

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN**  
**CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**INCORPORACIÓN DE PARTÍCULAS DE CAUCHO DE  
NEUMÁTICOS PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES  
MECÁNICAS EN SUELOS ARCILLOSOS**  
**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL  
DE INGENIERO CIVIL**

**Autores:**

**Bach. Katherine Julissa Díaz Suárez**

**Bach. Rosa Maria Torres Frias**

**Asesores:**

**Ing. Benito Uribe Román Vásquez**

**Ing. José Abel Ruíz Navarrete**

**JAÉN - PERÚ, JULIO, 2019**



## UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

Ley de Creación N° 29304

Universidad Licenciada con Resolución del Consejo Directivo N° 002-2018-SUNEDU/CD

### ACTA DE SUSTENTACIÓN

En la ciudad de Jaén, el día 22 de Julio del año 2019, siendo las 6pm horas, se reunieron los integrantes del Jurado:

Presidente: Ing. Ernesto Elido Pérez Cerezález

Secretario: Ing. Wilmer Rojas Pintado

Vocal: MSc: Marco Antonio Martínez Serrano, para evaluar la Sustentación de:

( ) Trabajo de Investigación

( X ) Tesis

( ) Trabajo de Suficiencia Profesional

Titulado: Incorporación de partículas de caucho de neumáticos para mejorar las propiedades mecánicas en suelos arcillosos, presentado por Estudiante /Egresado o Bachiller Katherine Julissa Díaz Suárez de la Carrera Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Jaén.

Después de la sustentación y defensa, el Jurado acuerda:

( X ) Aprobar ( ) Desaprobar ( X ) Unanimidad ( )

Mayoría

Con la siguiente mención:

- |                |            |       |
|----------------|------------|-------|
| a) Excelente   | 18, 19, 20 | ( )   |
| b) Muy bueno   | 16, 17     | ( )   |
| c) Bueno       | 14, 15     | (15 ) |
| d) Regular     | 13         | ( )   |
| e) Desaprobado | 12 ó menos | ( )   |

Siendo las 8pm horas del mismo día, el Jurado concluye el acto de sustentación confirmando su participación con la suscripción de la presente.

Presidente

Secretario

Vocal



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

Ley de Creación N° 29304

Universidad Licenciada con Resolución del Consejo Directivo N° 002-2018-SUNEDU/CD

## ACTA DE SUSTENTACIÓN

En la ciudad de Jaén, el día 22 de Julio del año 2019, siendo las 6pm horas, se reunieron los integrantes del Jurado:

Presidente: Ing. Ernesto Elido Pérez Cerezález

Secretario: Ing. Wilmer Rojas Pintado

Vocal: MSc: Marco Antonio Martínez Serrano, para evaluar la Sustentación de:

- ( ) Trabajo de Investigación  
( X ) Tesis  
( ) Trabajo de Suficiencia Profesional

Titulado: Incorporación de partículas de caucho de neumáticos para mejorar las propiedades mecánicas en suelos arcillosos, presentado por Estudiante /Egresado o Bachiller Rosa Maria Torres Frias de la Carrera Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Jaén.

Después de la sustentación y defensa, el Jurado acuerda:

( X ) Aprobar ( ) Desaprobar ( X ) Unanimidad ( )

Mayoría

Con la siguiente mención:

- |                |            |       |
|----------------|------------|-------|
| a) Excelente   | 18, 19, 20 | ( )   |
| b) Muy bueno   | 16, 17     | ( )   |
| c) Bueno       | 14, 15     | (15 ) |
| d) Regular     | 13         | ( )   |
| e) Desaprobado | 12 ó menos | ( )   |

Siendo las 8pm horas del mismo día, el Jurado concluye el acto de sustentación confirmando su participación con la suscripción de la presente.

Presidente

Secretario

Vocal

# ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN.....	8
1.1. Realidad problemática.....	8
1.2. Formulación del problema .....	22
1.3. Justificación.....	22
1.4. Hipótesis.....	22
II. OBJETIVOS .....	23
2.1. Objetivo general .....	23
2.2. Objetivos específicos.....	23
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	24
3.1. Materiales.....	24
3.2. Diseño de la Investigación .....	25
3.3. Población y Muestra.....	25
3.4. Instrumentos de recolección de datos.....	26
3.5. Procedimiento de la Investigación .....	27
3.6. Localización y ubicación de la muestra .....	27
3.7. Ensayos de Laboratorio .....	28
IV. RESULTADOS .....	38
4.1. Ensayos realizados a la muestra de suelo natural (muestra patrón) .....	38
4.2. Ensayos realizados a la muestra de suelo con adición de partículas de caucho de neumático .....	44
4.2.2.1. CBR con incorporación de 1% de caucho .....	46
4.2.2.2. CBR con incorporación de 3% de caucho .....	47
4.2.2.3. CBR con incorporación de 5% de caucho.....	48
4.2.2.4. CBR con incorporación de 7% de caucho .....	49
4.2.2.5. CBR con incorporación de 9% de caucho .....	50
4.2.2.6. Comparación de valores de CBRs del suelo adicionando diferentes porcentajes de partículas de caucho de neumático. ....	51
V. DISCUSIÓN.....	53
VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	56
6.1. Conclusiones .....	56
6.2. Recomendaciones.....	57
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	58

## ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1.</i> Clasificación de suelos según tamaño de partículas .....	12
<i>Tabla 2.</i> Clasificación de suelo según índice de plasticidad .....	13
<i>Tabla 3.</i> Categorías de la Sub rasante.....	15
<i>Tabla 4.</i> Sistema Unificado de Clasificación de Suelos - Suelos de grano grueso .....	16
<i>Tabla 5.</i> Sistema Unificado de Clasificación de Suelos - Suelos de grano fino .....	17
<i>Tabla 6.</i> Sistema de clasificación AASHTO .....	18
<i>Tabla 7.</i> Características del Caucho .....	21
<i>Tabla 8.</i> Número de especímenes por ensayo .....	26
<i>Tabla 9.</i> Ensayos realizados en el suelo arcilloso .....	26
<i>Tabla 10.</i> Resumen del resultado del ensayo de contenido de humedad de muestra patrón .....	38
<i>Tabla 11.</i> Resumen del resultado del ensayo de granulometría de muestra patrón .....	38
<i>Tabla 12.</i> Resumen del resultado del ensayo de límites de Atterberg de muestra patrón .....	40
<i>Tabla 13.</i> Resumen del resultado de la clasificación de suelo de muestra patrón .....	41
<i>Tabla 14.</i> Resumen del resultado de ensayo próctor modificado (muestra patrón).....	42
<i>Tabla 15.</i> Resumen del resultado de ensayo de CBR (muestra patrón).....	43
<i>Tabla 16.</i> Resumen del resultado de ensayo de próctor modificado de muestras de suelos con adición de caucho.....	45
<i>Tabla 17.</i> Resumen del resultado de ensayo de CBR (1% de caucho) .....	46
<i>Tabla 18.</i> Resumen del resultado de ensayo de CBR (3% de caucho) .....	47
<i>Tabla 19.</i> Resumen del resultado de ensayo de CBR (5% de caucho) .....	48
<i>Tabla 20.</i> Resumen del resultado de ensayo de CBR (7% de caucho) .....	49
<i>Tabla 21.</i> Resumen del resultado de ensayo de CBR (9% de caucho) .....	50
<i>Tabla 22.</i> Resumen del resultado de ensayo de CBR.....	51
<i>Tabla 23.</i> Resumen del resultado de investigaciones hechas con otros agentes estabilizantes .....	54
<i>Tabla 24.</i> Resumen del resultado de investigación hecha con el mismo agente estabilizante .....	55

## ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Esmerilado de las llantas .....	25
<i>Figura 2.</i> Acopio de las partículas de caucho .....	25
<i>Figura 3.</i> Procedimiento metodológico .....	27
<i>Figura 4.</i> Excavación manual de la calicata.....	28
<i>Figura 5.</i> Calicata de material arcilloso .....	28
<i>Figura 6.</i> Pesado de la muestra húmeda.....	29
<i>Figura 7.</i> Pesado de la muestra seca .....	29
<i>Figura 8.</i> Cuarteo del material .....	30
<i>Figura 9.</i> Lavado del material.....	30
<i>Figura 10.</i> Partículas retenidas en la malla #200 .....	30
<i>Figura 11.</i> Tamizaje en forma mecánica.....	30
<i>Figura 12.</i> Mezclado del material con agua.....	31
<i>Figura 13.</i> Porción de la pasta en la copa Casagrande.....	31
<i>Figura 14.</i> División de la muestra en dos partes con el acanalador .....	31
<i>Figura 15.</i> Enrollado del material .....	32
<i>Figura 16.</i> Pesaje de taras para contenido de humedad .....	32
<i>Figura 17.</i> Secado del material .....	33
<i>Figura 18.</i> Pasamos el material por la malla N° 04 .....	33
<i>Figura 19.</i> Llenado de agua para la mezcla .....	34
<i>Figura 20.</i> Mezclado de material con el agua .....	34
<i>Figura 21.</i> Preparación del material con caucho.....	34
<i>Figura 22.</i> Compactación del material preparado.....	34
<i>Figura 23.</i> Procedimiento para el CBR .....	35
<i>Figura 24.</i> Pasamos las partículas de caucho por la malla N° 10 .....	35
<i>Figura 25.</i> Pesamos las muestras .....	35
<i>Figura 26.</i> Mezclado del material con caucho .....	36
<i>Figura 27.</i> Compactación de los especímenes .....	36
<i>Figura 28.</i> Enrasado de la superficie del molde.....	36
<i>Figura 29.</i> Pesado del molde con material.....	36
<i>Figura 30.</i> Toma de la primera lectura.....	36
<i>Figura 31.</i> Toma de las lecturas durante los 4 días .....	36
<i>Figura 32.</i> Desmontaje de los moldes.....	37
<i>Figura 33.</i> Molde en la prensa hidráulica .....	37
<i>Figura 34.</i> Diagrama de fluidez .....	40
<i>Figura 35.</i> Curva de compactación .....	43
<i>Figura 36.</i> Diagrama de densidad seca – CBR (muestra patrón).....	44
<i>Figura 37.</i> Máxima densidad seca de las muestras de suelos con adicción de caucho .....	45
<i>Figura 38.</i> Diagrama de densidad seca – CBR (1% de caucho) .....	47
<i>Figura 39.</i> Diagrama de densidad seca – CBR (3% de caucho) .....	48
<i>Figura 40.</i> Diagrama de densidad seca – CBR (5% de caucho) .....	49
<i>Figura 41.</i> Diagrama de densidad seca – CBR (7% de caucho) .....	50
<i>Figura 42.</i> Diagrama de densidad seca – CBR (9% de caucho) .....	51

## RESUMEN

El objetivo de este proyecto de investigación es determinar en cuánto mejoran las propiedades mecánicas (densidad, valor de soporte del suelo) de suelos arcillosos con la incorporación de partículas de caucho de neumáticos. Para el desarrollo de este proyecto de investigación primero se procedió a la obtención de la muestra (suelo arcilloso) de una calle del centro poblado San Agustín, distrito Bellavista, provincia de Jaén, región Cajamarca. Se obtuvieron las muestras representativas para los ensayos de suelo, los cuales se realizaron en el laboratorio de mecánica de suelos y concreto “Magma”.

El estudio se concentra en un solo tipo de suelo arcilloso de alta plasticidad (CH) y las variaciones sufridas en la capacidad de soporte, California Bearing Ratio (CBR); después de la incorporación de las partículas de caucho en diferentes porcentajes (1%, 3%, 5%, 7% y 9%).

Al finalizar los estudios de mecánica de suelos, se logró determinar que la capacidad de soporte (CBR) a 0.1'' de penetración son las siguientes: con la muestra patrón se obtuvo un CBR de 2.94%, incorporando el 1% de partículas de caucho un CBR de 3.85%, incorporando el 3% de partículas de caucho un CBR de 5.15%, incorporando 5% de partículas de caucho un CBR de 4.97%, incorporando el 7% de partículas de caucho un CBR de 4.88% e incorporando el 9% de partículas de caucho un CBR de 2.92%.

Palabras claves: Capacidad de soporte, partículas de caucho, suelo arcilloso, subrasante.

## **ABSTRACT**

The objective of this research project is to determine how much the mechanical properties improve (density, soil support value) of clay soils with the incorporation of tire rubber particles. For the development of this research project, the sample (clay soil) was first obtained from a street in the town center of San Agustin, Bellavista District, Jaen Province, Cajamarca Region. Representative samples were obtained for soil tests, which were performed in the soil and concrete mechanics laboratory "Magma".

The study focuses on a single type of clay soil (CH) and the variations in support capacity, California Bearing Ratio (CBR); after the incorporation of the rubber particles in different percentages (1%, 3%, 5%, 7% and 9%).

At the end of the soil mechanics studies, it was possible to determine that the support capacity (CBR) at 0.1'' penetration is as follows: with the standard sample a CBR of 2.94% was obtained, incorporating 1% of rubber particles a CBR of 3.85%, incorporating 3% of rubber particles a CBR of 5.15%, incorporating 5% of rubber particles a CBR of 4.97%, incorporating 7% of rubber particles a CBR of 4.88% and incorporating 9 % of rubber particles a CBR of 2.92%.

**Keywords:** Support capacity, rubber particles, clay soil, subgrade.

# I. INTRODUCCIÓN

## 1.1. Realidad problemática

### 1.1.1. Problema de investigación

Las carreteras son imprescindibles para el desarrollo económico y social de un país, por ello cada vez son más las redes viales que se construyen, pero hay lugares que presentan suelos arcillosos (mayormente en la sierra y la selva del Perú) y esto dificulta la construcción de carreteras.

El suelo arcilloso es un material fino con partículas menores a 0.005 mm esto sumado a una plasticidad alta hace que en presencia de humedad sea muy inestable lo que significa un gran problema para la construcción, tal es el caso en carreteras, donde al encontrarse a nivel de subrasante debe realizarse mejoramiento o reemplazo del suelo para garantizar la estabilidad y serviciabilidad de la vía.

Según el manual de carreteras, sección suelos y pavimentos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) la subrasante con un CBR < 6% es considerada una subrasante pobre y no apta para la construcción de carreteras, por lo tanto se tendrá que realizar una estabilización de suelo.

“La estabilización de suelos es el mejoramiento de las propiedades físicas de un suelo a través de procedimientos mecánicos e incorporación de productos químicos, naturales o sintéticos” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014). En la actualidad en el Manual de Carreteras “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos” sección Suelos y Pavimentos podemos encontrar algunos métodos para estabilizar suelos tales como: con cal, cemento, asfalto, cloruro de sodio, cloruro de magnesio, escoria entre otros; no obstante, se sigue investigando nuevas alternativas de estabilización.

El presente proyecto de investigación busca determinar un método para estabilizar un suelo arcilloso utilizando el caucho de neumáticos en desuso ya que la disposición final que se le da genera un problema de impacto ambiental y paisajístico.

### **1.1.2. Antecedentes**

(Patiño Ycaza, 2017), en la presente investigación, se realizó proceso de estabilización de dos distintos tipos de suelo con caucho reciclado. Se efectuó las pruebas con el mismo tipo de caucho (Neumático), su única diferencia es la cantidad de procesos de reciclado por los que atraviesa los dos tipos de caucho que se manejarán en este trabajo de investigación. Además que se realizarán los procesos de clasificación de los dos tipos de suelo usados en los ensayos de probetas. Se puede considerar que la adición de los rubber chips a la arcilla (CH) tiene una ventaja superlativa. Con respecto a la resistencia la mejoró en un 123% de su resistencia original y sin dejar de lado el peso del material logró alivianarlo. Esto quiero decir que la mezcla no solo puede ser usada para mejorar un material que no rinda en su resistencia, también puede lograr alivianar el peso que este segmento de material este aplicado en alguna obra.

(Laica Moposita, 2016), en el informe elaborado como un trabajo experimental tuvo como objetivo, mejorar las propiedades mecánicas de una sub base (clase 3) mediante la inclusión de polímero reciclado (caucho). Se realizó los ensayos de Compactación, Proctor Modificado y Relación de Soporte California CBR con la adición de caucho en diferentes porcentajes y finalmente se compararon los resultados obtenidos tanto de la muestra en condición natural como de la muestra con adición de caucho en diferentes porcentajes y se estableció que a medida que vamos aumentando caucho a nuestra Sub base nuestra resistencia va disminuyendo considerablemente.

Al realizar una búsqueda de antecedentes nacionales encontramos:

(Leiva Gonzales, 2016), este proyecto se basó en el uso de bolsas de polietileno fundido como agente estabilizador se concluye que pueden ser utilizados en subrasante para mejorar sus propiedades físicas, mecánicas recomendándose como

el más óptimo al 6% con respecto al peso seco del suelo, El CBR del suelo arcilloso es 4.145% al 95% de la máxima densidad seca y con la adición de bolsas de polietileno fundido en forma de grumos en una dosificación de 6% del peso seco del suelo incrementó el CBR (California Bearing Ratio) a 7.98% al 95% de la máxima densidad seca.

(Gonzales García, 2018), el objetivo principal de este trabajo es investigar si al incorporar cal al suelo natural en los porcentajes de 2%, 4%, 6% y 8%, éste aumenta su resistencia y disminuye su plasticidad. Al procesar los datos de los diferentes ensayos realizados, se confirma que la cal aumenta progresivamente en los porcentajes de 2%, 4%, 6% y 8% la resistencia de la subrasante limo arcillosa teniendo así el CBR al 0.1”: con un suelo natural un CBR de 5.20%, incorporando 2% de cal un CBR de 5.30%, incorporando 4% de cal un CBR de 6.30%, incorporando 6% de cal un CBR de 7.20%, e incorporando 8% de cal un CBR de 8.05; CBR al 0.2”: con un suelo natural un CBR de 5.40%, incorporando 2% de cal un CBR de 5.70%, incorporando 4% de cal un CBR de 6.60%, incorporando 6% de cal un CBR de 7.50%, e incorporando 8% de cal un CBR de 8.30%

A nivel local solo se pudo encontrar un estudio relacionado al tema:

(Cusquisibán Ocas, 2014), el objetivo en el presente estudio es mejorar los suelos arcillosos con caucho granular obtenidos a partir de neumáticos reciclados, los ensayos de suelos realizados están basados en las normas ASTM y AASHTO. Estos suelos arcillosos tienen como máximo un CBR de 7.1 0%, estos suelos son no recomendables como material de subrasante o base, con la adición de 20% de caucho granular el CBR de los suelos arcillosos se incrementa hasta 10%, esta combinación como material de subrasante es regular, con la adicción de 40% de caucho granular se obtiene un CBR de 30.40%. Con la adición del 60% de caucho granular, los suelos logra tener un CBR igual a 41%, esta es mezcla buena como material de subrasante, de acuerdo a lo especificado por el Manual de Carreteras "Suelos, geología, Geotecnia y Pavimentos".

### **1.1.3. Base Teórica**

#### **1.1.3.1. El suelo**

(Duque Escobar & Escobar Potes, 2016) Suelo en Ingeniería Civil son los sedimentos no consolidados de partículas sólidas fruto de la alteración de las rocas, o los suelos transportados por agentes como el agua, el hielo o el viento, con la contribución de la gravedad como fuerza como direccional selectiva y que puede tener, o no materia orgánica.(p.16).

#### **1.1.3.2. Suelo Cohesivo**

(Carlos Crespo Villalaz, 2004,p.22) Una característica que hace muy distintivos a diferentes tipos de suelos es la cohesión. Debido a ella los suelos se clasifican en “cohesivos” y “no cohesivos”. Los suelos cohesivos son los que poseen cohesión, es decir, la propiedad de atracción molecular, como las arcillas.

#### **1.1.3.3. Arcillas**

Se da el nombre de arcilla a las partículas sólidas con diámetro menor de 0.005 mm y cuya masa tiene la propiedad de volverse plástica al ser mezclada con agua. Químicamente es un silicato de alúmina hidratado, aunque en pocas ocasiones contiene también silicatos de hierro o de magnesio hidratados. La estructura de estos minerales es, generalmente, cristalina y complicada, y sus átomos están dispuestos en forma laminar. De hecho se puede decir que hay dos tipos clásicos de tales láminas: uno de ellos del tipo silícico y el otro tipo alumínico.(Carlos Crespo Villalaz, 2004)

#### **1.1.3.4. Granulometría**

Representa la distribución de los tamaños que posee el agregado mediante el tamizado según especificaciones técnicas (Ensayo MTC E 107).

“El análisis granulométrico de un suelo tiene por finalidad determinar la proporción de sus diferentes elementos constituyentes, clasificados en función de su tamaño”. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014)

**Tabla 1.**

**Clasificación de suelos según tamaño de partículas**

Tipo de Material		Tamaño de las partículas
Grava		75 mm – 4.75 mm
Arena		Arena gruesa: 4.75 mm – 2.00 mm
		Arena media: 2.00 mm – 0.425mm
		Arena fina: 0.425 mm – 0.075 mm
Material Fino	Limo	0.075 mm – 0.005 mm
	Arcilla	Menor a 0.005 mm

Fuente: Manual de carreteras, sección suelos y pavimentos, 2014.

**1.1.3.5. Plasticidad**

- En mecánica de suelos puede definirse plasticidad como la propiedad de un material por la cual es capaz de soportar deformaciones rápidas, sin rebote elástico, sin variación volumétrica apreciable y sin desmoronarse ni agrietarse. Con esta definición se logra circunscribir la propiedad a las arcillas en ciertas circunstancias. (Juárez Badillo & Rico Rodríguez, 2005)
- La plasticidad: es la propiedad de estabilidad que representa los suelos hasta cierto límite de humedad sin disgregarse, por tanto la plasticidad de un suelo depende, no de los elementos gruesos que contiene, sino únicamente de sus elementos finos. El análisis granulométrico no permite apreciar esta característica, por lo que es necesario determinar los límites de Atterberg.

Los límites de Atterberg establecen cuán sensible es el comportamiento de un suelo en relación con su contenido de humedad (agua), definiéndose los límites correspondientes a los tres estados de consistencia según su humedad y de acuerdo a ello puede presentarse un suelo: líquido, plástico o sólido. Estos límites de Atterberg que miden la cohesión del suelo son: el límite líquido (LL, según ensayo MTC E 110), el límite plástico (LP, según ensayo MTC E 111) y el límite de contracción (LC, según ensayo MTC E 112). (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014)

Además del LL y del LP, una característica a obtener es el índice de la plasticidad IP (ensayo MTC E 111) que se define como 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 bastante bien un suelo. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014)

**Tabla 2.**

**Clasificación de suelo según índice de plasticidad**

Índice de Plasticidad	Plasticidad	Característica
IP > 20	Alta	suelos muy arcillosos
IP ≤ 20 IP > 7	Media	suelos arcillosos
IP < 7	Baja	suelos poco arcillosos plasticidad
IP = 0	No Plástico (NP)	suelos exentos de arcilla

Fuente: Manual de carreteras, sección suelos y pavimentos, 2014.

**1.1.3.6. Humedad Natural**

“Se denomina humedad natural o contenido de agua de un suelo, a la relación entre el peso de agua contenido en el mismo y el peso de su fase sólida. Se expresa como porcentaje”. (Borfitz, Bosch, Arce, Casco, & Nuñez, 2008).

“La determinación de la humedad natural (ensayo MTC E 108) permitirá comparar con la humedad óptima que se obtendrá en los ensayos próctor para obtener el CBR del suelo (ensayo MTC E 132)”. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014)

**1.1.3.7. Estabilización de suelos**

La estabilización de suelos se define como el mejoramiento de las propiedades físicas de un suelo a través de procedimiento mecánicos e incorporación de productos químicos, naturales o sintéticos. Tales estabilizaciones, por lo general

se realizan en los suelos de subrasante inadecuado o pobre, en este caso son conocidas como estabilización suelo cemento, suelo cal, suelo asfalto, y otros productos diversos. En cambio cuando se estabiliza una sub base granular o base granular, para obtener un material de mejor calidad se denomina como sub base o base granular tratada (con cemento o con cal o con asfalto, etc.).(Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014)

### **Criterios geotécnicos para establecer la estabilización de suelos**

- Se considerarán como materiales aptos para capas de la sub rasante suelos con  $\text{CBR} \geq 6\%$ . En caso de ser menor (sub rasante pobre o sub rasante inadecuada), o se presentan zonas húmedas locales o áreas blandas, será materia de un estudio especial para la estabilización, mejoramiento o reemplazo, donde el ingeniero responsable analizará diversas alternativas de estabilización o de solución, como: estabilización mecánica, reemplazo del suelo de cimentación, estabilización con productos o aditivos que mejoran las propiedades del suelo, estabilización con geo sintéticos (geo textiles, geo mallas u otros), terraplenes, capas de arena, elevar la rasante o cambiar el trazo vial si las alternativas analizadas resultan ser demasiado costosas y complejas.(Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014)
  
- Cuando la capa de subrasante sea arcillosa o limosa y, al humedecerse, partículas de estos materiales puedan penetrar en las capas granulares del pavimento contaminándolas, deberá apoyarse una capa de material anticontaminante de 10 cm. De espesor como mínimo o un geo textil, según lo justifique el Ingeniero Responsable. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014)

#### **1.1.3.8. Subrasante**

La subrasante es el asiento directo de la estructura del pavimento y forma parte del prisma de la carretera que se construye entre el terreno natural. La subrasante es la capa superior del terraplén o el fondo de las excavaciones en el terreno natural, que soportará la estructura del pavimento. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014)

“Las propiedades importantes para analizar en la subrasante son las propiedades físicas (granulometría, límites de consistencia, densidad, contenido de agua), propiedades de rigidez (módulo resiliente, módulo de elasticidad y CBR), propiedades hidráulicas (coeficiente de drenaje, permeabilidad, coeficiente de expansión)” (Menéndez Acuario, 2013)

**Tabla 3.**

*Categorías de la Sub rasante*

CATEGORIAS DE LA SUBRASANTE	CBR
So: Subrasante Inadecuada	CBR < 3%
S1: Subrasante Pobre	De CBR ≥ 3% A CBR < 6%
S2: Subrasante Regular	De CBR ≥ 6% A CBR < 10%
S3: Subrasante Buena	De CBR ≥ 10% A CBR < 20%
S4: Subrasante Muy Buena	De CBR ≥ 20% A CBR < 30%
S5: Subrasante Excelente	De CBR ≥ 30%

Fuente: Manual de Carreteras, sección suelos y pavimentos, 2014.

### 1.1.3.9. Clasificación de los Suelos

#### a) Clasificación SUCS

Según la Norma Técnica Peruana: Método para la clasificación de suelos con propósitos de Ingeniería (sistema unificado de clasificación de suelos SUCS), (NTP 339.134, 1999), define lo siguiente:

Este sistema divide los suelos primero en dos grandes grupos, de granos gruesos y de granos finos. Los primeros tienen más del 50 por ciento en peso de granos mayores que N°200 (0.075 mm). Se representan por el símbolo G si más de la mitad, en peso, de las partículas gruesas son retenidas en tamiz N° 4 (4.75 mm), y por el símbolo S si más de la mitad pasa por tamiz N° 4 (4.75 mm).

A la G o a la S se les agrega una segunda letra que describe la gradación: W, buena gradación con poco o ningún fino; P, gradación pobre, uniforme o discontinua con poco o ningún fino; M, que contiene limo o limo y arena; C, que contiene arcilla o arena y arcilla.

Los suelos finos, con más del 50 % bajo tamiz N°200 (0.075 mm), se dividen en tres grupos, las arcillas (C), los limos (M) y limos o arcillas orgánicos (O).

Estos símbolos están seguidos por una segunda letra que depende de la magnitud del límite líquido e indica la compresibilidad relativa: L, si el límite líquido es menor a 50 % y H, si es mayor.

**Tabla 4.**

**Sistema Unificado de Clasificación de Suelos - Suelos de grano grueso**

DIVISIONES PRINCIPALES		SÍMBOLOS DEL GRUPO	NOMBRES TÍPICOS	IDENTIFICACIÓN DE LABORATORIO			
SUELOS DE GRANO GRUESO Más de la mitad del material retenido en el tamiz número 200	GRAVAS Más de la mitad de la fracción gruesa es retenida por el tamiz número 4 (4,76 mm)	Gravas limpias (sin o con pocos finos)	<b>GW</b>	Gravas, bien graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.	Cu=D <sub>60</sub> /D <sub>10</sub> >4 Cc=(D <sub>30</sub> ) <sup>2</sup> /D <sub>10</sub> x D <sub>60</sub> entre 1 y 3		
			<b>GP</b>	Gravas mal graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.		No cumplen con las especificaciones de granulometría para GW.	
		Gravas con finos (apreciable cantidad de finos)	<b>GM</b>	Gravas limosas, mezclas grava-arena-limo.	Determinar porcentaje de grava y arena en la curva granulométrica. Según el porcentaje de finos (fracción inferior al tamiz número 200). Los suelos de grano grueso se clasifican como sigue: <5%→GW,GP,SW,SP. >12%→GM,GC,SM,SC. 5 al 12%→casos límite que requieren usar doble símbolo.	Límites de Atterberg debajo de la línea A o IP<4.	Encima de línea A con IP entre 4 y 7 son casos límite que requieren doble símbolo.
			<b>GC</b>	Gravas arcillosas, mezclas grava-arena-arcilla.		Límites de Atterberg sobre la línea A con IP>7.	
	ARENAS Más de la mitad de la fracción gruesa pasa por el tamiz número 4 (4,76 mm)	Arenas limpias (pocos o sin finos)	<b>SW</b>	Arenas bien graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.		Cu=D <sub>60</sub> /D <sub>10</sub> >6 Cc=(D <sub>30</sub> ) <sup>2</sup> /D <sub>10</sub> x D <sub>60</sub> entre 1 y 3	
			<b>SP</b>	Arenas mal graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.			Cuando no se cumplen simultáneamente las condiciones para SW.
		Arenas con finos (apreciable cantidad de finos)	<b>SM</b>	Arenas limosas, mezclas de arena y limo.	Límites de Atterberg debajo de la línea A o IP<4.	LOS límites situados en la zona rayada con IP entre 4 y 7 son casos intermedios que precisan de símbolo doble.	
			<b>SC</b>	Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla.	Límites de Atterberg sobre la línea A con IP>7.		

