 del MTC.

2).- Al determinar el porcentaje de materiales reciclados que se emplearán para obtener una mayor resistencia de la capacidad de soporte (CBR) de la sub-base, La mezcla del 80% materiales reciclados de escombros con 20 % agregados naturales mejoran la capacidad de carga (CBR) desde un 20% hasta un 40%.

3).- Al comparar los resultados obtenidos con los requisitos de calidad para sub-base granular, según el manual de carreteras (402-2 de la EG- 2000 MTC), dio buen resultado ya que el material ensayado cumple con todos los requisitos solicitados por dicha norma.

4).- La reutilización de los materiales reciclados de escombros, contribuyen con la preservación del medio ambiente y el ordenamiento vial.

## **VI. RECOMENDACIONES.**

De los resultados obtenidos del ensayo realizado al material reciclado de escombros se recomienda lo siguiente:

- 1).- El material para reutilizar debe ser de elementos de concreto, como son de: veredas, aceras losa maciza, aligerado, columnas y vigas.
- 2).- El material debe estar libre de contaminantes, seleccionado y bien triturado, con el fin de obtener un material granular óptimo.
- 3).- Crear plantas de tratamientos para materiales reciclados de escombros de la construcción y demolición, con el fin de industrializar dicho material.
- 4).- Seleccionar el material por su origen de procedencia y antigüedad de uso, para no tener muchas partículas deterioradas.

## VII. REFERENCIAS

- AGUILAR, Alfonso reciclado de materiales de construcción. Revista residuos – hábitat, Boletín 02, 1997. 199 pp.
- BAÑÓN, Luis y BEVIÁ, José Francisco. Manual de carreteras. Alicante: Ortiz e Hijos, Contratista de Obras, S.A., 2000. Vol. 2. pp. ISBN 84-607-0267-7
- BARBUDO, María Auxiliadora. Aplicación de los áridos reciclados procedentes de residuos de construcción y demolición en la construcción de infraestructuras viarias. (Tesis para optar el grado de doctor en Ingeniería Civil). Universidad de Córdoba, 2012. 71.pp.
- Begliardo, Hugo F. Valorización de agregados reciclados de hormigón. (Tesis para optar el grado de magister en ingeniería civil) Universidad Tecnológica Nacional de Santa Fe – Argentina, 2011. 37 pp.
- CONTRERAS, k'arlita y HERRERA, Víctor. Mejoramiento del agregado obtenido de escombros de la construcción para bases y sub-bases de estructura de pavimento en nuevo Chimbote - Santa - Áncash. (Tesis para optar el grado de ingeniero civil). Universidad Nacional del Santa. – Perú, 2015. 70 pp.
- GARCÍA, María del Lirio. Estudio de los resultados en obra y a largo plazo de la utilización de materiales reciclados de residuos de construcción y demolición (RCD) en firmes de carreteras y urbanizaciones. (Tesis doctoral). Universidad de Sevilla- España, 2015. 181pp.
- HERNÁNDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTISTA, María del Pilar. Metodología de la Investigación. McGraw-Hill: Interamericana Editores. (Secta ed.), 2014. 634 pp. ISBN: 978-1-4562-2396-0

MEJÍA Érica, GIRALDO Jim y MARTÍNEZ Luisa. Residuos de construcción y demolición revisión sobre su composición, impacto y gestión. Artículo de revisión – Revista CINTEX vol.18, 2013. 130 pp.

MONTEJO, Alfonso. Ingeniería de pavimentos para Carreteras. Colombia: Universidad Católica de Colombia. (Segunda ed.), 2012.

MTC: Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Manual de Carreteras Suelos Geología, Geotecnia y Pavimentos, Lima, 2016. 930 pp.

MUÑOZ, Rafael N (2013) Estudio de mezclas de áridos reciclados de hormigón y asfáltico estabilizados con cemento para su aplicación en base y sub-base de carreteras. (Tesis para optar el grado académico de master en ingeniería civil) Universidad Politécnica de Cataluña – Barcelona, 2013. 73 pp.

PACCHA, Pablo R. Plan integral de gestión ambiental de residuos sólidos en zonas urbanas para reducir la contaminación ambiental. (Tesis para optar el grado académico de magister en ingeniería ambiental) Universidad nacional de ingeniería Lima- Perú, 2011. 455 pp.

PARILLO, Efraín y CAMARGO, Cesar. Reutilización de los residuos sólidos en la producción de pavimentos rígidos de bajo costo en el distrito de Juliaca. (Artículo técnico, volumen 15), 2150. 54 pp.

RODRÍGUEZ, Javier. Estudio del uso de materiales reciclados en firmes de carreteras. (Proyecto de investigación) Universidad de Cantabria- España 2013. 72 pp.

SENCICO: Servicio de Capacitación para la Industria de la Construcción. Norma CE.010 Pavimentos Urbanos. Cap. 1, Lima, 2106. 70 pp.

SOTELO, Javier. Análisis de impactos del desarrollo de proyectos urbanos en el sistema vial y de transporte. (Tesis para optar el grado de maestría titulada). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima. 2010.

# ANEXOS

## **Anexo 01. Matriz de consistencia de la investigación.**

**“ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LOS MATERIALES RECICLADOS DE ESCOMBROS PARA SUB-BASE EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, EN AV. NAZCA DEL DISTRITO DE SAN JUAN DE LURIGANCHO EN EL AÑO 2017”**

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGÍA
<p>PREGUNTA GENERAL</p> <p>¿Cuál es el comportamiento (propiedades físicas y mecánicas) de los materiales reciclados de escombros para ser usado en sub-base de pavimentos flexibles, en Av. Nazca del distrito de San Juan de Lurigancho – Lima?</p> <p>PREGUNTAS ESPECÍFICAS</p> <p>a) ¿Cuáles son las características físicas y mecánicas de los materiales reciclados de escombros para ser usados como sub-base de pavimentos flexibles?</p> <p>b) ¿Cuál es la capacidad de soporte (CBR) del agregado reciclado de demolición y la combinación con agregados naturales?</p> <p>c) ¿Cuál será la diferencia de los resultados obtenidos frente a los requisitos de calidad para sub bases granulares?</p>	<p>OBJETIVO GENERAL:</p> <p>Obtener resultados óptimos al analizar el comportamiento (propiedades físicas y mecánicas) de los materiales reciclados de escombros para ser usado en sub-base de pavimentos flexibles, en Av. Nazca del distrito de San Juan de Lurigancho – Lima.</p> <p>OBJETIVOS ESPECIFICOS</p> <p>a) Caracterizar los materiales reciclados de escombros según sus propiedades físicas y mecánicas para ser usados como sub- base de pavimentos flexibles.</p> <p>b) Determinar el porcentaje de materiales reciclados que se emplearán para obtener una mayor resistencia de la capacidad de soporte (CBR) de la sub-base.</p> <p>c) Comparar los resultados obtenidos con los requisitos de calidad para sub-base granular, según el manual de carreteras (402-2 de la EG-2000 MTC.).</p>	<p>HIPÓTESIS GENERAL:</p> <p>El análisis del comportamiento (propiedades físicas y mecánicas) de los materiales reciclados de escombros son favorables para ser usado en la sub-base de pavimentos flexibles, en Av. Nazca del distrito de San Juan de Lurigancho – Lima</p> <p>HIPÓTESIS ESPECIFICAS:</p> <p>a) Las características físicas y mecánicas de los materiales reciclados de escombros presentan buenos resultados para ser usado como sub- base de pavimentos flexibles.</p> <p>b) Los porcentajes de materiales reciclados que se emplearán serán los adecuados para obtener una mayor resistencia de la capacidad de soporte (CBR) de la sub-base.</p> <p>c) Los resultados obtenidos cumplen con los requisitos de calidad para sub-base granular, según el manual de carreteras (402-2 de la EG- 2000 MTC.).</p>	<p><b>VARIABLE 1:</b></p> <p><b>Material reciclado de escombros</b></p>	<p>Características físicas y mecánicas del agregado reciclado de demolición.</p>	<p>-Granulometría - Porcentaje de humedad. - Limite de Absorción. 22. Plasticidad. d. - Capacidad de carga (CBR) -Proctor modificado. -Abrasión de los ángeles.</p>	<p><b>POBLACION:</b> La población de estudio es el material reciclado de escombros de la zona.</p> <p><b>Muestra</b> Según Hernández, Fernández y Batista (2010) La muestra para el presente estudio es el material reciclado de escombros lo cual será medida según el manual de mecánica de suelos del ministerio de transportes comunicaciones MTC. E 101-2000 y EM-200.</p> <p><b>TIPO:</b> La investigación es Cuantitativa, siendo tipo de investigación descriptiva y explicativa</p> <p><b>NIVEL:</b> El nivel de investigación es Aplicada.</p> <p><b>DISEÑO:</b> Tipo Experimenta</p>
			<p><b>VARIABLE 2:</b></p> <p><b>Sub-base de pavimento flexible</b></p>	<p>Especificaciones técnicas para sub-base – 402-2 de la EG- 2000 MTC.</p>	<p>- Limite Líquido (LL) 25% máx. - Índice de plasticidad (IP) 4% máx. - Abrasión 50% máx. - Capacidad de carga (CBR) 40% min. - Equivalencia de arena 35% min.</p>	

