



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**“Análisis de la rigidez del suelo-cemento basado en los principios de diseño AASHTO 1993, tramo Bocapan-Hervideros, Tumbes, 2022”**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
Ingeniero Civil**

**AUTORA:**

Moran Seminario, Wendy Milagros (orcid.org/0000-0002-0381-9869)

**ASESOR:**

Dr. Olarte Pinares, Jorge Richard (orcid.org/0000-0001-5699-1323)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de Infraestructura Vial

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo económico, empleo y emprendimiento

PIURA – PERÚ

2023

## **Dedicatoria**

Esta tesis se lo dedico a en primer lugar a Dios por que me dio las fuerzas de llegar hasta este momento tan importante en mi vida, a mis padres Gastón y Carmen por cada uno de sus enseñanzas que me hacen ser la persona que soy a mis hermanos Junior y Arvin que siempre tenían una palabra de aliento para mí, los amo.

## **Agradecimiento**

Agradezco a mi asesor, por sus compromiso y enseñanza que tuvo con la presente tesis durante todo el proceso de investigación.

Muchas gracias a mi familia por el apoyo incondicional

# Índice de contenido

Carátula .....	i
Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento .....	iii
Índice de contenido.....	iv
Índice de tabla .....	v
Índice de figura .....	iiiv
Resumen.....	x
Abstract .....	xi
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II.MARCO TEÓRICO .....	5
III METODOLOGÍA .....	18
3.1 Tipo y diseño de investigación .....	18
3.2 Variables y operacionalización.....	19
3.3 Población, muestra, muestreo, unidad de análisis .....	19
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos Técnicas .....	20
3.5 Procedimiento: .....	21
3.6 Método de análisis de datos.....	22
3.7 Aspectos éticos.....	22
IV RESULTADOS.....	23
V DISCUSIÓN.....	80
VI CONCLUSIONES .....	81
VII RECOMENDACIONES .....	83
Referencias .....	84
ANEXOS .....	86

## Índice de Tabla

Tabla 1. Análisis Granulométrico del Suelo Natural.....	28
Tabla 2. Límites líquido del Suelo Natural .....	32
Tabla 3. Límites Plástico del Suelo Natural .....	32
Tabla 4. Constantes Físicas de nuestra del Suelo Natural .....	33
Tabla 5 Contenido de Humedad del Suelo Natural.....	33
Tabla 6 Perfil Estratigráfico del Suelo Natural .....	34
Tabla 7 Proctor Modificado del Suelo Natural .....	36
Tabla 8 toma de muestras de ensayo CBR parte A.....	39
Tabla 9 contenido humedad CBR parte A .....	39
Tabla 10 Toma de muestra CBR parte B.....	39
Tabla 11 Toma de muestra CBR parte B.....	40
Tabla 12 Contenido de Humedad Suelo-Cemento 2%.....	42
Tabla 14 Contenido de Humedad Suelo-Cemento 6%.....	42
Tabla 15 Resumen Contenido de Humedad Suelo-Cemento 6%.....	43
Tabla 16 Resumen Contenido de Humedad Suelo-Cemento 6%.....	43
Tabla 17 Limite Líquido Suelo-Cemento 2% .....	45
Tabla 18 Limite Plástico Suelo-Cemento 2% .....	46
Tabla 19 constantes Físicas de muestra Suelo-Cemento 2% .....	46
Tabla 20 Limite Plástico Suelo-Cemento 4% .....	47
Tabla 21 Limite Plástico Suelo-Cemento 4% .....	47
Tabla 22 constantes Físicas de muestra Suelo-Cemento 4% .....	48
Tabla 23 Limite Plástico Suelo-Cemento 6% .....	48
Tabla 24 Limite Plástico Suelo-Cemento 6% .....	48
Tabla 25 Constantes Físicas de muestra Suelo-Cemento 6% .....	49
Tabla 26 Resumen limites consistencia Suelo-Cemento.....	49

Tabla 27 Grafica limites consistencia Suelo-Cemento .....	50
Tabla 28 Toma de muestras para Proctor modificado Suelo-Cemento2% .....	52
Tabla 29 Resultados Suelo-Cemento2%.....	52
Tabla 30 Toma de muestras para Proctor modificado Suelo-Cemento 4%.....	53
Tabla 31 Resultados Suelo-Cemento 4%.....	53
Tabla 32 Toma de muestras para Proctor modificado Suelo-Cemento 6%.....	54
Tabla 33 Resultados Suelo-Cemento 6%.....	54
Tabla 34 Cuadro resumen resultados de Proctor Modificado.....	54
Tabla 35 resultados de resistencia a la compresión 2%.....	59
Tabla 36 Resultados de resistencia a la compresión 4% .....	60
Tabla 37 Resultados de resistencia a la compresión 6% .....	60
Tabla 38 Resumen de resultados de resistencia a la compresión.....	60
Tabla 39 Datos recopilados de humedecimiento secado cemento 2% .....	68
Tabla 40 resultados de humedecimiento secado cemento 2% .....	68
Tabla 41 Datos recopilados de humedecimiento secado cemento 4% .....	69
Tabla 42 Resultados humedecimiento secado cemento 4%.....	69
Tabla 43 Datos recopilados de humedecimiento secado cemento 6% .....	70
Tabla 44 Resultados de humedecimiento secado cemento 6%.....	70
Tabla 45 Resumen de resultados de humedecimiento secado cemento.....	71
Tabla 46 Grafico Resumen de Resultados de humedecimiento secado cemento .....	71
Tabla 47 Porcentajes de perdida máxima Suelo-Cemento requeridos.....	72
Tabla 48 Resumen de resultados de resistencia a la compresión.....	72
Tabla 49 Grafico Resumen de resultados de resistencia a la compresión .....	73

## Índice de Figuras

Figure 1: Ecuación coeficiente Structural .....	13
Figura 2: Abaco coeficiente Estructural .....	14
Figura 3: Toma de muestra de cantera.....	21
Figura 4: Mapa Político del Perú .....	22
Figura 6 Mapa carretera Bocapa-Hervideros.....	23
Figura 7 Extracción de muestra.....	26
Figura 8: Separación de a muestra en cuadrantes .....	27
Figura 9: peso de la muestra representativa .....	27
Figura 10 colocación de muestra en máquinas de tamizado.....	28
Figura 11 Curva Granulométrica del Suelo Natural. ....	29
Figura 12 Tamizado de la muestra por maya 40 .....	30
<i>Figura 13 Se procede a meter la muestra al horno.....</i>	30
Figura14 Se satura de agua hasta obtener una mezcla homogénea.....	31
Figura 15 : Se procede a realizar el ensayo de Casagrande para determinar limite líquido.....	31
Figura 16: Se procede a la separación de la muestra .....	32
Figura 17: Ensayo Limite liquido.....	32
Figura 19: Colocación de la muestra en el cilindro .....	35
Figura 20: Configuración el equipo Proctor .....	35
Figura 21: Ensayo Proctor Modificado.....	36
Figura 23: Realizando 56 golpes en tres capas del Suelo Natural .....	37
Figura 27: Pesando el cemento con la dosificación al 2 %.....	41
Figura 28: Porcentaje de agua para 2 % de Cemento .....	41

Figura 29: Pesando el cemento para la dosificación 2% de cemento.....	44
Figura 30: Tamizado de la muestra por maya 40 suelo con cemento 2% .....	44
Figura 31:Se procede a realizar el ensayo de Casagrande para determinar limite líquido.....	45
Figura 32: Curva contenido humedad Suelo-Cemento 2%.....	46
Figura 33: curva contenido humedad Suelo-Cemento 4% .....	47
Figura 34: curva contenido humedad Suelo-Cemento 6% .....	49
Figura 35: Se procede a mezclar uniformemente la muestra con cemento .....	50
Figura 36: Se procede a incorporar el agua .....	51
Figura 37: Se procede incorporar la mezcla al molde para proceder a 56 golpes	51
Figura 38: Relación densidad seca -contenido de humedad Suelo-Cemento2%. 52	
Figura 39 Relación densidad seca -contenido de humedad Suelo-Cemento 4%. 53	
Figura 40: Relación densidad seca -contenido de humedad Suelo-Cemento 6% 54	
Figura 41: Grafico resultados de Proctor Modificado.....	55
Figura 43:Se procede a pesas la muestra .....	56
Figura 44: Se mide el agua según la deificación requerida .....	57
Figura 45: Se procede a mezclar hasta obtener una mezcla homogénea .....	57
Figura 46: Se llenan el molde se procede a dar los 56 golpes .....	58
Figura 47: Se colocan en bolsas herméticas y se dejan reposar 7 días .....	58
Figura 48: Se procede a la rotura de probetas .....	59
Figura 49 :Curva Resistencia a la Compresión .....	61
Figura 50:Se procede a realizar una mezcla homogénea de muestra cemento y agua .....	62
Figura 51: Se llenan los moldes con la mezcla en tres capas .....	62
Figura 52:Se procede a realizar los golpes por cada capa.....	63
Figura 53: Después de 24 horas se procede a desmoldar .....	63



Figura 54: Se coloca las muestras en una bolsa hermética para evitar la pérdida de humedad .....	64
Figura 55: Se coloca en una cámara de humedecimiento por 5 horas sellada herméticamente se observa que la bolsa exsuda después de ese tiempo se pesa y mide la muestra .....	64
Figura 56: Se coloca la muestra en el horno por 48 horas se pesa y se mide las probetas .....	65
Figura 58: Se coloca otra vez las probetas en cámara de humedad por 5 horas	66
Figura 59: Se pesa y se mide las probetas.....	66
Figura 60: Se pesan las probetas.....	67
Figura 61: Se procede a colocar las probetas en el horno por 48 horas a 71°C se pesa y se mide otra vez.....	67
Figura 62: Abaco coeficiente estructural .....	74

## Resumen

La presente investigación, tuvo como objetivo general es analizar la rigidez del Suelo-Cemento empleando los conceptos de la Guía de Diseño AASHTO 1993 para determinar la cantidad de cemento por utilizar en la capa Suelo-Cemento de la carretera Bocapan-Hervideros en la ciudad de Tumbes, La metodología del estudio fue del tipo aplicada, enfoque cuantitativo, diseño cuasi experimental y nivel aplicativo. Se consideró como población de estudio el kilómetro 02 de la carretera Bocapan Hervideros Se empleó como técnicas la observación directa y los siguientes ensayos de suelos: Contenido de Humedad, Granulometría, y Límites de Consistencia para determinar la Clasificación de Suelos, Ensayo C.B.R. y Ensayo Proctor Humedecimiento-Secado metodología AASTHO

De acuerdo con los ensayos de laboratorio se realizados se obtuvieron los siguientes resultados cuando se trabajó con una dosificación de 2% se llegó a una resistencia a la compresión de 15 kg/cm<sup>2</sup>, con un porcentaje de 4% se llegó a una dosificación de 25.8 kg/cm<sup>2</sup>, y con una dosificación de 6% se llegó a una resistencia de 36.9k/cm<sup>2</sup> trabajamos con una dosificación de 6% Eso nos da un Coeficiente estructural de capa 18psi, numero estructural NS=2.16 y un espesor de capa Suelo- Cemento de 30cm

**Palabras clave:** Suelo-cemento, resistencia, rigidez.

## **Abstract**

The general objective of this research was to analyze the stiffness of the soil-cement using the concepts of the AASHTO 1993 Design Guide to determine the amount of cement to be used in the soil-cement layer of the Bocapan-Hervideros highway in the city of Tumbes, the methodology of the study was of the applied type, quantitative approach, quasi-experimental design and application level. Kilometer 02 of the Bocapan Hervideros road was considered as study population Direct observation and the following soil tests were used as techniques: Moisture Content, Granulometry, and Consistency Limits to determine the Soil Classification, C.B.R. Test and Proctor Wetting-Drying Test AASTHO methodology.

According to the laboratory tests carried out, the following results were obtained when working with a dosage of 2% reached a compressive strength of 15 kg / cm<sup>2</sup>, with a percentage of 4% a dosage of 25.8 kg / cm<sup>2</sup> was reached, and with a dosage of 6% we reached a resistance of 36.9k / cm<sup>2</sup> we work with a dosage of 6% That gives us a structural coefficient of layer 18psi. , structural number NS=2.16 and thickness of Soil-Cement layer of 30cm

**Keywords:** Soil-cement, resistance, rigidity.

## I. INTRODUCCIÓN

Las ciudades del Perú. han crecido debido al crecimiento de la poblacional en las últimas décadas, estas ciudades están conectadas por vías terrestre, aéreas y acuáticas dentro de estas vías terrestres encontramos Longitudinales se orientan de sur a norte o viceversa (Panamericana), Transversales son las que están en dirección de oeste a este o viceversa; se les conoce como penetración por conectar costa, sierra, y selva. (Central) y Vecinales o enlace: Son de poca extensión y unen ciudades con carreteras más extensas. una de esas carreteras es la que está en el ramal Bocapam-Hevideros esto se encuentra en la provincia del Contralmirante Villar, departamento Tumbes que es objeto de esta investigación.

Actualmente, la tecnología y su desarrollo han permitido el procesamiento de diversos materiales que se equilibran con las necesidades del entorno estructural relacionado con proyectos viales, aumentando el número de vehículos a cargar y el volumen de tránsito. El suelo cemento es un material que ha podido ampliar su uso en proyectos de construcción de carreteras desde la década de 1940. La mezcla se llama Suelo-Cemento. Estimado como un material que necesita densificación y se elabora con técnicas de amplia trascendencia. Los materiales que componen la mezcla son abundantes y económicos. Asimismo, las técnicas de tratamiento de suelos, tratados con cemento, se consideran un aporte fundamental en la técnica ya que permiten utilizar el suelo como material de construcción y cumplir unos estándares específicos. También se conoce que existen extensiones relacionadas con la técnica Suelo-Cemento, la primera enfatiza los materiales granulares o suelos asfaltados, se estiman como materiales de proximidad, con costos accesibles y rápidos en su uso; Asimismo, permite el desarrollo tecnológico necesario de la máquina en la aplicación y uso de ensayos de laboratorio adecuados para lograr un control de calidad y un diseño óptimos. También reduce el tiempo de construcción y los costos. El estudio de investigación utiliza cemento portland, el cual se utiliza para estabilizar pavimentos viales y ferroviarios, sus principales características son: durabilidad, control de retracción y mayor trabajabilidad.

El estudio realizará un diseño integral para un análisis de rigidez del Suelo-Cemento basado en los principios de diseño AASHTO 1993, carretera Bocapan-Hervideros.

La metodología AASHTO-1993 para la preparación de diseños de pavimento utiliza una fórmula para obtener un parámetro llamado número de estructura (SN) necesario para decidir el grosor de las capas que componen el pavimento. basado en este criterio se diseña la vía Suelo-Cemento buscando la cantidad ideal de cemento que no intercepte los tramos de la vía Bocapan-Hervideros

En la ciudad de Tumbes los proyectistas al diseñar el Suelo-Cemento, basándose en el Manual de Carreteras del MTC, asume para la resistencia a la compresión a cumplir por el Suelo-Cemento debería de ser como mínimo 1.8 MPa (18 kg/cm<sup>2</sup>), asumiendo como valor de diseño, lo cual en algunos casos provoca la falla del pavimento de manera prematura. Durante las pruebas de laboratorio para la verificación de la resistencia de la capa de suelo cemento, muchas veces, solo se presta atención a la resistencia a la compresión simple; sin embargo, no se tiene en consideración los resultados del ensayo de Humedecimiento-Secado, siendo este fundamental para la durabilidad de la capa de Suelo-Cemento

Los métodos utilizados para la mejora de la infraestructura vial en las carreteras, caminos, surgen de una necesidad expuesta por la población de obtener una buena obra, que permita cumplir con estándares de calidad, este hecho incluye a su vez adecuados procedimientos técnicos que determinen un idóneo proceso de construcción para mejorar el suelo a través de la aplicación y utilización de agentes externos como la cal, cemento o aglomerantes.

García (2019), manifiesta que existen técnicas de estabilización de suelos a través del agregado del cemento para mejorar la subrasante, este hecho implica que los procedimientos empleados en construcción busquen el perfeccionamiento. De acuerdo a Gavilanes (2015), refieren que: un proyecto de construcción debe requerir de una adecuada durabilidad y este factor dependerá de la calidad que presenta el suelo, debido a que cuando existen suelos inapropiados generan problemas estructurales de pavimento, ante ello se deben emplear diferentes técnicas que permitan el mejoramiento.

La presente investigación, se justificó de forma técnica, buscó lograr conocer el Análisis de la rigidez del suelo- cemento basados en los principios de diseño AASHTO 1993, carretera Bocapan-Hervideros, es decir analizar la rigidez del Suelo-Cemento empleando los conceptos de la Guía de Diseño AASHTO 1993 para establecer la cantidad de cemento a emplear en la capa Suelo-Cemento de la carretera Bocapan-Hervideros en la ciudad de Tumbes, en relación a la variable de Parámetros AASHTO 1993 y Rigidez del Suelo-Cemento; además se busca estimar la cantidad adecuada de cemento por usar en la capa Suelo-Cemento. Desde una justificación económica se especificará que, al encontrarse una gran variedad de clasificación de suelos en el territorio nacional, muchos de los mismos se encuentran constituidos de materiales finos y de baja calidad, no logrando cumplir los requerimientos para una resistencia óptima. El proceso de composición del Suelo-Cemento es estimado como una opción provechosa y económica que mejora las características del material conseguido, evitando costos elevados. Desde una justificación social se encuentra fundamentada en la creación de alternativas mediante la aplicación que presenten un beneficio vial y mejoran la transpirabilidad de los vehículos, logrando una movilización utilizando el menor tiempo, también reduciendo los costos empleados en el transporte y brindando paso a más servicios. Del mismo modo permite reducir el tiempo empleado en la construcción de vías fortaleciendo el desarrollo y producción de la región. Desde una justificación ambiental, se indicó un efecto significativo de la estabilización del suelo-cemento, buscando optimizar las particularidades del pavimento logrando una mejora y utilidad del recurso, así también generando bajos costos en acciones operativas.

Ante ello, se planteó la siguiente interrogante: ¿De qué manera se podría estimar la cantidad adecuada de cemento para la capa Suelo-Cemento de la carretera Bocapan-Hervideros en Tumbes? Como problemas específicos a) ¿Cuál es la importancia conceptual del ensayo de Humedecimiento-Secado en la estabilización de suelos con el fin de garantizar la durabilidad de la estructura de la capa de suelo-cemento de la carretera Bocapan-Hervideros en Tumbes? b) ¿Cuál sería el rango ideal de porcentaje de cemento a utilizar en la estabilización de los suelos para evitar la fisuración o excesiva rigidización en la carretera Bocapan-Hervideros en Tumbes? y c) ¿Bajo qué metodología de diseño debería dimensionar el espesor y

rigidez de un pavimento con Suelo-Cemento en la carretera Bocapan-Hervideros en Tumbes?

Así mismo se estableció como objetivo general Analizar la rigidez del Suelo-Cemento empleando los conceptos de la Guía de Diseño AASHTO 1993 para la determinación el porcentaje de cemento por utilizar en la capa suelo-cemento de la carretera Bocapan-Hervideros en la ciudad de Tumbes, a) Determinar en laboratorio la importancia del ensayo Humedecimiento-Secado para fines de examina la resistencia a la abrasión de la capa Suelo-Cemento, b Especificar el rango de porcentaje de cemento en la estabilización del suelo-cemento para fines de evitar la fisuración y la rigidizacion del pavimento.; y c) Definir el espesor y rigidez de la capa de suelo cemento considerando los conceptos estructurales de la Guía AASHTO 1993 Finalmente se establecerá como Hipótesis general Basándose en los conceptos de la Guía AASHTO 1993 se podría estimarse la cantidad adecuada de cemento por usar en la capa Suelo-Cemento de la carretera Bocapan-Hervideros en la ciudad de Tumbes; y como hipótesis específicas a) Mediante la realización del ensayo de Humedecimiento-Secado se garantiza la resistencia a la abrasión de la capa suelo-cemento ante las cargas del tráfico, b) Basándose en los criterios de la norma Portland Cement Asociación (PCA) se podría limitar los porcentajes de cemento para fines de la estabilización de los suelos.; y c) Una metodología que permitiría definir el diseño de pavimentos con suelo-cemento es la denominada AASHTO 1993, el cual usa coeficientes estructurales (a) relacionados con la resistencia a la compresión a los 7 días del suelo cemento.

## **II. MARCO TEÓRICO**

### **2.1. Antecedentes del estudio**

#### **2.1.1. Antecedentes internacionales**

Como antecedentes internacionales como Laría (2012), en la tesis de grado titulado “Rigidez a baja deformación de muestras de Suelo-Cemento mediante métodos directos de medición”, tuvo como objetivo general es medir la relación entre la compactación, el contenido de cemento, la edad y el módulo de elasticidad de muestras de suelo-cemento fue un estudio de tipo aplicativo experimental. Los ensayos de Laboratorio de Mecánica de Suelos (LMS) sobre suelos de la Formación Pampeana. Los instrumentos empleados fueron mediciones axiales estáticas mediante un Transformador Diferencial de Variación Lineal (LVDT). Los principales resultados fueron La rigidez inicial y la resistencia de muestras de Suelo-Cemento ensayadas a compresión simple mostraron dependencias cuadráticas con el porcentaje de cemento utilizado así mismo se observó La dependencia temporal de la rigidez inicial puede ser descrita razonablemente bien mediante un deceso exponencial, Es factible establecer una relación lineal entre los valores de resistencia a 101 días y sus respectivos valores de rigidez, desprende que, a mayores contenidos de cemento, serán necesarios mayores tiempo de curado para completar las reacciones de fragüe. Las rigideces obtenidas mediante técnicas directas resultan por debajo que las obtenidas por la técnica basada en la propagación de ondas.

Serigos (2009) en la tesis de grado titulado “Rigidez a baja deformación de mezclas de suelo de la formación pampeano y cemento portland”, El objetivo general fue la evaluación del efecto estabilizador de un suelo de Fundación Pampeano mediante la incorporación de cemento Portland. El método de investigación fue de aplicación experimental, los instrumentos utilizados fueron ensayos de laboratorio para calcular la rigidez y la resistencia a compresión simple a pequeñas deformaciones y las propiedades físicas; y su evolución en el tiempo para diferentes dosificaciones de cemento. Los principales resultados fueron que el aumento sucesivo de la rigidez durante el tiempo de fraguado del cemento se observó para todas las muestras, también se observó el aumento de la rigidez entre el día 7 y 28, fue del



8, 2, 8,5, 10,3 y 9,5% para las dosis de 4, 6, 8 y 10% de cemento Portland. Esto significa que el contenido de cemento no afectó la tasa de ganancia de rigidez. La conclusión de esta investigación fue la siguiente: cuanto mayor sea el contenido de cemento, mayor será el tiempo de endurecimiento para el mismo tipo de cemento para obtener el mejor beneficio de DNV.

Chávez y Enrique (2021), en la tesis de grado titulado “Diseño del Suelo-Cemento y su aplicación como material de sitio para la construcción del camino vecinal del recinto Zapán”, describen el propósito general del diseño de cemento como su uso en el sitio de construcción. carreteras Samborondón, Estado Zapan Se determinaron las materiales in situ y el porcentaje óptimo de cemento para aumentar la capacidad portante del suelo (CBR) utilizando la resistencia estándar MTOP de 18 kg/cm<sup>2</sup> y sus propiedades mecánicas del suelo. Este fue un estudio de aplicación experimental. Los instrumentos utilizados fueron estudios de laboratorio para hacer un análisis de diseño del suelo-cemento para la construcción de la carretera en el cantón de Zapan de Samborondón. Los principales resultados fueron aquellos con porcentaje bajo de cemento que fueron del 2%, 6% y 8% mejora la CBR (capacidad de carga del suelo) y la resiliencia. Para poder tolerar la alta demanda de tráfico pesado en el cantón de Zamborondón, recinto de Zapanco, llegaron a las siguientes conclusiones: El diseño, realizado de acuerdo a la norma del MTOP, establece que los ensayos se deben dosificar con porcentajes de cemento de 2 %, 6 % y 8% Suman 16,72 %; 17,50%; El 20% obtiene este último porcentaje, que es la norma. También verificamos que la norma del MTOP determina que la estabilidad suelo-cemento requiere una F’C (fuerza de compresión) de 18 kg/cm<sup>2</sup>, con el 2% logra una resistencia de 26.99 kg/cm<sup>2</sup>, con el 6% 32, 18% kg/cm<sup>2</sup> y por último con el 8% podría alcanzar los 40,48 kg/cm<sup>2</sup>, se obtendrá un incremento importante en la resistencia suelo-cemento.

### **2.1.2. Antecedentes Nacionales**

Seguidamente como antecedentes Nacionales de investigación ,Cardoza (2019), en su tesis “Análisis técnico-económico del Suelo-Cemento en pisos de viviendas de bajos recursos” sostuvo como objetivo general promover el uso de Suelo–Cemento, mostrando sus características mecánicas y físicas por medio de ensayos de laboratorio así como, demostrando lo económico que resulta aplicarlo como un

piso en las viviendas donde los sectores son de bajos recursos (asentamientos humanos). Es un estudio aplicativo experimental. La valoración del instrumental se estableció por medio de parámetros determinados en el laboratorio, si se logran las condiciones para que este pueda ser homogenizado con el cemento y lograr una resistencia al uso, ya que se debe señalar que su resistencia se altera dependiendo de la clasificación del suelo, de esta forma, las acillas son menos adecuadas que las arenas, tomando esto en cuenta, se delimita una acertada dosificación de la mezcla, a una relación volumen o peso de los componentes de la mezcla suelo-cemento y agua para que se cumplan con las cláusulas requeridas de durabilidad y resistencia. El principal resultado es asegurar que la mezcla dosificada de Suelo-Cemento (9%) alcanza una resistencia aproximada de 43,4 kg/cm<sup>2</sup> después de las pruebas de laboratorio, que está por encima del límite mínimo permisible de 17,5 kg/cm<sup>2</sup>, en comparación con la resistencia de suelo cemento compactado 2,3 veces menos resistente (resistencia media 100 kg/cm<sup>2</sup>) que un suelo de hormigón simple con una relación de 1:12, pero dado que los requisitos para suelos ordinarios no son muy estrictos, es decir, el efecto no es significativo. Además, los pisos de concreto se desgastan 3.4 veces menos que los pisos naturales y 2.2 veces más que los pisos de concreto simple, pero en nuestras pruebas de durabilidad nos dio una pérdida de peso que excedía el límite máximo permitido del 14%. al 13,5%; así que ha habido mucha discusión sobre cómo mejorar la comodidad con el cambio de piso.

Chávez y Fernández (2019) en su tesis titulada, "Mejora de la productividad en la instalación de un pavimento de capa de rodadura compuesta por geo celda y grava con el uso de suelo-cemento y herramientas de gestión ubicada en la selva peruana" Un problema general comprobado es aumentar la productividad laboral al aplicar asfalto en superficies laminadas de geo celdas y grava en la selva peruana. Se trata de un estudio empírico explicativo, medido por indicativo de producción, que son instrumentos para gestionar y verificar los costos y cronogramas de los proyectos y demostrar la mejora continua en los procesos. Como resultado, la superficie rodada y el subsuelo consistieron en Geocell y grava, que formaron pavimentos perfectos y no sufrieron daños por la lluvia, sino que proporcionaron un drenaje adecuado durante la instalación y puesta en marcha.

Guardia y Gutiérrez (2021), en su tesis denominada “Estabilización de suelos, empleando la técnica suelo cemento, en la trocha carrozable, tramo Honkopampa – Pashpa, San Miguel”, manteniendo el principal objetivo fue estabilizar el suelo mediante técnicas de suelo-cemento, aplicada en la vía terracería Honkopampa - Pashpa, tramo San Miguel de Aco - Carhuaz. Este estudio, basado en la superioridad de la vía de transporte, tiene como objetivo ampliar el conocimiento sobre el uso del cemento grado I en aras de la estabilización de suelos para caminos y pavimentos de ingeniería clase III. Este método de estabilización con cemento Portland grado I es muy económico con respecto a diferentes aditivos este tipo de trabajo tipo estudio Aplicación tamaño experimento Se realizarán pruebas con cemento 3 y 5 %, se estudiarán propiedades mecánicas. La prueba del índice de relación de carga de California (CBR), la prueba Proctor modificada, aplicada 3 y 5% hacen cumplir esto, concluyó que, con respecto a la descripción de las composiciones del suelo para la estabilidad, se ha determinado que el suelo tratado es un suelo que no se expande, que contenga buenos estratos para estabilizar el suelo, en que se basa esta normativa. La evaluación geotécnica de las estructuras de pavimento existentes es uno de los procedimientos más efectivos en la propuesta de medición solución. Determinar las características geotécnicas de los componentes que se emplean en la construcción. La factibilidad del proyecto, ya que el valor del diseño final depende de la resistencia estructural de los materiales y composición en la vía.

### **2.1.3. Antecedentes en otro idioma**

Los antecedentes en otro idioma Karpisz (2018) su tesis Estudio del efecto del porcentaje de cemento sobre la resistencia de la muestra suelo-cemento, Esta tesis presenta los resultados de pruebas de laboratorio de muestras orgánicas de Suelo-Cemento de baja cantidad. El programa de investigación es una continuación de la experiencia previamente reportada de la Universidad de Ciencia y Tecnología de Wroclaw (WrUST) con pruebas de muestras de suelo orgánico de alta cantidad. Las muestras se mezclaron y almacenaron en condiciones de laboratorio. Varias muestras estuvieron esperando la prueba de falla durante más de un año después de que se formaron. Varios factores fueron de crucial importancia para el alcance de esta investigación: un gran número de muestras bajo prueba, un largo tiempo de observación (3 meses), la realización de las pruebas en ciclos complejos de

carga y la posibilidad de registrar las cargas y la deformación en la dirección axial. Todo ello ha permitido tener en cuenta numerosas interdependencias que se han presentado en este trabajo: los incrementos de la resistencia a la compresión y la rigidez del Suelo-Cemento en relación con el tiempo y la cantidad de cemento. Tanto la resistencia a la compresión como el módulo elástico se examinaron en muestras cúbicas. La resistencia a la tracción se derivó de la prueba de muestras tubulares. Los resultados son generalmente acordes con investigaciones previas y los resultados obtenidos previamente en pruebas simultáneas por otros autores.

