



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**“Impermeabilización de suelo de subrasante de la calle  
Alto Qosqo adicionando grasa porcina proveniente de  
desechos alimentarios, Cusco, 2021”**

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

**Ingeniero Civil**

**AUTORES:**

Fernandez Granada, Jesus (ORCID: 0000-0002-5580-1257)

Holguino Rivas, Licette Eliana (ORCID: 0000-0003-2213-060X)

**ASESOR:**

Mgtr. Sinche Rosillo, Fredy Marco (ORCID: 0000-0002-3313-9530)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de Estructura Vial

LIMA – PERÚ

2021

## DEDICATORIA

A Dios por darme la oportunidad de cumplir con mis sueños, a mis padres Alfredo y Jesusa por guiarme y cuidarme, a Rene y Magdalena mis hermanos por su apoyo incondicional, a toda mi familia y amigos que siempre están apoyándome con sus consejos y buenos deseos.

JESUS

A mis protectores: Señor de Qoyllurit'i y María de Copacabana que me guían en mi diario vivir; a mis padres Lucio y Eliana, quienes me impulsaron y motivaron para lograr mis objetivos profesionales; a mis hermanos Ruddy, Ivette e Ingrid por su motivación constante; a mis sobrinos Yamilet y Jeremy; a toda mi familia por su apoyo incondicional, por sus consejos alentadores y buenos deseos.

LICETTE ELIANA

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecer primero a Dios por habernos permitido realizar el trabajo de investigación con la finalidad de aportar en el conocimiento técnico del campo de la Ingeniería Civil para la edificación de obras.

A la Universidad Cesar Vallejo, que representa nuestro asesor MG. SINCHE ROSILLO Fredy Marco, por su apoyo y valiosos aportes en la orientación y asesoría del presente trabajo de investigación.

A todas aquellas personas que colaboraron con el desarrollo del trabajo de investigación y que permitieron el logro de los objetivos planteados y cuyos resultados servirán como aporte en el campo de la Ingeniería Civil en provecho de la Región y del País.

Los Autores

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

Índice de contenidos .....	iv
Índice de tablas.....	v
Índice de figura y gráficos.....	vi
Resumen.....	vii
Abstract.....	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	5
III. METODOLOGÍA.....	21
3.1. Tipo y diseño de investigación .....	21
3.2. Variables y operacionalización.....	22
3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis .....	22
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	25
3.5. Procedimientos .....	25
3.6. Método de análisis de datos.....	33
3.7. Aspectos éticos.....	33
IV. RESULTADOS.....	34
V. DISCUSIÓN.....	51
VI. CONCLUSIONES .....	55
VII. RECOMENDACIONES.....	57
REFERENCIAS.....	58
ANEXOS .....	63
<b>Anexo 1:</b> Matriz de consistencia	
<b>Anexo 2:</b> Matriz de operacionalización de variables	
<b>Anexo 3:</b> Validez de instrumento de recolección de datos	
<b>Anexo 4:</b> Ficha de calibración de instrumento.	

**Anexo 5:** Resultados de laboratorio

**Anexo 6:** Fotografías

**Anexo 7:** Resultados del software TURNITIN

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Aditivos estabilizadores según el MTC .....	17
<b>Tabla 2</b> Rangos de conductividad hidráulica para ciertos suelos.....	19
<b>Tabla 3:</b> Ubicación de calicata .....	26
<b>Tabla 4</b> Limite líquido y limite plástico.....	36
<b>Tabla 5</b> Densidad Seca de muestras ensayadas.....	36
<b>Tabla 6</b> Valores de coeficientes para densidad seca.....	37
<b>Tabla 7</b> Ascensión capilar en ½ hora.....	38
<b>Tabla 8</b> Valores de coeficientes para la ascensión capilar a la 1/2 hora.....	39
<b>Tabla 9</b> Absorción de agua en ½ hora de muestras ensayadas .....	40
<b>Tabla 10</b> Valores de coeficientes para la absorción a la 1/2 hora.....	41
<b>Tabla 11</b> Absorción de agua en 24 horas de muestras ensayadas .....	42
<b>Tabla 12</b> Valores de coeficientes para la absorción en 24 horas.....	43
<b>Tabla 13</b> Densidad Húmeda de muestras ensayadas .....	44
<b>Tabla 14</b> Valores de coeficientes para la densidad húmeda.....	45
<b>Tabla 15</b> Resistencia a la compresión simple .....	46
<b>Tabla 16</b> Valores de coeficientes para la resistencia .....	47

## ÍNDICE DE FIGURAS Y GRÁFICOS

<b>Figura 1</b> Esquema de los objetivos específicos de la investigación. ....	2
<b>Grafico 1</b> Contenido de aceite versus permeabilidad.....	7
<b>Figura 2</b> Esquema de gradiente hidráulico .....	19
<b>Figura 3</b> Esquema de un sistema de permeables o de carga variable. ....	20
<b>Figura 4</b> Características de variabilidad de un suelo. ....	24
<b>Figura 5</b> Grasa porcina proveniente de desechos alimentarios.....	26
<b>Figura 6</b> Ensayo de limite líquido y limite plástico .....	28
<b>Figura 7</b> Tamizado de arena y limo .....	30
<b>Figura 8</b> Muestras secadas al medio ambiente. ....	31
<b>Figura 9</b> Toma de datos de muestras después de la atención capilar.....	32
<b>Figura 10</b> Ensayo de compresión simple.....	32
<b>Figura 11</b> Localización geográfica del Proyecto .....	35
<b>Grafico 2</b> Resultados de ensayos de Granulometría.....	36
<b>Grafico 3</b> Densidad seca de muestras ensayadas .....	37
<b>Grafico 4</b> Densidad seca.....	38
<b>Grafico 5</b> Ascensión capilar a la 1/2 hora de arena y limo .....	39
<b>Grafico 6</b> Absorción de agua en ½ hora de muestras ensayadas.....	40
<b>Grafico 7</b> Absorción de agua en 1/2 hora de arena y limo .....	41
<b>Grafico 8</b> Absorción de agua en 24 horas de muestras ensayadas .....	42
<b>Grafico 9</b> Absorción en 24 horas de arena y limo .....	43
<b>Grafico 10</b> Densidad Húmeda de muestras ensayadas .....	44
<b>Grafico 11</b> Densidad Húmeda de arena y limo .....	45
<b>Grafico 12</b> Resistencia a la compresión simple de muestras ensayadas.....	46
<b>Grafico 13</b> Resistencia a la compresión simple.....	47

## RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo principal determinar la medida en que se da la impermeabilización de suelo de subrasante de la calle de Alto Qosqo cuando se adiciona grasa porcina proveniente de desechos alimentarios.

Para ello, se realizó los ensayos de laboratorio como: granulometría, limite líquido, limite pastico, ensayo de compresión simple y ensayo de ascensión capilar, llegando a las siguientes conclusiones: la grasa influye en la ascensión capilar por cada 1% de grasa añadida al suelo, la ascensión capilar se reduce en 3.34%, la densidad seca y densidad humedad con presencia de grasa porcina no tuvo un cambio significativo, sin embargo, la resistencia disminuye en  $-0.72\text{kg/cm}^2$  por cada 1% de grasa añadida al suelo, según el tamaño de grano la arena es mayor en un 23.1% de ascensión capilar en comparación a la ascensión del limo, también la absorción de agua se reducen en un 3.5% del limo con respecto a la arena con la incorporación de grasa, el cambio de temperatura estadísticamente no influye en la ascensión capilar, el espesor mínimo de impermeabilización es 33.4% del espesor de suelo con 10% de grasa añadida.

**Palabras clave** (Impermeabilización de suelo, grasa porcina, tipo de suelo arena y limo).

## ABSTRACT

The main objective of this research is to determine the extent to which the subgrade soil waterproofing of Alto Qosqo street occurs when pig fat from food waste is added.

To do this, laboratory tests were carried out such as: granulometry, liquid limit, plastic limit, simple compression test and capillary rise test, reaching the following conclusions: fat influences capillary rise for every 1% of fat added to the soil, capillary ascent is reduced by 3.34%, the dry density and moisture density with the presence of porcine fat did not have a significant change, however, the resistance decreases by  $-0.72\text{kg} / \text{cm}^2$  for every 1% of fat added to the soil, According to the grain size, the sand is greater by 23.1% of capillary rise compared to the rise of the silt, also the water absorption is reduced by 3.5% of the silt with respect to the sand with the incorporation of fat, the change temperature statistically does not influence the capillary rise, the minimum waterproofing thickness is 33.4% of the thickness of the soil with 10% added fat.

**Key words** (Soil waterproofing, swine fat, type of soil sand and silt).

## I. INTRODUCCIÓN

Una vasta región de la Ciudad del Cusco en el distrito de San Sebastián se tiene una extensión alrededor de 89.44 km<sup>2</sup>, a la fecha cuenta con más de 112,000 habitantes según el censo de 2017. La geología desde su punto de vista este distrito se encuentra en la formación San Sebastián, en la cual predomina el suelo limoso con trazas de diatomita. En términos prácticos la totalidad del distrito de San Sebastián está geotécnicamente compuesto por el tipo de suelo limoso diatomáceo, de modo tal que las actividades de construcción de vías terrestres en dicha zona están fuertemente constreñidas por la presencia de dichos suelos.

Por otro lado, el distrito de Saylla, también en la ciudad del Cusco, es conocido por la abundante cantidad de negocios dedicados a la comida, en especial restaurantes que procesan carne de cerdo; en este sentido, algunos de los procesos previos a la preparación de los alimentos en estos lugares, producen gran cantidad de desperdicios tales como grasas orgánicas, las cuales muchas veces llegan a parar cursos de agua o son vertidos al mismo suelo en zonas aledañas.

De manera que, teniendo en consideración lo anteriormente señalado, se plantea la presente investigación que pretende por un lado mejorar la impermeabilidad de suelos de sub rasante en un distrito mayormente conformado por un tipo de suelo cuya solución tradicional para la construcción de vías es el reemplazo, con la consecuente depredación de canteras y eliminación de material excedente, causando daños ambientales irreversibles; más aún, la presente investigación pretende darle uso a desechos alimentarios provenientes del procesamiento de carne de cerdo para los restaurantes en el distrito de Saylla, logrando con esto un doble propósito ambiental y la ampliación del conocimiento técnico científico para el campo de la ingeniería civil.

## JUSTIFICACIÓN

Técnicamente, la investigación es conveniente porque permitirá la posterior aplicación de sus resultados en la construcción de futuras vías de transporte terrestres.

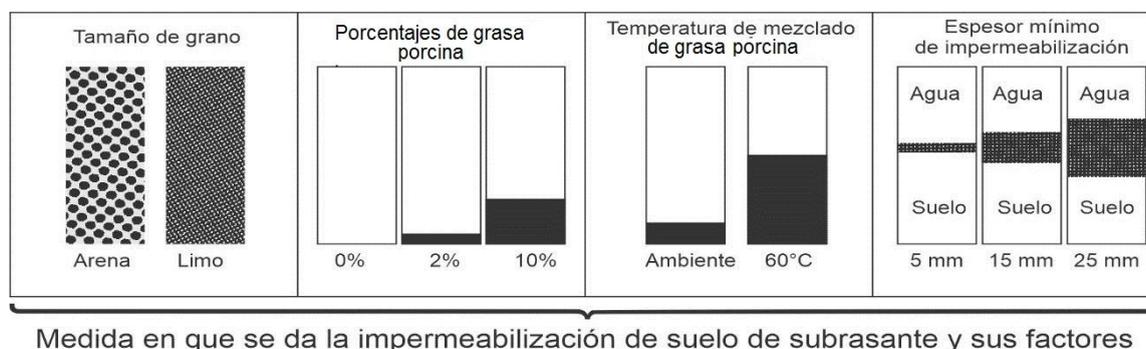
En cuanto a la justificación social, se tiene que en la Ciudad del Cusco del distrito de San Sebastián se tiene una alta densidad poblacional, además de un limitado presupuesto del Estado para la construcción de vías terrestres, la presente investigación brindará una alternativa técnica para optimizar los recursos destinados a la construcción de pavimentos, llegando así el municipio local a atender mejor las demandas sociales de vías pavimentadas en la zona.

Para la justificación metodológica, se observa que el desarrollo de la tesis permitirá generalizar el uso de su metodología para que otras investigaciones puedan aplicar otras sustancias naturales ya sea a la sub rasante o a otras estructuras del pavimento que tengan que ver con la mejora de suelos.

En cuanto a su justificación por relevancia, la investigación es relevante porque contribuirá a esclarecer el vacío de conocimiento respecto de la aplicación del tanino en un suelo limoso diatomáceo.

De allí que el objetivo general para el presente trabajo se plantea como: Determinar la medida en que se da la impermeabilización de suelo de subrasante de la calle de Alto Qosqo cuando se adiciona grasa porcina proveniente de desechos alimentarios. Mientras que los objetivos específicos se desarrollan como explica la siguiente figura.

**Figura 1** Esquema de los objetivos específicos de la investigación.



Fuente propia.

## **PROBLEMA GENERAL**

¿En qué medida se da la impermeabilización de suelo de subrasante de la calle Alto Qosqo cuando se adiciona grasa porcina proveniente de desechos alimentarios?

## **PROBLEMAS ESPECÍFICOS**

- ¿De qué manera influye la adición de grasa porcina en las propiedades físicas del suelo de subrasante de la calle alto Qosco?
- ¿De qué manera influye el porcentaje de grasa porcina en la impermeabilización cuando el tamaño de grano de suelo varía entre arena y limo?
- ¿En qué medida resulta la impermeabilización con el cambio de temperatura durante la adición de la grasa porcina?
- ¿Cuál es el espesor mínimo de impermeabilización con la mezcla de suelo adicionado con grasa porcina que asegura una impermeabilidad adecuada?

## **OBJETIVO GENERAL**

Determinar la medida en que se da la impermeabilización de suelo de subrasante de la calle Alto Qosqo cuando se adiciona grasa porcina proveniente de desechos alimentarios.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar de qué manera influye la adición de grasa porcina en las propiedades físicas del suelo de subrasante de la calle alto Qosco
- Determinar si el porcentaje de grasa porcina influye en la impermeabilización cuando el tamaño de grano de suelo varía entre arena y limo.

- Determinar la medida en que resulta la impermeabilización con el cambio de temperatura durante la adición de la grasa porcina.
- Determinar el espesor mínimo de impermeabilización con la mezcla de suelo adicionado con grasa porcina que asegura una impermeabilidad adecuada.

## **HIPÓTESIS GENERAL**

La adición de grasa porcina influye significativamente en la impermeabilidad del suelo proveniente de la subrasante de la calle Alto Qosqo.

## **HIPÓTESIS ESPECÍFICAS**

- La adición de grasa porcina influye significativamente en las propiedades físicas del suelo de subrasante de la calle alto Qosco.
- El porcentaje de grasa porcina influye significativamente en la impermeabilización cuando el tamaño de grano de suelo varía entre arena y limo.
- El cambio de temperatura durante la adición de la grasa porcina influye significativamente en la impermeabilización.
- El espesor mínimo de impermeabilización con la mezcla de suelo adicionado con grasa porcina influye significativamente en la impermeabilidad del suelo.

## II. MARCO TEÓRICO.

### Antecedentes de la investigación

#### Internaciones

Según (Montoya, 2012) tesis de grado titulado: “Estudio de la capacidad del suelo para la degradación de aceites comestibles usados y su incorporación como material orgánico” fijo como su objetivo principal el estudio de capacidad que tienen los suelos para descomponer los aceites provenientes de desechos alimentarios, para luego ser usados como materia orgánica o abonos naturales para el suelo por medio de la actividad microbiana. Obtuvo como Resultado: Al realizarse diversos estudios. El aceite comestible genera en las comunidades microbianas una disminución de la diversidad. Se ha obtenido un resultado en los que los sistemas suelo-aceite se agrupan en una alta degradación o descomposición de los aceites provenientes de desechos alimentarios. Se observa que todos los cambios son positivos a un 5% del aceite incorporado o agregado al suelo, sin embargo, con una incorporación de un máximo de 15% de aceite en el suelo, este suelo presenta cambios positivos en contraste con el suelo controlado.

Según, (Alfonso, 2013) tesis de Postgrado: “Obtención de biodiesel a partir de aceites usados en casa habitación de la comunidad del Refugio.” Enfocado al estudio de la biomasa residual, llamado también aceite usado; la cual fue generada en la comunidad de Refugio ubicada en Tijuana Baja California. Así como también se han realizado diversas pruebas para ver si la biomasa residual es adecuada para producir biodiesel. Se ha presentado como objetivo: Obtener biodiesel a base de aceites reciclados o usados mediante técnicas para lograr un buen rendimiento y darle un buen uso a biodiesel. La Metodología al usarse fue la experimental. Como conclusión tenemos que en la población de Refugio los aceites que más se usa son los aceites a base de ácido oleico; además solo el 34% de la población recicla o reutiliza el aceite, el 37% de la población solo a veces utiliza el aceite y por último el 29% restante utiliza solo 2 veces. Por lo tanto el aceite no será alto en acidez y por la disposición de la población el 78% desecha el aceite en el drenaje, el 15%

de la población lo guarda en bosas y lo tira a la basura y el 7% de la población lo deposita al suelo para abono.

Según, (Cañar, 2017) tesis de grado titulado: “Análisis comparativo de la resistencia al corte y estabilización de suelos arenosos finos y arcillosos combinadas con ceniza de carbón”, tiene como objetivo: Evaluación de los suelos arcillosos y los suelos arenosos pero finos; los resultados con respecto al corte, y el comportamiento mecánico de los suelos de los mismos con partículas de cenizas de carbón, para determinar las mejores condiciones para su uso. Teniendo los resultados siguientes: ensayos en suelos arenosos finos con aumento de (4.60%) cuando son combinados con ceniza del carbón al (25.00%), mejorando la resistencia con un porcentaje desde el (15.00%) hasta el (19.60%), la cual puede ser utilizada en la sub rasante: las conclusiones son al adicionar las partículas de cenizas de carbón en el suelo influye favorablemente en los suelos expansivos (arcilla).

Seguidamente, (Guamán, 2016) en la tesis de grado titulado: “Estudio de comportamiento de un suelo arcilloso estabilizado por dos métodos químicos (cal y cloruro de sodio)”, como objetivo: Es el analizar el comportamiento del suelo arcilloso con componentes químicos mencionados la cal y cloruro de sodio. Siendo los resultados lo siguiente: Determinándose el índice de plasticidad utilizado al 12.5% tiene valores de 8.83 y 6.54 respectivamente. Las conclusiones se determinaron que al estabilizar la Cal y Cloruro de Sodio da el Índice de Plasticidad, por lo que cumple con lo establecido en las Especificaciones Generales para la construcción y edificación de caminos y puentes del Ministerio de Obras Públicas de la República del Ecuador.

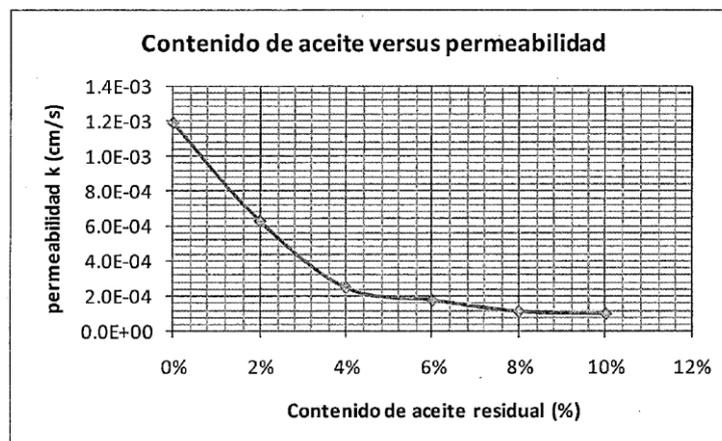
Winterkorn afirma que “Un método menos positivo, pero aún efectivo, si se usa correctamente, es estabilizar el porcentaje de la humedad de un sistema de suelo evitando el ingreso de agua en exceso. Esta impermeabilización se puede conseguir mediante diversos materiales como betunes asfálticos y pirógenos, resinas naturales y artificiales, grasas, ceras, etc. (Winterkorn, 1954).

Según (Graber, Fine, & Levy, 2006) afirman que: “La industria de producción de alimentos genera muchos tipos diferentes de desechos ricos en materia orgánica, generalmente bajos en compuestos tóxicos. Por lo tanto, muchos productos de desecho diferentes de la industria alimentaria pueden ser adecuados para la aplicación en la tierra con fines agrícolas, como el acondicionamiento y la estabilización del suelo.” Entre otras cosas, el artículo también informa sobre la estabilización de suelos con suero de queso.

## Nacionales

En el año 2014 se plantea la tesis intitulo: “Efecto del aceite residual de la maquinaria pesada en los factores físico mecánicos del suelo” (Huaquisto Cáceres, 2014) en la que el autor aplica aceite para maquinaria a un suelo arcilloso y obtiene la relación de la permeabilidad y el contenido de aceite para distintas dosificaciones, tal como se aprecia en la figura.

**Grafico 1** Contenido de aceite versus permeabilidad.



Fuente: (Huaquisto Cáceres, 2014).

Conforme se aprecia, la permeabilidad de la arcilla estudiada se reduce considerablemente hasta una dosis de 4% de grasa, luego de lo cual su efecto es casi imperceptible.

Según, (Espina, 2016) en la revista titulado: “Propiedades mecánicas de bandejas elaboradas con almidón de especies vegetales nativas y fibras de residuos agroindustriales”, cuyo objetivo planteado es el: evaluar aquellos efectos de las fibras naturales las cuales son obtenidas a partir de residuos (agroindustriales); el

gramaje la densidad y las propiedades mecánicas de las espumas (termo prensadas) elaboradas a base de almidón de especies nativas; para lo cual se puede utilizar el camote, la oca y la arracacha. Los resultados siguientes: Por termo presión fueron elaboradas las bandejas y para lo cual se utilizó libra de camote, 15% de bagazo de azúcar y también se usó el 30% de almidón de la fibra de arracacha (esparrago pelado); todos ellos han contribuido en la resistencia a la flexión a diferencia de otros tipos de almidones y fibras; conclusiones Con el incremento de la fibra (almidón), la dureza de las bandejas incrementa en resistencia, sin embargo, no mejora la matriz polimérica, para ello se permitirá la elaboración de bandejas biodegradables para distintas aplicaciones industriales.