**Anexo 02. Certificado del resultado de los ensayos.**





LABORATORIO ENSAYOS  
DE MATERIALES DE INGENIERIA  
Y CONTROL DE CALIDAD

NORMA APLICADA	Metodo de ensayo de CBR (Relacion de Soporte de California) suelos compactados en laboratorio (NTP 339.145.1999) / ASTM D1883-1999												
SOLICITANTE: EDWIN ROMAN RODAS													
PROYECTO: ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LOS MATERIALES RECICLADOS DE ESCOMBROS PARA SUB-BASE EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, EN LA AV. NAZCA - DISTRITO DE SJL - LIMA													
UBICACIÓN: DISTRITO DE SAN JUAN DE LURIGANCHO - PROVINCIA DE LIMA - DEPARTAMENTO DE LIMA													
MATERIAL: MATERIAL RECICLADO DE ESCOMBROS			N° CERTIFICADO: LAB-1017-0263/08										
PROCEDECENCIA: OBRAS PROVENIENTES AV. MAGISTRADOS / AV. MEDICOS S.J.L. OBRA DE DEMOLICIÓN DE PAVIMENTOS RIGIDO PARA INSTALACIÓN DE GAS - CALIDDA			FECHA MUESTREO: 16/10/2017										
ESTRUCTURA: DISEÑO DE INFRAESTRUCTURA VIAL			FECHA DE ENSAYO: 17/10/2017										
Molde N°	1		2		3								
N° Capa	5		5		5								
Golpes por capa N°	56		25		10								
Cond. de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO							
Peso molde + Suelo húmedo	11628	11639	12145	12174	11134	11193							
Peso de molde (g)	7116	7116	7890	7890	7072	7072							
Peso del suelo húmedo (g)	4512	4523	4255	4284	4062	4121							
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2145	2145	2131	2131	2149	2149							
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	2103	2109	1997	2010	1890	1918							
% de humedad	8.5	8.9	8.5	9.3	8.6	9.9							
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1938	1937	1840	1838	1741	1745							
Densidad Máxima Laboratorio (g/cm <sup>3</sup> )	1935	1935	1935	1935	1935	1935							
	100.1	100.1	95.1	95.0	90.0	90.2							
Tarro N°	1		2		3								
Tarro + Suelo húmedo (g)	855.0	675.7	638.1	586.8	673.7	685.7							
Tarro + Suelo seco (g)	787.7	620.6	587.9	536.7	620.5	623.7							
Peso del Agua (g)	67.3	55.1	50.2	50.1	53.2	62.0							
Peso del tarro (g)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0							
Peso del suelo seco (g)	787.7	620.6	587.9	536.7	620.5	623.7							
% de humedad	8.5	8.9	8.5	9.3	8.6	9.9							
Promedio de Humedad (%)													
<b>EXPANSION</b>													
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION mm	EXPANSION %	DIAL	EXPANSION mm	EXPANSION %					
NO EXPANSIVO													
Total				0.0 %									
<b>PENETRACION</b>													
PENETRACION pulg	CARGA STAND. kg/cm <sup>2</sup>	MOLDE N° 1				MOLDE N° 2				MOLDE N° 3			
		CARGA Dial (div)	CORRECCION kg/cm <sup>2</sup>	CORRECCION kg/cm <sup>2</sup>	%	CARGA Dial (div)	CORRECCION kg/cm <sup>2</sup>	CORRECCION kg/cm <sup>2</sup>	%	CARGA Dial (div)	CORRECCION kg/cm <sup>2</sup>	CORRECCION kg/cm <sup>2</sup>	%
0.000		0	0.0			0	0.0			0	0.0		
0.025		101	5.0			62	3.0			45	2.2		
0.050		202	10.2			148	7.4			106	5.3		
0.075		376	19.1			236	12.0			188	9.5		
0.100	70.31	535	27.3	27.0	38.4	332	16.9	19.0	27.0	229	11.6	14.0	19.9
0.125		602	34.8			458	23.3			307	15.6		
0.150		778	39.8			565	28.8			408	20.8		
0.175		945	48.3			674	34.4			504	25.7		
0.200	105.00	1136	58.1	57.0	54.3	765	39.1	40.0	38.1	598.7	30.6	30.0	28.6
0.300		1624	83.2			1139	58.3			850	43.5		
0.400		2145	109.9			1428	73.1			1080	55.3		
0.500		2370	121.5			1670	85.6			1145	58.6		
N° BALANZA: LEM-BL01-2017/LEM-BL02-2017		PROCEDIMIENTO DE SECADO: HORNO SECADO <input type="checkbox"/> COCINA <input checked="" type="checkbox"/>				PRENSA CBR: PRENSA-001-2017							

LEM-ENGIL S.R.L.

VICTOR H. HERVAS ACOSTA  
INGENIERO CIVIL  
C.I.P. 54809

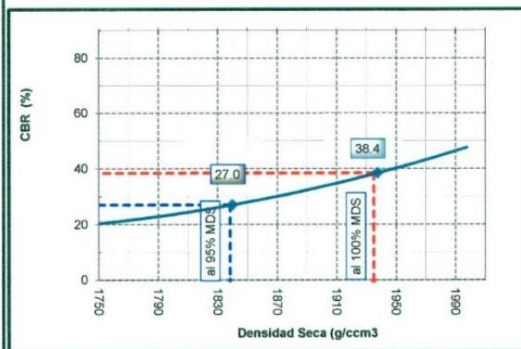
Jr. Los Ingenieros Asoc. Ramón Castilla Mz. F6 Lt. 19 - San Juan de Lurigancho  
Cel. : 966621439 / 979109925  
Email : lem.engil.laboratorio@hotmail.com



**LABORATORIO ENSAYOS  
DE MATERIALES DE INGENIERIA  
Y CONTROL DE CALIDAD**

<b>NORMA APLICADA</b>	<b>Metodo de ensayo de CBR (Relacion de Soporte de California) suelos compactados en laboratorio (NTP 339.145.1999) / ASTM D1883-1999</b>	
<b>SOLICITANTE:</b> EDWIN ROMAN RODAS		
<b>PROYECTO:</b> ANALISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LOS MATERIALES RECICLADOS DE ESCOMBROS PARA SUB-BASE EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, EN LA AV. NAZCA - DISTRITO DE SJL -LIMA		
<b>UBICACIÓN:</b> DISTRITO DE SAN JUAN DE LURIGANCHO - PROVINCIA DE LIMA - DEPARTAMENTO DE LIMA		
<b>MATERIAL:</b> MATERIAL RECICLADO DE ESCOMBROS		<b>N° CERTIFICADO:</b> LAB-1017-0263/09
<b>PROCEDENCIA:</b> OBRAS PROVENIENTES AV. MAGISTRADOS / AV. MEDICOS S.J.L. OBRA DE DEMOLICIÓN DE PAVIEMTOS RIGIDO PARA INSTALACIÓN DE GAS - CALIDDA		<b>FECHA MUESTREO:</b> 16/10/2017
<b>ESTRUCTURA:</b> DISEÑO DE INFRAESTRUCTURA VIAL		<b>FECHA DE ENSAYO:</b> 19/10/2017

**GRAFICO DE PENETRACION DE CBR**



<b>Datos del Proctor</b>	
Densidad Seca	1935 g/cm3
Optimo Humedad	8.6 %

<b>RESULTADOS DE CBR al 0,1"</b>	
CBR al 100 %	38.4 %
CBR al 95 %	27.0 %

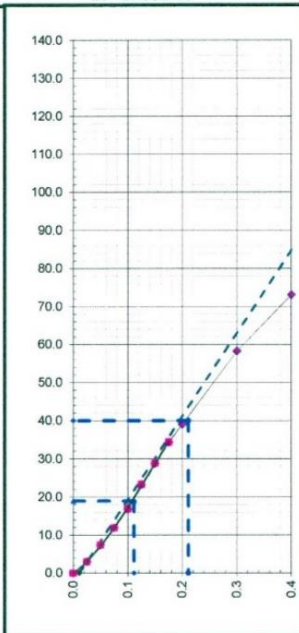
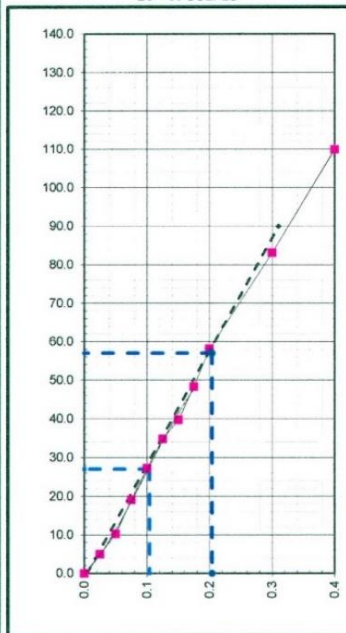
<b>DENSIDAD</b>	
Densidad al 100 %	1935 g/cm3
Densidad al 95 %	1838 g/cm3

<b>EXPANSION</b>	
Expansion	0.00 %

EC = 56 GOLPES

EC = 25 GOLPES

EC = 10 GOLPES







LABORATORIO ENSAYOS  
DE MATERIALES DE INGENIERIA  
Y CONTROL DE CALIDAD

NORMA APLICADA	Metodo de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la degradación en agregados gruesos de tamaños menores por abrasión e impacto en la máquina de Los Angeles (NTP 400.019.2002) / ASTM C131-1996			
SOLICITANTE:	EDWIN ROMAN RODAS			
PROYECTO:	ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LOS MATERIALES RECICLADOS DE ESCOMBROS PARA SUB-BASE EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, EN LA AV. NAZCA - DISTRITO DE SJL -LIMA			
UBICACIÓN:	DISTRITO DE SAN JUAN DE LURIGANCHO - PROVINCIA DE LIMA - DEPARTAMENTO DE LIMA			
MATERIAL:	MATERIAL RECICLADO DE ESCOMBROS	Nº CERTIFICADO:	LAB-1017-0263/07	
PROCEDECENCIA:	OBRAS PROVENIENTES AV. MAGISTRADOS / AV. MEDICOS S.J.L. OBRA DE DEMOLICIÓN DE PAVIEMTOS RIGIDO PARA INSTALACIÓN DE GAS - CÁLIDDA	FECHA MUESTREO:	16/10/2017	
ESTRUCTURA:	DISEÑO DE INFRAESTRUCTURA VIAL	FECHA DE ENSAYO:	17/10/2017	


**Gradación Tipo A**

Tamaño de Tamiz en mm (pulg.)		Peso Inicial (g.)	Peso Final (g.)	Masa Perdida Luego de 500 Revoluciones (g.)	Desgaste por Abrasión (%)
Pasa	Retenido				
37.5 (1 1/2)	25.0 (1)	1252.5			
25.0 (1)	19.0 (3/4)	1243.9			
19.0 (3/4)	12.5 (1/2)	1254.5			
12.5 (1/2)	9.5 (3/8)	1254.4			
9.5 (3/8)	6.3 (1/4)				
6.3 (1/4)	4.75 (No. 4)				
4.75 (No. 4)	2.36 (No. 8)				
Total		5005.3	3410.5	1595	32

Observaciones: \_\_\_\_\_

Nº BALANZA : LEM-BL01-2017/LEM-BL02-2017

PROCEDIMIENTO DE SECADO : HORNO SECADO  / COCINA

  
**LEM-ENGIL S.R.L.**  
 VICTOR H. HEVIA ACOSTA  
 INGENIERO CIVIL  
 C.I.P. 54809



LABORATORIO ENSAYOS  
DE MATERIALES DE INGENIERIA  
Y CONTROL DE CALIDAD

NORMAS APLICADAS	Metodo de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso (NTP 400.021:2002) /ASTM C 127-1993		
SOLICITANTE : EDWIN ROMAN RODAS			
PROYECTO : ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LOS MATERIALES RECICLADOS DE ESCOMBROS PARA SUB-BASE EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, EN LA AV. NAZCA – DISTRITO DE SJL –LIMA			
UBICACIÓN: DISTRITO DE SAN JUAN DE LURIGANCHO - PROVINCIA DE LIMA - DEPARTAMENTO			
MATERIAL : MATERIAL RECICLADO DE ESCOMBROS		N° REGISTRO : LAB-1017-0263/05	
PROCEDENCIA : OBRAS PROVENIENTES AV. MAGISTRADOS / AV. MEDICOS S.J.L. OBRA DE DEMOLICIÓN DE PAVIEMTOS RIGIDO PARA INSTALACIÓN DE GAS – CÁLIDDA		FECHA MUESTREO : 16/10/2017	
ESTRUCTURA : DISEÑO DE INFRAESTRUCTURA VIAL		FECHA DE ENSAYO : 16/10/2017	
Peso muestra Sat. Sumergido (gr) A	4285.8	4298.6	
Peso muestra Sat. Sup. Seca (gr) B	6820.0	6825.6	
Peso muestra Seco (gr) C	6723.3	6730.2	PROMEDIO
Peso específico Sat. Sup. Seca = B/B-A (g/cm <sup>3</sup> )	2.691	2.701	2.70
Peso específico de masa = C/B-A (g/cm <sup>3</sup> )	2.653	2.663	2.66
Peso específico aparentea = C/C-A (g/cm <sup>3</sup> )	2.758	2.768	2.76
Absorción de agua = ((B - C)/C)*100 (%)	1.44	1.42	1.43
<p>N° Balanza : LEM-BL01-2017</p> <p>Procedimiento de Secado : Horno Secado <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>Cocina <input type="checkbox"/></p>			
<p><b>LEM-ENGIL S.R.L.</b></p> <p>VICTOR H. HERVASACOSTA</p> <p>INGENIERO CIVIL</p> <p>C.I.P. 54809</p>			