Åhnberg (2006), en su tesis Resistencia del suelo estabilizado - Un estudio de laboratorio sobre arcillas y suelos orgánicos estabilizados con diferentes tipos de aglutinante dice La estabilización de suelos blandos mediante mezcla profunda con aglutinantes es el método más utilizado de mejora del suelo en Suecia hoy en día, y se utiliza cada vez más a nivel internacional. Los aglutinantes más comunes empleados son el cemento y la cal, pero también se puede utilizar una variedad de otros aglutinantes para la estabilización de los suelos. Para un mayor desarrollo del método de mezcla profunda, es necesario realizar una investigación más exhaustiva sobre las propiedades de resistencia no drenada y drenada y el comportamiento de los suelos estabilizados con varios tipos de aglutinantes. El objetivo general del estudio presentado en esta tesis fue mejorar la comprensión de algunos de los aspectos importantes del comportamiento de resistencia de los suelos estabilizados. Se concluyó que, aunque el tipo de aglutinante puede afectar fuertemente la tasa de aumento de la resistencia y la resistencia final, el comportamiento general de la resistencia es el mismo para los suelos estabilizados por los aglutinantes más comunes. La conductividad de resistencia y deformación de los suelos estabilizados son similares a las de los suelos naturales cementados y sobre consolidados. El mismo conjunto de parámetros utilizados para describir la resistencia de los suelos naturales también se puede utilizar para suelos estabilizados.

Chou (2009) en su tesis "Características y mecanismos de resistencia del suelo-cemento rico en sal", Los suelos blandos ricos en sal no solo tienen características generales de los suelos blandos comunes, sino que también contienen altos contenidos de  $Mg^{2+}$ ,  $Cl^{-}$  y  $SO_4^{2-}$ , que tienen efectos negativos en el método de

mezcla profunda que utiliza cemento para tratar suelos blandos. Se realizan pruebas laboratorio para investigar los resultados del cambio del porcentaje de incorporación de cemento, el contenido de agua, la relación de mezcla de cemento y los contenidos de  $Mg^{2+}$ ,  $Cl^-$  y  $SO_4^{2-}$  en la resistencia a la compresión no confinada del suelo rico en sal y el cemento. La microestructura del Suelo-Cemento y el mecanismo para el cambio de resistencia del suelo-cemento rico en sal se investigaron utilizando microscopía electrónica de barrido (SEM) y difracción de rayos X y tecnología de difracción retro dispersada. Se encontró que un incremento de la proporción de incorporación de cemento mejoró la resistencia del suelo-cemento, pero redujo su resistencia cuando se agrega agua. Diferentes cantidades de  $Mg^{2+}$ ,  $Cl^-$  y  $SO_4^{2-}$  no solo causaron las variaciones en las microestructuras del suelo-cemento rico en sal, sino que al mismo tiempo influyeron en la resistencia del Suelo-Cemento.

#### **2.1.4. Artículos de investigación**

En el artículo de esa investigación según José Toirac Corral (2008) el Suelo-Cemento como material de construcción nos dice que el Suelo-Cemento es una combinación de suelo pulverizado con una proporción de cemento portland y agua que ha sido compactada y endurecida para lograr una alta densidad y un curado más eficiente. De esta mezcla se logra un material resistente a los esfuerzos de compresión, termoaislante, impermeable y estable. Casi todos los suelos, excepto la capa superior del suelo, se pueden usar para producir suelos cementosos, pero el uso de mezclas inferiores y cemento incorporado reduce los suelos adecuados. Si el porcentaje de masa de cemento en relación a la masa total de suelo está entre 5% y 12%, se debe utilizar un suelo adecuado para la mezcla Suelo-Cemento. Además, se permite la producción de elementos fabricables. Para pisos de concreto ideales, deben soportar la tracción, absorber bien el agua y lograr la resistencia requerida en el menor tiempo posible. Los suelos adecuados son suelos abiertos, de grano grueso y de grano fino sin tamaños de partículas más grandes. Su plástico debe tener cierta cohesión con el compuesto, lo que aumenta la resistencia eléctrica y aumenta el aislamiento térmico.

Linares (2015) Construcción de base y subbase de piso de cemento afirma se realizaron ensayos para garantizar la calidad de esta capa de construcción

resistente a bombas para el desempeño de la base y subbase de piso de cemento destinada a ser utilizada como soporte para pavimentos. Una vez que se determina el material a utilizar, se puede considerar el cemento ideal y el contenido de humedad para lograr resistencia especificadas en el laboratorio. Se seleccionarán equipos y métodos apropiados para asegurar el cumplimiento de todas las condiciones de mezcla precisa y uniforme de los materiales a utilizar, dosificación correcta y especificaciones de granulometría requeridas, trituración, uniformidad, espesor, compactación adecuada en la vía de acuerdo con el rendimiento recomendado. un periodo manejable que demuestra la consecución de valores predeterminados de densidad probados en laboratorio y uniformidad en todo el grosor de la capa y el correcto endurecimiento de la capa acabada, lo que permite mantener las condiciones de humedad en el menor tiempo posible para conseguir la correcta hidratación del cemento y obtener la mezcla pro resistencia potencial esperada

## **2.2. Teorías relacionadas al tema**

### **2.2.1. Parámetros AASTHO**

Una teoría de la Gia AASHTO-93, para estructuras de pavimento, proporciona una ecuación a partir de esta derivar el número de estructura paramétrico (SN), un valor que no solo indica el grosor total de la capa de pavimento requerida, sino que también sirve como una función del tráfico. y confiabilidad. Para establecer este parámetro se suele utilizar un ábaco, en el cual se ingresa el valor de confiabilidad y se conocen los valores de otros parámetros como drenaje, desviación estándar, confiabilidad e índice de servicio. el numero estructural SN es el valor básico para determinar el valor final del espesor de las capas que componen la estructura del pavimento

### **2.2.2. Propiedades física-mecánicas del Suelo-Cemento**

La rigidez del suelo cemento está controlada por: a) las propiedades físicas y mecánicas del suelo, b) la cantidad de mezcla elegida para lograr la resistencia deseada, c) las condiciones de curado dependen del entorno in situ, pero también pueden controlarse cuidadosamente en el laboratorio. En cuanto a la resistencia a

la compresión de la mezcla a los 28 días, los factores variables para la selección de la mezcla son la proporción de cemento, por otro lado, la resistencia del suelo cemento y los factores que provocan la degradación del cemento. cuando el cemento lijado está en el caso de la durabilidad a largo plazo Al usar, hay un aspecto importante del cuidado. La degradación del cemento debido a efectos físicos y químicos ha sido ampliamente estudiada.

### **2.2.3. Guía AASTHO 1993**

Los conceptos del método de diseño que propone la edición de 1993 de AASHTO se basa principalmente en información y datos empíricos obtenidos de las pruebas en carretera de AASHTO realizadas en Ottawa, Illinois, entre 1958 y 1960. “El propósito indispensable de esta prueba es determinar la importante relación entre el desempeño de las diferentes secciones del pavimento y las cargas aplicadas a las mismas, lo cual puede ser utilizado para desarrollar estándares y procedimientos de diseño de pavimentos (CEMEX Handbol o Regid Pavimentos, 2000).

El método AASHTO es un método que se basa en resultados empíricos del camino de prueba AASHO construido en la década de 1950. AASHTO publicó pautas de diseño estructural de pavimento en 1972, con ediciones revisadas publicadas en 1981, 1986 y la edición actual desde 1993. (Odonos,2004)

La edición actual del Método AASHTO 1993 detalla los procedimientos de diseño para segmentos de pavimento de carretera rígidos y flexibles. En los pavimentos flexibles, el método especifica solo el hormigón asfáltico y el tratamiento de la superficie para abordar las superficies de carga, ya que se supone que dichas estructuras soportan el tráfico pesado superior de 50,000 ejes equivalentes acumulados de 8,2 toneladas en el periodo de diseño y no consideran los pavimentos ligeros utilizados por el tráfico, como caminos asfaltados o caminos de grava. (Mamami,2017)

#### 2.2.4. Número Estructural (SN)

Número estructural (SN) es un número que denota la resistencia del pavimento en fin de estimar el soporte del suelo, peso por eje equivalente diaria de 18 kip, índice de servicio y factores regionales. (Anton,2017)

El método de diseño de pavimento AASHTO-93 utiliza un modelo o ecuación que deriva un parámetro llamado número estructural (SN), que es fundamental para establecer el grosor de las capas que componen el pavimento, la capa de asfalto. Primaria y subbase. Como se mencionó anteriormente, las variaciones de diseño tales como el flujo, la confiabilidad y la desviación estándar y la usabilidad están en el centro de la ecuación. (Tauta,2015)

De acuerdo con AASTHO 93, el número estructural (SN) equivale a la capacidad del sistema para soportar la demanda de tráfico, y el número estructural es una función del grosor de la capa, la relación de la capa y la relación de drenaje calculada utilizando la siguiente ecuación. (Gerrero,2017)

$$SN = \sum_{i=1} a_i D_i$$

$$\text{Log}W_{18} = Z_R \cdot S_0 + 9.36 \cdot \text{Log}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\text{Log} \frac{(\Delta PSI)}{4.2 - 1.5}}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \cdot \text{Log}M_R - 8.07$$

Figure 1: Ecuación coeficiente Structural

Fuente: AASHTO Guide for designing of pavement structures **1993**.

Donde:

- $W_{18}$  = Tráfico equivalente o ESAL's.
- $Z_R$  = Factor de desviación normal para un nivel de confiabilidad R
- $S_0$  = Desviación estándar
- $\Delta PSI$  = Diferencia entre los índices de servicio inicial y el final deseado



- MR= Módulo de resiliencia efectivo de la subrasante
- SN = Número estructural

### 2.2.5. Coeficiente Estructural

Los coeficientes estructurales son una medida de la capacidad portante de cada capa como componente estructural del pavimento, aunque no son una medida directa de la resistencia del material. (Hugo,2012)

Este coeficiente estructural relaciona los parámetros de resistencia de capa granular, capa tratada con cemento y capa tratada con asfalto. En la capa de estos coeficientes, el diseño del paquete estructural se puede realizar utilizando el siguiente ábaco para determinar los coeficientes estructurales de base granular, capa cementada y capa asfáltica. Extraído de las guías AASHTO - 93. (Umka.2013)

Gráfico para determinar el coeficiente estructural ( $a_2$ ) de la base Suelo-Cemento

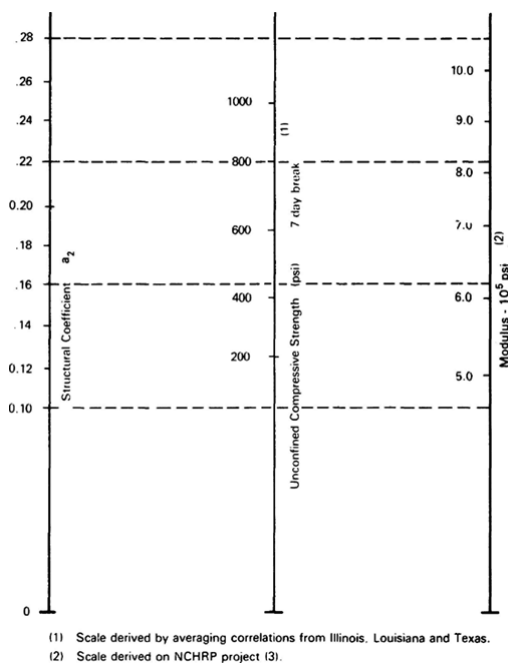


Figura 2: Abaco coeficiente Estructural

Fuente: AASHTO Guide for designing of pavement structures 1993.

Inmediatamente después de definidos los parámetros antes mencionados, se procede a evaluar el espesor diferente de las capas según los siguientes criterios:

- $D1^* \geq SN1/a1$
- $SN1^* = a1. D1^* \geq SN1$
- $D2^* \geq SN2 - SN1^*a2. m2$
- $SN1^* + SN2^* \geq SN2$
- $D3^*. a3. m3 + SN1^* + SN2^* \geq SN3$

En donde a, D, m y SN corresponden a los valores mínimos requeridos. El asterisco en D o SN pertenece al valor real utilizado y debe ser mayor que el valor requerido.

#### **2.2.6. Rigidez del Suelo-Cemento.**

Mayor rigidez del pavimento y distribución de la carga Las propiedades de la mezcla de suelo y cemento permiten que la carga se distribuya sobre un área más amplia que una capa granular. Por lo tanto, con la misma capacidad de carga, puede obtener una estructura vial con menos espesor o menos capas. (Silva,2010)

Para obtener la estabilidad del tipo rígida, la relación de cemento debe estar entre el 6% y el 14%, esto permite mejorar las propiedades del sustrato, lo que se manifiesta aumentando su módulo de elasticidad, para evitar dañar la superficie de la capa. El porcentaje óptimo debe calcularse en base a pruebas de laboratorio con diferentes contenidos de cemento. (Norma CE.020)

Estos agentes cementicos controlan el grado de las reacciones que pueden darse entre estos suelos y los estabilizantes, loque permite lograr importantes cambios en la asistencia y rigidez con adiciones modestas de cal o cemento. (Cadoza,2019)

La adición de cemento o cal al suelo lleva aparejadas modificaciones en sus características físicas que se manifiestan claramente en sus incrementos en resistencia y dureza. Estas modificaciones son el resultado de reacciones químicas de endurecimiento. (Laia2012)

### **2.2.7. Ventajas Suelo-Cemento**

Entre las ventajas que el suelo-cemento puede proporcionar están: a) Material duradero: Muchos informes de desempeño muestran que el suelo-cemento es más duradero que otros materiales de pavimentos de costo similar. , b)Uso de materiales de la zona: El suelo cemento permite usar más suelo para su preparación, lo que logra reducir significativamente el costo de transporte del material o y aumentando la eficiencia de la construcción c)Disminución de impacto ambiental: porque la necesidad de explotar el banco de materia prima es menor. d)Mejor distribución de la carga y mayor rigidez en el pavimento: Las propiedades de la mezcla suelo-cemento permiten, en el caso de una capa granular, distribuir la carga aplicada sobre el área máxima; por lo tanto, con la misma capacidad portante, se pueden obtener estructuras de pavimento con menos capas o menor espesor., e) Resistencia a la intemperie: Su durabilidad en condiciones adversas es notable. Por este motivo, se utiliza en zonas con condiciones climáticas desfavorables. f) Menor mantenimiento y más estabilidad: Las propiedades mecánicas del cemento base mejoran con el tiempo, reduciendo los requisitos de mantenimiento del pavimento y asegurando una mayor vida útil. (Silva2010)

Las propiedades del suelo cemento dependen de a) Tipo y cantidad de cemento, agua y suelo. b) Proceso constructivo. c) Tiempo de la mezcla sólida y tipo de curado. (Manual de carreteras ,2013)

### **2.2.8. Desgaste Suelo-Cemento**

Desgaste mediante la prueba humedecimiento secado estos métodos de prueba implican procedimientos para determinar la pérdida de cemento del suelo, el cambio de humedad y el cambio de tamaño (contracción y expansión) debido a la humectación y secado de las muestras. Estas muestras se compactan en el molde a la máxima densidad con una humedad óptima antes de la hidratación del cemento utilizando los métodos de compactación descritos en la prueba de relación de humedad del suelo cemento., (Norma sobre “Relación Humedad – P. Unitario de mezclas de suelo – cemento)

### **2.2.9. Resistencia a la Compresión Suelo-Cemento**

En cuanto a este ensayo, la evidencia ha demostrado que su valor incrementa con el tiempo y el contenido de cemento y mezcla para el mismo suelo, y con el tiempo y su calidad de fraguado aumenta. (Cordero, M.,1991)

Los estudios han demostrado que el aumento de la resistencia en la mezcla suelo-cemento después de 28 días a incrementado que en el caso del hormigón ordinario. Por ejemplo; La resistencia a la compresión después de 90 días puede ser de 1,4 a 2,6 veces más que después de 28 días y, con los años, puede ser de 2,5 a 5 veces más que la resistencia a los 28 días. (Avitia,1972)

La resistencia del suelo cemento incrementa con el tiempo de la mezcla y el porcentaje de cemento. Después de incorporar el cemento al suelo y de comenzar a ligar, su IP baja, su LL cambia muy poco y su máxima densidad y optimo contenido de humedad aumentan o baja dependiendo la clase de suelo. (Manual de carreteras ,2013)

### **III METODOLOGÍA**

#### **3.1 Tipo y diseño de investigación**

##### **Tipo de investigación**

Esta investigación es aplicada, este proyecto se considera aplicada porque explora la alternativa de aplicar una teoría nueva identificada en la investigación para ofrecer y determinar soluciones a problemas es decir la nueva propuesta es definir el espesor y rigidez de la capa suelo-cemento considerando los conceptos estructurales de la guía AASHTO 1993

##### **Enfoque de investigación**

Como enfoque de este estudio será cuantitativo, si el motivo esencial del estudio es examinar las características del grupo a través de análisis, tablas, cálculos para crear cuadros y datos contables, se denomina cuantitativo. Dado que presentamos los resultados de nuestras pruebas a través de tablas y gráficos, adoptamos una perspectiva cuantitativa.

##### **El diseño de la investigación**

El estudio actual consta de un diseño cuasiexperimental y se dice que un diseño es cuasiexperimental ya que solo se opera una sola variable donde generalmente la variable a operar es la variable independiente. Ya que se manipulará solo una variable de las dos existentes, en este caso la variable a operar sería Rigidez del Suelo -Cemento.

##### **El nivel de la investigación**

El nivel de investigación será aplicado porque pretendemos resolver el problema objeto de estudio aplicando una metodología que nos permita determinar el diseño de una cubierta de confort específica utilizando los conceptos estructurales AASHTO 1993

### **3.2 Variables y operacionalización**

Las variables son fenómenos, cualidades, características, características y propiedades cuyo cambio se puede medir. Una variable independiente es aquella que provoca un cambio de variable con la que está relacionada. La variable dependiente es la que necesita ser cambiada/modificada.

Variable Independiente : Parámetros AASHTO 1993

Variable Dependiente : Rigidez del Suelo-Cemento.

### **3.3 Población, muestra, muestreo, unidad de análisis**

La implementación se refiere al proceso por el cual una variable se transforma de términos indefinidos a términos concretos. Es necesario determinar cómo se deben observar y calcular estos datos, que son necesarios para la investigación.

#### **Población:**

Más precisamente, es un grupo infinito o finito de componentes con las mismas características. La población que utilizaremos para esta investigación la Carretera Bocapan-Hervideros

#### **Muestra:**

Se define como un subconjunto acotado perteneciente a la población estudiada, es decir esta muestra es específica proporción de la población que será analizada para posteriores investigaciones de laboratorio, será el kilómetro 02 de la carretera Bocapan-Hervideros.

#### **Muestreo:**

Es una agrupación de normas, criterios y métodos que se utilizan para seleccionar un grupo de componentes que determinarán lo que sucede en toda esa población. La selección no se hace por razones potenciales o prácticas. Esto asegura que la muestra sea correcta, por lo tanto, muestra representativa del suelo en el terreno de la carretera Bocapan-Hervideros

### **Unidad de análisis:**

Es la parte más pequeño de una población o muestra que posee determinadas características, cualidades o características. La unidad de análisis es parte integral, la parte más importante de este estudio tiene como título: “Análisis de la rigidez del suelo-cemento basado en los principios de diseño AASHTO 1993, tramo Bocapan-Hervideros, Tumbes, 2022”

### **3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datosTécnicas:**

Sordo Isabel (2021). Explique que este proceso recopila y mide información de una variedad de fuentes para obtener una imagen completa y precisa de un tema, área o situación de interés. En otras palabras, evaluar los resultados para tomar una mejor decisión.

Observación: permite ver el desarrollo del fenómeno analizado, este método es muy práctico para recolectar datos cualitativos o cuantitativos, dependiendo de los datos que se quieran obtener.

Pruebas de laboratorio: En las pruebas de laboratorio, las propiedades químicas o físicas del producto analizado se determinan según procedimientos especiales. Durante este estudio se realizaron los siguientes ensayos: resistencia a la compresión y secado húmedo

#### **Instrumentos de recolección de datos**

Las herramientas de recolección de datos definen el método y actividad que permiten que las investigaciones obtengan datos e información que necesitamos para responder las interrogantes que tengamos. Las herramientas facilitan la recopilación de información específica sobre su diseño.

cámaras para todas sus necesidades de fotografía. Instrumentos utilizados en el laboratorio de suelos: Taras, Balanza, Horno, Tamices, Picnómetro, Cocina, Embudo, Tabla de Clasificación SUCS.

## Validez

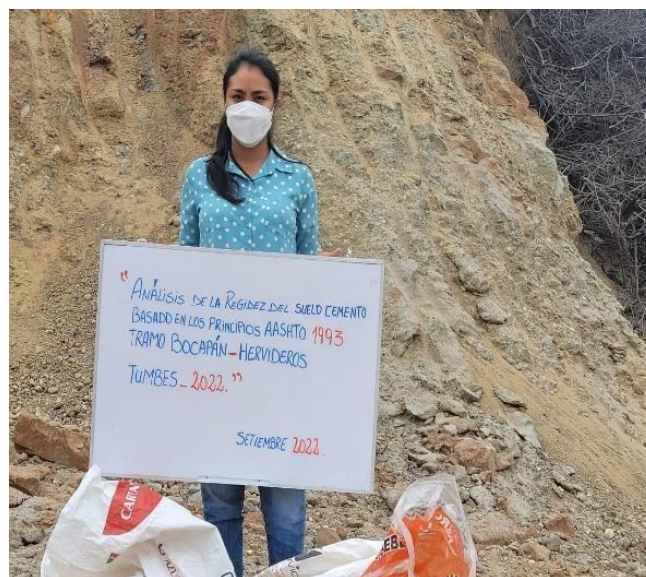
Para confirmar el contenido de los resultados, se someten a la evaluación de expertos de la línea de investigación, tres miembros del jurado, donde pueden analizar la matriz de compatibilidad. Detalle de la idoneidad, adecuación y calidad de la redacción de los resultados para el análisis de las dimensiones de las variables a través de las cuales se recopiló la información del presente estudio.

## Confiabilidad de los instrumentos

La confiabilidad de un instrumento de medición se refiere a la medida en que su uso repetido en la misma persona u objeto da el mismo resultado. La confiabilidad se basa en instrumentos calibrados, para lo cual se decidió enviar certificados. Asegurarse de que los instrumentos estén calibrados correctamente y se utilicen para las pruebas adecuadas y que los resultados sean datos precisos y confiables

### 3.5 Procedimiento:

Para esta presente investigación es primordial realizar el estudio de tipo de suelo correspondiente, mediante ensayos de laboratorio. Primero se realizó la extracción de muestras, este suelo será nuestra muestra de estudio.



**Figura 3:** Toma de muestra de cantera  
*Fuente: Elaboración propia*



Esta muestra se llevará al laboratorio para realizarse ensayos de granulometría clasificación, límites de consistencia, Proctor Modificado y C.B.R posteriormente se realizarán estudios con dosificaciones de cemento de 2%,4% y 6% a esto se realizará nuevamente ensayos de Límites de Consistencia, contenido de humedad, Proctor Modificado, Resistencia a la Compresión y ensayo de humedecimiento-secado.

### **3.6 Método de análisis de datos**

Los métodos de análisis de datos se basan en sacar conclusiones utilizando únicamente datos cuantitativos presentados en forma numérica, con resultados claramente tangibles en experimentos y pruebas realizadas en el laboratorio. Por lo tanto, la selección de datos se basa en la observación directa. Este medio le permite observar cada muestra, visualizarla, tomar las notas necesarias y probar hipótesis.

### **3.7 Aspectos éticos**

Como estudiante e investigador de tesis, me comprometo a que, como futuro experto, proporcionaré los resultados obtenidos de este estudio con total sinceridad, los resultados de laboratorio de otros estudios no se utilizarán, sin embargo, para no superponerse con otros estudios. información, por lo que probará la autenticidad de esta investigación.

## IV RESULTADOS

En los siguientes capítulos se detallan los resultados de las investigaciones realizadas en el laboratorio de suelos en tablas, fotografías y diagramas para su posterior interpretación.

### Descripción de la zona de estudio

#### Ubicación política

En este estudio se tomó como población de estudios la carretera Bocapan - Hervideros y como muestra el kilómetro 2 al 3. Este se encuentra en el Departamento de Tumbes de la provincia de Contralmirante Villar Distrito de Zorritos



**Figura 4:** Mapa Político del Perú

*Fuente:* [https://es.wikipedia.org/wiki/Departamento\\_de\\_Tumbes](https://es.wikipedia.org/wiki/Departamento_de_Tumbes)



Figura 5: Mapa departamento de Tumbes

Fuente: <https://diadelaindependenciadelperu.com/wp-content/uploads/2020/12/mapa-politico-de-tumbes>.

## Ubicación del proyecto



Figura 6 Mapa carretera Bocapa-Hervideros

Fuente: <https://www.google.com/maps/@-3.7139526,-80.7102629,2410m/data=!3m1!1e>

## **Limites**

Norte : País de Ecuador  
Sur : Departamento de Piura  
Este : País de Ecuador  
Oeste : Océano Pacífico

## **Ubicación geográfica**

Ese departamento tiene una extensión de 4 669 Km<sup>2</sup> (0,36 % del territorio nacional) se localiza hacia el extremo nor-occidental de la costa peruana, Tumbes limita con el departamento de Piura (por el sur); con el país de Ecuador (por el norte y este) y al Océano Pacífico (por el oeste). Está cuenta por tres provincias: Zarumilla, Tumbes y Contralmirante Villar. En su extensión se localiza el bosque con exuberante vegetación y fauna, declarado Santuario Nacional

## **Clima**

Tumbes tiene el clima más cálido de toda la costa peruana, la temperatura media anual de 24°C, esto se debe a su cercanía a la línea ecuatorial. Las precipitaciones pluviales son estacionales (de noviembre a marzo), con un promedio anual de 426,5 mm.

**Objetivo específico 1: Determinar en laboratorio la importancia del ensayo Humedecimiento-Secado para fines de controlar la resistencia. Ala abrasión de la capa suelo-cemento.**

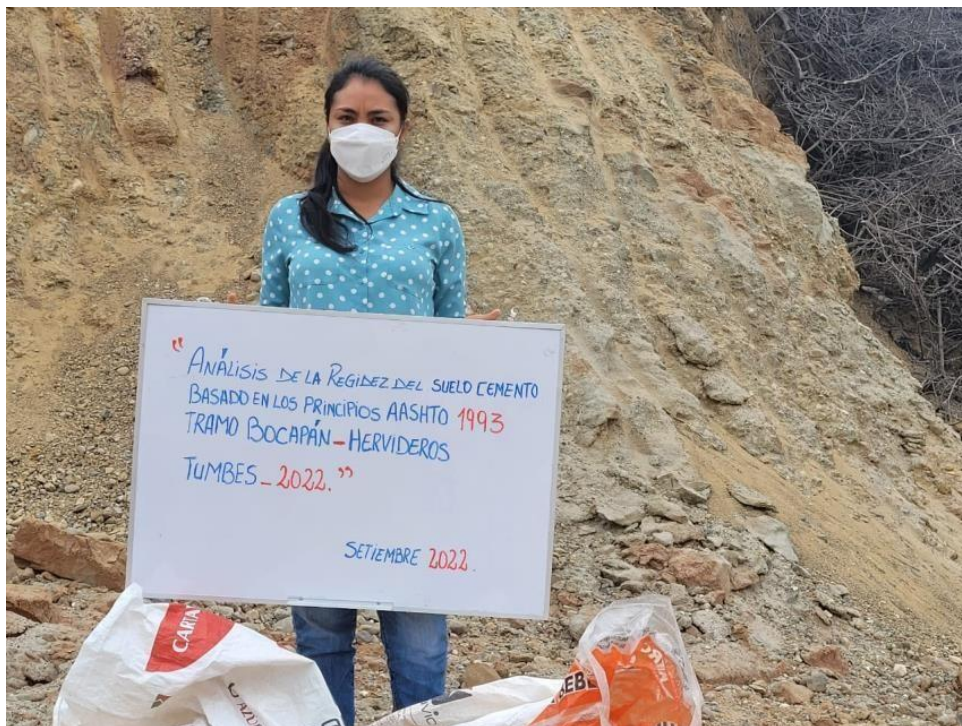
Para determinar la importancia del ensayo de humedecimiento secado primero haremos ensayos básicos de la muestra para lograr identificar las propiedades del suelo.

**Objetivo específico 2: Especificar el rango de porcentaje de cemento en la estabilización del suelo-cemento para fines de evitar la fisuración y la rigidización del pavimento.**

Para determinar el porcentaje de cemento ideal para evitar fisuras y rigidizarían en el pavimento suelo cemento primero tendremos que realizar ensayos básicos para lograr identificar las propiedades del suelo natural.

#### 4.1 Ensayo de Granulometría

Ensayo estándar de análisis granulométrico por tamices según la norma ASTM D6913 - NTP 339.128



**Figura 7:** Extracción de muestra

*Fuente: elaboración propia.*



**Figura 8:** Separación de a muestra en cuadrantes  
*Fuente: elaboración propia.*



**Figura 9:** peso de la muestra representativa  
*Fuente: elaboración propia.*



**Figura 10:** colocación de muestra en máquinas de tamizado

Fuente: elaboración propia.