Según, (REYES, 2018) tesis de grado titulado: “Estudio de la generación de aceites usados en los diferentes establecimientos de comida y su reutilización industrial”; este proyecto está enfocado al estudio de los aceites de origen vegetal; usados en los establecimientos de comida del distrito de Piura; así como sugiere utilizar este aceite reciclado en la elaboración del biodiesel y jabón en gel para las manos. Fijo como objetivo: Estudiar a los aceites usado en los establecimientos de comida ubicados del distrito de Piura, proponiendo tácticas para ser reutilizado en las industrias. Para ello se hicieron diversos estudios (90) los cuales representan: 51% de comedores, 23% de restaurantes, 14% de pollerías, 9% de chifas y 3% otros. De acuerdo a los resultados: aceite vegetal no sufre cambios respecto al índice de refracción, saponificación y densidad; la acides de los aceites de origen vegetal usado tiene un valor más alto a los aceites ya que tiene más presencia de grasa y es muy bueno para la elaboración de jabón. Conclusiones: En cuanto la reutilización de los aceites vegetales de la población de Piura solo lo utiliza una vez lo cual representa el 48.9% de los estudios realizados. Elaboración del biodiesel a partir de aceite vegetal reciclado genera al día 297.06 litros. La elaboración de biodiesel y jabón gel para manos a base de aceite vegetal usado, son rentables por lo que trae beneficios económicos y ambientales

Según (Yaya Chunpitaz, 2018) tesis de grado titulado: “Mejoramiento de suelo con fines de cimentación con afirmado y aceite reciclado de motores en la Avenida Víctor Raúl haya de la torre 220 – Chimbote - 2018” fijo su Objetivo: Determinar la influencia al mezclar aceite reciclado de motores en el suelo afirmado de la venida

Víctor Raúl Haya de la Torre 220 – Chimbote con la finalidad de ver el resultado del mejoramiento de las capas de suelo para la cimentación. Se dio Resultados: Se hicieron ensayos de D. P.L.: ensayo de granulometría (ASTM D422), contenido de humedad (ASTM D2216), límite de atterberg (ASTM D4318), Proctor modificado (ASTM D1557) y corte directo (ASTM D3080), con la finalidad de hallar datos de las muestras y la capacidad portante; dándose como resultado: la mejorar el suelo afirmado al mezclarlo con aceite reciclado de motores.

Según (Santa Cruz Buendía, 2018) tesis de grado titulado: “Los efectos del aceite quemado en las propiedades mecánicas del suelo cohesivo” fijo como objetivo: Demostrar que efectos produce el aceite reciclado de talleres mecánicos en las propiedades mecánica y físicas del suelo al introducirlo en el suelo para la sub rasante. Aplicando una metodología, siendo el método científico, de nivel explicativo, del tipo aplicada, con un diseño experimental. Obteniendo un resultado que su estudio pudo mejorar las propiedades del suelo aumentando su resistencia, así como la densidad del suelo; tomando en cuenta el manual de Carreteras del MTC; el cual resulto ser apto y muy bueno para ser utilizado como material de afirmado en el suelo de sub rasante; para ello se ha utilizado la dosificación (10%) de aceite quemado.

Según (Br. Suárez Vásquez, 2019) tesis de grado: “Obtención y eficiencia de un biodiesel a partir de la grasa de cerdo (sus scrofa domesticus) y pollo (gallus domesticus) en un mercado de Chiclayo” fijo como objetivo: Determinar la obtención de un biodiesel eficiente al utilizar la grasa de cerdo y pollo (aceite animal). Aplicando una metodología: Siendo el método experimental, tipo aplicada, diseño experimental. Obtuvo como Resultado: Se logró obtener un muy buen rendimiento en el primer tratamiento con (97%) al utilizar una población de 24 establecimientos avícolas; los cuales generaron 1500 gramos de grasa al día usándose (10 kg) de aceite y para el segundo tratamiento se llegó a un (96%) utilizándose (6 kg) de grasa porcina; el cual género (5 litros) de aceite de esta grasa. Posteriormente los biocombustibles fueron sometidos a pruebas con un motor de pilotaje; demostrándose así que son óptimos para su utilización como combustible.

## **Locales**

Según (Chalco Sanchez, 2017) tesis de grado: “Estudio técnico económico para la elaboración de jabón industrial a partir del aceite vegetal usado (avu) de los restaurantes de la ciudad del cusco - 2016” fijo como objetivo: Determinar la posibilidad económica para elaborar jabones industriales a partir de la reutilización del aceite vegetal usado en los restaurantes de la Ciudad del Cusco. Aplicando una metodología: Siendo el método analítico deductivo, nivel descriptivo, enfoque cuantitativo, diseño no experimental. Obtuvo como Resultado: Al desarrollarse el proyecto resulto ser posible y económicamente rentable; porque se reutilizo aceite vegetal reciclado que los anteriores restaurantes utilizaron en la Ciudad del Cusco y se demostró su rentabilidad económica; de esta forma también se evitó la contaminación al Medio Ambiente.

## **Bases conceptuales**

### **Contaminación del ambiente por grasas o aceites**

Según (Shigenaka, 2011) se refiere al término contaminación ante la presencia o acción de desechos inorgánicos y orgánicos, Qué afecta el medio ambiente en sus características químicas físicas o biológicas. Uno de estos agentes principales de contaminación ambiental es el aceite o grasas procedentes de desechos alimentarios o industriales afectando principalmente la calidad del medio ambiente y vulnerando el equilibrio del ecosistema, poniendo en peligro a los organismos de este ecosistema. El efecto de los aceites o grasas acerca del medio ambiente sin duda es un tema muy amplio de controversia por muchas razones, entre ellos se observa que los aceites están compuestos de diferentes productos químicos, que en su mayoría son tóxicos y son perjudiciales para todo ambiente. Las etapas en las que se degradan los aceites son variables, quedando por mucho tiempo en los ambientes naturales, es de esta forma que los diferentes componentes o compuestos del suelo reaccionan de manera negativa ante la presencia de este contaminante, en gran medida afecta a pequeñas poblaciones y dependiendo de la cantidad o el grado de exposición de los ecosistemas afectados por el aceite y grasas, en gran medida por consecuencia de la actividad humana constante, que utiliza productos extraídos del propio ambiente y que luego con desechos como

aceites contamina su propio medio ambiente, alterando las propiedades químicas físicas o biológicas de los factores medioambientales entre ellos el agua el suelo y el aire esto de manera perjudicial en la salud e integridad del medio ambiente.

### **Contaminación del agua y del suelo**

Según (Escobar, 2002) uno de los principales medios de contaminación son los municipios, lugares de extracción, plantas industriales así como lugares industriales y construcción, la presencia de contaminantes industriales y domésticos de aceites genera compuestos específicos como metales pesados, compuestos orgánicos e inorgánicos que alteran las propiedades del agua principalmente en el pH, los componentes de estos desechos en su mayoría son microorganismos patógenos que están combinados con grasas aceites y productos químicos que son desechados al sistema de alcantarillado y también a medios pluviales como son los ríos lagunas y mares, además las plantas industriales dedicadas a la producción de alimentos y bebidas genera grandes cantidades de desechos de grasas y aceites sumado todo ello afecta de manera significativa al suelo en sus propiedades físico químicas y biológicas.

### **Gestión de residuos de las grasas provenientes de desechos alimentarios.**

Según (Sáez, G, & Joheni, 2014), existe una diferencia entre residuo y desecho la cual consiste en lo siguiente, los desechos son subproductos, en el cual sobran o quedan, provenientes de actividades sociales de o procesos naturales, entre los cuales se tienen, desechos de origen orgánico o resultantes directos o indirectos de plantas industriales procesadoras de alimentos, también de origen animales o de seres humanos, y como se mencionó anteriormente los desechos que provienen de actividades sociales. Por otro lado los residuos son materia inorgánica y orgánica que proviene de los materiales líquidos o sólidos que son rechazados o son desperdicios por estar desgastados estar sin valor o ya son inútiles para su uso normalmente no se incluyen en este grupo los sólidos provenientes de las instalaciones de plantas industriales de procesos alimentarios. En ese sentido la gestión integral de tratamiento de los desechos y reciclaje está comprometida con la recuperación de los desperdicios si como los desechos de diferentes tipos y género para poder ser reutilizado en procesos de plantas o

fabricación de productos nuevos de esta manera es importante la gestión del reciclaje de grasas y aceites para el cuidado del medio ambiente además representa un aporte económico en el uso de materiales. Los países industrializados tomaron esta iniciativa de gestión de aceites usados cerca de los años treinta, es responsabilidad de los gobiernos de turno regular este tipo de estrategias y fomentar su implementación orientados a estrategias relacionadas con factores económicos y principalmente con factores medioambientales comprometidos con la conservación en una cultura de gestión de residuos, estas estrategias tienen una organización integral de gestión que comprende desde la recolección de los aceites grasas del consumo de la población así como su almacenamiento y su posterior procesamiento para ser reutilizado en proyectos del beneficio de la misma población, además, es la de impartir la cultura de reciclaje en niños y jóvenes de esta manera la gestión de residuos es integral.

### **Factores del suelo**

Las características del suelo están conformadas por cinco factores los cuales se detallan a continuación:

$$S = f (cl, o, r, mo, t)$$

En donde:

S: Propiedades del mismo suelo

cl: Clima (intemperie)

o: Organismos originarios

mo: Materia Orgánica

t: Tiempo

Este enfoque se ve muy interesante al interpretar el comportamiento del suelo. Por ejemplo, el contenido de nutrientes, la porosidad, su textura, sus propiedades.

La interacción o relación entre los factores mencionados ocurren en el tiempo y el espacio; así como también se toman en cuenta sus distintas variables.

- En el factor clima interviene principalmente las precipitaciones, temperatura, radiación solar y evaporación del agua; además este factor es uno de los factores más activos e influyentes en la evolución del suelo
- En el factor organismos vivos los macroorganismos, meso organismos y microorganismos. los cuales pueden ser de origen vegetal o animal (flora y fauna respectivamente).
- Del factor relieve se considera la forma del terreno y la pendiente; a la acumulación de material el cual define la profundidad del suelo
- En el factor organismos originarios tenemos tipos de rocas, minerales y tipos de sedimentos que se forma el suelo.
- El tiempo viene a ser el periodo o grado de desarrollo. La edad durante el cual han actuado los demás factores

El suelo viene a ser una función de los factores mencionados con respecto a su formación; en vista que si uno de los factores variaría tendríamos consecuencias; por ejemplo, si el clima vario tendríamos una climoconsecuencia; esto es posible ver cuando vemos un suelo en donde el clima vario de acuerdo a su trayectoria. Si variaría el factor vegetación, estaríamos hablando de bioconsecuencia; siendo en parte la responsable el clima y el material originario (litoconsecuencias) por su misma variación, en función a su variación de su relieve lo que constituye la topoconsecuencia. Con respecto al factor tiempo se hablaría de crono consecuencias del suelo. (Sanzano, 2019)

### **Factores físicos del suelo**

Los suelos están constituidos por partículas, solidas, materia orgánica, mineral. Las cuales se muestran en fases. Estas fases se presentan en propiedades físicas del suelo:

- Estructura del suelo: En esta parte se ve a la arena, limo y arcilla; las cuales son asociadas para formar agregados o muestras de tamaño mayor; el componente elemental que afecta a la estructuración del suelo es el agua. (FAO, s.f.)

- Peso del suelo: Constituye el peso y el volumen de la muestra. (Gonzales, 2002).
- Absorción del suelo: Viene a ser la incorporación y saturación de la muestra por la sustancia líquida (agua); para lo cual se determina la absorción de la muestra en 24hrs, seleccionándose la muestra, después se retiene en la malla 3/8" para luego sumergirla en agua en un tiempo aproximado de 24hrs, finalmente se extrae la muestra del agua y se procede al secado. En estas condiciones es determinada el peso de la muestra, el peso constante y finalmente con todos estos datos se calcula y se obtienen los resultados de la absorción. (Crespo, 1976).
- Porosidad del suelo: Es la conexión del volumen total de la muestra y el volumen de huecos o poros de la muestra; es una fracción de espacios vacíos en el material (muestra de suelo) (Gonzales, 2002).
- Grado de saturación del suelo: Viene a ser la cantidad de poros llenados de agua; relación de agua y el volumen de vacíos del suelo o roca los cuales contienen fluido (agua) en su interior. (Rico, 1997).
- Contenido de Humedad del suelo: Es la cantidad de agua que contiene el suelo en estado húmedo. Esto se refiere a la conexión entre el peso del agua y peso del material (Rico, 1997).
- Compacidad relativa del suelo: Es densidad relativa del suelo granular; relación entre sus vacíos que contiene el suelo o muestra (Crespo, 1976).
- Relación de vacíos del suelo: En la muestra es el aire sin contenido (vacío) y el volumen de aire vacío y el volumen del suelo (Witlow, 1999).
- Índice de plasticidad del suelo: Es variación del contenido de humedad de la muestra. La plasticidad en los suelos se comporta como compresibilidad y resistencia al corte; en la cual el suelo tiene un comportamiento plástico (Witlow, 1999).

El contenido de la humedad es la diferencia entre el Límite Líquido y el Índice de Plasticidad; por lo cual se ve que el suelo pasa a ser plástico.

El contenido de humedad viene a ser el Limite Plástico; por lo cual el suelo se convierte en solido semi plástico y deja de ser plástico

### **Ácidos grasos**

Según (Gómez Inca, 2017) Indica las propiedades principales de los ácidos grasos es que no son solubles en líquidos como el agua, gracias a que estos poseen una zona llamada hidrófila, además estas grasas están dentro o pertenecen a los carboxilos, también presentan terminales metilo y grupo metileno (-CH<sub>2</sub>-) Y estos a su vez son capaces de lograr enlaces con diferentes grupos de moléculas de lipófilos,

Según (Velasco, y otros, 2019) indica que la cobertura de la grasa y la carne en el cerdo tiene una mayor presencia del contenido de ácido graso, el ácido oleico alrededor de (18:1n9c), seguido por el contenido (16:0) del ácido palmítico, además del ácido esteárico de (18:0) ( $P \leq 0,05$ ). En la carne del cerdo, el contenido de ácidos grasos mono insaturados y saturados aumenta en los tejidos superficiales del cerdo, y el poliinsaturados decrece en la cobertura de la carne del cerdo.

### **Los aceites**

El aceite surgió como extracción de las grasas de plantas (el girasol, olivo, soja, etc.) y los animales (ovino, porcino, etc.), los cuales son utilizados en la industria alimentaria. Los aceites son utilizados en restaurantes para la cocina y a su vez estos generan residuos de aceite y grasas, los cuales jamás deben ser desechados en la red de desagüe ya que tiene una alta capacidad de contaminación. Para ello se ha empleado una forma reciclada de producción de jabón esto se da al aplicar el aceite residual con sosa acústica o más conocido como hidróxido de sodio; estos dos son llevados a calor produciéndose una reacción saponica. (Cabello, 2020)

Los aceites o grasas también pueden ser reciclados para la fabricación de combustible para los motores Diesel, para este proceso se reemplaza la molécula de glicerina por un alcohol; de esta forma se transforma el Ester e biodiesel y así la viscosidad se reduce haciendo que el biodiesel sea ligero y sea una alternativa en la utilización del combustible ya que fueron producidos a partir de aceites vegetales y animales. Se ha demostrado que este combustible a base de aceites es de igual o mejor calidad que los combustibles fabricados. (Cabello, 2020)

## **Grasa porcina**

Según (Juárez, 2008) en su investigación señala que el cerdo de donde proviene la grasa es un mamífero doméstico empleado en la alimentación humana. Cuyo nombre *Sus scrofa domestica* aunque, sin embargo otros autores lo denominan *Sus doméstica* o *Sus domesticus* guardando el nombre de *Sus scrofa* para el jabalí, Que también es una fuente primaria de obtención de grasa comestible, cabe mención que en la actualidad es preferible la producción de carne magra. La composición de la grasa porcina tiene como elementos ácidos grasos saturados o insaturados, Gracias a su composición es utilizado en la fabricación de diferentes productos entre ellos los jabones, velas, ceras y productos así como también en otros usos industriales Como es la lubricación de elementos de maquinaria fina. Debido a su contenido de ácidos en estado libre alrededor de 0,2 a cero, 5%, es recomendable extraer la grasa inmediatamente después del beneficio de la carne de cerdo, Además es importante la conservación de esta grasa en recipientes debidamente refrigerados. La grasa de cerdo es de color blanca, es importante mencionar el punto de fusión Qué es menor a 40°C. También es recomendable la limpieza de la carne del cerdo adyacente a las partes donde se concentra la mayor cantidad de grasa. Además, como subproducto de la grasa de cerdo se puede obtener a través de procesos químicos, un biodiesel qué serviría como alternativa ante el uso desmedido de energía fósil que para su extracción o elaboración tiene procesos muy perjudiciales para el medio ambiente.

## **Aditivos químicos estabilizadores**

Según (MEF-Perú, 2015) señala que el desarrollo en nuevas alternativas de pavimentos las pautas metodológicas en la evaluación y formulación social de los diferentes proyectos enmarcados dentro de la Inversión Pública con respecto a carreteras del Ministerio de Economía y Finanzas en el año 2015 han clasificado los aisladores químicos señalados a continuación en la tabla.

**Tabla 1.** Aditivos estabilizadores según el MTC

Organización de aditivos estabilizadores.	
No derivados del petróleo.	Grasa de animales

Fuente: (MEF-Perú, 2015). MTC – Dirección de Estudios Especiales.

De lo anterior se aprecia que las grasas animales son consideradas como aditivos estabilizadores que no son derivados del petróleo, por lo tanto, su uso está permitido siempre que se establezca su significación mediante ensayos de laboratorio, y se demuestre su aptitud, además de contar con tramos constructivos de prueba que confirmen los resultados aceptables. Asimismo, se debe garantizar que, tanto durante el proceso de construcción, como los procesos de conservación vial, se pueda realizarse las labores usuales en forma simple, económica y con los equipos disponibles.

### **Biopolímeros vegetales**

Según (Eires & Camoes, 2015) existen varios ejemplos de biopolímeros que se han añadido en edificaciones de tierra con el fin de mejorar su impermeabilidad al agua y, en consecuencia, la durabilidad del material frente a la acción de la lluvia. Entre varios ejemplos se encuentran los biopolímeros vegetales, como harinas, almidones, gomas, aceites, ceras o resinas vegetales y los de origen animal, como grasas animales, suero o caseína, claras de huevo, sangre, excrementos y orina.

### **Suelos susceptibles a heladas**

Según (Huang, 1993) indica que los suelo dentro de la profundidad de la penetración de las heladas, situación usual en ciudades que se encuentran a altitudes mayores a los 3500 m sobre el nivel del mar, como es en el caso del sector de San Sebastián en el Cusco, es susceptible a las heladas. Debe reconocerse que el limo es más susceptible a las heladas que la arcilla porque tiene alta capilaridad y alta permeabilidad. Aunque la arcilla tiene una capilaridad muy alta, su permeabilidad es tan baja que se puede atraer muy poca agua del nivel freático para formar lentes de hielo durante el período de congelación. Los suelos con más

de un 3% de finos menores a 0,02 mm son generalmente susceptibles a las heladas, por el contrario, las arenas finas uniformes con más del 10% de partículas mayores a 0,02 mm son también susceptibles a las heladas.

Cuando los cambios de humedad hacen que la subrasante se contraiga y se hinche, la capa base puede servir como una carga adicional para reducir la cantidad de encogimiento e hinchazón. Una capa base densa o estabilizada puede servir como capa de impermeabilización, y una capa base abierta puede servir como capa de drenaje. Por lo tanto, la reducción del agua que ingresa a la subrasante reduce aún más los potenciales de contracción y de hinchamiento y sus consecuentes efectos (Huang, 1993).

### **Permeabilidad**

Según (Murthy, 2002) un material es permeable si contiene vacíos continuos. Todos los materiales como rocas, concreto, suelos, etc. son permeables. El flujo de agua a través de todos ellos obedece aproximadamente a las mismas leyes. Por lo tanto, la diferencia entre el flujo de agua a través de la roca o el concreto es en su cantidad. La permeabilidad de los suelos tiene un efecto decisivo en la estabilidad de las cimentaciones, la pérdida por filtración a través de presas de tierra, el drenaje de subrasantes, la excavación de cortes abiertos en arena en cauces de agua, la tasa de flujo de agua hacia los pozos y muchos otros. El gradiente hidráulico está definido como la razón de cambio entre la altura  $H$  de dos espejos de agua y la longitud  $L$  que recorre el fluido entre dos puntos:  $i=h/l$ , tal como se define en la siguiente figura.

### **Pavimento**

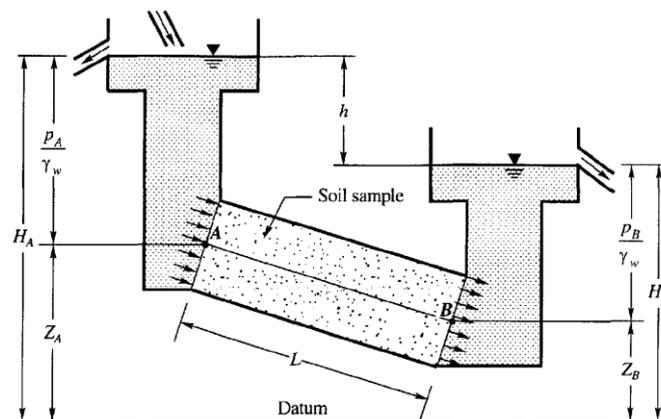
Según (Ushca, 2012) El pavimento viene a ser una estructura que es construida sobre el suelo de fundación o subrasante, con el fin de brindar movilidad a los vehículos de transporte de carga ligera o pesada. Estos están destinados a cumplir los siguientes objetivos; los cuales son: Resistencia y distribución de esfuerzos verticales a las capas sub superficiales del pavimento, los diversos materiales que conforman la estructura del pavimento a lo largo del tiempo fue variando y mejorando según las exigencias de tráfico y rodadura de los vehículos, además factores de seguridad como resistir los esfuerzos horizontales, volviendo más

durable la superficie; se tiene cuatro tipos de pavimentos: Flexibles, Rígidos, Semirígido y Articulado.