LABORATORIO ENSAYOS  
DE MATERIALES DE INGENIERIA  
Y CONTROL DE CALIDAD

NORMAS APLICADAS	<b>Metodo de ensayo para la compactacion del suelo en laboratorio utilizando una energia modificada (2,700 KN-m/m<sup>3</sup> ( 56,000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>)) (NTP 339.141:1999) /ASTM D 1557-2002</b>			
SOLICITANTE : EDWIN ROMAN RODAS				
PROYECTO: ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LOS MATERIALES RECICLADOS DE ESCOMBROS PARA SUB-BASE EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, EN LA AV. NAZCA – DISTRITO DE SJL –LIMA				
UBICACIÓN: DISTRITO DE SAN JUAN DE LURIGANCHO - PROVINCIA DE LIMA - DEPARTAMENTO DE LIMA				
MATERIAL : MATERIAL RECICLADO DE ESCOMBROS			N° CERTIFICADO : LAB-1017-0263/04	
PROCEDENCIA : OBRAS PROVENIENTES AV. MAGISTRADOS / AV. MEDICOS S.J.L. OBRA DE DEMOLICIÓN DE PAVIEMTOS RIGIDO PARA INSTALACIÓN DE GAS – CÁLIDDA			FECHA MUESTREO : 16/10/2017	
ESTRUCTURA : DISEÑO DE INFRAESTRUCTURA VIAL			FECHA ENSAYO : 16/10/2017	
<b>METODO : " C "</b>				
VOLUMEN DEL MOLDE (cm <sup>3</sup> )	2130	PESO DEL MOLDE (g.) :	6485	
NUMERO DE ENSAYOS	1	2	3	4
PESO SUELO + MOLDE	10345	10538	10720	10745
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO	3860	4053	4235	4260
PESO VOLUMETRICO HUMEDO	1812	1903	1988	2000
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>				
RECIPIENTE Nro.	5	6	7	8
PESO SUELO HUMEDO + TARA	729.0	736.4	890.0	789.8
PESO SUELOS SECO + TARA	698.8	695.8	825.6	723.6
PESO DE LA TARA	163.5	162.8	164.7	165.8
PESO DE AGUA	30.2	40.6	64.4	66.2
PESO DE SUELO SECO	535.3	533.0	660.9	557.8
CONTENIDO DE AGUA	5.6	7.6	9.7	11.9
PESO VOLUMETRICO SECO	1715	1768	1812	1788
DENSIDAD MAXIMA SECA:	1.814	g/cm <sup>3</sup>	HUMEDAD OPTIMA:	10.3 %
<b>GRAFICO DEL PROCTOR</b>				
N° BALANZA :	LEM-BL01-2017/LEM-BL02-2017		PROCEDIMIENTO DE SECADO :	HORNO SECADO <input checked="" type="checkbox"/>
N° MOLDE :	1			COCINA <input type="checkbox"/>



LABORATORIO ENSAYOS  
DE MATERIALES DE INGENIERIA  
Y CONTROL DE CALIDAD

NORMA APLICADA	Corrección de peso unitarios y contenido de humedad para suelos que contienen partículas de sobremedida ASTM D 4718 / (NTP 339.251:2003)	
SOLICITANTE :	EDWIN ROMAN RODAS	
PROYECTO :	ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LOS MATERIALES RECICLADOS DE ESCOMBROS PARA SUB-BASE EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, EN LA AV. NAZCA – DISTRITO DE SJL –LIMA	
UBICACIÓN :	DISTRITO DE SAN JUAN DE LURIGANCHO - PROVINCIA DE LIMA - DEPA	
MATERIAL :	MATERIAL RECICLADO DE ESCOMBROS	N° CERTIFICADO: LAB-1017-0263/06
PROCEDENCIA:	OBRAS PROVENIENTES AV. MAGISTRADOS / AV. MEDICOS S.J.L. OBRA DE DEMOLICIÓN DE PAVIEMTOS RIGIDO PARA INSTALACIÓN DE GAS – CÁLIDDA	FECHA DE MUESTREO: 16/10/2017
ESTRUCTURA:	DISEÑO DE INFRAESTRUCTURA VIAL	FECHA DE ENSAYO : 17/10/2017
<b>CORRECCION DEL PESO UNITARIO Y CONTENIDO DE HUMEDAD</b>		
Pc = Porcentaje de Sobretamaño > 3/4"		0.199
Pf = Porcentaje de Fraccion fina < 3/4"		0.802
Wc = Contenido de humedad de la Fraccion de Sobretamaño		1.43
Gm = Gravedad especifica de la Grava		2.660
Dw = Gravedad especifica del Agua		1.00
Df = Maxima Densidad seca de la fraccion < 3/4"		1.814
Wf = Optimo contenido de humedad de la fraccion < 3/4"		10.30
<b>OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD CORREGIDO</b>		
$OCHC = (Wf * Pf + Wc * Pc)$		
<b>OCHC = 8.55</b>		
<b>MAXIMA DENSIDAD SECA CORREGIDA</b>		
$MDSC = (100 Df * Gm * Dw) / ((Df * Pc) + (Gm * Dw * Pf))$		
<b>MDSC = g/cm3 1.935</b>		
OBSERVACIONES: .....		
 <b>LEM-ENGIL S.R.L.</b> VICTOR H. NERVI ACOSTA INGENIERO CIVIL C.I.P. 54809		





LABORATORIO ENSAYOS  
DE MATERIALES DE INGENIERIA  
Y CONTROL DE CALIDAD

NORMA APLICADA	Metodo de ensayo para el limite liquido, limite plastico e indice de plasticidad (NTP 339.129:1999) / ASTM D 4318-98		
SOLICITANTE:	EDWIN ROMAN RODAS		
PROYECTO:	ANALISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LOS MATERIALES RECICLADOS DE ESCOMBROS PARA SUB-BASE EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, EN LA AV. NAZCA - DISTRITO DE SJL -LIMA		
UBICACIÓN:	DISTRITO DE SAN JUAN DE LURIGANCHO - PROVINCIA DE LIMA - DEPARTAMENTO DE LIMA		
MATERIAL:	MATERIAL RECICLADO DE ESCOMBROS	Nº CERTIFICADO:	LAB-1017-0263/03
PROCEDENCIA:	OBRAS PROVENIENTES AV. MAGISTRADOS / AV. MEDICOS S.J.L. OBRA DE DEMOLICIÓN DE PAVIEMTOS RIGIDO PARA INSTALACION DE GAS - CALIDDA	FECHA MUESTREO:	16/10/2017
ESTRUCTURA:	DISEÑO DE INFRAESTRUCTURA VIAL	FECHA ENSAYO:	17/10/2017
<b>LIMITE LIQUIDO</b>			
Nº TARRO			
TARRO + SUELO HUMEDO (g)		<b>NP</b>	
TARRO + SUELO SECO (g)			
AGUA (g)			
PESO DEL TARRO (g)			
PESO DEL SUELO SECO (g)			
HUMEDAD (%)			
Nº DE GOLPES			
<b>LIMITE PLASTICO</b>			
Nº TARRO			
TARRO + SUELO HUMEDO (g)		<b>NP</b>	
TARRO + SUELO SECO (g)			
AGUA (g)			
PESO DEL TARRO (g)			
PESO DEL SUELO SECO (g)			
HUMEDAD (%)			
<p><b>LEM-ENGIL S.R.L.</b>    VICTOR H. HERVÁS ACOSTA  INGENIERO CIVIL  C.I.P. 54809</p>			
Nº BALANZA : LEM-BL03-2017			
<b>CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA</b>		PROCEDIMIENTO DE SECADO :	
LIMITE LIQUIDO	N.L.	HORNO SECADO	<input checked="" type="checkbox"/>
LIMITE PLASTICO	N.P.	COCINA	<input type="checkbox"/>
INDICE DE PLASTICIDAD	N.P.		



LABORATORIO ENSAYOS  
DE MATERIALES DE INGENIERIA  
Y CONTROL DE CALIDAD

NORMA APLICADA		Metodo de ensayo para el análisis granulométrico (NTP 339.128:1999) / ASTM D 422-63 (Reapproved 2002)					
SOLICITANTE : EDWIN ROMAN RODAS							
PROYECTO : ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LOS MATERIALES RECICLADOS DE ESCOMBROS PARA SUB-BASE EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, EN LA AV. NAZCA - DISTRITO DE S.JL -LIMA							
UBICACIÓN : DISTRITO DE SAN JUAN DE LURIGANCHO - PROVINCIA DE LIMA - DEPARTAMENTO DE LIMA							
MATERIAL : MATERIAL RECICLADO DE ESCOMBROS				N° CERTIFICADO : LAB-1017-0263/02			
PROCEDENCIA : OBRAS PROVENIENTES AV. MAGISTRADOS / AV. MEDICOS S.J.L. OBRA DE DEMOLICIÓN DE PAVIEMTOS RIGIDO PARA INSTALACIÓN DE GAS - CALIDDA				FECHA MUESTREO : 16/10/2017			
ESTRUCTURA : DISEÑO DE INFRAESTRUCTURA VIAL				FECHA ENSAYO : 16/10/2017			
TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET. PARCIAL	PESO RET.	%RET. PARC	%RET. AC.	% Q' PASA	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200						PESO TOTAL = 5,000.0 g
2 1/2"	63.500						PESO MAT. < # 4 = 2968.5 g
2"	50.800						PESO FRACCION = 200.0 g
1 1/2"	38.100					100.0	LIMITE LIQUIDO = N.L. %
1"	25.400	330.6	330.6	6.6	6.6	93.4	LIMITE PLASTICO = N.P. %
3/4"	19.100	662.2	662.2	13.2	19.9	80.2	INDICE PLASTICO = N.P. %
1/2"	12.700						CLASF. AASHTO = A-1-a ( 0 )
3/8"	9.520	591.1	591.1	11.8	31.7	68.3	CLASF. SUCS = SM
1/4"	6.350						GRAVA = 40.6 %
# 4	4.760	448.2	448.2	9.0	40.6	59.4	ARENA = 46.7 %
# 8	2.360						FINOS = 12.7 %
# 10	2.000	52.2	774.8	15.5	56.1	43.9	MALLA # 200 = 12.7 %
# 16	1.190						% HUMEDAD
# 20	0.850	45.9	681.3	13.6	69.8	30.2	P.S.H. 5,008.0
# 40	0.420	24.6	365.1	7.3	77.1	22.9	P.S.S. 5,000.0
# 60	0.250	15.1	224.1	4.5	81.5	18.5	% Humd. 0
# 140	0.105	16.0	237.5	4.7	86.3	13.7	
# 200	0.074	3.5	51.9	1.0	87.3	12.7	
< # 200	FONDO	42.7	633.8	12.7	100.0		