Fuente: Norma Técnica Peruana 339.134, 1999.



**Tabla 6.**

**Sistema de clasificación AASHTO**

Clasificación general	Suelos granulares 35% máximo que pasa por tamiz de 0.075 mm (N° 200)							Suelos finos más de 35% pasa por el tamiz de 0.075 mm (N° 200)					
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7		
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5	A-7-6	
Análisis granulométrico % que pasa por el tamiz de:  2 mm (N° 10) 0.425 mm (N° 40) F: 0.075 mm (N° 200)	máx. 50												
	máx. 30	máx. 50	min. 51										
	máx. 15	máx. 25	máx. 10	Máx. 35	máx. 35	máx. 35	máx. 35	min. 36	min. 36	min. 36	min. 36	min. 36	min. 36
Características de la fracción que pasa el 0.425 (N° 40)  Características de la fracción que pasa del tamiz (N° 40)													
LL: Límite de Líquido				máx. 40	min. 41	máx. 40	min. 41	máx. 40	Min. 41	máx. 40	min. 41	min. 41	min. 41
IP: Índice de Plasticidad	máx. 6	máx. 6	NP	máx. 10	máx. 10	min. 11	min. 11	máx. 10	máx. 10	min. 11	min. 11 <sup>(a)</sup>	min. 11 <sup>(b)</sup>	min. 11 <sup>(b)</sup>
Tipo de material	Piedras, gravas y arenas		Arenas Finas	Gravas y arenas limosas o arcillosas				Suelos limosos		Suelos arcillosos			
Estimación general del suelo como sub rasante	Excelente a bueno							Regular a insuficiente					

(a) Índice de Plasticidad del subgrupo A-7-5: es igual o menor que LL-30.

(b) Índice de Plasticidad del subgrupo A-7-6: es mayor que LL-30.

- Cuando se requiera relacionar los grupos con el Índice de Grupo (IG), estos deben mostrarse entre paréntesis después del símbolo del grupo, ejemplo: A-18.182-6 (3), A-4(5), A-7-5 (17), etc  
 $IG = (F-35) [0.2+0.005 ((LL-40))] +0.01 (F-15)(IP-10)$ .

Fuente: Manual de carreteras, sección suelos y pavimentos, 2014.

### 1.1.3.10. Próctor Modificado

Este ensayo abarca los procedimientos de compactación usados en Laboratorio, para determinar la relación entre el Contenido de Agua y Peso Unitario Seco de los suelos (curva de compactación) compactados en un molde de 101,6 ó 152,4 mm (4 ó 6 pulgadas) de diámetro con un pisón de 44,5 N (10 lbf) que cae de una altura de 457 mm (18 pulgadas), produciendo una Energía de Compactación de (2700 kN-m/m<sup>3</sup> (56000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>)).(INACAL(Instituto Nacional de Calidad), 1999a)

Se proporciona 3 métodos alternativos. El método usado debe ser indicado en las especificaciones del material a ser ensayado. Si el método no está especificado, la elección se basará en la gradación del material.

- METODO "A"
  - Molde: 101,6 mm de diámetro (4 pulg)
  - Material: Se emplea el que pasa por el tamiz 4,75 mm (Nº 4).
  - Número de capas: 5
  - Golpes por capa: 25
  - Uso: Cuando el 20 % ó menos del peso del material es retenido en el tamiz 4,75 mm (Nº 4).
  - Otros Usos: Si el método no es especificado; los materiales que cumplen éstos requerimientos de gradación pueden ser ensayados usando Método B o C.
  
- METODO "B"
  - Molde: 101,6 mm (4 pulg) de diámetro.
  - Materiales: Se emplea el que pasa por el tamiz de 9,5 mm ( $\frac{3}{8}$  pulg).
  - Número de Capas: 5
  - Golpes por capa: 25
  - Usos: Cuando más del 20% del peso del material es retenido en el tamiz 4,75 mm (Nº4) y 20% ó menos de peso del material es retenido en el tamiz 9,5 mm ( $\frac{3}{8}$  pulg).
  - Otros Usos: Si el método no es especificado, y los materiales entran en los requerimientos de gradación pueden ser ensayados usando Método C.

- METODO "C"
  - Molde: 152,4 mm (6 pulg) de diámetro.
  - Materiales: Se emplea el que pasa por el tamiz 19,0 mm (¾ pulg).
  - Número de Capas: 5
  - Golpes por Capa: 56
  - Uso: Cuando más del 20% en peso del material se retiene en el tamiz 9,5 mm (¾ pulg) y menos de 30% en peso es retenido en el tamiz 19,0 mm (¾ pulg).
  - El molde de 152,4 mm (6 pulg) de diámetro no será usado con los métodos A o B.

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

Según la Norma Técnica Peruana: Método de ensayo de CBR (California Bearing Ratio) de suelos compactados en el laboratorio, (NTP 339.145, 1999), define lo siguiente:

Este método de ensayo se usa para evaluar la resistencia potencial de una subrasante, sub-base y material de base, incluyendo materiales reciclados para usar en pavimentos de vías y de campos de aterrizaje. El valor del CBR obtenido en esta prueba forma una parte integral de varios métodos de diseño de pavimento flexible.

Para ensayos realizados sobre materiales compactados a un contenido de agua se preparan tres especímenes. Los especímenes se compactan usando tres diferentes esfuerzos de compactación para obtener pesos unitarios, tanto por encima como por debajo del peso unitario deseado. Después de permitir que los especímenes se cubran de agua para humedecerse, u otro tratamiento específico como curado, cada espécimen estará sujeto a la penetración por un vástago cilíndrico. Los resultados del esfuerzo (carga) versus la profundidad de penetración se plotean para determinar el CBR de cada espécimen. El CBR a la densidad especificada se determina con un gráfico de CBR versus el peso unitario seco.(INACAL(Instituto Nacional de Calidad), 1999b)

### 1.1.3.12. CAUCHO

Los materiales elastoméricos, conocidos como cauchos en la mayoría de países hispanoamericanos o como hules en otros, presentan una elasticidad y resistencia química que los hace insustituibles para llantas, calzado, tuberías, correas de transmisión o piezas para sellamiento de fluidos, por citar algunos productos para los que más se emplea el caucho como materia prima. (Peláez Arroyave et al., 2017)

#### a) La utilización de caucho

La reutilización de neumáticos es de amplio uso y difusión en aquellos países que poseen normativas ambientales claras y eficientes.

En un principio las utilidades de esta materia prima eran pocas. Fue el comerciante de ferretería Charles Goodyear (1800 – 1860) quién descubrió que, mezclándolo con el azufre y calentándolo, se evitaba que fuese tan pegajoso cuando estaba caliente y tan rígido cuando enfriaba. A partir de este proceso llamado vulcanización se comenzó a fabricar una gama muy amplia de productos como aislamiento para cables eléctricos, mangueras, cintas transportadoras y de manera destacada cubiertas para transporte de automóviles, camiones, aviones, etc. (Cuattrocchio, Botasso, Rebollo, & Soenagas, 2006)

#### b) Propiedades físicas y mecánicas del caucho

*Tabla 7.*

#### Características del Caucho

Componentes	Tipo vehículo		Función
	Automóviles % en peso	Camiones % en peso	
Cauchos	48	45	Estructural – deformación
Negro humo	22	22	Mejora oxidación
Óxido de zinc	1,2	2,1	Catalizador
Materia textil	5	0	Esqueleto estructural
Acero	15	25	Esqueleto estructural
Azufre	1	1	Vulcanización
Otros	12		Juventud

*Fuente: (Cuattrocchio et al., 2006)*

## **1.2. Formulación del problema**

¿En cuánto mejora las propiedades mecánicas (densidad, valor de soporte del suelo) en suelos arcillosos la incorporación de partículas de caucho de neumáticos que pasan la malla N° 10 (2 mm)?

## **1.3. Justificación**

Con esta investigación se pretende abrir camino para que se investigue sobre agentes estabilizadores de suelos, que contribuyan al mejoramiento de las propiedades físico – mecánicas de suelos con bajo CBR.

Desde el punto de vista económico utilizar un material reciclable y que se encuentra en abundancia es beneficioso ya que resulta ser menos costoso procesarlo.

Desde el punto de vista ambientalista si se optara por estabilizar suelos con caucho reciclado se contribuirá a disminuir la contaminación que estos producen, ya que al no contar con políticas de reciclaje de este material se opta por: quemarlos (produciendo emisiones de gases tóxicos que contaminan nuestra atmósfera); almacenarlos en lugares a la intemperie (generando la propagación de insectos, roedores, anfibios, entre otros, los cuales puede causar epidemias).

Desde el punto de vista social, se pretende fomentar el reciclado de caucho de neumáticos, lo que generaría una fuente de ingreso para la población recicladora.

## **1.4. Hipótesis**

La incorporación de partículas de caucho de neumáticos que pasan la malla N° 10 mejora la capacidad de soporte (CBR) de suelos arcillosos.

## **II. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo general**

Determinar cuánto mejoran las propiedades mecánicas (densidad, valor de soporte del suelo) de suelos arcillosos con la incorporación de partículas de caucho de neumáticos.

### **2.2. Objetivos específicos.**

- Determinar las propiedades físico - mecánicas de una muestra de suelo arcilloso natural (muestra patrón).
- Determinar las propiedades mecánicas de muestras de suelo arcilloso con incorporación de 5 porcentajes diferentes de partículas de caucho de neumáticos.
- Analizar y comparar los resultados de las propiedades mecánicas de todas las muestras ensayadas.
- Determinar la variación del CBR de las muestras de suelo con la incorporación de los diferentes porcentajes de partículas de caucho de neumáticos.
- Comparar los resultados obtenidos de los ensayos con lo que establece el “Manual de Carreteras” sección Suelos y Pavimentos con R.D. N° 10-2014-MTC/14.

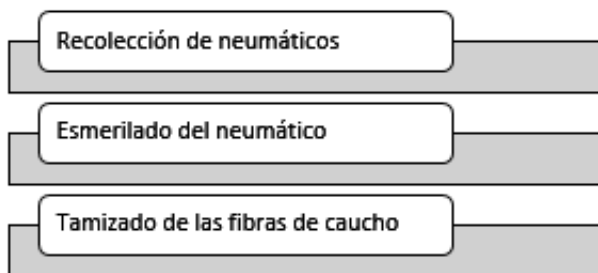
### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Materiales

##### 3.1.1. Suelo Arcilloso (cohesivos)

El material arcilloso utilizado fue obtenido de una de las calles del Centro Poblado San Agustín, distrito de Bellavista, provincia de Jaén.

##### 3.1.2. Partículas de Caucho



**Figura 1. Procedimiento para obtención de partículas de caucho**

Fuente: Elaboración propia

Las partículas de caucho que fueron utilizadas en esta investigación se obtuvieron de un proceso que se usa en las reencauchadoras, con ayuda de un equipo industrial, el cual consta de un sistema eléctrico que contiene un esmeril; las partículas de caucho obtenidas de este proceso están contaminadas con fibras de tela y alambre por lo que se tuvo que pasar por la malla #10. La obtención de las partículas de caucho es accesible debido a que en la reencauchadora el material es desechado sin ningún fin.



**Figura 1. Esmerilado de las llantas**



**Figura 2. Acopio de las partículas de caucho**

### **3.2. Diseño de la Investigación**

De tipo experimental: La variable independiente que se manipuló fueron los porcentajes de las de partículas de caucho (1%, 3%,5%,7%,9%), en adición con el suelo arcilloso, logrando así analizar las variables dependientes que son la densidad y el valor de soporte del suelo (CBR) para cada porcentaje.

### **3.3. Población y Muestra**

#### **3.3.1. Unidad de estudio**

Suelo arcilloso de alta plasticidad para CBR, con incorporación de partículas de caucho.

#### **3.3.2. Población**

Seis muestras de suelo arcilloso de alta plasticidad con incorporación de partículas de caucho.

#### **3.3.3. Muestra**

Tomada de acuerdo al Manual de Ensayo de Materiales del MTC.

**Tabla 8.**

**Número de muestra por porcentaje de caucho**

<b>ENSAYOS</b>	<b>MUESTRAS</b>
Muestra Patrón	1
Con 1% de fibras de caucho	1
Con 3% de fibras de caucho	1
Con 5% de fibras de caucho	1
Con 7% de fibras de caucho	1
Con 9% de fibras de caucho	1
<b>TOTAL</b>	<b>6</b>

Fuente: Elaboración propia

**3.4. Instrumentos de recolección de datos**

Se realizó la recolección de datos mediante los siguientes ensayos:

**Tabla 9.**

**Ensayos realizados en el suelo arcilloso**

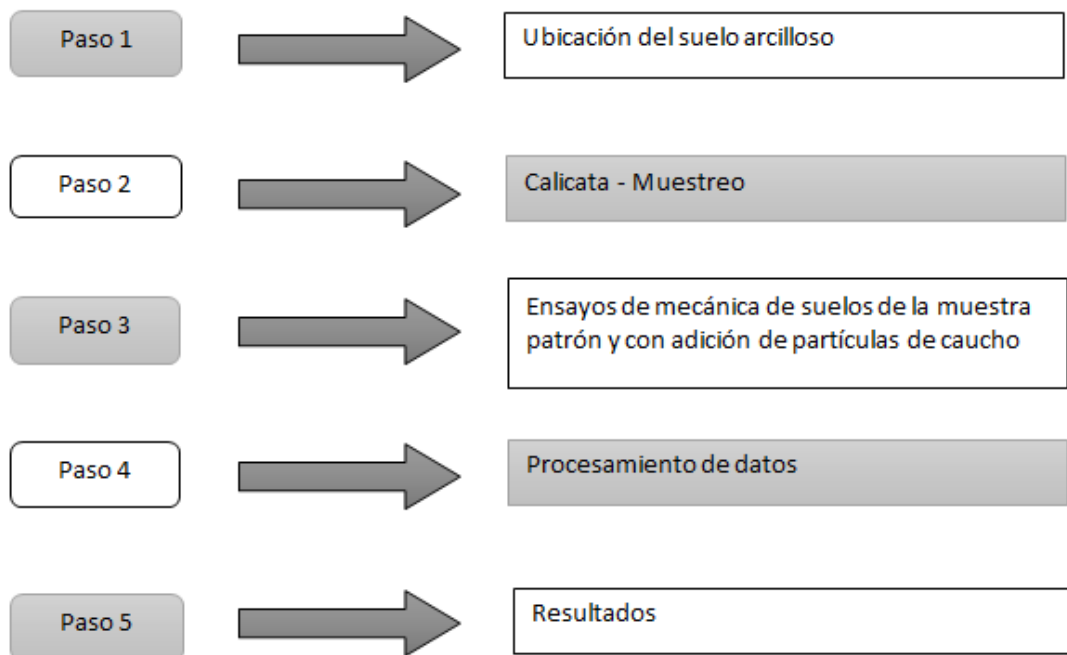
<b>Características Físicas</b>	<b>Norma Aplicable</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Humedad Natural</li></ul>	(MTC E 108)
<ul style="list-style-type: none"><li>• Análisis granulométrico por tamizado</li></ul>	(MTC E 107)
<ul style="list-style-type: none"><li>• Límites de Atterberg<ul style="list-style-type: none"><li>- Límite Líquido</li><li>- Límite Plástico</li><li>- Índice de Plasticidad</li></ul></li></ul>	(MTC E 110) (MTC E 111) (MTC E 111)
<ul style="list-style-type: none"><li>• Clasificación de suelos método SUCS</li></ul>	(NTP 339.134)
<ul style="list-style-type: none"><li>• Clasificación de suelos método ASSHTO</li></ul>	(ASTM D3282)
<b>Características Mecánicas</b>	
<ul style="list-style-type: none"><li>• Próctor Modificado</li></ul>	(MTC E 115)
<ul style="list-style-type: none"><li>• California Bearing Ratio (CBR)</li></ul>	(MTC E 132)

Fuente: Elaboración propia

Los ensayos de laboratorio fueron realizados en un laboratorio privado (Laboratorio de Mecánica de Suelos “MAGMA”), de acuerdo al Manual de Ensayo de Materiales del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016. Los resultados de estos ensayos se presentan en los Anexos.

### 3.5. Procedimiento de la Investigación

La investigación comprendió las siguientes etapas:



**Figura 3. Procedimiento metodológico**

Fuente: Elaboración propia

### 3.6. Localización y ubicación de la muestra

Ubicación Política

País : Perú

Departamento : Cajamarca

Provincia : Jaén

Distrito : Bellavista – Centro poblado “San Agustín”



**Figura 5. Ubicación de la extracción de muestra**

Fuente: Google earth

### 3.6.1. Extracción de la muestra

Una vez seleccionado el lugar, se realizó la excavación de una calicata, luego se procedió a la toma de muestras, conservación y transporte de la misma de acuerdo a lo que especifica la norma MTC E 101 y 104 del manual de ensayo de materiales.



**Figura 4. Excavación manual de la calicata**



**Figura 5. Calicata de material arcilloso**

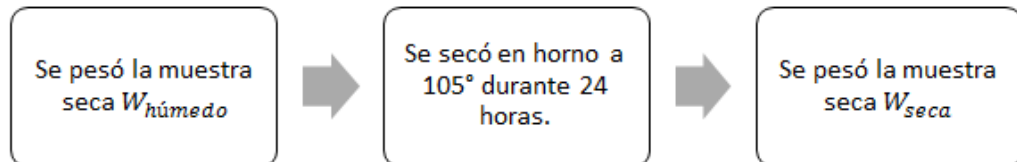
### 3.7. Ensayos de Laboratorio

Para realizar los ensayos se tomó en cuenta el Manual de Ensayos de Materiales (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016).

### 3.7.1. Ensayo de contenido de humedad

Para realizar el ensayo de contenido de humedad de la muestra patrón se siguió de acuerdo al procedimiento establecido en el MTC E 108.

La determinación del contenido de humedad se realizó tan pronto después del muestreo. Para el ensayo se utilizó muestra aproximadamente 50 gr.



**Figura 8. Procedimiento para el contenido de humedad**

Fuente: Elaboración propia



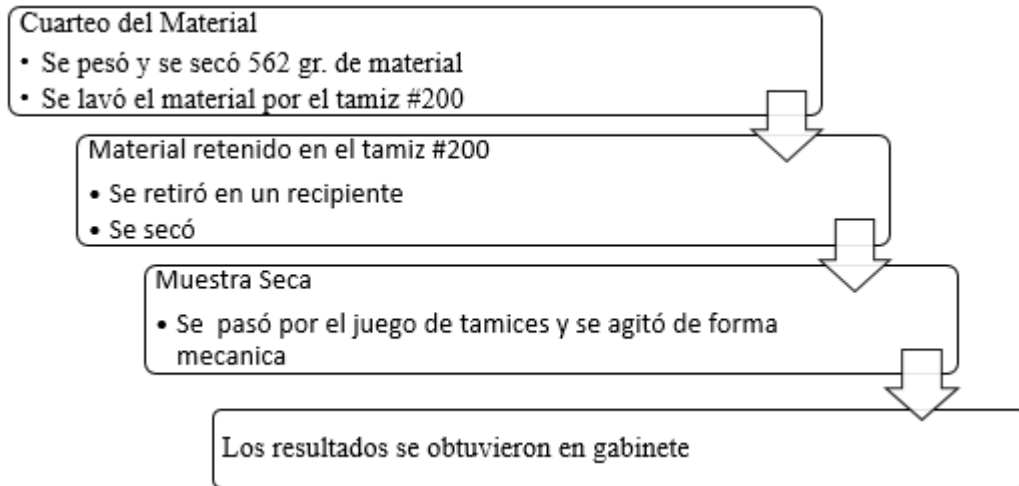
**Figura 6. Pesado de la muestra húmeda**



**Figura 7. Pesado de la muestra seca**

### 3.7.2. Ensayo de análisis granulométrico

Se realizó el análisis granulométrico mecánico del suelo solamente para la muestra patrón de acuerdo al MTC E 107, el cual consiste en el análisis granulométrico por la vía húmeda. Para esta prueba se secó una porción de muestra y se pesó la muestra seca 562 gr.



**Figura 11. Procedimiento para el análisis granulométrico**

Fuente: Elaboración propia



**Figura 8. Cuarteo del material**



**Figura 9. Lavado del material**



**Figura 10. Partículas retenidas en la malla #200**

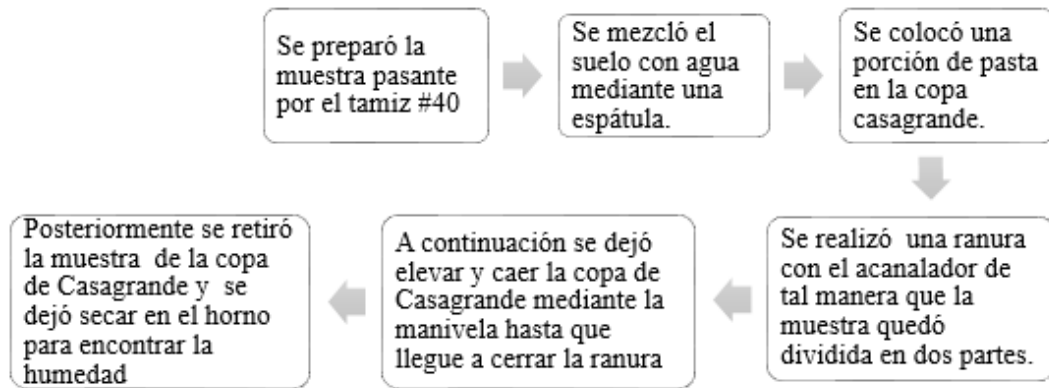


**Figura 11. Tamizaje en forma mecánica**

### 3.7.3. Ensayo de límite líquido y plástico

#### a) Límite líquido

Este ensayo se realizó para la muestra patrón, de acuerdo a MTC E 110.



**Figura 16. Procedimiento para el límite líquido**

Fuente: Elaboración propia



**Figura 12. Mezclado del material con agua**



**Figura 13. Porción de la pasta en la copa Casagrande**

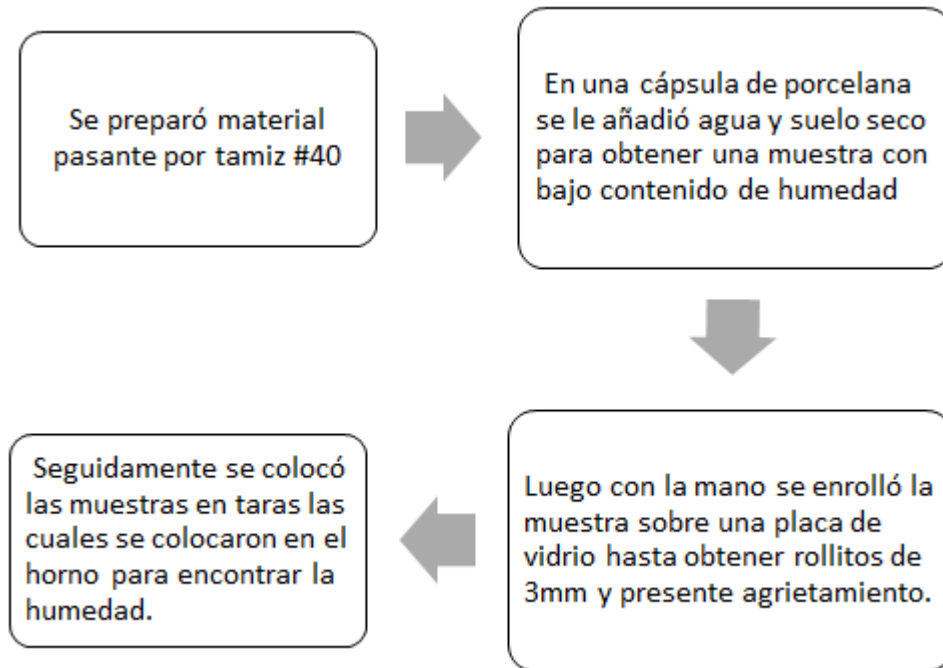


**Figura 14. División de la muestra en dos partes con el acanalador**

## b) Límite plástico

Este ensayo se realizó para la muestra patrón, de acuerdo a MTC E 111.

Igualmente se preparó material pasante por la malla N° 40 y se realizaron los siguientes pasos:



**Figura 20. Procedimiento para el límite plástico**

Fuente: Elaboración propia



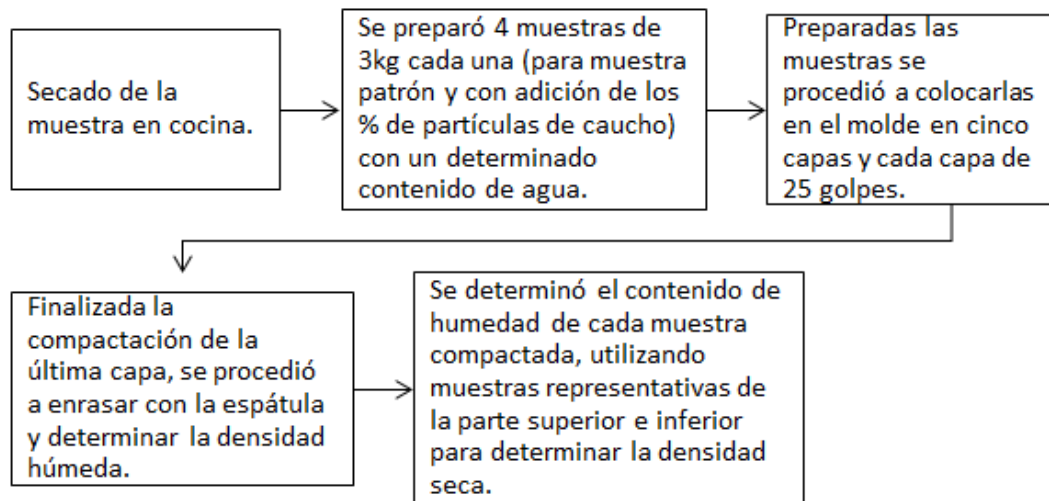
**Figura 15. Enrollado del material**



**Figura 16. Pesaje de taras para contenido de humedad**

### 3.7.4. Ensayo de compactación próctor modificado

El ensayo de proctor modificado se realizó de acuerdo a la NTP 339-141, se utilizó el Método “A”, ya que el porcentaje retenido en la malla N° 4 es menor a 20%. Inicialmente se preparó aproximadamente 12 kg de muestra seca por ensayo. Este ensayo se realizó tanto a la muestra patrón, como a los distintos porcentajes de partículas de caucho.



**Figura 23. Procedimiento para el próctor modificado**

Fuente: Elaboración propia



**Figura 17. Secado del material**



**Figura 18. Pasamos el material por la malla N° 04**



**Figura 19.** Llenado de agua para la mezcla



**Figura 20.** Mezclado de material con el agua



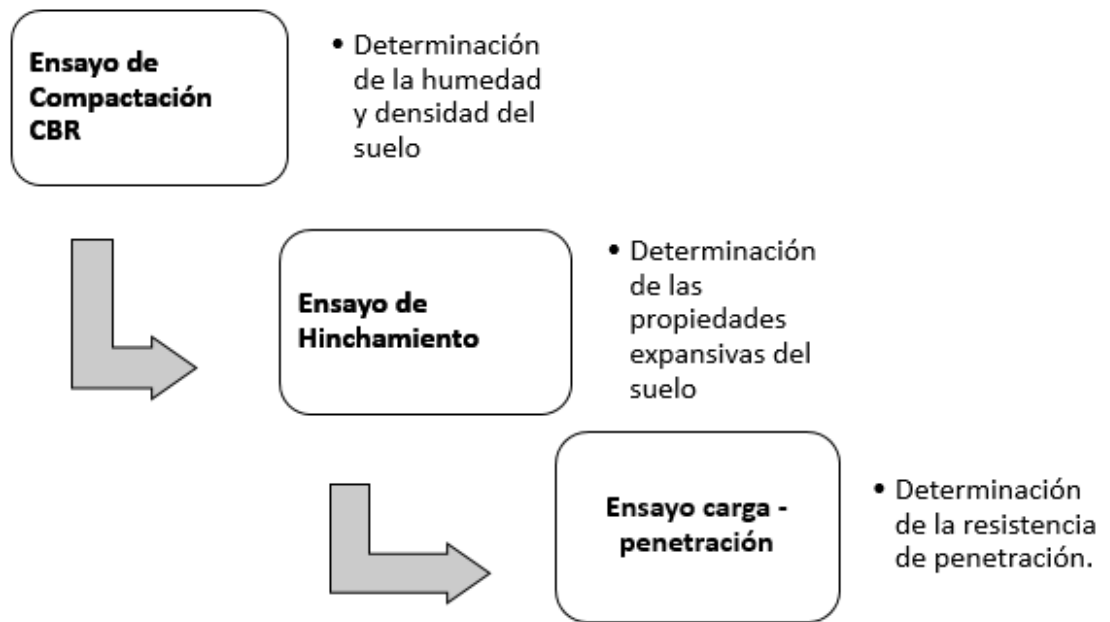
**Figura 21.** Preparación del material con caucho



**Figura 22.** Compactación del material preparado

### **3.7.5. Ensayo de CBR (valor soporte california)**

El ensayo de CBR se realizó de acuerdo a la NTP 339-145, para el ensayo se utilizó suelo seco preparado en el laboratorio en condiciones determinadas de humedad y densidad (obtenidas del próctor). Este ensayo se desarrolló en tres partes las cuales se mencionan a continuación:



**Figura 23. Procedimiento para el CBR**

Fuente: Elaboración propia



**Figura 24. Pasamos las partículas de caucho por la malla N° 10**



**Figura 25. Pesamos las muestras**



**Figura 26.** Mezclado del material con caucho



**Figura 27.** Compactación de los especímenes



**Figura 28.** Enrasado de la superficie del molde



**Figura 29.** Pesado del molde con material



**Figura 30.** Toma de la primera lectura.



**Figura 31.** Toma de las lecturas durante los 4 días



**Figura 32. Desmontaje de los moldes**



**Figura 33. Molde en la prensa hidráulica**

## IV. RESULTADOS

### 4.1. Ensayos realizados a la muestra de suelo natural (muestra patrón)

#### 4.1.1. Contenido de Humedad

En la tabla 10 se presentan los resultados del ensayo correspondiente al contenido de humedad de la muestra patrón.