### Gradiente hidráulico

Según (Murthy, 2002) la definición de gradiente hidráulico consiste en la pérdida de energía que experimenta el flujo del líquido por una longitud recorrida, definido de otra manera es la pérdida de energía multiplicado por la unidad de longitud, que esta medida de acuerdo al flujo del sentido del agua, cuya representación gráfica muestra la siguiente figura:

**Figura 2** Esquema de gradiente hidráulico



Fuente: (Murthy, 2002).

El flujo para el presente estudio del suelo es de tipo laminar dada la escasa velocidad con que fluye el agua, por lo tanto es posible aplicar la ley de Darcy que vincula caudal, gradiente hidráulico, la pendiente; y, la sección transversal del área espécimen de suelo sometido al flujo del agua para cierta temperatura. Algunos ejemplos de conductividad hidráulica en suelos, la cual en la siguiente tabla se muestra.

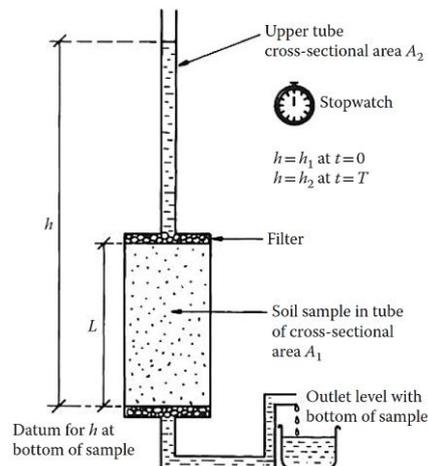
**Tabla 2** Rangos de conductividad hidráulica para ciertos suelos.

$k$ (cm/sec)	Soils type	Drainage conditions
$10^1$ to $10^2$	Clean gravels	Good
$10^1$	Clean sand	Good
$10^{-1}$ to $10^{-4}$	Clean sand and gravel mixtures	Good
$10^{-5}$	Very fine sand	Poor
$10^{-6}$	Silt	Poor
$10^{-7}$ to $10^{-9}$	Clay soils	Practically impervious

Fuente: (Murthy, 2002).

Un permeámetro de altura constante no es adecuado para investigar la permeabilidad de suelos de grano fino (con baja permeabilidad) donde los caudales son tan pequeños que la evaporación del cilindro de medición podría provocar un error significativo. Para suelos finos, se utiliza un permeámetro de carga variable. El agua fluye desde un tubo de pequeño calibre de área transversal  $A_2$ , a través de la muestra de suelo que está contenida dentro de un tubo más grande de área transversal  $A_1$ , se visualiza la siguiente figura.

**Figura 3** Esquema de un sistema de permeables o de carga variable.



Fuente: (Powrie, 2014).

## Arcilla

Las arcillas vienen a ser partículas pequeñas menores a 0.002 milímetros. Las cuales contiene oxido de aluminio - sílice y tienen propiedades coloidales; las arcillas son plásticas (con un alto grado de plasticidad mayor a 0,15); tiene resistencia a la erosión (hasta 30 % y una gran resistencia plástica a la fatiga). La

Arcilla es un mineral que contiene minerales Filosilicatos; cuya Fórmula química  $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot H_2O$ . (Jorge, 2017)(12)

## **Limo**

Los limos son partículas con tamaño intermedio entre 0.002mm a 0.006 mm; su permeabilidad es mayor que las arcillas; son menos cohesivas, materiales granulares, plásticos y son colapsables. Estos suelos limosos tienen baja cohesión, y en el caso de las arenas no hay cohesión; por eso a las arenas se les conoce como suelos no cohesivos y se pueden identificar por su textura. (Jorge, 2017)

## **III. METODOLOGÍA**

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

#### **Enfoque de investigación**

Cuantitativo: se analiza la realidad de manera objetiva para generar resultados medibles con un margen de precisión con la ayuda de la estadística para llegar a resultados probatorios. (Roberto Hernandez Sampieri, 2003)

#### **Tipo de investigación**

Aplicada: En base a investigaciones previas se plantea encontrar nuevos conocimiento para que sea aplicado directamente en la solución o mejora de problemas relacionados con el campo de investigación.

#### **Nivel de investigación**

Explicativa: según (Piloña, 2016) el tipo de estudio que explora la relación causal de una investigación es explicativa, también, no solo se centra en busca o aproximarse al problema de investigación, sino que también pueda encontrar las causas del mismo.

#### **Diseño de la investigación**

Experimental: se extraen las variables de su ambiente natural para ser alterados intencionalmente con fines de encontrar resultados que luego serán analizados. (Saunders, Lewis, & Thornhill, 2019).

### **3.2. Variables y operacionalización**

#### **Variable independiente:**

**Adición de grasa porcina** La variable independiente es el efecto que controla la persona que investiga, además resta variable busca encontrar resultados sobre la variable dependiente por todas las modificaciones las cuales se están logrando establecer. Salkind (1999)

#### **Variable dependiente:**

**Impermeabilización del suelo** según Salkind (1999) la variable dependiente se obtiene a partir de las variaciones en consecuencia de la variable independiente.

#### **Operacionalización de variables**

La operacionalización de variables se desarrolló en la matriz la cual se encuentra la tabla que se presenta en el anexo 2

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

#### **Población**

Para esta investigación de tesis la población está conformada por un conjunto de personas o elementos que poseen características comunes (Universidad César Vallejo, 2020); sin embargo, en la construcción de vías y particularmente la geotecnia (de la cual trata esta tesis), no siempre es posible evidenciar una población y sus componentes, en este sentido la población para la presente tesis está conformada por la calle Alto Qosco con una longitud de 1500m ubicada en el distrito de San Sebastián en la ciudad del Cusco.

#### **Muestra**

En cuanto a la muestra, se realizó la extracción de terreno natural de la calle Alto Qosco con un tramo de 200m que se identificó como tramo crítico para la presente investigación se debe mencionar que el reglamento nacional de edificaciones del Perú a través de su norma CE.010 de pavimentos urbanos establece el número mínimo de investigación en cuatro, con investigaciones adicionales si se superan los 3600 m<sup>2</sup> en vías locales que es el caso de la vía del presente estudio. Por lo tanto, ese es el muestreo, cuatro puntos de los cuales se obtendrán por lo menos 120 kg de suelo representativo para la ejecución de los ensayos.

## **Muestreo**

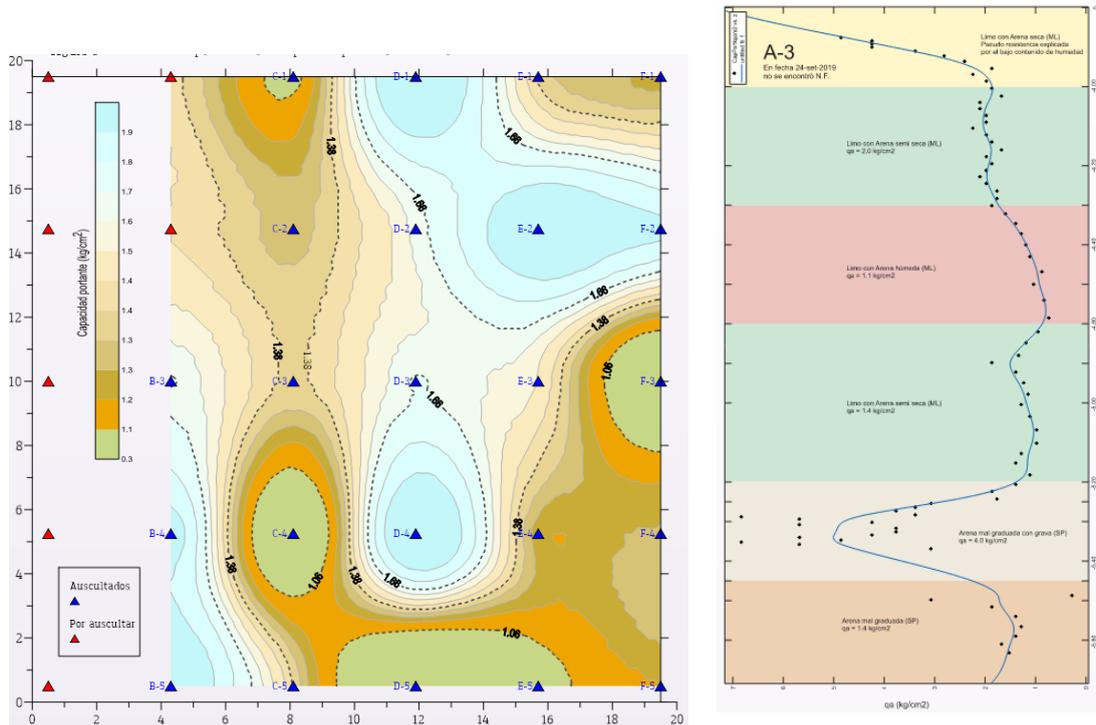
Se hará un muestreo no probabilístico aleatorio por sorteo, dividiendo toda la superficie de la vía en cuadrados de 1 m<sup>2</sup> y numerando cada uno de estos elementos para así obtener el marco muestral del cual se extraerá por sorteo o números aleatorios los cuatro puntos donde se hará la extracción de muestras.

## **Unidad de análisis**

Como ya se ha dicho, las unidades de análisis son muy complejas de discretizar en investigaciones que tienen que ver con masas de suelo, sin embargo, se propone que la unidad de análisis sea cada metro cuadrado (m<sup>2</sup>) de área superficial de la vía.

Para ilustrar esto puede verse la siguiente figura, en ella se tiene: a) la vista en planta de un terreno constituido por graba, arcilla y limo, conforme se aprecia la constitución del suelo cambia aleatoriamente según la dirección de evaluación, según esto, es prácticamente imposible delimitar elementos discretos que posean características comunes sin aplicar un programa de investigación muy costoso y técnicas avanzadas de agrupación matemática; b) lo mismo ocurre en la dimensión vertical de los suelos donde estos se presentan por estratos y cuya definición también requiere de un programa de investigación profundo; c) si una tesis trata sobre personas, es fácil delimitarla determinar los límites de dicha persona en la fotografía, sin embargo si una tesis de ingeniería civil tiene como objeto de estudio una masa de suelo heterogénea (y ese es el caso de la presente tesis) entonces la discretización de elementos individuales es prácticamente imposible a nivel macro y sólo viable a un nivel de partículas.

**Figura 4** Características de variabilidad de un suelo.



a) variabilidad horizontal en suelos

b) variabilidad vertical en suelos



c) variabilidad volumétrica de los suelos

Fuente: (Arbulú, 2019).

- Criterios de inclusión: el único criterio de inclusión posible para el objeto de estudio de la presente tesis es que el suelo sea de tipo limo arenoso, y que provenga de la calle materia de estudio.

- Criterios de exclusión: si se quiere forzar el planteamiento de criterio, se plasmaría como: todos los suelos que no cumplen el criterio de inclusión.

### **3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

**Técnica:** La principal técnica de recolección de datos primarios es la experimentación, la observación estructurada en laboratorio (Moreno, 1999), mientras que los instrumentos de recolección a desarrollar y validarán serán:

- Formato de dosificación de la grasa.
- Formato de clasificación visual.
- Formato de medición de temperatura.
- Formato de medición del espesor.

**Instrumento:** Hernández (2013) Indica que un instrumento de investigación son las diferentes herramientas o instrumentos valga la redundancia en las que se apoya el investigador; de esta manera alcanzar respuestas concretas y objetivas al problema que se ha planteado.

### **3.5. Procedimientos**

Para la recolección de la información se contó con la asistencia de un laboratorio particular, donde se ejecutarán los ensayos, el cual cuenta con las garantías necesarias para la manipulación y control de los factores o variables y su respectiva experimentación.

#### **Etapas 1: Trabajo de campo -recolección de datos**

##### **a) Extracción de muestra de suelo**

En esta etapa fuimos a recolectar muestra de suelo de la calle Alto Qosco para ser analizados en laboratorio con los respectivos ensayos, se realizó una calicata (C-1) de 1.5m de profundidad del cual se extrajo muestra de suelo, esta calicata se ubicó en la calle Alto Qosco del distrito de San Sebastian. De acuerdo a la norma respetando todos los procesos, normas, procedimientos y reglamentos los que estén vinculados a los ensayos de los materiales, para que se ejecuten con objetividad.

Los ensayos que se han realizado en el laboratorio se desarrollaron con las muestras obtenidas en la calicata C-1, ya que la calicata está ubicada en el tramo de la zona donde se ha realizado el estudio y cumple todas las condiciones, características y propiedades físicas de la población de estudio.

**Tabla 3:** Ubicación de calicata

Ítem	progresiva	calicata	muestra	Profundidad
1	Calle Alto Qosco	c-1	m-1	1.5

### b) Recolección de grasa porcina

También en esta etapa se recolecto la grasa de desechos alimentarios del distrito de saylla, la muestra de grasa se recolectó de los locales que procesan La carne de cerdo para el consumo humano ofrecida a la venta al público en general.

**Figura 5** Grasa porcina proveniente de desechos alimentarios



Fuente: elaboración propia.

### Etapa 2: Trabajo de laboratorio

Análisis granulométrico por tamizado (ASTM D- 422):

Mediante este presente tipo de ensayo se determina el tipo de material a emplear, sometándose las muestras de suelo a la prueba de tamices con mallas especiales. El traslado de dicho material por los tamices determina la granulometría, se realizó

el ensayo de granulometría según la norma (NTP 339.132, 2014), como se indicó las muestras de suelo fueron tomadas en estado natural de la calicata C-1, de la calle Alto Qosco se de determinar la clasificación granulométrica de las partículas que componen las muestras extraídas de la zona de estudio, realizándose la clasificación de los suelos mediante el sistema AASTHO (NTP339.135, 2014) y SUCS (NTP 339.134, 2014)

Equipos Necesarios:

- Moldes cilíndricos: Es un material compacto, rígido y plano.
- Molde de 4 pulg: Son materiales con medida promedio el cual cumple con la norma técnica.
- Moldes de 6 pulg: Materiales que su medida las cuales cumplen con la norma técnica.
- El pisón y/o martillo: Es un material para hacer la compactación; según la distancia que indica las normas técnicas.
- Balanza: Sirve para tomar el peso de las muestras extraídas.
- Una regla: Es un instrumento metálico de rigidez confiable y con una media de aproximación (10 pulg).
- El horno: Es el equipo para cocinar o quemar las muestras también se guía según lo que se indica la norma técnica.
- Los cedazos o mallas: Es un instrumento con medidas de #  $\frac{3}{4}$ " (19,0 mm), #  $\frac{3}{8}$ " (9.5 mm) y # 4" (4,75mm). Para lo cual se tiene en cuenta las "Especificaciones para Mallas Metálicas para el ensayo según lo que indica la norma técnica.
- Juego de herramientas: En este conjunto de herramientas tenemos las cucharas, espátula, paletas, mezclador, una botella con agua.
- Los cedazos. Son un juego conformado de 3", 2", 1  $\frac{1}{2}$ ", 1",  $\frac{3}{4}$ ",  $\frac{1}{2}$ ",  $\frac{3}{8}$ ",  $\frac{1}{4}$ ", estos son enumerados en: # 4, # 10, # 16, # 30, # 40, # 50, # 100, # 200. Se toma en cuenta las normas técnicas para este ensayo.
- Batea: Sirve para el lavado de las muestras.

## Limites de atterberg ASTM 4020

A través de estos procesos de que se realizan en el laboratorio estandarizados, nos permitió encontrar datos que necesitamos para conocer el grado de plasticidad y limite líquido, además, a través de este tipo de pruebas se pudo determinar la clasificación de los suelos. Las muestras se someten a cambios naturales y modificados.

**Figura 6** Ensayo de limite líquido y limite plástico



Fuente: Elaboración propia

### Límite Líquido

Solo se usa la parte de la muestra de suelo que ha pasado por la malla # 40 con abertura (0.42 mm).

Se añade o retira el agua la que sea necesario y luego se procede a agitar la muestra hasta la obtención de una pasta semilíquida y homogénea (húmeda). Para suelos que contienen limo y arena con una cantidad promedio de arcilla, después de la adición de agua la prueba se realiza continuando con el procedimiento que se indicó. Para los suelos que contienen limo arcilloso es necesario mantener la muestra durante (4 hrs.) En el recipiente tapado. Ya también para las arcillas el tiempo debe aumentar a (15 hrs.) a más, para asegurar que la humedad sea uniforme en las muestras.

De manera práctica, para hallar el límite líquido es necesario saber que el suelo remoldeado  $w = w_L$  tiene una mínima resistencia al corte de un aproximado de

0.02 kg/cm<sup>2</sup>, de modo que la muestra de suelo mezclada necesita 25 golpes para cerrar dos secciones de ½" de una pasta de suelo de dimensión especificado a continuación.

1) La prueba debe iniciarse preparándose una pasta de muestra de suelo en la cápsula de porcelana con una humedad superior al límite del líquido, para lo cual recibirán instrucciones del instructor.

2) desmontar para luego proceder al secado y limpiar la cápsula de la máquina de Casagrande, asegurándose que ella se encuentre perfectamente limpia y seca antes de iniciar el procedimiento.

3) poner la cápsula en su posición para el ensayo.

4) Colocar una porción entre (50g - 70g) de muestra de suelo húmeda en la cápsula, alisando la superficie a 1 cm de altura con la espátula, teniendo cuidado de no dejar burbujas de aire en la masa de la muestra de suelo.

5) usando el acanalador separar el suelo en dos mitades según el eje de simetría de la cápsula; para una arcilla, el surco se puede hacer de una vez; los limos pueden exigir 2 o 3 pasadas suaves antes de completarlo, siendo este procedimiento aún más complejo cuando se trata de suelos orgánicos con raicillas.

6) girar la manivela de manera uniforme a una velocidad de dos revoluciones/seg; continuar hasta que el surco se cierre en ½" de longitud; anotar el número de golpes, cuando éste sea inferior a 40. 7) revolver el suelo en la cápsula de Casagrande con la espátula y repetir las operaciones 5) y 6).

8) tomar una muestra de aproximadamente 5 g de suelo en la zona donde se cerró el surco y pesarla de inmediato para obtener su contenido de humedad, lo que permitirá obtener un punto en el gráfico semi-logarítmico de humedad v/s número de golpes que se describe más adelante.

9) vaciar el suelo de la cápsula de Casagrande a la de porcelana (que todavía contiene la mezcla de suelo inicial), continuar revolviendo el suelo con la espátula (durante el cual el suelo pierde humedad) y en seguida repetir las etapas (2) a (8).

10) repetir etapas (2) a (9), 3 a 4 veces, hasta llegar a un número de golpes de 15 a 20.

## Tamizado de suelo para obtener arena y limo

Luego se realizó el tamizado del suelo con el fin deseleccionar el tipo de grano que fue arena y el limo, luego de seleccionar el tamaño de grano se realizó la separación de muestras en cantidades de un peso de 900 gramos, en total se pesaron 9 muestras de arena y 9 muestras de limo, luego a cada una de las muestras se le añadió 45 gramos de cemento el cual se mezcló con un tiempo de 30 segundos cada muestra con el fin de estandarizar La muestra con la incorporación del cemento.

**Figura 7** Tamizado de arena y limo



Fuente: Elaboración propia

## Elaboración de testigos

luego de tener las 18 muestras entre arena y limo se procedió a ser los testigos según el diseño experimental que indicaba la cantidad de agua, la cantidad de grasa porcina, la temperatura y el tipo de grano, la mezcla de todos estos elementos se realizó en un tiempo estándar para todas las muestras de 60 segundos por cada muestra, luego cada muestra se introdujo al molde proctor modificado de 2.4" para realizar los testigos, la compactación fue estándar de 10 golpes por cada testigo con el martillo proctor modificado, posterior a ello se pesó

la muestra y se extrajo el testigo del molde con un mecanismo de eyector de muestra, para luego secarlo por 24 horas.

**Figura 8** Muestras secadas al medio ambiente.



Fuente: Elaboración propia

Seguidamente después de que las 18 probetas estuvieron tres días secando al medio ambiente durante tres días y luego en un horno geotécnico durante 6 horas, se procedió a poner en un horno a una temperatura de 110 grados durante 6 horas, luego se procedió a medir los diámetros inferior y superior de las probetas así como la longitud y el peso seco de la muestra.

### **Ensayo de ascensión capilar**

Para medir la Ascensión del agua en las probetas, las muestras se introdujeron en recipientes con un centímetro de agua se esperó por media hora para ver los resultados, Seguidamente se midió la longitud de Ascensión del agua Así como el peso en media o en media hora y finalmente las 18 probetas se sumergieron en agua durante 24 horas después de ese tiempo se pesó.

**Figura 9** Toma de datos de muestras después de la atención capilar



Fuente: Elaboración propia

### **Ensayo de compresión simple**

Adicional a los ensayos realizados anteriormente se realizó el ensayo de compresión simple fue con el fin de determinar la resistencia de las probetas con presencia de grasa porcina, esto con el fin de determinar si la grasa tiene un impacto directo en la resistencia del suelo, cabe mencionar que el propósito de esta investigación es determinar si la grasa afecta o mejora la impermeabilización, sin embargo, se realizó este ensayo adicional.

Una a una se pusieron las muestras en la máquina de compresión simple anotando los valores de presión una vez terminado el proceso se limpia la máquina y cualquier partícula que se produjo por la ruptura de probetas

**Figura 10** Ensayo de compresión simple.



Fuente: Elaboración propia

### **Etapa 3: Trabajo de gabinete/ cálculos**

Una vez culminada la etapa de laboratorio con los respectivos formatos de recolección de datos completamente llenados nos procedemos a realizar los trabajos de gabinete, realizamos las operaciones matemáticas, los cálculos y gráficos estadísticos apoyados con el programa Microsoft Excel, se procesó los datos de los diferentes ensayos que se realizó en el laboratorio con el fin encontrar los resultados de los indicadores o valores de nuestras variables dependientes, así como también interpretar los resultados.