**CURVA GRANULOMETRICA**


**LEM-ENGIL S.R.L.**  
 VICTOR F. HERIVAS ACOSTA  
 INGENIERO CIVIL  
 C.I.P. 54809

N° BALANZA : LEM-BL01-2017      PROCEDIMIENTO DE SECADO :      HORNO SECADO       COCINA





LABORATORIO ENSAYOS  
DE MATERIALES DE INGENIERIA  
Y CONTROL DE CALIDAD

NORMA APLICADA	METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO (NTP 339.127:1998) / ASTM D 2216	LEM-FORM-HUME-07 REV. 2017																											
<b>SOLICITANTE :</b> EDWIN ROMAN RODAS <b>PROYECTO :</b> ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LOS MATERIALES RECICLADOS DE ESCOMBROS PARA SUB-BASE EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, EN LA AV. NAZCA – DISTRITO DE SJL –LIMA <b>UBICACIÓN :</b> DISTRITO DE SAN JUAN DE LURIGANCHO - PROVINCIA DE LIMA - DEPARTAMENTO DE LIMA																													
<b>MATERIAL :</b> MATERIAL RECICLADO DE ESCOMBROS <b>PROCEDENCIA :</b> OBRAS PROVENIENTES AV. MAGISTRADOS / AV. MEDICOS S.J.L. OBRA DE DEMOLICIÓN DE PAVIEMTOS RIGIDO PARA INSTALACIÓN DE GAS – CALIDDA <b>ESTRUCTURA:</b> DISEÑO DE INFRAESTRUCTURA VIAL		<b>N° CERTIFICADO :</b> LAB-1017-0263/01 <b>FECHA MUESTREO :</b> 16/10/2017 <b>FECHA DE ENSAYO :</b> 16/10/2017																											
<table border="1"> <tr><td>PRUEBA</td><td>N°</td><td>1</td></tr> <tr><td>TARA</td><td>N°</td><td>-</td></tr> <tr><td>PESO DE SUELO HUMEDO MAS TARA (g)</td><td></td><td>5008</td></tr> <tr><td>PESO DE SUELO SECO MAS TARA (g)</td><td></td><td>5000</td></tr> <tr><td>PESO DE TARA (g)</td><td></td><td>0</td></tr> <tr><td>PESO DE AGUA (g)</td><td></td><td>8</td></tr> <tr><td>PESO DE SUELO SECO (g)</td><td></td><td>5000</td></tr> <tr><td>HUMEDAD (%)</td><td></td><td>0</td></tr> </table>	PRUEBA	N°	1	TARA	N°	-	PESO DE SUELO HUMEDO MAS TARA (g)		5008	PESO DE SUELO SECO MAS TARA (g)		5000	PESO DE TARA (g)		0	PESO DE AGUA (g)		8	PESO DE SUELO SECO (g)		5000	HUMEDAD (%)		0	<table border="1"> <tr><td>FECHA</td><td>16/10/2017</td></tr> <tr><td>HORA</td><td>11:05:00 a.m.</td></tr> </table>	FECHA	16/10/2017	HORA	11:05:00 a.m.
PRUEBA	N°	1																											
TARA	N°	-																											
PESO DE SUELO HUMEDO MAS TARA (g)		5008																											
PESO DE SUELO SECO MAS TARA (g)		5000																											
PESO DE TARA (g)		0																											
PESO DE AGUA (g)		8																											
PESO DE SUELO SECO (g)		5000																											
HUMEDAD (%)		0																											
FECHA	16/10/2017																												
HORA	11:05:00 a.m.																												
<table border="1"> <tr><td>PRUEBA</td><td>N°</td><td></td></tr> <tr><td>TARA</td><td>N°</td><td></td></tr> <tr><td>PESO DE SUELO HUMEDO MAS TARA (g)</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>PESO DE SUELO SECO MAS TARA (g)</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>PESO DE TARA (g)</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>PESO DE AGUA (g)</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>PESO DE SUELO SECO (g)</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>HUMEDAD (%)</td><td></td><td></td></tr> </table>	PRUEBA	N°		TARA	N°		PESO DE SUELO HUMEDO MAS TARA (g)			PESO DE SUELO SECO MAS TARA (g)			PESO DE TARA (g)			PESO DE AGUA (g)			PESO DE SUELO SECO (g)			HUMEDAD (%)			<table border="1"> <tr><td>FECHA</td><td></td></tr> <tr><td>HORA</td><td></td></tr> </table>	FECHA		HORA	
PRUEBA	N°																												
TARA	N°																												
PESO DE SUELO HUMEDO MAS TARA (g)																													
PESO DE SUELO SECO MAS TARA (g)																													
PESO DE TARA (g)																													
PESO DE AGUA (g)																													
PESO DE SUELO SECO (g)																													
HUMEDAD (%)																													
FECHA																													
HORA																													
<table border="1"> <tr><td>PRUEBA</td><td>N°</td><td></td></tr> <tr><td>TARA</td><td>N°</td><td></td></tr> <tr><td>PESO DE SUELO HUMEDO MAS TARA (g)</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>PESO DE SUELO SECO MAS TARA (g)</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>PESO DE TARA (g)</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>PESO DE AGUA (g)</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>PESO DE SUELO SECO (g)</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>HUMEDAD (%)</td><td></td><td></td></tr> </table>	PRUEBA	N°		TARA	N°		PESO DE SUELO HUMEDO MAS TARA (g)			PESO DE SUELO SECO MAS TARA (g)			PESO DE TARA (g)			PESO DE AGUA (g)			PESO DE SUELO SECO (g)			HUMEDAD (%)			<table border="1"> <tr><td>FECHA</td><td></td></tr> <tr><td>HORA</td><td></td></tr> </table>	FECHA		HORA	
PRUEBA	N°																												
TARA	N°																												
PESO DE SUELO HUMEDO MAS TARA (g)																													
PESO DE SUELO SECO MAS TARA (g)																													
PESO DE TARA (g)																													
PESO DE AGUA (g)																													
PESO DE SUELO SECO (g)																													
HUMEDAD (%)																													
FECHA																													
HORA																													
<p style="text-align: center;"><b>CONTROL DE SECADO A MASA CONSTANTE</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>PESO HUMEDO (g)</th> <th>PESO SECO 1 (g)</th> <th>PESO SECO 2 (g)</th> <th>PESO SECO 3 (g)</th> <th>DIFERENCIA 1-2 (%)</th> <th>DIFERENCIA 2-3 (%)</th> <th>HUMEDAD (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>5008</td> <td>5000.0</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>			PESO HUMEDO (g)	PESO SECO 1 (g)	PESO SECO 2 (g)	PESO SECO 3 (g)	DIFERENCIA 1-2 (%)	DIFERENCIA 2-3 (%)	HUMEDAD (%)	5008	5000.0	0.0	0.0	0.00	0.00	0													
PESO HUMEDO (g)	PESO SECO 1 (g)	PESO SECO 2 (g)	PESO SECO 3 (g)	DIFERENCIA 1-2 (%)	DIFERENCIA 2-3 (%)	HUMEDAD (%)																							
5008	5000.0	0.0	0.0	0.00	0.00	0																							
N° BALANZA : LEM-BL01-2017	PROCEDIMIENTO DE SECADO : HORNO SECADO <input checked="" type="checkbox"/> / COCINA <input type="checkbox"/>																												
<b>LEM-ENGIL S.R.L.</b>  VICTOR H. HERVEYAS ACOSTA INGENIERO CIVIL C.I.P. 54809																													



LABORATORIO ENSAYOS  
DE MATERIALES DE INGENIERIA  
Y CONTROL DE CALIDAD

NORMA APLICADA		Metodo de ensayo para el análisis granulometrico (NTP 339.128:1999) / ASTM D 422-63 (Reapproved 2002)					
SOLICITANTE : EDWIN ROMAN RODAS							
PROYECTO : ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LOS MATERIALES RECICLADOS DE ESCOMBROS PARA SUB-BASE EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, EN LA AV. NAZCA - DISTRITO DE SJL -LIMA							
UBICACIÓN : DISTRITO DE SAN JUAN DE LURIGANCHO - PROVINCIA DE LIMA - DEPARTAMENTO DE LIMA							
MATERIAL : MATERIAL RECICLADO DE ESCOMBROS 80% MAS 10% DE CONFITILLO MAS 10 % PIEDRA 57						N° CERTIFICADO : LAB-1117-0273/02	
PROCEDENCIA : OBRAS PROVENIENTES AV. MAGISTRADOS / AV. MEDICOS S.J.L. OBRA DE DEMOLICIÓN DE PAVIEMTOS RIGIDO PARA INSTALACIÓN DE GAS - CALIDDA						FECHA MUESTREO : 16/10/2017	
ESTRUCTURA : DISEÑO DE INFRAESTRUCTURA VIAL						FECHA ENSAYO : 10/11/2017	
TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET. PARCIAL	PESO RET.	%RET. PARC	%RET. AC.	% Q PASA	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200						PESO TOTAL = 5,235.0 g
2 1/2"	63.500						PESO MAT. < # 4 = 2446.8 g
2"	50.800						PESO FRACCION = 221.7 g
1 1/2"	38.100					100.0	LIMITE LIQUIDO = N.L. %
1"	25.400	410.0	410.0	7.8	7.8	92.2	LIMITE PLASTICO = N.P. %
3/4"	19.100	851.0	851.0	16.3	24.1	75.9	INDICE PLASTICO = N.P. %
1/2"	12.700						CLASF. AASHTO = A-1-a ( 0 )
3/8"	9.520	892.0	892.0	17.0	41.1	58.9	CLASF. SUCS = GP - GM
1/4"	6.350						GRAVA = 53.3 %
# 4	4.760	635.0	635.0	12.1	53.3	46.7	ARENA = 36.0 %
# 8	2.360						FINOS = 10.7 %
# 10	2.000	60.0	662.2	12.6	65.9	34.1	MALLA # 200 = 10.7 %
# 16	1.190						% HUMEDAD
# 20	0.850	52.0	573.9	11.0	76.9	23.1	P.S.H.
# 40	0.420	25.0	275.9	5.3	82.1	17.9	P.S.S.
# 60	0.250	16.0	176.6	3.4	85.5	14.5	% Humd.
# 140	0.105	14.0	154.5	3.0	88.5	11.5	5,242.0
# 200	0.074	4.0	44.1	0.8	89.3	10.7	5,235.0
< # 200	FONDO	50.7	559.6	10.7	100.0		0