**ANALISIS MECANICO PO TAMIZADO**

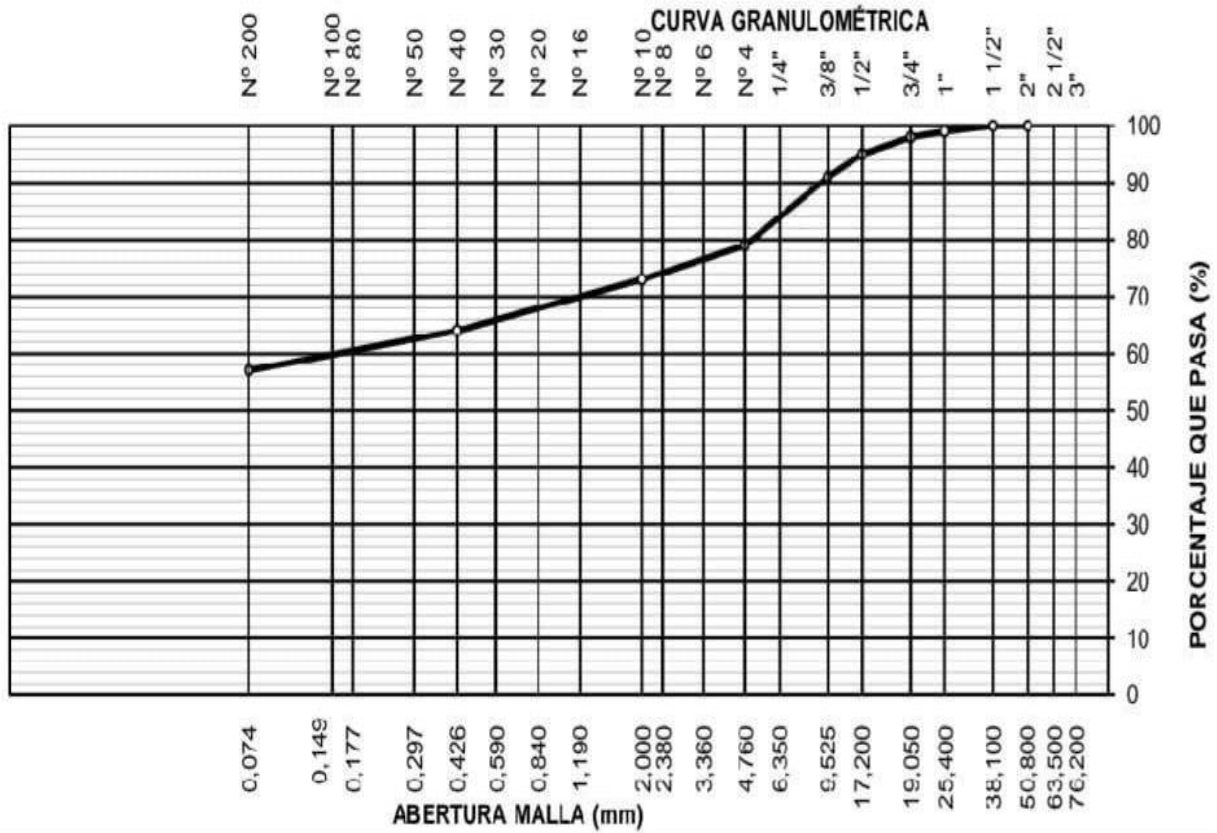
MALLAS	TURA (mm)	PESO RETEN	% RETEN PARCIAL	% RETEN ACUMUL.	% QUE PESA	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200					<b>MATERIAL:ARCILLA CON POCA</b>
2 1/2"	63.500					GRAVA COLORACION AMARILLA (CL)
2"	50.800				100.0	
1 1/2"	38.100	0.0	0.0	0.0	100.0	<b>PROCEDENCIA :</b>
1"	25.400	43.0	1.0	1.0	99.0	CANERA BOCAPAN
3/4"	19.060	63.0	1.0	2.0	98.0	<b>PESO TOTAL (Wo)=7204gr</b>
1/2"	12.700	193.0	3.0	5.0	95.0	Peso rep.pasa malla N°4
3/8"	9.525	310.0	4.0	9.0	91.0	(W2)=5.764
1/4"	6.350					K=0.8001
N°4	4.760	831.0	12.0	21.0	79.0	
N°6	3.360					
N°8	2.380					
N°10	2.000	8.0	6.0	27.0	73.0	
N°16	1.190					
N°20	0.840					<b>PORCENTAJE DE AGREGADO</b>
N°30	0.590	9.0	7.0	34.0	66.0	GRAVA : 21%
N°40	0.426	3.0	2.0	36.0	64.0	ARENA :22%
N°60	0.297	5.0	4.0	40.0	60.0	FINOS 57%
N°80	0.177					
N°100	0.149	0.0	0.0	0.0	0.0	
N°200	0.074	4.0	3.0	43.0	57.0	

**CARACTERISTICA FISICA Y QUIMICA DE LA MUESTRA**

LIMITE LIQUIDO (%)	36
LIMITE PLASTICO (%)	21
INDICE DE PLASTICIDAD	15

**Tabla 1:** Análisis Granulométrico del Suelo Natural

*Fuente: elaboración propia.*



**Figura 11:** Curva Granulométrica del Suelo Natural.

*Fuente: Elaboración Propia.*

La tabla muestra las cantidades en porcentaje de material que pasan por los diferentes tamices, se puede observar claramente que el material predominante son finos 57



## 4.2 Límites de Consistencia

Determinar los límites de consistencias (%) por la norma A



12: Tamizado de la muestra por maya 40

*Fuente: Elaboración propia.*



Figura 13: Se procede a meter la muestra al horno

*Fuente: Elaboración propio*



**Figura14:** Se satura de agua hasta obtener una mezcla homogénea

*Fuente: Elaboración propia.*



**Figura 15:** Se procede a realizar el ensayo de Casagrande para determinar limite líquido

*Fuente: Elaboración propia.*



**Figura 16:** Se procede a la separación de la muestra  
*Fuente: Elaboración propia*



**Figura 17:** Ensayo Limite liquido  
*Fuente: Elaboración propia.*

Determinación del Límite Líquido

N°de tarro		8	10	11	Limite liquido 36
Peso de Tarro + Suelo Húmedo	Gr.	65.28	69.22	76.68	
Peso de tarro + suelo seco	Gr.	59.10	61.60	66.98	
Peso del tarro	Gr.	40.80	41.00	41.33	
Peso del agua		6.18	7.62	9.70	
Peso del suelo seco	Gr.	13.30	20.60	25.65	
Contenido de humedad	%	33.77	36.99	37.62	
Numero de golpes		10	20	30	

**Tabla 2:** Límites líquido del Suelo Natural

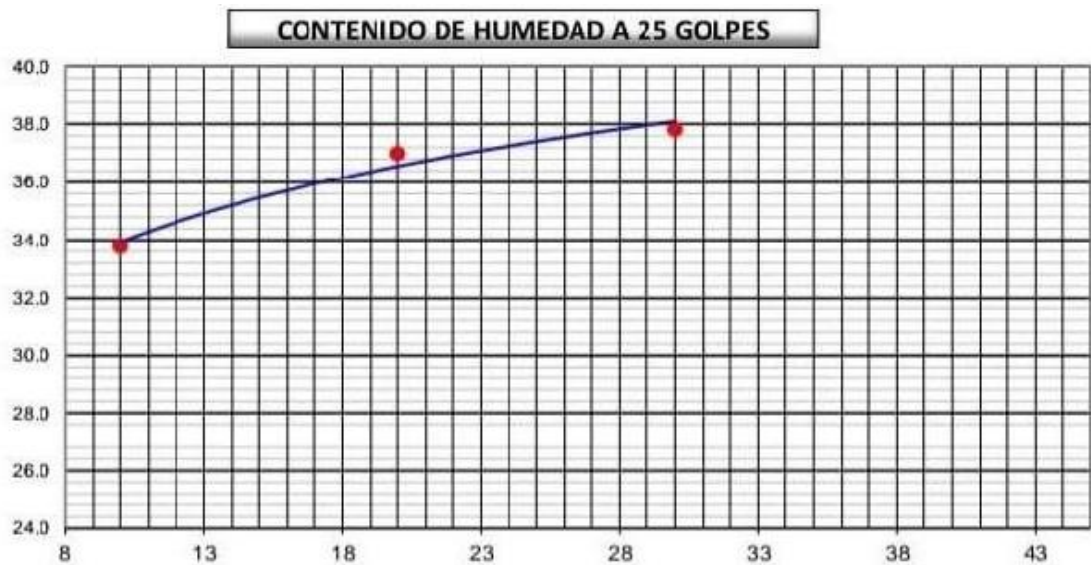
*Fuente: Elaboración propia*

Determinación del Límite Plástico

N°de tarro		2	4	Limite plástico 21
Peso de tarro + suelo húmedo	Gr.	52.46	46.67	
Peso del tarro + suelo seco	Gr.	50.48	45.08	
Peso de tarro	Gr.	40.97	37.64	
Peso de agua	Gr.	1.98	1.59	
Peso de suelo seco	Gr.	9.51	7.44	
Contenido de humedad	%	20.82	21.37	

**Tabla 3:** Límites Plástico del Suelo Natural

*Fuente: Elaboración propia*



**Figura 18:** Curva humedad 25 golpes Suelo Natural

*Fuente: Elaboración propia*

<b>CONSTANTE FISICA DE LA MUESTRA</b>	
LIMITE LIQUIDO	36
LIMITE PLASTICO	21
INDICE DE PLASTICIDAD	15

**Tabla 4:** Constantes Físicas de nuestra del Suelo Natural

*Fuente: Elaboración propia*

Se obtiene los siguientes resultados de muestra natural Limite Liquido 36%  
Limite Plástico 21% y Índice de Plasticidad de 15%

#### 4.3 Contenido de Humedad:

Se determinará el contenido de humedad mediante MTC E-108/ASTM D-2216

Descripción		
Peso de tara (gr)		
Peso de tara + muestra húmeda (gr)	500	
Peso de tara + muestra seca (gr)	470.5	
Peso de agua contenida	295	
Peso de la muestra seca (gr)	470.5	
Contenido de la humedad (%)	6.3	
Contenido de humedad promedio (%)		6.3

**Tabla 5:** Contenido de Humedad del Suelo Natural

*Fuente: Elaboración propia*

#### 4.4 Clasificación de suelo

Clasificación de suelo por el método SUCS Y AASTHO NTP339.134-  
NTP339.135

Prof. (m.)	Estrato		Símbolo Gráfico	Descripción Visual del Suelo	Clasificación		Granulometría				Constantes Físicas			W. Natural	
	Capa	Espesor (m)			AASHTO	Sucs.	>3"	3" - N°4	N°4 - N°200	<N°200	L.L.	L.P	IP		
0.05															
0.10															
0.15															
0.20															
0.25															
0.30															
0.35															
0.40															
0.45															
0.50															
0.55															
0.60															
0.65															
0.70															
0.75															
0.80															
0.85															
0.90															
0.95															
1.00															
1.05															
1.10															
1.15															
1.20															
1.25															
1.30															
1.35															
1.40															
1.45															
1.50															
1.55															
1.60															
1.65															
1.70															
1.75															
1.80															
1.85															
1.90															
1.95															
2.00															

**Tabla 6:** Perfil Estratigráfico del Suelo Natural  
Fuente: Elaboración propia

Material de arcilla con poca graba, mezcla de graba y arcilla de tamaño máximo <math>1''</math> de forma angulosa de color amarillento esto da una clasificación AASHTO A-6(9) y una clasificación SUCS: CL Arcilla de baja plasticidad.

#### 4.5 Ensayo Proctor Modificado

En ensayo de Proctor según norma ASTM D-1557 o UNE 103-501-94



**Figura 19:** Colocación de la muestra en el cilindro

*Fuente: Elaboración propia.*



**Figura 20:** Configuración el equipo Proctor  
*Fuente: Elaboración propia*



**Figura 21:** Ensayo Proctor Modificado  
*Fuente: Elaboración propia.*



Ensayo de Compactacion-Proctor Modificado para CBR

Volumen del molde	2123	Cm3
Peso del molde	6292	Gr.

Numero de ensayo		1	2	3	4
Peso de suelo + molde	Gr.	9.912	10.248	10.616	10.403
Pso suelo húmedo compactado	Gr.	3.620	3.951	4.324	4.111
Peso volumétrico húmedo	Gr.	1.705	1.861	2.037	1.936
Recipient numero		0	0	0	0
Peso de tara	Gr.	123.4	145.1	98.7	105.7
Peso suelo húmedo + tara	Gr.	389.4	348.7	391.13	378.1
Peso suelo seco + tara	Gr.	383.2	339.5	372.6	356.5
Peso de agua	Gr.	6.2	9.2	18.7	21.6
Peso del suelo seco	Gr.	260	194	274	251
Contenido de agua	%	2.4	4.7	6.8	8.6
Densidad seca	Gr/cc	1.666	1.777	1.906	1.783

Densidad Máxima Seca	1.906 gr/cm3
Contenido humedad optima	6.8%

Tabla 7: Proctor Modificado del Suelo Natural

Fuente: Elaboración propia

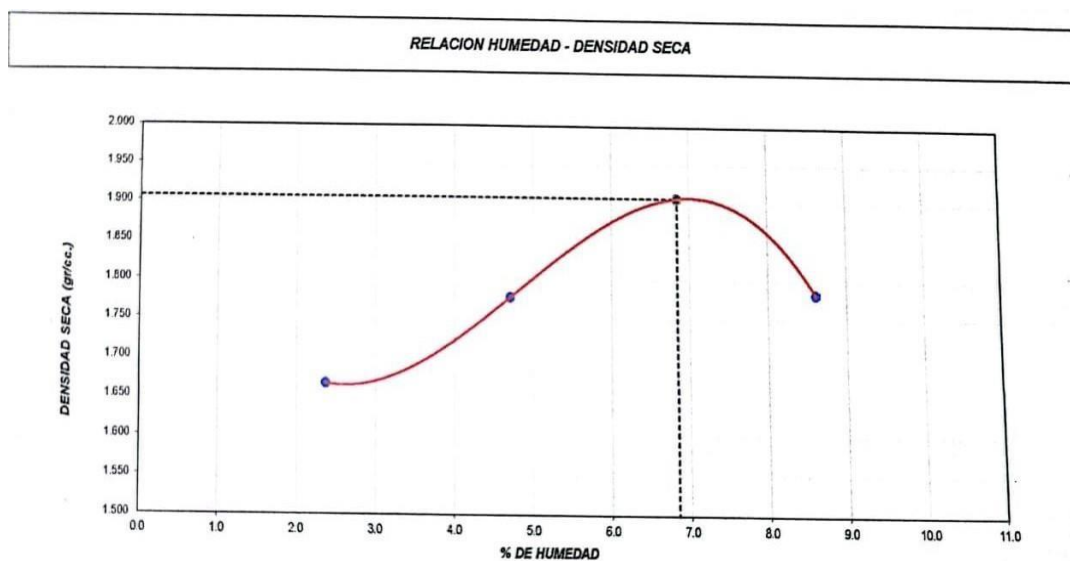


Figura 22: Constantes Proctor Modificado del Suelo Natural

Fuente: Elaboración propi

El ensayo de Proctor nos da una máxima densidad seca de 1.906 gr/cm<sup>3</sup> y un Contenido de humedad Optima de 6.8%

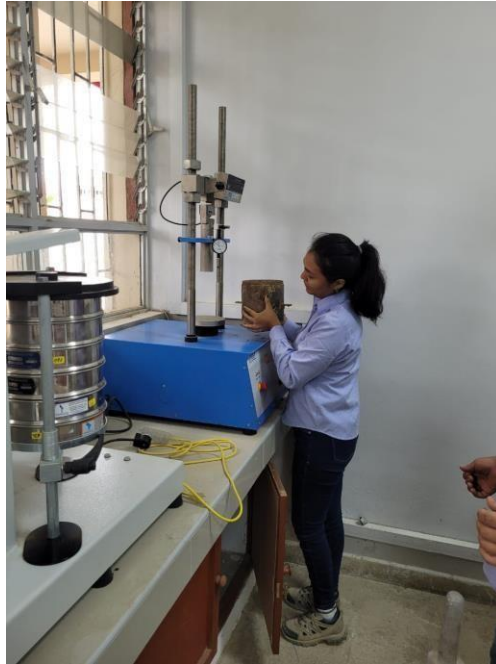
#### 4.6 Ensayo C.B. R:

Este ensayo se realizará con la norma ASTM D 1883 de muestra del suelo natural



Figura 23: Realizando 56 golpes en tres capas del Suelo Natural

*Fuente: Elaboración propia*



*Figura 24: Colocando la muestra en la maquina*

*Fuente: Elaboración propia*



*Figura 25: Obteniendo Resultados*

*Fuente: Elaboración propia*

Ensayo C.B.R parte A

N° de molde	01	02	03
N° de capas	05	05	05
N° de golpes por capa	12	25	56
Condición de la muestra	Sin mojar	Sin mojar	Sin mojar
Peso de muestra + suelo húmedo (grs)	8.432	8.555	8.680
Peso de molde (grs.)	4.200	4.200	4.200
Peso de suelo húmedo (grs.)	4232	4.355	4.480
Volumen de suelo (cc)	2.084	2.084	2084
Densidad húmedo (gr/cc)	2.03	2.09	2.15
Densidad seco (gr/cc)	1.84	1.90	1.95

Tabla 8 toma de muestras de ensayo CBR parte A

*Fuente: Elaboración propia*

*Contenido de Humedad*

<i>Recipiente N°</i>	<i>01</i>	<i>02</i>	<i>03</i>
<i>Recipiente +suelo húmedo(grs.)</i>	<i>100</i>	<i>100</i>	<i>100</i>
<i>Recipiente + suelo seco (grs.)</i>			
<i>Peso de agua(grs.)</i>	<i>9.24</i>	<i>9.20</i>	<i>9.26</i>
<i>Peso de recipiente (grs.)</i>			
<i>Peso del suelo seco (grs.)</i>			
<i>% humedad</i>	<i>90.76</i>		
<i>Humedad promedio</i>	<i>10.2</i>	<i>10.1</i>	<i>10.2</i>

Tabla 9 contenido humedad CBR parte A

*Fuente: Elaboración propia*

ENSAYO C.B.R. PARTE B

(4)  
C.B.R.KG.X  
0.0726

(5)C.B.R.KGX  
0.0487

Penetracones (pulg.)	Molde I 12 GOLPES				Molde N°II 25 golpes				Molde III 56 GOLPES			
	sin corregir		corregido		sin corregir		corregidos		sin corregir		Corregidos	
	lectura cuadrante	carga kilogramos	carga kg	cbr %	lectura cuadrante	caarga kg	carga kg	cbr %	lectura cuadrante	caarga kg	carga kg	cbr %
0.025	2.3	47			2.4	52			3	64		
0.050	3.4	73			4.5	96			5.2	111		
0.075	4.6	98			6.2	132			7.4	158		
0.100	5.2	111		8	7.6	163		11.8	9	192		14
0.125												
0.150												
0.200	8.2	175		8.5	11.2	239		11.6	140	299		14.6
0.300	10	214			12.8	274			162	346		
0.400												
0.500												

Tabla 10 Toma de muestra CBR parte B  
Fuente: Elaboración propia

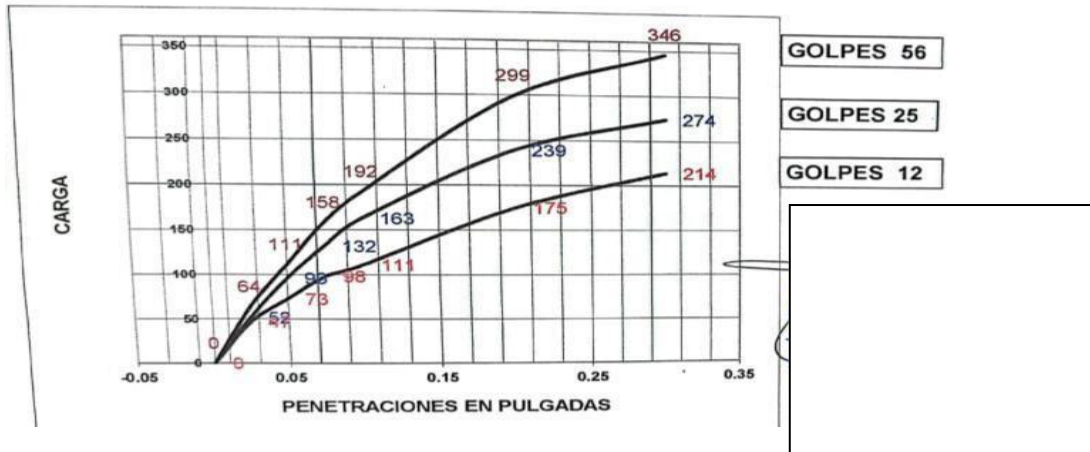


Tabla 11 Toma de muestra CBR parte B  
Fuente: elaboración propia

El resultado que arrojó el ensayo de C.B.R es 14.0% de muestra natural de suelo

A continuación, con los resultados de muestra del terreno natura de los ensayos de granulometría, clasificación, límites de consistencia, contenido de humedad, Proctor Modificado y CBR todos estos ensayos son de muestra del terreno natura. Se procedió a agregar el cemento en proporciones de 2%,4% y 6% se realizarán ensayos de Contenido de Humedad, Límites de Consistencia, Proctor Modificado, C.B.R, Resistencia a la Comprensión y Ensayo Humedecimiento-Secado.

#### **4.7 Contenido de Humedad:**

Se determinará el contenido de humedad mediante MTC E-108/ASTM D-2216

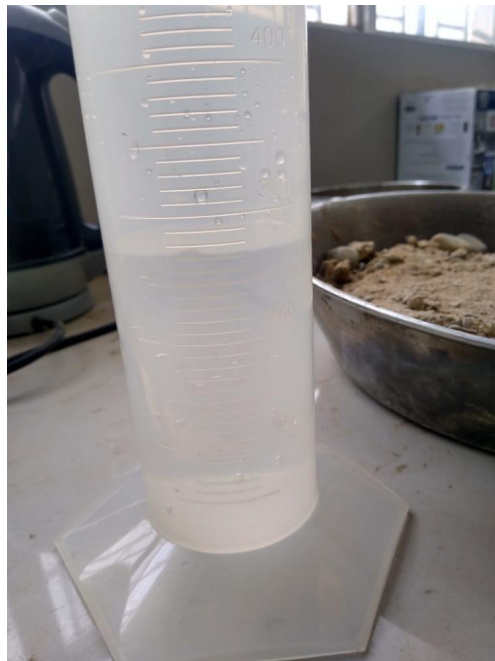


**Figura 26:** Tamizado de la muestra por maya 40 suelo con cemento 2%

*Fuente: elaboración propia.*



**Figura 27:** Pesando el cemento con la dosificación al 2 %



*Fuente: Elaboración propia*

**Figura 28:** Porcentaje de agua para 2 % de Cemento

*Fuente: Elaboración propia*

Descripción	1	2
Peso de tara (gr)		
Peso de tara + muestra húmeda (gr)	500	
Peso de tara + muestra seca (gr)	423.1	
Peso de agua contenida	76.9	
Peso de la muestra seca (gr)	423.1	
Contenido de la humedad (%)	18.2	
Contenido de humedad promedio (%)	18.2	

**Tabla 12:** Contenido de Humedad Suelo-Cemento 2%  
Fuente: *Elaboración propia*

Descripción	1	2
Peso de tara (gr)		
Peso de tara + muestra húmeda (gr)	500	
Peso de tara + muestra seca (gr)	426.8	
Peso de agua contenida	73.2	
Peso de la muestra seca (gr)	426.8	
Contenido de la humedad (%)	17.2	
Contenido de humedad promedio (%)	17.2	

**Tabla 13:** Contenido de Humedad Suelo-Cemento 4%  
Fuente: *Elaboración propia*

Descripción	1	2
Peso de tara (gr)		
Peso de tara + muestra húmeda (gr)	500	
Peso de tara + muestra seca (gr)	428	
Peso de agua contenida	71.7	
Peso de la muestra seca (gr)	428.3	
Contenido de la humedad (%)	16.7	
Contenido de humedad promedio (%)	16.7	

**Tabla 14:** Contenido de Humedad Suelo-Cemento 6%  
Fuente: *Elaboración propia*

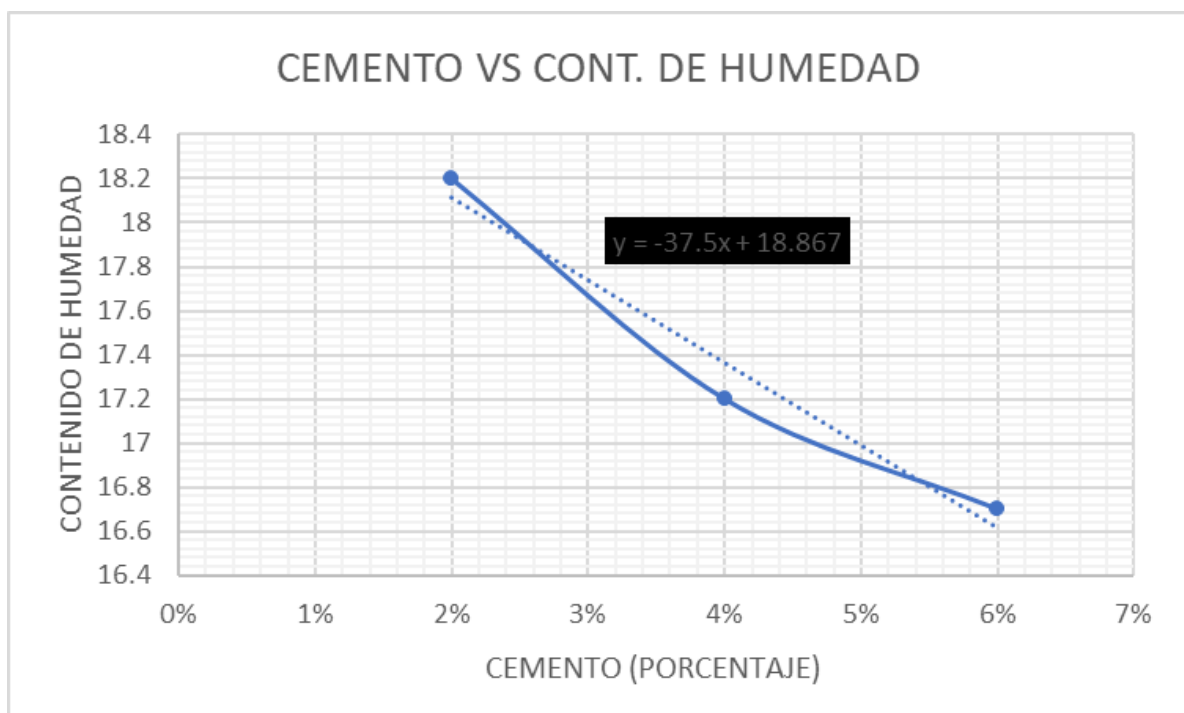
Obtenemos los siguientes resultados con una dosificación del 2% de cemento se obtiene un Humedad Promedio de 18.2%, con una dosificación de 4% de



obtiene una Humedad Promedio de 17.2% y con una dosificación de 6% se obtiene una Humedad Promedio de 16.7%

	2%	4%	6%
Contenido de Humedad	18.2	17.2	16.7

**Tabla 15 :** Resumen Contenido de Humedad Suelo-Cemento 6%  
*Fuente: Elaboración propia*



**Tabla 16:** Resumen Contenido de Humedad Suelo-Cemento 6%  
*Fuente: Elaboración propia*

#### 4.8 Límites de Consistencia

Determinar los límites de consistencias (%) por la norma ASTM-D-4318 en Suelo-Cemento con porcentajes de 2%,4%y 6%



**Figura 29:** Pesando el cemento para la dosificación 2% de cemento

*Fuente: Elaboración propia*



**Figura 30:** Tamizado de la muestra por maya 40 suelo con cemento 2%

*Fuente: Elaboración propia.*



**Figura 31:** Se procede a realizar el ensayo de Casagrande para determinar limite líquido

*Fuente: Elaboración propia.*

**DETERMINACIONES  
DE LIMITE LIQUIDO**

N° de Tarro		1	3	7	
Peso de tarro + suelo humeda (gr)	gr.	55.4	56.1	57.68	
Peso de tarro + suelo seca (gr)	gr.	40.3	40.85	41.9	
Peso de tarro	gr.	19.72	19.72	19.37	
Peso dagua	gr.	15.1	15.25	15.78	
Peso de suelo seco	gr.	20.58	21.13	22.53	
Contenido de humedad	%	73.37	72.17	70.04	Limite Liquido
Numero de golpes		13	22	30	72

**Tabla 17:** Limite Líquido Suelo-Cemento 2%

*Fuente: Elaboración propia*

N° de Tarro		4	6	
Peso de tarro + suelo humeda (gr)				
Peso de tarro + suelo seca (gr)	Gr	42.16	42.87	
Peso de tarro	Gr	40.98	37.15	
Peso dagua	Gr	37.64	19.42	
Peso de suelo seco	Gr	1.18	5.72	
Contenido de humedad	Gr	3.34	17.73	Limite plástico
Numero de golpes	%	35.33	32.26	34

**Tabla 18:** Limite Plástico Suelo-Cemento 2%  
*Fuente: Elaboración propia*



**Figura 32:** Curva contenido humedad Suelo-Cemento 2%  
*Fuente: Elaboración propia*

<b>Constantes físicas de la muestra</b>	
<i>Limite liquido</i>	<b>72</b>
<i>Limite plástico</i>	<b>34</b>
<i>Índice de plasticidad</i>	<b>38</b>

**Tabla 19:** Constantes Físicas de muestra Suelo-Cemento 2%  
*Fuente: Elaboración propia*

N° de Tarro		1	5	9	
Peso de tarro + suelo humeda (gr)	gr.	53.4	53.98	54.06	
Peso de tarro + suelo seca (gr)	gr.	39.6	40.01	40.22	
Peso de tarro	gr.	19.72	19.45	19.37	
Peso dagua	gr.	13.8	13.97	13.84	
Peso de suelo seco	gr.	19.88	20.56	20.85	
Contenido de humedad	%	69.42	67.95	66.38	limite liquido
Numero de golpes		14	22	30	68