En esta etapa de trabajo de gabinete también se realizó la interpretación de resultados.

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

Respecto al punto para el procesamiento de los datos se apelará a una hoja de cálculo, en la cual se vaciarán los datos manuscritos obtenidos de los formatos de recolección de datos, luego de esta actividad se hará un proceso de depuración de datos atípicos, para luego proceder con un análisis de los resultados en el programa Microsoft Excel.

#### **3.7. Aspectos éticos**

Como quiera que la presente tesis no incluye la manipulación de seres vivos ya sean vegetales animales ni humanos, no se requiere del consentimiento de un Comité de ética para proceder, pues los materiales que son suelo y grasas de desperdicio no son sustancias controladas por el gobierno.

Es menester, sin embargo, mencionar que los investigadores deben aplicar principios éticos durante todo el proceso de investigación tales como: la honestidad y la rigurosidad de sus métodos.

Para obtener el porcentaje de similitud de la investigación con respecto a otras investigaciones se empleó la herramienta web de Turnitin, en cual se muestra en el anexo7

## IV. RESULTADOS

### Memoria descriptiva de Tesis

Nombre del proyecto:

El presente informe de investigación lleva como título: “Impermeabilización de suelo de subrasante de la calle Alto Qosqo adicionando grasa porcina proveniente de desechos alimentarios, Cusco, 2021”

### Ubicación de la Zona de estudio:

Esta tesis tiene como zona de desarrollado en el distrito de San Sebastián, perteneciente a la ciudad del Cusco, ubicada específicamente en el asentamiento humano alto Qosco cuyo nombre de la vía es calle Alto Qosco de un tramo de 200m.

El objetivo de la presente tesis Determinar la medida en que se da la impermeabilización de suelo de subrasante de la calle de Alto Qosqo cuando se adiciona grasa porcina proveniente de desechos alimentarios.

El área donde se presenta la presente tesis, se encuentra localizada en:

Región Geográfica : Sur - Oriente

Departamento : Cusco.

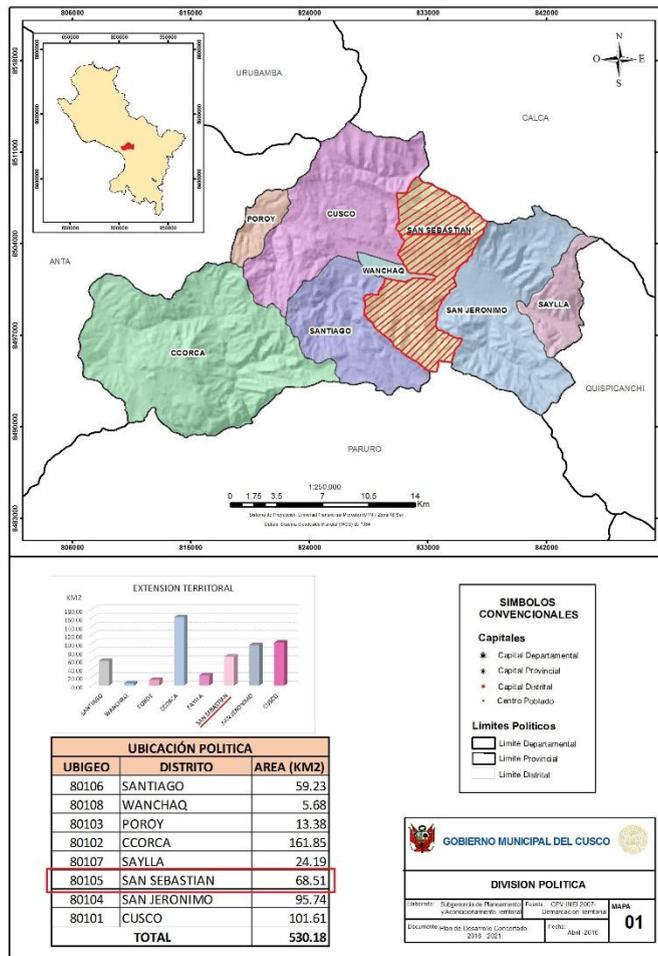
Provincia : Cusco.

Distrito : San Sebastián.

El distrito de San Sebastian de acuerdo a datos estadísticos del año 2017 cuenta con 112,000 habitantes. Con un área de 89.44 km<sup>2</sup>

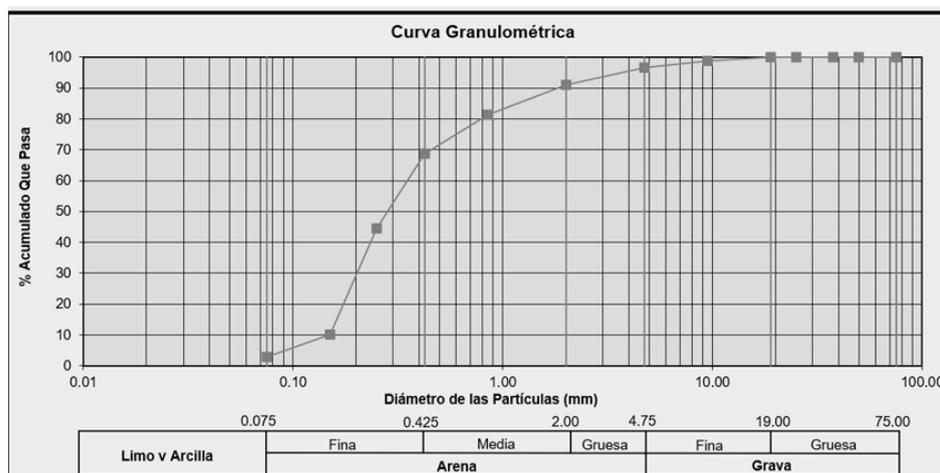
El distrito de San Sebastián se encuentra localizada en un suelo aluvial del Valle de los ríos cachimayo y Huatanay, posee una topografía llana y ondulada, rodeada por cerros de diversas actitudes y pendientes entre moderadas y abruptas. Se extiende desde una altitud de 3,248m sobre el nivel del mar hasta los 4,451m sobre el nivel del mar.

**Figura 11** Localización geográfica del Proyecto



Fuente: Municipalidad del cusco.

**Grafico 2** Resultados de ensayos de Granulometría



Fuente: De elaboración propia

**Tabla 4** Limite líquido y limite plástico

N°	N° golpes	Codi.	Peso cap.	Peso cap.+ suelo	Peso cap. Suelo	w%	LL
1	4	33	21.3	86.8	74.4	23.	18.7

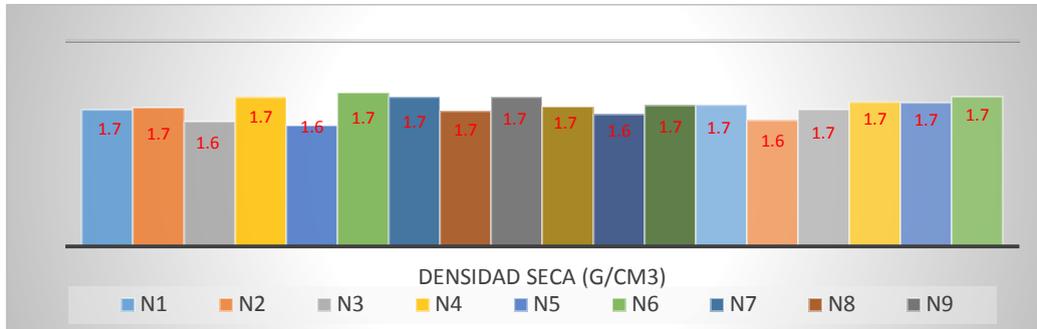
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 5** Densidad Seca de muestras ensayadas

MUESTRA	Vol. Prom. (cm3)	Peso seco muestra (g)	D seca (g/cm3)
N1	346.2	576.0	1.7
N2	350.9	588.0	1.7
N3	348.4	560.0	1.6
N4	340.8	588.0	1.7
N5	321.1	510.0	1.6
N6	342.7	599.0	1.7
N7	349.4	603.0	1.7
N8	350.4	581.0	1.7
N9	334.7	578.0	1.7
N10	348.7	586.0	1.7
N11	351.7	578.0	1.6
N12	352.2	594.0	1.7
N13	344.3	581.0	1.7
N14	326.6	527.0	1.6
N15	330.9	551.0	1.7
N16	349.6	595.0	1.7
N17	349.0	593.0	1.7
N18	331.1	572.0	1.7

Fuente: De elaboración propia

**Grafico 3** Densidad seca de muestras ensayadas



Fuente: Elaboración propia

**Tabla 6** Valores de coeficientes para densidad seca

	Coeficientes	Probabilidad
<b>Intercepción</b>	1.649739056	2.62023E-20
<b>Suelo</b>	0.023922934	0.267058125
<b>Temperatura</b>	0.035958838	0.104239509
<b>Grasa</b>	-0.000908819	0.720735545

% grasa	Densidad seca en (g/cm³)
0	1.65
2	1.65
4	1.65
6	1.64
8	1.64
10	1.64

Fuente: De elaboración propia

**Grafico 4** Densidad seca



Fuente: De elaboración propia

**Tabla 7** Ascensión capilar en ½ hora

MUESTRA	H prom (mm)	H.asc_prom_corr (mm)	H%_asc_1/2h
N1	117.5	55.4	47.2
N2	118.4	104.5	88.2
N3	117.8	116.5	98.9
N4	116.7	46.8	40.1
N5	106.4	39.9	37.5
N6	115.7	44.7	38.7
N7	116.9	60.9	52.1
N8	118.1	55.9	47.4
N9	111.4	34.2	30.7
N10	117.4	60.1	51.2
N11	117.5	113.9	96.9
N12	118.5	77.6	65.5
N13	117.0	52.3	44.7
N14	110.3	43.2	39.2
N15	109.2	42.8	39.2
N16	117.6	81.7	69.4
N17	117.2	45.9	39.2
N18	111.2	39.3	35.3

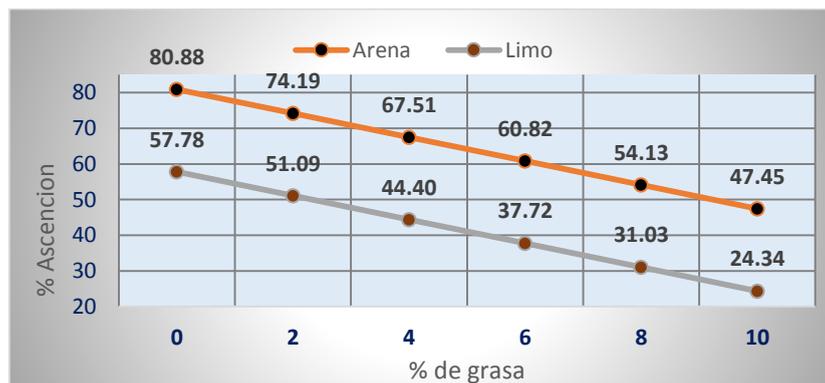
Fuente: De elaboración propia

**Tabla 8** Valores de coeficientes para la ascensión capilar a la 1/2 hora

	Coeficientes	Probabilidad
<b>Intercepción</b>	57.78	0.00000
<b>Suelo</b>	23.10	0.00361
<b>Temperatura</b>	-5.55	0.41570
<b>Grasa</b>	-3.34	0.00090
<b>tipo de suelo</b>	arena	1
	limo	0
<b>Ascensión capilar (%)</b>		
<b>% grasa</b>	<b>Arena</b>	<b>Limo</b>
0	80.88	57.78
2	74.19	51.09
4	67.51	44.40
6	60.82	37.72
8	54.13	31.03
10	47.45	24.34

Fuente: De elaboración propia

**Grafico 5** Ascensión capilar a la 1/2 hora de arena y limo



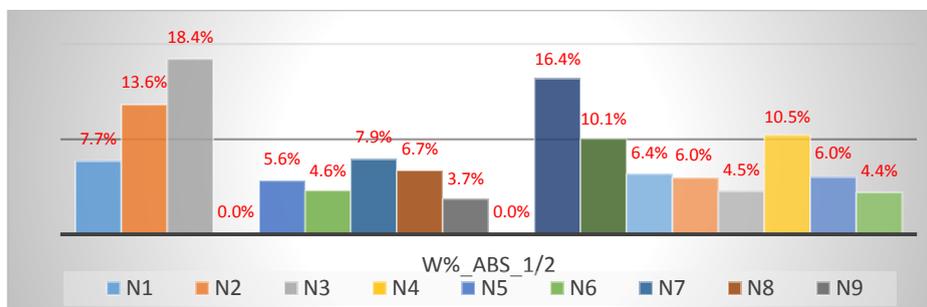
Fuente: De elaboración propia

**Tabla 9** Absorción de agua en ½ hora de muestras ensayadas

MUESTRA	Peso seco muestra (g)	PESO ABSORCIÓN (1/2 hora)	W%_abs_1/2
N1	576.0	620.2	7.7
N2	588.0	668.2	13.6
N3	560.0	663.2	18.4
N4	588.0	0.0	0.0
N5	510.0	538.8	5.6
N6	599.0	626.5	4.6
N7	603.0	650.6	7.9
N8	581.0	620.1	6.7
N9	578.0	599.5	3.7
N10	586.0	0.0	0.0
N11	578.0	672.7	16.4
N12	594.0	653.7	10.1
N13	581.0	617.9	6.4
N14	527.0	558.4	6.0
N15	551.0	576.0	4.5
N16	595.0	657.2	10.5
N17	593.0	628.6	6.0
N18	572.0	597.2	4.4

Fuente: De elaboración propia

**Grafico 6** Absorción de agua en ½ hora de muestras ensayadas



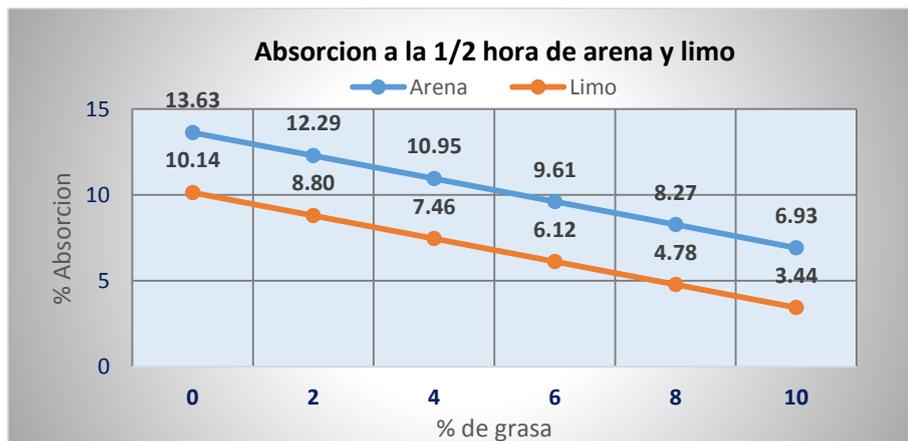
Fuente: De elaboración propia

**Tabla 10** Valores de coeficientes para la absorción a la 1/2 hora

	<b>Coeficientes</b>	<b>Probabilidad</b>
<b>Intercepción</b>	10.1442575	3.96135E-05
<b>Suelo</b>	3.490673007	0.046735238
<b>Temperatura</b>	-1.67798098	0.299666251
<b>Grasa</b>	-0.670446233	0.003024363
<b>tipo de suelo</b>	arena	1
	limo	0
<b>% grasa</b>	<b>Arena</b>	<b>Limo</b>
0	13.63	10.14
2	12.29	8.80
4	10.95	7.46
6	9.61	6.12
8	8.27	4.78
10	6.93	3.44

Fuente: De elaboración propia

**Grafico 7** Absorción de agua en 1/2 hora de arena y limo



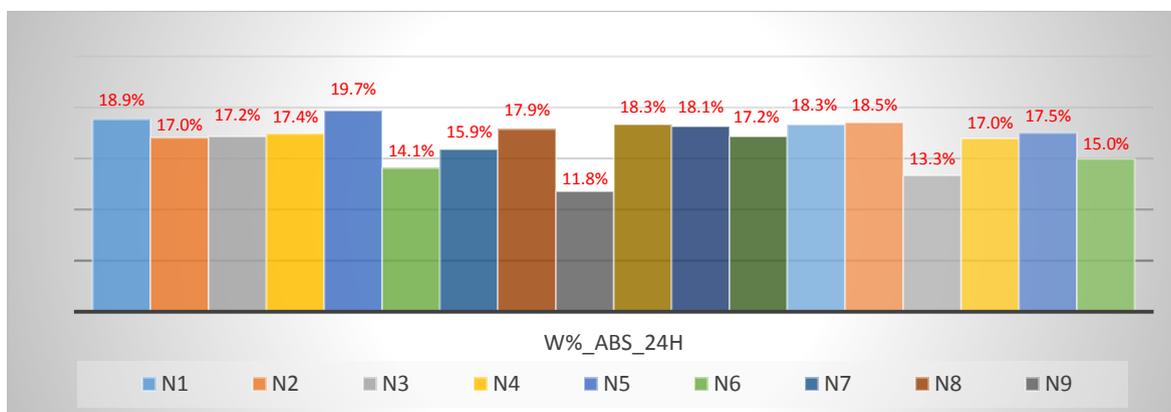
Fuente: De elaboración propia

**Tabla 11** Absorción de agua en 24 horas de muestras ensayadas

MUESTRA	Peso seco muestra (g)	PESO ABSORCIÓN (24 horas)	W%_abs_24h
N1	576.0	684.6	18.9
N2	588.0	688.1	17.0
N3	560.0	656.1	17.2
N4	588.0	690.4	17.4
N5	510.0	610.5	19.7
N6	599.0	683.3	14.1
N7	603.0	698.9	15.9
N8	581.0	684.9	17.9
N9	578.0	646.1	11.8
N10	586.0	693.5	18.3
N11	578.0	682.9	18.1
N12	594.0	696.0	17.2
N13	581.0	687.5	18.3
N14	527.0	624.7	18.5
N15	551.0	624.5	13.3
N16	595.0	696.0	17.0
N17	593.0	696.8	17.5
N18	572.0	657.7	15.0

Fuente: De elaboración propia

**Grafico 8** Absorción de agua en 24 horas de muestras ensayadas



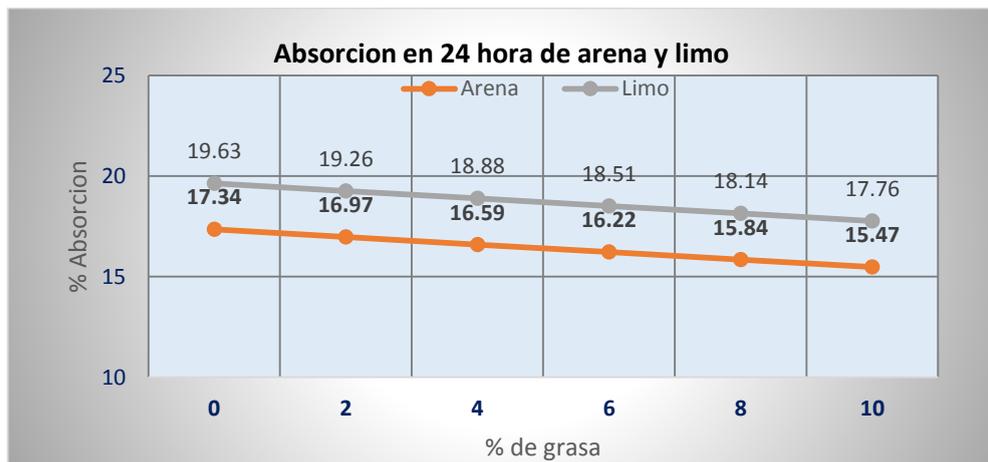
Fuente: De elaboración propia

**Tabla 12** Valores de coeficientes para la absorción en 24 horas.

	<b>Coefficientes</b>	<b>Probabilidad</b>
<b>Intercepción</b>	19.63	0.00000
<b>Suelo</b>	-2.29	0.00164
<b>Temperatura</b>	-1.31	0.04308
<b>Grasa</b>	-0.19	0.01958
<b>tipo de suelo</b>	arena	1
	limo	0
<b>% grasa</b>	<b>Arena</b>	<b>Limo</b>
0	17.34	19.63
2	16.97	19.26
4	16.59	18.88
6	16.22	18.51
8	15.84	18.14
10	15.47	17.76

Fuente: De elaboración propia

**Grafico 9** Absorción en 24 horas de arena y limo



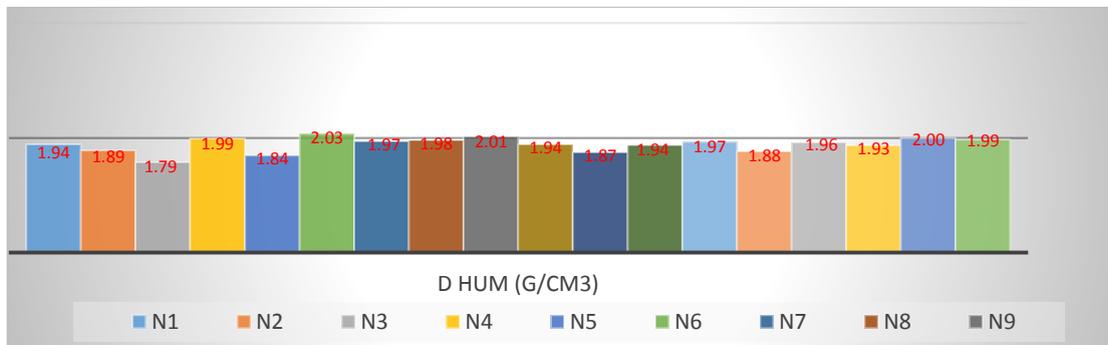
Fuente: De elaboración propia

**Tabla 13** Densidad Húmeda de muestras ensayadas

MUESTRA	Peso de muestra+ molde	Peso molde vacío	D hum (g/cm3)
N1	2421.0	1745.0	1.9
N2	2403.0	1745.0	1.9
N3	2367.0	1745.0	1.8
N4	2439.0	1745.0	2.0
N5	2387.0	1745.0	1.8
N6	2453.0	1745.0	2.0
N7	2431.0	1745.0	2.0
N8	2435.0	1745.0	2.0
N9	2445.0	1745.0	2.0
N10	2421.0	1745.0	1.9
N11	2397.0	1745.0	1.9
N12	2419.0	1745.0	1.9
N13	2429.0	1745.0	2.0
N14	2400.0	1745.0	1.9
N15	2427.0	1745.0	2.0
N16	2418.0	1745.0	1.9
N17	2441.0	1745.0	2.0
N18	2436.0	1745.0	2.0