**CURVA GRANULOMETRICA**

N° BALANZA : LEM-BL01-2017      PROCEDIMIENTO DE SECADO :      HORNO SECADO       COCINA





LABORATORIO ENSAYOS  
DE MATERIALES DE INGENIERIA  
Y CONTROL DE CALIDAD

NORMA APLICADA	METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO (NTP 339.127:1998) / ASTM D 2216	LEM-FORM-HUME-07 REV. 2017				
SOLICITANTE : EDWIN ROMAN RODAS						
PROYECTO : ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LOS MATERIALES RECICLADOS DE ESCOMBROS PARA SUB-BASE EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, EN LA AV. NAZCA – DISTRITO DE SJL –LIMA						
UBICACIÓN : DISTRITO DE SAN JUAN DE LURIGANCHO - PROVINCIA DE LIMA - DEPARTAMENTO DE LIMA						
MATERIAL : MATERIAL RECICLADO DE ESCOMBROS 80% MAS 10% DE CONFITILLO MAS 10 % PIEDRA 57		N° CERTIFICADO : LAB-1117-0273/01				
PROCEDENCIA : OBRAS PROVENIENTES AV. MAGISTRADOS / AV. MEDICOS S.J.L. OBRA DE DEMOLICIÓN DE PAVIEMTOS RIGIDO PARA INSTALACIÓN DE GAS – CALIDDA		FECHA MUESTREO : 16/10/2017				
ESTRUCTURA: DISEÑO DE INFRAESTRUCTURA VIAL		FECHA DE ENSAYO : 09/11/2017				
PRUEBA	N°	1				
TARA	N°	-				
PESO DE SUELO HUMEDO MAS TARA (g)		5242				
PESO DE SUELO SECO MAS TARA (g)		5235				
PESO DE TARA (g)		0				
PESO DE AGUA (g)		7				
PESO DE SUELO SECO (g)		5235				
HUMEDAD (%)		0				
PRUEBA	N°					
TARA	N°					
PESO DE SUELO HUMEDO MAS TARA (g)						
PESO DE SUELO SECO MAS TARA (g)						
PESO DE TARA (g)						
PESO DE AGUA (g)						
PESO DE SUELO SECO (g)						
HUMEDAD (%)						
PRUEBA	N°					
TARA	N°					
PESO DE SUELO HUMEDO MAS TARA (g)						
PESO DE SUELO SECO MAS TARA (g)						
PESO DE TARA (g)						
PESO DE AGUA (g)						
PESO DE SUELO SECO (g)						
HUMEDAD (%)						
CONTROL DE SECADO A MASA CONSTANTE						
PESO HUMEDO (g)	PESO SECO 1 (g)	PESO SECO 2 (g)	PESO SECO 3 (g)	DIFERENCIA 1-2 (%)	DIFERENCIA 2-3 (%)	HUMEDAD (%)
5242	5235.0	0.0	0.0	0.00	0.00	0
N° BALANZA : LEM-BL01-2017			PROCEDIMIENTO DE SECADO : HORNO SECADO <input checked="" type="checkbox"/> COCINA <input type="checkbox"/>			

LEM-ENGIL S.R.L.

VICTOR H. HERVIAS ACOSTA  
INGENIERO CIVIL  
C.I.P. 54809



LABORATORIO ENSAYOS  
DE MATERIALES DE INGENIERIA  
Y CONTROL DE CALIDAD

<b>NORMA APLICADA</b>		Metodo de ensayo para el limite liquido, limite plastico e indice de plasticidad (NTP 339.129:1999) / ASTM D 4318-98			
<b>SOLICITANTE:</b> EDWIN ROMAN RODAS					
<b>PROYECTO:</b> ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LOS MATERIALES RECICLADOS DE ESCOMBROS PARA SUB-BASE EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, EN LA AV. NAZCA – DISTRITO DE SJL –LIMA					
<b>UBICACIÓN:</b> DISTRITO DE SAN JUAN DE LURIGANCHO - PROVINCIA DE LIMA - DEPARTAMENTO DE LIMA					
<b>MATERIAL:</b> MATERIAL RECICLADO DE ESCOMBROS 80% MÁS 10% DE CONFITILLO MAS 10 % PIEDRA 57		<b>N° CERTIFICADO:</b> LAB-1117-0273/03			
<b>PROCEDENCIA:</b> OBRAS PROVENIENTES AV. MAGISTRADOS / AV. MEDICOS S.J.L. OBRA DE DEMOLICIÓN DE PAVIEMNTOS RIGIDO PARA INSTALACIÓN DE GAS – CALIDDA		<b>FECHA MUESTREO:</b> 16/10/2017			
<b>ESTRUCTURA:</b> DISEÑO DE INFRAESTRUCTURA VIAL		<b>FECHA ENSAYO:</b> 11/11/2017			
<b>LIMITE LIQUIDO</b>					
N° TARRO					
TARRO + SUELO HUMEDO (g)		<b>NP</b>			
TARRO + SUELO SECO (g)					
AGUA (g)					
PESO DEL TARRO (g)					
PESO DEL SUELO SECO (g)					
HUMEDAD (%)					
N° DE GOLPES					
<b>LIMITE PLASTICO</b>					
N° TARRO					
TARRO + SUELO HUMEDO (g)		<b>NP</b>			
TARRO + SUELO SECO (g)					
AGUA (g)					
PESO DEL TARRO (g)					
PESO DEL SUELO SECO (g)					
HUMEDAD (%)					
<p style="text-align: right;"><b>LEM-ENGIL S.R.L.</b> VICTOR H. HERVAS ACOSTA INGENIERO CIVIL C.I.P. 54809</p>					
<b>CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA</b>		N° BALANZA : LEM-BL03-2017			
LIMITE LIQUIDO	N.L.	<b>PROCEDIMIENTO DE SECADO :</b>		HORNO SECADO	<input checked="" type="checkbox"/>
LIMITE PLASTICO	N.P.			COCINA	<input type="checkbox"/>
INDICE DE PLASTICIDAD	N.P.				





LABORATORIO ENSAYOS  
DE MATERIALES DE INGENIERIA  
Y CONTROL DE CALIDAD

NORMAS APLICADAS	Metodo de ensayo para la compactacion del suelo en laboratorio utilizando una energia modificada (2,700 KN-m/m3 ( 56,000 pie-lbf/pie3)) (NTP 339.141:1999) /ASTM D 1557-2002				
SOLICITANTE : EDWIN ROMAN RODAS					
PROYECTO: ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LOS MATERIALES RECICLADOS DE ESCOMBROS PARA SUB-BASE EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, EN LA AV. NAZCA – DISTRITO DE SJL –LIMA					
UBICACIÓN: DISTRITO DE SAN JUAN DE LURIGANCHO - PROVINCIA DE LIMA - DEPARTAMENTO DE LIMA					
MATERIAL :	MATERIAL RECICLADO DE ESCOMBROS 80% MAS 10% DE CONFITILLO MÁS 10 % PIEDRA 57			N° CERTIFICADO : LAB-1117-0273/04	
PROCEDENCIA :	OBRAS PROVENIENTES AV. MAGISTRADOS / AV. MEDICOS S.J.L. OBRA DE DEMOLICIÓN DE PAVIEMTOS RIGIDO PARA INSTALACIÓN DE GAS – CALIDDA			FECHA MUESTREO : 16/10/2017	
ESTRUCTURA :	DISEÑO DE INFRAESTRUCTURA VIAL			FECHA ENSAYO : 11/11/2017	
<b>METODO : " C "</b>					
VOLUMEN DEL MOLDE (cm3)	2130	PESO DEL MOLDE (g.) :			6485
NUMERO DE ENSAYOS	1	2	3	4	
PESO SUELO + MOLDE	11155	11345	11503	11520	
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO	4670	4860	5018	5035	
PESO VOLUMETRICO HUMEDO	2192	2282	2356	2364	
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>					
RECIPIENTE Nro.	5	6	7	8	
PESO SUELO HUMEDO + TARA	750.0	782.5	793.0	825.5	
PESO SUELOS SECO + TARA	736.7	757.8	755.9	775.8	
PESO DE LA TARA	163.5	162.8	164.7	165.8	
PESO DE AGUA	13.3	24.7	37.1	49.7	
PESO DE SUELO SECO	573.2	595.0	591.2	610.0	
CONTENIDO DE AGUA	2.3	4.2	6.3	8.1	
PESO VOLUMETRICO SECO	2143	2191	2217	2186	
DENSIDAD MAXIMA SECA:	2.217	g/cm3	HUMEDAD OPTIMA:		6.2 %
<b>GRAFICO DEL PROCTOR</b>					
<p>The graph plots Dry Density (g/cm³) on the y-axis (ranging from 2110 to 2230) against Moisture Content (%) on the x-axis (ranging from 1.5 to 9.5). A smooth curve is drawn through the data points, peaking at approximately 2215 g/cm³ at 6.2% moisture content. A vertical dashed red line marks the optimum moisture content at 6.2%, and a horizontal dashed red line marks the maximum dry density at approximately 2215 g/cm³.</p>					
N° BALANZA :	LEM-BL01-2017/LEM-BL02-2017	PROCEDIMIENTO DE SECADO :		HORNO SECADO	<input checked="" type="checkbox"/>
N° MOLDE :	1			COCINA	<input type="checkbox"/>





LABORATORIO ENSAYOS  
DE MATERIALES DE INGENIERIA  
Y CONTROL DE CALIDAD

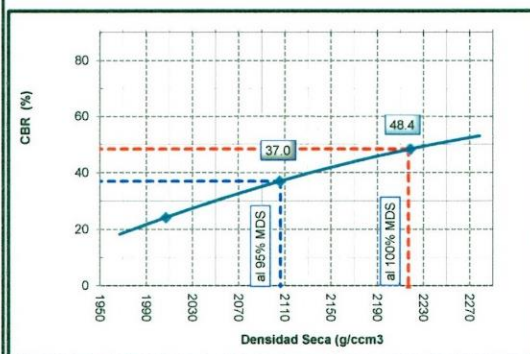
NORMA APLICADA	Metodo de ensayo de CBR (Relacion de Soporte de California) suelos compactados en laboratorio (NTP 339.145.1999) / ASTM D1883-1999												
SOLICITANTE: EDWIN ROMAN RODAS													
PROYECTO: ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LOS MATERIALES RECICLADOS DE ESCOMBROS PARA SUB-BASE EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, EN LA AV. NAZCA - DISTRITO DE SJL - LIMA													
UBICACIÓN: DISTRITO DE SAN JUAN DE LURIGANCHO - PROVINCIA DE LIMA - DEPARTAMENTO DE LIMA													
MATERIAL: MATERIAL RECICLADO DE ESCOMBROS 80% MÁS 10% DE CONFITILLO MÁS 10 % PIEDRA 57N° CERTIFICADO : LAB-1117-0273/05													
PROCEDECENCIA: OBRAS PROVENIENTES AV. MAGISTRADOS / AV. MEDICOS S.J.L. OBRA DE DEMOLICIÓN DE PAVIEMNTOS RIGIDO PARA INSTALACIÓN DE GAS - CALIDDA					FECHA MUESTREO : 16/10/2017								
ESTRUCTURA: DISEÑO DE INFRAESTRUCTURA VIAL					FECHA DE ENSAYO : 11/11/2017								
Molde N°	1		2		3								
N° Capa	5		5		5								
Golpes por capa N°	56		25		10								
Cond. de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO							
Peso molde + Suelo húmedo	12168	12210	12662	12719	11650	11750							
Peso de molde (g)	7116	7116	7890	7890	7072	7072							
Peso del suelo húmedo (g)	5052	5094	4772	4829	4578	4678							
Volumen del molde (cm3)	2145	2145	2131	2131	2149	2149							
Densidad húmeda (g/cm3)	2355	2375	2239	2266	2130	2177							
% de humedad	6.2	6.9	6.3	7.5	6.1	8.1							
Densidad seca (g/cm3)	2219	2221	2106	2108	2007	2014							
Densidad Máxima Laboratorio (g/cm3)	2217	2217	2217	2217	2217	2217							
Tarro N°	1	2	3	4	5	6							
Tarro + Suelo húmedo (g)	695.5	558.9	552.7	630.0	615.7	660.0							
Tarro + Suelo seco (g)	655.2	522.7	519.8	586.0	580.1	610.7							
Peso del Agua (g)	40.3	36.2	32.9	44.0	35.6	49.3							
Peso del tarro (g)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0							
Peso del suelo seco (g)	655.2	522.7	519.8	586.0	580.1	610.7							
% de humedad	6.2	6.9	6.3	7.5	6.1	8.1							
Promedio de Humedad (%)													
EXPANSION													
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL		EXPANSION								
			mm	%	mm	%							
NO EXPANSIVO													
Total 0.0 %													
PENETRACION													
PENETRACION pulg	CARGA STAND. kg/cm2	MOLDE N° 1				MOLDE N° 2				MOLDE N° 3			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%
0.000		0	0.0			0	0.0			0	0.0		
0.025		129	6.5			90	4.5			67	3.3		
0.050		268	13.6			197	10.0			144	7.2		
0.075		427	21.8			298	15.1			245	12.4		
0.100	70.31	632	32.3	34.0	48.4	453	23.1	26.0	37.0	288	14.6	17.0	24.2
0.125		752	38.4			588	30.0			390	19.9		
0.150		850	43.5			659	33.7			478	24.4		
0.175		1077	55.1			773	39.5			587	30.0		
0.200	105.00	1245	63.7	64.0	61.0	894	45.7	48.0	45.7	644	32.9	35.0	33.3
0.300		1760	90.2			1320	67.6			940	48.1		
0.400		2270	116.4			1742	89.3			1240	63.0		
0.500		2560	131.2			1934	99.1			1400	70.0		
N° BALANZA: LEM-BL01-2017/LEM-BL02-2017		PROCEDIMIENTO DE SECADO: HORNO SECADO POR H. EN BALANZA 100/2017					SOCINA XI INGENIERO CIVIL C.I.P. 54809						