*Tabla 10.*

**Resumen del resultado del ensayo de contenido de humedad de muestra patrón**

CALICATA	PROFUNDIDAD (m)	W% PROMEDIO
C1	0.40 - 1.10	24.75

Fuente: Elaboración propia

#### 4.1.2. Granulometría

En la tabla 11 se presentan los resultados del ensayo correspondiente al análisis granulométrico por tamizado, donde se puede apreciar que el porcentaje de suelo que pasa por el tamiz N° 200 es 92.06% lo que indica que es un suelo de grano fino.

*Tabla 11.*

**Resumen del resultado del ensayo de granulometría de muestra patrón**

MUESTRA N°: M-01					
Abertura Malla		Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa
Pulg.	mm.				
3"	76.20	---	---	---	
2 1/2"	63.50	---	---	---	

2"	50.80	---	---	---	
1 1/2"	38.10	---	---	---	
1"	25.40	---	---	---	
3/4"	19.05	---	---	---	
1/2"	12.70	---	---	---	
3/8"	9.53	---	---	---	
1/4"	6.35	---	---	---	
Nº 04	4.76	---	---	---	100.00
Nº 08	2.38	0.80	0.14	0.14	99.86
Nº 10	2.00	0.48	0.09	0.23	99.77
Nº 16	1.19	1.58	0.28	0.51	99.49
Nº 20	0.84	1.55	0.28	0.78	99.22
Nº 30	0.59	2.07	0.37	1.15	98.85
Nº 40	0.42	3.52	0.63	1.78	98.22
Nº 50	0.30	7.17	1.28	3.06	96.94
Nº 80	0.18	11.91	2.12	5.17	94.83
Nº 100	0.15	4.41	0.78	5.96	94.04
Nº 200	0.07	11.11	1.98	7.94	92.06
<Nº 200		517.40	92.06	100.00	0.00
Peso Inicial	562.00				

---

Fuente: Elaboración propia

#### 4.1.3. Límites de Atterberg

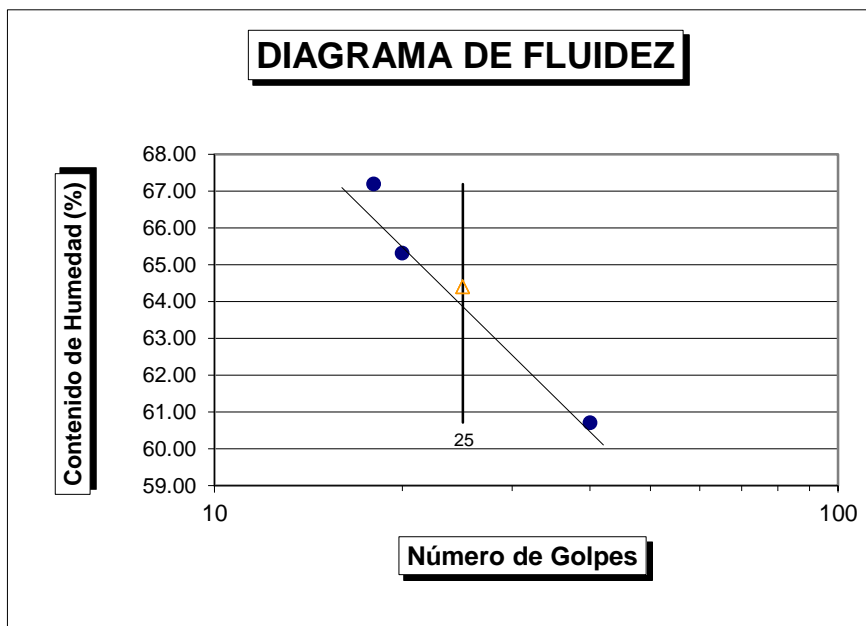
En la tabla 12 y figura 41 se muestran los resultados de los ensayos correspondientes a límite líquido (LL), límite plástico (LP) e índice de plasticidad (IP), donde se puede apreciar que el límite líquido es mayor a 50 por lo tanto está dentro de la clasificación de limos y arcillas y de acuerdo a su índice de plasticidad el suelo presenta plasticidad alta – suelo muy arcilloso, debido a que posee un IP mayor a 20.

**Tabla 12.**

**Resumen del resultado del ensayo de límites de Atterberg de muestra patrón**

CALICATA	MUESTRA	L.L	LP	IP
C-01	M-01	64	32	32

Fuente: Elaboración propia



**Figura 34. Diagrama de fluidez**

**4.1.4. Clasificación SUCS y AASHTO**

Para la clasificación SUCS se tuvo en cuenta los porcentajes de suelo que pasan por el tamiz N° 4 y N° 200, así como también el límite líquido e índice de plasticidad.

Para la clasificación AASTHO se consideró los porcentajes de suelo que pasan por el tamiz N° 10, N° 40 y N°200, así como también los límites de Atterberg e índice de grupo.

En la tabla 13, figura 42 y 43 se presenta los resultados de la clasificación SUCS Y AASHTO de la muestra patrón.

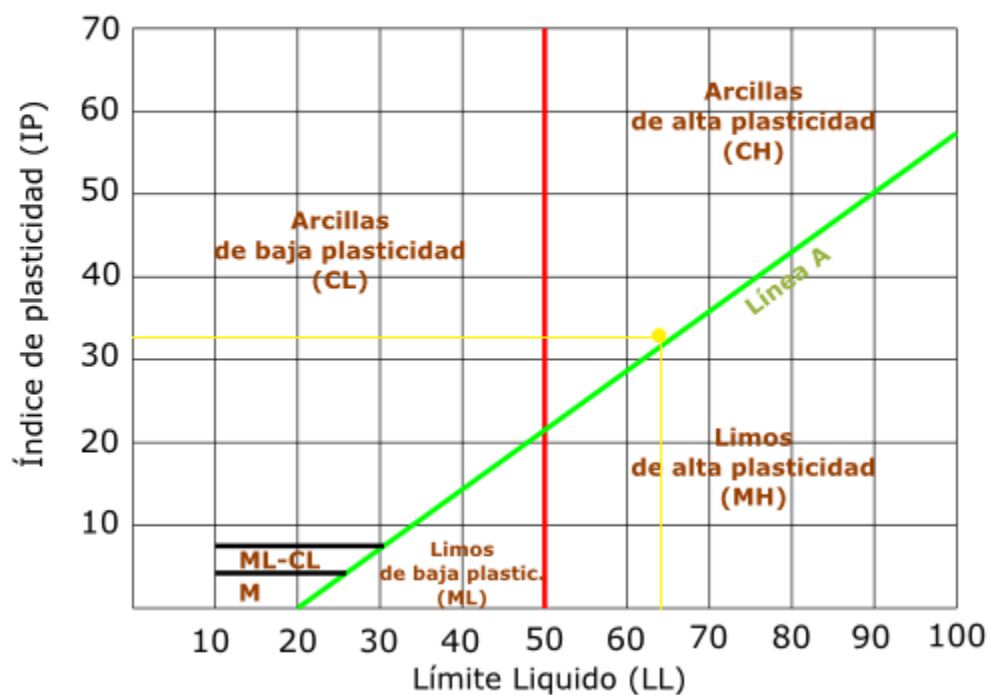
**Tabla 13.**

**Resumen del resultado de la clasificación de suelo de muestra patrón**

CALICATA	MUESTRA	SUCS	AASTHO
C-01	M-01	CH, arcillas inorgánicas de plasticidad elevada.	A - 7 - 5 (36)

Fuente: Elaboración propia

**Gráfica de plasticidad SUCS**



**Figura 42. Sistema unificado de clasificación de suelos - suelos de grano fino**

Fuente: Norma Técnica Peruana 339.134, 1999

Clasificación general	Suelos granulares 35% máximo que pasa por tamiz de 0.075 mm (N° 200)							Suelos finos más de 35% pasa por el tamiz de 0.075 mm (N° 200)				
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7	
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5	A-7-6
Análisis granulométrico % que pasa por el tamiz de:												
2 mm (N° 10)	máx. 50											
0.425 mm (N° 40)	máx. 30	máx. 50	min. 51									
F: 0.075 mm (N° 200)	máx. 15	máx. 25	máx. 10	Máx. 35	máx. 35	máx. 35	máx. 35	min. 36	min. 36	min. 36	min. 36	min. 36
Características de la fracción que pasa el 0.425 (N° 40)												
Características de la fracción que pasa del tamiz (N° 40)												
LL: Límite de Líquido				máx. 40	min. 41	máx. 40	min. 41	máx. 40	Min. 41	máx. 40	min. 41	min. 41
IP: Índice de Plasticidad	máx. 6	máx. 6	NP	máx. 10	máx. 10	min. 11	min. 11	máx. 10	máx. 10	min. 11	min. 11 <sup>(a)</sup>	min. 11 <sup>(a)</sup>
Tipo de material	Piedras, gravas y arenas		Arenas Finas	Gravas y arenas limosas o arcillosas				Suelos limosos		Suelos arcillosos		
Estimación general del suelo como sub rasante	Excelente a bueno					Regular a insuficiente						

(a) Índice de Plasticidad del subgrupo A-7-5: es igual o menor que LL-30.  
(b) Índice de Plasticidad del subgrupo A-7-6: es mayor que LL-30.  
- Cuando se requiera relacionar los grupos con el Índice de Grupo (IG), estos deben mostrarse entre paréntesis después del símbolo del grupo, ejemplo: A-18.182-6 (3), A-4(5), A-7-5 (17), etc.  
IG = (F-35) [0.2+0.005 (LL-40)] +0.01 (F-15)(IP-10)

**Figura 43. Sistema de clasificación AASHTO**

Fuente: Manual de carreteras, sección suelos y pavimentos, 2014

#### 4.1.5. Próctor Modificado

Se usó el ensayo de próctor modificado método A debido a que el material retenido en el tamiz N° 4 es menor al 20%, con dicho ensayo se determinó la relación entre el contenido de agua y peso unitario seco de la muestra patrón obteniéndose la curva de compactación, con la finalidad de determinar la máxima densidad seca (MDS) para un óptimo contenido de humedad (OCH).

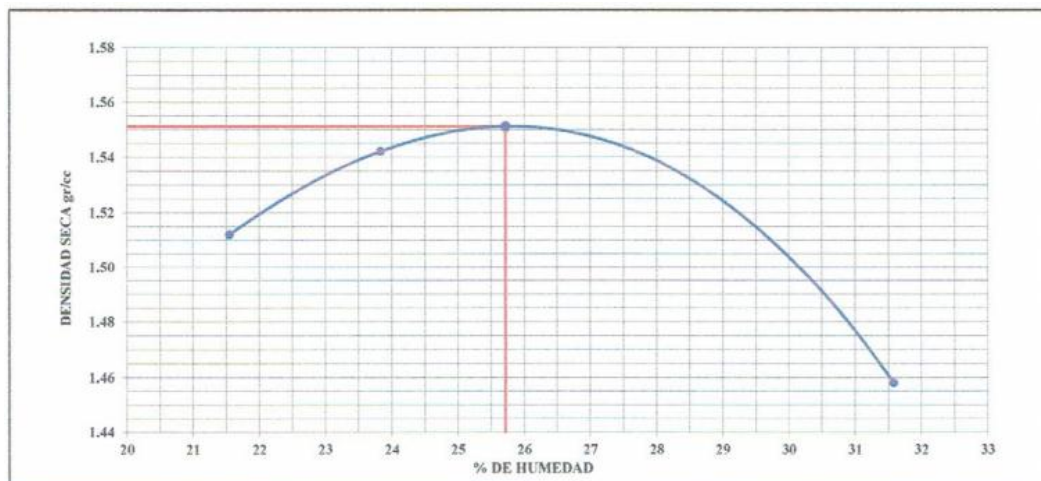
A continuación, se presenta la tabla 14 y la figura 44 con los resultados del ensayo de próctor modificado realizados a la muestra patrón:

**Tabla 14.**

#### Resumen del resultado de ensayo próctor modificado (muestra patrón)

CALICATA	MUESTRA	MDS	OCH
C-01	M-01	1.551 gr/cm <sup>3</sup>	25.72%

Fuente: Elaboración propia



**Figura 35. Curva de compactación**

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

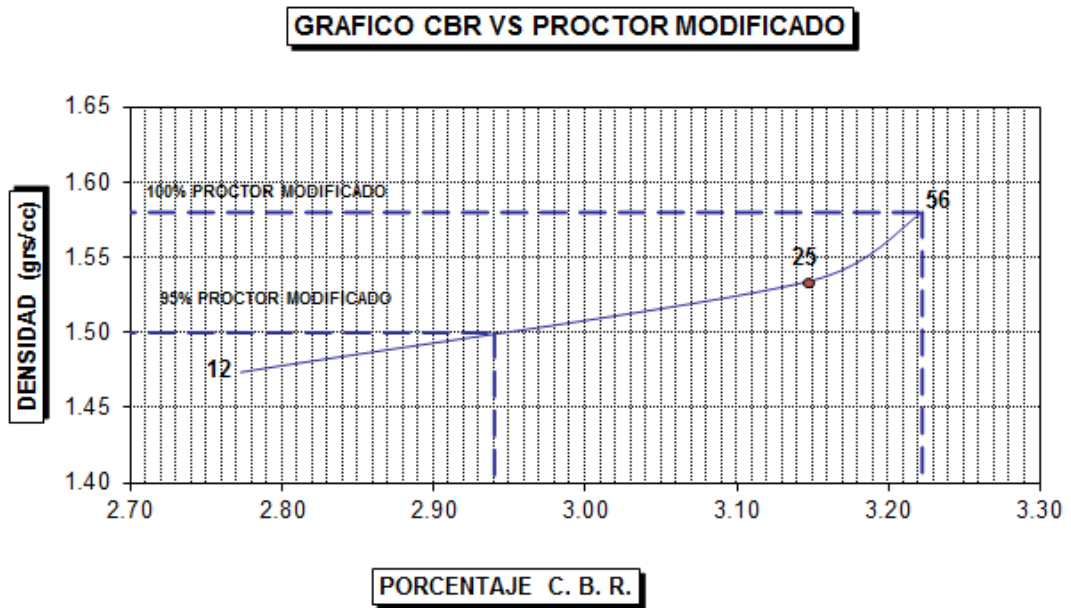
En la tabla 15 y la figura 45 se presentan los resultados del ensayo de CBR de la muestra patrón, de acuerdo a ello se puede determinar que la capacidad portante del suelo es 2.94%, lo que significa que es una subrasante inadecuada según las categorías de subrasante del manual de carreteras del Ministerio de Transporte y Comunicaciones.

**Tabla 15.**

#### Resumen del resultado de ensayo de CBR (muestra patrón)

Nº GOLPES	56	25	12
DENSIDAD SECA	1.58 gr/cm <sup>3</sup>	1.53 gr/cm <sup>3</sup>	1.47 gr/cm <sup>3</sup>
EXPANSIÓN	7.14%	9.03%	10.41%
VALOR CBR A 0.1"	3.22%	3.15%	2.77%
VALOR CBR A 0.2"	2.95%	2.75%	2.65%

Fuente: Elaboración propia



**Figura 36. Diagrama de densidad seca – CBR (muestra patrón)**

En la figura 45 se muestra en la abscisa X el porcentaje de CBR y en la abscisa Y la densidad seca para las diferentes energías de compactación a 0.1” de penetración. De dicha gráfica se puede determinar que el valor de CBR al 95% de la máxima densidad seca es 2.94%.

#### **4.2. Ensayos realizados a la muestra de suelo con adicción de partículas de caucho de neumático**

##### **4.2.1. Próctor Modificado**

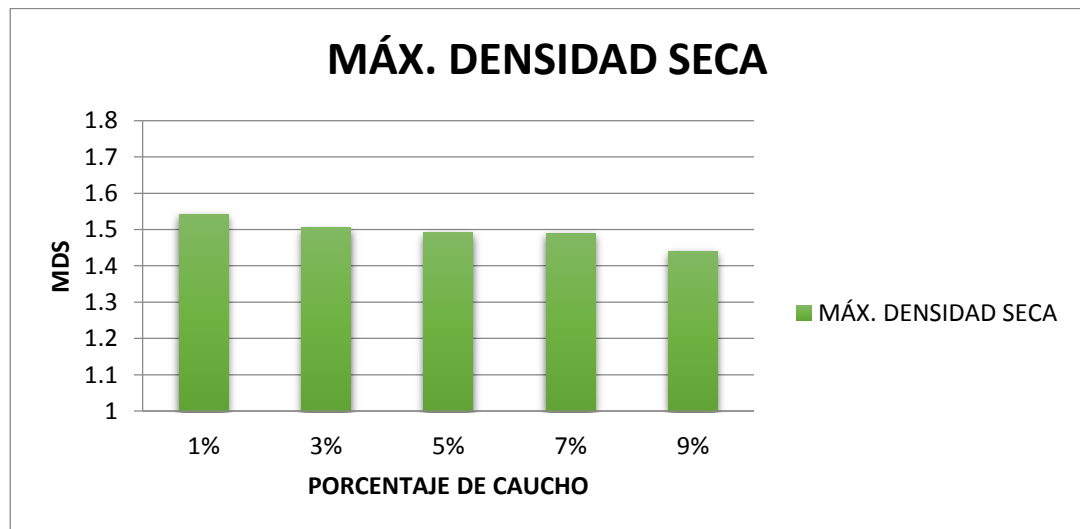
En la tabla 16 y la figura 46 y 47 se presentan los resultados del ensayo de próctor modificado (método A), realizados a las muestras de suelo con incorporación de diferentes porcentajes de partículas de caucho de neumáticos (PCN).

**Tabla 16.**

**Resumen del resultado de ensayo de próctor modificado de muestras de suelos con adicción de caucho**

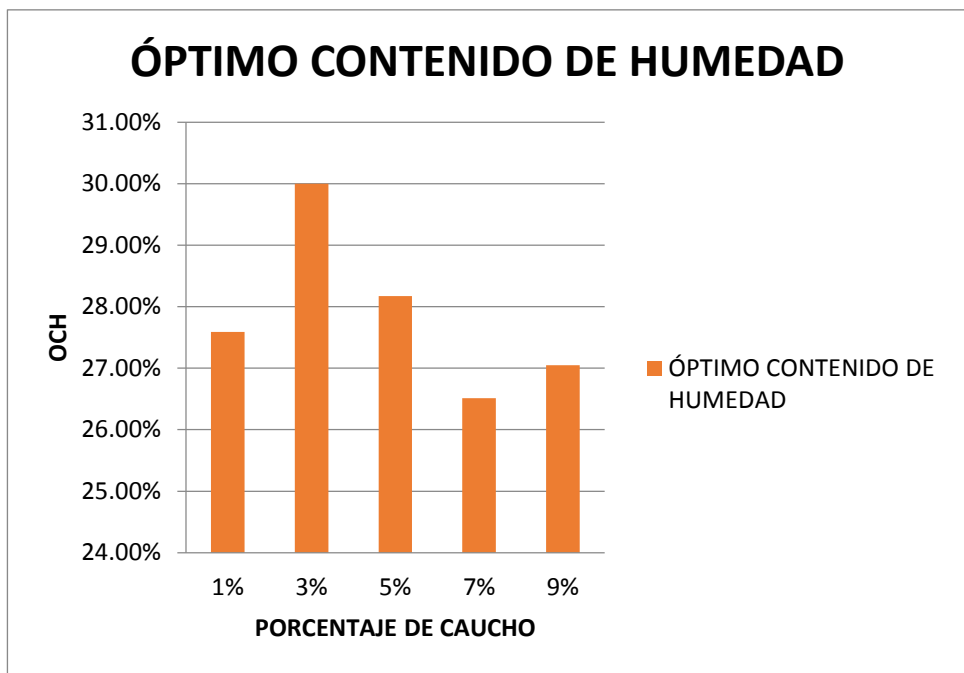
<b>CALICATA</b>	<b>% DE PCN</b>	<b>MÁXIMA DENSIDAD SECA</b>	<b>ÓPTIMO CONT. DE HUMEDAD</b>
C-01	1%	1.542 gr/cm <sup>3</sup>	27.59%
	3%	1.505 gr/cm <sup>3</sup>	30.00%
	5%	1.492 gr/cm <sup>3</sup>	28.17%
	7%	1.490 gr/cm <sup>3</sup>	26.51%
	9%	1.440 gr/cm <sup>3</sup>	27.05%

Fuente: Elaboración propia



**Figura 37. Máxima densidad seca de las muestras de suelos con adicción de caucho**

Fuente: Elaboración propia



**Figura 47. Óptimo contenido de humedad de las muestras de suelos con adicción de caucho**

Fuente: Elaboración propia

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

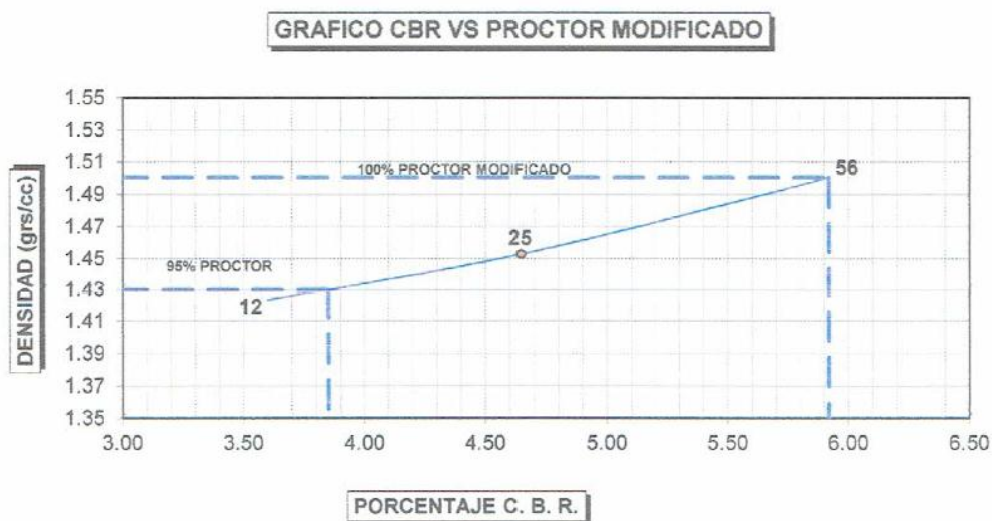
##### 4.2.2.1. CBR con incorporación de 1% de caucho

*Tabla 17.*

#### Resumen del resultado de ensayo de CBR (1% de caucho)

N° GOLPES	56	25	12
DENSIDAD SECA	1.50 gr/cm <sup>3</sup>	1.45 gr/cm <sup>3</sup>	1.42 gr/cm <sup>3</sup>
EXPANSIÓN	2.36%	2.98%	3.77%
VALOR CBR A 0.1"	5.92%	4.65%	3.60%
VALOR CBR A 0.2"	5.75%	4.60%	3.55%

Fuente: Elaboración propia



**Figura 38. Diagrama de densidad seca – CBR (1% de caucho)**

En la figura 48 se muestra en la abscisa X el porcentaje de CBR y en la abscisa Y la densidad seca para las diferentes energías de compactación. De dicha gráfica se puede determinar que el valor de CBR al 95% de la máxima densidad seca es 3.85%.

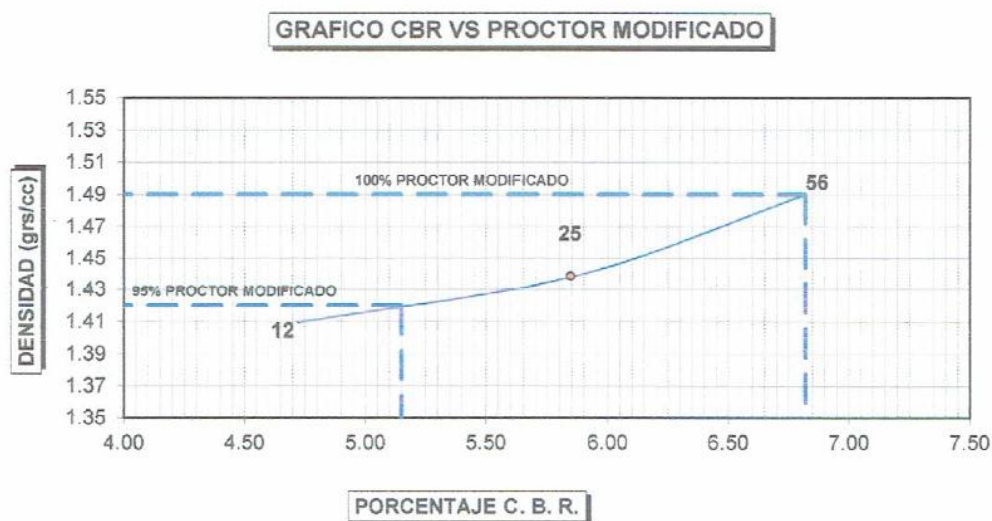
#### 4.2.2.2. CBR con incorporación de 3% de caucho

**Tabla 18.**

##### Resumen del resultado de ensayo de CBR (3% de caucho)

Nº GOLPES	56	25	12
DENSIDAD SECA	1.49 gr/cm <sup>3</sup>	1.44 gr/cm <sup>3</sup>	1.41 gr/cm <sup>3</sup>
EXPANSIÓN	0.78%	1.56%	2.08%
VALOR CBR A 0.1"	6.82%	5.85%	4.72%
VALOR CBR A 0.2"	5.75%	4.85%	4.20%

Fuente: Elaboración propia



**Figura 39. Diagrama de densidad seca – CBR (3% de caucho)**

En la figura 49 se muestra en la abscisa X el porcentaje de CBR y en la abscisa Y la densidad seca para las diferentes energías de compactación. De dicha gráfica se puede determinar que el valor de CBR al 95% de la máxima densidad seca es 5.15%.

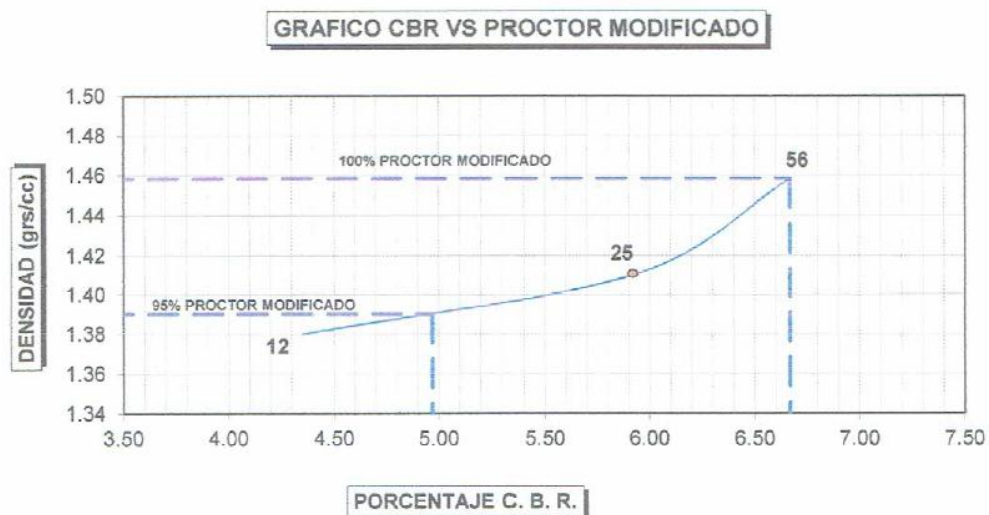
#### 4.2.2.3. CBR con incorporación de 5% de caucho

**Tabla 19.**

**Resumen del resultado de ensayo de CBR (5% de caucho)**

Nº GOLPES	56	25	12
DENSIDAD SECA	1.46 gr/cm <sup>3</sup>	1.41 gr/cm <sup>3</sup>	1.38 gr/cm <sup>3</sup>
EXPANSIÓN	0.72%	0.92%	2.08%
VALOR CBR A 0.1"	6.67%	5.92%	4.35%
VALOR CBR A 0.2"	5.15%	4.70%	4.60%

Fuente: Elaboración propia



**Figura 40. Diagrama de densidad seca – CBR (5% de caucho)**

En la figura 50 se muestra en la abscisa X el porcentaje de CBR y en la abscisa Y la densidad seca para las diferentes energías de compactación. De dicha gráfica se puede determinar que el valor de CBR al 95% de la máxima densidad seca es 4.97%.

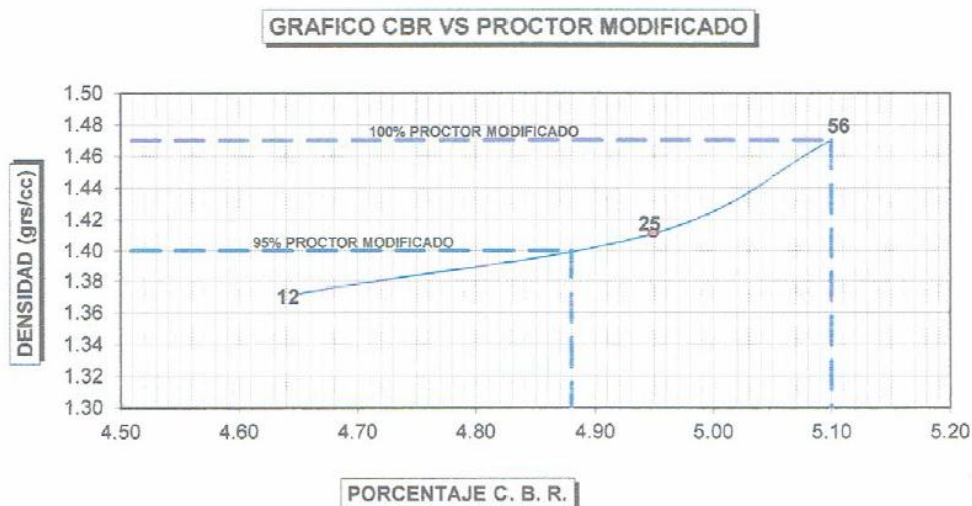
#### 4.2.2.4. CBR con incorporación de 7% de caucho

**Tabla 20.**

**Resumen del resultado de ensayo de CBR (7% de caucho)**

Nº GOLPES	56	25	12
DENSIDAD SECA	1.47 gr/cm <sup>3</sup>	1.41 gr/cm <sup>3</sup>	1.37 gr/cm <sup>3</sup>
EXPANSIÓN	0.40%	0.73%	1.25%
VALOR CBR A 0.1"	5.10%	4.95%	4.65%
VALOR CBR A 0.2"	4.35%	4.20%	4.15%

Fuente: Elaboración propia



**Figura 41. Diagrama de densidad seca – CBR (7% de caucho)**

En la figura 51 se muestra en la abscisa X el porcentaje de CBR y en la abscisa Y la densidad seca para las diferentes energías de compactación. De dicha gráfica se puede determinar que el valor de CBR al 95% de la máxima densidad seca es 4.88%.