Fuente: De elaboración propia

**Grafico 10** Densidad Húmeda de muestras ensayadas



Fuente: De elaboración propia

**Tabla 14** Valores de coeficientes para la densidad húmeda

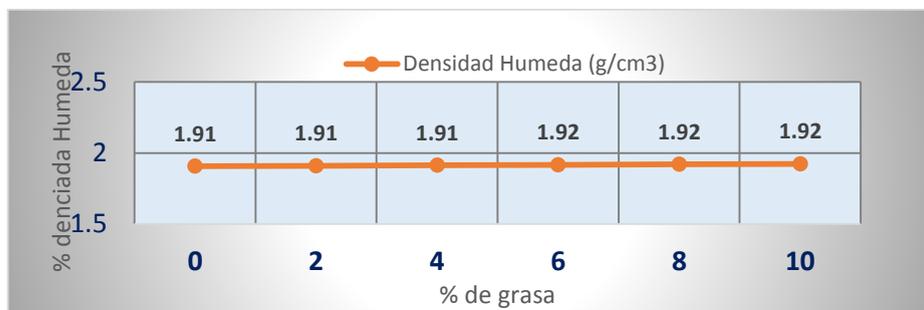
	<b>Coeficientes</b>	<b>Probabilidad</b>
<b>Intercepción</b>	1.906530155	0.00000
<b>Suelo</b>	-0.014377477	0.62171
<b>Temperatura</b>	0.063927121	0.04156
<b>Grasa</b>	0.001665999	0.63472

	<b>% grasa</b>	<b>Densidad Humeda (g/cm3)</b>
	0	1.91
	2	1.91
	4	1.91
	6	1.92
	8	1.92
	10	1.92

Fuente: De elaboración propia

**Grafico 11** Densidad Húmeda de arena y limo



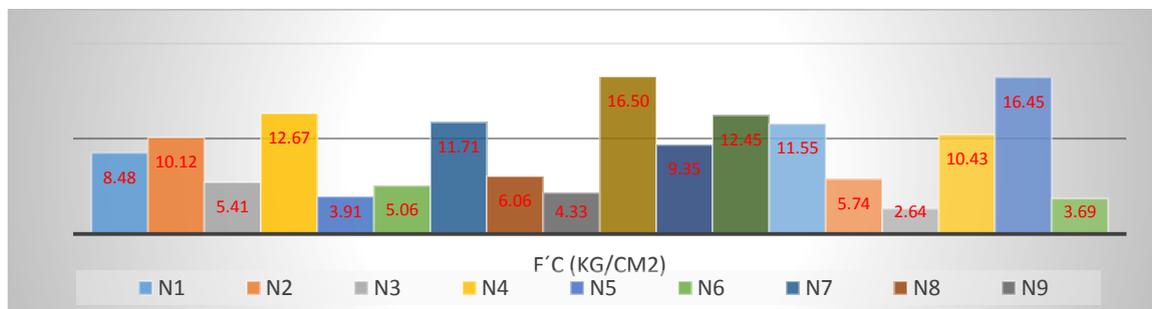
Fuente: De elaboración propia

**Tabla 15** Resistencia a la compresión simple

MUESTRA	D prom (mm)	P(kg)	f'c (kg/cm <sup>2</sup> )
N1	61.3	250.0	8.48
N2	61.4	300.0	10.12
N3	61.4	160.0	5.41
N4	61.0	370.0	12.67
N5	62.0	118.0	3.91
N6	61.4	150.0	5.06
N7	61.7	350.0	11.71
N8	61.5	180.0	6.06
N9	61.9	130.0	4.33
N10	61.5	490.0	16.50
N11	61.8	280.0	9.35
N12	61.5	370.0	12.45
N13	61.2	340.0	11.55
N14	61.4	170.0	5.74
N15	62.1	80.0	2.64
N16	61.5	310.0	10.43
N17	61.6	490.0	16.45
N18	61.6	110.0	3.69

Fuente: De elaboración propia

**Grafico 12** Resistencia a la compresión simple de muestras ensayadas



Fuente: De elaboración propia

**Tabla 16** Valores de coeficientes para la resistencia

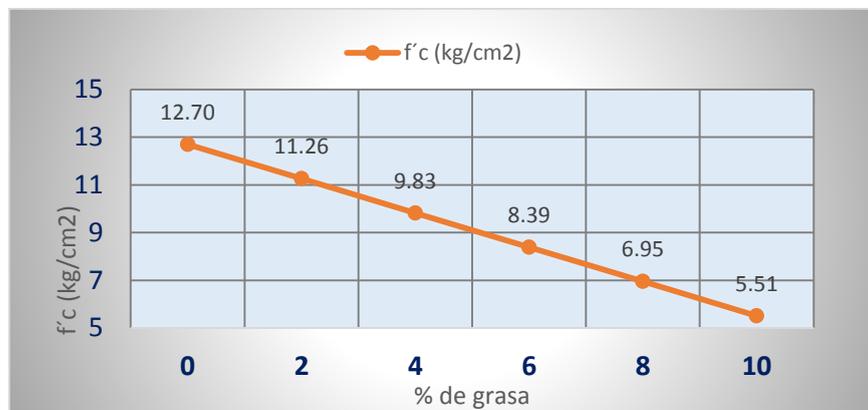
	<b>Coefficientes</b>	<b>Probabilidad</b>
<b>Intercepción</b>	12.70191586	2.79339E-07
<b>Suelo</b>	-1.715201776	0.259319979
<b>Temperatura</b>	-0.027151308	0.98541393
<b>Grasa</b>	-0.719213623	0.001092519

<b>% grasa</b>	<b>f'c (kg/cm2)</b>
0	12.70
2	11.26
4	9.83
6	8.39
8	6.95
10	5.51

Fuente: De elaboración propia

**Grafico 13** Resistencia a la compresión simple



Fuente: De elaboración propia

## **Interpretación de resultados**

**H0: La adición de grasa porcina influye significativamente en la impermeabilidad del suelo proveniente de la subrasante de la calle Alto Qosqo.**

De acuerdo a los resultados la adición de grasa porcina **si** influye significativamente en la impermeabilidad del suelo proveniente de la subrasante de la calle Alto Qosqo.

La grasa influye de forma estadísticamente significativa en la ascensión capilar a la media hora, según la tabla 9 indica que por cada 1% de grasa añadida al suelo, la ascensión capilar se reduce en 3.34%, también la diferencia de la Ascensión capilar entre la arena y limo es de un 23.1% mayor para el caso de la arena según la tabla 9 esto tiene sentido ya que los granos de arena presentan mayores cavidades haciendo que la capilaridad pase de una manera más fácil a través de las partículas del grano a diferencia del limo que el tamaño de grano es más pequeño y se hace menos permeable tal es el caso de las arcillas que son mucho menos permeables.

La permeabilidad se logró reducir de los valores iniciales con 0% de grasa, de  $5.57E-03\text{cm/s}$  para el caso de la arena y  $3.93E-03\text{ cm/s}$  para el caso del limo, en  $3.09E-03\text{cm/s}$  para el caso de la arena y  $1.45E-03\text{cm/s}$  para el caso del limo, con un contenido máximo de grasa de 10%.

**H1: La adición de grasa porcina influye significativamente en las propiedades físicas del suelo de subrasante de la calle alto Qosco.**

De acuerdo a los resultados La adición de grasa porcina **si** influye significativamente en las propiedades físicas del suelo de subrasante de la calle alto Qosco.

Según los resultados de densidad seca y densidad humedad con presencia de grasa porcina en el suelo no tuvo un cambio estadísticamente significativo, la densidad del suelo Se mantuvo constante en las 18 muestras que se realizaron tal como indica la tabla 6

Sin embargo, los resultados del ensayo de compresión simple indican que la resistencia con 0% de grasa tiene un valor de  $12.70\text{kg/cm}^2$  y con el contenido

máximo de grasa que es 10% el valor de la resistencia es de 5.51kg/cm<sup>2</sup> reduciéndose la resistencia considerablemente, por cada 1% de grasa añadida a las muestras la resistencia se reduce en un 5.66%.

**H2: El porcentaje de grasa porcina influye significativamente en la impermeabilización cuando el tamaño de grano de suelo varía entre arena y limo.**

De acuerdo a los resultados el porcentaje de grasa porcina **si** influye significativamente en la impermeabilización cuando el tamaño de grano de suelo varía entre arena y limo.

Según la tabla 9 muestra la diferencia de ascensión del tipo de grano entre arena y limo y según la tabla 9 indica que la arena es mayor en un 23.1% de ascensión capilar en comparación a la ascensión del limo, también la absorción de agua se reducen en un 3.5% del limo con respecto a la arena con la incorporación de grasa en las muestras, esto tiene sentido ya que los granos de arena presentan mayores cavidades haciendo que la capilaridad pase de una manera más fácil a través de las partículas del grano a diferencia del limo que el tamaño de grano es más pequeño y se hace menos permeable tal es el caso de las arcillas que son mucho menos permeables.

**H3: El cambio de temperatura durante la adición de la grasa porcina influye significativamente en la impermeabilización.**

Según los resultados el cambio de temperatura durante la adición de la grasa porcina **No** influye significativamente en la impermeabilización.

Según los resultados encontrados en los diferentes ensayos, los valores con el cambio de temperatura, estadísticamente no influye significativamente en la ascensión capilar.

**H4: El espesor mínimo de impermeabilización con la mezcla de suelo adicionado con grasa porcina influye significativamente en la impermeabilidad del suelo.**

Según los resultados obtenidos en laboratorio el espesor mínimo de impermeabilización con la mezcla de suelo adicionado con grasa porcina **si** influye significativamente en la impermeabilidad del suelo.

El espesor mínimo de impermeabilización que se obtuvo dio como resultado que para el caso del limo con un 10% de grasa se obtiene un valor del 24.34% de ascensión capilar a diferencia de 57.78% de ascensión capilar con 0% de grasa añadida, para este caso el espesor mínimo de impermeabilización mejoro en un 42.13%.

Para el caso de la arena con un 10% de grasa se obtiene un valor del 47.45% de ascensión capilar a diferencia de 80.88 % de ascensión capilar con 0% de grasa añadida, para este caso el espesor mínimo de impermeabilización mejoro en un 58.66%.

El valor constante de espesor mínimo de impermeabilización es de 33.4% con el contenido máximo de grasa de 10%.

## V. DISCUSIÓN

**OG. Determinar la medida en que se da la impermeabilización de suelo de subrasante de la calle Alto Qosqo cuando se adiciona grasa porcina proveniente de desechos alimentarios.**

Según (Huaquisto Cáceres, 2014) En la investigación que realizó que tiene como título “Efecto del aceite residual de la maquinaria pesada en los factores físico y factores mecánicos del suelo”, el autor utilizó el aceite de maquinarias y lo aplicó en el suelo arcilloso y así obtuvo una relación de contenido de aceite llegando a la conclusión sobre el resultado de permeabilidad con un contenido de aceite de 0% al 10% en 20.48% para un suelo arcilloso en nuestra investigación encontramos similitud con el contenido de grasa de 0% al 10% en 55.4% para la arena y 36.8% para el limo, señalar que cuanto más pequeño el tamaño de grano la adición de grasa disminuye su eficiencia de impermeabilización.

Según (Suxe Carrasco, 2017) “La aplicación de emulsión asfáltica para estabilizar el afirmado de la carretera (bagua grande - buena vista), región Amazonas 2017”. En su investigación acerca del uso de emulsión asfáltica para la estabilización de suelo señala que la emulsión mejora la impermeabilidad del suelo en este sentido encontramos similitud en nuestros resultados.

**O1 Determinar de qué manera influye la adición de grasa porcina en las propiedades físicas del suelo de subrasante de la calle alto Qosco**

Según (Huaquisto Cáceres, 2014) que realizó ensayos con la adición de aceite reciclado de autos de los talleres mecánicos de la ciudad de Puno mezcló sus muestras con aceite, después fueron curadas para ser sometidas a los ensayos de laboratorio: Límite Líquido, Límite Plástico, contenido de humedad, densidad seca, índice de plasticidad y permeabilidad; para la determinación de las propiedades físicas mecánicas, se determinó su resistencia a la compresión simple, ángulo de fricción del suelo, densidad seca y contenido de humedad, sus resultados son los siguientes: el aceite residual favorece en el proceso de compactación aumentando la densidad seca máxima en un rango del 2% al 4%, reduciéndose esta propiedad cuando aumenta el contenido de aceite más allá del 4%. La resistencia a la

compresión simple y cohesión se reducen con los incrementos paulatinos de aceite desde (0% al 10%) en (3.45 kg/cm<sup>2</sup> y 0.18 kg/cm<sup>2</sup>) respectivamente, el esfuerzo en compresión simple aumenta en el rango del (2% al 4%) de aceite hasta (7.61 kg/cm<sup>2</sup>).

En nuestra investigación a diferencia de los resultados obtenidos por el autor la densidad seca no mejora con la adición de grasa pero si encontramos similitud cuando indica que a más contenido de aceite las propiedades no mejoran también en nuestra investigación encontramos que la resistencia a compresión simple se reduce con el incremento de la grasa.

Según (Yaya Chunpitaz, 2018) en esta investigación realiza los ensayos de laboratorio para determinar las características físico-mecánicas del suelo con el fin de mejorar o estabilizar el suelo sin embargo en su capítulo de discusión señala que su investigación está orientada a la investigación de la impermeabilización con aceite de motores reciclados. El uso de aceite residual de motores con 4% mejora las características físicas del suelo además baja el nivel de plasticidad en un 3.50%

En nuestro proyecto de investigación realizamos los ensayos para caracterizar las propiedades físicas del suelo como son los ensayos de granulometría, límite líquido, límite plástico y también se realizó la separación de grano mediante tamizado, la arena y el limo los dos tipos de grano que se utilizaron en los ensayos de laboratorio para calcular la ascensión capilar del agua en presencia de la grasa añadida al 0% 2% y 10% encontramos que el tipo de suelo presentaba características negativas para la impermeabilización ya que el tipo de suelo era limo arcilloso. Encontramos similitud con la investigación mencionada anteriormente ya que también nosotros encontramos en nuestros resultados que si es posible impermeabilizar el suelo como se demostró en los resultados.

**O2 Determinar si el porcentaje de grasa porcina influye en la impermeabilización cuando el tamaño de grano de suelo varía entre arena y limo.**

Según (Yaya Chunpitaz, 2018) en esta investigación que está situada en la costa norte del territorio peruano las características que presenta el suelo son desfavorables a la impermeabilización ya que los suelos presentan napas freáticas

y la humedad es elevada además el tipo de suelo que utiliza para su investigación es la arena que es característico en esta zona, según la investigación resalta la propiedad del aceite reciclado para impermeabilizar este tipo de suelos que sería favorable para fines de cimentación, en nuestra investigación encontramos similitudes ya que nosotros utilizamos arena y limo y según nuestros resultados la arena es más susceptible a la ascensión capilar ya que su factor de permeabilidad es mayor que el del limo lo que implica que la grasa es conveniente para impermeabilización coincidiendo con la investigación mencionada que sería óptimo el uso del aceite en la impermeabilización para el tipo de suelo que es arena.

Según (Suxe Carrasco, 2017) utiliza 4% 7% y 9% de grasa que también concuerda con el porcentaje que recomienda el manual de carreteras del MTC que indica el uso de emulsión entre 4 a 7% señala que el porcentaje de emulsión para este tipo de afirmado de la carretera materia de estudio es de 5% es el más óptimo, pero también funciona con porcentajes de hasta 7%, en la presente investigación encontramos similitudes acerca de la impermeabilización de acuerdo a nuestro resultados la grasa porcina si impermeabiliza el suelo y encontramos similitudes con las dos investigaciones en el porcentaje de grasa que para nuestra investigación utilizamos porcentajes de 0% 2% y 10% de grasa porcina

Según (Fonseca, 2012) Ingeniero y docente de la universidad Católica de Colombia, en su libro que tiene como título "Ingeniería de pavimentos - Evaluación estructural, obras de mejoramiento y nuevas tecnologías" señala en su investigación sobre el uso de emulsificantes en diferentes suelos, indica que las emulsiones asfálticas deben utilizarse mayormente en suelos no cohesivos o arenoso ya que en su investigación llegó a la conclusión que las emulsiones asfálticas funcionan mejor con este tipo de suelos.

### **O3 Determinar la medida en que resulta la impermeabilización con el cambio de temperatura durante la adición de la grasa porcina.**

Según (Santa Cruz Buendía, 2018) en su investigación "Efectos del aceite quemado en las propiedades mecánicas del suelo cohesivo, satipo, junin" señala en el uso del aceite reciclado para los suelos cohesivos con la incorporación de aceite reciclado al 5 10% y 15% señala que la adición de aceite quemado de motores

mejora las propiedades físicas mecánicas del suelo, concluye que el 10% de aceite es óptimo,

También señala que el aumento o incremento de temperatura del aceite añadido a la mezcla mejorar las propiedades físicas mecánicas del suelo ya que una de las propiedades de los aceites es la viscosidad.

En nuestra investigación encontramos que el incremento de temperatura del aceite no tiene influencia estadísticamente significativa.

#### **O4. Determinar el espesor mínimo de impermeabilización con la mezcla de suelo adicionado con grasa porcina que asegura una impermeabilidad adecuada.**

El espesor mínimo de impermeabilización es el 3.34% del espesor de suelo para hallar este resultado se obtuvo de la diferencia entre la Ascensión máxima sin grasa que fue de 57.8% menos la Ascensión mínima con 1% de grasa añadida. Gracias a esta relación es posible determinar el espesor mínimo de impermeabilización en diferentes espesores de suelo ya que nuestro resultado es una relación del espesor de suelo que se mantiene constante para todos los casos en la ascensión capilar con 1% de grasa que es la cantidad mínima de grasa en contraste no se presentó el resultado numérico que según la dimensión sería en milímetros o centímetros con el propósito de que este valor pueda ser aplicado a diferentes espesores según los requerimientos técnicos.

Según (Suxe Carrasco, 2017) en su investigación titulada “La aplicación de emulsión asfáltica para estabilizar el afirmado de la carretera (bagua grande - buena vista), región amazonas 2017”. Señala que según el MTC en su manual de especificaciones Técnicas EG-2013, indica que el espesor de la capa mínima a estabilizar será de 15 cm, y que también hace referencia al tipo de emulsión, en contraste con nuestra investigación podemos precisar para el espesor mencionado por el autor que usando la grasa obtendríamos el espesor mínimo de 5cm que es la constante de 33.4% del espesor de suelo.

## VI. CONCLUSIONES

**A).** La grasa influye de forma estadísticamente significativa en la ascensión capilar por cada 1% de grasa añadida al suelo, la ascensión capilar se reduce en 3.34%, también la diferencia de la ascensión capilar entre la arena y limo es de un 23.1% mayor para el caso de la arena. La permeabilidad se logró reducir de los valores iniciales con 0% de grasa, de  $5.57E-03\text{cm/s}$  para el caso de la arena y  $3.93E-03\text{cm/s}$  para el caso del limo, en  $3.09E-03\text{cm/s}$  para el caso de la arena y  $1.45E-03\text{cm/s}$  para el caso del limo, con un contenido máximo de grasa de 10%.

**a).** La densidad seca y densidad humedad con presencia de grasa porcina en el suelo no tuvo un cambio estadísticamente significativo, la densidad del suelo se mantuvo constante en las 18 muestras que se realizaron. Sin embargo, los resultados del ensayo de compresión simple indican que la resistencia con 0% de grasa tiene un valor de  $12.70\text{kg/cm}^2$  y con el contenido máximo de grasa que es 10% el valor de la resistencia es de  $5.51\text{kg/cm}^2$  reduciéndose la resistencia considerablemente, por cada 1% de grasa añadida a las muestras la resistencia se reduce en un 5.66%.

**b).** la diferencia de ascensión del tipo de grano entre arena y limo, la arena es mayor en un 23.1% de ascensión capilar en comparación a la ascensión del limo, también la absorción de agua se reducen en un 3.5% del limo con respecto a la arena con la incorporación de grasa en las muestras, esto tiene sentido ya que los granos de arena presentan mayores cavidades haciendo que la capilaridad pase de una manera más fácil a través de las partículas del grano a diferencia del limo que el tamaño de grano es más pequeño y se hace menos permeable tal es el caso de las arcillas que son mucho menos permeables.

**c)** Los valores con el cambio de La temperatura, estadísticamente no influye significativamente en la ascensión capilar.

**d).** El espesor mínimo de impermeabilización que se obtuvo dio como resultado que para el caso del limo con un 10% de grasa se obtiene un valor del 24.34% de ascensión capilar a diferencia de 57.78% de ascensión capilar con 0% de grasa

añadida, para este caso el espesor mínimo de impermeabilización mejoro en un 42.13%.

Para el caso de la arena con un 10% de grasa se obtiene un valor del 47.45% de ascensión capilar a diferencia de 80.88 % de ascensión capilar con 0% de grasa añadida, para este caso el espesor mínimo de impermeabilización mejoro en un 58.66%.

El valor constante de espesor mínimo de impermeabilización es de 33.4% con el contenido máximo de grasa de 10%.