**LABORATORIO ENSAYOS  
DE MATERIALES DE INGENIERIA  
Y CONTROL DE CALIDAD**

<b>NORMA APLICADA</b>	<b>Metodo de ensayo de CBR (Relacion de Soporte de California) suelos compactados en laboratorio (NTP 339.145.1999) / ASTM D1883-1999</b>	
<b>SOLICITANTE:</b> EDWIN ROMAN RODAS	<b>PROYECTO:</b> ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LOS MATERIALES RECICLADOS DE ESCOMBROS PARA SUB-BASE EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, EN LA AV. NAZCA – DISTRITO DE SJL –LIMA	
	<b>UBICACIÓN:</b> DISTRITO DE SAN JUAN DE LURIGANCHO - PROVINCIA DE LIMA - DEPARTAMENTO DE LIMA	
<b>MATERIAL:</b> MATERIAL RECICLADO DE ESCOMBROS 80% MAS 10% DE CONFITILLO MAS 10 % PIEDRA S7		<b>N° CERTIFICADO:</b> LAB-1117-0273/06
<b>PROCEDENCIA:</b> OBRAS PROVENIENTES AV. MAGISTRADOS / AV. MEDICOS S.J.L. OBRA DE DEMOLICIÓN DE PAVIEMTOS RIGIDO PARA INSTALACIÓN DE GAS – CALIDDA		<b>FECHA MUESTREO:</b> 16/10/2017
<b>ESTRUCTURA:</b> DISEÑO DE INFRAESTRUCTURA VIAL		<b>FECHA DE ENSAYO:</b> 14/11/2017

**GRAFICO DE PENETRACION DE CBR**

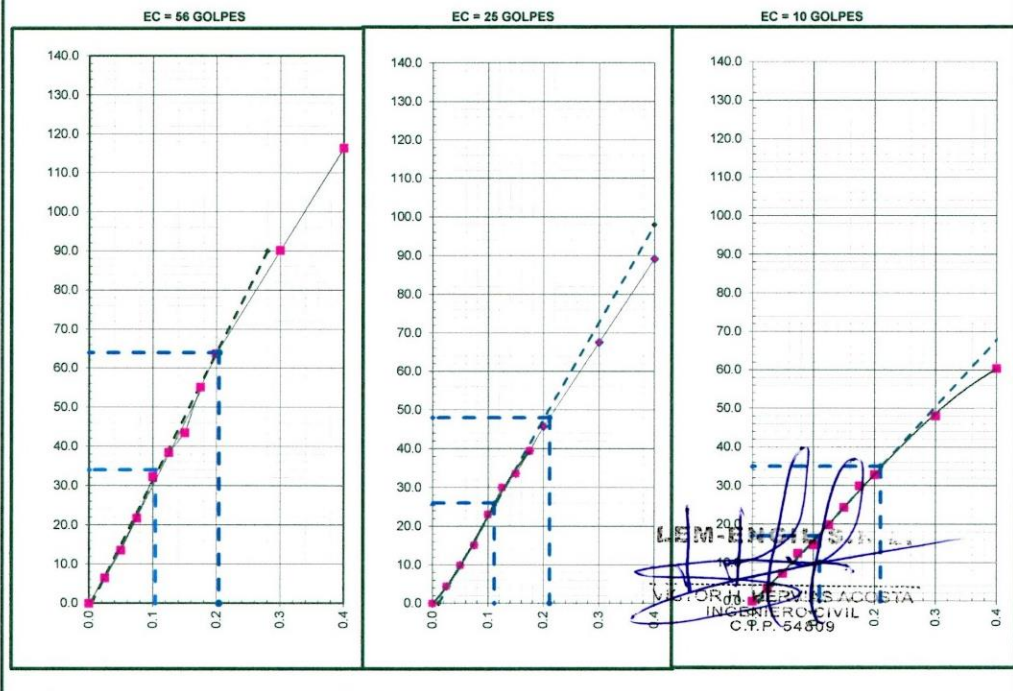


<b>Datos del Proctor</b>	
Densidad Seca	2217 g/cm3
Optimo Humedad	6.2 %

<b>RESULTADOS DE CBR al 0,1"</b>	
CBR al 100 %	48.4 %
CBR al 95 %	37.0 %

<b>DENSIDAD</b>	
Densidad al 100 %	2217 g/cm3
Densidad al 95 %	2106 g/cm3

<b>EXPANSION</b>	
Expansion	0.00 %



### **Anexo 03. Certificación de calibración de los equipos.**



**METROTEC****METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C.**

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

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
MT - LM - 303 - 2017***Área de Metrología  
Laboratorio de Masas*

Página 1 de 4

<b>1. Expediente</b>	<b>17509</b>	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
<b>2. Solicitante</b>	<b>LEM-ENGIL S.R.L.</b>	
<b>3. Dirección</b>	<b>Mz. F6 Lt. 19 Jr. Los Ingenieros Asoc. Ramón Castilla San Juan de Lurigancho - Lima - LIMA.</b>	
<b>4. Equipo de medición</b>	<b>BALANZA ELECTRÓNICA</b>	Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.  METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.  Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.  El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.
Capacidad Máxima	<b>30000 g</b>	
División de escala (d)	<b>1 g</b>	
Div. de verificación (e)	<b>10 g</b>	
Clase de exactitud	<b>III</b>	
Marca	<b>OHAUS</b>	
Modelo	<b>R31P30</b>	
Número de Serie	<b>8336290406</b>	
Capacidad mínima	<b>20 g</b>	
Procedencia	<b>U.S.A.</b>	
Identificación	<b>NO INDICA</b>	
<b>5. Fecha de Calibración</b>	<b>2017-06-19</b>	

Fecha de Emisión

2017-06-19

Jefe del Laboratorio de Metrología



**JUAN C. QUISPE MORALES**

Sello



**Metrología & Técnicas S.A.C.**  
 Av. San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24, Urb. San Diego - LIMA - PERÚ  
 Telf.: (511) 540-0642  
 Cel.: (511) 971 439 272 / 971 439 282  
 RPM: \*849272 / #971439282 / #942635342

email: [metrologia@metrologiatecnicas.com](mailto:metrologia@metrologiatecnicas.com)  
[ventas@metrologiatecnicas.com](mailto:ventas@metrologiatecnicas.com)  
 WEB: [www.metrologiatecnicas.com](http://www.metrologiatecnicas.com)



**METROTEC****METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C.**

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

Área de Metrología  
Laboratorio de Masas

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

### MT - LM - 304 - 2017


Página 1 de 4

<b>1. Expediente</b>	<b>17509</b>	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
<b>2. Solicitante</b>	<b>LEM-ENGIL S.R.L.</b>	
<b>3. Dirección</b>	Mz. F6 Lt. 19 Jr. Los Ingenieros Asoc. Ramón Castilla San Juan de Lurigancho - Lima - LIMA.	
<b>4. Equipo de medición</b>	<b>BALANZA ELECTRÓNICA</b>	
<b>Capacidad Máxima</b>	<b>600 g</b>	
<b>División de escala (d)</b>	<b>0,01 g</b>	Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.
<b>Div. de verificación (e)</b>	<b>0,01 g</b>	
<b>Clase de exactitud</b>	<b>II</b>	
<b>Marca</b>	<b>OHAUS</b>	
<b>Modelo</b>	<b>TAJ602</b>	
<b>Número de Serie</b>	<b>B601943492</b>	
<b>Capacidad mínima</b>	<b>0,19 g</b>	
<b>Procedencia</b>	<b>U.S.A.</b>	
<b>Identificación</b>	<b>NO INDICA</b>	
<b>5. Fecha de Calibración</b>	<b>2017-06-19</b>	
		Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.
		El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

Fecha de Emisión

Jefe del Laboratorio de Metrología

2017-06-19



JUAN C. QUISPE MORALES



Metrología & Técnicas S.A.C.  
Av. San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24, Urb. San Diego - LIMA - PERÚ  
Telf.: (511) 540-0642  
Cel.: (511) 971 439 272 / 971 439 282  
RPM: \*849272 / #971439282 / #942635342

email: [metrologia@metrologiatecnicas.com](mailto:metrologia@metrologiatecnicas.com)  
ventas@metrologiatecnicas.com  
WEB: [www.metrologiatecnicas.com](http://www.metrologiatecnicas.com)

**METROTEC****METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C.**

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

**Área de Metrología**

Laboratorio de Masas

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
MT - LM - 304 - 2017**

Página 2 de 4

**6. Método de Calibración**

La calibración se realizó según el método descrito en el PC-011: "Procedimiento de Calibración de Balanzas de Funcionamiento No Automático Clase I y Clase II" del SNM-INDECOPI. Cuarta Edición.

**7. Lugar de calibración**

Laboratorio de Masa de METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. - METROTEC  
Av. San Diego de Alcalá Mz. F1 lote 24 Urb. San Diego Vipol, San Martín de Porres - Lima

**8. Condiciones Ambientales**

	Inicial	Final
Temperatura	21,7 °C	22,0 °C
Humedad Relativa	77 %	76 %

**9. Patrones de referencia**

Los resultados de la calibración son trazables a la Unidad de Medida de los Patrones Nacionales de Masa de la Dirección de Metrología - INACAL en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medidas (SI) y el Sistema Legal de Unidades del Perú (SLUMP).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
PESAS (Clase de exactitud E1) Dirección de Metrología - INACAL 150033005	PESAS (Clase de Exactitud: F1)	INACAL LM-C-535-2016

**10. Observaciones**

- Se adjunta una etiqueta autoadhesiva con la indicación de CALIBRADO.



Metrología &amp; Técnicas S.A.C.