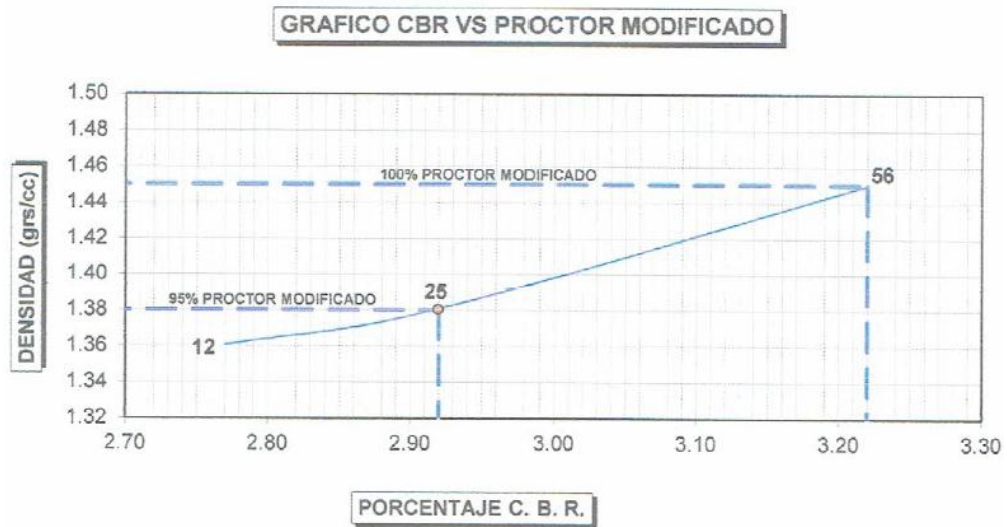
#### 4.2.2.5. CBR con incorporación de 9% de caucho

**Tabla 21.**

**Resumen del resultado de ensayo de CBR (9% de caucho)**

Nº GOLPES	56	25	12
DENSIDAD SECA	1.45 gr/cm <sup>3</sup>	1.38 gr/cm <sup>3</sup>	1.36 gr/cm <sup>3</sup>
EXPANSIÓN	8.07%	6.10%	6.00%
VALOR CBR A 0.1"	3.22%	2.92%	2.77%
VALOR CBR A 0.2"	2.95%	2.70%	2.35%

Fuente: Elaboración propia



**Figura 42. Diagrama de densidad seca – CBR (9% de caucho)**

En la figura 52 se muestra en la abscisa X el porcentaje de CBR y en la abscisa Y la densidad seca para las diferentes energías de compactación. De dicha gráfica se puede determinar que el valor de CBR al 95% de la máxima densidad seca es 2.92%.

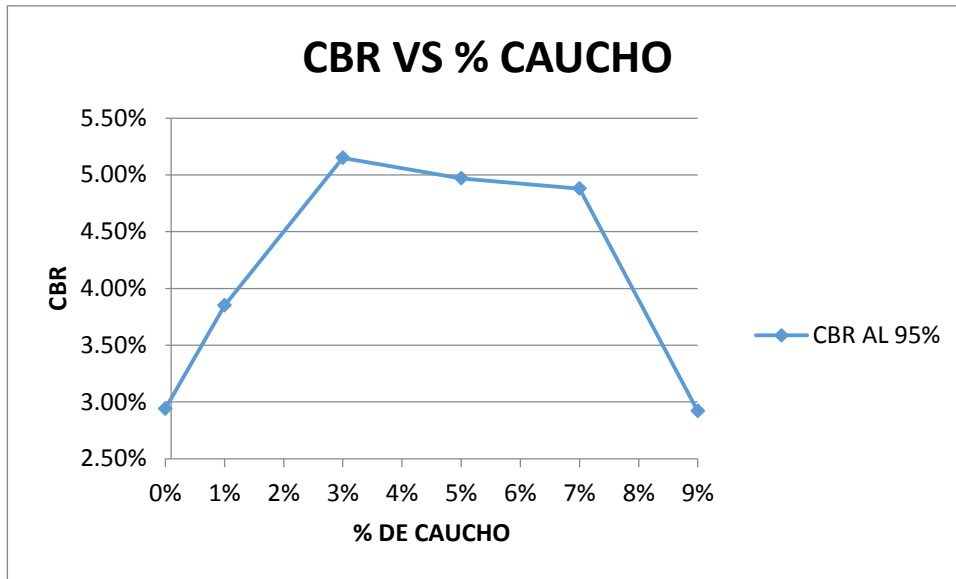
**4.2.2.6. Comparación de valores de CBRs del suelo adicionando diferentes porcentajes de partículas de caucho de neumático.**

**Tabla 22.**

**Resumen del resultado de ensayo de CBR**

PORCENTAJE	CBR AL 100%	CBR AL 95%
0%	3.22%	2.94%
1%	5.92%	3.85%
3%	6.82%	5.15%
5%	6.67%	4.97%
7%	5.10%	4.88%
9%	3.22%	2.92%

Fuente: Elaboración propia



**Figura 53. Diagrama de CBR – Porcentaje de caucho**

Fuente: Elaboración propia

En la figura 53 se muestra el valor de CBR para cada porcentaje de adición de caucho a la muestra de suelo natural, de donde se puede determinar que se obtiene un CBR máximo con la incorporación de 3% de caucho a la muestra de suelo.

## V. DISCUSIÓN

1. Con los 3 primeros ensayos realizados a la muestra de suelo natural se comprueba que el suelo es una arcilla inorgánica de plasticidad elevada (CH), según clasificación SUCS y según AASTHO el suelo está en el grupo A-7-5 con un índice de grupo de 36, lo que significa que es un suelo de subrasante muy pobre, el cual no se puede utilizar para caminos debido a que posee plasticidad alta. Así mismo con los ensayos de próctor y CBR se determina que el suelo de la muestra patrón tiene una capacidad de soporte de 2.94% que lo categoriza como una subrasante inadecuada según el manual de carreteras del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
2. A las muestras con adición del 1%, 3%, 5%, 7% y 9% de caucho se le realizó los ensayos de próctor y CBR, los resultados de dichos ensayos están en la tabla 16 y 22, de allí se infiere que la mayor capacidad de resistencia del suelo es con la incorporación del 3% de caucho, logrando obtener 5.15% de CBR al 95% de la MDS y 6.82% del CBR al 100% de la MDS.

En la tabla 22 también se aprecia que hay un incremento significativo acorde al aumento del porcentaje de caucho hasta el 3%, después de eso empieza a bajar la resistencia del suelo si se le incorpora más porcentaje de caucho, no obstante, se logra aumentar el CBR del suelo natural hasta con una adición del 7 % de caucho. Para el 9% de incorporación de caucho se aprecia resultados similares a los de la muestra patrón por lo que se demuestra que ya no tiene incidencia incorporar más del 9% de caucho. Es decir con la incorporación del 0% al 7% de caucho se logra un incremento de 1.94% de CBR al 95% de la MDS, pero con la incorporación del 3% de caucho se logra un incremento de 2.21% de CBR al 95% de la MDS, el cual vendría a ser el mayor incremento logrado con los porcentajes de caucho establecidos en esta investigación y que los porcentajes mayores al 9% de caucho pueden ser perjudiciales para mejorar su capacidad de soporte de un suelo

CH, lo que se ve reflejado en un descenso de CBR con relación a la muestra patrón, además que a la hora de realizar la compactación no compacta correctamente.

3. En el manual de carreteras, sección suelos y pavimentos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones dice que se consideran materiales aptos para las capas de la subrasante a suelos con CBR mayor o igual al 6% y con esta investigación se obtuvo un CBR de 5.15%, por lo tanto, no cumple con lo exigido en el manual, no obstante, se logró un considerable incremento del CBR (1.75 veces) en comparación con los resultados obtenidos de otras investigaciones en las que usaron otros agentes estabilizantes.

A continuación, se presenta la tabla 23, en la que se detalla algunos resultados logrados en investigaciones relacionadas a estabilización de suelos con diferentes tipos de agentes estabilizantes, entre las que tenemos: (Gonzales García, 2018), (Romero Romero & Sañac Vilca, 2016), (Díaz Vásquez, 2018) y (Ponce Crispin, 2017) en cuya tabla se puede apreciar el agente estabilizante y el porcentaje que utilizaron, así como su máximo CBR alcanzado con relación a la muestra estudiada.

**Tabla 23.**

**Resumen del resultado de investigaciones hechas con otros agentes estabilizantes**

TESISTA	TIPO DE SUELO	AGENTE ESTABILIZANTE (AE)	PORCENTAJE DE AE	CBR SUELO NATURAL	CBR SUELO CON ADICIÓN DE AE	INCREMENTO DE CBR
García Gonzalez (2015)	Limo arcilloso	Cal	8%	5.40%	8.30%	1.54 veces
Romero Romero y Sañac Vilca (2016)	CL	Polímero adhesivo natural	2%	3.00%	4.10%	1.37 veces
Díaz Vásquez (2018)	CH	Ceniza de arroz	20%	8.00%	13.80%	1.73 veces
Ponce Crispin (2018)	CL	Cloruro de calcio	5%	6.15%	8.79%	1.43 veces

Fuente: Elaboración propia

Con respecto a investigaciones sobre estabilización de subrasante de suelo arcilloso con incorporación de caucho encontramos dos una realizada por (Cusquisibán Ocas, 2014) y (Patiño Ycaza, 2017).

A continuación, se muestra la tabla 24 con los resultados obtenidos de dichas investigaciones.

**Tabla 24.**

**Resumen del resultado de investigación hecha con el mismo agente estabilizante**

TESISTA	TIPO DE SUELO	AGENTE ESTABILIZANTE (AE)	PORCENTAJE DE AE	CBR SUELO NATURAL	CBR SUELO CON ADICIÓN DE AE	INCREMENTO DE CBR
Cusquisibán Ocas (2014)	OH	Caucho granular	60%	7.00%	38.50%	5.50 veces
Cusquisibán Ocas (2014)	OL	Caucho granular	60%	7.10%	41.00%	5.77 veces
Patiño Ycaza (2017)	CH	Rubber Chips	10%	2.15%	4.81%	2.24 veces

Fuente: Elaboración propia

De la tabla 24 se aprecia que en la investigación hecha por Cusquisibán Ocas (2014) hay un aumento excesivo de CBR y que a medida que se le incorpora más caucho más aumenta su capacidad de soporte del suelo natural, lo que no sucede con la presente investigación que se obtiene el CBR máximo con la incorporación del 3% luego la capacidad de soporte del suelo empieza a disminuir. Por lo tanto se puede afirmar que no se encuentra similitud alguna con sus resultados obtenidos en esta investigación, esto quizá se deba a que no fue el mismo tipo de suelo estudiado ni el mismo tamaño de partículas de caucho.

Haciendo una comparación con la investigación de Patiño Ycaza (2017), se coincide que existe un determinado porcentaje de caucho que se debe agregar al suelo arcilloso para obtener el máximo CBR y que después de ello, si se le incorpora más caucho solo bajará la resistencia de soporte del suelo. En lo que no se concuerda es en el porcentaje de caucho óptimo a usar y esto quizá se deba a que no se utilizó el caucho en las mismas condiciones; mientras que en la investigación de Patiño Ycaza se utilizó el caucho que pasa por el tamiz 3/4'' en esta investigación se utilizó el caucho que pasa por la malla N° 10 (2 mm).

## VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1. Conclusiones

- Después de realizar los ensayos de laboratorio a la muestra de suelo extraída del Centro Poblado San Agustín se determinó que el suelo es una arcilla inorgánica de plasticidad elevada (CH), según la clasificación SUCS y de acuerdo a la clasificación AASHTO es un suelo tipo A-7-5; así mismo presenta un contenido de humedad promedio de 24.75% y un índice de plasticidad mayor a 20 por lo que posee plasticidad alta. Su máxima densidad seca es de 1.551 gr/cm<sup>3</sup> para un óptimo contenido de humedad de 25.72%, llegando a alcanzar una capacidad de soporte del suelo de 2.94% que lo categoriza como una subrasante inadecuada (S<sub>0</sub>) según el MTC.
- Con el ensayo de próctor modificado se determinó que con la incorporación del 1% de caucho al suelo natural se tiene una MDS de 1.542 gr/cm<sup>3</sup> para un óptimo contenido de humedad de 27.59%; con el 3% de caucho se obtiene una MDS de 1.505 gr/cm<sup>3</sup> para un OCH de 30.00%; con el 5% de caucho su MDS es de 1.492 gr/cm<sup>3</sup> y su OCH es 28.17%; adicionando el 7% de caucho se logra una MDS igual a 1.490 gr/cm<sup>3</sup> a un OCH de 26.51%; y por último con el 9% de caucho se llega a una máxima densidad seca de 1.440 gr/cm<sup>3</sup> con un óptimo contenido de humedad de 27.05%. Con el ensayo de CBR se obtuvo los siguientes resultados: con el 1% de caucho se tiene un CBR máximo de 5.92% y un CBR mínimo de 3.85%; con el 3% de caucho se tiene un CBR máximo de 6.82% y un CBR mínimo de 5.15%, con el 5% de caucho se llega a un CBR máximo de 6.67% y un CBR mínimo de 4.97%, con el 7% de caucho el CBR máximo es de 5.10% y el CBR mínimo es de 4.88% ; y por último con la incorporación del 9% de caucho se obtiene un CBR máximo de 3.22% y un CBR mínimo de 2.92%.

- Después de analizar y comparar las propiedades mecánicas de todas las muestras estudiadas se concluye que con la incorporación de caucho la máxima densidad seca disminuye con relación a la de la muestra patrón, también cabe mencionar que aumenta el CBR del suelo natural con la incorporación del 1%, 3%, 5% y 7% de caucho, pero de todas las muestras con incorporación de caucho la que presenta un CBR mayor es la muestra que posee 3% de caucho.
- La capacidad de soporte del suelo natural presenta un incremento de 1.31 veces de su CBR cuando se le incorpora 1% de caucho, 1.75 veces de su CBR con la incorporación del 3% de caucho, 1.69 veces de su CBR al adicionar el 5% de caucho, 1.66 veces de su CBR cuando se le añade 7% de caucho y con el 9% de caucho no se obtiene ningún incremento.

## **6.2. Recomendaciones**

De acuerdo a los resultados obtenidos se recomienda:

- Utilizar el caucho en proporciones 3% a 5% para estabilizar suelo CH de baja plasticidad.
- Investigar la capacidad de soporte (CBR) del caucho en pequeñas proporciones (1%, 3%, 5%) con algún tipo de estabilizador clásico (cal, cemento, cenizas volantes, entre otros).
- Investigar cómo influye la incorporación de caucho en el comportamiento de distintos tipos de suelos.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Borfitz, A., Bosch, D., Arce, G., Casco, H., & Nuñez, D. (2008). *Trabajo Práctico de Laboratorio n° 2a Humedad Natural*. Retrieved from <http://ing.unne.edu.ar/pub/Geotecnia/2k8-04-10/12-pi.pdf>
- Carlos Crespo Villalaz. (2004). *Mecánica de Suelos y Cimentaciones* (5a ed.; 2004 Limusa, Ed.). Retrieved from <https://stehven.files.wordpress.com/2015/06/mecanica-desuelos-y-cimentaciones-crespo-villalaz.pdf>
- Cuattrocchio, A., Botasso, H., Rebollo, O., & Soenagas, C. (2006). *El uso de caucho de cubiertas en mezclas asfálticas*. 19. Retrieved from [https://lemac.frlp.utn.edu.ar/wp-content/uploads/2011/12/2006\\_Caucho-de-Cubiertas-en-Mezclas-Asfálticas\\_4ºPROCQMA.pdf](https://lemac.frlp.utn.edu.ar/wp-content/uploads/2011/12/2006_Caucho-de-Cubiertas-en-Mezclas-Asfálticas_4ºPROCQMA.pdf)
- Cusquisibán Ocas, W. D. (2014). *Mejoramiento de suelos arcillosos utilizando caucho granular de neumáticos para fines constructivos de pavimento*. 136. Retrieved from [http://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/685/T\\_631.4\\_C984\\_2014.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/685/T_631.4_C984_2014.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Díaz Vásquez, F. (2018). *Mejoramiento de la subrasante mediante ceniza de cáscara de arroz en la carretera Dv San Martín – Lonya Grande, Amazonas 2018* (Universidad César Vallejo). Retrieved from [http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/25951/Díaz\\_VF.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/25951/Díaz_VF.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Duque Escobar, G., & Escobar Potes, C. E. (2016). Origen formación y constitución del suelo, fisicoquímica de las arcillas. *Geomecánica Para Ingenieros*, 11–28.
- Gonzales García, A. (2018). *Determinación de la resistencia de la Subrasante incorporando cal estructural en el suelo limo arcilloso del sector 14 Mollepampa de Cajamarca, 2015*. Universidad Privada del Norte.
- INACAL(Instituto Nacional de calidad). (1999). *Ntp-339-135*. 19.
- INACAL(Instituto Nacional de Calidad). (1999a). *NTP-339-129*. (Lima 41), 27.
- INACAL(Instituto Nacional de Calidad). (1999b). *NTP-339-145-CBR* (p. 19). p. 19.

- Juárez Badillo, E., & Rico Rodríguez, A. (2005). *Mecánica de suelos: Fundamentos de la mecánica de suelos* (Editorial). México.
- Laica Moposita, J. G. (2016). *Influencia de la inclusión de polímero reciclado (caucho) en las propiedades mecánicas de una sub base*. (UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO). Retrieved from [http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/24440/1/Tesis 1074 - Laica Mopocita Gabriel.pdf](http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/24440/1/Tesis_1074_-_Laica_Mopocita_Gabriel.pdf)
- Leiva Gonzales, R. R. (2016). *Utilización de bolsas de polietileno para el mejoramiento de suelo a nivel de la Subrasante en el Jr. Arequipa, progresiva Km 0+000 - Km 0+100, Distrito de Orcotuna, Concepción*. (Universidad Nacional del Centro del Perú). Retrieved from [http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/3358/Solano Ccanto\\_opt.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/3358/Solano_Ccanto_opt.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2014). *Manual de carreteras, suelos, geología, geotecnia y pavimentos*.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2016). *Manual de Ensayo de Materiales*.
- Patiño Ycaza, J. J. (2017). *Estabilización del Suelo mediante adiciones de caucho reciclado*.
- Peláez Arroyave, G. J., Velásquez Restrepo, S. M., Giraldo Vásquez, D. H., Peláez Arroyave, G. J., Velásquez Restrepo, S. M., & Giraldo Vásquez, D. H. (2017). Aplicaciones de caucho reciclado: Una revisión de la literatura. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 27(2), 27–50. <https://doi.org/10.18359/rcin.2143>
- Ponce Crispin, D. K. (2017). *Uso del cloruro de calcio para estabilización de la subrasante en suelos arcillosos de la avenida Ccoripaccha - Puyhuan grande – Huancavelica*. (Universidad Nacional de Huancavelica). Retrieved from [http://repositorio.unh.edu.pe/bitstream/handle/UNH/362/TP - UNH DERECHO 0009.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unh.edu.pe/bitstream/handle/UNH/362/TP_-_UNH_DERECHO_0009.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Romero Romero, R. M., & Sañac Vilca, C. (2016). *Evaluación comparativa mediante la capacidad de Soporte y densidad máxima de un suelo adicionado con polímero adhesivo natural en porcentajes de 0.5%, 1%, 2% y 3% frente a un suelo natural para sub rasante de pavimento rígido de la urb. San Judas Chico – Universidad Andina del Cusco*.

## **DEDICATORIA**

A Dios por la vida y por darme la fortaleza necesaria para seguir adelante.

A mis padres Wilser y Nila por todo el sacrificio que hicieron para poder cumplir con esta gran meta y por sus grandes consejos que me inspiraron a ser mejor cada día.

A mis hermanas por su paciencia, comprensión y por estar siempre a mi lado, apoyándome en todo momento.

**Julissa**

A Dios por darme la fuerza y sabiduría de cumplir con mis objetivos. Asimismo dedico este trabajo a mis padres Regulo, José Vidaure y Nely. Quiero que este sea un pequeño reconocimiento a su esfuerzo en la vida. A mis hermanas que estuvieron siempre pendiente de mis pasos en la culminación de mi carrera profesional.

**Rosa**

## **AGRADECIMIENTO**

Queremos agradecer primero a Dios por cuidarnos y guiarnos siempre, darnos salud, sabiduría y entendimiento para alcanzar este logro.

A los ingenieros Benito Román Vásquez y José Ruiz Navarrete por su apoyo y orientación a lo largo de esta investigación.

A los ingenieros Ernesto Pérez Cereales y Wilmer Rojas Pintado por sus ideas y recomendaciones que sirvieron para la culminación de este tema de investigación.

A todos nuestros familiares y amigos que nos apoyaron en todo momento.

# **ANEXOS**

## **ENSAYOS DE MECÁNICA DE SUELOS**

**TESIS: INCORPORACIÓN DE PARTICULAS DE CAUCHO DE NEUMÁTICOS  
PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS EN SUELOS ARCILLOSOS  
DISTRITO DE JAEN - PROVINCIA JAEN - DEPARTAMENTO CAJAMARCA**

**SOLICITADO POR:  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAEN  
- DIAZ SUAREZ KATHERINE  
- TORRES FRIAS ROSA**

**ELABORADO POR:**



**JAEN, JUNIO DEL 2019**

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO**

**SOLICITA** : UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAEN  
: DIAZ SUAREZ KATHERINE  
: TORRES FRIAS ROSA

**PROYECTO DE TESIS** : INCORPORACIÓN DE PARTICULAS DE CAUCHO DE NEUMÁTICOS PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS EN SUELOS ARCILLOSOS

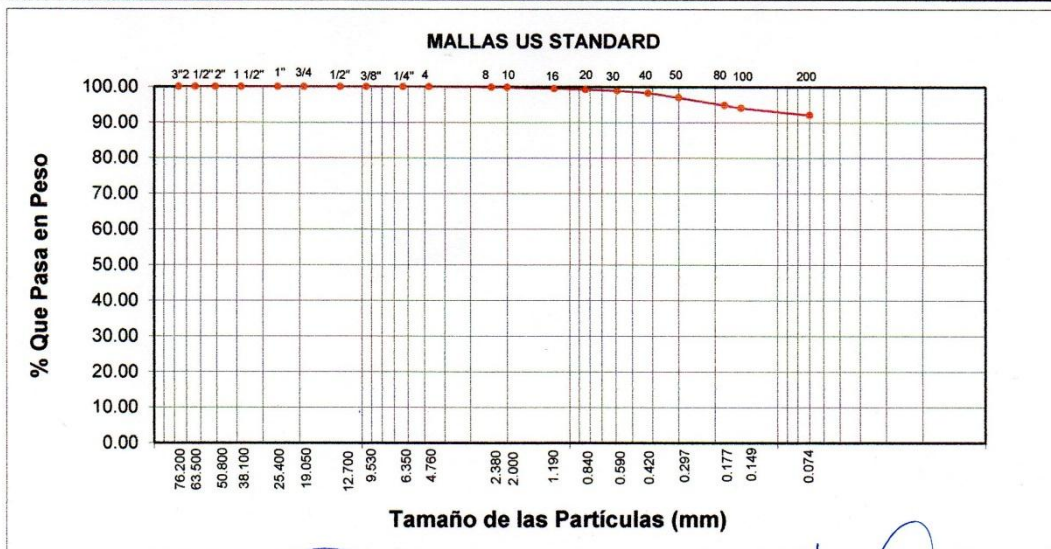
**UBICACIÓN** : CP. SAN AGUSTIN - BELLAVISTA - JAEN - CAJAMARCA

**FECHA** : MAYO DEL 2019

**MATERIAL:** NATURAL

**MUESTRA N°:** M - 01

Abertura Malla		Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones	CLASIFICACION SUCS
Pulg.	mm.						
3"	76.20						CH, arcillas inorgánicas de plasticidad elevada. L.L. : 65 L.P. : 32 I.P. : 33 CLASIFICACION AASHTO : A - 7 - 5 ( 36)
2 1/2"	63.50						
2"	50.80						
1 1/2"	38.10						
1"	25.40						
3/4"	19.05						
1/2"	12.70						
3/8"	9.53						
1/4"	6.35						
Nº 04	4.76				100.00		
Nº 08	2.38	0.80	0.14	0.14	99.86		
Nº 10	2.00	0.48	0.09	0.23	99.77		
Nº 16	1.19	1.58	0.28	0.51	99.49	OBSERVACIONES:	
Nº 20	0.84	1.55	0.28	0.78	99.22		
Nº 30	0.69	2.07	0.37	1.15	98.85		
Nº 40	0.42	3.52	0.63	1.78	98.22		
Nº 50	0.30	7.17	1.28	3.06	96.94		
Nº 80	0.18	11.91	2.12	5.17	94.83		
Nº 100	0.15	4.41	0.78	5.96	94.04		
Nº 200	0.07	11.11	1.98	7.94	92.06		
<Nº 200		517.40	92.06	100.00	0.00		
Peso Inicial		562.00					



MAGMA S.A.C. LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
*[Signature]*  
JUANITO H. SOBERÓN HERRERA  
TECNICO LABORATORISTA

MAGMA S.A.C. LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
*[Signature]*  
Luis G. Meléndez Tuesta  
ING RESPONSABLE (C.R. 38121)

### LIMITES DE ATTERBERG

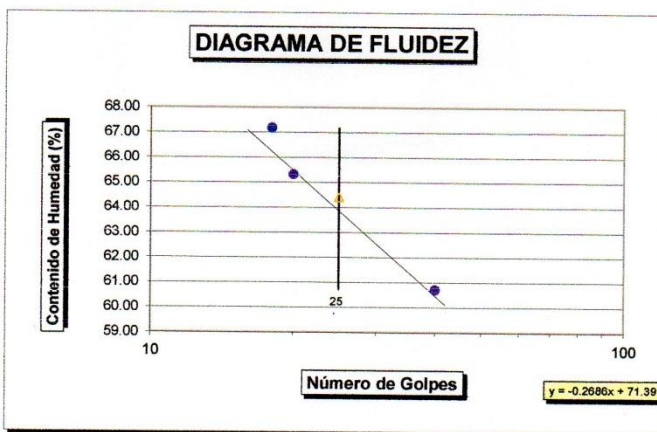
SOLICITANTE : UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAEN  
: DIAZ SUAREZ KATHERINE  
: TORRES FRIAS ROSA  
PROYECTO DE TESIS : INCORPORACIÓN DE PARTICULAS DE CAUCHO DE NEUMÁTICOS PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS EN SUELOS ARCILLOSOS  
LUGAR : CP. SAN AGUSTIN - BELLAVISTA - JAEN - CAJAMARCA  
CALICATA : C-01 MATERIAL: NATURAL FECHA: MAYO DEL 2019

#### LIMITE LIQUIDO

	N° DE MUESTRA :		M-01	N° DE MUESTRA :	
	PROFUNDIDAD :			PROFUNDIDAD :	
- Ensayo N°					
- N° de Golpes	40	20	18		
- Recipiente N°	18	2	7		
- Peso Suelo Húmedo + Tr(g)	32.06	27.97	30.22		
- Peso Suelo Seco + Tara (g)	22.45	19.55	20.80		
- Tara (g)	6.62	6.66	6.78		
- Peso del Agua (g)	9.61	8.42	9.42		
- Peso del Suelo Seco (g)	15.83	12.89	14.02		
- Contenido de agua (%)	60.71	65.32	67.19		

#### LIMITE PLASTICO

	N° DE MUESTRA :		M-01	N° DE MUESTRA :	
	PROFUNDIDAD :			PROFUNDIDAD :	
- Ensayo N°					
- Recipiente N°	15	9			
- Peso Suelo Húmedo + Tr(g)	12.12	10.32			
- Peso Suelo Seco + Tara (g)	10.71	9.35			
- Tara (g)	6.27	6.39			
- Peso del Agua (g)	1.41	0.97			
- Peso del Suelo Seco (g)	4.44	2.96			
- Contenido de agua (%)	31.76	32.77			



MUESTRA N°	
M - 01	---
L.L.	64.29
L.P.L.	31.76
I.P.	32.53

CLASIFICACION SUCS

CLASIFICACION AASHTO

Observaciones :

MAGMA S.A.C. - LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
*Juanito H. Soberón Herrera*  
JUANITO H. SOBERÓN HERRERA  
TÉCNICO LABORATORISTA