## VII. RECOMENDACIONES

El uso de grasa porcina proveniente de desechos alimentarios es beneficioso para la estabilización de suelo en la propiedad de impermeabilización, sin embargo, dosis mayores influyen en la resistencia del suelo, para este caso sería recomendable el uso de un cementante para incrementar la resistencia o compensar la resistencia que le quita el porcentaje de grasa.

Se recomienda el uso de la grasa sin alterar su temperatura natural ya que se demostró que no tiene influencia en los resultados, además que es muy beneficioso para la aplicación ya que no genera vapor contribuyendo en el cuidado del medio ambiente.

Se recomienda el uso de grasa porcina en suelos arenosos ya que tiene mayor efectividad como se demostró en la investigación, el tamaño de grano si influye en la impermeabilización, los granos con menor tamaño como el limo y la arcilla son más permeables, añadir grasa a este tipo de granos no sería tan beneficioso.

Es importante mencionar el uso de la grasa porcina procedente de desechos alimentarios para la estabilización de suelos con el fin de contribuir con el medio ambiente, el reciclado de materiales como en este caso la grasa que normalmente son desechados a los desagües o a los suelos contaminando y dañando el medio ambiente es necesario contribuir para que los suelos no sigan degradándose.

## REFERENCIAS

- Alfonso, J. A. (2013). *Obtención de biodiesel a partir de*. CALIFORNIA: CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN.
- Arbulú, C. (2019). *Informe de estudio de mecánica de suelos para una edificación particular*. Cusco.
- Br. Suárez Vásquez, W. E. (2019). *OBTENCIÓN Y EFICIENCIA DE UN BIODIESEL A PARTIR DE LA GRASA DE CERDO SUS SCROFA DOMESTICUS Y POLLO GALLUS DOMESTICUS EN UN MERCADO DE CHICLAYO*. CHICLAYO: Universidad Cesar Vallejo.
- Cabello, M. &. (2020). *¿Qué hacemos con todo el aceite usado que producimos? LA RETAMA (REVISTAS TECNICAS DE MEDIO AMBIENTE)*.
- Cañar, E. S. (2017). *ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA AL CORTE Y ESTABILIZACIÓN DE SUERO ARENOSOS FINOS Y ARCILLOSOS*. Ambato: Universidad Técnica de Ambato.
- Carvajal, R. R. (1997). *PROPIEDADES FÍSICAS, QUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DE LOS SUELO*. Colombia: Carlos Naranjo O.
- Chalco Sanchez, J. G. (2017). *ESTUDIO TÉCNICO ECONÓMICO PARA LA ELABORACIÓN DE JABÓN INDUSTRIAL A PARTIR DEL ACEITE VEGETAL USADO (AVU) DE LOS RESTAURANTES DE LA CIUDAD DEL CUSCO - 2016*. Cusco: Universidad Andina del Cusco.
- CONCYTEC, PERÚ. (2019). *REGLAMENTO DE CALIFICACIÓN, CLASIFICACIÓN Y REGISTRO DE LOS INVESTIGADORES DEL SISTEMA NACIONAL DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN TECNOLÓGICA - REGLAMENTO RENACYT*. Lima: Concytec Perú.
- Crespo, I. C. (1976). *MECÁNICA DE SUELOS Y CIMENTACIONES*. MONTERRY: NORIEGA EDITORES.
- Eires, R., & Camoes, A. (2015). Ancient Materials and Techniques to Improve the Earthen Building Durability. *Key Engineering Materials Vol. 634*, 357-366.

- Escobar, J. (2002). *La contaminación de los ríos*. Santiago de Chile: División de Recursos Naturales e Infraestructura .
- Espina, M. (2016). Propiedades mecánicas de bandejas elaboradas con almidón de especies vegetales nativas y fibras de residuos agroindustriales. *Scielo*.
- Esquivel, I. (2014). *Los Modelos Tecno-Educativos, revolucionando el aprendizaje del siglo XXI*. Ciudad de México.
- FAO, P. d. (s.f.). <http://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/propiedades-del-suelo/propiedades-fisicas/es/#:~:text=Se%20refiere%20a%20peso%20por,est%C3%A1%20al%20rededor%20de%202%2C65>.
- Feria, H., Blanco, M., & Valledor, R. (2019). *La dimensión metodológica del diseño de la investigación científica*. Las Tunas: Universidad de Las Tunas.
- Gómez Inca, P. (2017). *ANÁLISIS DEL AGENTE HIDROFÓBICO ESTEARINA EN DIÉSEL PARA LA MEJORA EN LA ETAPA DE PRENSADO Y DESMOLDANTE*. Arequipa: UNIVERSIDAD NACIONAL SAN AGUSTÍN DE AREQUIPA, ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA.
- Gonzales, V. L. (2002). *INGENIERIA GEOLOGICA*. Madrid: Universidad Complutense de Madrid.
- Graber, E., Fine, P., & Levy, G. (2006). *Soil Stabilization in Semiarid and Arid Land Agriculture*. ASCE.
- Guamán, I. i. (2016). *Estudio de comportamiento de un suelo arcilloso estabilizado por dos métodos químicos (cal y cloruro de sodio)*. Ambato: Universidad Técnica de Ambato.
- Hernández-Sampieri, R., & Mendoza Torres, C. (2018). *METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN: LAS RUTAS CUANTITATIVA, CUALITATIVA Y MIXTA*. Ciudad de México: MCGRAW-HILL INTERAMERICANA EDITORES, S.A. de C. V.
- Huang, Y. (1993). *Pavement Analysis and Design*. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, Inc.

- Huaquisto Cáceres, S. (2014). *EFFECTO DEL ACEITE RESIDUAL DE LA MAQUINARIA PESADA EN LOS FACTORES FÍSICO MECÁNICOS DEL SUELO*. Puno: Universidad Nacional del Altiplano, Programa de doctorado en ciencia tecnología y medio ambiente.
- Juárez, j. (2008). *Obtención y purificación de la manteca de cerdo*. Lima: UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS .
- MEF-Perú. (2015). *Pautas metodológicas para el desarrollo de alternativas de pavimentos en la formulación y evaluación social de proyectos de inversión pública de carreteras*. Lima: Ministerio de Economía y Finanzas.
- Melo, O., López, L., & Melo, S. (2020). *Diseño de Experimentos Métodos y Aplicaciones*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Montoya, F. (2012). *ESTUDIO DE LA CAPACIDAD DEL SUELO PARA LA DEGRADACIÓN DE ACEITES COMESTIBLES USADOS Y SU INCORPORACIÓN COMO MATERIAL ORGANICA*. Valencia: Universidad Carabobo.
- Moreno, A. (1999). *Recolección de información*. Santa Fe de Bogotá: ARFO EDITORES LTDA.
- Murthy, V. (2002). *Geotechnical Engineering Principles and Practices of Soil Mechanics and Foundation Engineering*. New York: Marcel Dekker Inc.
- OCDE. (2007). *REVISED FIELD OF SCIENCE AND TECHNOLOGY (FOS) CLASSIFICATION IN THE FRASCATI MANUAL*. OCDE.
- Piloña, G. (2016). *GUÍA PRÁCTICA SOBRE MÉTODOS Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN DOCUMENTAL Y DE CAMPO*. Guatemala: GP Editores.
- Powrie, W. (2014). *Soil Mechanics Concepts and Applications*. Boca Raton: Taylor & Francis.
- Protex Argentina. (28 de Abril de 2021). *Impermeabilizantes*. Obtenido de <https://protexargentina.com/capacitaciones/pdfs/Impermeabilizantes.pdf>
- REYES, V. H. (2018). *“ESTUDIO DE LA GENERACION DE ACEITES USADOS EN LOS DIFERENTES ESTABLECIMIENTOS DE COMIDA Y SU*

*REUTILIZACION INDUSTRIAL*". PIURA: UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA.

Rico, A. R. (1997). *CARRETERAS*. España: Técnica de la Asociación Española de la Carretera.

Sáez, A., G. U., & Joheni, A. (2014). *Manejo de residuos sólidos en América Latina y el Caribe*. Maracaibo, Venezuela: Universidad del Zulia.

Santa Cruz Buendia, M. A. (2018). *EFFECTOS DEL ACEITE QUEMADO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL SUELO COHESIVO*. Huancayo: Universidad Peruana de los Andes.

Sanzano, I. A. (2019). *LOS FACTORES DE FORMACIÓN DEL SUELO*. Tucumá: Universidad Nacional de Tucumá.

Saunders, M., Lewis, P., & Thornhill, A. (2019). *Research Methods for Business Students*. Harlow: Pearson.

Sekaran, U. (2003). *RESEARCH METHODS FOR BUSINESS A Skill-Building Appro*. Danvers: John Wiley & Sons, Inc.

Shigenaka, G. (2011). *Effects of Oil in the Environment*. Mexico: Gulf Professional Publishing.

Suxe Carrasco, R. (2017). *APLICACIÓN DE EMULSIÓN ASFÁLTICA PARA ESTABILIZAR PARA ESTABILIZAR EL AFIRMADO DE LA CARRETERA BAGUA GRANDE - BUENA VISTA, REGIÓN AMAZONAS 2017*. AMAZONAS: Universidad Cesar Vallejo.

Universidad César Vallejo. (2020). *Guía de Productos de Investigación*. Lima: UCV.

Ushca, C. F. (2012). *ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA Y DEL DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA ECUADOR*.

Velasco, V., Vera, V., Bórquez, F., Williams, P., Faundez, M., & Alarcon-Enos, J. (2019). *COMPOSICIÓN DE CARNE DE CERDO EN UN SISTEMA DE PRODUCCIÓN NATURAL*. *Chilean journal of agricultural & animal sciences*, 261-266.

Winterkorn, H. (1954). *The Science of Soil Stabilization*. Princeton: Soil Physics Laboratory, Princeton University.

Witlow, R. (1999). *FUNDAMENTOS DE MECANICA DE SUELOS*. Mexico: cecsa.

Yaya Chunpitaz, E. R. (2018). *MEJORAMIENTO DE SUELO CON FINES DE CIMENTACIÓN CON AFIRMADO Y ACEITE RECICLADO DE MOTORES EN LA AVENIDA VÍCTOR RAUL HAYA DE LA TORRE 220 - CHIMBOTE*. Chimbote: Universidad César Vallejo.

## ANEXOS

### Anexo: 1 Matriz de consistencia.

“Impermeabilización de suelo de subrasante de la calle Alto Qosqo adicionando grasa porcina proveniente de desechos alimentarios, Cusco, 2021”				
PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLES I.	Enfoque de investigación Cuantitativo <b>Tipo de investigación</b> Aplicada <b>Nivel de investigación</b> Explicativa <b>Diseño de la investigación</b> Experimental
¿En qué medida se da la impermeabilización de suelo de subrasante de la calle Alto Qosqo cuando se adiciona grasa porcina proveniente de desechos alimentarios?	Determinar la medida en que se da la impermeabilización de suelo de subrasante de la calle Alto Qosqo cuando se adiciona grasa porcina proveniente de desechos alimentarios.	La adición de grasa porcina influye significativamente en la impermeabilidad del suelo proveniente de la subrasante de la calle Alto Qosqo.	Adición de grasa porcina	
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICOS	VARIABLES D.	
¿De que manera influye la adición de grasa porcina en las propiedades físicas del suelo de subrasante de la calle alto Qosco?	Determinar de que manera influye la adición de grasa porcina en las propiedades físicas del suelo de subrasante de la calle alto Qosco	La adición de grasa porcina influye significativamente en las propiedades físicas del suelo de subrasante de la calle alto Qosco.	Impermeabilización del suelo	
¿De qué manera influye el porcentaje de grasa porcina en la impermeabilización cuando el tamaño de grano de suelo varía entre arena y limo?	Determinar si el porcentaje de grasa porcina influye en la impermeabilización cuando el tamaño de grano de suelo varía entre arena y limo.	El porcentaje de grasa porcina influye significativamente en la impermeabilización cuando el tamaño de grano de suelo varía entre arena y limo.		
¿En qué medida resulta la impermeabilización con el cambio de temperatura durante la adición de la grasa porcina?	Determinar la medida en que resulta la impermeabilización con el cambio de temperatura durante la adición de la grasa porcina.	El cambio de temperatura durante la adición de la grasa porcina influye significativamente en la impermeabilización.		
¿Cuál es el espesor mínimo de impermeabilización con la mezcla de suelo adicionado con grasa porcina que asegura una impermeabilidad adecuada?	Determinar el espesor mínimo de impermeabilización con la mezcla de suelo adicionado con grasa porcina que asegura una impermeabilidad adecuada.	El espesor mínimo de impermeabilización con la mezcla de suelo adicionado con grasa porcina influye significativamente en la impermeabilidad del suelo.		

### Anexo: 2 Variables y operacionalización

Var	Tipo	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicador	Técnica	Instrumento metodológico	Validación	Instrumento y/o equipo de ingeniería	Calibración del equipo de ingeniería	Escala	Valores esperados
Adicionando de grasa porcina	Independiente	Dosis de grasa que se aplica al suelo	Peso de la grasa en porcentaje de suelo seco que se trata con dicho material	Dosis de grasa	Porcentaje de grasa	Observación	Formato de dosificación de la grasa	Experto	Balanza al décimo de gramo calibrada	Vendedor	Razón	0%, 2% y 10%
Impermeabilización del suelo	Dependiente	La permeabilidad de los materiales es la capacidad que tienen los mismos de permitir que los líquidos y vapores lo atraviesen. Es decir, un elemento es permeable si absorbe o deja pasar a través suya buena parte de los fluidos que están en contacto con su superficie (Protex Argentina, 2021)	Se define como la capacidad del suelo para evitar ser penetrado por el agua, cuando se somete a una prueba de varga variable.	Tamaño de grano del suelo	Tipo de suelo	Observación	Formato de clasificación visual	Experto	--	--	Nominal	1) Arena, 2) limo
				Temperatura del suelo al momento de la mezcla	Temperatura de la mezcla	Observación	Formato de medición de temperatura	Experto	Termómetro calibrado para suelo	Consultor del ensayo	Intervalo	15°C a 60°C
				Espesor de impermeabilización	Espesor	Observación	Formato de medición del espesor	Experto	Pie de rey calibrado	Vendedor	Razón	5mm, 15 mm y 25 mm

### Anexo: 3 Valides de instrumento de recolección de datos

#### FICHA TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS VALIDADA POR EXPERTOS

Tesis: "Impermeabilización de suelo de subrasante de la calle Alto Qosqo adicionando grasa porcina proveniente de desechos alimentarios, Cusco, 2021"

AUTOR(ES):

Holgüino Rivas, Licette Eliana y Fernandez Granada, Jesus

#### Ficha técnica 1

#### Ensayo de impermeabilización de suelo

FORMATO DE DISEÑO EXPERIMENTAL						FORMATO DE MEDICIÓN DE DIÁMETRO, ALTURA Y VOLUMEN DE MUESTRAS SECAS									
Muestra	Orden de ensayo	tipo de suelo	temperatura	% de grasa	% de agua	Medición de diámetros					Medición de alturas				
						MUESTRA	d1	d2	d3	d4	Diámetro (cm)	h1	h2	h3 (prom. (cm))	Vol. (cm <sup>3</sup> )
N1						N1									
N2						N2									
N3						N3									
N4						N4									
N5						N5									
N6						N6									
N7						N7									
N8						N8									
N9						N9									
N10						N10									
N11						N11									
N12						N12									
N13						N13									
N14						N14									
N15						N15									
N16						N16									
N17						N17									
N18						N18									

PESOS DE LAS MUESTRAS						ALTURA DE ASCENSIÓN EN 1/2 HORA					
MUESTRA	Peso de muestra seca	Peso de muestra húmeda	Peso de muestra húmeda (g)	PESO ABSORCIÓN (g/100g)	PESO ABSORCIÓN (% agua)	Peso	h1	h2	h3	h promedio	h promedio (cm)
N1											
N2											
N3											
N4											
N5											
N6											
N7											
N8											
N9											
N10											
N11											
N12											
N13											
N14											
N15											
N16											
N17											
N18											

La calificación de la ficha técnica será dar en la escala del 0 al 1 de acuerdo a esta escala la aprobación de esta ficha técnica será a partir de 0.51 = 1

NOMBRE DE ESPECIALISTAS	CIP	FIRMA	CALIFICACIÓN
<i>César Arbulú Jirado</i>	115164	 CESAR ARBULU JIRADO REGISTRO CAL Nº CP 115164	1
<i>Amilcar Rivera Quila</i>	90174	 AMILCAR RIVERA QUILA REGISTRO CAL Nº CP 90174	1
<i>Jhon Jhordi Valentin Tesi</i>	213265	 JHON JHORDI VALENTIN TESI REGISTRO CAL Nº CP 213265	1

**Ficha técnica 2**  
**Recolección de datos de resultados**

FORMATO DE RESULTADOS

**1) Densidad seca**

MUESTRA	Vol prom (cm <sup>3</sup> )	Peso seco muestra (g)	D seca (g/cm <sup>3</sup> )
N1			
N2			
N3			
N4			
N5			
N6			
N7			
N8			
N9			
N10			
N11			
N12			
N13			
N14			
N15			
N16			
N17			
N18			

**2) Ascension a la 1/2 hora**

MUESTRA	H prom (mm)	H asc prom corr (mm)	W%_asc_1/2h
N1			
N2			
N3			
N4			
N5			
N6			
N7			
N8			
N9			
N10			
N11			
N12			
N13			
N14			
N15			
N16			
N17			
N18			

**3) Absorción a la 1/2 hora**

MUESTRA	Peso seco muestra (g)	PESO ABSORCIÓN (1/2 hora)	W%_abs_1/2
N1			
N2			
N3			
N4			
N5			
N6			
N7			
N8			
N9			
N10			
N11			
N12			
N13			
N14			
N15			
N16			
N17			
N18			

**4) Absorción a las 24 horas**

MUESTRA	Peso seco muestra (g)	PESO ABS. (24 horas)	W%_abs_24h
N1			
N2			
N3			
N4			
N5			
N6			
N7			
N8			
N9			
N10			
N11			
N12			
N13			
N14			
N15			
N16			
N17			
N18			

**5) Densidad Humeda**

MUESTRA	Peso de muestra molde	Peso molde vado	D hum (g/cm <sup>3</sup> )
N1			
N2			
N3			
N4			
N5			
N6			
N7			
N8			
N9			
N10			
N11			
N12			
N13			
N14			
N15			
N16			
N17			
N18			

**6) resistencia a compresion simple**

MUESTRA	D prom (mm)	P(kg)	f c (kg/cm <sup>2</sup> )
N1			
N2			
N3			
N4			
N5			
N6			
N7			
N8			
N9			
N10			
N11			
N12			
N13			
N14			
N15			
N16			
N17			
N18			

La calificación de la ficha técnica será dar en la escala del 0 al 1 de acuerdo a esta escala la aprobación de esta ficha técnica será a partir de 0.51 = 1

NOMBRE DE ESPECIALISTAS	CIP	FIRMA	CALIFICACIÓN
<i>César Arturo Aguado</i>	115764	 CESAR ARTURO AGUADO INGENIERO CIVIL Reg. CIP. N° 115764	1
<i>Amilcar Rivera Quilla</i>	90174	 AMILCAR RIVERA QUILLA INGENIERO CIVIL Reg. CIP. N° 90174	1
<i>Jhon Jhoni Valencia Taca</i>	213165	 JHON JHONI VALENCIA TACA INGENIERO CIVIL Reg. CIP. N° 213165	1

**FICHA TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS VALIDADA POR EXPERTOS**

Tesis: "Impermeabilización de suelo de subrasante de la calle Alto Qosqo adicionando grasa porcina proveniente de desechos alimentarios, Cusco, 2021"

**AUTOR(ES):**

Holgüino Rivas, Licette Eliana y Fernandez Granada, Jesus

**Ficha técnica 1**

**Ensayo de impermeabilización de suelo**

FORMATO DE DISEÑO EXPERIMENTAL						FORMATO DE MEDICIÓN DE DIÁMETRO, ALTURA Y VOLUMEN DE MUESTRAS SECAS									
Muestra	Orden de ensayo	tipo de suelo	temperatura	% de grasa	% de agua	Medición de diámetros					Medición de altura				
						M1	M2	M3	M4	Diámetro (mm)	H1	H2	H3	H4	Volumen (cm <sup>3</sup> )
N1	7	Limo	Ambiente	0	132.3	N1	81.2	81.4	80.8	81.8	81.25	118.3	116.7	117.6	146.2121
N2	4	Areña	Caliente	0	94.5	N2	81.4	81.6	81.3	81.4	81.425	117.2	116.4	116.4	139.8946
N3	3	Areña	Ambiente	18	94.5	N3	81.8	80.9	81.3	81.5	81.175	117.7	117.9	117.75	148.3444
N4	20	Limo	Caliente	18	132.3	N4	80.9	81.6	81.3	80.9	80.975	117.1	116.3	116.7	144.7724
N5	9	Limo	Ambiente	55	132.3	N5	81.7	81.8	82.4	82.1	82	116.7	116	116.35	151.0761
N6	3	Areña	Caliente	95	94.5	N6	81.5	81.2	81.7	81.3	81.425	116	115.3	115.85	142.7081
N7	6	Areña	Ambiente	18	94.5	N7	82	81.8	81.6	81.4	81.7	116.2	117.4	116.8	148.3727
N8	20	Limo	Caliente	18	132.3	N8	81.6	81.6	81.4	81.3	81.475	118	116.7	116.85	152.281
N9	25	Areña	Caliente	95	94.5	N9	81.6	81.7	82	82.1	81.85	117.9	116.9	117.4	154.8847
N10	28	Limo	Ambiente	0	132.3	N10	81.8	81.2	81.5	81.5	81.5	118.1	116.7	117.4	148.7621
N11	11	Areña	Caliente	0	94.5	N11	81.5	81.6	81.4	82.5	81.75	116.8	116.3	117.45	151.736
N12	17	Areña	Ambiente	18	94.5	N12	81.5	81.4	81.5	81.7	81.525	116.9	116	116.45	142.1321
N13	14	Limo	Caliente	18	132.3	N13	81.3	81.2	81.7	81.1	81.225	116.2	117.7	116.95	144.3085
N14	5	Limo	Ambiente	95	132.3	N14	81.2	81.4	81.4	81.5	81.4	116.4	117.2	117.3	152.5884
N15	13	Areña	Caliente	95	94.5	N15	81.6	81.6	82.1	82	82.125	116.7	116.5	116.75	153.9676
N16	2	Areña	Ambiente	18	94.5	N16	81.7	81.4	81.5	81.5	81.525	117	116.2	117.6	149.6214
N17	8	Limo	Caliente	18	132.3	N17	81.8	81.7	81.5	81.3	81.575	116.8	117.6	117.2	149.3387
N18	12	areña	Caliente	95	94.5	N18	82	81.8	81.8	80.9	81.575	116.8	117.2	117.2	151.1338