**Tabla 20:** Limite Plástico Suelo-Cemento 4%  
Fuente: *Elaboración propia*

N° de Tarro		4	6	
Peso de tarro + suelo humeda (gr)	gr.	46.55	46.57	
Peso de tarro + suelo seca (gr)	gr.	38.58	38.52	
Peso de tarro	gr.	19.42	19.37	
Peso dagua	gr.	7.97	8.05	Limite plástico
Peso de suelo seco	gr.	19.16	19.15	42
Contenido de humedad	%	41.6	42.04	

**Tabla 21:** Limite Plástico Suelo-Cemento 4%  
Fuente: *Elaboración propia*



**Figura 33:** Curva contenido humedad Suelo-Cemento 4%  
Fuente: *Elaboración propia*

Constancia físicas de la muestra	
Limite líquido	68
Limite plástico	42
Índice de plasticidad	26

**Tabla 22:** constantes Físicas de muestra Suelo-Cemento 4%

*Fuente: elaboración propia*

N° de Tarro		1	5	9	
Peso de tarro + suelo humeda (gr)	gr.	53.8	52.24	51.31	
Peso de tarro + suelo seca (gr)	gr.	40.12	39.78	39.17	
Peso de tarro	gr.	19.42	19.37	19.72	
Peso dagua	gr.	13.69	12.76	12.14	
Peso de suelo seco	gr.	20.7	20.11	19.45	
Contenido de humedad	%	66.09	63.45	62.42	limite liquido
Numero de golpes		14	22	30	64

**Tabla 23:** Limite Plástico Suelo-Cemento 6%

*Fuente: Elaboración propia*

N° de Tarro		3	5	
Peso de tarro + suelo humeda (gr)	gr.	45.76	44.73	
Peso de tarro + suelo seca (gr)	gr.	37.35	36.98	
Peso de tarro	gr.	19.72	19.45	
Peso dagua	gr.	8.41	7.75	
Peso de suelo seco	gr.	17.63	17.53	limite plástico
Contenido de humedad	%	47.7	44.21	46

**Tabla 24:** Limite Plástico Suelo-Cemento 6%

*Fuente: Elaboración propia*



**Figura 34:** Curva contenido humedad Suelo-Cemento 6%

*Fuente: Elaboración propia*

<i>Constancia física de la muestra</i>	
<i>Limite liquido</i>	64
<i>Limite plástico</i>	46
<i>Índice de plasticidad</i>	18

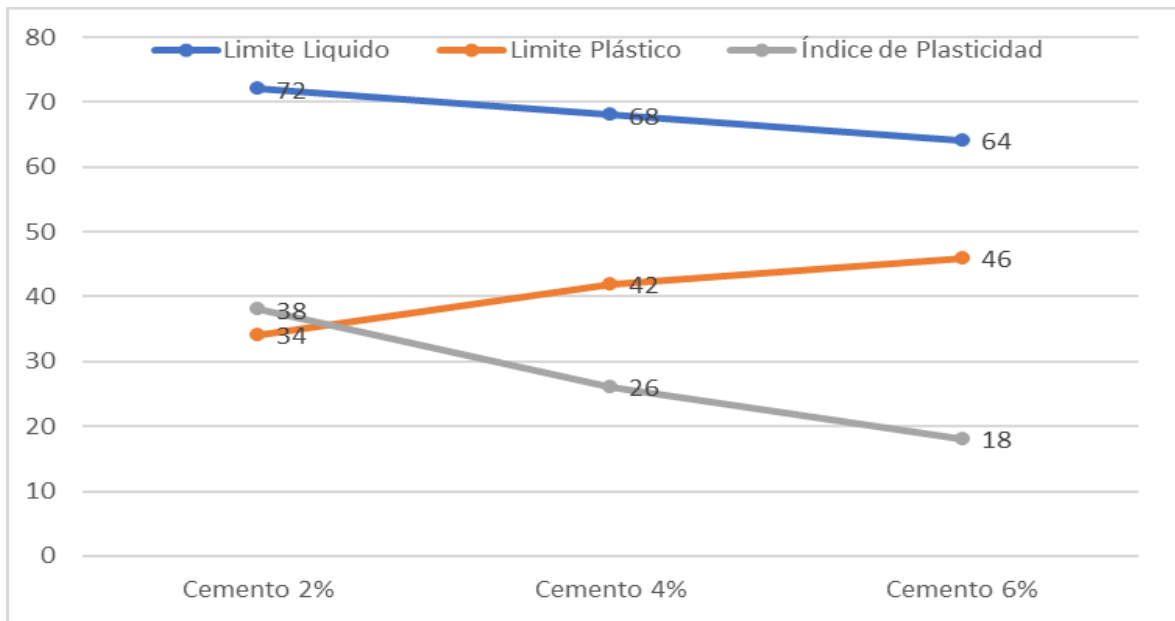
**Tabla 25:** Constantes Físicas de muestra Suelo-Cemento 6%

*Fuente: elaboración propia*

	<b>Cemento 2%</b>	<b>Cemento 4%</b>	<b>Cemento 6%</b>
<b>Limite Liquido</b>	<b>72</b>	<b>68</b>	<b>64</b>
<b>Limite Plástico</b>	<b>34</b>	<b>42</b>	<b>46</b>
<b>Índice de Plasticidad</b>	<b>38</b>	<b>26</b>	<b>18</b>

**Tabla 26:** Resumen limites consistencia Suelo-Cemento

*Fuente: elaboración propia.*



**Tabla 27:** Grafica limites consistencia Suelo-Cemento  
*Fuente: elaboración propia*

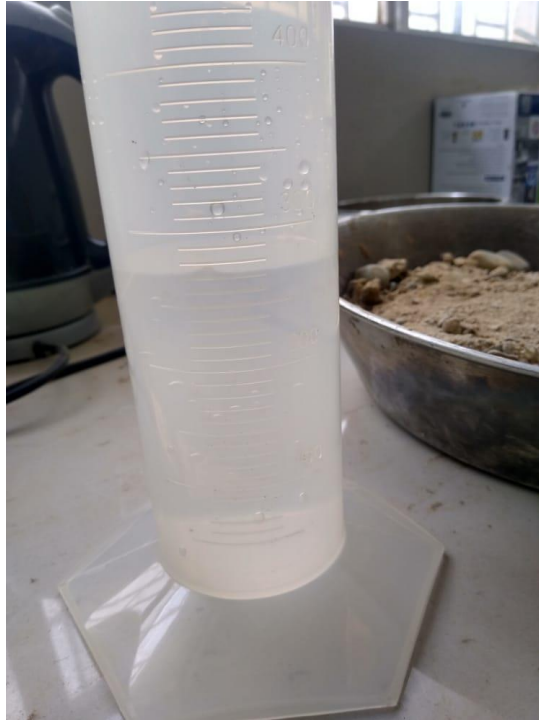
#### 4.9 Ensayo Proctor Modificado

En ensayo de Proctor según norma ASTM D-1557 o UNE 103-501-94



**Figura 35:** Se procede a mezclar uniformemente la muestra con cemento  
*Fuente: Elaboración propia*





**Figura 36:** Se procede a incorporar el agua  
*Fuente: Elaboración propia*



**Figura 37:** Se procede incorporar la mezcla al molde para proceder a 56 goldes  
*Fuente: Elaboración propia*

N	DESCRIPCION	UND	M1	M2	M3	M4
1	peso del suelo húmedo + molde	g	11.076	11.285	11.467	11.355
2	peso del molde	g	6.661	6.661	6.661	6.661
3	volumen del molde	cm3	2.023	2.023	2.023	2.023
4	peso suelo húmedo	g	4.415	4.624	4.806	4.694
5	densidad del suelo húmedo	g/cm3	2.182	2.286	2.376	2.32
HUMEDAD						
6	id. Capsula		1	2	3	4
7	peso suelo húmedo + capsula	g	344.7	340.7	667.6	624.4
8	peso del suelo seco +capsula	g	330.5	320.6	613.3	564.4
9	peso del agua	g	14.2	20.1	54.3	60
10	peso de la capsula	g	0	0	0	0
11	peso del suelo seco	g	330.5	320.6	613.3	564.4
12	contenido de humedad	%	4.3	6.27	8.85	10.63
	densidad seca	g/cm3	2.092	2.151	2.182	2.097

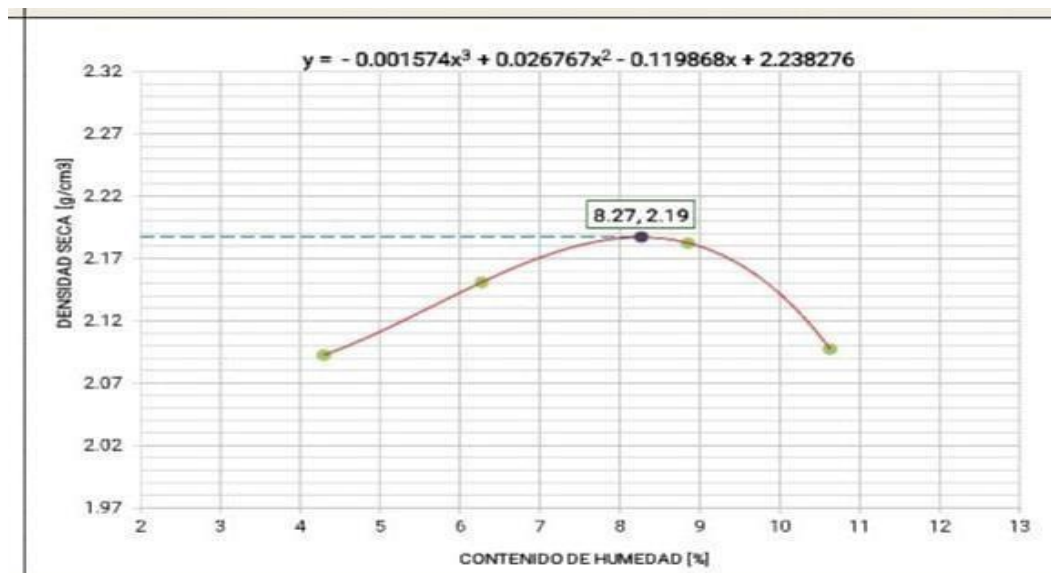
**Tabla 28:** Toma de muestras para Proctor modificado Suelo-Cemento2%

*Fuente: Elaboración propia*

<i>Resultados</i>	
<i>Humedad optima</i>	<i>8.266</i>
<i>Densidad máxima</i>	<i>2.187</i>
<i>Peso específico de grava</i>	<i>2.551</i>

**Tabla 29:** Resultados Suelo-Cemento2%

*Fuente: elaboración propia*



**Figura 38:** Relación densidad seca -contenido de humedad Suelo-Cemento2%

*Fuente: Elaboración propia*

DENSIDAD HUMEDA

N	DESCRIPCION	UND	M1	M2	M3	M4
1	peso del suelo humedo + molde	g	11.084	11.294	11.504	11.375
2	peso del molde	g	6.661	6.661	6.661	6.661
3	volumen del molde	cm3	2.023	2.023	2.023	2.023
4	peso suelo humedo	g	4.423	4.633	4.843	4.714
5	dencidad del suelo humedo	g/cm3	2.19	2.29	2.39	2.33
6	id.capsula		1	2	3	4
7	peso suelo humedo + capsula	g	344.7	340.7	667.2	624.4
8	peso del suelo seco +capsula	g	330.5	320.6	613.3	564.9
9	peso del agua	g	14.2	20.1	53.9	59.5
10	peso de la capsula	g	0	0	0	0
11	peso del suelo seco	g	330.5	320.6	613.3	564.9
12	contenido de humedad	%	4.3	6.27	8.79	10.53
	densidad seca	g/cm3	2.1	2.16	2.2	2.11

**Tabla 30: Toma** de muestras para Proctor modificado Suelo-Cemento 4%  
*Fuente: Elaboración propia*

RESULTADOS	
Humedad optima	8.379
Densidad máxima	2.204
Peso específico de grava	2.651

**Tabla 31: Resultados** Suelo-Cemento 4%  
*Fuente: Elaboración propia*



**Figura 39: Relación** densidad seca -contenido de humedad Suelo-Cemento 4%  
*Fuente: Elaboración propia*

DENSIDAD HUMEDA

N	DESCRIPCION	UND	M1	M2	M3	M4	M5
1	peso del suelo humedo + molde	g	11.145	11.347	11.564	11.465	
2	peso del molde	g	6.661	6.661	6.661	6.661	
3	volumen del molde	cm3	2.023	2.023	2.023	2.023	
4	peso suelo humedo	g	4.484	4.686	4.903	4.804	
5	dencidad del suelo humedo	g/cm3	2.22	2.32	2.42	2.37	
HUMEDAD							
6	id.capsula		1	2	3	4	
7	peso suelo humedo + capsula	g	344.7	340.7	668.4	625.6	
8	peso del suelo seco +capsula	g	330.5	320.6	613.8	564.4	
9	peso del agua	g	14.2	20.1	54.6	61.2	
10	peso de la capsula	g	0	0	0	0	
11	peso del suelo seco	g	330.5	320.6	613.8	564.4	
12	contenido de humedad	%	4.3	6.27	8.9	10.84	
DENSIDAD SECA							
		g/cm3	2.13	2.18	2.23	2.14	

**Tabla 32:** Toma de muestras para Proctor modificado Suelo-Cemento 6%  
Fuente: Elaboración propia

RESULTADOS	
Humedad optima	8.582
Densidad máxima	2.227
Peso específico de grava	2.651

**Tabla 33:** Resultados Suelo-Cemento 6%  
Fuente: Elaboración propia

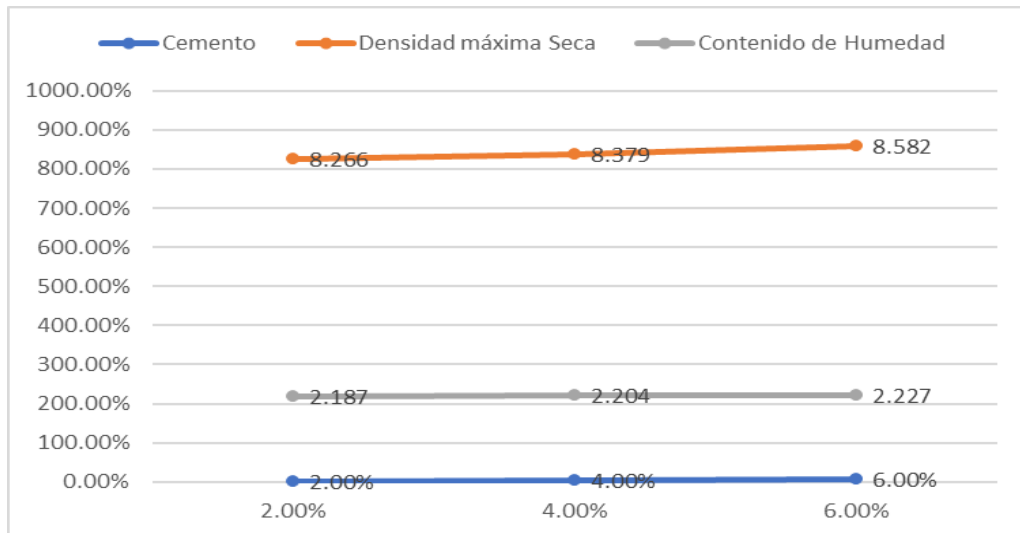


**Figura 40:** Relación densidad seca -contenido de humedad Suelo-Cemento 6%  
Fuente: Elaboración propio

Resultados	2%	4%	6%
<b>Densidad máxima Seca</b>	<b>8.266</b>	<b>8.379</b>	<b>8.582</b>
<b>Contenido de Humedad</b>	<b>2.187</b>	<b>2.204</b>	<b>2.227</b>

**Tabla 34:** Cuadro resumen resultados de Proctor Modificado

*Fuente: Elaboración propia*



**Figura 41:** Grafico resultados de Proctor Modificado

*Fuente: Elaboración propia*

Se obtienen los siguientes resultados a una dosificación de 2% de cemento de obtiene una Densidad Máxima Seca de 8.266 g/cm<sup>3</sup> y un Contenido de Humedad de 2.187 %, con una dosificación de 4% de cemento se obtiene una Densidad Máxima Seca de 8.379 g/cm<sup>3</sup> y un Contenido de Humedad de 2.204% y con una dosificación de 6% cemento se obtiene una Densidad Máxima Seca de 8.582 g/cm<sup>3</sup> y un Contenido de Humedad de 2.227 esto nos dice que conforme aumenta el porcentaje de cemento incrementa la Densidad Máxima Seca y el Contenido de Humedad.

#### 4.10 existencia a la compresión

Estos ensayos se realizarán con NORMA (MTC E 1101 / MTC E 1103)



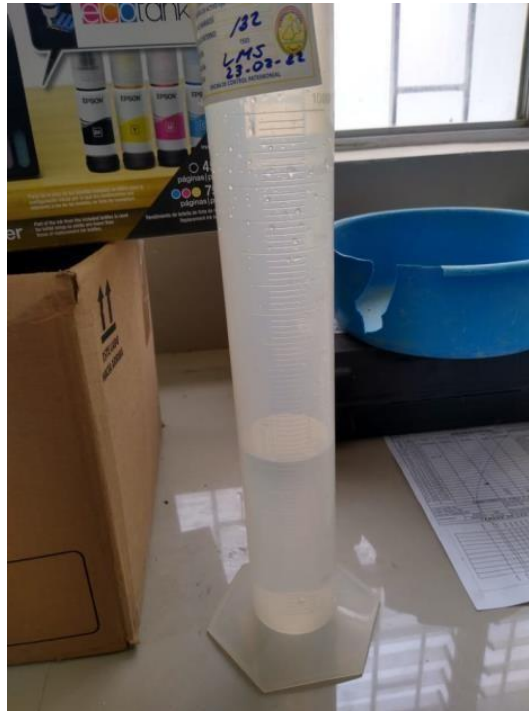
**Figura 42:** Se pesa el cemento según la deificación requerida

*Fuente: Elaboración propia*



**Figura 43:** Se procede a pesas la muestra

*Fuente: Elaboración propia*



**Figura 44:** Se mide el agua según la deificación requerida

*Fuente: Elaboración propia*



**Figura 45:** Se procede a mezclar hasta obtener una mezcla homogénea

*Fuente: Elaboración propia*



**Figura 46:** Se llenan el molde se procede a dar los 56 golpes

*Fuente: Elaboración propia*



**Figura 47:** Se colocan en bolsas herméticas y se dejan reposar 7 días

*Fuente: Elaboración propia*





**Figura 48:** Se procede a la rotura de probetas

*Fuente: Elaboración propia*

METODO DE MOLDEO	N° DE MOLDE	PORCENTAJE DE CEMENTO (%)	PESO SUELO + MOLDE (g)	PESO MOLDE (g)	PESO SUELO HUMEDO (g)	VOLUMEN DEL MOLDE (cm <sup>3</sup> )	DETERMINACION DE PORCENTAJE DE HUMEDAD						CUERPO DE PRUEBA		
							N° CAPSULA	PESO SUELO HUMEDO (g)	PESO SUELO SECO (g)	PESO CAPSULA (g)	AGUA (g)	PESO SUELO SECO (g)	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	DENSIDAD HUMEDA (g/cm <sup>3</sup> )	DENSIDAD APARENTE MAXIMA SECA (g/cm <sup>3</sup> )
A (Molde 4")	MOL-01	2	5896	<b>3919</b>	<b>1977</b>	<b>935.4</b>	T-31	267.5	243	<b>30.5</b>	24.48	212.5	11.52	2.113	1.895
	MOL-02	2	5780	<b>3836</b>	<b>1944</b>	<b>920.2</b>	T-32	325.1	293.9	<b>30.6</b>	31.2	263.3	11.85	2.113	1.889
	MOL-03	2	5888	<b>3960</b>	<b>1928</b>	<b>925.4</b>	T-33	260.2	235.9	<b>30.4</b>	24.23	205.5	11.79	2.083	1.863
<b>PROMEDIO</b>													<b>11.72</b>	<b>2.103</b>	<b>1.882</b>

<b>RESISTENCIA A LA COMPRESION DE PROBETAS</b>										
N° DE PROBETA	N° DE ENSAYO	CEMENTO (%)	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD (DIAS)	LECTURA DEL DIAL (Kg)	AREA (cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA (Kg/cm <sup>2</sup> )	PROMEDIO DE RESISTENCIA (Kg/cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA ESPECIFICADA EG 2013 - (Kg/cm <sup>2</sup> )
PROB-01	1	2.0	12/10/2022	19/10/2022	7	1255	80.4	15.6	<b>15.02</b>	<b>18.0</b>
PROB-02	2	2.0	12/10/2022	19/10/2022	7	1166	80.8	14.4		
PROB-03	3	2.0	12/10/2022	19/10/2022	7	1211	80.6	15.0		

RESISTENCIA A LA COMPRESION DE PROBETAS										
N° DE PROBETA	N° DE ENSAYO	CEMENTO (%)	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD (DIAS)	LECTURA DEL DIAL (Kg)	AREA (cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA (Kg/cm <sup>2</sup> )	PROMEDIO DE RESISTENCIA (Kg/cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA ESPECIFICADA EG 2013 - (Kg/cm <sup>2</sup> )
PROB-04	1	4.0	12/10/2022	19/10/2022	7	2150	81.07	26.5	<b>25.8</b>	<b>18.0</b>
PROB-05	2	4.0	12/10/2022	19/10/2022	7	2002	81.07	24.7		
PROB-06	3	4.0	12/10/2022	19/10/2022	7	2130	81.07	26.3		

**Tabla 35:** resultados de resistencia a la compresión 2%

*Fuente: elaboración propia*

MOLDEO DE PROBETAS DE SUELO CEMENTO															
METODO DE MOLDEO	N° DE MOLDE	PORCENTAJE DE CEMENTO (%)	PESO SUELO + MOLDE (g)	PESO MOLDE (g)	PESO SUELO HUMEDO (g)	VOLUMEN DEL MOLDE (cm <sup>3</sup> )	DETERMINACION DE PORCENTAJE DE HUMEDAD						CUERPO DE PRUEBA		
							N° CAPSULA	PESO SUELO HUMEDO (g)	PESO SUELO SECO (g)	PESO CAPSULA (g)	AGUA (g)	PESO SUELO SECO (g)	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	DENSIDAD HUMEDA (g/cm <sup>3</sup> )	DENSIDAD APARENTE MAXIMA SECA (g/cm <sup>3</sup> )
A (Molde 4")	MOL-04	4.0	5913	<b>3998</b>	<b>1915</b>	<b>938.0</b>	T-40	381.6	344.5	<b>31.0</b>	37.10	313.5	11.83	2.042	1.826
	MOL-05	4.0	5968	<b>3909</b>	<b>2059</b>	<b>938.0</b>	T-41	368.9	332.9	<b>30.3</b>	36.00	302.6	11.90	2.195	1.962
	MOL-06	4.0	5907	<b>3984</b>	<b>1923</b>	<b>938.0</b>	T-42	413.5	373.0	<b>30.5</b>	40.50	342.5	11.82	2.050	1.833
<b>PROMEDIO</b>													<b>11.85</b>	<b>2.096</b>	<b>1.874</b>

**Tabla 36:** Resultados de resistencia a la compresión 4%

*Fuente: Elaboración propia*

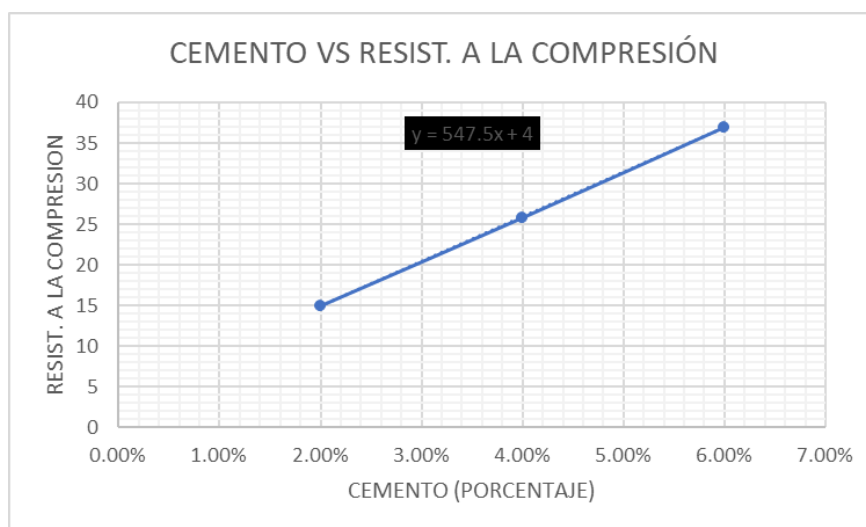
MOLDEO DE PROBETAS DE SUELO CEMENTO															
METODO DE MOLDEO	N° DE MOLDE	PORCENTAJE DE CEMENTO (%)	PESO SUELO + MOLDE (g)	PESO MOLDE (g)	PESO SUELO HUMEDO (g)	VOLUMEN DEL MOLDE (cm <sup>3</sup> )	DETERMINACION DE PORCENTAJE DE HUMEDAD						CUERPO DE PRUEBA		
							N° CAPSULA	PESO SUELO HUMEDO (g)	PESO SUELO SECO (g)	PESO CAPSULA (g)	AGUA (g)	PESO SUELO SECO (g)	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	DENSIDAD HUMEDA (g/cm <sup>3</sup> )	DENSIDAD APARENTE MAXIMA SECA (g/cm <sup>3</sup> )
A (Molde 4")	MOL-07	6.0	5841	<b>3890</b>	<b>1951</b>	<b>938.0</b>	T-37	366.0	331.4	<b>30.9</b>	34.59	300.5	11.51	2.080	1.865
	MOL-08	6.0	5910	<b>3961</b>	<b>1949</b>	<b>938.0</b>	T-38	369.0	333.1	<b>30.5</b>	35.98	302.6	11.89	2.078	1.857
	MOL-09	6.0	5843	<b>3894</b>	<b>1949</b>	<b>938.0</b>	T-39	317.7	288.0	<b>31.1</b>	29.70	256.9	11.56	2.078	1.863
<b>PROMEDIO</b>													<b>11.65</b>	<b>2.079</b>	<b>1.862</b>

RESISTENCIA A LA COMPRESION DE PROBETAS										
N° DE PROBETA	N° DE ENSAYO	CEMENTO (%)	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD (DIAS)	LECTURA DEL DIAL (Kg)	AREA (cm²)	RESISTENCIA (Kg/cm²)	PROMEDIO DE RESISTENCIA (Kg/cm²)	RESISTENCIA ESPECIFICADA EG 2013 - (Kg/cm²)
PROB-07	1	6.0	12/10/2022	19/10/2022	7	2989	81.07	36.9	36.9	18.0
PROB-08	2	6.0	12/10/2022	19/10/2022	7	3012	81.07	37.2		
PROB-09	3	6.0	12/10/2022	19/10/2022	7	2975	81.07	36.7		

**Tabla 37:** Resultados de resistencia a la compresión 6%  
Fuente: Elaboración propia

CEMENTO (%)	2.0	4.0	6.0
RESISTENCIA A LA COMPRESION (Kg/cm2)	15.0	25.8	36.9

**Tabla 38:** Resumen de resultados de resistencia a la compresión  
Fuente: Elaboración propia



**Figura 49:** Curva Resistencia a la Compresión  
Fuente: Elaboración propia

Se obtienen los siguientes resultados con una dosificación de 2% de cemento se obtiene una resistencia de F'C 15.0 Kg/cm<sup>2</sup>, con una dosificación de 4% se obtiene una resistencia de F'C 25.8 Kg/cm<sup>2</sup> y con una dosificación de cemento al 6% se obtiene una resistencia de F'C 36.9 Kg/cm<sup>2</sup> observamos que al incrementar el porcentaje de cemento aumenta la resistencia a la compresión

#### 4.12 Humedecimiento- Secado:

Se realizará con la norma de MTC E 1104 en porcentajes de cemento 2 %, 4% y 6 %



**Figura 50:** Se procede a realizar una mezcla homogénea de muestra cemento y agua  
*Fuente: Elaboración propia*



**Figura 51:** Se llenan los moldes con la mezcla en tres capas  
*Fuente: Elaboración propi*



**Figura 52:** Se procede a realizar los golpes por cada capa  
*Fuente: Elaboración propia*



**Figura 53:** Después de 24 horas se procede a desmoldar  
*Fuente: Elaboración propia*



**Figura 54:** Se coloca las muestras en una bolsa hermética para evitar la pérdida de humedad  
*Fuente: Elaboración propia*



**Figura 55:** Se coloca en una cámara de humedecimiento por 5 horas sellada herméticamente se observa que la bolsa exsuda después de ese tiempo se pesa y mide la muestra  
*Fuente: Elaboración propia*



**Figura 56:** Se coloca la muestra en el horno por 48 horas se pesa y se mide las probetas

*Fuente: Elaboración propia*



**Figura 57:** Se ha procede a cepillado de probeta

*Fuente: Elaboración propia*



**Figura 58:** Se coloca otra vez las probetas en cámara de humedad por 5 horas

*Fuente: Elaboración propia*



**Figura 59:** Se pesa y se mide las probetas

*Fuente: Elaboración propia*





**Figura 60:** Se pesan las probetas  
*Fuente: Elaboración propia*



**Figura 61:** Se procede a colocar las probetas en el horno por 48 horas a 71°C se pesa y se mide otra vez  
*Fuente: Elaboración propia*