Av. San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24, Urb. San Diego - LIMA - PERÚ

Telf.: (511) 540-0642

Cel.: (511) 971 439 272 / 971 439 282

RPM: \*849272 / #971439282 / #942635342

email: metrologia@metrologiatecnicas.com

ventas@metrologiatecnicas.com

WEB: www.metrologiatecnicas.com



**METROTEC****METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C.**

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

Área de Metrología  
Laboratorio de Masas**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
**MT - LM - 304 - 2017**

Página 3 de 4

**11. Resultados de Medición****INSPECCIÓN VISUAL**

AJUSTE DE CERO	TIENE	PLATAFORMA	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	SISTEMA DE TRABA	NO TIENE	CURSOR	NO TIENE
		NIVELACIÓN	TIENE		

**ENSAYO DE REPETIBILIDAD**

	Inicial	Final
Temperatura	21,7 °C	22,4 °C

Medición Nº	Carga L1 = 300,00 g			Carga L2 = 600,00 g		
	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)
1	300,00	5	0	599,99	4	-9
2	300,00	5	0	600,00	5	0
3	300,00	6	-1	600,00	5	0
4	300,00	5	0	600,00	5	0
5	300,00	5	0	600,00	5	0
6	300,00	6	-1	599,99	4	-9
7	299,99	4	-9	600,00	5	0
8	300,00	5	0	599,99	4	-9
9	300,00	5	0	599,99	4	-9
10	299,99	4	-9	600,00	5	0
	Diferencia Máxima		9	Diferencia Máxima		9
	Error Máximo Permissible		± 30	Error Máximo Permissible		± 30

**ENSAYO DE EXCENTRICIDAD**

2	5
1	
3	4

Posición  
de las  
cargas

	Inicial	Final
Temperatura	22,4 °C	22,2 °C



Posición de la Carga	Determinación del Error en Cero Eo				Determinación del Error Corregido Ec				
	Carga Mínima*	I (g)	ΔL (mg)	Eo (mg)	Carga L (g)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Ec (mg)
1	0,10 g	0,10	5	0	200,00	199,98	4	-19	-19
2		0,09	4	-9		199,98	4	-19	-10
3		0,10	5	0		199,98	4	-19	-19
4		0,09	4	-9		199,97	3	-28	-19
5		0,09	4	-9		199,97	3	-28	-19
		Error máximo permisible							± 30

\* Valor entre 0 y 10e

Metrología & Técnicas S.A.C.  
Av. San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24, Urb. San Diego - LIMA - PERÚ  
Telf.: (511) 540-0642  
Cel.: (511) 971 439 272 / 971 439 282  
RPM: \*849272 / #971439282 / #942635342

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



**METROTEC****METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C.**

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

Área de Metrología  
Laboratorio de Masas**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
**MT - LM - 304 - 2017**

Página 4 de 4

**ENSAYO DE PESAJE**

	Inicial	Final
Temperatura	22,0 °C	22,0 °C

Carga L ( g )	CRECIENTES				DECRECIENTES				e.m.p ** ( ± mg )
	l (g)	ΔL ( mg )	E ( mg )	Ec ( mg )	l (g)	ΔL ( mg )	E ( mg )	Ec ( mg )	
0,10	0,10	5	0						
0,20	0,19	5	-10	-10	0,20	5	0	0	10
10,00	9,99	4	-9	-9	10,00	5	0	0	10
20,00	19,99	4	-9	-9	20,00	5	0	0	10
50,00	49,99	4	-9	-9	49,99	4	-9	-9	20
100,00	99,98	3	-18	-18	99,99	4	-9	-9	20
200,00	199,98	3	-18	-18	199,98	4	-19	-19	30
300,00	299,98	3	-18	-18	299,98	4	-19	-19	30
400,00	399,97	3	-28	-28	399,97	3	-28	-28	30
500,00	499,97	3	-28	-28	499,97	3	-28	-28	30
600,00	599,97	3	-28	-28	599,97	3	-28	-28	30

\*\* error máximo permisible

Leyenda: L: Carga aplicada a la balanza. ΔL: Carga adicional. E<sub>0</sub>: Error en cero.  
I: Indicación de la balanza. E: Error encontrado E<sub>c</sub>: Error corregido.

**Incertidumbre expandida de medición**

$$U = 2 \times \sqrt{(0,0000466 \text{ g}^2 + 0,000000000232 \text{ R}^2)}$$

**Lectura corregida**

$$R_{\text{CORREGIDA}} = R - 0,0000610 R$$

**12. Incertidumbre**

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura k=2, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

Fin del documento

Metrología &amp; Técnicas S.A.C.

Av. San Diego de Alcalá Mz FI Lote 24, Urb. San Diego - LIMA - PERÚ

Tel.: (511) 540-0642

Cel.: (511) 971 439 272 / 971 439 282

RPM: \*849272 / #971439282 / #942635342

email: metrologia@metrologiatecnicas.com

ventas@metrologiatecnicas.com

WEB: www.metrologiatecnicas.com



**METROTEC****METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C.**

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

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
MT - LT - 141 - 2017***Área de Metrología  
Laboratorio de Temperatura*

Página 1 de 5

**1. Expediente** 17509**2. Solicitante** LEM-ENGIL S.R.L.**3. Dirección** Mz. F6 Lt. 19 Jr. Los Ingenieros Asoc. Ramón  
Castilla San Juan de Lurigancho - Lima - LIMA.**4. Equipo** HORNO**Alcance Máximo** 300 °C**Marca** A & A INSTRUMENTS**Modelo** STHX-2A**Número de Serie** 15796**Procedencia** CHINA**Identificación** NO INDICA**Ubicación** NO INDICA

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.

METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

Descripción	Controlador / Selector	Instrumento de medición
Alcance	20 °C a 300 °C	20 °C a 300 °C
División de escala / Resolución	0,1 °C	0,1 °C
Tipo	CONTROLADOR ELECTRÓNICO	TERMÓMETRO DIGITAL

**5. Fecha de Calibración** 2017-06-19

Fecha de Emisión

2017-06-19

Jefe del Laboratorio de Metrología


  
JUAN C. QUISPE MORALES

Sello



Metrología & Técnicas S.A.C.  
Av. San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24, Urb. San Diego - LIMA - PERÚ  
Telf.: (511) 540-0642  
Cel.: (511) 971 439 272 / 971 439 282  
RPM: \*849272 / #971439282 / #942635342

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



**METROTEC****METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C.**

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

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
MT - LT - 141 - 2017***Área de Metrología  
Laboratorio de Temperatura*

Página 2 de 5

**6. Método de Calibración**

La calibración se efectuó por comparación directa con termómetros patrones calibrados que tienen trazabilidad a la Escala Internacional de Temperatura de 1990 (EIT 90), se consideró como referencia el Procedimiento para la Calibración de Medios Isotérmicos con aire como Medio Termostático PC-018; 2da edición; Junio 2009, del SNM-INDECOPI.

**7. Lugar de calibración**

Las instalaciones de la empresa TÉCNICAS CP S.A.C.  
Av. Santa Ana Mz H lote 2 Urb. San Diego, San Martín de Porres - Lima

**8. Condiciones Ambientales**

	Inicial	Final
Temperatura	22,7 °C	22,7 °C
Humedad Relativa	68 %	68 %

**9. Patrones de referencia**

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado y/o informe de calibración
Dirección de Metrología INACAL LT - 587 - 2016	TERMÓMETRO DE INDICACIÓN DIGITAL CON 10 CANALES	METROLOGIA & TECNICAS SAC MT - LT - 369 - 2016

**10. Observaciones**

- Se adjunta una etiqueta autoadhesiva con la indicación de **CALBRADO**.
- La periodicidad de la calibración depende del uso, mantenimiento y conservación del instrumento de medición.



Metrología & Técnicas S.A.C.  
Av. San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24, Urb. San Diego - LIMA - PERÚ  
Telf: (511) 340-0642  
Cel.: (511) 971 439 272 / 971 439 282  
RPM: \*849272 / #971439282 / #942635342

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



**METROTEC****METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C.**

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

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
MT - LT - 141 - 2017**

Área de Metrología

Laboratorio de Temperatura

Página 3 de 5

**11. Resultados de Medición**

Temperatura ambiental promedio 22,7 °C  
 Tiempo de calentamiento y estabilización del equipo 2 horas  
 El controlador se seteo en 110 °C

**PARA LA TEMPERATURA DE 110 °C**

Tiempo ( min )	Termómetro del equipo ( °C )	TEMPERATURAS EN LAS POSICIONES DE MEDICIÓN (°C)										T prom ( °C )	Tmax-Tmin ( °C )
		NIVEL SUPERIOR					NIVEL INFERIOR						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
00	110,0	108,2	105,7	103,9	104,1	108,7	109,5	107,4	118,6	115,4	112,0	109,4	14,7
02	110,0	108,4	105,7	104,1	103,9	108,7	109,4	107,4	117,7	114,8	111,8	109,2	13,8
04	110,0	108,4	105,6	103,9	103,7	108,7	109,9	107,4	118,3	115,2	111,8	109,3	14,6
06	109,9	107,9	105,7	103,9	103,9	108,8	108,6	107,2	118,5	114,4	112,0	109,1	14,6
08	110,0	108,2	105,7	103,9	103,7	108,7	109,1	107,4	118,8	115,8	111,6	109,3	15,1
10	110,0	108,2	105,6	103,9	103,9	108,7	109,2	107,4	118,0	114,8	112,1	109,2	14,1
12	110,0	108,1	105,7	104,2	103,9	109,0	108,9	107,5	117,9	114,9	112,3	109,2	14,0
14	110,0	108,2	105,8	104,1	104,1	109,0	109,0	107,6	118,1	114,4	112,4	109,3	14,0
16	110,0	108,2	105,7	104,1	104,0	108,7	110,1	107,4	118,6	115,4	112,5	109,5	14,6
18	110,0	108,1	105,7	104,0	104,0	109,0	110,0	107,3	118,2	114,8	112,0	109,3	14,2
20	110,0	108,4	105,9	104,2	104,0	109,0	110,1	107,6	119,4	115,8	112,4	109,7	15,4
22	110,0	108,2	105,6	104,2	104,2	108,9	109,5	107,5	117,8	114,2	113,5	109,4	13,6
24	110,1	108,5	105,9	104,1	104,3	109,0	109,4	107,5	117,5	115,2	112,6	109,4	13,4
26	110,0	108,6	105,8	104,0	103,7	108,7	108,7	107,1	118,3	115,8	112,4	109,3	14,6
28	110,0	108,4	105,8	104,2	104,2	109,0	110,0	107,4	118,3	115,8	112,4	109,6	14,1
30	110,0	108,6	105,8	104,2	104,1	108,9	109,2	107,4	119,5	115,4	112,5	109,6	15,4
32	110,0	108,0	105,7	104,1	104,2	109,0	108,9	107,5	118,1	114,8	112,0	109,2	14,0
34	110,0	108,6	105,7	104,1	104,0	108,8	110,0	107,4	117,9	114,2	111,6	109,2	13,9
36	110,0	108,5	105,7	104,0	104,0	108,8	109,2	107,3	118,8	114,9	112,9	109,4	14,8
38	109,9	108,5	105,7	104,0	103,9	108,9	109,9	107,2	118,6	115,8	111,2	109,4	14,7
40	110,0	108,5	105,8	104,1	104,1	109,0	109,4	107,3	118,3	115,4	111,9	109,4	14,2
42	110,0	108,6	105,8	104,3	104,1	108,9	110,0	107,4	118,9	113,9	111,8	109,4	14,8
44	110,0	108,4	105,8	104,3	104,1	109,0	109,3	107,5	118,0	115,2	111,6	109,3	13,9
46	110,1	108,6	105,9	104,2	103,9	108,8	109,4	107,5	119,3	115,8	111,9	109,5	15,4
48	110,1	108,1	105,7	104,0	104,0	108,8	109,2	107,2	118,9	114,2	112,4	109,3	14,9
50	110,0	108,5	105,7	104,1	103,9	108,7	109,5	107,3	118,8	113,9	112,4	109,3	14,9
52	110,0	108,5	105,6	104,0	103,9	108,6	109,4	107,2	117,5	115,2	112,6	109,3	13,6
54	110,0	108,4	105,7	104,0	103,9	108,5	108,7	107,0	117,8	113,8	111,1	108,9	13,9
56	110,0	108,3	105,6	104,2	104,0	108,7	109,2	107,6	117,8	114,9	112,6	109,3	13,8
58	110,0	108,2	105,6	104,1	103,9	108,7	110,0	107,2	118,5	115,8	112,2	109,4	14,6
60	110,0	108,2	105,7	104,0	104,0	108,7	108,3	107,1	117,3	114,2	111,8	108,9	13,3
T.PROM	110,0	108,3	105,7	104,1	104,0	108,8	109,4	107,4	118,3	115,0	112,1	109,3	
T.MAX	110,1	108,6	105,9	104,3	104,3	109,0	110,1	107,6	119,5	115,8	113,5		
T.MIN	109,9	107,9	105,6	103,9	103,7	108,5	108,3	107,0	117,3	113,8	111,1		
DTT	0,2	0,7	0,3	0,4	0,6	0,5	1,8	0,6	2,2	2,0	2,4		