PESOS DE LAS MUESTRAS						ALTURA DE ASCENSIÓN EN 1/2 HORA					
MUESTRA	Peso de material usado	Peso neto (g)	Peso seco (g)	PESO ABSORCIÓN (g) total	PESO ABSORCIÓN (g) seco	Wp(%)	H1	H2	H3	H4 (promedio)	Peso (g) (V=200)
N1	2821	1746	576.0	820.2	684.6	250.0	61.1	56.8	57.3	58.37	56.44
N2	2403	1746	589.0	868.2	688.1	300.0	126.9	111	110.2	110.23	124.48
N3	2267	1746	569.0	863.2	686.1	160.0	117.7	117.9	118.2	117.95	135.88
N4	2439	1746	588.0	0	693.4	378.0	52.0	47.5	51.9	48.85	46.78
N5	2267	1746	519.0	836.8	612.5	118.0	49.2	40.8	36.8	38.93	39.93
N6	2403	1746	589.0	826.6	683.3	162.0	32.3	43.9	51.4	46.25	44.71
N7	2421	1746	563.0	850.4	698.9	350.0	63.3	70.2	64.9	66.13	66.66
N8	2435	1746	561.0	820.1	664.9	160.0	38.5	36	36.7	36.49	35.94
N9	2445	1746	578.0	889.6	648.1	130.0	37.2	30.5	37.6	37.17	34.18
N10	2421	1746	586.0	0	693.5	490.0	68.8	56.6	66.4	63.55	60.08
N11	2267	1746	578.0	872.7	682.9	380.0	116.4	118.5	118.5	117.88	133.87
N12	2419	1746	594.0	853.7	696.0	370.0	74.6	84.6	87.6	82.37	77.96
N13	2429	1746	581.0	817.9	687.8	340.0	62.1	51.8	52.7	56.53	62.27
N14	2400	1746	537.0	868.4	674.7	170.0	43.6	43.9	44.3	43.90	43.21
N15	2407	1746	531.0	876	674.5	86.0	46.8	42.3	46.7	44.87	42.76
N16	2416	1746	590.0	867.2	696.3	310.0	81.6	62.1	66.8	67.80	67.67
N17	2441	1746	593.0	828.6	698.8	490.0	67.3	60.6	49.4	49.12	45.90
N18	2436	1746	572.0	897.2	657.7	110.0	43.6	43.6	40.9	42.7	38.942127

La calificación de la ficha técnica será dar en la escala del 0 al 1 de acuerdo a esta escala la aprobación de esta ficha técnica será a partir de 0.51 = 1

NOMBRE DE ESPECIALISTAS	CIP	FIRMA	CALIFICACIÓN
Cesar Arbalá Jusado	115764		1
Arnílcar Rivera Quilla	90174		1
Jhon Jhoan Valencia Toca	213265		1

## Ficha técnica 2

### Recolección de datos de resultados

#### FORMATO DE RESULTADOS

#### 1) Densidad seca

MUESTRA	Vol prom (cm <sup>3</sup> )	Peso seco muestra (g)	D seca (g/cm <sup>3</sup> )
N1	346.21	576.00	1.66
N2	350.86	588.00	1.68
N3	348.38	560.00	1.61
N4	340.77	588.00	1.73
N5	321.08	510.00	1.59
N6	342.71	599.00	1.75
N7	349.87	603.00	1.73
N8	350.39	581.00	1.66
N9	334.20	578.00	1.73
N10	348.75	586.00	1.68
N11	351.74	578.00	1.64
N12	352.15	594.00	1.69
N13	344.31	581.00	1.69
N14	326.99	527.00	1.61
N15	330.86	551.00	1.67
N16	349.62	595.00	1.70
N17	349.00	593.00	1.70
N18	331.13	572.00	1.73

#### 2) Ascension a la 1/2 hora

MUESTRA	H prom (mm)	H asc. prom. corr (mm)	HN_ asc_ 1/2h
N1	317.50	55.44	47.28
N2	218.40	304.48	88.24
N3	217.75	316.50	98.94
N4	116.70	46.76	40.07
N5	106.35	39.93	37.95
N6	115.65	44.71	38.66
N7	126.85	60.86	52.05
N8	128.05	55.94	47.39
N9	111.40	34.19	30.69
N10	117.40	60.06	51.18
N11	117.45	133.87	96.95
N12	128.45	77.56	65.48
N13	126.95	52.27	44.70
N14	110.30	43.21	39.18
N15	109.15	42.79	39.21
N16	117.60	82.67	69.45
N17	117.20	45.90	39.16
N18	111.20	39.26	35.31

#### 3) Absorción a la 1/2 hora

MUESTRA	Peso seco muestra (g)	PESO ABSORCIÓN (1/2 hora)	W%_abs_1/2
N1	576.00	620.20	7.67
N2	588.00	668.20	13.04
N3	560.00	663.20	18.43
N4	588.00	0.00	0.00
N5	510.00	538.80	5.65
N6	599.00	626.50	4.59
N7	603.00	650.60	7.89
N8	581.00	630.10	6.73
N9	578.00	599.50	3.72
N10	586.00	0.00	0.00
N11	578.00	672.70	16.38
N12	594.00	653.70	10.05
N13	581.00	632.90	6.35
N14	527.00	538.40	5.96
N15	551.00	576.00	4.54
N16	595.00	657.20	10.45
N17	593.00	628.60	6.00
N18	572.00	597.20	4.41

#### 4) Absorción a las 24 horas

MUESTRA	Peso seco muestra (g)	PESO ABS. (24 horas)	W%_abs_24h
N1	576.00	684.60	18.85
N2	588.00	688.30	17.02
N3	560.00	656.30	17.16
N4	588.00	690.40	17.41
N5	510.00	610.50	19.71
N6	599.00	683.30	14.07
N7	603.00	698.90	15.90
N8	581.00	684.90	17.88
N9	578.00	646.30	11.78
N10	586.00	693.50	18.34
N11	578.00	682.90	18.15
N12	594.00	696.00	17.17
N13	581.00	687.50	18.53
N14	527.00	624.70	18.54
N15	551.00	624.50	13.34
N16	595.00	696.00	16.97
N17	593.00	696.80	17.50
N18	572.00	657.70	14.98

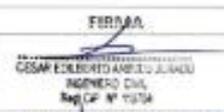
#### 5) Densidad Humeda

MUESTRA	Peso de muestra molde	Peso molde vacío	D hum (g/cm <sup>3</sup> )
N1	2423.00	1745.00	1.94
N2	2403.00	1745.00	1.89
N3	2367.00	1745.00	1.79
N4	2439.00	1745.00	1.99
N5	2387.00	1745.00	1.84
N6	2453.00	1745.00	2.03
N7	2421.00	1745.00	1.97
N8	2435.00	1745.00	1.98
N9	2445.00	1745.00	2.01
N10	2421.00	1745.00	1.94
N11	2397.00	1745.00	1.87
N12	2419.00	1745.00	1.94
N13	2429.00	1745.00	1.97
N14	2400.00	1745.00	1.88
N15	2427.00	1745.00	1.96
N16	2418.00	1745.00	1.93
N17	2441.00	1745.00	2.00
N18	2436.00	1745.00	1.99

#### 6) resistencia a compresion simple

MUESTRA	D prom (mm)	P (kg)	Fc (kg/cm <sup>2</sup> )
N1	61.25	250.00	8.48
N2	61.43	300.00	10.12
N3	61.38	160.00	5.41
N4	60.98	170.00	12.67
N5	62.00	218.00	3.93
N6	61.43	170.00	5.06
N7	61.70	350.00	11.71
N8	61.48	180.00	6.00
N9	61.85	130.00	4.33
N10	61.50	490.00	16.50
N11	61.75	280.00	9.35
N12	61.53	170.00	12.45
N13	61.23	340.00	11.55
N14	61.40	170.00	5.74
N15	62.13	80.00	2.64
N16	61.53	310.00	10.43
N17	61.58	490.00	16.45
N18	61.58	110.00	3.69

La calificación de la ficha técnica será dar en la escala del 0 al 1 de acuerdo a esta escala la aprobación de esta ficha técnica será a partir de 0.51 = 1

NOMBRE DE ESPECIALISTAS	CIP	FIRMA	CALIFICACIÓN
<i>Cesar Arribas Juade</i>	115764	 CESAR ARIBAS JUADE INGENIERO CIVIL Reg. CP. N° 10734	1
<i>Arnikar Rivera Quilla</i>	90174	 ARNIKAR RIVERA QUILLA INGENIERO CIVIL Reg. CP. N° 90174	1
<i>Jhon Jhendi Valentin Toca</i>	213165	 JHON JHENDI VALENTIN TOCA INGENIERO CIVIL Reg. CP. N° 213165	1

Anexo 4: Ficha de calibración de instrumento.



**Metrotest** E.I.R.L.  
LABORATORIO DE METROLOGÍA

Página 1 de 3

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
**CLM-575-2018**

<b>Solicitante</b>	: ARBULU JURADO CESAR EDILBERTO	<b>Misión:</b> Prestar servicios con política de mejoramiento continuo y cumplimiento con las normas y especificaciones técnicas requeridas en máquinas y equipos para medición y ensayos.
<b>Dirección</b>	: AV. MICAELA BASTIDAS 258 OF. 704 - WANCHAQ - CUSCO	
<b>Instrumento de Medición</b>	: COPA CASA GRANDE	<b>Visión:</b> Lograr la confianza de nuestros clientes en el desarrollo de sus empresas a través de nuestros servicios. Tenemos como objetivo alcanzar el liderazgo en el mercado, y de esta manera obtener para nuestros empleados la consecución de ideales en el plano intelectual y personal, con constante investigación e innovación, en la búsqueda de la máxima exactitud en la medición de ensayos.
<b>Marca:</b>	: PINZUAR	
<b>Modelo:</b>	: PS11	
<b>Serie:</b>	: 1846	
<b>Identificación:</b>	: NO INDICA	
<b>Procedencia:</b>	: COLOMBIA	
<b>Contador</b>	: ANALOGO	
<b>División mínima:</b>	: 1	
<b>Lugar de Calibración</b>	: Lab. Longitud de Metrotest E.I.R.L.	
<b>Fecha de Calibración</b>	: 2018-08-20	
<b>Fecha de Emisión</b>	: 2018-08-20	

**Método de Calibración Empleado**

La calibración se realizó por comparación directa usando un tacómetro y un Cronómetro Patrón certificados, empleando el método de comparación entre las indicaciones de lectura del equipo Casagrande a calibrar versus las revoluciones por minuto medidas con el tacómetro patrón en un tiempo determinado. Tomando Como referencia la Norma ASTM D 4318 y el Manual de Ensayos de Materiales (EM2000) Determinación de Limite Líquido de los Suelos MTC E 110 - 2000.

**Observaciones:**

- Se colocó una etiqueta con la indicación "CALIBRADO".
- Base endurecida Cumple con su referencia a rebote Seco

Los errores encontrados son menores a los Errores Máximos Permitidos (e.m.p) para su Clase de Exactitud. Los resultados indicados en el presente documentos son validos en el momento de la calibración y se refieren exclusivamente al instrumento calibrado, no debe utilizarse como certificado de conformidad de producto. METROTEST EIRL. No se hace responsable por los perjuicios que pueda ocasionar el uso incorrecto o inadecuado de este instrumento y tampoco de interpretaciones incorrectas o indebidas del presente documento. El usuario es responsable de la recalibración de sus instrumentos a intervalos apropiados de acuerdo al uso, conservación y mantenimiento del mismo y de acuerdo con las disposiciones legales vigentes. El presente documento carece de valor sin firmas y sellos.

- (\*) Código inscrito en una etiqueta adherida al instrumento.



Luis G. Asenjo G.  
Jefe de Metrología



# Metrotest E.I.R.L.

## LABORATORIO DE METROLOGÍA

Certificado de Calibración CLM-575-2018  
Página 3 de 3

### CONTOMETRO

N° Cuentas del Patrón	N° Cuentas del instrumento	Error de N° de cuentas	Incertidumbre de N° cuentas
2	2	0	1
5	5	0	1
10	10	0	1
15	15	0	1
20	20	0	1
25	25	0	1
30	30	0	1

### Incertidumbre

La incertidumbre de medición reportada ha sido calculada de acuerdo con las Guías OIML G1-100-en: 2008 (JCGM 100: 2008) y OIML G1-104-en: 2009 (JCGM 104: 2009) "Guía para la expresión de la incertidumbre en las Mediciones", la cual sugiere desarrollar un modelo matemático que tome en cuenta los factores de influencia durante La Incertidumbre indicada no incluye una estimación de las variaciones a largo plazo.

La Incertidumbre de medición reportada se denomina Incertidumbre expandida (U) y se obtiene de la multiplicación de la Incertidumbre Estándar Combinada (u) por el factor de cobertura (k).  
Generalmente se expresa un actor  $k=2$  para un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

Fin del Certificado de Calibración



Jr. Aristides Sologuren 484 Dpto. 102 Urb. Parques de Villa Sol - Los Olivos www.metrotesteirl.com / metrotestlogistica@hotmail.com / ventas@metrotesteirl.com  
Telf.: 526-7898 Telefax: 526-3324 Entel: 997 045 343 / #962 889 991

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE METROTEST EIRL

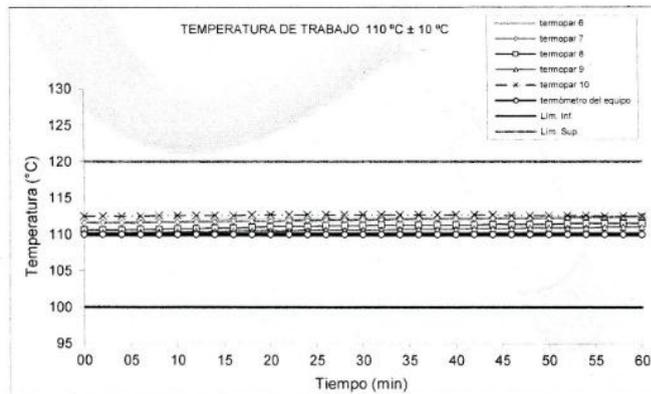
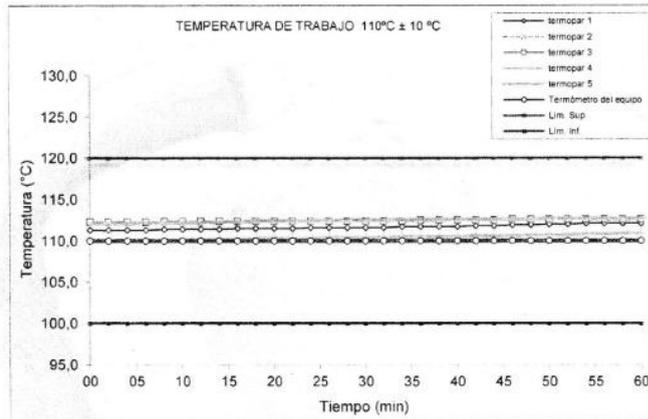


# Metrotest E.I.R.L.

LABORATORIO DE METROLOGÍA

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CTM-100-2018

Página 4 de 5



Jr. Aristides Sologuren 484 Dpto. 102 Urb. Parques de Villa Sol - Los Olivos [www.metrotesteirl.com](http://www.metrotesteirl.com) / [metrotestlogistica@hotmail.com](mailto:metrotestlogistica@hotmail.com) / [ventas@metrotesteirl.com](mailto:ventas@metrotesteirl.com)  
Telf.: 528-7898 Telefax: 528-3324 Entel: 997 045 343 / #962 889 991

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE METROTEST EIRL



**PINZUAR** LTDA  
ALTA TECNOLOGIA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

## INSPECTION CERTIFICATE CERTIFICADO DE INSPECCIÓN

CAZUELA CASAGRANDE MANUAL

CONFORME CON LA NORMA

NORMA: INV E-125 REFERENCIA: PS11

CERTIFICA QUE CUMPLE CON  
LOS SIGUIENTES REQUERIMIENTOS

CARACTERISTICAS	RESULTADO	UNIDAD
Peso de la copa y el soporte	203,80	g
Espesor de la copa	2,01	mm
Profundidad de la copa.	26,94	mm
Altura de la base	50,84	mm
Ancho de la base	124,91	mm
Longitud de la base	149,80	mm

No Serie / Lote: 1846 / N.P.

FECHA: 2018-02-06 FIRMA: 

**PINZUAR LTDA**

AC-P-01-F-14/Rev.01/ Valido desde 2017-11-15

*Este informe expresa fielmente el resultado de las mediciones realizadas y se refiere al momento y condiciones en que se realizaron.*

*Pinzuar Ltda. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado del instrumento.*

TEL: (571) 7454555 | Calle 18 No. 103 B 72  
www.pinzuar.com.co Bogota - Colombia



# Metrotest<sup>E.I.R.L.</sup>

LABORATORIO DE METROLOGÍA

## CERTIFICADO DE CALIDAD

El presente documento garantiza la calidad y detalla las especificaciones técnicas de nuestro producto.

PRODUCTO	MARTILLO DE COMPACTACION PROCTOR MODIFICADO
NORMA	ASTM D 1557
MODELO	MS-41
SERIE	550
MARCA	METROTEST
PROCEDENCIA	PERU
MATERIAL	Peso $4,5 \pm 0,01$ Kg (10 lb) caída de 457,2 mm (18") diámetro de $50,8 \pm 0,13$ mm.

\* Certificamos que los datos corresponden a lo indicado por nuestro proveedor.

Atentamente



Jr. Aristides Sologuren 484 Dpto. 102 Urb. Parques de Villa Sol - Los Olivos

[www.metrotesteirl.com](http://www.metrotesteirl.com) / [metrotestlogistica@hotmail.com](mailto:metrotestlogistica@hotmail.com) / [ventas@metrotesteirl.com](mailto:ventas@metrotesteirl.com)

Tel.: 528-7898 Telefax: 528-3324 Entel: 997 045 343 / #962 889 991

**PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE METROTEST EIRL**



# Metrotest

E.  
I.  
R.  
L.

## LABORATORIO DE METROLOGÍA

### CERTIFICADO DE CALIDAD

El presente documento garantiza la calidad y detalla las especificaciones técnicas de nuestro producto.

PRODUCTO	MOLDE PROCTOR MODIFICADO
NORMA	ASTM D-1557
MODELO	MS-40
SERIE	652
MARCA	METROTEST
PROCEDENCIA	PERU
MATERIAL	Molde fabricado en fierro zincado Diámetro interior 6" (152,4mm) y altura de 116,43mm. Incluye base y collar.

\* Certificamos que los datos corresponden a lo indicado por nuestro proveedor.

Atentamente



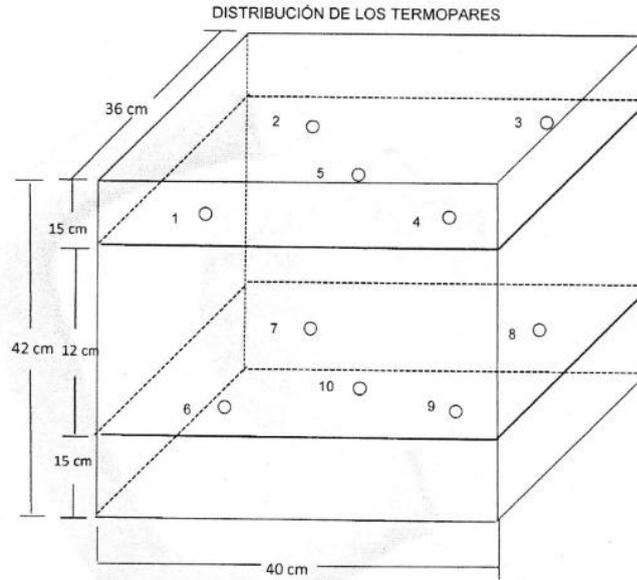
Jr. Aristides Sologuren 484 Dpto. 102 Urb. Parques de Villa Sol - Los Olivos    [www.metrotesteirl.com](http://www.metrotesteirl.com) / [metrotestlogistica@hotmail.com](mailto:metrotestlogistica@hotmail.com) / [ventas@metrotesteirl.com](mailto:ventas@metrotesteirl.com)  
Telf.: 528-7898 Telefax: 528-3324 Entel: 997 045 343 / #962 889 991

**PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE METROTEST EIRL**



## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CTM-100-2018

Página 5 de 5



Los termopares 5 y 10 están ubicados en el centro de los planos inferior y superior.  
Los termopares del 1 al 4 y del 6 al 10 están ubicados a 9 cm de las paredes laterales.  
Los termopares del 1 al 4 y del 6 al 10 están ubicados a 10 cm y a 12 cm respectivamente de la parte superior e inferior del horno tal como se muestra en el dibujo.





# Metrotest<sup>E.I.R.L.</sup>

LABORATORIO DE METROLOGÍA

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CTM-100-2018

Página 3 de 5

PARÁMETRO	Valor (°C)	Incertidumbre Expandida (°C)
Máxima Temperatura Medida	112,7	0,3
Mínima Temperatura Medida	110,1	0,3
Desviación de Temperatura en el Tiempo	0,9	0,1
Desviación de Temperatura en el Espacio	2,2	0,3
Estabilidad	± 0,45	0,04
Uniformidad	2,5	0,3

T.PROM.: Promedio de la temperatura en una posición de medición durante el tiempo de calibración.  
T.prom. : Promedio de la temperatura en las 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 esta dada por la diferencia entre la máxima y la mínima temperatura registradas 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 isotermico **0,5 °C**

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  $\pm 1/2$  máx. DTT.