Ciclo	Hora	Volumen de Briqueta A	Diámetro	Altura	Peso Después de 5 horas en Agua	Peso Después de 48 horas en Horno a 71°C	Humedad
1	10:35:00 a. m.	948.8	10.17	11.68	2182.6	2128.1	2.6
2	10:35:00 a. m.	948.0	10.17	11.67	2184.2	2134.4	2.3
3	10:35:00 a. m.	944.5	10.16	11.65	2183.5	2131.1	2.5
4	10:35:00 a. m.	945.3	10.16	11.66	2185.4	2133.8	2.4
5	10:35:00 a. m.	943.5	10.15	11.66	2186.3	2132.4	2.5
6	10:35:00 a. m.	938.4	10.14	11.62	2187.6	2134.6	2.5
7	10:35:00 a. m.	932.8	10.11	11.62	2176.1	2135.0	1.9
8	10:35:00 a. m.	931.0	10.10	11.62	2169.5	2131.5	1.8
9	10:35:00 a. m.	930.2	10.10	11.61	2166.0	2127.6	1.8
10	10:35:00 a. m.	930.2	10.10	11.61	2166.0	2127.6	1.8
11	10:35:00 a. m.	930.2	10.10	11.61	2166.0	2127.6	1.8
12	10:35:00 a. m.	930.2	10.10	11.61	2166.0	2127.6	1.8
Ciclo	Hora	Volumen de Briqueta B	Diámetro	Altura	Peso Después de 5 horas en Agua	Humedad	Peso Después del Cepillado
1	10:35:00 a. m.	938.1	10.13	11.64	2243.7	6.8	2146.2
2	10:35:00 a. m.	935.5	10.12	11.63	2241.4	6.6	2144.3
3	10:35:00 a. m.	936.5	10.13	11.62	2247.1	6.8	2141.1
4	10:35:00 a. m.	935.5	10.12	11.63	2249.8	6.9	2135.9
5	10:35:00 a. m.	937.3	10.13	11.63	2243.3	6.7	2145.3
6	10:35:00 a. m.	937.3	10.13	11.63	2247.1	6.7	2144.0
7	10:35:00 a. m.	934.1	10.13	11.59	2253.2	6.8	2143.6
8	10:35:00 a. m.	932.3	10.12	11.59	2241.4	6.6	2139.4
9	10:35:00 a. m.	929.6	10.11	11.58	2242.3	6.5	2135.2
10	10:35:00 a. m.	929.6	10.11	11.58	2261.3	6.9	2135.2
11	10:35:00 a. m.	929.6	10.11	11.58	2241.3	6.5	2135.2
12	10:35:00 a. m.	929.6	10.11	11.58	2257.3	6.6	2135.2

**Tabla 39:** Datos recopilados de humedecimiento secado cemento 2%  
Fuente: *Elaboración propia*

Descripción	UND	Resultado	Descripción	Descripción	Resultado
Contenido de Cemento	%	<b>2.0%</b>	N° de Briqueta	N° de Briqueta	<b>A</b>
Densidad Máxima(briqueta)	g/cm <sup>3</sup>	2.081	Peso Original Briqueta	Volumen Original	948.8
Humedad de Briquetas.	%	8.2	Peso Seco a 110 °C	% de Volumen	2.0
INICIO DE ENSAYO	-	: 20/09/2022	Peso Seco Corregido	% de Humedad	2.1
INICIO DE CICLO	-	: 20/09/2022	N° de Briqueta	N° de Briqueta	<b>B</b>
TERMINO DE CICLO	-	: 14/10/2022	Peso Original Briqueta	Volumen Original	938.1
Perdida de Suelo-cemento	%	<b>6.28%</b>	Peso Seco a 110 °C	% de Volumen	0.9
PORCENTAJE DE PERDIDA MAX.	<b>7.00%</b>	<b>Cumple</b>	Peso Seco Corregido	% de Humedad	6.7

**Tabla 40:** Resultados de humedecimiento secado cemento 2%  
Fuente: *Elaboración propia*

#### 4.- ENSAYO

Ciclo	Hora	Volumen de Briqueta A	Diámetro	Altura	Peso Después de 5 horas en Agua	Peso Después de 48 horas en Horno a 71°C	Humedad
1	11:00:00 a. m.	951.5	10.18	11.69	2184.1	2126.5	2.7
2	11:00:00 a. m.	950.7	10.18	11.68	2186.7	2134.8	2.4
3	11:00:00 a. m.	947.2	10.17	11.66	2184.5	2128.6	2.6
4	11:00:00 a. m.	948.0	10.17	11.67	2186.9	2132.9	2.5
5	11:00:00 a. m.	946.1	10.16	11.67	2187.6	2131.5	2.6
6	11:00:00 a. m.	941.0	10.15	11.63	2188.3	2132.9	2.6
7	11:00:00 a. m.	935.5	10.12	11.63	2179.8	2136.7	2.0
8	11:00:00 a. m.	933.6	10.11	11.63	2168.0	2128.5	1.9
9	11:00:00 a. m.	932.8	10.11	11.62	2168.0	2127.2	1.9
10	11:00:00 a. m.	932.8	10.11	11.62	2168.0	2127.2	1.9
11	11:00:00 a. m.	932.8	10.11	11.62	2168.0	2127.2	1.9
12	11:00:00 a. m.	932.8	10.11	11.62	2168.0	2127.2	1.9

Ciclo	Hora	Volumen de Briqueta B	Diámetro	Altura	Peso Después de 5 horas en Agua	Peso después de 48 horas en Horno a 71°C	Humedad	Peso Después del Cepillado
1	11:00:00 a. m.	940.8	10.14	11.65	2235.4		5.1	2148.5
2	11:00:00 a. m.	938.1	10.13	11.64	2213.1		5.1	2146.2
3	11:00:00 a. m.	939.2	10.14	11.63	2249.6		5.4	2143.6
4	11:00:00 a. m.	938.1	10.13	11.64	2214.9		5.2	2137.4
5	11:00:00 a. m.	940.0	10.14	11.64	2212.5		5.1	2147.8
6	11:00:00 a. m.	940.0	10.14	11.64	2213.2		5.2	2146.5
7	11:00:00 a. m.	936.8	10.14	11.60	2227.8		5.9	2145.1
8	11:00:00 a. m.	934.9	10.13	11.60	2219.4		5.2	2141.9
9	11:00:00 a. m.	932.3	10.12	11.59	2206.1		5.3	2137.5
10	11:00:00 a. m.	932.3	10.12	11.59	2232.1		5.8	2137.5
11	11:00:00 a. m.	932.3	10.12	11.59	2209.1		5.0	2137.5
12	11:00:00 a. m.	932.3	10.12	11.59	2226.1		5.0	2137.5

**Tabla 41:** Datos recopilados de humedecimiento secado cemento 4%  
Fuente: *Elaboración propia*

<b>3.- DATOS</b>						
Descripción	UND	Resultado	Descripción	Resultado	Descripción	Resultado
Contenido de Cemento	%	<b>4.0%</b>	N° de Briqueta	<b>A</b>	N° de Briqueta	<b>A</b>
Densidad Máxima(briqueta)	g/cm <sup>3</sup>	2.085	Peso Original Briqueta	<b>2144</b>	Volumen Original	951.5
Humedad de Briquetas.	%	8.1	Peso Seco a 110 °C	<b>1984</b>	% de Volumen	2.0
INICIO DE ENSAYO	-	: 20/09/2022	Peso Seco Corregido	1939.8	% de Humedad	2.3
INICIO DE CICLO	-	: 20/09/2022	N° de Briqueta	<b>B</b>	N° de Briqueta	<b>B</b>
TERMINO DE CICLO	-	: 14/10/2022	Peso Original Briqueta	<b>2157</b>	Volumen Original	940.8
Perdida de Suelo-cemento	%	<b>5.01%</b>	Peso Seco a 110 °C	<b>2022</b>	% de Volumen	0.9
PORCENTAJE DE PERDIDA MAX.	<b>7.00 %</b>	<b>Cumple</b>	Peso Seco Corregido	1920.1	% de Humedad	5.3

**Tabla 42:** Resultados humedecimiento secado cemento 4%  
*Fuente: Elaboración propia*

**ENSAYO**

Ciclo	Hora	Volumen de Briqueta A	Diámetro	Altura	Peso Después de 5 horas en Agua	Peso Después de 48 horas en Horno a 71°C	Humedad
1	12:20:00 p. m.	955.2	10.20	11.69	2187.5	2127.6	2.8
2	12:20:00 p. m.	954.4	10.20	11.68	2189.2	2135.9	2.5
3	12:20:00 p. m.	949.0	10.18	11.66	2187.5	2130.8	2.7
4	12:20:00 p. m.	949.9	10.18	11.67	2189.0	2133.4	2.6
5	12:20:00 p. m.	948.0	10.17	11.67	2188.6	2138.6	2.3
6	12:20:00 p. m.	942.9	10.16	11.63	2189.7	2139.5	2.3
7	12:20:00 p. m.	937.3	10.13	11.63	2180.3	2144.1	1.7
8	12:20:00 p. m.	935.5	10.12	11.63	2169.0	2136.8	1.5
9	12:20:00 p. m.	934.7	10.12	11.62	2169.0	2136.8	1.5
10	12:20:00 p. m.	934.7	10.12	11.62	2169.0	2136.8	1.5
11	12:20:00 p. m.	934.7	10.12	11.62	2169.0	2136.8	1.5
12	12:20:00 p. m.	934.7	10.12	11.62	2169.0	2136.8	1.5

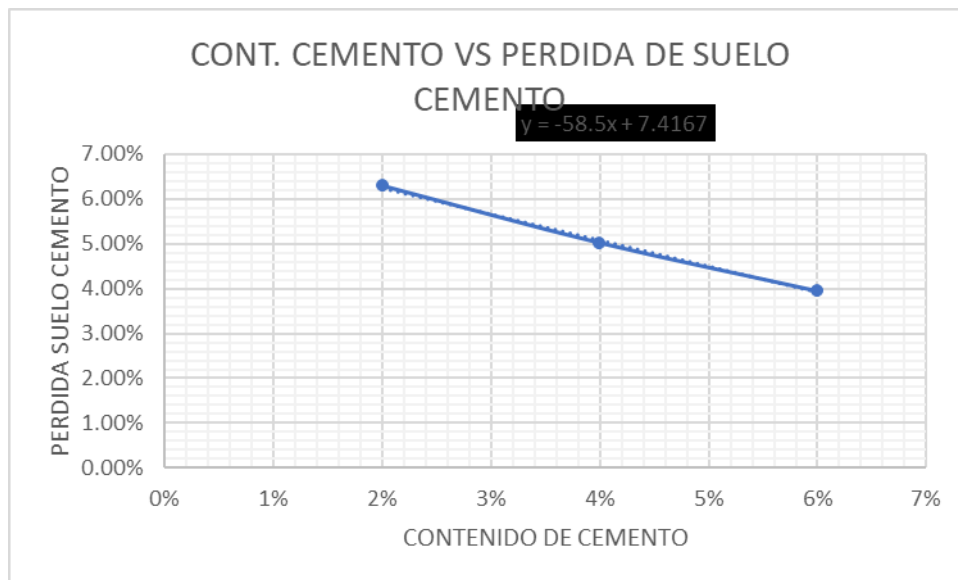
Ciclo	Hora	Volumen de Briqueta B	Diámetro	Altura	Peso Después de 5 horas en Agua	Humedad	Peso Después del Cepillado
1	12:20:00 p. m.	940.8	10.14	11.65	2235.4	4.4	2148.5
2	12:20:00 p. m.	938.1	10.13	11.64	2207.1	4.0	2146.2
3	12:20:00 p. m.	939.2	10.14	11.63	2209.6	4.1	2143.6
4	12:20:00 p. m.	938.1	10.13	11.64	2194.9	4.3	2137.4
5	12:20:00 p. m.	940.0	10.14	11.64	2192.5	4.0	2147.8
6	12:20:00 p. m.	940.0	10.14	11.64	2238.2	4.1	2146.5
7	12:20:00 p. m.	936.8	10.14	11.60	2217.8	3.9	2145.1
8	12:20:00 p. m.	934.9	10.13	11.60	2204.4	4.0	2141.9
9	12:20:00 p. m.	932.3	10.12	11.59	2199.1	4.0	2137.5
10	12:20:00 p. m.	932.3	10.12	11.59	2209.1	4.3	2137.5
11	12:20:00 p. m.	932.3	10.12	11.59	2216.1	4.0	2137.5
12	12:20:00 p. m.	932.3	10.12	11.59	2214.1	4.0	2137.5

**Tabla 43:** Datos recopilados de humedecimiento secado cemento 6%  
*Fuente: Elaboración propia*

<b>DATOS</b>						
Descripción	UND	Resultado	Descripción	Resultado	Descripción	Resultado
Contenido de Cemento	%	<b>6.0%</b>	N° de Briqueta	<b>A</b>	N° de Briqueta	<b>A</b>
Densidad Máxima(briqueta)	g/cm <sub>3</sub>	2.079	Peso Original Briqueta	<b>2150.4</b>	Volumen Original	955.2
Humedad de Briquetas.	%	8.3	Peso Seco a 110 °C	<b>1986.1</b>	% de Volumen	2.2
INICIO DE ENSAYO	-	: <b>20/09/2022</b>	Peso Seco Corregido	1946.4	% de Humedad	2.0
INICIO DE CICLO	-	: 20/09/2022	N° de Briqueta	<b>B</b>	N° de Briqueta	<b>B</b>
TERMINO DE CICLO	-	: 14/10/2022	Peso Original Briqueta	<b>2162.3</b>	Volumen Original	940.8
Perdida de Suelo-cemento	%	<b>3.94%</b>	Peso Seco a 110 °C	<b>2022.1</b>	% de Volumen	0.9
PORCENTAJE DE PERDIDA MAX.	<b>7.00 %</b>	<b>Cumple</b>	Peso Seco Corregido	1942.5	% de Humedad	4.1

**Tabla 44:** Resultados de humedecimiento secado cemento 6%  
Fuente: *Elaboración propia*

CONTENIDO DE CEMENTO	2%	4%	6%
PERDIDA DE SUELO CEMENTO	6.28%	5.01%	3.94%



**Tabla 45:** Resumen de resultados de humedecimiento secado cemento

*Fuente: Elaboración propia*

**Tabla 46:** Grafico Resumen de Resultados de humedecimiento secado cemento

*Fuente: Elaboración propia*

De los resultados obtenidos con una dosificación de cemento al 2% nos da una pedida de Suelo-Cemento de 6.28% y una Pedida máxima de 7%, con una dosificación de 4%de cemento nos da una Perdida de Suelo-Cemento de 5.01% y una Perdida máxima de 7% y con una dosificación de 6% nos dé un porcentaje de Pedida de Suelo-Cemento de 3.94 % y un porcentaje de pedidamáxima de 7 %

### Constatación de hipótesis 1

**Mediante la realización del ensayo de Humedecimiento-Secado se garantizaría la resistencia a la abrasión de la capa suelo-cemento ante las cargas del tráfico.**

Se constata la hipótesis del ensayo de humedecimiento- secado se computa que un porcentaje de cemento al 6% la perdida máxima a la abrasión o la perdida máxima de suelo cemento nos arroja 3.94 % este cumple con lo requerido en el manual de MTC que nos indica que para nuestro tipo de suelo



A-6 la pérdida máxima a la abrasión es 7% .Con este resultado podemos diseñar nuestro suelo-cemento.

suelo por estabilizar	perdida máxima %
A-1, A-2, A-3	14
A-2-6,A-2-7,A-4,A-5	10
A-6,A-7	7

**Tabla 47:** Porcentajes de pérdida máxima Suelo-Cemento requeridos

Fuente: <https://spij.minjus.gob.pe/Graficos/Peru/2013/Febrero/16/RD-03-2013-MTC-14.pdf>

## Constatación de hipótesis 2

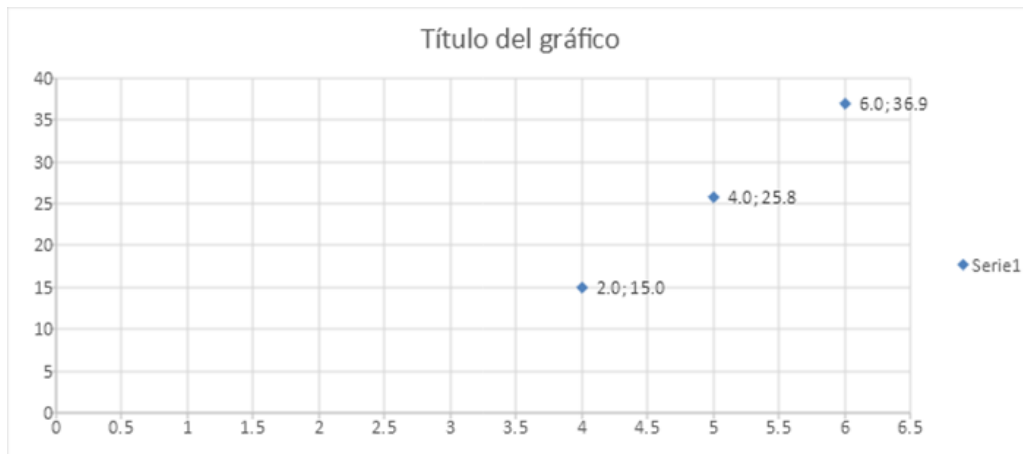
**Basándose en los criterios de la norma Portland Cemento Association (PCA) se podría limitar los porcentajes de cemento para fines de la estabilización de los suelos.**

Se constata la hipótesis que nos dice que el mezcal Suelo-Cemento se deberá diseñar teniendo en cuenta dos ensayos, Resistencia A la Compresión y ensayo Humedecimiento-Secado. Ese nos dice que la resistencia a la compresión mínima debe ser 18 Kg/cm<sup>2</sup> y ensayo Humedecimiento-Secado para nuestro tipo de suelo es una pérdida máxima de Suelo-Cemento de 7%

CEMENTO (%)	2.00	4.00	6.00
RESISTENCIA A LA COMPRESION (KG/CM2)	15	25.8	36.9

**Tabla 48:** Resumen de resultados de resistencia a la compresión

Fuente: *Elaboración propia*



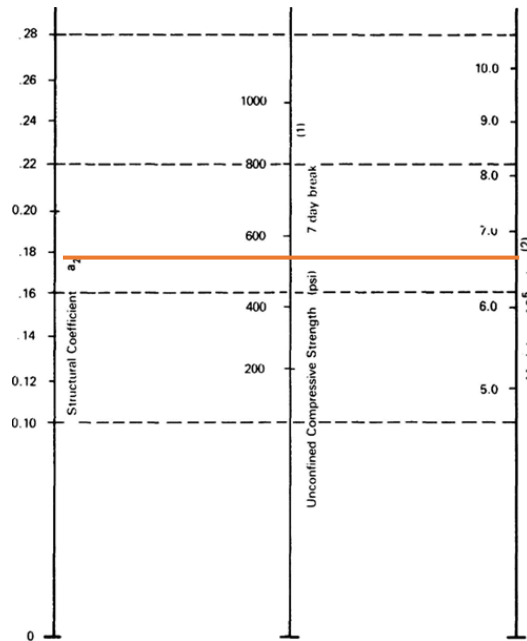
**Tabla 49:** Grafico Resumen de resultados de resistencia a la compresión  
*Fuente: Elaboración propia*

Podemos comprobar que con un porcentaje de 2.45% de cemento podemos cumplir con lo que nos pide la norma PCA que nos dice que debemos alcanzar una resistencia a la compresión de 18 kg/cm<sup>2</sup> y una pérdida máxima de Suelo-Cemento de 7%

### Constatación de hipótesis 3

**Una metodología que permitiría definir el diseño de pavimentos con suelo-cemento es la denominada AASHTO1993, el cual usa coeficientes estructurales (a) relacionados con la resistencia a la compresión a los 7 días del suelo cemento.**

Se constata la hipótesis analizando los resultados obtenidos de los ensayos Resistencia a la Compresión y Humedecimiento-Secado. Con los resultados de resistencia a la compresión nos dio 36.9 kg/cm<sup>2</sup> a los 7 días con una dosificación de cemento al 6% posteriormente utilizamos el Abaco de coeficiente estructural para encontrar  $a_2$ .



**Figura 62:** Abaco coeficiente estructural

*Fuente: GuíaAASTHO1993*

Observamos que con una resistencia a la compresión de 36.9kg/cm<sup>2</sup> nos da un coeficiente estructural  $a_2 = 18$  psi. con este valor y teniendo en cuenta que el ensayo de humedecimiento secado cumple con lo requerido de pérdida máxima de suelo -cemento 7% procedemos a ingresar datos en nuestra hoja de cálculo.

<b>DISEÑO DEL REFUERZO METODO AASHTO 1993</b>					
<b>PROYECTO</b> : CARRETERA Bocapan-Hervideros		<b>TRAMO</b> : HERVIDEROS			
<b>SECCION 4</b> : km1 - km		<b>FECHA</b> : Octubre 2022			
<b>DATOS DE ENTRADA (INPUT DATA) :</b>					
<b>1. CARACTERISTICAS DE MATERIALES</b>				<b>DATOS</b>	
A. MODULO DE RESILIENCIA DE LA CARPETA ASFALTICA (ksi)				600.00	
B. MODULO DE RESILIENCIA DE LA BASE GRANULAR (ksi)				30.00	
C. MODULO DE RESILIENCIA DE LA SUB-BASE (ksi)				15.00	
<b>2. DATOS DE TRAFICO Y PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE</b>					
A. NUMERO DE EJES EQUIVALENTES TOTAL (W18)				4.50E+05	
B. FACTOR DE CONFIABILIDAD (R)				70%	
STANDARD NORMAL DEVIATE (Zr)				-0.524	
OVERALL STANDARD DEVIATION (So)				0.45	
C. MODULO DE RESILIENCIA DE LA SUBRASANTE (Mr, ksi)				16.00	
D. SERVICIABILIDAD INICIAL (pi)				3.0	
E. SERVICIABILIDAD FINAL (pt)				2.0	
F. PERIODO DE DISEÑO (Años)				10	
<b>3. DATOS PARA ESTRUCTURACION DEL REFUERZO</b>					
A. COEFICIENTES ESTRUCTURALES DE CAPA					
Concreto Asfáltico Convencional (a1 no aplica)				0.00	
Base granular (a2 Suelo-Cemento)				18.00	
Subbase (a3 no aplica)				0.00	
B. COEFICIENTES DE DRENAJE DE CAPA					
Base granular (m2)				1.00	
Subbase (m3)				0.00	
<b>DATOS DE SALIDA (OUTPUT DATA) :</b>					
NUMERO ESTRUCTURAL REQUERIDO TOTAL (SNREQ)		2.036			
NUMERO ESTRUCTURAL CARPETA ASFALTICA (SNCA)		1.560			
NUMERO ESTRUCTURAL BASE GRANULAR (SNBG) Suelo-Cemento		0.536			
NUMERO ESTRUCTURAL SUB BASE (SNSB)		-0.056			
<b>ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO PROPUESTA</b>					
		TEORICO	PROPUESTO	ADOPTADO	SNFINAL
ESPESOR CARPETA ASFALTICA (cm)	no aplica	no aplica	no aplica	no aplica	
ESPESOR BASE GRANULAR (cm)	7.56	29.57	30.00	2.126	
ESPESOR SUB BASE GRANULAR (cm)	no aplica	no aplica	no aplica	no aplica	
ESPESOR TOTAL (cm)		29.6		2.126	
<b>RESPONSABLE:</b>					

**Figura 63:** Hoja de cálculo Diseño de Refuerzo AASHTO1993

*Fuente: GuíaAASHTO1993*

Diseñamos para un Eje equivalente de 4.50E+0.5, Factor de Confiabilidad de 70%, Stadar de normal de viate (Zr)= -0.524, Ovet estándar devation (So) =0.45, Modulo de resiliencia de (Mr, ksi) =16.00, Serviabilidad inicial (pi)=3, Serviabilidad final (pt) =2.00, Periodo de diseño (años) =10 y un Coeficiente estructural de capa 18psi.

Esto nos da como resultado un numero estructural NS=2.16 y un espesor de capa Suelo-Cemento de 30cm

### Resistencia a la compresión

#### Pruebas de Normalidad

Se planteó las siguientes hipótesis:

H0= Resistencia a la compasión (No tiene normalidad)

H1= Resistencia a la compasión (Tiene normalidad)

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnova			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
RST	,231	8	,200*	,830	8	,059
CEMENTO	,235	8	,200*	,802	8	,030
*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.						
a. Corrección de significación de Lilliefors						

**Tabla 50:** Prueba normalidad

*Fuente: Elaboración propia*

Niel de Significancia:  $\alpha=5\% =0.05\%$ Prueba

Estadística:

$n>50$  =Prueba K.S

$n\leq 50$  Shaprio willk

Regla de decisión p-valor  $<0.05$

$0.059 > 0.05$

Se rechaza la Hipótesis nula

p- valor= $0.059$

Concluimos: los datos de la variable Resistencia a la compresión si tiene normalidad con un niel se significancia de 0.05

## Prueba de Correlación de Pearson

Se planteó las siguientes hipótesis:

H0= La Resistencia a la compasión no tiene relación con el porcentaje de cemento

H1= La Resistencia a la compasión tiene relación con el porcentaje de cemento

Nivel de Significancia:  $\alpha=5\% =0.05\%$

Prueba Estadística: " r "

		RST	CEMENTO
RST	Correlación de Pearson	1	,998**
	Sig. (bilateral)		,000
	N	8	8
CEMENTO	Correlación de Pearson	,998**	1
	Sig. (bilateral)	,000	
	N	8	8

\*\* . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

**Tabla 5:1** Prueba Pearson

*Fuente: Elaboración propia*

Regla de decisión: p-valor <0.05 se rechaza H0

0.000<0.05

Entonces se rechaza la hipótesis nula

Conclusión: la evidencia estadística significativa para decir que la Resistencia a la compasión tiene relación con el porcentaje de cemento de manera directa y positiva. (r=0.998)

## Humedecimiento secado

Se planteó las siguientes hipótesis:

H0=humedecimiento secado (No tiene normalidad)

H1= humedecimiento secado (Tiene normalidad)

	Kolmogórov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	Gol	Sig.	Estadístico	gol	Sig.
H.S	,189	3	.	,998	3	,906
CEMTO	,175	3	.	1,000	3	1,000

a. Corrección de significación de Lilliefors

**Tabla 52:** Prueba normalidad

*Fuente: Elaboración propia*

Nivel de Significancia:  $\alpha=5\% =0.05\%$  Prueba

Estadística:

$n>50$  =Prueba K.S

$n\leq 50$  Shapiro willk

Regla de decisión p-valor  $<0.05$

$0.906 > 0.05$

Se rechaza la Hipótesis nula

p- valor= $0.906$

Concluimos: los datos de la variable Humedecimiento-Secado si tiene normalidad con un nivel se significancia de  $0.05\%$

## Prueba de Correlación de Pearson

Se planteó las siguientes hipótesis:

H0= El ensayo Humedecimiento-Secado no tiene relación con el porcentaje de cemento

H1= El ensayo Humedecimiento-Secado tiene relación con el porcentaje de cemento

Nivel de Significancia:  $\alpha=5\% =0.05\%$  Prueba

Estadística: "r"

		H. S	CEMTO
H. S	Correlación de Pearson	1	-,999*
	Sig. (bilateral)		,031
	N	3	3
CEMTO	Correlación de Pearson	-,999*	1
	Sig. (bilateral)	,031	
	N	3	3

\*. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).

**Tabla 52:** Prueba normalidad

*Fuente: Elaboración propia*

Regla de decisión: p-valor  $<0.05$  se rechaza H0

$0.031 < 0.05$

Entonces se rechaza la hipótesis nula

Conclusión: la evidencia estadística significativa para decir que el ensayo de Humedecimiento-Secado tiene relación con el porcentaje de cemento de manera directa y positiva. ( $r=0.999$ )



## V DISCUSIÓN

En relación a los resultados que se obtuvieron, se podrá realizar esta investigación en otras zonas del Perú, siempre que se realicen los mismos procedimientos y se replique todos los estándares de calidad.

Al realizar la metodología AASTHO 93 se logra optimizar la Resistencia de los elementos del Suelo-Cemento, puesto que se logra una resistencia a la compresión superior a la empleada por Manual de MTC.

Al tener en cuenta el ensayo de Humedecimiento-Secado logramos saber cuál es la pedida máxima de Suelo -Cemento. Y esto nos ayuda a diseñar un suelo cemento sin llegar a rigidizarlo ya que logramos encontrar la cantidad adecuada de cemento.

## VI CONCLUSIONES

En la presente investigación se planea realizar el suelo con un químico aditivo que es el cemento, esa estabilización se planea porque el suelo tiene malas características físicas y mecánicas como por ejemplo un índice de plasticidad de 15 y un CBR 14%

Para la siguiente investigación se planea resolver las deficiencias encontradas al momento de diseñar la capa estabilizada con cemento para este fin en la siguiente investigación se empleará las metodologías AASHTO, los ensayos de PSA, los ensayos resistencia a la compresión simple a los 7 días y el ensayo de humedecimiento-secado

En esa investigación se ha tomado una muestra representativa de la cantera Bocapan, este material fue llevado al laboratorio para fines de ser estabilizado con diferentes dosificaciones de cemento con el fin de encontrar la dosificación óptima de diseño la misma que debe satisfacer el diseño estructural realizando por la metodología AASTHO

De acuerdo con los ensayos que se realizaron en el laboratorio se obtuvieron resultados siguientes cuando se trabajó con una dosificación de 2% se llegó a una resistencia a la compresión de 15 kg/cm<sup>2</sup>, con un porcentaje de 4% se llegó a una dosificación de 25.8 kg/cm<sup>2</sup>, y con una dosificación de 6% se llegó a una resistencia de 36.9k/cm<sup>2</sup>.