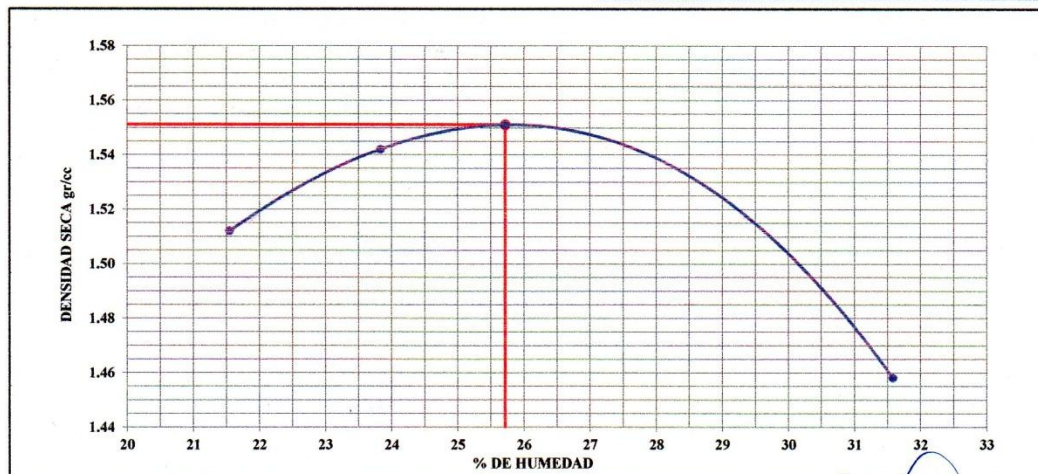
MAGMA S.A.C. LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
*Luis G. Meléndez Tuest*  
LUIS G. MELÉNDEZ TUEST  
ING. RESPONSABLE - CIP 38121

**ENSAYO PROCTOR MODIFICADO  
MTC E 115 - ASTM D 1557**

SOLICITA : BACH. E.A.P. ING. CIVIL UNJ.- DIAZ SUÁREZ KATHERINE Y TORRES FRÍAS ROSA  
 PROYECTO : TESIS "INCORPORACIÓN DE PARTÍCULAS DE CAUCHO DE NEUMÁTICOS PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE SUELOS ARCILLOSOS"  
 UBICACIÓN : C.P. SAN AGUSTÍN, DIST. BELLAVISTA, PROV. JAÉN - CAJAMARCA  
 MATERIAL : DE SUBRASANTE, SUELO NATURAL  
 FECHA : MAYO DEL 2019

COMPACTACION	METODO A			
	1	2	3	4
MUESTRA				
PESO SUELO + MOLDE (gr.)	5541	5609	5647	5617
PESO MOLDE (gr.)	3808	3808	3808	3808
PESO SUELOS HUMEDO COMPACTADO (gr.)	1733	1801	1839	1809
VOLUMEN MOLDE (cc.)	943	943	943	943
DENSIDAD HUMEDA (gr./cc.)	1.84	1.91	1.95	1.92
PESO SUELO HUMEDO + TARA (gr.)	87.87	86.80	87.21	97.06
PESO SUELO SECO + TARA (gr.)	75.61	73.49	73.07	78.32
PESO TARA (gr.)	18.73	17.63	18.10	18.98
PESO AGUA (gr.)	12.26	13.31	14.14	18.74
PESO SUELO SECO (gr.)	56.88	55.86	54.97	59.34
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	21.55	23.83	25.72	31.58
DENSIDAD SECA (gr./cc.)	1.512	1.542	1.551	1.458

Maxima Densidad Seca : 1.551 gr./cc.  
 % Humedad Optima : 25.72 %



MAGMA S.A.C. LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
 JUANITO H. SOBERÓN HERRERA  
 TÉCNICO LABORATORISTA

MAGMA S.A.C. LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
 LUIS G. Meléndez Tuesta  
 ING. RESPONSABLE - ZTA 58121

<b>ENSAYO C.B.R.</b>													
<b>Norma MTC - E 132</b>													
<b>SOLICITA</b>		: UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAEN : DIAZ SUAREZ KATHERINE : TORRES FRIAS ROSA											
<b>PROYECTO DE TESIS</b>		: INCORPORACIÓN DE PARTICULAS DE CAUCHO DE NEUMÁTICOS PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS EN SUELOS ARCILLOSOS											
<b>UBICACIÓN</b>		: CP. SAN AGUSTIN - BELLAVISTA - JAEN - CAJAMARCA											
<b>MUESTRA</b>		: SUELO NATURAL											
											<b>FECHA:</b> MAYO DEL 2019		
<b>MOLDE N°</b>	4				5				6				
<b>CAPAS N°</b>	5				5				5				
<b>GOLPES POR N° DE CAPA</b>	56				25				12				
<b>CONDICION DE MUESTRA</b>		SIN MOJAR		MOJADA		SIN MOJAR		MOJADA		SIN MOJAR		MOJADA	
Peso molde + Suelo Húmedo (g)		9,112.00		9,385.00		9,096.00		9,325.00		8,872.00		9,209.00	
Peso del molde (g)		4,880.00		4,880.00		4,983.00		4,983.00		4,964.00		4,964.00	
Peso Suelo Húmedo (g)		4232.00		4505.00		4113.00		4342.00		3908.00		4245.00	
Volúmen de suelo (g)		2,104.90		2,104.90		2,104.94		2,104.94		2,086.78		2,086.18	
Densidad Humeda (g/cm)		2.01		2.14		1.95		2.06		1.87		2.03	
Tarro N°		17		4		14		5		15		6	
Tarro + Suelo Húmedo (g)		89.60		103.27		90.29		106.88		93.10		110.94	
Tarro + Suelo Seco (g)		74.54		76.24		75.12		79.35		77.20		81.20	
Agua (g)		15.06		27.03		15.17		27.53		15.9		29.74	
Peso del Tarro (g)		18.47		18.82		19.16		18.83		18.10		18.73	
Peso del Suelo Seco (g)		56.07		57.42		55.96		60.52		59.1		62.47	
% de humedad (%)		26.86		47.07		27.11		45.49		26.90		47.61	
Densidad Seca (g/cm)		1.58		1.46		1.53		1.42		1.47		1.38	
<b>EXPANSION</b>													
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION			
				mm.	%		mm.	%		mm.	%		
18/05/2019	18:00 HRS.	0 hrs	17.160	0.00	0.00	14.67	0.00	0.00	15.19	0.00	0.00		
19/05/2019	18:00 HRS.	24 hrs	19.150	1.990	1.711	18.69	4.020	3.457	20.40	5.210	4.480		
20/05/2019	18:00 HRS.	48 hrs	21.140	1.990	1.711	22.71	4.020	3.457	25.61	5.210	4.480		
21/05/2019	18:00 HRS.	72 hrs	25.310	4.170	3.586	24.29	1.580	1.359	26.79	1.180	1.015		
22/05/2019	18:00 HRS.	96 hrs	25.460	0.150	0.129	25.17	0.880	0.757	27.30	0.510	0.439		
				7.14		9.03				10.41			
<b>PENETRACION</b>													
PENETRACION (pulg.)	CARGA ESTÁNDAR (lbs/pulg²)	MOLDE N° 4				MOLDE N° 5				MOLDE N° 6			
		CARGA	CORRECCION			CARGA	CORRECCION			CARGA	CORRECCION		
		Lectura	lbs	lbs/pulg²	%	Lectura	lbs	lbs/pulg²	%	Lectura	lbs	lbs/pulg²	%
0.020		0.18	40.5	13.49		0.16	35.97	11.99		0.10	22.48	7.49	
0.040		0.27	60.7	20.23		0.24	53.95	17.98		0.19	42.71	14.24	
0.060		0.34	76.4	25.48		0.30	67.44	22.48		0.26	58.45	19.48	
0.080		0.39	87.7	29.23		0.37	83.18	27.73		0.32	71.94	23.98	
0.100	1000	0.43	96.7	32.22	3.22	0.42	94.42	31.47	3.15	0.37	83.18	27.73	2.77
0.200		0.59	132.6	44.21		0.55	123.64	41.21		0.53	119.1	39.72	
0.300		0.66	148.4	49.46		0.63	141.63	47.21		0.60	134.9	44.96	
0.400		0.70	157.4	52.46		0.69	155.12	51.71		0.66	148.4	49.46	
0.500		0.74	166.4	55.45		0.73	164.11	54.70		0.72	161.9	53.95	
	Factor	224.809	3										

MAGMA SAC LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

JUANITO H. SOBERÓN HERRERA  
TECNICO LABORATORISTA

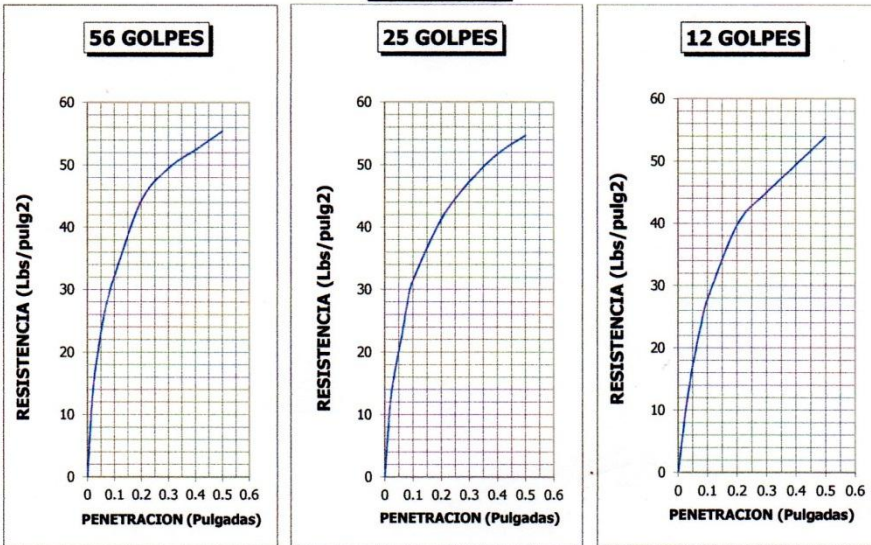
MAGMA SAC LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

Luis G. Meléndez Tuesta  
ING RESPONSABLE - CP 38121

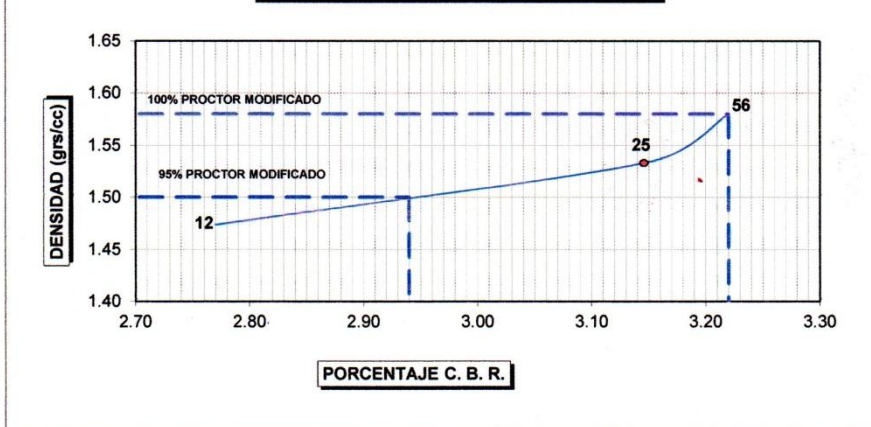
SOLICITA : UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAEN  
: DIAZ SUAREZ KATHERINE  
: TORRES FRIAS ROSA  
PROYECTO : INCORPORACIÓN DE PARTICULAS DE CAUCHO DE NEUMÁTICOS PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS EN  
DE TESIS : SUELOS ARCILLOSOS  
UBICACIÓN : CP. SAN AGUSTIN - BELLAVISTA - JAEN - CAJAMARCA  
FECHA : MAYO DEL 2019  
MUESTRA : SUELO NATURAL

DATOS DEL PROCTOR		DATOS DEL C.B.R.	
Dens. Máx. :	1.58	AL 100% :	3.22
Hum. Opt. :	26.86	AL 95% :	2.94

**GRAFICO**



**GRAFICO CBR VS PROCTOR MODIFICADO**



MAGMA SAC - LABORATORIO  
DE MECÁNICA DE SUELOS  
*[Signature]*  
JUANITO H. SOBERÓN HERRERA  
TÉCNICO LABORATORISTA

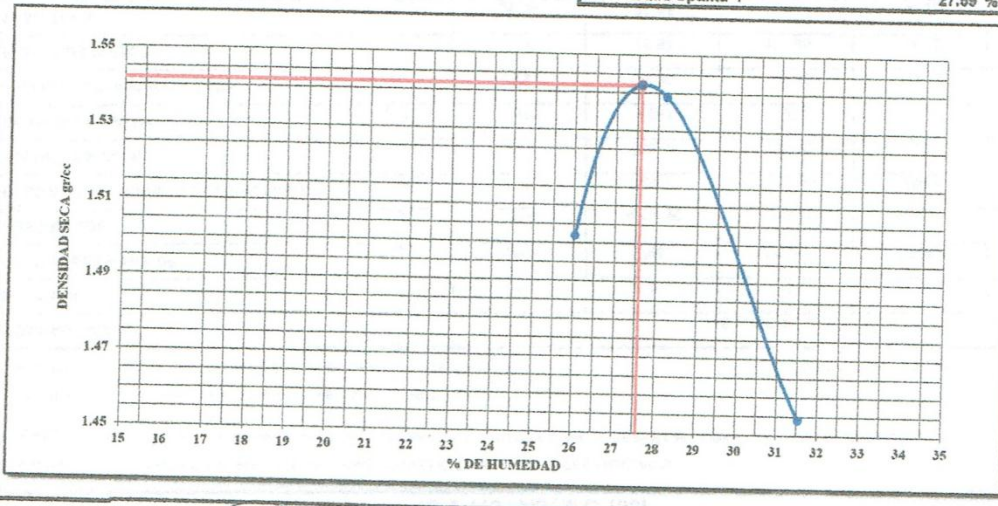
MAGMA S.A.C. LABORATORIO  
DE MECÁNICA DE SUELOS  
*[Signature]*  
Luis G. Meléndez Tuesta  
ING RESPONSABLE - CIP 28121

**ENSAYO PROCTOR MODIFICADO  
MTC E 115 - ASTM D 1557**

SOLICITA : BACH. E.A.P. ING. CIVIL UNJ. - DÍAZ SUÁREZ KATHERINE Y TORRES FRÍAS ROSA  
 PROYECTO : TESIS "INCORPORACIÓN DE PARTICULAS DE CAUCHO DE NEUMÁTICOS PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE SUELOS ARCILLOSOS"  
 UBICACIÓN : C.P. SAN AGUSTÍN, DIST. BELLAVISTA, PROV. JAÉN - CAJAMARCA  
 MATERIAL : DE SUBRASANTE, SUELO NATURAL + 1% DE CAUCHO  
 FECHA : MAYO DEL 2019

COMPACTACION MUESTRA	METODO A			
	1	2	3	4
PESO SUELO + MOLDE (gr.)	5593	5798.3	5803.5	5746.9
PESO MOLDE (gr.)	3808	3962.06	3962.06	3962.06
PESO SUELOS HUMEDO COMPACTADO (gr.)	1785	1836.24	1841.44	1784.84
VOLUMEN MOLDE (cc.)	943	933.38	933.38	933.38
DENSIDAD HUMEDA (gr./cc.)	1.893	1.967	1.973	1.912
PESO SUELO HUMEDO + TARA (gr.)	88.91	91.00	119.20	104.19
PESO SUELO SECO + TARA (gr.)	76.12	79.88	101.48	88.85
PESO TARA (gr.)	26.99	39.58	38.64	40.20
PESO AGUA (gr.)	12.79	11.12	17.72	15.34
PESO SUELO SECO (gr.)	49.13	40.30	62.84	48.65
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	26.03	27.59	28.20	31.53
DENSIDAD SECA (gr./cc.)	1.502	1.542	1.539	1.454

Maxima Densidad Seca : 1.542 gr./cc.  
 % Humedad Optima : 27.59 %



MAGMA S.A.C. LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
 Ing. Katherine Díaz Suárez  
 INGENIERO RESPONSABLE

MAGMA S.A.C. LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
 Ing. Torres Frías Rosa  
 INGENIERO RESPONSABLE

Dirección: Calle Lambayeque N° 170 -172 Jaén

Teléfono: (076) 43 2587

## ENSAYO C.B.R.

Norma MTC - E 132

**SOLICITA** : UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAEN  
: DIAZ SUAREZ KATHERINE  
: TORRES FRIAS ROSA

**PROYECTO DE TESIS** : INCORPORACIÓN DE PARTICULAS DE CAUCHO DE NEUMÁTICOS PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS EN SUELOS ARCILLOSOS

**UBICACIÓN** : CP. SAN AGUSTIN - BELLAVISTA - JAEN - CAJAMARCA

**MUESTRA** : CON 1% DE CAUCHO **FECHA:** JUNIO DEL 2019

MOLDE N°	4		5		6	
CAPAS N°	5		5		5	
GOLPES POR N° DE CAPA	56		25		12	
CONDICION DE MUESTRA	SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA
Peso molde + Suelo Húmedo (g)	8,429.00	8,524.00	8,107.00	8,246.00	8,794.00	9,027.00
Peso del molde (g)	4,342.00	4,342.00	4,076.00	4,076.00	4,964.00	4,964.00
Peso Suelo Húmedo (g)	4087.00	4182.00	4031.00	4170.00	3830.00	4063.00
Volúmen de suelo (g)	2,104.90	2,104.90	2,132.66	2,132.66	2,086.78	2,086.78
Densidad Humeda (g/cm)	1.94	1.99	1.89	1.96	1.84	1.95
Tarro N°	17	22	14	30	4	24
Tarro + Suelo Húmedo (g)	87.37	105.75	92.04	84.54	87.81	103.82
Tarro + Suelo Seco (g)	71.86	83.31	75.18	66.16	72.18	79.25
Agua (g)	15.51	22.44	16.86	18.38	15.63	24.57
Peso del Tarro (g)	18.47	18.02	19.16	17.80	18.82	17.85
Peso del Suelo Seco (g)	53.39	65.29	56.02	48.36	53.36	61.4
% de humedad (%)	29.05	34.37	30.10	38.01	29.29	40.02
Densidad Seca (g/cm)	1.50	1.48	1.45	1.42	1.42	1.39

### EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm.	%		mm.	%		mm.	%
13/06/2019	18:00 HRS.	0 hrs	7.600	0.00	0.00	6.26	0.00	0.00	5.20	0.00	0.00
14/06/2019	18:00 HRS.	24 hrs	9.580	1.980	1.702	8.96	2.700	2.322	9.23	4.030	3.465
15/06/2019	18:00 HRS.	48 hrs	10.040	0.460	0.396	9.57	0.610	0.525	9.53	0.300	0.258
16/06/2019	18:00 HRS.	72 hrs	10.230	0.190	0.163	9.70	0.130	0.112	9.54	0.010	0.009
17/06/2019	18:00 HRS.	96 hrs	10.350	0.120	0.103	9.72	0.020	0.017	9.58	0.040	0.034
<b>TOTAL %</b>					<b>2.36</b>			<b>2.98</b>			<b>3.77</b>

### PENETRACION

PENETRACION (pulg.)	CARGA ESTÁNDAR (lbs/pulg²)	MOLDE N° 4				MOLDE N° 5				MOLDE N° 6			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Lectura	lbs	lbs/pulg²	%	Lectura	lbs	lbs/pulg²	%	Lectura	lbs	lbs/pulg²	%
0.020		0.13	29.2	9.74		0.11	24.73	8.24		0.09	20.233	6.74	
0.040		0.29	65.2	21.73		0.23	51.71	17.24		0.18	40.466	13.49	
0.060		0.47	105.7	35.22		0.36	80.93	26.98		0.28	62.947	20.98	
0.080		0.66	148.4	49.46		0.50	112.40	37.47		0.38	85.427	28.48	
0.100	1000	0.79	177.6	59.20	5.92	0.62	139.38	46.46	4.65	0.48	107.91	35.97	3.60
0.200		1.15	258.5	86.18		0.92	206.82	68.94		0.71	159.61	53.20	
0.300		1.41	317.0	105.66		1.19	267.52	89.17		0.92	206.82	68.94	
0.400		1.62	364.2	121.40		1.38	310.24	103.41		1.07	240.55	80.18	
0.500		1.79	402.4	134.14		1.54	346.21	115.40		1.17	265.03	87.68	
	Factor	224.800	3										

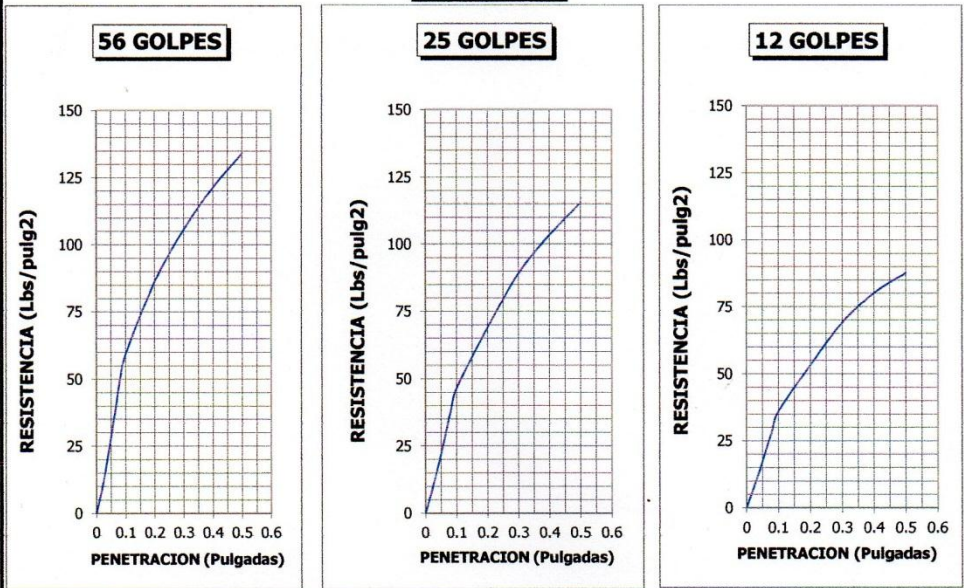
MAGMA S.A.C. LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
*[Firma]*  
JUANITO H. SOBERÓN HERRERA  
TÉCNICO LABORATORISTA

MAGMA S.A.C. LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
*[Firma]*  
Luis G. Meléndez Tuesta  
ING. RESPONSABLE - CIP 56121

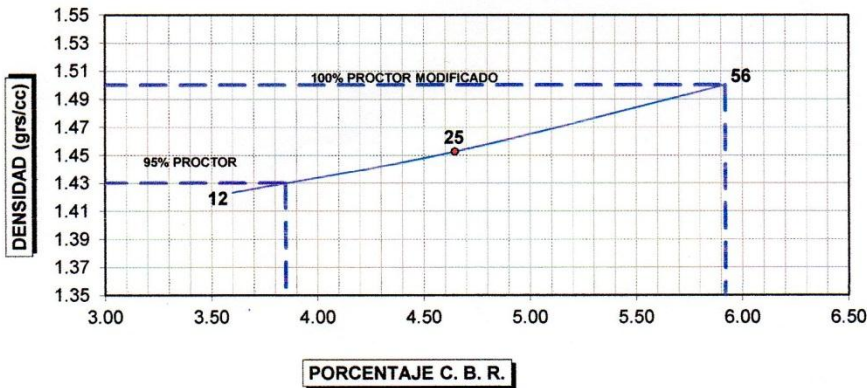
SOLICITA : UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAEN  
: DIAZ SUAREZ KATHERINE  
: TORRES FRIAS ROSA  
PROYECTO : INCORPORACIÓN DE PARTICULAS DE CAUCHO DE NEUMÁTICOS PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS EN  
DE TESIS : SUELOS ARCILLOSOS  
UBICACIÓN : CP. SAN AGUSTIN - BELLAVISTA - JAEN - CAJAMARCA  
FECHA : JUNIO DEL 2019  
MUESTRA : CON 1% DE CAUCHO

DATOS DEL PROCTOR		DATOS DEL C.B.R.	
Dens. Máx. :	1.50	AL 100% :	5.92
Hum. Opt. :	29.05	AL 95% :	3.85

**GRAFICO**



**GRAFICO CBR VS PROCTOR MODIFICADO**



MAGMA SAC - LABORATORIO  
DE MECÁNICA DE SUELOS  
*Juanito H. Sobrón Herrera*  
JUANITO H. SOBRÓN HERRERA  
TÉCNICO LABORATORISTA

MAGMA SAC - LABORATORIO  
DE MECÁNICA DE SUELOS  
*Luis G. Meléndez Tuesta*  
Luis G. Meléndez Tuesta  
ING. RESPONSABLE CIP 58121

<b>ENSAYO PROCTOR MODIFICADO</b>				
<b>MTC E 115 - ASTM D 1557</b>				
<b>SOLICITA</b>		: BACH. E.A.P. ING. CIVIL UNJ.- DIAZ SUÁREZ KATHERINE Y TORRES FRÍAS ROSA		
<b>PROYECTO</b>		: TESIS "INCORPORACIÓN DE PARTICULAS DE CAUCHO DE NEUMÁTICOS PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE SUELOS ARCILLOSOS"		
<b>UBICACIÓN</b>		: C.P. SAN AGUSTÍN, DIST. BELLAVISTA, PROV. JAÉN - CAJAMARCA		
<b>MATERIAL</b>		: DE SUBRASANTE, SUELO NATURAL + 3 % DE CAUCHO		
		<b>FECHA</b> : MAYO DEL 2019		
<b>COMPACTACION</b>		<b>METODO A</b>		
<b>MUESTRA</b>		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<b>PESO SUELO + MOLDE</b>	(gr.)	5656.5	5770.7	5750.4
<b>PESO MOLDE</b>	(gr.)	3962.06	3962.06	3962.06
<b>PESO SUELOS HUMEDO COMPACTADO</b>	(gr.)	1694.44	1808.64	1788.34
<b>VOLUMEN MOLDE</b>	(cc.)	933.38	933.38	933.38
<b>DENSIDAD HUMEDA</b>	(gr./cc.)	1.815	1.938	1.916
<b>PESO SUELO HUMEDO + TARA</b>	(gr.)	110.90	113.80	109.74
<b>PESO SUELO SECO + TARA</b>	(gr.)	95.29	97.54	92.86
<b>PESO TARA</b>	(gr.)	38.39	41.99	40.14
<b>PESO AGUA</b>	(gr.)	15.61	16.26	16.88
<b>PESO SUELO SECO</b>	(gr.)	56.90	55.55	52.72
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>	(%)	27.43	29.27	32.02
<b>DENSIDAD SECA</b>	(gr./cc.)	1.424	1.499	1.451

**Maxima Densidad Seca :** 1.505 gr./cc.

**% Humedad Optima :** 30.00 %

MAGMA S.A.C. LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
*[Firma]*  
 WILSON C. CORDERO MÉRIDA  
 TÉCNICO LABORATORISTA

MAGMA S.A.C. LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
*[Firma]*  
 Luis G. Mejía Irujo  
 ING. RESPONSABLE CP 3148

ENSAYO C.B.R.													
Norma MTC - E 132													
SOLICITA		: UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAEN : DIAZ SUAREZ KATHERINE : TORRES FRIAS ROSA											
PROYECTO DE TESIS		: INCORPORACIÓN DE PARTICULAS DE CAUCHO DE NEUMÁTICOS PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS EN SUELOS ARCILLOSOS											
UBICACIÓN		: CP. SAN AGUSTIN - BELLAVISTA - JAEN - CAJAMARCA											
MUESTRA		: CON 3% DE CAUCHO											
											FECHA: MAYO DEL 2019		
MOLDE N°	4			5			6						
CAPAS N°	5			5			5						
GOLPES POR N° DE CAPA	56			25			12						
CONDICION DE MUESTRA		SIN MOJAR		MOJADA		SIN MOJAR		MOJADA		SIN MOJAR		MOJADA	
Peso molde + Suelo Húmedo	(g)	8,860.00	8,903.00	8,843.00	8,955.00	8,687.00	8,826.00						
Peso del molde	(g)	4,880.00	4,880.00	4,983.00	4,983.00	4,964.00	4,964.00						
Peso Suelo Húmedo	(g)	3980.00	4023.00	3860.00	3972.00	3723.00	3862.00						
Volúmen de suelo	(g)	2,104.90	2,104.90	2,104.94	2,104.94	2,086.78	2,086.18						
Densidad Humeda	(g/cm)	1.89	1.91	1.83	1.89	1.78	1.85						
Tarro N°		39	15	38	11	33	13						
Tarro + Suelo Húmedo	(g)	87.36	74.51	89.50	77.49	93.12	73.74						
Tarro + Suelo Seco	(g)	74.56	62.40	75.95	64.66	79.46	61.19						
Agua	(g)	12.8	12.11	13.55	12.83	13.66	12.55						
Peso del Tarro	(g)	26.96	18.10	26.26	19.36	27.53	18.11						
Peso del Suelo Seco	(g)	47.6	44.3	49.69	45.3	51.93	43.08						
% de humedad	(%)	26.89	27.34	27.27	28.32	26.30	29.13						
Densidad Seca	(g/cm)	1.49	1.50	1.44	1.47	1.41	1.43						
EXPANSION													
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION			
				mm.	%		mm.	%		mm.	%		
23/05/2019	18:00 HRS.	0 hrs	7.700	0.00	0.00	6.69	0.00	0.00	6.10	0.00	0.00		
24/05/2019	18:00 HRS.	24 hrs	8.330	0.630	0.542	8.01	1.320	1.135	8.01	1.910	1.642		
25/05/2019	18:00 HRS.	48 hrs	8.440	0.110	0.095	8.20	0.190	0.163	8.27	0.260	0.224		
26/05/2019	18:00 HRS.	72 hrs	8.540	0.100	0.086	8.38	0.180	0.155	8.44	0.170	0.146		
27/05/2019	18:00 HRS.	96 hrs	8.610	0.070	0.060	8.51	0.130	0.112	8.52	0.080	0.069		
				0.78		1.56				2.08			
PENETRACION													
PENETRACION (pulg.)	CARGA ESTÁNDAR (lbs/pulg²)	MOLDE N° 4				MOLDE N° 5				MOLDE N° 6			
		CARGA Lectura	lbs	lbs/pulg²	%	CARGA Lectura	lbs	lbs/pulg²	%	CARGA Lectura	lbs	lbs/pulg²	%
0.020		0.31	69.7	23.23		0.27	60.70	20.23		0.16	35.969	11.99	
0.040		0.57	128.1	42.71		0.47	105.66	35.22		0.33	74.187	24.73	
0.060		0.73	164.1	54.70		0.59	132.64	44.21		0.47	105.66	35.22	
0.080		0.84	188.8	62.95		0.71	159.61	53.20		0.57	128.14	42.71	
0.100	1000	0.91	204.6	68.19	6.82	0.78	175.35	58.45	5.85	0.63	141.63	47.21	4.72
0.200		1.15	258.5	86.18	5.74	0.97	218.06	72.69		0.84	188.84	62.95	
0.300		1.31	294.5	98.17		1.13	254.03	84.68		0.99	222.56	74.19	
0.400		1.46	328.2	109.41		1.27	285.51	95.17		1.11	249.54	83.18	
0.500		1.57	353.0	117.65		1.40	314.73	104.91		1.21	272.02	90.67	
Factor		224.809	3										

MAGMA S.A.C. - LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

JUANITO H. SOBERÓN HERRERA  
TÉCNICO LABORATORISTA

MAGMA S.A.C. LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

Luis G. Meléndez Tueste  
ING. RESPONSABLE CIP 17777

SOLICITA : UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAEN

: DIAZ SUAREZ KATHERINE

: TORRES FRIAS ROSA

PROYECTO : INCORPORACIÓN DE PARTICULAS DE CAUCHO DE NEUMÁTICOS PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS EN  
DE TESIS : SUELOS ARCILLOSOS

UBICACIÓN : CP. SAN AGUSTIN - BELLAVISTA - JAEN - CAJAMARCA

FECHA : MAYO DEL 2019

MUESTRA : CON 3% DE CAUCHO

DATOS DEL PROCTOR

DATOS DEL C.B.R.