Metrología &amp; Técnicas S.A.C.

Av. San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24, Urb. San Diego - LIMA - PERÚ

Telf.: (511) 540-0642

Cel.: (511) 971 439 272 / 971 439 282

RPM: \*849272 / #971439282 / #942635342

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




Área de Metrología  
Laboratorio de Temperatura

### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MT - LT - 141 - 2017

Página 4 de 5

PARÁMETRO	VALOR (°C)	INCERTIDUMBRE EXPANDIDA (°C)
Máxima Temperatura Medida	119,5	0,6
Mínima Temperatura Medida	103,7	0,1
Desviación de Temperatura en el Tiempo	2,4	0,1
Desviación de Temperatura en el Espacio	14,3	0,4
Estabilidad Medida ( ± )	1,2	0,04
Uniformidad Medida	15,4	0,5

- T.PROM : Promedio de la temperatura en una posición de medición durante el tiempo de calibración.  
 T.prom : Promedio de las temperaturas en la diez posiciones de medición para un instante dado.  
 T.MAX : Temperatura máxima.  
 T.MIN : Temperatura mínima.  
 DTT : Desviación de Temperatura en el Tiempo.

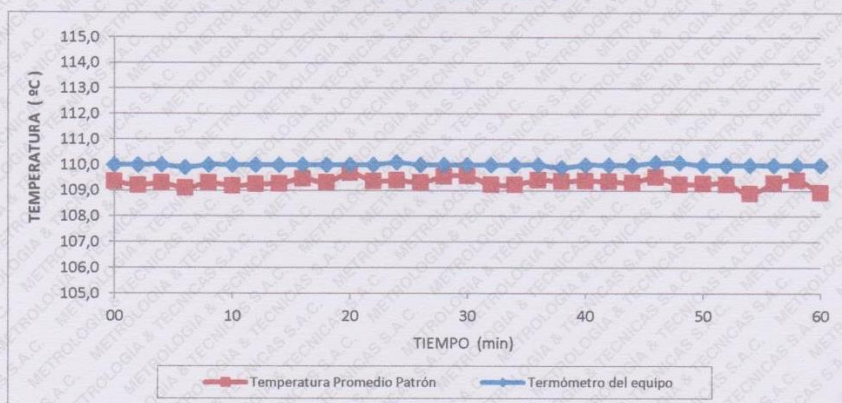
Para cada posición de medición su "desviación de temperatura en el tiempo" DTT está dada por la diferencia entre la máxima y la mínima temperatura en dicha posición.

Entre dos posiciones de medición su "desviación de temperatura en el espacio" está dada por la diferencia entre los promedios de temperaturas registradas en ambas posiciones.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

Durante la calibración y bajo las condiciones en que ésta ha sido hecha, el medio isoterma cumple con los límites especificados de temperatura para la tolerancia de  $111,7^{\circ}\text{C} \pm 8^{\circ}\text{C}$ .

#### DISTRIBUCIÓN DE TEMPERATURAS EN EL EQUIPO TEMPERATURA DE TRABAJO: $110^{\circ}\text{C} \pm 8^{\circ}\text{C}$



Metrología & Técnicas S.A.C.

Av. San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24, Urb. San Diego - LIMA - PERÚ

Tel.: (511) 540-0642

Cel.: (511) 971 439 272 / 971 439 282

RPM: \*849272 / #971439282 / #942635342

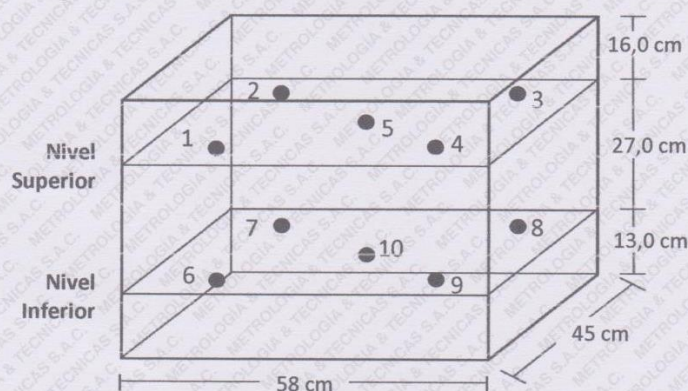
email: metrologia@metrologiatecnicas.com

ventas@metrologiatecnicas.com

WEB: www.metrologiatecnicas.com



#### DISTRIBUCIÓN DE LOS TERMOPARES



Los sensores 5 y 10 están ubicados en el centro de sus respectivos niveles.

Los sensores del 1 al 4 y del 6 al 9 se colocaron a 9 cm de las paredes laterales y a 8 cm del fondo y frente del equipo a calibrar.

#### 12. Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura  $k=2$ , el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

Fin del documento





**METROTEC****METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C.**

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

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
MT - LT - 137 - 2017***Área de Metrología**Laboratorio de Temperatura*

Página 1 de 3

<b>1. Expediente</b>	<b>17509</b>	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).  Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.  METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.  Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.  El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.
<b>2. Solicitante</b>	<b>LEM-ENGIL S.R.L.</b>	
<b>3. Dirección</b>	Mz. F6 Lt. 19 Jr. Los Ingenieros Asoc. Ramón Castilla San Juan de Lurigancho - Lima - LIMA.	
<b>4. Instrumento de medición</b>	<b>TERMÓMETRO DE INDICACIÓN DIGITAL</b>	
Alcance de Indicación	-50 °C a 300 °C / -58 °F a 572 °F	
Div. de escala / Resolución	0,1 °C / °F	
Marca	<b>CONTROL COMPANY</b>	
Modelo	<b>4353</b>	
Número de Serie	<b>160786664</b>	
Procedencia	<b>U.S.A.</b>	
<b>Elemento Sensor</b>	<b>TERMISTOR</b>	
<b>Identificación</b>	<b>NO INDICA</b>	
<b>5. Fecha de Calibración</b>	<b>2017-06-19</b>	

Fecha de Emisión

Jefe del Laboratorio de Metrología

Sello

2017-06-19



JUAN C. QUISPE MORALES



Metrología &amp; Técnicas S.A.C.

Av. San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24, Urb. San Diego - LIMA - PERÚ

Telf.: (511) 540-0642

Cel.: (511) 971 439 272 / 971 439 282

RPM: \*849272 / #971439282 / #942635342

email: metrologia@metrologiatecnicas.com

ventas@metrologiatecnicas.com

WEB: www.metrologiatecnicas.com



**METROTEC****METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C.**

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

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
MT - LTF - 037 - 2017***Área de Metrología**Laboratorio de Tiempo y Frecuencia*

Página 1 de 3

<b>1. Expediente</b>	<b>17494</b>	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
<b>2. Solicitante</b>	<b>LEM-ENGIL S.R.L.</b>	
<b>3. Dirección</b>	Mza. F6 Lote. 19 Jr. Los Ingenieros Asoc. Ramon Castilla Lima - Lima - San Juan De Lurigancho	Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.  METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.  Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.  El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.
<b>4. Instrumento de medición</b>	<b>MÁQUINA PARA PRUEBAS DE ABRASIÓN TIPO LOS ÁNGELES</b>	
<b>Fabricante</b>	<b>A&amp;A INSTRUMENTS</b>	
<b>Número de Serie</b>	<b>101211</b>	
<b>Modelo</b>	<b>STMH-3</b>	
<b>Alcance de Indicación</b>	<b>9999</b>	
<b>Div. de escala / Resolución</b>	<b>NO INDICA</b>	
<b>Identificación</b>	<b>NO INDICA</b>	
<b>Procedencia</b>	<b>CHINA</b>	
<b>Tipo de indicación</b>	<b>DIGITAL</b>	
<b>5. Fecha de Calibración</b>	<b>2017-06-15</b>	
<b>6. Lugar de calibración</b>	<b>Instalaciones de la empresa TÉCNICAS CP S.A.C. Av. Santa Ana Mz H lote 2 Urb. San Diego, San Martín de Porres - Lima</b>	

Fecha de Emisión

2017-06-15

Jefe del Laboratorio de Metrología



JULIAN C. QUISPE MORALES

Sello

**Metrología & Técnicas S.A.C.**

Av. San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24, Urb. San Diego - LIMA - PERÚ

Telf.: (511) 540-0642

Cel.: (511) 971 439 272 / 971 439 282

RPM: \*849272 / #971439282 / #942635342

email: [metrologia@metrologiatecnicas.com](mailto:metrologia@metrologiatecnicas.com)

ventas@metrologiatecnicas.com

WEB: [www.metrologiatecnicas.com](http://www.metrologiatecnicas.com)

## Anexo 04. Fotografías.



Obtención de muestra



Obtención de la muestra



Clasificación de materiales



Material combinado



Tamizado



Proctor Modificado





Conteo de prueba



Selección de muestra



Peso de la muestra



Muestra para Abrasión

## Análisis del Comportamiento de los Materiales Reciclados de Escombros para Sub-base en Pavimentos Flexibles en la Av. Nazca, SJL, Lima

### INFORME DE ORIGINALIDAD



### FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>www.slideshare.net</b> Fuente de Internet	<b>3%</b>
<b>2</b>	<b>repositorio.unap.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>2%</b>
<b>3</b>	<b>repositorio.ucv.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>2%</b>
<b>4</b>	<b>repositorio.uancv.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>5</b>	<b>repositorio.unsa.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>6</b>	<b>Submitted to Universidad Continental</b> Trabajo del estudiante	<b>1%</b>
<b>7</b>	<b>pt.scribd.com</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>8</b>	<b>www.scribd.com</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>