De acuerdo al diseño estructural para la carretera Bocapan Hervideros teniendo en cuenta un tráfico de 1.00E+05 se procedió a seguir el algoritmo de diseño AASTHO 93 para pavimentos estabilizados siguiendo los conceptos del AASTHO 93 y se determina que capa por estabilizar tiene 29 Cm de espesor y tiene que alcanzar una rigidez expresada en resistencia a la compresión de 36.9 kg/cm<sup>2</sup> lo cual tiene un coeficiente estructural de 0.20 lo cual atiende al tráfico de esta carretera en los siguientes párrafos se comienza a la validación la hipótesis para cumplir con el diseño estructural que se expone en la siguiente investigación

Un ensayo fundamental para validar la siguiente hipótesis de esta investigación es el ensayo denominado humedecimiento-secado, ese ensayo tiene como fin validar la abrasión a la que esa expuesta la capa e suelo-cemento, de los resultados del laboratorio se tiene que la resistencia ala abrasión sale 3.9 con una dosificación de incorporación de cemento de 6% teniendo en cuenta las características del suelo y teniendo como referencia el manual de carreteras en la tabla 5.5 alcanzo un valor que cumple para el tipo de suelo que se está estabilizando

## **VII RECOMENDACIONES**

se recomienda extender la presente investigación a otros tipos de suelo verificando la cantidad de cemento necesaria dependiendo de tipo de vía a donde va ser empleada la estabilización de suelos y verificando el porcentaje de cemento la resistencia a la compresión y el humedecimiento secado para ese tipo de suelos

se recomienda plantear soluciones ante posibles firmamentos de la capa suelo cemento lo cual algunos autores indican que comienza a partir de dosis de cemento al 3% en la actualidad ya existen metodologías como por ejemplo la formación de juntas o la microfisuración utilizando el rodillo liso en obra y evaluando la recuperación del suelo mediante deflectometría

## Referencias

- Cardoza (2019), "Análisis técnico-económico del suelo-cemento en pisos de viviendas de bajos recursos"  
<https://repositorio.unp.edu.pe/bitstream/handle/UNP/1482/CIV-%20PAL-CAR-2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Chávez y Fernández (2019), "Mejora de la productividad en la instalación de un pavimento de capa de rodadura compuesta por geo celda y grava con el uso de suelo-cemento y herramientas de gestión ubicada en la selva peruana"  
[https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/625434/ch%c3%a1vez\\_dh.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/625434/ch%c3%a1vez_dh.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Guardia y Gutiérrez (2021), "Estabilización de suelos, empleando la técnica suelo cemento, en la trocha carrozable, tramo Honkopampa – Pashpa, San Miguel"  
[https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/81034/Guardia\\_BJO-Gutierrez\\_CSM-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/81034/Guardia_BJO-Gutierrez_CSM-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Larí (2012), "Rigidez a baja deformación de muestras de suelo-cemento mediante métodos directos de medición"  
<https://core.ac.uk/download/pdf/250077786.pdf>
- Serigos (2009) "Rigidez a baja deformación de mezclas de suelo de la formación pampeano y cemento portland"  
[https://campus.fi.uba.ar/pluginfile.php/453361/mod\\_resource/content/1/Serigos%202009%20Rigidez%20a%20baja%20deformacion%20de%20mezclas%20de%20suelo-cemento.pdf](https://campus.fi.uba.ar/pluginfile.php/453361/mod_resource/content/1/Serigos%202009%20Rigidez%20a%20baja%20deformacion%20de%20mezclas%20de%20suelo-cemento.pdf)
- Chávez y Enrique (2021), "Diseño del suelo-cemento y su aplicación como material de sitio para la construcción del camino vecinal del recinto Zapán"  
<http://repositorio.ulvr.edu.ec/bitstream/44000/4277/1/T-ULVR-3549.pdf>

Karpisz (2018) “Estudio del efecto de la cantidad de cemento sobre la resistencia de la muestra suelo-cemento” <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/365/4/042061/pdf>

Åhnberg (2006), “Resistencia del suelo estabilizado - Un estudio de laboratorio sobre arcillas y suelos orgánicos estabilizados con diferentes tipos aglutinante” <https://portal.research.lu.se/en/publications/strength-of-stabilised-soil-a-laboratory-study-on-clays-and-organ>

Chou (2009) en su tesis Características y mecanismos de resistencia del suelo-cemento rico en sal <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0013795208001968>

José Toirac Corral (2008) El Suelo-Cemento como material de construcción <https://www.redalyc.org/pdf/870/87012672003.pdf>

Linares (2015) Construcción de Bases y Subbases de Suelo Cemento <https://web1.icpa.org.ar/wp-content/uploads/2019/04/2015-07-Construccion-Suelo-Cemento.pdf>

Lozano, Castro y Velandia “Análisis comparativo de mezclas suelo cemento modificadas con materiales no biodegradables. Methodology del Portland cement association” (2017) <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/vial/article/view/32918>

E-G 2013 MANUAL DE CARRETERAS <https://spij.minjus.gob.pe/Graficos/Peru/2013/Febrero/16/RD-03-2013-MTC-14.pdf>

## ANEXOS

### a) Matriz de consistencia

TITULO: Análisis de la rigidez del suelo-cemento basado en los principios de diseño AASHTO1993, tramo Bocapan-Hervideros, Tumbes, 2022

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	HIPOTESIS	VARIABLE	DIMENSION	INDICADORES	INSTRUMENTO
<b>PROBLEMA GENERAL</b>	<b>OBJETIVO GENERAL</b>	<b>HIPOTESIS GENERAL</b>	<b>INDEPENDIENTE</b>			
En la ciudad de Tumbes los proyectistas al diseñar el Suelo-Cemento, basandose en el Manual de Carreteras del MTC, asumen que la resistencia a cumplir por el suelo-cemento debería de ser como mínimo 1.8 MPa (18kg/cm <sup>2</sup> ), asumiendo como valor de diseño, lo cual en algunos casos provoca la falla del pavimento de manera prematura. ¿De que manera se podría estimar la cantidad adecuada de cemento para la capa Suelo-Cemento de la carretera Bocapan-Hervideros en Tumbes?	Analizar la rigidez del suelo-cemento empleando los conceptos de la Guia de Diseño AASHTO1993 para la determinacion de la cantidad de cemento por utilizar en la capa suelo-cemento de la carretera Bocapan-Hervideros en la ciudad de Tumbes.	Basandose en los conceptos de la Guia AASHTO1993 se podria estimarse la cantidad adecuada de cemento por usar en la capa suelo-cemento de la carretera Bocapan-Hervideros en la ciudad de Tumbes	Parámetros AASHTO93	Numero Estructural (SN)	Coefficiente Estructural (a)	Ficha de Calculos
					Espesor de capa	Ficha de Calculos
<b>PROBLEMA ESPECIFICO</b>	<b>OBJETIVOS ESPECIFICOS</b>	<b>HIPOTESIS ESPECIFICA</b>	<b>DEPENDIENTE</b>			
Durante las pruebas de laboratorio para la verificacion de la resistencia de la capa de suelo cemento, muchas veces, solo de presta atencion a la resistencia a la compresion simple; sin embargo, no se tiene en cuenta los resultados del ensayo de Humedecimiento-secado, siendo este fundamental para la durabilidad de la capa de suelo cemento ¿Cual es la importancia conceptual del ensayo de Humedecimiento-Secado en la estabilizacion de suelos para fines de garantizar la durabilidad de estructura de la capa de suelo-cemento de la carretera Bocapan-Hervideros en Tumbes?	Determinar en laboratorio la importancia del ensayo Humedecimiento-Secado para fines de controlar la resistencia. Ala abrasion de la capa suelo-cemento.	Mediante la realizacion del ensayo de Humedecimiento-Secado se garantizaria la resistencia a la abrasion de la capa suelo-cemento ante las cargas del tráfico.			Desgaste (%)	Laboratorio
Tradicionalmente en el Perú cuando se diseña un capa de suelo cemento se optan por porcentajes limitados de cemento (2%-3%) evitando porcentajes elevados, esto por el temor a la rigidizacion y fisuracion de la capa suelo-cemento. ¿Cuál sería el rango ideal de porcentaje de cemento a utilizar en la estabilizacion de los suelos para evitar la fisuracion o excesiva rigidizacion en la carretera Bocapan-Hervideros en Tumbes?	Especificar el rango de porcentaje de cemento en la estabilizacion del suelo-cemento para fines de evitar la fisuracion y la rigidizacion del pavimento.	Basandose en los criterios de la norma Portland Cement Association (PCA) se podria limitar los porcentajes de cemento para fines de la estabilizacion de los suelos.	Rigidez del Suelo Cemento	Propiedades Físico-Mecanicas	Resistencia. a la Compresion (kg/cm <sup>2</sup> )	Laboratorio
Los consultores al diseñar un pavimento con suelo-cemento no tienen claro la metodología a emplear para el dimensionamiento del espesor y rigidez de la capa, basandose muchas veces en diseños de afirmados y contenidos de cemento mínimos para cumplir parcialmente las Especificaciones Técnicas ¿Bajo que metodología de diseño debería dimensionar el espesor y rigidez de un pavimento con suelo-cemento en la carretera Bocapan-Hervideros en Tumbes?	Definir el espesor y rigidez de la capa de suelo cemento considerando los conceptos estructurales de la Guia AASHTO1993	Una metodología que permitiría definir el diseño de pavimentos con suelo-cemento es la denominada AASHTO1993, el cual usa coeficientes estructurales (a) relacionados con la resistencia a la compresion a los 7 días del suelo cemento.				

## b) Matriz de variables

TITULO: Análisis de la rigidez del suelo-cemento basado en los principios de diseño AASHTO1993, tramo Bocapan-Hervideros, Tumbes, 2022

AUTOR: Moran seminario Wendy Milagritos

VARIABLES DE ESTUDIO	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSION	INDICADORES	ESCALA
VI Parámetros AASHTO93	<p>Gia AASHTO-93, para estructuras de pavimento, proporciona una ecuación a partir de la cual derivar el número de estructura paramétrico (SN), un valor que no solo indica el espesor total de la capa de pavimento requerida, sino que también sirve como una función del tráfico. y confiabilidad.</p>	<p>Esta variable se operacionalizará mediante la Guia AASTHO-93 Diseno del Esfuerzo</p>	Numero Estructural	Coeficiene Estructural	Razón
					Razón
				Espeso de capa	Razón
VD Rigidez del Suelo-Cemento	<p>Mayor rigidez del pavimento y distribución de la carga Las propiedades de la mezcla de suelo y cemento permiten que la carga se distribuya sobre un área más amplia que una capa granular. Por lo tanto, con la misma capacidad de carga, puede obtener una estructura vial con menos espesor o menos capas.</p>	<p>Esta variable se operacionalizará mediante pruebas de laboratorio, basados en pruebas en diferentes porcentajes hasta determinar la combinación óptima.</p>	Rigidez del Suelo-Cemento	Desgaste (%)	Razón
				Resistencia. a la Compresion (kg/cm2)	Razón



### c) Instrumentos de recolección de datos



Figura (54) Molde y Martillo Pisón compactado modificado  
Fuente: Elaboración Propia.



Figura (55) Prensa de concreto  
Fuente: Elaboración Propia.



Figura (56) Cámara de humedecimiento  
Fuente: Elaboración Propia.



Figura (57) Cinta de medición  
Fuente: Elaboración Propia.



Figura (58) Balanza Electrónica  
Fuente: Elaboración Propia.



Figura (59) Horno Eléctrico  
Fuente: Elaboración Propia.

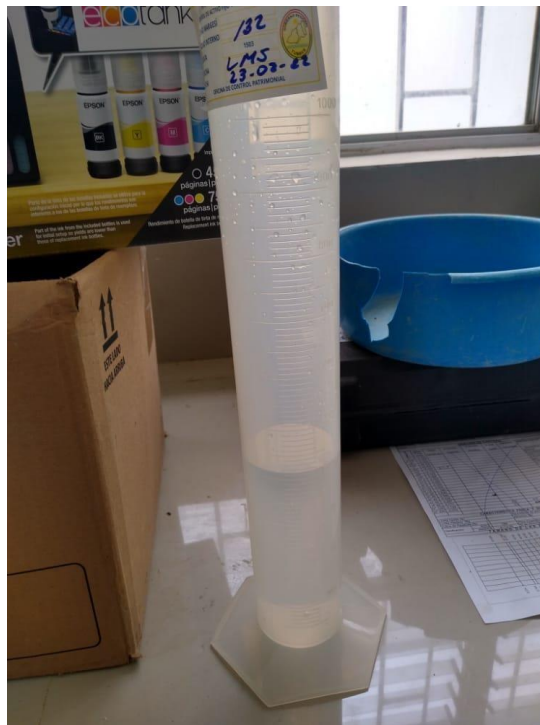


Figura (60) Probeta  
Fuente: Elaboración Propia.



Figura (61) Cuchara de Casa Grande  
Fuente: Elaboración Propia.




Figura (62) Maquina automática para ensayo de CBR  
Fuente: Elaboración Propia.



Figura (63) Cepillo de metal  
Fuente: Elaboración Propia.

d) Certificados de los ensayos realizados



**GOBIERNO REGIONAL DE TUMBES**  
**GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA**

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETOS**

**PERFIL ESTRATIGRÁFICO - SUELOS/REGISTRO DE RECOJO DE MUESTRAS EN CANTERA**

PROYECTO DE TRAMO: ANALISIS DE LA RIGIDEZ DEL SUELO - CEMENTO BASADO EN LOS PRINCIPIOS DE DISEÑO AASHTO 1993, TRAMO BOCAFAN - HERVIDEROS, TUMBES - 2022\*


SOLICITANTE : WENDY MORAN SEMINARIO


UBICACIÓN : TRAMO BOCAFAN - HERVIDEROS - TUMBES

CANTERA : BOCAFAN

Prof. (m)	Estrato		Símbolo Grafico	Descripción Visual del Suelo	Clasificación		Granulometría				Constantes Físicas			W Natural	
	Capa	Espesor (m)			AASHTO	Unif.	> 2"	2" - 4"	Nº 4 - Nº 20	Nº 20	L.L.	L.P.	IP		
0.05															
0.10															
0.15															
0.20															
0.25															
0.30															
0.35															
0.40															
0.45															
0.50															
0.55															
0.60															
0.65															
0.70															
0.75															
0.80															
0.85															
0.90															
0.95															
1.00															
1.05															
1.10															
1.15															
1.20															
1.25															
1.30															
1.35															
1.40															
1.45															
1.50															
1.55															
1.60															
1.65															
1.70															
1.75															
1.80															
1.85															
1.90															
1.95															
2.00															

**PANEL FOTOGRAFICO**





GOBIERNO REGIONAL DE TUMBES  
 GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA  
 LUIS HUERTAS ZEVALLOS  
 JEFE DE LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETOS  
 CIP 717444

OBSERVACIONES:



**GOBIERNO REGIONAL DE TUMBES**  
**GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA**  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y CONCRETOS**  
AV. LA MARINA N° 200

**CONTENIDO DE HUMEDAD**

(MTC E-108 / ASTM D-2216)

PROYECTO DE TESIS : ANALISIS DE LA RIGIDEZ DEL SUELO - CEMENTO BASADO EN LOS PRINCIPIOS DE DISEÑO AASHTO 1993, TRAMO BOCAPAN - HERVIDEROS,  
TUMBES, 2022"  
SOLICITANTE : WENDY MORAN SEMINARIO  
UBICACIÓN : TRAMO BOCAPAN - HERVIDEROS - TUMBES  
CANTERA : BOCAPAN  
FECHA : SEPTIEMBRE DEL 2022

**1. Contenido de Humedad Muestra Integral :**

Descripcion	1	2
Peso de tara (gr)		
Peso de la tara + muestra húmeda (gr)	500.0	
Peso de la tara + muestra seca (gr)	470.5	
Peso del agua contenida (gr)	29.5	
Peso de la muestra seca (gr)	470.5	
Contenido de Humedad (%)	6.3	
Contenido de Humedad Promedio (%)		6.3



GOBIERNO REGIONAL TUMBES  
Gerencia Regional de Infraestructura  
Ing. José Luis Huéllas Zevallos  
JEFE DE LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETOS  
C.P. 111000



GOBIERNO REGIONAL DE TUMBES  
 GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA  
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y CONCRETOS  
 AV. LA MARINA N° 200 - TUMBES

PROYECTO DE TESIS : ANALISIS DE LA RIGIDEZ DEL SUELO - CEMENTO BASADO EN LOS PRINCIPIOS DE DISEÑO AASHTO 1993.  
 SOLICITANTE : TRAMO BOCAPAN - HERVIDEROS, TUMBES - 2022 CANTERA : BOCAPAN  
 UBICACIÓN : WENDY MORAN SEMINARIO  
 TRAMO BOCAPAN - HERVIDEROS, TUMBES FECHA : SEPTIEMBRE 2022

**ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO PARA CBR  
 ASTM D1557 / ASTM D1883**

Volumen Molde 2123 cm<sup>3</sup>  
 Peso Molde 6292 gr.

NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4	5
Peso Suelo + Molde	gr.	9,912	10,243	10,816	10,403	
Peso Suelo Humedo Compactado	gr.	3,620	3,951	4,324	4,111	
Peso Volumetrico Humedo	gr.	1,705	1,861	2,037	1,936	
Recipiente Numero		0	0	0	0	
Peso de la Tara	gr.	123.4	145.1	98.7	105.7	
Peso Suelo Humedo + Tara	gr.	359.4	348.7	391.3	376.1	
Peso Suelo Seco + Tara	gr.	353.2	339.5	372.6	355.5	
Peso del agua	gr.	6.2	9.2	18.7	21.6	
Peso del suelo seco	gr.	260	194	274	251	
Contenido de agua	%	2.4	4.7	6.8	8.6	
Densidad Seca	gr/cc	1.666	1.777	1.906	1.783	

Densidad Máxima Seca: 1.906 gr/cm<sup>3</sup>. Contenido Humedad Optima: 6.8 %



OBSERVACIONES:

1 -



GOBIERNO REGIONAL TUMBES  
 Gerencia Regional de Infraestructura  
 10/9/2022 Luis Huertas Zavallos  
 JEFE LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETOS





GOBIERNO REGIONAL DE TUMBES  
 GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA  
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y CONCRETOS  
 AV. LA MARINA N° 200 - TUMBES

PROYECTO DE TESIS : ANALISIS DE LA RIGIDEZ DEL SUELO - CEMENTO BASADO EN LOS PRINCIPIOS DE DISEÑO AASHTO 1993.  
 SOLICITANTE : TRAMO BOCAPAN - HERVIDEROS, TUMBES - 2022 CANTERA : BOCAPAN  
 UBICACIÓN : TRAMO BOCAPAN - HERVIDEROS, TUMBES FECHA : SEPTIEMBRE 2022

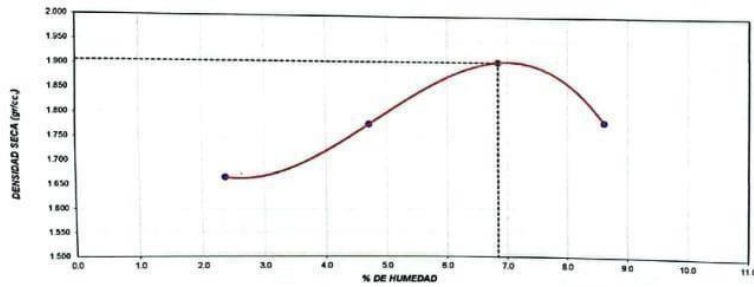
ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO PARA CBR  
 ASTM D1557 / ASTM D1883

Volumen Molde	2123	cm <sup>3</sup>
Peso Molde	6292	gr.

NUMERO DE ENSAYOS	1	2	3	4
Peso Volumetrico Humedo	gr. 1.705	1.861	2.037	1.936
Contenido de agua	% 2.4	4.7	6.8	8.6
Densidad Seca	gr/cc 1.666	1.777	1.906	1.783

Densidad Máxima Seca:	1.906	gr/cc	Contenido Humedad Optima:	6.8 %
-----------------------	-------	-------	---------------------------	-------

RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA



OBSERVACIONES:



Handwritten signature and stamp of the Regional Government of Tumbes, Gerencia Regional de Infraestructura. The stamp includes the name of the technician: **Ing. José Luis Zevallos**, Jefe de Laboratorio de Suelos y Concretos.



AV. LA MARINA N° 200

PROYECTO DE TESIS: "ANALISIS DE LA RIGIDEZ DEL SUELO - CEMENTO BASADO EN LOS PRINCIPIOS DE DISEÑO AASHTO 1993, TRAMO BOCAPAN - HERVIDEROS, TUMBES, 2022"

UBICACIÓN : TRAMO BOCAPAN - HERVIDEROS - TUMBES

SOLICITANTE : WENDY MORAN SEMINARIO

FECHA : SEPTIEMBRE DEL 2022

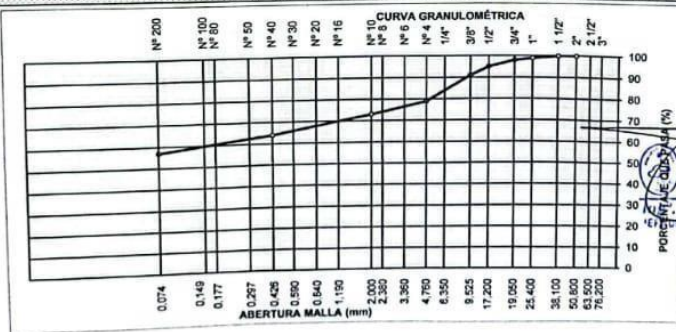
**ANÁLISIS MECÁNICO POR TAMIZADO**

MAL LAs	TURA (mm)	PESO RETEN.(g.)	% RETEN. PARCIAL	% RETEN. ACUMUL.	% QUE PASA	ESPECIFI-CACIONES	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200						Material: Arcilla con Poca Grava de
2 1/2"	63.500						Coloracion Amarillenta (CL)
2"	50.800				100.0		Procedencia:
1 1/2"	38.100	0.0	0.0	0.0	100.0		Cantera Bocapan
1"	25.400	43.0	1.0	1.0	99.0		PESO TOTAL (Wo) = 7204 gr Peso Rep. Pasa Malla N° 04 (W2) = 100 gr Peso Pasa Malla N° 04 (W2) = 5,764 K = 0.8001
3/4"	19.050	63.0	1.0	2.0	98.0		
1/2"	12.700	193.0	3.0	5.0	95.0		
3/8"	9.525	310.0	4.0	9.0	91.0		
1/4"	6.350						
N° 4	4.760	831.0	12.0	21.0	79.0		
N° 6	3.360						
N° 8	2.380						
N° 10	2.000	8.0	6.0	27.0	73.0		
N° 16	1.190						
N° 20	0.840						PORCENTAJE DE AGREGADO
N° 30	0.590	9.0	7.0	34.0	66.0		Grava : 21 %
N° 40	0.426	3.0	2.0	36.0	64.0		Arena : 22 %
N° 60	0.297	5.0	4.0	40.0	60.0		Finos : 57 %
N° 80	0.177						
N° 100	0.149	0.0	0.0	0.0	0.0		
N° 200	0.074	4.0	3.0	43.0	57.0		

**CARACTERISTICA FISICA Y QUIMICA DE LA MUESTRA**

Limite líquido (%)	36.0	Equivalente de arena (%)	--	Máx. Dens. Seca (gr./cc)	--
Limite Plastico (%)	21.0	Abrasión (%)	--	Humedad óptima (%)	--
Indice de Plasticidad	15.0				

**TAMANO DE LAS MALLAS U.S. STANDARD**



*[Signature]*  
 Ing. José Luis Herrera Zevados  
 Director del Laboratorio de Mecánica de Suelos y Concreto  
 S.O. 1764  
 SOLICITANTE



### GOBIERNO REGIONAL DE TUMBES

GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y CONCRETOS  
Av. La Marina # 200

PROYECTO DE TESIS: "ANALISIS DE LA RIGIDEZ DEL SUELO - CEMENTO BASADO EN LOS PRINCIPIOS DE AASHTO 1993, TRAMO BOCAPAN - HERVIDEROS, TUMBES, 2022"

SOLICITANTE: WENDY MORAN SEMINARIO

UBICACIÓN: TRAMO BOCAPAN - HERVIDEROS - TUMBES  
CANTERA : BOCAPAN

FECHA: SEPTIEMBRE DEL 2022

Material Representativo: Arcilla Con Poca Grava (CL)

#### ENSAYO C.B.R. PARTE A

N° DE MOLDE	01		02		03	
	05		05		05	
N° DE CAPAS	12		25		56	
N° DE GOLPES POR CAPA						
CONDICION DE LA MUESTRA	SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA
Peso del molde + suelo humedo (grs)	8,432		8,555		8,680	
Peso del molde (grs)	4,200		4,200		4,200	
Peso del suelo humedo (grs)	4,232		4,355		4,480	
Volumen de suelo (cc)	2,084		2,084		2,084	
Densidad humedo (gr/cc)	2.03		2.09		2.15	
Densidad Seco (gr/cc)	1.84		1.90		1.95	

#### CONTENIDO DE HUMEDAD

Recipiente N°						
Recipiente + Suelo Humedo (grs)	100		100		100	
Recipiente + Suelo Seco (grs)						
Peso del Agua (grs)	9.24		9.20		9.26	
Peso del Recipiente (grs)						
Peso del Suelo Seco (grs)						
% Humedad	90.76		90.80		90.74	
Humedad Promedio	10.2		10.1		10.2	

#### EXPANSION

hi = 5.0 pulg

Molde N° 01				Molde N° 02				Molde N° 03			
Sobre Carga (Lbs) 10				Sobre Carga (Lbs) 10				Sobre Carga (Lbs) 10			
Fecha y Hora	Lectura	Pulg.	%	Fecha y Hora	Lectura	Pulg.	%	Fecha y Hora	Lectura	Pulg.	%

C.B.R. = 14.0 %

OBSERVACIONES:

Ing. Luis Huertas Zavallos  
 Gerente del Laboratorio de Mecánica de Suelos y Concretos  
 21/09/2022



**GOBIERNO REGIONAL DE TUMBES**  
**GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA**  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y CONCRETOS**  
 AV. LA MARINA # 200

**PROYECTO DE TESIS:** "ANALISIS DE LA RIGIDEZ DEL SUELO - CEMENTO BASADO EN LOS PRINCIPIOS DE AASHTO 1993, TRAMO BOCAPAN - HERVIDEROS, TUMBES, 2022"

**SOLICITANTE:** WENDY MORAN SEMINARIO

**UBICACIÓN :** TRAMO BOCAPAN - HERVIDEROS - TUMBES

**CANTERA :** BOCAPAN

**FECHA :** SEPTIEMBRE DEL 2022

**ENSAYO C.B.R. PARTE B**

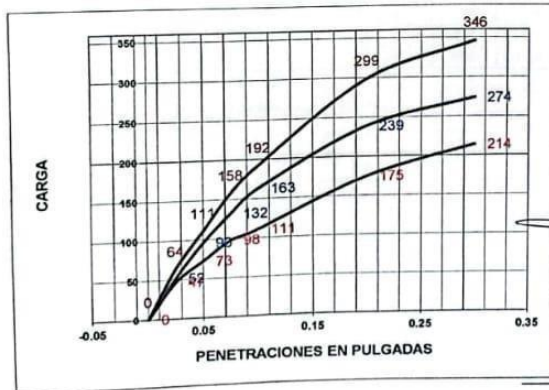
**Penetraciones Cargas C.B.R.**

**(4) C.B.R. Kg. x 0.0726**

**(5) C.B.R. Kg. X 0.0487**

Penetraciones (Pulgadas)	Molde N° I 12 Golpes				Molde N° II 25 Golpes				Molde N° III 56 Golpes			
	Sin Corregir		Corregidos		Sin Corregir		Corregidos		Sin Corregir		Corregidos	
	Lectura Cuadrante	Carga Kg.	Carga Kg.	C.B.R. %	Lectura Cuadrante	Carga Kg.	Carga Kg.	C.B.R. %	Lectura Cuadrante	Carga Kg.	Carga Kg.	C.B.R. %
0.025	2.3	47			2.4	52			3.0	64		
0.050	3.4	73			4.5	96			5.2	111		
0.075	4.6	98			6.2	132			7.4	158		
0.100	5.2	111		8.0	7.6	163		11.8	9.0	192		14.0
0.125												
0.150												
0.200	8.2	175		8.5	11.2	239		11.6	14.0	299		14.6
0.300	10.0	214			12.8	274			16.2	346		
0.400												
0.500												

**Material Representativo:** Arcilla con Poca Grava (CL)



GOLPES 56

GOLPES 25

GOLPES 12



GOBIERNO REGIONAL TUMBES  
 Gerencia Regional de Infraestructura  
 Laboratorio de Mecánica de Suelos y Concretos  
 Ing. José Luis Zevallos  
 Director del Laboratorio de Suelos y Concretos



**GOBIERNO REGIONAL DE TUMBES**  
**GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA**  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y CONCRETOS**  
**AV. LA MARINA N° 200 - TUMBES**

**LIMITES DE CONSISTENCIA**  
(MTC E-110,111 / ASTM D-4318 / AASHTO T-90, T-89)

PROYECTO DE TESIS : ANALISIS DE LA RIGIDEZ DEL SUELO - CEMENTO BASADO EN LOS PRINCIPIOS DE DISEÑO AASHTO 1993, TRAMO BOCAPAN - HERVIDEROS, TUMBES, 2022

SOLICITANTE : WENDY MORAN SEMINARIO  
UBICACIÓN : TRAMO BOCAPAN - HERVIDEROS - TUMBES  
CANTERA : BOCAPAN  
FECHA : SEPTIEMBRE DEL 2022

**DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO**

N° de Tarro		8	10	11	
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	65.28	69.22	76.68	
Peso de Tarro + Suelo Seco	gr.	59.10	61.60	66.98	
Peso de Tarro	gr.	40.60	41.00	41.33	
Peso de Agua	gr.	6.18	7.62	9.70	
Peso del Suelo Seco	gr.	18.30	20.60	25.65	
Contenido de Humedad	%	33.77	36.99	37.82	
Numero de Golpes		10	20	30	<b>Limite Liquido</b>
					<b>36</b>

**DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD**

N° de Tarro		2	4	
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	52.46	46.67	
Peso de Tarro + Suelo seco	gr.	50.48	45.08	
Peso de Tarro	gr.	40.97	37.64	
Peso de Agua	gr.	1.98	1.59	
Peso de Suelo seco	gr.	9.51	7.44	
Contenido de Humedad	%	20.82	21.37	
				<b>Limite Plastico</b>
				<b>21</b>



Constantes Fisicas de la Muestra	
Limite Liquido	36
Limite Plastico	21
Indice de Plasticidad	15
<b>Observaciones</b>	
Pasante Tamiz N° 40	

**JUAN CARLOS HUERTAS ZEVALLOS**  
**JEFE DEL LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETOS**  
**CIN. 217644**





**GOBIERNO REGIONAL DE TUMBES**  
**GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA**  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y CONCRETOS**  
**AV. LA MARINA N° 200**

**CONTENIDO DE HUMEDAD**

**(MTC E-108 / ASTM D-2216)**

PROYECTO DE TESIS : "ANALISIS DE LA RIGIDEZ DEL SUELO - CEMENTO BASADO EN LOS PRINCIPIOS DE DISEÑO AASHTO 1993, TRAMO BOCAPAN - HERVIDEROS, TUMBES, 2022"

SOLICITANTE : WENDY MORAN SEMINARIO  
UBICACIÓN : TRAMO BOCAPAN - HERVIDEROS  
CANTERA : BOCAPAN  
FECHA : OCTUBRE, 2022  
DOSIF. CEMENTO : 4 %

**1. Contenido de Humedad Muestra Integral :**

Descripcion	1	2
Peso de tara (gr)		
Peso de la tara + muestra húmeda (gr)	500.0	
Peso de la tara + muestra seca (gr)	426.8	
Peso del agua contenida (gr)	73.2	
Peso de la muestra seca (gr)	426.8	
Contenido de Humedad (%)	17.2	
Contenido de Humedad Promedio (%)		17.2



  
GOBIERNO REGIONAL TUMBES  
Gerencia Regional de Infraestructura  
Ing. José Luis Huilca Zavallos  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y CONCRETOS  
C.P. TUMBES



**GOBIERNO REGIONAL DE TUMBES**  
**GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA**  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y CONCRETOS**  
**AV. LA MARINA N° 200**

**CONTENIDO DE HUMEDAD**

**(MTC E-108 / ASTM D-2216)**

PROYECTO DE TESIS : "ANALISIS DE LA RIGIDEZ DEL SUELO - CEMENTO BASADO EN LOS PRINCIPIOS DE DISEÑO AASHTO 1993, TRAMO BOCAPAN - HERVIDEROS, TUMBES, 2022"

SOLICITANTE : WENDY MORAN SEMINARIO  
UBICACIÓN : TRAMO BOCAPAN - HERVIDEROS  
CANTERA : BOCAPAN  
FECHA : OCTUBRE; 2022  
DOSIF. CEMENTO : 2 %

**1. Contenido de Humedad Muestra Integral :**

Descripcion	1	2
Peso de tara (gr)		
Peso de la tara + muestra húmeda (gr)	500.0	
Peso de la tara + muestra seca (gr)	423.1	
Peso del agua contenida (gr)	76.9	
Peso de la muestra seca (gr)	423.1	
Contenido de Humedad (%)	18.2	
Contenido de Humedad Promedio (%)		18.2



GOBIERNO REGIONAL DE TUMBES  
Gerencia Regional de Infraestructura  
Ing. Juan Luis Huizar Zavallos  
Ingeniero Civil en Mecánica de Suelos y Concretos  
C. P. 271016



**GOBIERNO REGIONAL DE TUMBES**  
**GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA**  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y CONCRETOS**  
**AV. LA MARINA N° 200**

**CONTENIDO DE HUMEDAD**  
**(MTC E-108 / ASTM D-2216)**

PROYECTO DE TESIS : "ANALISIS DE LA RIGIDEZ DEL SUELO - CEMENTO BASADO EN LOS PRINCIPIOS DE DISEÑO AASHTO 1993, TRAMO BOCAPAN - HERVIDEROS, TUMBES, 2022"

SOLICITANTE : WENDY MORAN SEMINARIO  
UBICACIÓN : TRAMO BOCAPAN - HERVIDEROS  
CANTERA : BOCAPAN  
FECHA : OCTUBRE, 2022  
DOSIF. CEMENTO : 6 %

**1. Contenido de Humedad Muestra Integral :**

Descripcion	1	2
Peso de tara (gr)		
Peso de la tara + muestra húmeda (gr)	500.0	
Peso de la tara + muestra seca (gr)	428.3	
Peso del agua contenida (gr)	71.7	
Peso de la muestra seca (gr)	428.3	
Contenido de Humedad (%)	16.7	
Contenido de Humedad Promedio (%)		16.7



  
GOBIERNO REGIONAL DE TUMBES  
Gerencia Regional de Infraestructura  
Ing. Jhon Luis Huilca Zavallos  
MTC E-108 / ASTM D-2216  
C.P. TUMBES





**GOBIERNO REGIONAL DE TUMBES**  
**GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA**  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y CONCRETOS**  
**AV. LA MARINA N° 200**

**LIMITES DE CONSISTENCIA**

(MTC E-110,111 / ASTM D-4318 / AASHTO T-90, T-89)

PROYECTO DE TESIS : "ANALISIS DE LA RIGIDEZ DEL SUELO - CEMENTO BASADO EN LOS PRINCIPIOS DE DISEÑO AASHTO 1993, TRAMO BOCAPAN - HERVIDEROS, TUMBES, 2022"

SOLICITANTE : WENDY MORAN SEMINARIO  
 UBICACIÓN : TRAMO BOCAPAN - HERVIDEROS  
 CANTERA : BOCAPAN  
 FECHA : OCTUBRE, 2022  
 DOSIF. CEMENTO : 2 %

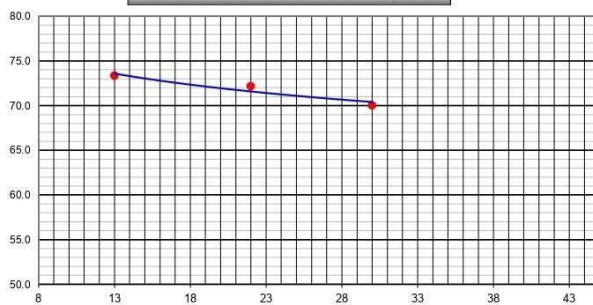
**DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO**

N° de Tarro		1	3	7	
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	55.40	56.10	57.68	
Peso de Tarro + Suelo Seco	gr.	40.30	40.85	41.90	
Peso de Tarro	gr.	19.72	19.72	19.37	
Peso de Agua	gr.	15.10	15.25	15.78	
Peso del Suelo Seco	gr.	20.58	21.13	22.53	<b>Limite Liquido</b>
Contenido de Humedad	%	73.37	72.17	70.04	<b>72</b>
Numero de Golpes		13	22	30	

**DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD**

N° de Tarro		4	6		
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	42.16	42.87		
Peso de Tarro + Suelo seco	gr.	40.98	37.15		
Peso de Tarro	gr.	37.64	19.42		
Peso de Agua	gr.	1.18	5.72		
Peso de Suelo seco	gr.	3.34	17.73		<b>Limite Plastico</b>
Contenido de Humedad	%	35.33	32.26		<b>34</b>

**CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES**



**Constantes Fisicas de la Muestra**

Limite Liquido	72
Limite Plastico	34
Indice de Plasticidad	38

**Observaciones**

Pasante Tamiz N° 40



GOBIERNO REGIONAL DE TUMBES  
 GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA  
 Ing. JOSÉ LUIS HORIZZANTZ-CERVINO  
 TECNICO EN MECANICA DE SUELOS Y CONCRETOS  
 C. P. 270000



**GOBIERNO REGIONAL DE TUMBES**  
**GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA**  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y CONCRETOS**  
**AV. LA MARINA N° 200**

**LIMITES DE CONSISTENCIA**

(MTC E-110,111 / ASTM D-4318 / AASHTO T-90, T-89)

PROYECTO DE TESIS : "ANALISIS DE LA RIGIDEZ DEL SUELO - CEMENTO BASADO EN LOS PRINCIPIOS DE DISEÑO AASHTO 1993, TRAMO BOCAPAN - HERVIDEROS, TUMBES, 2022"

SOLICITANTE : WENDY MORAN SEMINARIO  
 UBICACIÓN : TRAMO BOCAPAN - HERVIDEROS  
 CANTERA : BOCAPAN  
 FECHA : OCTUBRE; 2022  
 DOSIF. CEMENTO : 4 %

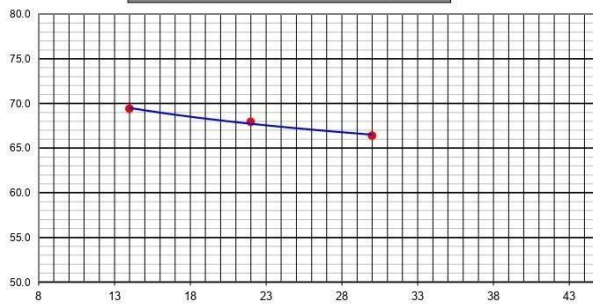
**DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO**

N° de Tarro		1	5	9	
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	53.40	53.98	54.06	
Peso de Tarro + Suelo Seco	gr.	39.60	40.01	40.22	
Peso de Tarro	gr.	19.72	19.45	19.37	
Peso de Agua	gr.	13.80	13.97	13.84	
Peso del Suelo Seco	gr.	19.88	20.56	20.85	<b>Limite Liquido</b>
Contenido de Humedad	%	69.42	67.95	66.38	<b>68</b>
Numero de Golpes		<b>14</b>	<b>22</b>	<b>30</b>	

**DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD**

N° de Tarro		6	7	
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	46.55	46.57	
Peso de Tarro + Suelo seco	gr.	38.58	38.52	
Peso de Tarro	gr.	19.42	19.37	
Peso de Agua	gr.	7.97	8.05	
Peso de Suelo seco	gr.	19.16	19.15	<b>Limite Plastico</b>
Contenido de Humedad	%	41.60	42.04	<b>42</b>

**CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES**



**Constantes Fisicas de la Muestra**

Limite Liquido	<b>68</b>
Limite Plastico	<b>42</b>
Indice de Plasticidad	<b>26</b>

**Observaciones**

Pasante Tamiz N° 40



DIRECTOR DEL LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y CONCRETOS  
 ING. JONATAN MORALES  
 C. P. 123456789



**GOBIERNO REGIONAL DE TUMBES**  
**GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA**  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y CONCRETOS**  
**AV. LA MARINA N° 200**

**LIMITES DE CONSISTENCIA**

(MTC E-110,111 / ASTM D-4318 / AASHTO T-90, T-89)

PROYECTO DE TESIS : "ANALISIS DE LA RIGIDEZ DEL SUELO - CEMENTO BASADO EN LOS PRINCIPIOS DE DISEÑO AASHTO 1993, TRAMO BOCAPAN - HERVIDEROS, TUMBES, 2022"

SOLICITANTE : WENDY MORAN SEMINARIO  
 UBICACIÓN : TRAMO BOCAPAN - HERVIDEROS  
 CANTERA : BOCAPAN  
 FECHA : OCTUBRE; 2022  
 DOSIF. CEMENTO : 6 %

**DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO**

N° de Tarro		6	7	1	
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	53.80	52.24	51.31	
Peso de Tarro + Suelo Seco	gr.	40.12	39.48	39.17	
Peso de Tarro	gr.	19.42	19.37	19.72	
Peso de Agua	gr.	13.68	12.76	12.14	
Peso del Suelo Seco	gr.	20.70	20.11	19.45	<b>Limite Liquido</b>
Contenido de Humedad	%	66.09	63.45	62.42	<b>64</b>
Numero de Golpes		14	22	30	

**DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD**

N° de Tarro		3	5	
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	45.76	44.73	
Peso de Tarro + Suelo seco	gr.	37.35	36.98	
Peso de Tarro	gr.	19.72	19.45	
Peso de Agua	gr.	8.41	7.75	
Peso de Suelo seco	gr.	17.63	17.53	
Contenido de Humedad	%	47.70	44.21	
				<b>Limite Plastico</b>
				<b>46</b>



Constantes Físicas de la Muestra	
Limite Liquido	<b>64</b>
Limite Plastico	<b>46</b>
Indice de Plasticidad	<b>18</b>
Observaciones	
Pasante Tamiz N° 40	



GOBIERNO REGIONAL DE TUMBES  
 Gerencia Regional de Infraestructura  
 Ing. Jhon Luis Huérfano Zevillón  
 CIP. 21114







**GOBIERNO REGIONAL DE TUMBES**  
**GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA**  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y CONCRETOS**  
**RESISTENCIA A LA COMPRESION DE PROBETAS DE SUELO - CEMENTO**  
**NORMA (MTC E 1101 / MTC E 1103)**

PROYECTO TESIS: "ANALISIS DE LA RIGIDEZ DEL SUELO - CEMENTO BASADO EN LOS PRINCIPIOS DE DISEÑO AASHTO 1993, TRAMO BOCAPAN - HERVIDEROS, TUMBES, 2022"  
 RUTA / TRAMO: TRAMO BOCAPAN - HERVIDEROS  
 SOLICITANTE : WENDY MORAN SEMINARIO

**FORMATO**

FECHA: OCTUBRE, 2022

**1. DATOS DE LA MUESTRA**

UBICACIÓN: CANTERA BOCAPAN  
 MATERIAL: DISEÑO SUELO - CEMENTO

DOSIF. CEMENT: 6%

**2. PERSONAL TECNICO**

ING. JEFE: JLHZ  
 ASISTENTE: EEDF

**3. MOLDEO DE PROBETAS DE SUELO CEMENTO**

METODO DE MOLDEO	N° DEMOLDE	PORCENTAJE DE CEMENTO (%)	PESO SUELO + MOLDE (g)	PESO MOLDE (g)	PESO SUELO HUMEDO (g)	VOLUMEN DEL MOLDE (cm <sup>3</sup> )	DETERMINACION DE PORCENTAJE DE HUMEDAD						CUERPO DE PRUEBA		
							N° CAPSULA	PESO SUELO HUMEDO (g)	PESO SUELO SECO (g)	PESO CAPSULA (g)	AGUA (g)	PESO SUELO SECO (g)	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	DENSIDAD HUMEDA (g/cm <sup>3</sup> )	DENSIDAD APARENTE MAXIMA SECA (g/cm <sup>3</sup> )
A (Molde 4")	MOL-07	6.0	5841	3890	1951	938.0	T-37	366.0	331.4	30.9	34.59	300.5	11.51	2.080	1.865
	MOL-08	6.0	5910	3961	1949	938.0	T-38	369.0	333.1	30.5	35.98	302.6	11.89	2.078	1.857
	MOL-09	6.0	5843	3894	1949	938.0	T-39	317.7	288.0	31.1	29.70	256.9	11.56	2.078	1.863
<b>PROMEDIO</b>													<b>11.65</b>	<b>2.079</b>	<b>1.862</b>

**4. RESISTENCIA A LA COMPRESION DE PROBETAS**

N° DE PROBETA	N° DE ENSAYO	CEMENTO (%)	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD (DIAS)	LECTURA DEL DIAL (Kg)	AREA (cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA (Kg/cm <sup>2</sup> )	PROMEDIO DE RESISTENCIA (Kg/cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA ESPECIFICADA EG 2013 - (Kg/cm <sup>2</sup> )
PROB-07	1	6.0	12/10/2022	19/10/2022	7	2989	81.07	36.9	36.9	18.0
PROB-08	2	6.0	12/10/2022	19/10/2022	7	3012	81.07	37.2		
PROB-09	3	6.0	12/10/2022	19/10/2022	7	2975	81.07	36.7		

**5. OBSERVACIONES**



*[Handwritten signature and stamp]*  
 GOBIERNO REGIONAL DE TUMBES  
 GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA  
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y CONCRETOS  
 ING. J. L. H. Z. (Signature)  
 E. E. D. F. (Signature)



GOBIERNO REGIONAL DE TUMBES  
GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y CONCRETOS

GRAFICO DE DOSIFICACION VS RESISTENCIA A LA COMPRESION DE PROBETAS DE SUELO CEMENTO  
NORMA (MTC E 1101 / MTC E 1105)

PROYECTO TESIS: "ANALISIS DE LA RIGIDEZ DEL SUELO - CEMENTO BASADO EN LOS PRINCIPIOS DE DISEÑO AASHTO 1993, TRAMO BOCAPAN - HERVIDEROS, TUMBES, 2022"	<b>FORMATO</b>
RUTA / TRAMO: TRAMO BOCAPAN - HERVIDEROS	FECHA: OCTUBRE, 2022
SOLICITANTE: WENDY MORAN SEMINARIO	
<b>1. DATOS DE LA MUESTRA</b>	<b>2. PERSONAL TECNICO</b>
UBICACION: CANTERA BOCAPAN	ING. JEFE : JHJZ
MATERIAL: DISEÑO SUELO - CEMENTO	ASISTENTE: EEDF

1) DATOS DEL MATERIAL

CANTERA: CANTERA BOCAPAN  
PESO UNITARIO SUELO: 1992 Kg/m<sup>3</sup>

2) SELECCIÓN DE RESISTENCIA PROMEDIO (SUELOS ESTABILIZADO CON CEMENTO - SECCION 301.A EG-2013)

F<sub>ic</sub> = 18.0 Kg/cm<sup>2</sup> (Resistencia Requerida Mínima)  
F<sub>ic Dis</sub> = 21.6 Kg/cm<sup>2</sup> Factor en la Variación de Calidad de Concreto (20%)  
3.6 Kg/cm<sup>2</sup>

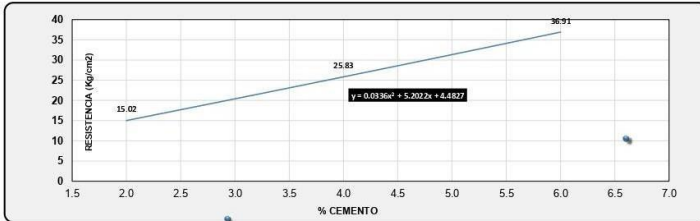
3) PROMEDIO OBTENIDO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DE PROBETAS SUELO CEMENTO

CEMENTO (%)	2.0	4.0	6.0
RESISTENCIA A LA COMPRESION (Kg/cm <sup>2</sup> )	15.0	25.8	36.9

4) CEMENTO OPTIMO %

OPTIMO CONTENIDO DE CEMENTO: 2.45 %  
DOSIFICACION EN CAMPO: 48.8 Kg/m<sup>3</sup>

5) GRAFICO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DE PROBETAS SUELO CEMENTO



*[Handwritten signature]*  
GOBIERNO REGIONAL DE TUMBES  
GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y CONCRETOS  
C.P. 11010



**GOBIERNO REGIONAL DE TUMBES**  
**GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA**  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y CONCRETOS**

**ENSAYO**  
**HUMEDECIMIENTO Y SECADO DE MEZCLAS DE SUELO-CEMENTO COMPACTADAS MTCE 1104**

PROYECTO TESIS: "ANÁLISIS DE LA RIGIDEZ DEL SUELO - CEMENTO BASADO EN LOS PRINCIPIOS DE DISEÑO AASHTO 1993, TRAMO BOCAPAN - HERVIDEROS, TUMBES, 2022"	FECHA: OCTUBRE, 2022
RUTA / TRAMO: TRAMO BOCAPAN - HERVIDEROS	-
LUGAR: BOCAPAN	-
SOLICITANTE: WENDY MORAN SEMINARIO	DOSIF. CEMENT: 2%

<b>1.- MUESTRA</b>	<b>2.- PERSONAL</b>
UBICACIÓN: CANTERA BOCAPAN	SONDAJE: -
MATERIAL : DISEÑO DE SUELO - CEMENTO	ING. JEFE : JLHZ
	ASISTENTE: EEDF

Descripción	UND	Resultado	Descripción	Resultado	Descripción	Resultado
Contenido de Cemento	%	2.0%	N° de Briqueta	A	N° de Briqueta	A
Densidad Máxima(briqueta)	g/cm³	2.081	Peso Original Briqueta	2135.6	Volumen Original	948.8
Humedad de Briquetas.	%	8.2	Peso Seco a 110 °C	1974.3	% de Volumen	2.0
INICIO DE ENSAYO	-	: 20/09/2022	Peso Seco Corregido	1932.9	% de Humedad	2.1
INICIO DE CICLO	-	: 20/09/2022	N° de Briqueta	B	N° de Briqueta	B
TERMINO DE CICLO	-	: 14/10/2022	Peso Original Briqueta	2150.4	Volumen Original	938.1
Perdida de Suelo-cemento	%	6.28%	Peso Seco a 110 °C	2017.3	% de Volumen	0.9
PORCENTAJE DE PERDIDA MAX.	7.00%	Cumple	Peso Seco Corregido	1890.6	% de Humedad	6.7

Ciclo	Hora	Volumen de Briqueta A	Diámetro	Altura	Peso Después de 5 horas en Agua	Peso Después de 48 horas en Horno a 71°C	Humedad
1	10:35:00	948.8	10.17	11.68	2182.6	2128.1	2.6
2	10:35:00	948.0	10.17	11.67	2184.2	2134.4	2.3
3	10:35:00	944.5	10.16	11.65	2183.5	2131.1	2.5
4	10:35:00	945.3	10.16	11.66	2185.4	2133.8	2.4
5	10:35:00	943.5	10.15	11.66	2186.3	2132.4	2.5
6	10:35:00	938.4	10.14	11.62	2187.6	2134.6	2.5
7	10:35:00	932.8	10.11	11.62	2176.1	2135.0	1.9
8	10:35:00	931.0	10.10	11.62	2169.5	2131.5	1.8
9	10:35:00	930.2	10.10	11.61	2166.0	2127.6	1.8
10	10:35:00	930.2	10.10	11.61	2166.0	2127.6	1.8
11	10:35:00	930.2	10.10	11.61	2166.0	2127.6	1.8
12	10:35:00	930.2	10.10	11.61	2166.0	2127.6	1.8

Ciclo	Hora	Volumen de Briqueta B	Diámetro	Altura	Peso Después de 5 horas en Agua	Peso después de 48 horas en Horno a 71°C	Humedad	Peso Después del Cepillado
1	10:35:00	938.1	10.13	11.64	2243.7	2101.2	6.8	2146.2
2	10:35:00	935.5	10.12	11.63	2241.4	2103.2	6.6	2144.3
3	10:35:00	936.5	10.13	11.62	2247.1	2103.5	6.8	2141.1
4	10:35:00	935.5	10.12	11.63	2249.8	2105.0	6.9	2135.9
5	10:35:00	937.3	10.13	11.63	2243.3	2103.2	6.7	2145.3
6	10:35:00	937.3	10.13	11.63	2247.1	2105.2	6.7	2144.0
7	10:35:00	934.1	10.13	11.59	2253.2	2109.5	6.8	2143.6
8	10:35:00	932.3	10.12	11.59	2241.4	2102.5	6.6	2139.4
9	10:35:00	929.6	10.11	11.58	2242.3	2104.5	6.5	2135.2
10	10:35:00	929.6	10.11	11.58	2261.3	2115.5	6.9	2135.2
11	10:35:00	929.6	10.11	11.58	2241.3	2104.5	6.5	2135.2
12	10:35:00	929.6	10.11	11.58	2257.3	2117.5	6.6	2135.2

5.- EQUIPOS DE MEDICIÓN							
EQ.	Balanza	Vernier					



**Ing. Wendy Moran Seminario**  
 GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA  
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y CONCRETOS





GOBIERNO REGIONAL DE TUMBES

GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y CONCRETOS

ENSAYO
HUMEDECIMIENTO Y SECADO DE MEZCLAS DE SUELO-CEMENTO COMPACTADAS MTC E 1104

Table with project details: PROYECTO TESIS, RUTA / TRAMO, LUGAR, SOLICITANTE, DOSIF. CEMENT, FECHA.

Table with sample and personnel info: 1.- MUESTRA (UBICACION, MATERIAL), 2.- PERSONAL (ING. JEFE, ASISTENTE).

Table with test data: 3.- DATOS (Description, UND, Resultado, N° de Briqueta, etc.)

Table with test results: 4.- ENSAYO (Ciclo, Hora, Volumen de Briqueta A, etc.)

Table with test results: 4.- ENSAYO (Ciclo, Hora, Volumen de Briqueta B, etc.)

Table with equipment: 5.- EQUIPOS DE MEDICION (EQ, Balanza, Vernier, etc.)



Handwritten signature and official stamp of the laboratory technician.



**GOBIERNO REGIONAL DE TUMBES**  
**GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA**  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y CONCRETOS**

**ENSAJO**  
**HUMEDECIMIENTO Y SECADO DE MEZCLAS DE SUELO-CEMENTO COMPACTADAS MTC E 1104**

PROYECTO TESIS: "ANÁLISIS DE LA RIGIDEZ DEL SUELO - CEMENTO BASADO EN LOS PRINCIPIOS DE DISEÑO AASHTO 1993, TRAMO BOCAPAN - HERVIDEROS, TUMBES, 2022"		FECHA: OCTUBRE, 2022
RUTA / TRAMO: TRAMO BOCAPAN - HERVIDEROS	-	
LUGAR: BOCAPAN	-	
SOLICITANTE: WENDY MORAN SEMINARIO	DOSIF. CEMENT: 6%	

<b>1.- MUESTRA</b>		<b>2.- PERSONAL</b>	
UBICACIÓN: CANTERA BOCAPAN	SONDAJE: -	ING. JEFE: JLHZ	
MATERIAL: DISEÑO DE SUELO - CEMENTO	PROFUND.: -	ASISTENTE: EEDF	

3.- DATOS			
Descripción	UND	Resultado	
Contenido de Cemento	%	6.0%	
Densidad Máxima (briqueta)	g/cm <sup>3</sup>	2.079	
Humedad de Briquetas	%	8.3	
INICIO DE ENSAYO	-	: 20/09/2022	
INICIO DE CICLO	-	: 20/09/2022	
TERMINO DE CICLO	-	: 14/10/2022	
Perdida de Suelo-cemento	%	3.94%	
PORCENTAJE DE PERDIDA MAX.	7.00%	Cumple	

Ciclo	Hora	Volumen de Briqueta A	Diámetro	Altura	Peso Después de 5 horas en Agua	Peso Después de 48 horas en Horno a 71°C	Humedad
1	12:20:00	955.2	10.20	11.69	2187.5	2127.6	2.8
2	12:20:00	954.4	10.20	11.68	2189.2	2135.9	2.5
3	12:20:00	949.0	10.18	11.66	2187.5	2130.8	2.7
4	12:20:00	949.9	10.18	11.67	2189.0	2133.4	2.6
5	12:20:00	948.0	10.17	11.67	2188.6	2138.6	2.3
6	12:20:00	942.9	10.16	11.63	2189.7	2139.5	2.3
7	12:20:00	937.3	10.13	11.63	2180.3	2144.1	1.7
8	12:20:00	935.5	10.12	11.63	2169.0	2136.8	1.5
9	12:20:00	934.7	10.12	11.62	2169.0	2136.8	1.5
10	12:20:00	934.7	10.12	11.62	2169.0	2136.8	1.5
11	12:20:00	934.7	10.12	11.62	2169.0	2136.8	1.5
12	12:20:00	934.7	10.12	11.62	2169.0	2136.8	1.5

Ciclo	Hora	Volumen de Briqueta B	Diámetro	Altura	Peso Después de 5 horas en Agua	Peso después de 48 horas en Horno a 71°C	Humedad	Peso Después del Cepillado
1	12:20:00	940.8	10.14	11.65	2235.4	2141.8	4.4	2148.5
2	12:20:00	938.1	10.13	11.64	2207.1	2122.6	4.0	2146.2
3	12:20:00	939.2	10.14	11.63	2209.6	2122.2	4.1	2143.6
4	12:20:00	938.1	10.13	11.64	2194.9	2103.7	4.3	2137.4
5	12:20:00	940.0	10.14	11.64	2192.5	2107.5	4.0	2147.8
6	12:20:00	940.0	10.14	11.64	2238.2	2149.5	4.1	2146.5
7	12:20:00	936.8	10.14	11.60	2217.8	2134.1	3.9	2145.1
8	12:20:00	934.9	10.13	11.60	2204.4	2118.6	4.0	2141.9
9	12:20:00	932.3	10.12	11.59	2199.1	2113.7	4.0	2137.5
10	12:20:00	932.3	10.12	11.59	2209.1	2118.4	4.3	2137.5
11	12:20:00	932.3	10.12	11.59	2216.1	2131.6	4.0	2137.5
12	12:20:00	932.3	10.12	11.59	2214.1	2129.3	4.0	2137.5



5.- EQUIPOS DE MEDICIÓN							
EQ.	Balanza	Vernier					



Ing. José Luis Huicaza Zovynlos  
 Gerencia Regional de Infraestructura  
 Laboratorio de Mecánica de Suelos y Concretos

## e) Certificados de calibración de equipos

1. Expediente	210597	Este informe de verificación documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
2. Solicitante	GOBIERNO REGIONAL DE TUMBES	
3. Dirección	Tumbes - Tumbes - TUMBES	
4. Instrumento de medición	COMPACTADOR AUTOMATICO DE SUELOS	Los resultados son válidos en el momento de la verificación. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una nueva verificación, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.  METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la verificación aquí declarados.
Marca	ALA INSTRUMENTS	
Modelo	STDJ3-A	
Número de Serie	150727	
Identificación	NO INDICA	
Tipo	Dual - 12 y 18 pulgadas de caída	
5. Fecha de Verificación	2021-09-28	Este informe de verificación no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.
6. Lugar de Verificación	Las instalaciones de la empresa TÉCNICAS CP S.A.C.	El informe de verificación sin firma y sello carece de validez.