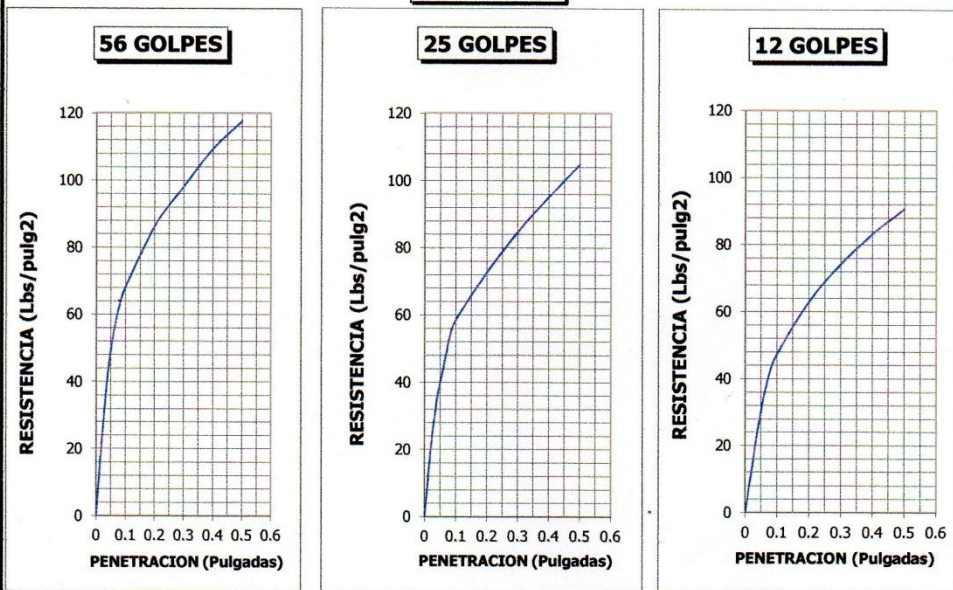
Dens. Máx. : 1.49

AL 100% : 6.82

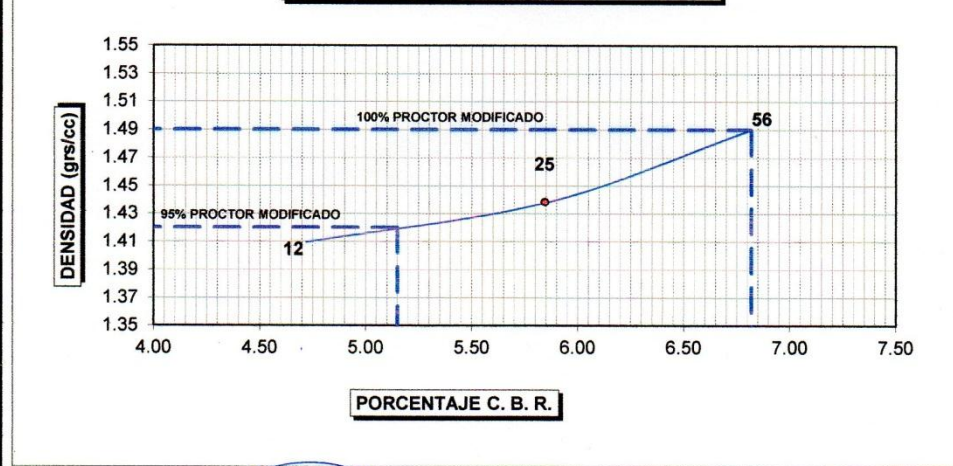
Hum. Opt. : 26.89

AL 95% : 5.15

**GRAFICO**



**GRAFICO CBR VS PROCTOR MODIFICADO**



MAGMA S.A.C. - LABORATORIO  
DE MECÁNICA DE SUELOS

IGNITO H. SOBERRÓN HERRERA  
TÉCNICO LABORATORISTA

MAGMA S.A.C. LABORATORIO  
DE MECÁNICA DE SUELOS

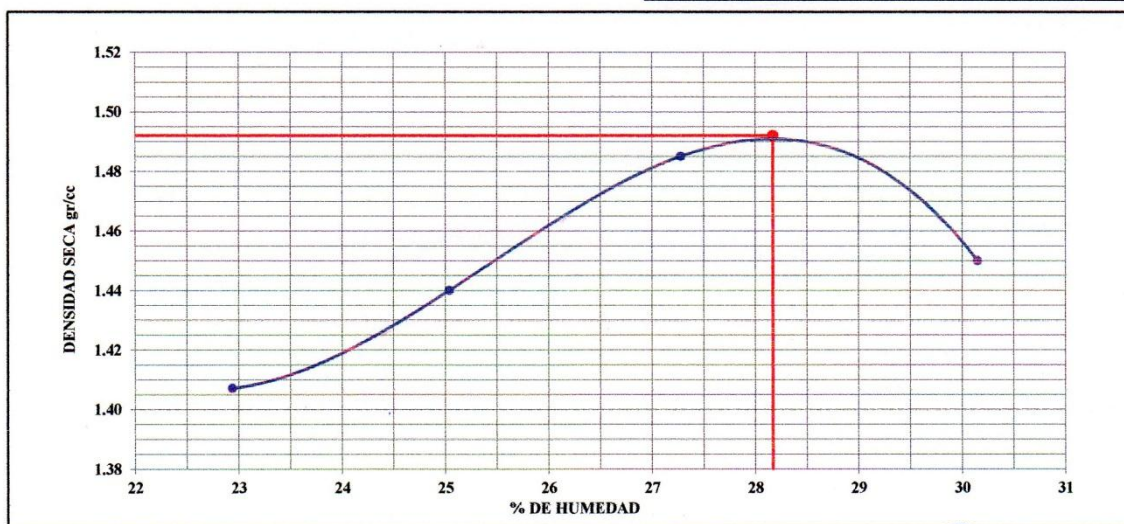
Luis G. Meléndez Tuesta  
ING. RESPONSABLE - CIP 58121

**ENSAYO PROCTOR MODIFICADO  
MTC E 115 - ASTM D 1557**

**SOLICITA** : BACH. E.A.P. ING. CIVIL UNJ.- DIAZ SUÁREZ KATHERINE Y TORRES FRÍAS ROSA  
**PROYECTO** : TESIS "INCORPORACIÓN DE PARTÍCULAS DE CAUCHO DE NEUMÁTICOS PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE SUELOS ARCILLOSOS"  
**UBICACIÓN** : C.P. SAN AGUSTÍN, DIST. BELLAVISTA, PROV. JAÉN - CAJAMARCA  
**MATERIAL** : DE SUBRASANTE, SUELO NATURAL + 5% DE CAUCHO **FECHA** : MAYO DEL 2019

COMPACTACION	METODO A				
		1	2	3	4
<b>MUESTRA</b>					
<b>PESO SUELO + MOLDE</b> (gr.)		5439	5505	5590	5587
<b>PESO MOLDE</b> (gr.)		3808	3808	3808	3808
<b>PESO SUELOS HUMEDO COMPACTADO</b> (gr.)		1631	1697	1782	1779
<b>VOLUMEN MOLDE</b> (cc.)		943	943	943	943
<b>DENSIDAD HUMEDA</b> (gr./cc.)		1.73	1.80	1.89	1.89
<b>PESO SUELO HUMEDO + TARA</b> (gr.)		87.82	90.35	91.47	92.99
<b>PESO SUELO SECO + TARA</b> (gr.)		74.87	76.06	75.90	75.81
<b>PESO TARA</b> (gr.)		18.42	18.98	18.82	18.83
<b>PESO AGUA</b> (gr.)		12.95	14.29	15.57	17.18
<b>PESO SUELO SECO</b> (gr.)		56.45	57.08	57.08	56.98
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b> (%)		22.94	25.04	27.28	30.15
<b>DENSIDAD SECA</b> (gr./cc.)		1.407	1.440	1.485	1.450

**Maxima Densidad Seca :** 1.492 gr./cc.  
**% Humedad Optima :** 28.17 %



MAGMA S.A.C. - LABORATORIO  
DE MECÁNICA DE SUELOS

JUANITO H. SOBERÓN HERRERA  
ING. RESPONSABLE CIP 34121

MAGMA S.A.C. LABORATORIO  
DE MECÁNICA DE SUELOS

Luis G. Mejiñez Tuesta  
ING. RESPONSABLE CIP 34121

ENSAYO C.B.R.													
Norma MTC - E 132													
SOLICITA		UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAEN DIAZ SUAREZ KATHERINE TORRES FRIAS ROSA											
PROYECTO DE TESIS		INCORPORACIÓN DE PARTICULAS DE CAUCHO DE NEUMÁTICOS PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS EN SUELOS ARCILLOSOS											
UBICACIÓN		CP. SAN AGUSTIN - BELLAVISTA - JAEN - CAJAMARCA											
MUESTRA		CON 5% DE CAUCHO										FECHA: MAYO DEL 2019	
MOLDE N°	4			5			6						
CAPAS N°	5			5			5						
GOLPES POR N° DE CAPA	56			25			12						
CONDICION DE MUESTRA		SIN MOJAR		MOJADA		SIN MOJAR		MOJADA		SIN MOJAR		MOJADA	
Peso molde + Suelo Húmedo	(g)	8,822.00	8,936.00	8,795.00	8,838.00	8,001.00	8,154.00						
Peso del molde	(g)	4,944.00	4,944.00	4,980.00	4,980.00	4,294.00	4,294.00						
Peso Suelo Húmedo	(g)	3878.00	3992.00	3815.00	3858.00	3707.00	3860.00						
Volumen de suelo	(g)	2,104.92	2,104.92	2,123.06	2,123.06	2,094.07	2,094.07						
Densidad Humeda	(g/cm)	1.84	1.9	1.80	1.82	1.77	1.84						
Tarro N°		32	39	33	38	34	20						
Tarro + Suelo Húmedo	(g)	84.62	82.24	73.64	84.60	80.84	87.95						
Tarro + Suelo Seco	(g)	72.71	66.94	63.65	68.71	68.89	67.43						
Agua	(g)	11.91	15.30	9.99	15.89	11.95	20.52						
Peso del Tarro	(g)	27.21	26.96	27.53	26.26	26.64	19.17						
Peso del Suelo Seco	(g)	45.5	39.98	36.12	42.45	42.25	48.26						
% de humedad	(%)	26.18	38.27	27.66	37.43	28.28	42.52						
Densidad Seca	(g/cm)	1.46	1.37	1.41	1.32	1.38	1.29						
EXPANSION													
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION			
				mm.	%		mm.	%		mm.	%		
03/06/2019	18:00 HRS.	0 hrs	6.820	0.00	0.00	7.90	0.00	0.00	6.55	0.00	0.00		
04/06/2019	18:00 HRS.	24 hrs	7.300	0.480	0.413	8.58	0.680	0.585	8.42	1.870	1.608		
05/06/2019	18:00 HRS.	48 hrs	7.490	0.190	0.163	8.76	0.180	0.155	8.73	0.310	0.267		
06/06/2019	18:00 HRS.	72 hrs	7.640	0.150	0.129	8.96	0.200	0.172	8.93	0.200	0.172		
07/06/2019	18:00 HRS.	96 hrs	7.660	0.020	0.017	8.97	0.010	0.009	8.97	0.040	0.034		
				0.72		0.92				2.08			
PENETRACION													
PENETRACION (pulg.)	CARGA ESTÁNDAR (lbs/pulg²)	MOLDE N° 4				MOLDE N° 5				MOLDE N° 6			
		CARGA	CORRECCION			CARGA	CORRECCION			CARGA	CORRECCION		
		Lectura	lbs	lbs/pulg²	%	Lectura	lbs	lbs/pulg²	%	Lectura	lbs	lbs/pulg²	%
0.020		0.27	60.7	20.23		0.20	44.96	14.99		0.18	40.466	13.49	
0.040		0.56	125.9	41.96		0.41	92.17	30.72		0.34	76.435	25.48	
0.060		0.74	166.4	55.45		0.59	132.64	44.21		0.46	103.41	34.47	
0.080		0.84	188.8	62.95		0.72	161.86	53.95		0.53	119.15	39.72	
0.100	1000	0.89	200.1	66.69	6.67	0.79	177.60	59.20	5.92	0.58	130.39	43.46	4.35
0.200		1.03	231.6	77.18		0.94	211.32	70.44		0.72	161.86	53.95	
0.300		1.15	258.5	86.18		1.03	231.55	77.18		0.82	184.34	61.45	
0.400		1.25	281.0	93.67		1.13	254.03	84.68		0.89	200.08	66.69	
0.500		1.34	301.2	100.41		1.20	269.77	89.92		0.96	215.82	71.94	
	Factor	224.809	3										

MAGMA S.A.C. - LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

JUANITO H. SORBERÓN HERRERA  
TÉCNICO LABORATORISTA

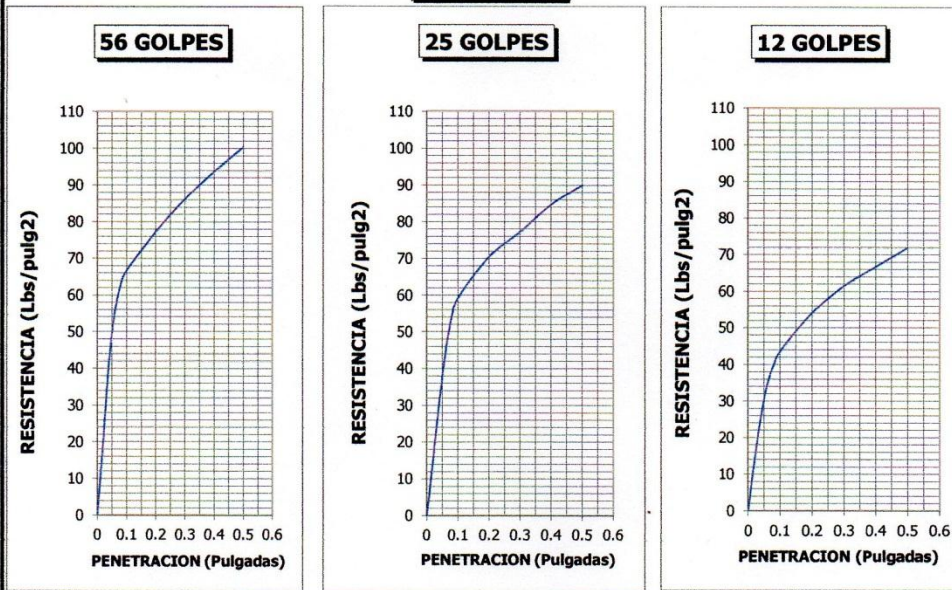
MAGMA S.A.C. LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

Luis G. Meléndez Tuesta  
ING RESPONSABLE - CIP 58121

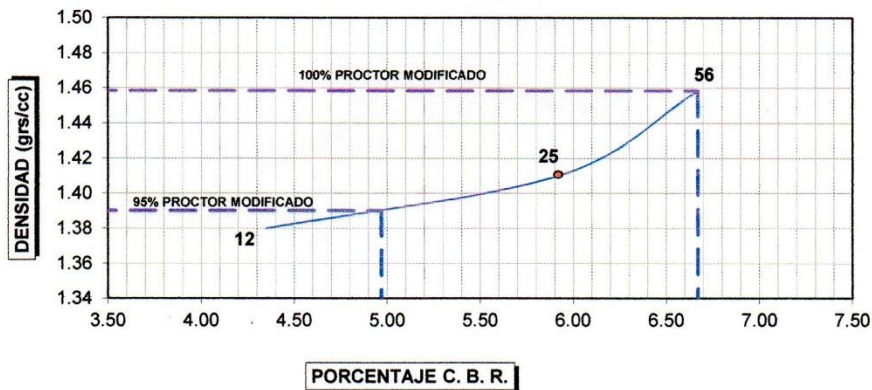
SOLICITA : UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAEN  
: DIAZ SUAREZ KATHERINE  
: TORRES FRIAS ROSA  
PROYECTO : INCORPORACIÓN DE PARTICULAS DE CAUCHO DE NEUMÁTICOS PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS EN SUELOS ARCILLOSOS  
UBICACIÓN : CP. SAN AGUSTIN - BELLAVISTA - JAEN - CAJAMARCA  
FECHA : MAYO DEL 2019  
MUESTRA : CON 5% DE CAUCHO

DATOS DEL PROCTOR		DATOS DEL C.B.R.	
Dens. Máx. :	1.46	AL 100% :	6.67
Hum. Opt. :	26.18	AL 95% :	4.97

**GRAFICO**



**GRAFICO CBR VS PROCTOR MODIFICADO**



MAGMA S.A.C. - LABORATORIO  
DE MECÁNICA DE SUELOS

MAGMA S.A.C. LABORATORIO  
DE MECÁNICA DE SUELOS

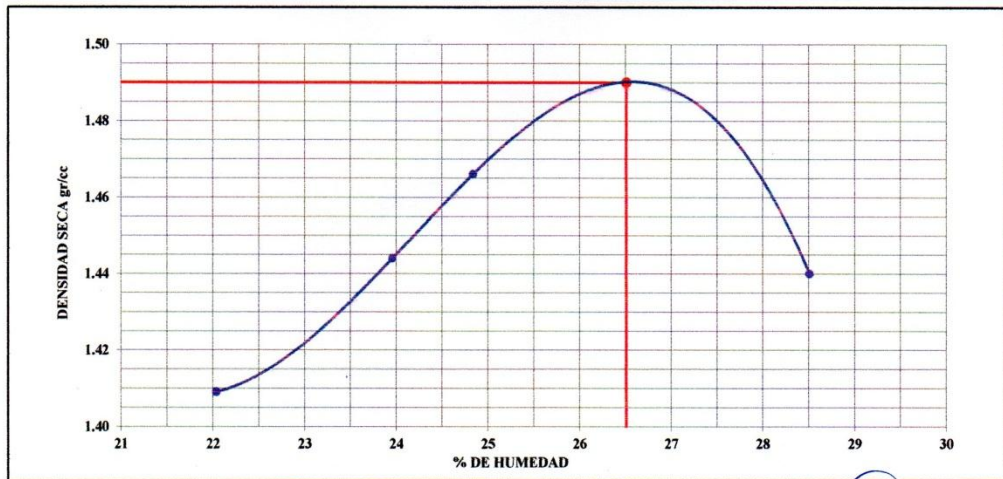
Luis G Meléndez Tuesta  
ING RESPONSABLE - CP 58121

**ENSAYO PROCTOR MODIFICADO  
MTC E 115 - ASTM D 1557**

SOLICITA : BACH. E.A.P. ING. CIVIL UNJ.- DIAZ SUÁREZ KATHERINE Y TORRES FRÍAS ROSA  
PROYECTO : TESIS "INCORPORACIÓN DE PARTÍCULAS DE CAUCHO DE NEUMÁTICOS PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE SUELOS ARCILLOSOS"  
UBICACIÓN : C.P. SAN AGUSTÍN, DIST. BELLAVISTA, PROV. JAÉN - CAJAMARCA  
MATERIAL : DE SUBRASANTE, SUELO NATURAL + 7% DE CAUCHO FECHA : MAYO DEL 2019

COMPACTACION MUESTRA	METODO A			
	1	2	3	4
PESO SUELO + MOLDE (gr.)	5430	5496	5534	5553
PESO MOLDE (gr.)	3808	3808	3808	3808
PESO SUELOS HUMEDO COMPACTADO (gr.)	1622	1688	1726	1745
VOLUMEN MOLDE (cc.)	943	943	943	943
DENSIDAD HUMEDA (gr./cc.)	1.72	1.79	1.83	1.85
PESO SUELO HUMEDO + TARA (gr.)	84.21	85.30	91.73	83.43
PESO SUELO SECO + TARA (gr.)	71.88	72.31	77.08	69.17
PESO TARA (gr.)	15.93	18.10	18.10	19.16
PESO AGUA (gr.)	12.33	12.99	14.65	14.26
PESO SUELO SECO (gr.)	55.95	54.21	58.98	50.01
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	22.04	23.96	24.84	28.51
DENSIDAD SECA (gr./cc.)	1.409	1.444	1.466	1.440

Maxima Densidad Seca : 1.490 gr./cc.  
% Humedad Optima : 26.51 %



MAGMA S.A.C. LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
JUANITO H. SOBRÓN MERRERA  
TÉCNICO LABORATORISTA

MAGMA S.A.C. LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
Luis G. Meléndez Tugsta  
ING. RESPONSABLE CIP 58721

## ENSAYO C.B.R.

Norma MTC - E 132

SOLICITA : UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAEN  
: DIAZ SUAREZ KATHERINE  
: TORRES FRIAS ROSA

PROYECTO DE TESIS : INCORPORACIÓN DE PARTICULAS DE CAUCHO DE NEUMÁTICOS PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS EN SUELOS ARCILLOSOS

UBICACIÓN : CP. SAN AGUSTIN - BELLAVISTA - JAEN - CAJAMARCA

MUESTRA : CON 7% DE CAUCHO

FECHA: MAYO DEL 2019

MOLDE N°	4		5		6	
CAPAS N°	5		5		5	
GOLPES POR N° DE CAPA	56		25		12	
CONDICION DE MUESTRA	SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA
Peso molde + Suelo Húmedo (g)	7,649.00	7,683.00	7,815.00	7,864.00	7,696.00	7,779.00
Peso del molde (g)	3,768.00	3,768.00	4,034.00	4,034.00	4,076.00	4,076.00
Peso Suelo Húmedo (g)	3881.00	3915.00	3781.00	3830.00	3620.00	3703.00
Volúmen de suelo (g)	2,132.66	2,132.66	2,160.73	2,160.73	2,132.66	2,132.66
Densidad Humeda (g/cm)	1.82	1.84	1.75	1.77	1.7	1.74
Tarro N°	1	9	2	12	3	10
Tarro + Suelo Húmedo (g)	75.65	72.44	87.96	82.70	80.07	88.30
Tarro + Suelo Seco (g)	64.49	61.23	74.49	68.46	68.28	73.11
Agua (g)	11.16	11.21	13.47	14.24	11.79	15.19
Peso del Tarro (g)	17.63	18.71	18.42	15.93	18.98	18.73
Peso del Suelo Seco (g)	46.86	42.52	56.07	52.53	49.3	54.38
% de humedad (%)	23.82	26.36	24.02	27.11	23.91	27.93
Densidad Seca (g/cm)	1.47	1.46	1.41	1.39	1.37	1.36

### EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm.	%		mm.	%		mm.	%
22/05/2019	18:00 HRS.	0 hrs	5.980	0.00	0.00	5.38	0.00	0.00	4.31	0.00	0.00
23/05/2019	18:00 HRS.	24 hrs	6.160	0.180	0.155	5.91	0.530	0.456	5.38	1.070	0.920
24/05/2019	18:00 HRS.	48 hrs	6.300	0.140	0.120	6.13	0.220	0.189	5.63	0.250	0.215
25/05/2019	18:00 HRS.	72 hrs	6.330	0.030	0.026	6.20	0.070	0.060	5.70	0.070	0.060
26/05/2019	18:00 HRS.	96 hrs	6.450	0.120	0.103	6.23	0.030	0.026	5.76	0.060	0.052
				0.40		0.73				1.25	

### PENETRACION

PENETRACION (pulg.)	CARGA ESTÁNDAR (lbs/pulg²)	MOLDE N° 4				MOLDE N° 5				MOLDE N° 6			
		CARGA	CORRECCION			CARGA	CORRECCION			CARGA	CORRECCION		
		Lectura	lbs	lbs/pulg²	%	Lectura	lbs	lbs/pulg²	%	Lectura	lbs	lbs/pulg²	%
0.020		0.20	45.0	14.99		0.19	42.71	14.24		0.18	40.466	13.49	
0.040		0.43	96.7	32.22		0.39	87.68	29.23		0.35	78.683	26.23	
0.060		0.52	116.9	38.97		0.51	114.65	38.22		0.47	105.66	35.22	
0.080		0.62	139.4	46.46		0.61	137.13	45.71		0.56	125.89	41.96	
0.100	1000	0.68	152.9	50.96	5.10	0.66	148.37	49.46	4.95	0.62	139.38	46.46	4.65
0.200		0.87	195.6	65.19		0.84	188.84	62.95		0.83	186.59	62.20	
0.300		0.98	220.3	73.44		0.96	215.82	71.94		0.96	215.82	71.94	
0.400		1.06	238.3	79.43		1.04	233.80	77.93		1.05	236.05	78.88	
0.500		1.13	254.0	84.68		1.11	249.54	83.18		1.10	247.29	82.43	
	Factor	224.809	3										

MAGMA S.A.C. - LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

HANITO H. SOBERÓN HERRERA  
TECNICO LABORANTISTA

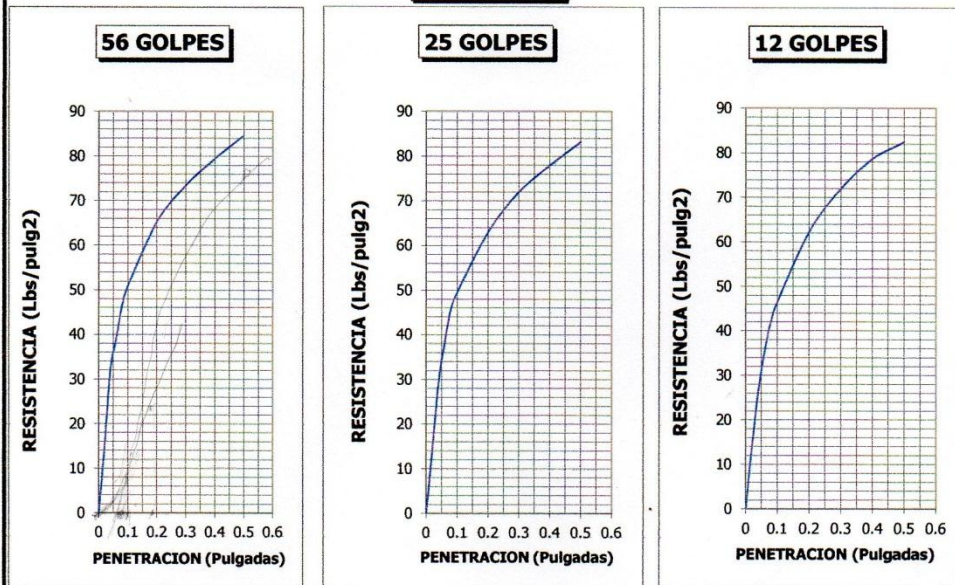
MAGMA S.A.C. LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

Luis G. Mejendez Tuest  
ING RESPONSABLE - CP 58121

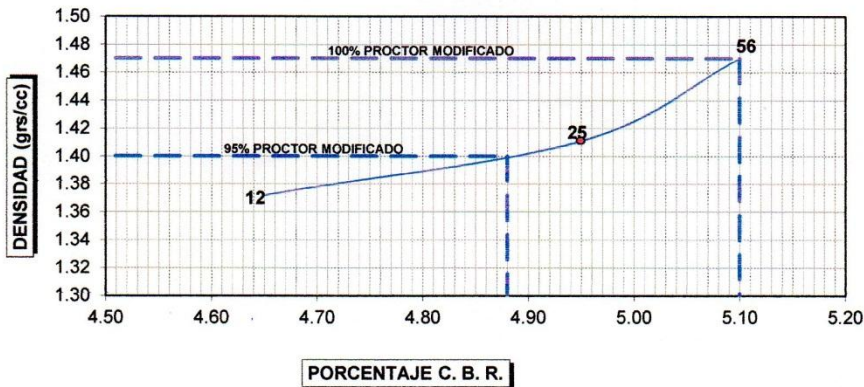
SOLICITA : UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAEN  
: DIAZ SUAREZ KATHERINE  
: TORRES FRIAS ROSA  
PROYECTO : INCORPORACIÓN DE PARTICULAS DE CAUCHO DE NEUMÁTICOS PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS EN  
DE TESIS : SUELOS ARCILLOSOS  
UBICACIÓN : CP. SAN AGUSTIN - BELLAVISTA - JAEN - CAJAMARCA  
FECHA: : MAYO DEL 2019  
MUESTRA : CON 7% DE CAUCHO

DATOS DEL PROCTOR		DATOS DEL C.B.R.	
Dens. Máx. :	1.47	AL 100% :	5.10
Hum. Opt. :	23.82	AL 95% :	4.88

**GRAFICO**




**GRAFICO CBR VS PROCTOR MODIFICADO**



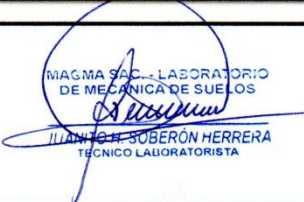
MAGMA SAC - LABORATORIO  
DE MECÁNICA DE SUELOS  
*Juanito H. Sobresón Herrera*  
JUANITO H. SOBRESÓN HERRERA  
TÉCNICO LABORATORISTA


MAGMA SAC - LABORATORIO  
DE MECÁNICA DE SUELOS  
*Luis G. Meléndez Tuesta*  
Luis G. Meléndez Tuesta  
ING RESPONSABLE - CIP 58721

<b>ENSAYO PROCTOR MODIFICADO</b>					
<b>MTC E 115 - ASTM D 1557</b>					
<b>SOLICITA</b> : BACH. E.A.P. ING. CIVIL UNJ.- DIAZ SUÁREZ KATHERINE Y TORRES FRÍAS ROSA					
<b>PROYECTO</b> : TESIS "INCORPORACIÓN DE PARTÍCULAS DE CAUCHO DE NEUMÁTICOS PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE SUELOS ARCILLOSOS"					
<b>UBICACIÓN</b> : C.P. SAN AGUSTÍN, DIST. BELLAVISTA, PROV. JAÉN - CAJAMARCA					
<b>MATERIAL</b> : DE SUBRASANTE, SUELO NATURAL + 9% DE CAUCHO					<b>FECHA</b> : MAYO DEL 2019
<b>COMPACTACION</b>		<b>METODO A</b>			
<b>MUESTRA</b>		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
<b>PESO SUELO + MOLDE</b>	(gr.)	5477	5487	5524	5534
<b>PESO MOLDE</b>	(gr.)	3808	3808	3808	3808
<b>PESO SUELOS HUMEDO COMPACTADO</b>	(gr.)	1669	1679	1716	1726
<b>VOLUMEN MOLDE</b>	(cc.)	943	943	943	943
<b>DENSIDAD HUMEDA</b>	(gr./cc.)	1.77	1.78	1.82	1.83
<b>PESO SUELO HUMEDO + TARA</b>	(gr.)	89.27	87.56	88.94	91.12
<b>PESO SUELO SECO + TARA</b>	(gr.)	75.01	73.40	74.17	75.40
<b>PESO TARA</b>	(gr.)	18.64	18.47	18.94	18.42
<b>PESO AGUA</b>	(gr.)	14.26	14.16	14.77	15.72
<b>PESO SUELO SECO</b>	(gr.)	56.37	54.93	55.23	56.98
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>	(%)	25.30	25.78	26.74	27.59
<b>DENSIDAD SECA</b>	(gr./cc.)	1.413	1.415	1.436	1.434
<b>Maxima Densidad Seca :</b>					<b>1.440 gr/cc</b>
<b>% Humedad Óptima :</b>					<b>27.05 %</b>

The graph plots Dry Density (DENSIDAD SECA gr/cc) on the y-axis (ranging from 1.40 to 1.45) against Moisture Content (% DE HUMEDAD) on the x-axis (ranging from 25.0 to 28.0). A blue parabolic curve represents the data points. A red dot marks the peak of the curve at approximately 27.05% moisture and 1.440 gr/cc dry density. A horizontal red line extends from this peak to the y-axis, and a vertical red line extends from the peak to the x-axis.