# Metrotest E.I.R.L.

## LABORATORIO DE METROLOGÍA

### CERTIFICADO DE CALIBRACION CTM-100-2018

Página 2 de 5

**PATRONES DE REFERENCIA:**

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
METROTEST E.I.R.L.	Termometro de indicación Digital con 10 sensores	CTM-001-2018
Patrones de referencia de DM-INACAL	Termometro de indicación digital	LT-539-2017

**Condiciones Ambientales:**

	Inicial	Final
Temperatura (°C)	19,9	20,3
Humedad (%)	43	45

**Resultados de la calibración:**

#### CALIBRACIÓN PARA 110 °C ± 10 °C

TIEMPO (min.)	T ind. (°C) Termómetro del equipo	TEMPERATURA EN LAS POSICIONES DE MEDICION (°C)										T prom. (°C)	Tmax-Tmin. (°C)
		NIVEL SUPERIOR					NIVEL INFERIOR						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
00	110	111,3	112,2	112,3	110,1	112,1	111,6	111,6	110,6	110,2	112,5	111,5	2,4
02	110	111,3	112,2	112,3	110,1	112,1	111,6	111,6	110,6	110,2	112,5	111,5	2,4
04	110	111,3	112,2	112,3	110,1	112,1	111,6	111,6	110,6	110,2	112,5	111,5	2,4
06	110	111,3	112,2	112,3	110,1	112,2	111,7	111,6	110,7	110,3	112,5	111,5	2,4
08	110	111,4	112,3	112,4	110,1	112,2	111,7	111,7	110,7	110,3	112,6	111,5	2,5
10	110	111,4	112,3	112,4	110,2	112,2	111,7	111,7	110,8	110,4	112,6	111,6	2,4
12	110	111,4	112,3	112,4	110,2	112,2	111,8	111,7	110,8	110,4	112,6	111,6	2,4
14	110	111,4	112,3	112,4	110,2	112,3	111,9	111,7	110,9	110,4	112,6	111,6	2,4
16	110	111,5	112,3	112,4	110,2	112,3	111,9	111,8	110,9	110,5	112,6	111,6	2,4
18	110	111,5	112,4	112,4	110,3	112,4	111,9	111,8	111,0	110,5	112,7	111,7	2,4
20	110	111,5	112,4	112,4	110,3	112,4	111,9	111,8	111,1	110,5	112,7	111,7	2,4
22	110	111,5	112,4	112,4	110,3	112,4	112,0	111,9	111,1	110,5	112,7	111,7	2,4
24	110	111,6	112,4	112,4	110,3	112,4	112,0	111,9	111,1	110,6	112,7	111,7	2,4
26	110	111,6	112,4	112,4	110,4	112,5	112,0	112,0	111,2	110,6	112,7	111,8	2,3
28	110	111,6	112,4	112,4	110,4	112,5	112,0	112,0	111,2	110,6	112,7	111,8	2,3
30	110	111,6	112,4	112,4	110,4	112,5	112,0	112,0	111,2	110,6	112,7	111,8	2,3
32	110	111,6	112,4	112,4	110,4	112,5	112,1	112,0	111,3	110,6	112,7	111,8	2,3
34	110	111,7	112,4	112,4	110,5	112,6	112,1	112,1	111,3	110,7	112,7	111,9	2,2
36	110	111,7	112,4	112,5	110,5	112,6	112,1	112,2	111,3	110,7	112,7	111,9	2,2
38	110	111,7	112,4	112,5	110,5	112,6	112,1	112,2	111,3	110,7	112,7	111,9	2,2
40	110	111,7	112,5	112,5	110,5	112,6	112,1	112,2	111,3	110,7	112,7	111,9	2,2
42	110	111,8	112,5	112,5	110,6	112,6	112,1	112,2	111,3	110,8	112,7	111,9	2,1
44	110	111,8	112,5	112,5	110,6	112,6	112,2	112,2	111,4	110,8	112,7	111,9	2,1
46	110	111,9	112,5	112,6	110,6	112,6	112,2	112,2	111,4	110,8	112,6	111,9	2,0
48	110	111,9	112,5	112,6	110,7	112,6	112,2	112,2	111,4	110,9	112,6	112,0	1,9
50	110	112,0	112,5	112,6	110,7	112,7	112,3	112,2	111,4	110,9	112,6	112,0	2,0
52	110	112,0	112,7	112,6	110,7	112,7	112,3	112,3	111,5	110,9	112,6	112,0	2,0
54	110	112,1	112,5	112,6	110,8	112,7	112,4	112,4	111,5	110,9	112,6	112,1	1,9
56	110	112,1	112,5	112,6	110,8	112,7	112,4	112,4	111,5	111,0	112,5	112,1	1,9
58	110	112,1	112,5	112,6	110,9	112,7	112,4	112,4	111,5	111,0	112,5	112,1	1,8
60	110	112,1	112,5	112,6	110,9	112,7	112,4	112,5	111,5	111,0	112,5	112,1	1,8
T.PROM	110	111,7	112,4	112,5	110,4	112,5	112,0	112,0	111,1	110,6	112,6	111,8	
T.MAX	110	112,1	112,7	112,6	110,9	112,7	112,4	112,5	111,5	111,0	112,7		
T.MIN	110	111,3	112,2	112,3	110,1	112,1	111,6	111,6	110,6	110,2	112,5		
DTT	0,0	0,8	0,5	0,3	0,8	0,6	0,8	0,9	0,9	0,8	0,2		



Jr. Aristides Solís 256 464 Dpto. 102 Urb. Parques de Villa Sol - Los Olivos www.metrotesteirl.com / metrotestlogistica@hotmail.com / ventas@metrotesteirl.com  
Telf.: 528-7898 Telefax: 528-3324 Entel: 997 045 343 / #962 899 991

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE METROTEST EIRL



# Metrotest<sup>E.I.R.L.</sup>

## LABORATORIO DE METROLOGÍA

### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CTM-100-2018

Página 1 de 5

**Solicitante** : CONSULTORA ITHENDA E.I.R.L.  
**Dirección** : AV. MICAELA BASTIDAS NRO. 258 INT. 704  
 CERCADO DE WANCHAQ - CUSCO - WANCHAQ  
**Equipo de Medición** : HORNO ELECTRICO  
**Marca** : METROTEST  
**Modelo** : MS-H1  
**Procedencia** : PERÚ  
**Código de Identificación** : NO INDICA  
**Número de Serie** : 839  
**Temperatura de trab** : 110 °C ± 10 °C  
**Ventilación** : Natural  
**Lugar de Calibración** : Lab. Temperatura de Metrotest E.I.R.L.

**Misión:**  
 Prestar servicios con política de mejoramiento continuo y cumplimiento con las normas y especificaciones técnicas requeridas en máquinas y equipos para medición y ensayos.

**Visión:**  
 Lograr la confianza de nuestros clientes en el desarrollo de sus empresas a través de nuestros servicios.  
 Tenemos como objetivo alcanzar el liderazgo en el mercado, y de esta manera obtener para nuestros empleados la consecución de ideales en el plano intelectual y personal, con constante investigación e innovación, en la búsqueda de la máxima exactitud en la medición de ensayos.

**Instrumento de Medi :**

Nombre	Marca	Modelo	Código de Identificación	Alcance de Indicación	División mínima	Tipo de Indicación
Termometro controlador	AUTONICS	TCN4S	NO INDICA	200°C	1°C	Digital

**Fecha de Calibración** : 2018-03-21

**Fecha de Emisión** : 2018-03-21

**Método de Calibración Empleado**

La calibración se realizó tomando como referencia el Método de Comparación entre las indicaciones de lectura del termometro controlador del equipo a calibrar con Termometro patrón con 10 termopares utilizando el "Procedimiento de INDECOPI/SNM PC-005 1° Ed. "Procedimiento para la Calibración de Hornos".

**Observaciones**

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



Luigi Asehjo G.  
 Jefe de Metrología

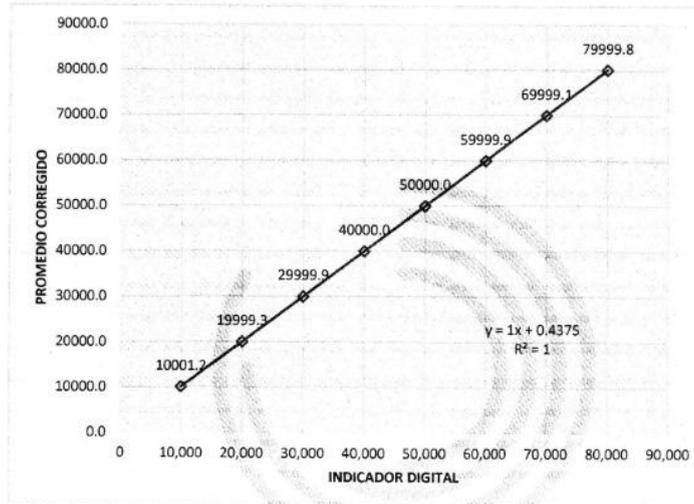


## Arsou Group

Laboratorio de Metrología

Gráfica (Coeficiente de correlación y Ecuación de Ajuste)

GRAFICO N° 01



Ecuación de ajuste:

Donde:  $y = 1x + 0,4375$

Coefficiente Correlación  $R^2 = 1$

X : Lectura de la pantalla (kg)

Y : fuerza promedio (kg)

### Observaciones

1. Antes de la calibración no se realizó ningún tipo de ajuste.
2. La incertidumbre de la medición ha sido calculada para un nivel de confianza de aproximadamente del 95 % con un factor de cobertura  $k=2$ .
3. (\*) Código indicado en una etiqueta adherida al instrumento.
4. Con fines de identificación se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO"

ARSOU GROUP S.A.C.  
Ing. Hugo Luis Arevalo Carnica  
METROLOGÍA



### ARSOU GROUP S.A.C.

Asoc. Viv. Las Flores de San Diego Mz C Lote 01, San Martín de Porres, Lima, Perú

Tel: +51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437

ventas@arsougroup.com

www.arsougroup.com



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
N° 1425-145-2020

Página 2 de 3

**Arsou Group**

Laboratorio de Metrología

Patrones e Instrumentos auxiliares

Trazabilidad	Patrón Utilizado	Certificado de Calibración
Patrones de referencia de PUCP	Celda de Carga de 100 TN	192-19 con trazabilidad INF-LE 250-18.

Condiciones ambientales durante la calibración

Temperatura Ambiental	Inicial: 20,3 °c	Final: 20,5 °c
Humedad Relativa	Inicial: 63 %hr	Final: 65 %hr
Presión Atmosférica	Inicial: 1015 mbar	Final: 1015 mbar

Resultados

**TABLA N° 01**  
**CALIBRACION DE PRENSA HIDRAULICA PARA CONCRETO**

SISTEMA DIGITAL "A" KG	SERIES DE VERIFICACIÓN PATRON ( Kg)				PROMEDIO "B" kg	ERROR Ep %	RPTBLD Rp %
	SERIE (1) kg	SERIE (2) kg	ERROR %	ERROR (2) %			
10000	10001.4	10000.9	0.0	0.0	10001.2	0.0115	0.00
20000	19999.0	19999.5	0.0	0.0	19999.3	0.00	0.00
30000	30000.0	29999.8	0.0	0.0	29999.9	0.00	0.00
40000	40000.5	39999.4	0.0	0.0	40000.0	0.00	0.00
50000	50000.0	50000.0	0.0	0.0	50000.0	0.00	0.00
60000	60000.4	59999.4	0.0	0.0	59999.9	0.00	0.00
70000	69998.8	69999.4	0.0	0.0	69999.1	0.00	0.00
80000	80000.0	79999.5	0.0	0.0	79999.8	0.00	0.00

NOTAS SOBRE CALIBRACION

1. - La Calibración se hizo según el Método C de la norma ISO 7500-1
- 2.- Ep y Rp son el Error Porcentual y la Repetibilidad definidos en la citada Norma:  
 $Ep = ((A-B) / B) * 100$        $Rp = Error(2) - Error(1)$
3. - La norma exige que Ep y Rp no excedan el +/- 1.0 %
4. - Incertidumbre expandida del Error (Ep) = 0,35 % (1,73 kg)



ARSOU GROUP S.A.C

Ing. Hugo Luis Arévalo Carnica  
METROLOGÍA

ARSOU GROUP S.A.C.

Asoc. Viv. Las Flores de San Diego Mz C Lote 01, San Martín de Porres, Lima, Perú  
Telf: +51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437  
ventas@arsougroup.com  
www.arsougroup.com



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
N° 1425-145-2020

Página 1 de 3

## Arsou Group

### Laboratorio de Metrología

Fecha de emisión 2020/12/30  
Solicitante CÉSAR EDILBERTO ARBULÚ JURADO  
Dirección AV. MICAELA BASTIDAS 258- WANCHAQ - CUZCO-PERU  
Instrumento de medición **PRENSA HIDRAULICA PARA ROTURA DE CONCRETO**  
Identificación 1425-145-2020  
Marca ARSOU  
Modelo PR701  
Serie 2138  
Capacidad 120000KG  
Indicador DIGITAL  
Bomba MANUAL  
Procedencia PERÚ  
Laboratorio de Suelos y Concreto  
Ubicación  
Lugar de calibración Laboratorio de ARSOU GROUP SAC  
Fecha de calibración 2020/12/30

#### Método/Procedimiento de calibración

El procedimiento toma como referencia a la norma ISO 7500-1 "Metallic materials - Verification of static uniaxial testing machines", Se aplicaron dos series de carga al Sistema Digital mediante la misma prensa. En cada serie se registraron las lecturas de las cargas.

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

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento recalibrar sus instrumentos a intervalos regulares, los cuales deben ser establecidos sobre la base de las características propias del instrumento, sus condiciones de uso, el mantenimiento realizado y conservación del instrumento de medición o de acuerdo a reglamentaciones vigentes.

ARSOU GROUP S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento después de su calibración, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en este documento.

Este certificado no podrá ser reproducido o difundido parcialmente, excepto con autorización previa por escrito de ARSOU GROUP S.A.C.



ARSOU GROUP S.A.C.  
Ing. Hugo Luis Arévalo Carnica  
METROLOGÍA

#### ARSOU GROUP S.A.C.

Asoc. Viv. Las Flores de San Diego Mz C Lote 01, San Martín de Porres, Lima, Perú  
Telf: +51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437  
ventas@arsougroup.com  
www.arsougroup.com



# Metrotest E.I.R.L.

## LABORATORIO DE METROLOGÍA

Certificado de Calibración CLM-575-2018  
Página 2 de 3

### Condiciones Ambientales:

	Inicial	Final
Temperatura	21,2 °C	21,0 °C
Humedad Relativa	51  %	52,0 %

### PATRONES DE REFERENCIA:

Los resultados de la calibración realizada son trazables a la Unidad de Medida de los Patrones Nacionales de Masa del Servicio Nacional de Metrología SNM – INDECOPI en concordancia con el sistema Internacional de Unidades de Medida (SI) y el sistema Legal de Unidades del Perú (SLUMP).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
Patrones de referencia de METROTEST E.I.R.L.	Pie de rey Patrón	CLM-001-2018
Patrones de referencia del DM-INACAL	Cronometro Patrón de 0,01 seg de resolución	LTF-C-111-2018
Patrones de referencia del DM-INACAL	Tacómetro Patrón de 0,1 RPM de resolución	LTF-C-108-2018

### RESULTADOS

#### APARATO DE LIMITE LIQUIDO

Descripción	Metrico (mm)	Dimensiones			
		Tolerancia (mm)	Inglés (in)	Tolerancia (in)	
Conjunto de la cazuela	Radio de la copa A	54,472	54 ±0.5	2,14	0,020
	Espesor de la copa B	1,938	2 ±0.1	0,08	0,004
	Profundidad de la copa C	26,554	27 ±0.5	1,05	0,020
Base	Copa desde la guía del elevador hasta la base N	47,8	47 ±1	1,88	0,039
	Espesor K	50,86	50 ±2	2,00	0,08
	Largo L	149,65	150 ±2	5,89	0,08
	Ancho M	125,228	125 ±2	4,93	0,08

#### RANURADOR

Espesor a	10,06	0,1	0,40	0,004
Borde Cortante b	2,47	0,1	0,10	0,004
Ancho c	13,48	0,1	0,53	0,004



*[Signature]*  
Luigi Asario G.  
Jefe de Metrología

## Anexo: 5 Resultados de laboratorio

# CÉSAR EDILBERTO ARBULÚ JURADO

MBA. Ing. Civil CIP 115764

RUC 10239763681

Consultor en geotecnia, con laboratorio propio.

## Informe 100-CEAJ-2021

Informe de resultado de laboratorio:  
Contenido de humedad - MTC E 108 - 2000.

### Datos generales:

Solicitante: .

Fecha del ensayo: 07 de junio al 12 de julio de 2021

Dirección del laboratorio: Av. Micaela Bastidas 258, Wanchaq, Cusco, Perú.

Muestreo, procedencia y manipulación del suelo hasta llegar al laboratorio: hecha por el solicitante.

### Resultados:

Tabla 1.

Resultados de ensayos múltiples.

D seca (g/cm <sup>3</sup> )	H%_abs_1/2	W%_abs_1/2	W%_abs_24h	D hum (g/cm <sup>3</sup> )	f'c
1.66	47.2	7.7	18.9	1.94	8.48
1.68	88.2	13.6	17.0	1.89	10.12
1.61	98.9	18.4	17.2	1.79	5.41
1.73	40.1		17.4	1.99	12.67
1.59	37.5	5.6	19.7	1.84	3.91
1.75	38.7	4.6	14.1	2.03	5.06
1.73	52.1	7.9	15.9	1.97	11.71
1.66	47.4	6.7	17.9	1.98	6.06
1.73	30.7	3.7	11.8	2.01	4.33
1.68	51.2	--	18.3	1.94	16.50
1.64	96.9	16.4	18.1	1.87	9.35
1.69	65.5	10.1	17.2	1.94	12.45
1.69	44.7	6.4	18.3	1.97	11.55
1.61	39.2	6.0	18.5	1.88	5.74
1.67	39.2	4.5	13.3	1.96	2.64
1.70	69.4	10.5	17.0	1.93	10.43
1.70	39.2	6.0	17.5	2.00	16.45
1.73	35.3	4.4	15.0	1.99	3.69

Fuente: ensayos de laboratorio, elaboración: consultor.

Leyenda:

D seca (g/cm<sup>3</sup>) : Densidad seca Proctor Modificado MTC E-115 2000.

H%\_abs\_1/2 : Altura capilar adaptado de NIP 399.613

W%\_abs\_1/2 : Altura capilar adaptado de NIP 399.613

W%\_abs\_24h : Altura capilar adaptado de NIP 399.613

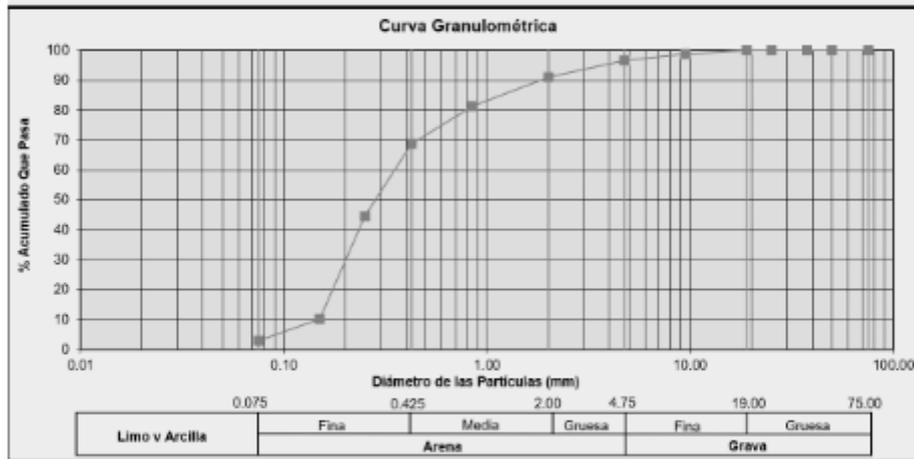
D hum (g/cm<sup>3</sup>) : Densidad seca Proctor Modificado MTC E-115 2000.

f'c : ASTM D2166-06.

CÉSAR EDILBERTO ARBULÚ JURADO  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP N° 115764

**Tabla 2.**  
Resultados de clasificación ASTM D 2478.

Tamiz	Peso Parcial Retenido	Peso Parcial Retenido Corregido	% Parcial Retenido	% Acumulado Retenido	% Acumulado Que Pasa
(mm)	(gr)	(gr)	(%)	(%)	(%)
3"	75.000	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.000	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	37.500	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.000	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	09.500	19.70	1.31	1.31	98.69
No 004	04.750	30.20	2.01	3.33	96.67
No 010	02.000	83.10	5.54	8.87	91.13
No 020	00.850	148.70	9.91	18.78	81.22
No 040	00.425	186.60	12.44	31.22	68.78
No 060	00.250	364.60	24.31	55.53	44.47
No 100	00.150	515.30	34.35	89.88	10.12
No 200	00.075	109.00	7.27	97.15	2.85
Piatillo	42.80	42.80	2.85	100.00	0.00
<b>Total</b>	<b>1480.40</b>	<b>1500.00</b>	<b>100.00</b>	<b>-</b>	<b>-</b>



CESAR EDILBERTO ARBULU JURADO  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CP. N° 115764

N°	N° de golpes	Codi. Cap.	Peso cap. Vacía	Peso cap.+ suelo húmedo	Peso cap. Suelo seco	w%	LL%
1	4	33	21.3	86.8	74.4	23.4	18.7

Fuente: ensayos de laboratorio, elaboración: consultor.

Con base en lo anterior el suelo se clasifica como arena pobremente graduada SP.

Es todo cuanto se informa al respecto.

Cusco, 19 de agosto de 2021

  
 CESAR EDILBERTO ARBULU JURADO  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CP. N° 115764

**Anexo: 6** Fotografías