Fecha de Emisión	Jefe del Laboratorio de Metrología	Sello
2021-10-04		<p>Firmado digitalmente por Eleazar Cesar Chavez Raraz Fecha: 2021.10.11 15:12:29 -05'00'</p> 

**INFORME DE VERIFICACIÓN  
MT - IV - 420 - 2021**

Área de Metrología  
Laboratorio de Longitud

Página 7 de 7

**7. Método de Verificación**

La verificación se realizó por el método de comparación con patrones trazables a los patrones de referencia del SNMINDECOPI tomando como referencia la ASTM D 1559: "Standard Test Method for Resistance to Plastic Flow of Bituminous Mixtures Using Marshall Apparatus".

**8. Patrones de Referencia**

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
PESAS (Clase de exactitud E2 / F1) LM-C-257-2020 / M-0759-2020	BALANZA ELECTRÓNICA CLASE II (5200g x 0,01g)	MT - LM - 016 - 2021
Regla Metálica INACAL-DM LLA-445-2020	REGLA METÁLICA con Grado de Incertidumbre de 0,2 mm.	L-0132-2021
Magnificador Óptico INACAL-DM LLA-122-2019		

**9. Condiciones Ambientales**

	Inicial	Final
Temperatura	23,5 °C	23,5 °C
Humedad Relativa	69 %HR	69 %HR

**10. Resultados de Medición**

	CAIDA (mm)	CARA DEL PISÓN ( mm )	MASA (kg)
PROCTOR ESTANDAR	304,90	50,93	2,51
PROCTOR MODIFICADO	457,85	50,93	4,54

**11. Observaciones**

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de **VERIFICADO**.
- El rango admisible para la caída es de  $304,8 \pm 1,3$  mm y  $457,2 \pm 1,6$  mm para martillo de compactación de 12 pulg y 18 pulg respectivamente.
- El rango admisible de la cara golpeante del martillo de compactación de 18 pulg. es de  $50,80 \pm 0,25$  mm.
- El rango admisible para la masa es de  $2,5 \pm 0,01$  kg y  $4,54 \pm 0,01$  kg para martillo de compactación de 12 pulg y 18 pulg respectivamente.

Fin del Documento

Área de Metrología  
Laboratorio de Fuerza

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
MT - LF - 271 - 2021**

Página 1 de 3

1. Expediente	210673	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
2. Solicitante	GOBIERNO REGIONAL DE TUMBES	
3. Dirección	Tumbes - Tumbes - TUMBES	
4. Equipo	PRENSA CBR	
Capacidad	5000 kgf	
Marca	UTEST	Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.
Modelo	UTS-0852	
Número de Serie	21/000220	METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.
Procedencia	TURQUÍA	
Identificación	NO INDICA	
Indicación	DIGITAL	Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.
Marca	HIWEIGH	
Modelo	X8	
Número de Serie	NO INDICA	
Resolución	0,1 kgf	El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.
5. Fecha de Calibración	2021-11-03	

Fecha de Emisión

Jefe del Laboratorio de Metrología

Sello

2021-11-12

Firmado digitalmente por Eleazar  
Cesar Chavez Raraz

Fecha: 2021.11.12 13:42:37 -05'00'

**Metrología & Técnicas S.A.C.**

Av. San Diego de Alcalá Mz. F1 lote 24 Urb. San Diego, SMP, LIMA

Telf: (511) 540-0642

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

ventas@metrologiatecnicas.com

metrologia@metrologiatecnicas.com

www.metrologiatecnicas.com

Área de Metrología  
Laboratorio de Fuerza

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
**MT - LF - 271 - 2021**

Página 3 de 3

**11. Resultados de Medición**

Indicación del Equipo	Indicación de Fuerza (Ascenso)				
	$F_1$ (kgf)	$F_2$ (kgf)	$F_3$ (kgf)	$F_4$ (kgf)	$F_{Promedio}$ (kgf)
10	500	500,5	500,7	500,5	500,6
20	1000	1000,7	1000,6	1000,7	1000,7
30	1500	1499,6	1499,8	1499,9	1499,8
40	2000	1998,2	1998,4	1998,4	1998,3
50	2500	2496,4	2496,8	2496,9	2496,7
60	3000	2994,9	2994,7	2994,6	2994,7
70	3500	3493,5	3493,7	3493,9	3493,7
80	4000	3990,9	3990,7	3990,8	3990,8
90	4500	4491,8	4491,4	4491,2	4491,5
100	5000	4990,0	4990,2	4989,6	4989,9
Retorno a Cero		0,2	0,3	0,0	

Indicación del Equipo F (kgf)	Errores Encontrados en el Sistema de Medición				Incertidumbre U (k=2) (%)
	Exactitud a (%)	Repetibilidad b (%)	Reversibilidad v (%)	Resol. Relativa σ (%)	
500	-0,11	0,04	---	0,02	0,21
1000	-0,07	0,01	---	0,01	0,21
1500	0,02	0,02	---	0,01	0,21
2000	0,08	0,01	---	0,01	0,21
2500	0,13	0,02	---	0,00	0,21
3000	0,18	0,01	---	0,00	0,21
3500	0,18	0,01	---	0,00	0,21
4000	0,23	0,01	---	0,00	0,21
4500	0,19	0,01	---	0,00	0,21
5000	0,20	0,01	---	0,00	0,21

MÁXIMO ERROR RELATIVO DE CERO ( $f_0$ )	0,01 %
---	--------

**12. Incertidumbre**

La incertidumbre expandida de medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura  $k=2$ , el cual corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95%. La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

Metrología & Técnicas S.A.C.

Av. San Diego de Alcalá Mz. F1 lote 24 Urb. San Diego, SMP, LIMA  
Telf: (511) 540-0642  
Cel: (511) 971 439 272 / 971 439 282

ventas@metrologiatecnicas.com  
metrologia@metrologiatecnicas.com  
www.metrologiatecnicas.com

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
**MT - LL - 244 - 2021***Área de Metrología*  
*Laboratorio de Longitud*

Página 2 de 3

**6. Método de Calibración**

La calibración se realizó según el método descrito en el PC-014: "Procedimiento de Calibración de Comparadores de Cuadrante (Usando Bloques)" del SNM-INDECOPI. Segunda Edición.

**7. Lugar de calibración**

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

**8. Condiciones Ambientales**

	Inicial	Final
Temperatura	19,0 °C	19,2 °C
Humedad Relativa	71 %	71 %

**9. Patrones de Referencia**

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado/Informe de calibración
BLOQUES PATRÓN (Grado K) 170439001	BLOQUES PATRÓN (Grado 0) Modelo 4100-47	DM / INACAL LLA-C-007-2021
COMPARADOR MECANICO DE BLOQUES: LLA-125-2020		

**10. Observaciones**

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación **CALIBRADO**.

f) Certificado prensa de concreto

**METROTEC**

**METROLOGIA & TÉCNICAS S.A.C.**

Comercio de Equipos y Mantenimiento de Equipos e Instrumentos de Medición, calibración y laboratorio

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**

**MT - LF - 158 - 2021**

Área de Metrología

Laboratorio de Fuerza

Página 1 de 3

1. Expediente	210438	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
2. Solicitante	GOBIERNO REGIONAL DE TUMBES	
3. Dirección	Tumbes - Tumbes - TUMBES	
4. Equipo	<b>PRESA DE CONCRETO</b>	Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.  METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.  Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.  El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.
Capacidad	2000 kN	
Marca	UTEST	
Modelo	UTC-6231	
Número de Serie	19/000664	
Procedencia	TURQUIA	
Identificación	NO INDICA	
Indicación	DIGITAL	
Marca	UTEST	
Modelo	BC100	
Número de Seris	NO INDICA	
Resolución	0,01 kN	
5. Fecha de Calibración	2021-07-22	

Fecha de Emisión

Jefe del Laboratorio de Metrología

Sello

2021-07-26



Firmado digitalmente por Eleazar Cesar Chavez Raraz

Fecha: 2021.07.26 12:37:20 -05'00'



Metrologia & Técnicas S.A.C.

Av. San Diego de Alcalá Mz. F1 lote 24 Urb. San Diego, SMP, LIMA

Tel: (511) 540-0642

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

ventas@metrologiatecnicas.com

metrologia@metrologiatecnicas.com

www.metrologiatecnicas.com



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
MT - LF - 158 - 2021**

Área de Metrología

Laboratorio de Fuerza

Página 3 de 3

**11. Resultados de Medición**

Indicación del Equipo		Indicación de Fuerza (Ascenso) Patrón de Referencia			
%	$F_i$ (kN)	$F_1$ (kN)	$F_2$ (kN)	$F_3$ (kN)	$F_{Promedio}$ (kN)
10	100,0	99,8	99,9	99,7	99,8
20	200,0	200,3	200,5	200,4	200,4
30	300,0	300,3	300,6	300,4	300,5
40	400,0	400,1	400,3	400,3	400,2
50	500,0	500,6	500,9	500,5	500,7
60	600,0	600,2	600,1	600,3	600,2
70	700,0	699,5	700,5	700,6	700,2
80	800,0	800,9	801,2	801,7	801,3
90	900,0	900,4	900,5	900,7	900,6
100	1000,0	1001,7	1001,6	1001,5	1001,6
Retorno a Cero		0,0	0,0	0,0	

Indicación del Equipo F (kN)	Errores Encontrados en el Sistema de Medición				Incertidumbre U (k=2) (%)
	Exactitud a (%)	Repetibilidad b (%)	Reversibilidad v (%)	Resol. Relativa a (%)	
100,0	0,24	0,20	---	0,01	0,52
200,0	-0,21	0,10	---	0,01	0,52
300,0	-0,16	0,10	---	0,00	0,52
400,0	-0,06	0,05	---	0,00	0,52
500,0	-0,13	0,10	---	0,00	0,52
600,0	-0,04	0,03	---	0,00	0,52
700,0	-0,03	0,15	---	0,00	0,52
800,0	-0,16	0,10	---	0,00	0,52
900,0	-0,06	0,03	---	0,00	0,52
1000,0	-0,16	0,02	---	0,00	0,52

MÁXIMO ERROR RELATIVO DE CERO ( $f_0$ )

0,00 %

**12. Incertidumbre**

La incertidumbre expandida de medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura  $k=2$ , el cual corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95%.

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

Metrología &amp; Técnicas S.A.C.

Av. San Diego de Alcalá Mz. T1 lote 24 Urb. San Diego, SMP, LIMA

Telf: (511) 540-0642

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

ventas@metrologiatecnicas.com

metrologia@metrologiatecnicas.com

www.metrologiatecnicas.com

Área de Metrología

Laboratorio de Fuerza

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN****MT - LF - 158 - 2021**

Página 2 de 3

**6. Método de Calibración**

La calibración se realizó por el método de comparación directa utilizando patrones trazables al SI calibrados en las instalaciones del LEDI-PUCP tomado como referencia el método descrito en la norma UNE-EN ISO 7500-1 "Verificación de Máquinas de Ensayo Uniaxiales Estáticas. Parte 1: Máquinas de ensayo de tracción/compresión. Verificación y calibración del sistema de medida de fuerza." - Julio 2006.

**7. Lugar de calibración**

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

**8. Condiciones Ambientales**

	Inicial	Final
Temperatura	20,1 °C	20,1 °C
Humedad Relativa	59 % HR	60 % HR

**9. Patrones de referencia**

Trazabilidad	Patrón utilizado	Informe/Certificado de calibración
Celdas patrones calibradas en HOTTINGER BALDWIN MESSTECHNIK GmbH - Alemania 2020-187747 / 2020-195857	Celda de carga calibrado a 1500 kN con incertidumbre del orden de 0,6 %	LEDI-PUCP INF-LE-024-21A

**10. Observaciones**

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación **CALIBRADO**.
- Durante la realización de cada secuencia de calibración la temperatura del equipo de medida de fuerza permanece estable dentro de un intervalo de  $\pm 2,0$  °C.
- El equipo no indica clase sin embargo cumple con el criterio para máquinas de ensayo uniaxiales de clase de 1,0 según la norma UNE-EN ISO 7500-1.

g) Certificado balanza electrónica

96



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
**MT - LM - 444 - 2021**

Área de Metrología  
Laboratorio de Masa

Página 1 de 4

1. Expediente	210549	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
2. Solicitante	GOBIERNO REGIONAL DE TUMBES	
3. Dirección	Tumbes - Tumbes - TUMBES	
4. Equipo de medición	BALANZA ELECTRÓNICA	Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.  METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.  Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.  El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.
Capacidad Máxima	30 000 g	
División de escala (d)	1 g	
Div. de verificación (e)	10 g	
Clase de exactitud	III	
Marca	WANT	
Modelo	WT30000X	
Número de Serie	210819028	
Capacidad mínima	20 g	
Procedencia	CHINA	
Identificación	NO INDICA	
Ubicación	NO INDICA	
5. Fecha de Calibración	2021-09-27	

Fecha de Emisión	Jefe del Laboratorio de Metrología	Sello
2021-09-29		
	Firmado digitalmente por Eleazar Cesar Chavez Raraz Fecha: 2021.09.29 13:38:18 -05'00'	

Metrología & Técnicas S.A.C.  
Av. San Diego de Alcalá Mz. 17 lote 24 Urb. San Diego, SMP, LIMA  
Telf: (511) 540-0642  
Cel: (511) 971 439 272 / 971 439 282

ventas@metrologiatecnicas.com  
metrologia@metrologiatecnicas.com  
www.metrologiatecnicas.com

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
MT - LM - 444 - 2021**

Área de Metrología  
Laboratorio de Masa

Página 2 de 4

**6. Método de Calibración**

La calibración se realizó mediante el método de comparación directa, según el PC-001 1ra Edición, 2019: "Procedimiento para la calibración de balanzas de funcionamiento no automático clase II y clase III" del INACAL-DM.

**7. Lugar de calibración**

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

**8. Condiciones Ambientales**

	Inicial	Final
Temperatura (°C)	21,0	21,2
Humedad Relativa (%)	68	70

**9. Patrones de referencia**

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

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
PESAS (Clase de exactitud E1) DM - INACAL LM-075-2020	Pesa (exactitud E2)	LM-C-257-2020
PESAS (Clase de exactitud F1) DM - INACAL IP-214-2020	Pesas (exactitud M1)	SGM-A-2194-2020
PESAS (Clase de exactitud M1) DM - INACAL SGM-A-1974-2020	Pesas (exactitud M2)	SGM-A-2362-2020
PESA (Clase de exactitud M1) SG NORTEC SGM-A-1972-2020	Pesa (exactitud M2)	SGM-A-2143-2020
PESA (Clase de exactitud M1) SG NORTEC SGM-A-1973-2020	Pesa (exactitud M2)	SGM-A-2144-2020

**10. Observaciones**

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de **CALIBRADO**.

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

MT - LM - 444 - 2021

Área de Metrología

Laboratorio de Masa

Página 3 de 4

### 11. Resultados de Medición

#### INSPECCIÓN VISUAL

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

#### ENSAYO DE REPETIBILIDAD

	Inicial	Final
Temperatura	21 °C	21,1 °C

Medición Nº	Carga L1 = 15 000,0 g			Carga L2 = 30 000,0 g			
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	
1	15 000	0,9	-0,4	30 000	0,9	-0,4	
2	15 000	0,9	-0,4	29 999	0,9	-1,4	
3	15 000	0,9	-0,4	30 000	0,9	-0,4	
4	15 001	0,8	0,7	30 000	0,9	-0,4	
5	15 000	0,9	-0,4	30 000	0,9	-0,4	
6	15 001	0,9	0,6	29 999	0,9	-1,4	
7	15 001	0,8	0,7	29 999	0,9	-1,4	
8	15 000	0,9	-0,4	30 000	0,9	-0,4	
9	15 000	0,9	-0,4	30 000	0,9	-0,4	
10	15 000	0,9	-0,4	30 000	0,9	-0,4	
Diferencia Máxima			1,1	Diferencia Máxima			1,0
Error Máximo Permissible			± 20,0	Error Máximo Permissible			± 30,0

#### ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

2	5
	1
3	4

Posición de las cargas

	Inicial	Final
Temperatura	21,1 °C	21,1 °C

Posición de la Carga	Determinación del Error en Cero Eo				Determinación del Error Corregido Ec				
	Carga Mínima*	I (g)	ΔL (g)	Eo (g)	Carga (L)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)
1		10	0,9	-0,4		10 000	0,9	-0,4	0,0
2		10	0,9	-0,4		9 999	0,9	-1,4	-1,0
3	10,0 g	10	0,9	-0,4	10 000,0 g	9 999	0,9	-1,4	-1,0
4		10	0,9	-0,4		10 000	0,9	-0,4	0,0
5		10	0,9	-0,4		10 000	0,9	-0,4	0,0
Error máximo permissible									± 20,0

\* Valor entre 0 y 10g

**ENSAYO DE PESAJE**

Temperatura	Inicial	Final
	21,1 °C	21,2 °C

Carga L (g)	CARGA CRECIENTE			CARGA DECRECIENTE				± e.m.p (g)**	
	l (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	l (g)	ΔL (g)	E (g)		Ec (g)
10,0	10	0,9	-0,4						
20,0	20	0,9	-0,4	0,0	19	0,8	-1,3	-0,9	10,0
200,0	200	0,9	-0,4	0,0	199	0,9	-1,4	-1,0	10,0
500,0	500	0,9	-0,4	0,0	499	0,9	-1,4	-1,0	10,0
1 000,0	1 000	0,8	-0,3	0,1	999	0,9	-1,4	-1,0	10,0
5 000,1	5 000	0,9	-0,5	-0,1	4 999	0,8	-1,4	-1,0	10,0
10 000,2	10 000	0,9	-0,6	-0,2	9 999	0,9	-1,6	-1,2	20,0
15 000,3	15 001	0,8	0,4	0,8	15 000	0,9	-0,7	-0,3	20,0
20 000,1	20 000	0,9	-0,5	-0,1	19 999	0,8	-1,4	-1,0	20,0
25 000,2	25 001	0,8	0,5	0,9	25 000	0,9	-0,6	-0,2	30,0
30 000,3	30 000	0,9	-0,7	-0,3	30 000	0,9	-0,7	-0,3	30,0

\*\* error máximo permisible

Leyenda: L: Carga aplicada a la balanza.  
l: Indicación de la balanza.

ΔL: Carga adicional  
E: Error encontrado

E<sub>0</sub>: Error en cero  
E<sub>c</sub>: Error corregido.

LECTURA CORREGIDA

$$R_{\text{CORREGIDA}} = R - 1,13 \times 10^{-9} \times R$$

INCERTIDUMBRE

$$U = 2 \times \sqrt{5,34 \times 10^{-11} \text{ g}^2 + 1,33 \times 10^{-9} \times R^2}$$

**12. Incertidumbre**

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

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

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
**MT - LT - 133 - 2021**

Área de Metrología  
Laboratorio de Temperatura

Página 1 de 5

1. Expediente	210438	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).  Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.  METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.
2. Solicitante	GOBIERNO REGIONAL DE TUMBES	
3. Dirección	TUMBES, Provincia: TUMBES, Distrito: TUMBES	
4. Equipo	HORNO	
Alcance Máximo	De -50 °C a 300 °C	
Marca	A&A INSTRUMENTS	
Modelo	STHX-3A	
Número de Serie	201027	
Procedencia	CHINA	
Identificación	NO INDICA	Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.  El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.
Ubicación	NO INDICA	

Descripción	Controlador / Selector	Instrumento de medición
Alcance	-50 °C a 300 °C	-50 °C a 300 °C
División de escala / Resolución	0,1 °C	0,1 °C
Tipo	ELECTRÓNICO	TERMÓMETRO DIGITAL

5. Fecha de Calibración 2021-07-22

Fecha de Emisión Jefe del Laboratorio de Metrología

2021-07-26



Firmado digitalmente por Eleazar Cesar Chavez Raraz  
Fecha: 2021.07.26 12:35:22 -05'00'

Sello



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN****MT - LT - 133 - 2021**Área de Metrología  
Laboratorio de Temperatura

Página 2 de 6

**6. Método de Calibración**

La calibración se efectuó por comparación directa de acuerdo al PC-018 "Procedimiento para la Calibración de Medios Isotérmicos con Aire como Medio Termostático", 2da edición, publicado por el SNM-INDECOPI, 2009.

**7. Lugar de calibración**

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

**8. Condiciones Ambientales**

	Inicial	Final
Temperatura	20,0 °C	21,0 °C
Humedad Relativa	67 %	67 %

El tiempo de calentamiento y estabilización del equipo fue de 240 minutos.  
El controlador se seteo en 110 ° C

**9. Patrones de referencia**

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado y/o Informe de calibración
Dirección de Metrología INACAL LT - 091 - 2019	TERMÓMETRO DE INDICACIÓN DIGITAL CON 12 CANALES	LT - 0083 - 2021
Fluke Corporation C0721069		

**10. Observaciones**

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



## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MT - LT - 133 - 2021

Área de Metrología  
 Laboratorio de Temperatura

Página 3 de 6

### 11. Resultados de Medición

PARA LA TEMPERATURA DE 110 °C

Tiempo (min)	Termómetro del equipo (°C)	TEMPERATURAS EN LAS POSICIONES DE MEDICIÓN (°C)										T <sub>prom</sub> (°C)	máx-T <sub>m</sub>
		NIVEL SUPERIOR					NIVEL INFERIOR						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
00	110,0	106,2	110,3	108,4	106,9	108,7	107,0	111,9	109,3	108,2	111,4	108,8	5,6
02	110,0	106,2	110,1	108,1	107,0	108,9	107,0	111,7	109,4	108,0	111,4	108,8	5,4
04	109,9	106,0	110,0	107,9	106,9	108,7	107,0	111,9	109,3	108,0	111,2	108,7	5,8
06	110,0	106,2	110,3	108,4	107,2	108,9	107,2	111,8	109,5	108,1	111,4	108,9	5,5
08	110,1	106,3	110,1	108,2	106,9	108,9	107,2	111,9	109,4	107,9	111,0	108,8	5,5
10	109,8	105,8	109,8	108,0	106,9	108,7	107,2	111,8	109,4	107,8	110,9	108,6	5,9
12	110,0	106,2	110,1	108,4	107,1	108,6	107,3	112,1	109,5	107,8	111,3	108,8	5,8
14	110,1	106,3	110,2	108,2	107,4	109,0	107,3	111,9	109,6	108,0	111,1	108,9	5,5
16	110,0	106,2	110,2	108,2	107,0	109,0	107,3	112,0	109,5	107,9	111,3	108,9	5,7
18	110,0	106,4	110,3	108,4	107,1	108,9	107,3	111,9	109,5	107,9	111,5	108,9	5,4
20	110,0	106,3	110,3	108,5	107,2	108,9	107,3	112,0	109,5	108,1	111,3	108,9	5,6
22	110,0	106,3	110,1	108,3	106,9	108,7	107,0	111,7	109,3	107,9	111,1	108,7	5,3
24	109,8	106,2	110,1	108,1	107,0	108,9	106,9	111,6	109,4	107,9	111,3	108,7	5,3
26	110,0	106,3	110,2	108,4	107,2	108,9	107,2	111,9	109,5	108,0	111,1	108,9	5,5
28	110,2	106,3	110,2	108,2	107,0	108,9	107,2	111,9	109,4	108,1	111,0	108,8	5,5
30	110,0	106,0	110,1	108,2	107,0	108,8	107,3	111,8	109,5	107,9	111,5	108,8	5,7
32	110,0	106,3	110,0	108,3	107,1	108,9	107,1	112,0	109,3	107,9	111,3	108,8	5,6
34	110,0	106,4	110,2	108,4	107,3	108,8	107,3	111,9	109,3	108,0	111,6	108,9	5,4
36	110,1	106,2	110,4	108,3	107,1	108,9	107,1	111,6	109,1	107,8	110,9	108,7	5,3
38	109,9	106,0	109,9	108,0	107,0	108,8	107,1	111,4	109,0	107,7	111,1	108,6	5,3
40	110,0	106,0	110,3	108,3	107,2	109,0	107,5	112,0	109,4	108,0	111,3	108,9	5,9
42	110,2	106,4	110,4	108,6	107,3	109,3	107,4	112,3	109,6	108,1	111,2	109,1	5,8
44	110,1	106,2	110,0	108,3	107,0	108,7	107,0	111,9	109,3	107,9	111,2	108,7	5,6
46	109,7	106,1	110,0	108,0	106,8	108,9	107,0	111,9	109,4	107,9	111,1	108,7	5,7
48	110,0	106,2	110,5	108,4	107,2	109,0	107,4	112,1	109,6	108,0	111,1	108,9	5,8
50	110,0	106,2	110,4	108,3	107,2	109,1	107,1	111,9	109,4	108,0	111,2	108,9	5,6
52	110,0	106,3	110,2	108,1	106,9	108,9	107,2	111,7	109,3	107,9	111,0	108,7	5,3
54	109,9	107,1	110,5	108,5	107,3	109,0	107,2	112,0	109,5	108,0	111,5	109,1	4,8
56	110,2	106,4	110,3	108,5	107,1	109,1	107,3	111,8	109,5	108,2	111,4	109,0	5,3
58	110,0	106,1	110,0	108,0	106,9	108,8	107,1	111,7	109,5	107,9	111,2	108,7	5,5
60	109,8	106,2	110,3	108,4	107,1	108,7	107,3	111,9	109,5	108,1	111,6	108,9	5,6
T.PROM	110,0	106,3	110,1	108,2	107,0	108,9	107,2	111,8	109,4	108,0	111,3	108,8	
T.MAX	110,2	107,1	110,5	108,6	107,4	109,3	107,5	112,3	109,6	108,2	111,6		
T.MIN	109,7	105,8	109,8	107,9	106,8	108,6	106,9	111,4	109,0	107,7	110,9		
DTT	0,5	1,3	0,7	0,7	0,6	0,7	0,6	0,9	0,6	0,5	0,7		

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
MT - LT - 133 - 2021**

Área de Metrología  
Laboratorio de Temperatura

Página 4 de 6

PARÁMETRO	VALOR ( °C )	INCERTIDUMBRE EXPANDIDA ( °C )
Máxima Temperatura Medida	112,3	0,2
Mínima Temperatura Medida	105,8	0,3
Desviación de Temperatura en el Tiempo	1,3	0,1
Desviación de Temperatura en el Espacio	5,6	0,2
Estabilidad Medida ( ± )	0,6	0,04
Uniformidad Medida	5,9	0,2

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

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

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

Incertidumbre expandida de las indicaciones del termómetro propio del Medio Isotermo : 0,03 °C

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

La uniformidad es la máxima diferencia medida de temperatura entre las diferentes posiciones espaciales para un mismo instante de tiempo.

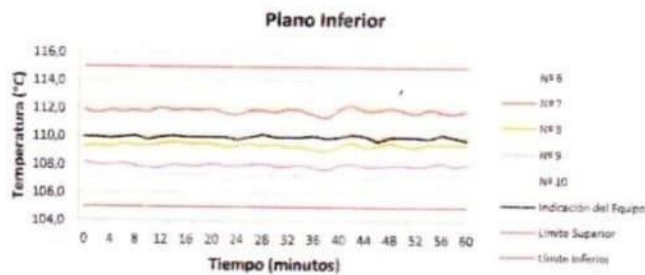
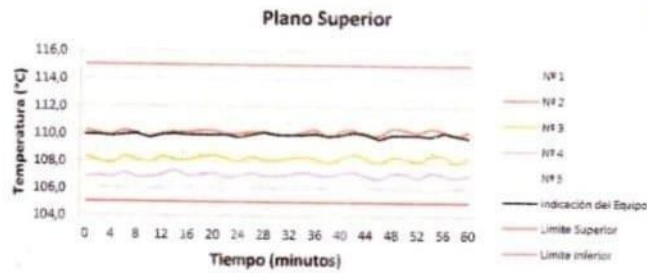
La estabilidad es considerada igual a  $\pm 1/2$  DTT.

Área de Metrología  
Laboratorio de Temperatura

### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MT - LT - 133 - 2021

Página 5 de 6

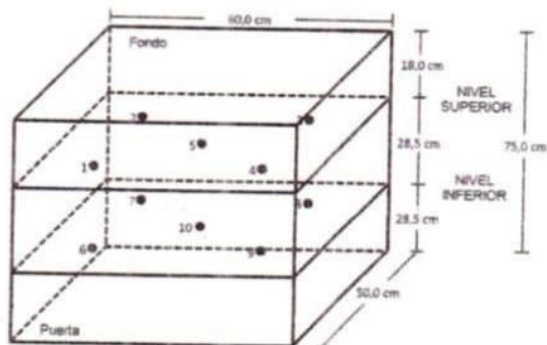
#### DISTRIBUCIÓN DE TEMPERATURAS EN EL EQUIPO TEMPERATURA DE TRABAJO: $110\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
MT - LT - 133 - 2021**

Área de Metrología  
Laboratorio de Temperatura

Página 6 de 6

**DISTRIBUCIÓN DE LOS TERMOPARES**

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

Los sensores del 1 al 4 y del 6 al 9 se colocaron a 10,5 cm de las paredes laterales y a 8,75 cm del fondo y frente del equipo a calibrar.

**12. Incertidumbre**

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

Fin del documento



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

### **Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, JORGE RICHARD OLARTE PINARES, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - PIURA, asesor de Tesis Completa titulada: "Análisis de la rigidez del suelo-cemento basado en los principios de diseño AASHTO 1993, tramo Bocapan-Hervideros, Tumbes, 2022"

", cuyo autor es MORAN SEMINARIO WENDY MILAGRITOS, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 27.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis Completa cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

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

PIURA, 19 de Diciembre del 2022

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
JORGE RICHARD OLARTE PINARES <b>DNI:</b> 40752422 <b>ORCID:</b> 0000-0001-5699-1323	Firmado electrónicamente por: JOLARTEP el 12-01- 2023 22:29:12

Código documento Trilce: TRI - 0495060