  
 MAGMA S.A.C. LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
 JUANITO H. SOBERÓN HERRERA  
 TÉCNICO LABORATORISTA

  
 MAGMA S.A.C. LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
 Luis G. Meléndez Tuesta  
 ING. RESPONSABLE - CPA 58121

## ENSAYO C.B.R.

Norma MTC - E 132

SOLICITA : UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAEN  
: DIAZ SUAREZ KATHERINE  
: TORRES FRIAS ROSA

PROYECTO DE TESIS : INCORPORACIÓN DE PARTICULAS DE CAUCHO DE NEUMÁTICOS PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS EN SUELOS ARCILLOSOS

UBICACIÓN : CP. SAN AGUSTIN - BELLAVISTA - JAEN - CAJAMARCA

MUESTRA : CON 9% DE CAUCHO

FECHA: MAYO DEL 2019

MOLDE N°	4		5		6	
CAPAS N°	5		5		5	
GOLPES POR N° DE CAPA	56		25		12	
CONDICION DE MUESTRA	SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA
Peso molde + Suelo Húmedo (g)	8,786.00	8,993.00	8,725.00	8,917.00	7,937.00	8,195.00
Peso del molde (g)	4,944.00	4,944.00	4,980.00	4,980.00	4,294.00	4,294.00
Peso Suelo Húmedo (g)	3842.00	4049.00	3745.00	3937.00	3643.00	3901.00
Volúmen de suelo (g)	2,104.92	2,104.92	2,123.06	2,123.06	2,094.07	2,094.07
Densidad Humeda (g/cm)	1.83	1.92	1.76	1.85	1.74	1.86
Tarro N°	29	7	23	14	32	18
Tarro + Suelo Húmedo (g)	94.69	96.03	111.28	99.52	93.52	93.72
Tarro + Suelo Seco (g)	78.58	72.98	91.14	75.58	79.06	70.04
Agua (g)	16.11	23.05	20.14	23.94	14.46	23.68
Peso del Tarro (g)	17.71	18.64	17.85	19.16	27.21	15.67
Peso del Suelo Seco (g)	60.87	54.34	73.29	56.42	51.85	54.37
% de humedad (%)	26.47	42.42	27.48	42.43	27.89	43.55
Densidad Seca (g/cm)	1.45	1.35	1.38	1.30	1.36	1.30

### EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm.	%		mm.	%		mm.	%
21/05/2019	18:00 HRS.	0 hrs	14.570	0.00	0.00	16.27	0.00	0.00	8.27	0.00	0.00
22/05/2019	18:00 HRS.	24 hrs	21.460	6.890	5.924	21.35	5.080	4.368	14.55	6.280	5.400
23/05/2019	18:00 HRS.	48 hrs	22.760	1.300	1.118	22.33	0.980	0.843	14.49	-0.060	-0.052
24/05/2019	18:00 HRS.	72 hrs	23.550	0.790	0.679	22.93	0.600	0.516	14.95	0.460	0.396
25/05/2019	18:00 HRS.	96 hrs	23.960	0.410	0.353	23.36	0.430	0.370	15.25	0.300	0.258
				8.07				6.10			

### PENETRACION

PENETRACION (pulg.)	ESTÁNDAR (lbs/pulg²)	MOLDE N° 4				MOLDE N° 5				MOLDE N° 6			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Lectura	lbs	lbs/pulg²	%	Lectura	lbs	lbs/pulg²	%	Lectura	lbs	lbs/pulg²	%
0.020		0.11	24.7	8.24		0.11	24.73	8.24		0.08	17.985	5.99	
0.040		0.21	47.2	15.74		0.20	44.96	14.99		0.16	35.969	11.99	
0.060		0.30	67.4	22.48		0.27	60.70	20.23		0.24	53.954	17.98	
0.080		0.39	87.7	29.23		0.34	76.44	25.48		0.31	69.691	23.23	
0.100	1000	0.43	96.7	32.22	3.22	0.39	87.68	29.23	2.92	0.37	83.179	27.73	2.77
0.200		0.59	132.6	44.21		0.54	121.40	40.47		0.47	105.66	35.22	
0.300		0.67	150.6	50.21		0.63	141.63	47.21		0.55	123.64	41.21	
0.400		0.75	168.6	56.20		0.70	157.37	52.46		0.60	134.89	44.96	
0.500		0.81	182.1	60.70		0.76	170.85	56.95		0.64	143.88	47.96	
Factor		224.809	3										

MAGMA S.A.C. - LABORATORIO  
DE MECÁNICA DE SUELOS

JUANITO H. SOBERÓN HERRERA  
TÉCNICO LABORATORISTA

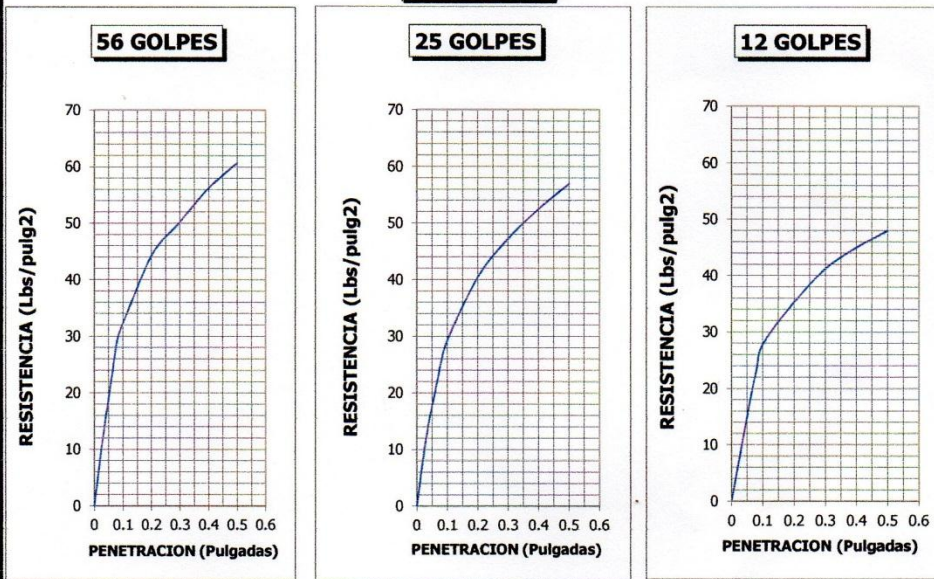
MAGMA S.A.C. LABORATORIO  
DE MECÁNICA DE SUELOS

Duis G. Meléndez Tuesta  
ING. RESPONSABLE - CIP 38421

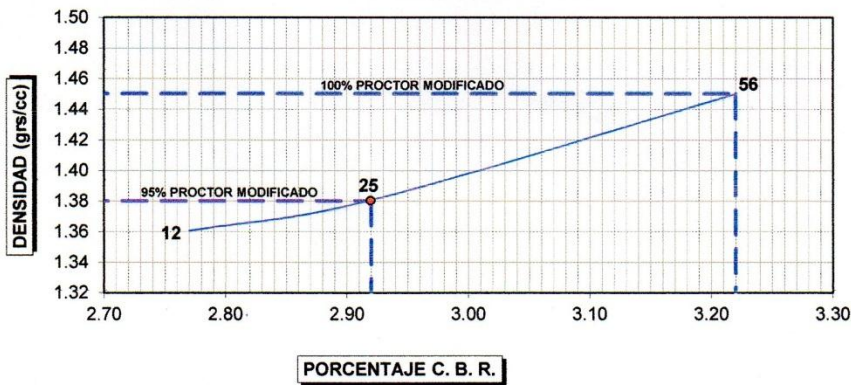
SOLICITA : UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAEN  
: DIAZ SUAREZ KATHERINE  
: TORRES FRIAS ROSA  
PROYECTO : INCORPORACIÓN DE PARTICULAS DE CAUCHO DE NEUMÁTICOS PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS EN SUELOS ARCILLOSOS  
UBICACIÓN : CP. SAN AGUSTIN - BELLAVISTA - JAEN - CAJAMARCA  
FECHA : MAYO DEL 2019  
MUESTRA : CON 9% DE CAUCHO

DATOS DEL PROCTOR		DATOS DEL C.B.R.	
Dens. Máx. :	1.45	AL 100% :	3.22
Hum. Opt. :	26.47	AL 95% :	2.92

**GRAFICO**



**GRAFICO CBR VS PROCTOR MODIFICADO**



MAGMA S.A.C. - LABORATORIO  
DE MECÁNICA DE SUELOS  
JUANITO H. SOBERÓN HERRERA  
INGENIERO LABORATORISTA

MAGMA S.A.C. LABORATORIO  
DE MECÁNICA DE SUELOS  
Luis G. Meléndez Tuesta  
ING RESPONSABLE - CIP 58321

# Registro de la Propiedad Industrial

## Oficina de Signos Distintivos

CERTIFICADO N° 00042358

La Oficina de Signos Distintivos del Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual – INDECOPI, certifica que por mandato de la Resolución N° 010408-2006/OSD - INDECOPI de fecha 07 de Julio de 2006, ha quedado inscrito en el Registro de Marcas de Servicio, el siguiente signo:

Signo :



Distingue : Ensayos de laboratorio de mecánica de suelos y concreto para obras y proyectos de irrigación, hidroenergéticas, viales, edificaciones en general; servicios científicos y tecnológicos así como servicios de investigación y diseño relativos a actividades de ingeniería

Clase : 42 de la Clasificación Internacional.

Solicitud : 0266428-2006

Titular : MAGMA SERVICIOS GENERALES DE INGENIERIA S.A.C.

País : PERU

Vigencia : 07 de Julio de 2016

Tomo : 212

Folio : 158

  
**MIGUEL ANGEL SANCHEZ  
DEL SOLAR QUINONES**  
Jefe de la Oficina  
de Signos Distintivos  
INDECOPI

**MAGMA SERVICIOS GENERALES  
DE INGENIERIA S.A.C.**

  
ING. LUIS G. MELENDEZ TUESTA  
SUB GERENTE



EXPEDIENTE N° 664859-2016

RESOLUCION N° 007686 - 2016/OSD-Reg - Indecopi  
Lima.

Con fecha 09 de julio de 2016, MAGMA SERVICIOS GENERALES DE INGENIERIA S.A.C. de Peru, solicita la Renovación del registro N° 42358.

#### 1. ANALISIS

Los artículos 152° y 153° de la Decisión 486, (Regimen Común sobre Propiedad Industrial), establecen que la renovación del registro de una marca deberá solicitarse ante la Oficina Competente, dentro de los seis meses anteriores a la fecha de su expiración. No obstante, el titular de la marca gozará de un plazo de gracia de seis meses, contados a partir de la fecha del mismo.

Además, habiéndose cumplido con las formalidades establecidas en el párrafo precedente, las disposiciones contenidas en los artículos 170°, 171°, 184°, 189°, 196° y 197° de la Decisión 486, (Regimen Común sobre Propiedad Industrial), y el artículo 75° del Decreto Legislativo N° 1075, en lo que corresponde, así como lo señalado por el Texto Único de Procedimientos Administrativos del Indecopi, procede acceder a la renovación solicitada.

La presente Resolución se emite en aplicación de las normas legales antes mencionadas y en uso de las facultades conferidas por los artículos 26°, 40° y 41° de la Ley de Organización y Funciones del Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual - Indecopi, sancionada por Decreto Legislativo N° 1033, Reglamento y su modificación, concordante con el artículo 41° del Decreto Legislativo N° 1075, que aprueba disposiciones complementarias a la Decisión 486, (Regimen Común sobre Propiedad Industrial).

#### 2. DECISION DE LA DIRECCION DE SIGNOS DISTINTIVOS

INSCRIBIR en el Registro de Marcas de Servicio de la Propiedad Industrial, a favor de MAGMA SERVICIOS GENERALES DE INGENIERIA S.A.C., la renovación del registro de la marca de servicio constituida por la denominación MAGMA escrita en letras características, donde la primera letra A representa un volcán del cual emerge lava y en la parte inferior se aprecia la frase SERVICIOS GENERALES DE INGENIERIA S.A.C. escrita en letras características, todo en los colores negro, rojo y amarillo, de la clase 42 de la Clasificación Internacional, inscrita con certificado N° 42298, quedando bajo el amparo de ley por el plazo de diez años, contado desde el vencimiento del registro anterior, que expirará el 07 de julio de 2026.

Regístrese y comuníquese



**Mario Isidoro Maguina Torres**  
Área de Registro y Archivo  
Dirección de Signos Distintivos  
Indecopi



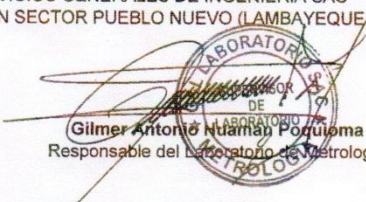
LABORATORIO DE METROLOGIA  
CALIDAD Y RESPONSABILIDAD ES NUESTRA MAYOR GARANTÍA

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 160-2019 GLM

Página 1 de 3

FECHA DE EMISIÓN	: 2019-05-16	<p>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 <math>k=2</math>. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.</p> <p>Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones 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 reglamentaciones vigentes.</p> <p>G &amp; L LABORATORIO 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.</p>
1. SOLICITANTE	: MAGMA SERVICIOS GENERALES DE INGENIERIA SAC	
DIRECCIÓN	: CAL LAMBAYEQUE NRO. SN SECTOR PUEBLO NUEVO (LAMBAYEQUE 170 Y 172) CAJAMARCA - JAEN	
2. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN	: BALANZA	
MARCA	: OHAUS	
MODELO	: R31P30	
NÚMERO DE SERIE	: 8339030374	
ALCANCE DE INDICACIÓN	: 30000 g	
DIVISIÓN DE ESCALA / RESOLUCIÓN	: 1 g	
DIVISIÓN DE VERIFICACIÓN ( e )	: 10 g	
PROCEDENCIA	: CHINA	
IDENTIFICACIÓN	: NO PRESENTA	
TIPO	: ELECTRÓNICA	
UBICACIÓN	: LABORATORIO	
FECHA DE CALIBRACIÓN	: 2019-05-03	
3. PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN	Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase III y IIII; PC - 001 del SNM-INDECOPI, EDICIÓN 3° - ENERO, 2009.	
4. LUGAR DE CALIBRACIÓN	Laboratorio de MAGMA SERVICIOS GENERALES DE INGENIERIA SAC CAL. LAMBAYEQUE NRO. SN SECTOR PUEBLO NUEVO (LAMBAYEQUE 170 Y 172) CAJAMARCA - JAEN	



  
Gilmer Antonio Huaman Poguima  
Responsable del Laboratorio de Metrología



Av. Miraosres Mz. E Lt. 60  
Urb. Santa Elisa II Etapa  
Los Olivos - Lima

RPC: 992 - 302 - 883  
RPC: 992 - 302 - 878

SKYPE: ventas@gyllaboratorio.com  
Correos: ventas@gyllaboratorio.com  
servicios@gyllaboratorio.com

Horario de Atención:  
Lunes a Viernes: 8:00 am a  
6:00 pm  
Sábados: 8:00 am a 1:00 pm

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE G&L LABORATORIO SAC



LABORATORIO DE METROLOGIA  
CALIDAD Y RESPONSABILIDAD ES NUESTRA MAYOR GARANTÍA

LABORATORIO SAC

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 159-2019 GLM

Página 1 de 3

FECHA DE EMISIÓN : 2019-05-16

**1. SOLICITANTE** : **MAGMA SERVICIOS GENERALES DE INGENIERIA SAC**

**DIRECCIÓN** : CAL.LAMBAYEQUE NRO. SN SECTOR PUEBLO NUEVO (LAMBAYEQUE 170 Y 172) CAJAMARCA - JAEN

**2. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN** : **BALANZA**

**MARCA** : OHAUS

**MODELO** : SPJ6001

**NÚMERO DE SERIE** : 7129280386

**ALCANCE DE INDICACIÓN** : 6000 g

**DIVISIÓN DE ESCALA / RESOLUCIÓN** : 0.1 g

**DIVISIÓN DE VERIFICACIÓN (e)** : 0.1 g

**PROCEDENCIA** : USA

**IDENTIFICACIÓN** : NO PRESENTA

**TIPO** : ELECTRÓNICA

**UBICACIÓN** : LABORATORIO

**FECHA DE CALIBRACIÓN** : 2019-05-03

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  $k=2$ . La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones 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 reglamentaciones vigentes.

G & L LABORATORIO 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.

### 3. PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN

Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase I y II; PC - 011 del SNM-INDECOPI, EDICIÓN 4° - ABRIL, 2010.

### 4. LUGAR DE CALIBRACIÓN

Laboratorio de MAGMA SERVICIOS GENERALES DE INGENIERIA SAC  
CAL.LAMBAYEQUE NRO. SN SECTOR PUEBLO NUEVO (LAMBAYEQUE 170 Y 172) CAJAMARCA - JAEN



Gilmer Antonio Huaman Poquioma  
Responsable del Laboratorio de Metrología





LABORATORIO DE METROLOGIA  
CALIDAD Y RESPONSABILIDAD ES NUESTRA MAYOR GARANTÍA

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 158-2019 GLM

Página 1 de 3

FECHA DE EMISIÓN : 2019-05-16

1. SOLICITANTE : **MAGMA SERVICIOS GENERALES DE INGENIERIA SAC**

DIRECCIÓN : CAL. LAMBAYEQUE NRO. SN SECTOR PUEBLO NUEVO (LAMBAYEQUE 170 Y 172) CAJAMARCA - JAEN

2. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : **BALANZA**

MARCA : OHAUS

MODELO : TAJ602

NÚMERO DE SERIE : 7128380345

ALCANCE DE INDICACIÓN : 600 g

DIVISIÓN DE ESCALA / RESOLUCIÓN : 0.01 g

DIVISIÓN DE VERIFICACIÓN (e) : 0.1 g

PROCEDENCIA : U.S.A

IDENTIFICACIÓN : NO PRESENTA

TIPO : ELECTRÓNICA

UBICACIÓN : LABORATORIO

FECHA DE CALIBRACIÓN : 2019-05-03

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  $k=2$ . La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones 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 reglamentaciones vigentes.

G & L LABORATORIO 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.

### 3. PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN

Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase I y II; PC - 011 del SNM-INDECOPI, EDICIÓN 4° - ABRIL, 2010.

### 4. LUGAR DE CALIBRACIÓN

Laboratorio de MAGMA SERVICIOS GENERALES DE INGENIERIA SAC, CAL. LAMBAYEQUE NRO. SN SECTOR PUEBLO NUEVO (LAMBAYEQUE 170 Y 172) CAJAMARCA - JAEN



**Gilmer Antonio Huamán Conquioma**  
Responsable del Laboratorio de Metrología



Av. Miraflores Mz. E Lt. 60  
Urb. Santa Elisa II Etapa  
Los Olivos - Lima

RPC: 992 - 302 - 883  
RPC: 992 - 302 - 878

SKYPE: ventas@gyllaboratorio.com  
Correos: ventas@gyllaboratorio.com  
servicios@gyllaboratorio.com

Horario de Atención:  
Lunes a Viernes: 8:00 am a  
6:00 pm  
Sábados: 8:00 am a 1:00 pm

PROHIBIDO LA REPRODUCCION TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE G&L LABORATORIO SAC



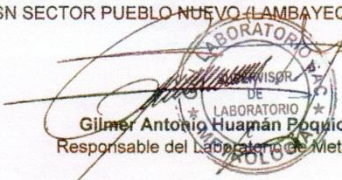
LABORATORIO DE METROLOGIA  
CALIDAD Y RESPONSABILIDAD ES NUESTRA MAYOR GARANTÍA

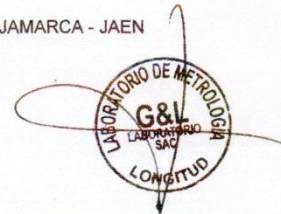
## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 179-2019 GLL

Página 1 de 2

FECHA DE EMISIÓN	: 2019-05-16	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 $k=2$ . La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.
<b>1. SOLICITANTE</b>	: <b>MAGMA SERVICIOS GENERALES DE INGENIERIA SAC</b>	
DIRECCIÓN	: CAL LAMBAYEQUE NRO. SN SECTOR PUEBLO NUEVO (LAMBAYEQUE 170 Y 172) CAJAMARCA - JAEN	
<b>2. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN</b>	: <b>COMPARADOR DE CUADRANTES</b>	
MARCA	: BAKER	
MODELO	: J62A	
NÚMERO DE SERIE	: S7728	
ALCANCE DE INDICACIÓN	: 0 in a 2 in	Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones 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 reglamentaciones vigentes.
DIV. MINIMA DE ESCALA	: 0.0001 in	
INDICACIÓN	: ANÁLOGICO	
PROCEDENCIA	: USA	
IDENTIFICACIÓN	: NO PRESENTA	G & L LABORATORIO 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.
TIPO	: NO PRESENTA	
UBICACIÓN	: LABORATORIO	
FECHA DE CALIBRACIÓN	: 2019-05-03	
<b>3. PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN</b>	Comparación Directa. Procedimiento de Calibración de Comparadores de Cuadrante (Usando Bloques). PC-014 del SNM/INDECOPI, Segunda Edición Diciembre 2001.	
<b>4. LUGAR DE CALIBRACIÓN</b>	Laboratorio de MAGMA SERVICIOS GENERALES DE INGENIERIA SAC CAL.LAMBAYEQUE NRO. SN SECTOR PUEBLO NUEVO (LAMBAYEQUE 170 Y 172) CAJAMARCA - JAEN	



  
LABORATORIO DE METROLOGIA  
Gilmer Antonio Huamán Poquioma  
Responsable del Laboratorio de Metrología



Av. Miraiores Mz. E Lt. 60  
Urb. Santa Elisa II Etapa  
Los Olivos - Lima

RPC: 992 - 302 - 883  
RPC: 992 - 302 - 878

SKYPE: ventas@gyllaboratorio.com  
Correos: ventas@gyllaboratorio.com  
servicios@gyllaboratorio.com

Horario de Atención:  
Lunes a Viernes: 8:00 am a  
6:00 pm  
Sábados: 8:00 am a 1:00 pm

PROHIBIDO LA REPRODUCCION TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE G&L LABORATORIO SAC



LABORATORIO DE METROLOGIA  
CALIDAD Y RESPONSABILIDAD ES NUESTRA MAYOR GARANTÍA

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 179 - 2019 GLL

Página 2 de 2

**5. CONDICIONES AMBIENTALES**

	Inicial	Final
Temperatura	27.1 °C	27.3 °C
Humedad Relativa	66 %	67 %

**6. TRAZABILIDAD**

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales e internacionales que materializan las unidades físicas de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades de Medida (SI) y el Sistema Legal de Unidades del Perú (SLUMP).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
Patrones de referencia de DM - INACAL	Juego de Bloque Planoparalelos Grado 0	LLA - C - 020 - 2018

**7 RESULTADOS DE MEDICIÓN**

**ALCANCE DEL ERROR DE INDICACIÓN ( fe )**

PATRÓN DE MEDICIÓN in	INDICACIÓN DEL COMPARADOR in	ERROR mil	INCERTIDUMBRE mil
0.2000	0.200	-0.1	0.1
0.4000	0.400	-0.3	
0.6000	0.600	0.0	
0.8000	0.800	0.3	
1.0000	1.000	-0.2	
1.2000	1.200	0.4	
1.4000	1.400	0.3	
1.6000	1.600	-0.4	
1.8000	1.800	-0.1	
2.0000	2.000	0.7	

Máxima desviación encontrado en el alcance ( fe ): 1 mil

**ERROR DE REPETIBILIDAD ( fw )**

PATRÓN DE MEDICIÓN in	INDICACIÓN DEL COMPARADOR in	ERROR mil	INCERTIDUMBRE mil
2.0000	2.000	0.75	0.1
	2.000	0.75	
	2.000	0.75	
	2.000	0.75	
	2.000	0.75	

Máxima desviación encontrado en la Repetibilidad ( fw ): 0 mil

Equivalencia 0.0001 in = 0.00254 mil  
2 in = 50.80 mm  
2 in = 2 pulgada



**8. 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. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95



Av. Miradores Mz. E Lt. 60  
Urb. Santa Elisa II Etapa  
Los Olivos - Lima

RPC: 992 - 302 - 883  
RPC: 992 - 302 - 878

SKYPE: ventas@gyllaboratorio.com  
Correos: ventas@gyllaboratorio.com  
servicios@gyllaboratorio.com

Horario de Atención:  
Lunes a Viernes: 8:00 am a 6:00 pm  
Sábados: 8:00 am a 1:00 pm

PROHIBIDO LA REPRODUCCION TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE G&L LABORATORIO SAC



LABORATORIO DE METROLOGIA  
CALIDAD Y RESPONSABILIDAD ES NUESTRA MAYOR GARANTÍA  
LABORATORIO SAC

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 178-2019 GLL

Página 1 de 2

FECHA DE EMISIÓN	: 2019-05-16	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 $k=2$ . La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.
<b>1. SOLICITANTE</b>	: <b>MAGMA SERVICIOS GENERALES DE INGENIERIA SAC</b>	
DIRECCIÓN	: CAL LAMBAYEQUE NRO. SN SECTOR PUEBLO NUEVO (LAMBAYEQUE 170 Y 172) CAJAMARCA - JAEN	
<b>2. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN</b>	: <b>COMPARADOR DE CUADRANTES</b>	Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones 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 reglamentaciones vigentes.
MARCA	: JAGUAR	
MODELO	: NO PRESENTA	
NÚMERO DE SERIE	: 7437863	
ALCANCE DE INDICACIÓN	: 0 in a 1 in	
DIV. MINIMA DE ESCALA	: 0.001 in	
INDICACIÓN	: ANÁLOGICO	
PROCEDENCIA	: CHINA	
IDENTIFICACIÓN	: NO PRESENTA	G & L LABORATORIO 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.
TIPO	: NO PRESENTA	
UBICACIÓN	: LABORATORIO	
FECHA DE CALIBRACIÓN	: 2019-05-03	
<b>3. PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN</b>	Comparación Directa. Procedimiento de Calibración de Comparadores de Cuadrante (Usando Bloques). PC-014 del SNM/INDECOPI, Segunda Edición Diciembre 2001.	
<b>4. LUGAR DE CALIBRACIÓN</b>	Laboratorio de MAGMA SERVICIOS GENERALES DE INGENIERIA SAC CAL LAMBAYEQUE NRO. SN SECTOR PUEBLO NUEVO (LAMBAYEQUE 170 Y 172) CAJAMARCA - JAEN	



Gilmer Antonio Huamán Poquioma  
Responsable del Laboratorio de Metrología



Av. Miraos Mz. E Lt. 60  
Urb. Santa Elisa II Etapa  
Los Olivos - Lima

RPC: 992 - 302 - 883  
RPC: 992 - 302 - 878

SKYPE: ventas@gyllaboratorio.com  
Correos: ventas@gyllaboratorio.com  
servicios@gyllaboratorio.com

Horario de Atención:  
Lunes a Viernes: 8:00 am a  
6:00 pm  
Sábados: 8:00 am a 1:00 pm

PROHIBIDO LA REPRODUCCION TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE G&L LABORATORIO SAC



**5. CONDICIONES AMBIENTALES**

	Inicial	Final
Temperatura	27.1 °C	27.1 °C
Humedad Relativa	66 %	66 %

**6. TRAZABILIDAD**

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales e internacionales que materializan las unidades físicas de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades de Medida (SI) y el Sistema Legal de Unidades del Perú (SLUMP).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
Patrones de referencia de DM - INACAL	Juego de Bloque Planoparalelos Grado 0	LLA - C - 020 - 2018

**7 RESULTADOS DE MEDICIÓN**

**ALCANCE DEL ERROR DE INDICACIÓN ( fe )**

PATRÓN DE MEDICIÓN in	INDICACIÓN DEL COMPARADOR in	ERROR mil	INCERTIDUMBRE mil
0.0787	0.079	-0.1	0.1
0.1969	0.197	-0.3	
0.3150	0.315	0.0	
0.3937	0.394	0.3	
0.4724	0.472	-0.2	
0.5906	0.591	0.4	
0.7087	0.709	0.3	
0.7874	0.787	-0.4	
0.8661	0.866	-0.1	
0.9843	0.985	0.7	

Máxima desviación encontrado en el alcance ( fe ): 1 mil

**ERROR DE REPETIBILIDAD ( fw )**

PATRÓN DE MEDICIÓN in	INDICACIÓN DEL COMPARADOR in	ERROR mil	INCERTIDUMBRE mil
0.9850	0.985	0.75	0.1
	0.985	0.75	
	0.985	0.75	
	0.985	0.75	
	0.985	0.75	

Máxima desviación encontrado en la Repetibilidad ( fw ): 0 mil

Equivalencia 0.001 in = 1 mil  
1 in = 25.4 mm  
1 in = 1 pulgada



**8. 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. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95



Av. Miraiores Mz. E Lt. 60  
Urb. Santa Elisa II Etapa  
Los Olivos - Lima

RPC: 992 - 302 - 883  
RPC: 992 - 302 - 878

SKYPE: ventas@gyllaboratorio.com  
Correos: ventas@gyllaboratorio.com  
servicios@gyllaboratorio.com

Horario de Atención:  
Lunes a Viernes: 8:00 am a 6:00 pm  
Sábados: 8:00 am a 1:00 pm

PROHIBIDO LA REPRODUCCION TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE G&L LABORATORIO SAC




LABORATORIO DE METROLOGIA  
CALIDAD Y RESPONSABILIDAD ES NUESTRA MAYOR GARANTÍA  
LABORATORIO SAC

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 177-2019 GLL

Página 1 de 2

FECHA DE EMISIÓN	: 2019-05-16	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 $k=2$ . La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.
1. SOLICITANTE	: <b>MAGMA SERVICIOS GENERALES DE INGENIERIA SAC</b>	
DIRECCIÓN	: CAL. LAMBAYEQUE NRO. SN SECTOR PUEBLO NUEVO (LAMBAYEQUE 170 Y 172) CAJAMARCA - JAEN	
2. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN	: <b>COMPARADOR DE CUADRANTES</b>	
MARCA	: BAKER	
MODELO	: JO8A	
NÚMERO DE SERIE	: R2936	
ALCANCE DE INDICACIÓN	: 0 mm a 25 mm	Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones 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 reglamentaciones vigentes.
DIV. MINIMA DE ESCALA	: 0.01 mm	
INDICACIÓN	: ANÁLOGICO	
PROCEDENCIA	: USA	
IDENTIFICACIÓN	: NO PRESENTA	G & L LABORATORIO 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.
TIPO	: NO PRESENTA	
UBICACIÓN	: LABORATORIO	
FECHA DE CALIBRACIÓN	: 2019-05-03	
3. PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN	Comparación Directa. Procedimiento de Calibración de Comparadores de Cuadrante (Usando Bloques). PC-014 del SNM/INDECOP, Segunda Edición Diciembre 2001.	
4. LUGAR DE CALIBRACIÓN	Laboratorio de MAGMA SERVICIOS GENERALES DE INGENIERIA SAC CAL. LAMBAYEQUE NRO. SN SECTOR PUEBLO NUEVO (LAMBAYEQUE 170 Y 172) CAJAMARCA - JAEN	



  
Gilmer Antonio Huamán Reguena  
Responsable del Laboratorio de Metrología



Av. Miraosres Mz. E Lt. 60  
Urb. Santa Elisa II Etapa  
Los Olivos - Lima

RPC: 992 - 302 - 883  
RPC: 992 - 302 - 878

SKYPE: ventas@gyllaboratorio.com  
Correos: ventas@gyllaboratorio.com  
servicios@gyllaboratorio.com

Horario de Atención:  
Lunes a Viernes: 8:00 am a  
6:00 pm  
Sábados: 8:00 am a 1:00 pm

PROHIBIDO LA REPRODUCCION TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE G&L LABORATORIO SAC

5. CONDICIONES AMBIENTALES

	Inicial	Final
Temperatura	27.0 °C	27.1 °C
Humedad Relativa	66 %	66 %

6. TRAZABILIDAD

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales e internacionales que materializan las unidades físicas de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades de Medida (SI) y el Sistema Legal de Unidades del Perú (SLUMP).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
Patrones de referencia de DM - INACAL	Juego de Bloque Planoparalelos Grado 0	LLA - C - 020 - 2018

7 RESULTADOS DE MEDICIÓN

ALCANCE DEL ERROR DE INDICACIÓN ( fe )

PATRÓN DE MEDICIÓN mm	INDICACIÓN DEL COMPARADOR m	ERROR µm	INCERTIDUMBRE µm
1.000	1.00	0.0	3.2
5.000	5.00	-0.1	
8.000	8.00	0.0	
10.000	10.00	2.0	
12.000	12.00	0.0	
15.000	15.00	0.0	
18.000	18.00	0.1	
20.000	20.00	0.1	
22.000	22.00	0.1	
25.000	25.00	0.0	

Máxima desviación encontrado en el alcance ( fe ): 2 µm

ERROR DE REPETIBILIDAD ( fw )

PATRÓN DE MEDICIÓN mm	INDICACIÓN DEL COMPARADOR m	ERROR µm	INCERTIDUMBRE µm
10.000	10.00	2.0	3.2
	10.00	2.0	
	10.00	2.0	
	10.00	2.0	
	10.00	5.0	

Máxima desviación encontrado en la Repetibilidad ( fw ): 0 µm



8. 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. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.



LABORATORIO DE METROLOGIA  
CALIDAD Y RESPONSABILIDAD ES NUESTRA MAYOR GARANTÍA

LABORATORIO SAC

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 157-2019 GLT

Página 1 de 4

Fecha de Emisión : 2019-05-16

1. SOLICITANTE : **MAGMA SERVICIOS GENERALES DE INGENIERIA SAC**

DIRECCIÓN : CAL. LAMBAYEQUE NRO. SN SECTOR PUEBLO NUEVO (LAMBAYEQUE 170 Y 172) CAJAMARCA - JAEN

2. EQUIPO DE MEDICIÓN: **HORNO ELÉCTRICO**

MARCA : **IDUSEL S.A**  
 MODELO : **HLS-20**  
 NÚMERO DE SERIE : **40900005**  
 PROCEDENCIA : **NO PRESENTA**  
 IDENTIFICACIÓN : **NO PRESENTA**  
 UBICACIÓN : **Laboratorio**

### Descripción del Termómetro del Equipo

Tipo : **ANALOGICO**  
 Alcance de Indicación : **0 °C a 300 °C**  
 División de Escala : **10 °C**

3. FECHA Y LUGAR DE CALIBRACIÓN

Calibrado el 2019-05-03

La calibración se realizó en Laboratorio de MAGMA SERVICIOS GENERALES DE INGENIERIA SAC

4. PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN

La calibración se efectuó por comparación directa con termómetros patrones calibrados que tienen trazabilidad a la Escala Internacional de Temperatura de 1990, se usó el procedimiento PC-018 "Calibración de Medios con Aire como Medio Termostático", edición 2, Junio 2009; del SNM-INDECOPI - Perú.

5. CONDICIONES DE CALIBRACIÓN

	Inicial	Final
Temperatura °C	27.3	27.4
Humedad Relativa %HR	71	71

6. TRAZABILIDAD

Los resultados de calibración tienen trazabilidad a los patrones nacionales, reportados de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
TOTAL WEIGHT	Termómetro de indicación digital de 10 termocuplas	CT - 0292 - 2018

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  $k=2$ . La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones 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 reglamentaciones vigentes.

G & L LABORATORIO 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.



**Téc. Gilmer A. Huanan P. Quiloma**  
Responsable del Laboratorio de Metrología



v. Miraos Mz. E Lt. 60  
Jrb. Santa Elisa II Etapa  
os Olivos - Lima

RPC: 992 - 302 - 883  
RPC: 992 - 302 - 878

SKYPE: ventas@gyllaboratorio.com  
Correos: ventas@gyllaboratorio.com  
servicios@gyllaboratorio.com

Horario de Atención:  
Lunes a Viernes: 8:00 am a  
6:00 pm



**G&L**  
LABORATORIO SAC

LABORATORIO DE METROLOGIA  
CALIDAD Y RESPONSABILIDAD ES NUESTRA MAYOR GARANTÍA

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N°157-2019 GLT  
Página 2 de 4

7. RESULTADOS DE MEDICIÓN

TEMPERATURA DE TRABAJO : 110°C ± 10 °C

Tiempo (min)	Termómetro del equipo (°C)	Indicación termómetros patrones (°C)										T. Prom. (°C)	Tmax-Tmin. (°C)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
00	110	109.2	108.9	110.4	110.1	113.3	114.1	111.6	104.2	108.2	109.3	109.9	9.9
02	110	109.2	109.4	110.4	110.1	111.6	112.1	111.8	104.4	108.2	109.3	109.7	7.7
04	110	109.2	110.4	110.2	110.4	114.3	111.6	111.8	104.4	108.6	109.5	110.0	9.9
06	110	109.2	110.4	110.2	110.3	113.5	114.2	111.7	104.4	108.6	109.5	110.2	9.8
08	110	109.8	110.7	110.5	110.2	113.4	114.2	111.7	104.5	108.6	109.5	110.3	9.7
10	110	109.4	110.2	110.3	110.3	113.4	114.2	111.6	104.5	108.6	109.5	110.2	9.7
12	110	109.5	110.1	110.3	110.3	113.5	114.2	111.7	104.6	108.6	109.7	110.3	9.6
14	110	109.5	110.7	110.3	110.4	113.6	114.2	111.7	104.6	108.7	109.7	110.3	9.6
16	110	109.5	110.8	110.5	110.4	113.6	114.2	111.6	104.6	108.7	109.7	110.4	9.6
18	110	109.8	110.3	110.5	110.2	113.6	114.2	111.6	104.9	108.9	109.8	110.4	9.3
20	110	109.9	110.3	110.3	110.3	113.6	114.2	111.7	104.9	108.9	109.8	110.4	9.3
22	110	109.4	110.5	110.5	110.4	113.7	114.1	111.7	105.0	109.0	109.8	110.4	9.1
24	110	109.4	110.4	110.6	110.4	113.5	114.2	111.7	105.0	109.1	109.9	110.4	9.2
26	110	109.4	110.6	110.6	110.4	113.5	114.3	111.7	105.6	109.2	110.0	110.5	8.7
28	110	109.5	110.5	110.5	110.0	113.7	114.3	111.7	105.6	109.3	110.0	110.5	8.7
30	110	109.3	110.9	110.4	110.1	113.5	114.2	111.6	105.7	109.3	110.0	110.5	8.5
32	110	109.5	110.8	110.5	110.4	113.4	114.1	111.6	105.7	109.4	110.0	110.5	8.4
34	110	109.4	110.4	110.4	110.4	113.7	114.1	111.7	105.7	109.5	110.1	110.5	8.4
36	110	109.5	110.8	110.4	110.5	113.6	114.1	111.7	105.8	109.5	110.2	110.6	8.3
38	110	109.8	110.2	110.3	110.5	113.6	114.1	111.9	105.8	109.6	110.5	110.6	8.3
40	110	109.4	110.4	110.5	110.3	113.4	114.2	111.6	105.9	109.6	110.5	110.6	8.3
42	110	109.2	110.8	110.2	110.5	113.4	114.1	111.6	106.0	109.7	110.6	110.6	8.1
44	110	109.9	110.3	110.6	110.4	113.4	114.1	111.6	106.0	109.7	110.7	110.7	8.1
46	110	109.5	110.6	110.5	110.8	113.4	114.1	111.7	106.1	109.8	110.7	110.7	8
48	110	109.5	110.4	110.6	110.4	113.5	114.2	111.7	106.1	109.8	110.8	110.7	8.1
50	110	109.5	110.2	110.3	110.5	113.5	114.2	111.7	106.2	109.9	110.9	110.7	8.0
52	110	109.7	110.8	110.5	110.5	113.4	114.1	111.5	106.2	110.0	111.0	110.8	7.9
54	110	109.7	110.4	110.5	110.4	113.4	114.1	111.5	106.2	110.0	111.0	110.7	7.9
56	110	109.9	110.4	110.6	110.4	113.4	114.1	111.5	106.4	110.1	111.0	110.8	7.7
58	110	109.9	110.5	110.5	110.2	113.5	114.1	111.6	106.4	110.2	111.1	110.8	7.7
60	110	109.8	110.6	110.5	110.2	113.3	114.0	111.6	106.4	110.3	111.2	110.8	7.6
T. PROM.	110	109.5	110.4	110.4	110.3	113.5	114.0	111.7	105.4	109.3	110.2	110.5	
T. MAX	110	109.9	110.9	110.6	110.8	114.3	114.3	111.9	106.4	110.3	111.2		
T. MIN	110	109.2	108.9	110.2	110.0	111.6	111.6	111.5	104.2	108.2	109.3		
DTT	0.0	0.7	2.0	0.4	0.8	2.7	2.7	0.4	2.2	2.1	1.9		

PARÁMETRO	VALOR (°C)	INCERTIDUMBRE EXPANDIDA (°C)
Máxima Temperatura Medida	114.3	0.3
Mínima Temperatura Medida	108.2	0.3
Desviación de Temperatura en el Tiempo	2.7	0.1
Desviación de Temperatura en el Espacio	8.6	0.3
Estabilidad Medida (±)	±4.00	0.04
Uniformidad Medida	9.9	0.3



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

*[Handwritten signature]*  
 SUPERVISOR  
 LABORATORIO

v. Miraos Mz. E Lt. 60  
 Irb. Santa Elisa II Etapa  
 Los Olivos - Lima

RPC: 992 - 302 - 883  
 RPC: 992 - 302 - 878

SKYPE: ventas@gyllaboratorio.com  
 Correos: ventas@gyllaboratorio.com  
 servicios@gyllaboratorio.com

Centro de Atención:  
 Lunes a Viernes: 8:00 am a 6:00 pm  
 Sábados: 8:00 am a 1:00 pm

PROHIBIDO LA REPRODUCCION TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE G&L LABORATORIO SAC



LABORATORIO DE METROLOGIA  
CALIDAD Y RESPONSABILIDAD ES NUESTRA MAYOR GARANTÍA

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N°157-2019 GLT

Página 3 de 4

### 8. OBSERVACIONES

Los resultados obtenidos corresponden al promedio de 31 lecturas por punto de medición considerando, luego del tiempo de estabilización.

Las lecturas se iniciaron luego de un precalentamiento y estabilización de 2 min.

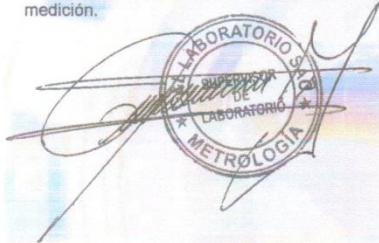
El esquema de distribución y posición de los termocuplas calibrados en los puntos de medición se muestra en la página 4.

Para la temperatura de 110°C

La calibración se realizó sin carga.

El promedio de temperatura durante la medición fue 110 °C.

Con fines de identificación se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO". La periodicidad de la calibración depende del uso, mantenimiento y conservación del instrumento de medición.



Av. Miraflores Mz. E Lt. 60  
Urb. Santa Elisa II Etapa  
Los Olivos - Lima

RPC: 992 - 302 - 883  
RPC: 992 - 302 - 878

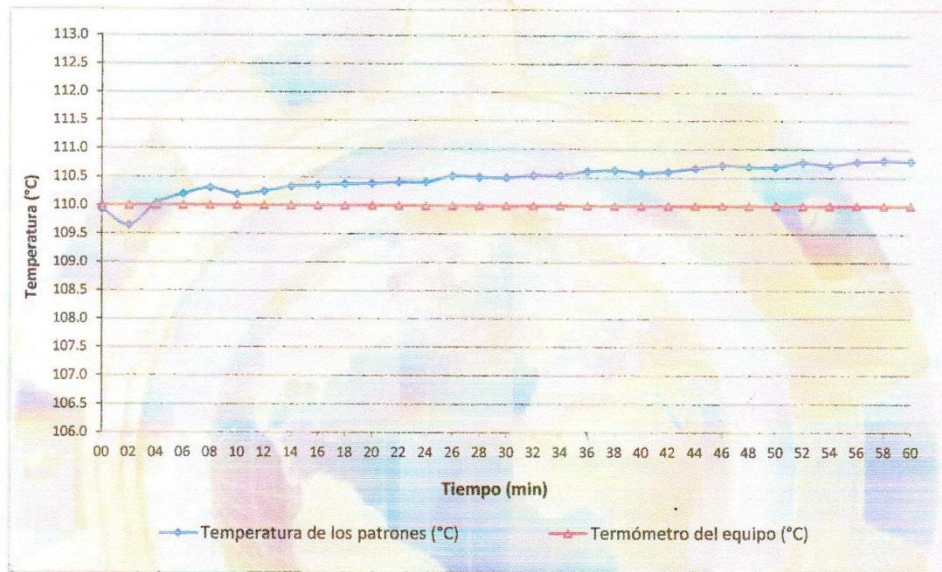
SKYPE: ventas@gyllaboratorio.com  
Correos: ventas@gyllaboratorio.com  
servicios@gyllaboratorio.com

Horario de Atención:  
Lunes a Viernes: 8:00 am a  
6:00 pm  
Sábados: 8:00 am a 1:00 pm

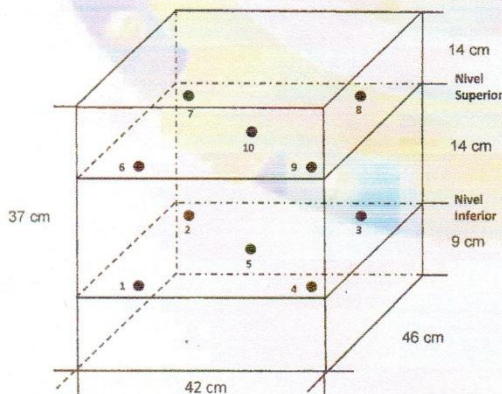
PROHIBIDO LA REPRODUCCION TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE G&L LABORATORIO SAC



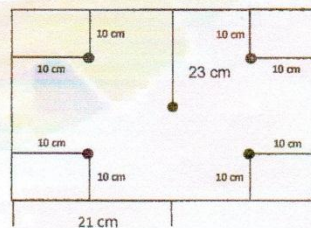
**DISTRIBUCIÓN DE TEMPERATURA EN EL EQUIPO**  
**TEMPERATURA DE TRABAJO 110°C**



**UBICACIÓN DE LOS SENSORES**



**Vista Frontal**



Los sensores se colocaron a 6 cm de altura sobre sus respectivos niveles.



LABORATORIO DE METROLOGIA  
CALIDAD Y RESPONSABILIDAD ES NUESTRA MAYOR GARANTÍA

LABORATORIO SAC

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN - LABORATORIO DE FUERZA

Calibration Certificate - Laboratory of Force

### OBJETO DE PRUEBA:

Instrument

**Rangos**

Measurement range

**FABRICANTE**

Manufacturer

**Modelo**

Model

**Serie**

Identification number

**Ubicación de la máquina**

Location of the machine

**Norma de referencia**

Norm of used reference

**Intervalo calibrado**

Calibrated interval

**Solicitante**

Customer

**Dirección**

Address

**Ciudad**

City

**PATRON(ES) UTILIZADO(S)**

Measurement standard

**Tipo / Modelo**

Type / Model

**Rangos**

Measurement range

**Fabricante**

Manufacturer

**No. serie**

Identification number

**Certificado de calibración**

Calibration certification

**Incertidumbre de medida**

Uncertainty of measurement

**Método de calibración**

Method of calibration

**Unidades de medida**

Units of measurement

**FECHA DE CALIBRACIÓN**

Date of calibration

**FECHA DE EXPEDICIÓN**

Date of issue

**MÁQUINA DE ENSAYOS A COMPRESIÓN**

50 kN

PINZUAR LTDA.

PS - 25

255

LABORATORIO MAGMA SERVICIOS GENERALES DE INGENIERIA SAC

NTC - ISO 7500 - 1 ( 2007 - 07 - 25 )

Del 10% al 100% del Rango

**MAGMA SERVICIOS GENERALES DE INGENIERIA SAC**

CAL. LAMBAYEQUE NRO. SN SECTOR PUEBLO NUEVO (LAMBAYEQUE 170 Y 172) CAJAMARCA - JAEN

JAEN

T71P / DEF - A

5 tn

OHAUS / KELI

B504530209 / AGB8505

N° 011 - 2018 GLF

0.062 %

Comparación Directa

Sistema Internacional de Unidades ( SI )

2019 - 05 - 03

2019 - 05 - 16

**NÚMERO DE PÁGINAS DEL CERTIFICADO INCLUYENDO ANEXOS**

Number of pages of this certificate and documents attached

3

**FIRMAS AUTORIZADAS**

Authorized Signatures

**Téc. Gilmer A. Huamán Requima**  
Responsable Laboratorio de Metrología



v. Miraosres Mz. E Lt. 60  
Jrb. Santa Elisa II Etapa  
os Olivos - Lima

RPC: 992 - 302 - 883  
RPC: 992 - 302 - 878

SKYPE: ventas@gyllaboratorio.com  
Correos: ventas@gyllaboratorio.com  
servicios@gyllaboratorio.com

Horario de Atención:  
Lunes a Viernes: 8:00 am a  
6:00 pm  
Sábados: 8:00 am a 1:00 pm

PROHIBIDO LA REPRODUCCION TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE G&L LABORATORIO SAC

Pág. 1 de 3.



LABORATORIO DE METROLOGIA  
CALIDAD Y RESPONSABILIDAD ES NUESTRA MAYOR GARANTÍA

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**

NÚMERO **154-2019 GLF**  
Pág. 2 de 3

**Método de Calibración:** FUERZA INDICADA CONSTANTE  
**Tipo de Instrumento:** MÁQUINA SEMIAUTOMÁTICA DIGITAL PARA ENSAYOS MARSHALL Y CBR

**DATOS DE LA CALIBRACIÓN**

**Dirección de la Carga:** COMPRESIÓN **Resolución:** 0.00 kN

Indicación de la Máquina		Series de medición: Indicación del Patrón				
%	kN	1 (ASC)	2 (ASC)	2 (DESC)	3 (ASC)	4 (ASC)
		kN	kN	No Aplica	kN	No Aplica
10	5.00	4.99	5.00		5.00	
20	10.00	10.01	10.01		10.01	
30	15.00	15.01	15.01		15.01	
40	20.00	20.00	20.01		20.01	
50	25.00	25.00	25.01	No Aplica	25.00	No Aplica
60	30.00	30.01	30.02		30.02	
70	35.00	35.02	35.02		35.02	
80	40.00	40.00	40.01		40.01	
90	45.00	45.03	45.02		45.02	
100	50.00	50.01	50.00		50.02	
Indicación después de Carga:		0.00	0.00		0.00	No Aplica

**RESULTADO DE LA CALIBRACIÓN**

Indicación de la Máquina		Errores Relativos Calculados				Resolución	Incertidumbre
%	kN	Exactitud	Repetibilidad	Reversibilidad	Accesorios	Relativa	Relativa
		q (%)	b (%)	v (%)	Acces. (%)	a (%)	U± (%) k=2
10	5.00	0.07	0.20			0.040	0.167
20	10.00	-0.10	0.00			0.020	0.099
30	15.00	-0.07	0.00			0.013	0.098
40	20.00	-0.03	0.05			0.010	0.104
50	25.00	-0.01	0.04	No Aplica	No Aplica	0.008	0.102
60	30.00	-0.06	0.03			0.007	0.100
70	35.00	-0.06	0.00			0.006	0.098
80	40.00	-0.02	0.02			0.005	0.099
90	45.00	-0.05	0.02			0.004	0.099
100	50.00	-0.02	0.04			0.004	0.101
Error Relativo de Cero fo (%)		0.00	0.00	0.00	No Aplica		

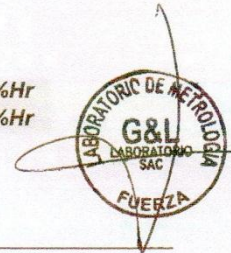
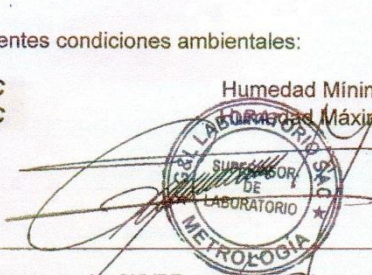
Técnico de Calibración: Ángel Jesús Pérez Barroso

**CONDICIONES AMBIENTALES**

La calibración se realizó bajo las siguientes condiciones ambientales:

Temperatura Mínima: **27.2 °C**  
Temperatura Máxima: **27.3 °C**

Humedad Mínima: **70.0 %Hr**  
Humedad Máxima: **70.0 %Hr**



v. Miraos Mz. E Lt. 60  
Jrb. Santa Elisa II Etapa  
os Olivos - Lima

RPC: 992 - 302 - 883  
RPC: 992 - 302 - 878

SKYPE: ventas@gyllaboratorio.com  
Correos: ventas@gyllaboratorio.com  
servicios@gyllaboratorio.com

Horario de Atención:  
Lunes a Viernes: 8:00 am a  
6:00 pm  
Sábados: 8:00 am a 1:00 pm

PROHIBIDO LA REPRODUCCION TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE G&L LABORATORIO SAC



LABORATORIO DE METROLOGIA  
CALIDAD Y RESPONSABILIDAD ES NUESTRA MAYOR GARANTÍA

LABORATORIO SAC

### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

NÚMERO **154-2019 GLF**  
Pág. 3 de 3

#### CLASIFICACIÓN DE MÁQUINA DE ENSAYOS A COMPRESIÓN

<i>Errores relativos absolutos máximos hallados</i>					
Exactitud q(%)	Repetibilidad b(%)	Reversibilidad v(%)	Accesorios aces(%)	Cero fe(%)	Resolución a(%) en el 20%
0,10	0,05	No Aplica	No Aplica	0,00	0,020

De acuerdo con los datos anteriores y según las prescripciones de la norma técnica Peruana NTC-ISO 7500-1, la máquina de ensayos se clasifica: **CLASE 0.5 Desde el 20%**

#### MÉTODO DE CALIBRACIÓN

Procedimiento de calibración se realizó por el método de comparación directa utilizado patrones trazables de SI calibrados en las instituciones del LEDI-PUCP tomando como referencia el método descrito en la norma UNE-EN ISO 7500-1 "Verificación Máquinas de Ensayo Uniaxiales Estáticos Parte 1: Máquinas de ensayo de tracción./ compresión. Verificación y calibración del sistema de medida de fuerza" – Julio 2006.

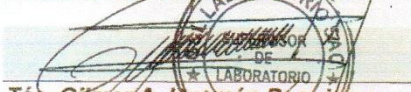
#### PATRONES DE REFERENCIA

El laboratorio de Metrología de G & L LABORATORIO S.A.C. asegura el mantenimiento y la trazabilidad de nuestra Celda de Carga HBM, #Serie: 87747 con LLF = 0,39, Patrón utilizado Celda de carga de 150 t. con incertidumbre del orden de 0,06 % con INFORME TÉCNICO LEA – PUCP, INF – LE – 191 – 18.

#### OBSERVACIONES .

1. Se realizó una inspección general de la máquina encontrándose en buen estado de funcionamiento
2. Los certificados de calibración sin las firmas no tienen validez .
3. El usuario es responsable de la recalibración de los instrumentos de medición. "El tiempo entre dos verificaciones depende del tipo de máquina de ensayo, de la norma de mantenimiento y de la frecuencia de uso. A menos que se especifique lo contrario, se recomienda que se realicen verificaciones a intervalos no mayores a 12 meses." (NTC-ISO 7 500-1)
4. "En cualquier caso, la máquina debe verificarse si se realiza un cambio de ubicación que requiera desmontaje, o si se somete a ajustes o reparaciones importantes." (NTC-ISO 7 500-1)
5. Este certificado expresa fielmente el resultado de las mediciones realizadas. No podrá ser reproducido parcialmente, excepto cuando se haya obtenido permiso previamente por escrito del laboratorio que lo emite.
6. Los resultados contenidos parcialmente en este certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos.
7. La calibración se realizó bajo condiciones establecidas en la NTC-ISO 7 500 - 1 de 2007, numeral 6,4,2. La cual especifica un intervalo de temperatura comprendido entre 10 °C y 35 °C; con una variación máxima de 2 °C durante cada serie de medición.
8. Se adjunta con el certificado la estampilla de calibración No. 154-2019 GLF

#### FIRMAS AUTORIZADAS

  
Téc. **Gilmer A. Huamán Poggioma**  
Responsable Laboratorio de Metrología

