



# Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión

Facultad de Ingeniería civil  
Escuela Profesional de Ingeniería civil

## **Influencia de la adición de concreto y ladrillo reciclados en las propiedades físico-mecánicas de la subrasante en AA.HH. Fujimori, Santa María, 2023**

### **Tesis**

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil

### **Autores**

Elton Jhon Inocente Espinoza  
Carlos Arturo Sanchez Morales

### **Asesor**

Mg. Pedro Luis Sebastián Cruz

  
Ing. CIP. SEBASTIAN CRUZ PEDRO LUIS  
ING. CIVIL  
Reg. Colegio de Ingenieros N° 63519

Huacho – Perú

2024



**Reconocimiento - No Comercial – Sin Derivadas - Sin restricciones adicionales**

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

**Reconocimiento:** Debe otorgar el crédito correspondiente, proporcionar un enlace a la licencia e indicar si se realizaron cambios. Puede hacerlo de cualquier manera razonable, pero no de ninguna manera que sugiera que el licenciante lo respalda a usted o su uso. **No Comercial:** No puede utilizar el material con fines comerciales. **Sin Derivadas:** Si remezcla, transforma o construye sobre el material, no puede distribuir el material modificado. **Sin restricciones adicionales:** No puede aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros de hacer cualquier cosa que permita la licencia.



# UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN

## LICENCIADA

(Resolución de Consejo Directivo N° 012-2020-SUNEDU/CD de fecha 27/01/2020)

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

### INFORMACIÓN

DATOS DEL AUTOR (ES):		
NOMBRES Y APELLIDOS	DNI	FECHA DE SUSTENTACIÓN
Inocente Espinoza, Elton Jhon	74055995	16/07/2024
Sanchez Morales, Carlos Arturo	73265120	16/07/2024
DATOS DEL ASESOR:		
NOMBRES Y APELLIDOS	DNI	CÓDIGO ORCID
Sebastián Cruz, Pedro Luis	32948649	0000-0001-7160-5822
DATOS DE LOS MIEMBROS DE JURADOS – PREGRADO/POSGRADO-MAESTRÍA-DOCTORADO:		
NOMBRES Y APELLIDOS	DNI	CÓDIGO ORCID
Valencia Bardales, Julio César	15608608	0000-0002-7069-551X
Muñoz Vilela, Algemiro Julio	15736557	0000-0001-7981-8531
Aguirre Ortiz, Román	31618099	0000-0001-9549-133X

# NFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CONCRETO Y LADRILLO RECICLADOS EN LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DE LA SUBRASANTE EN AA. HH. FUJIMORI, SANTA MARÍA, 2023

## INFORME DE ORIGINALIDAD



## FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="https://repositorio.ucv.edu.pe">repositorio.ucv.edu.pe</a> Fuente de Internet	3%
2	<a href="https://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	3%
3	<a href="https://repositorio.unjfsc.edu.pe">repositorio.unjfsc.edu.pe</a> Fuente de Internet	2%
4	Submitted to Universidad Nacional Jose Faustino Sanchez Carrion Trabajo del estudiante	1%
5	<a href="https://repositorio.puce.edu.ec">repositorio.puce.edu.ec</a> Fuente de Internet	1%
6	<a href="http://www.cienciadigital.org">www.cienciadigital.org</a> Fuente de Internet	1%
7	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	<1%
8	<a href="https://repositorio.uancv.edu.pe">repositorio.uancv.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1%



-----  
M(o) VALENCIA BARDALES JULIO CESAR  
**PRESIDENTE**



-----  
M(o). MUÑOZ VILELA ALGEMIRO JULIO  
**VOCAL**



-----  
M(o). AGUIRRE ORTIZ ROMAN  
**SECRETARIO**



-----  
ING. CIP SEBASTIÁN CRUZ PEDRO LUIS  
**ASESOR DE TESIS**

## DEDICATORIA

Con sincera estima y profunda apreciación, dedico este estudio a aquellos que han sido pilares esenciales en mí, ya sea de manera interna como educativa.

Agradezco a Dios por orientar mis pasos y brindarme resistencia en todas las fases de esta investigación.

Declaro mi profundo aprecio a mis progenitores por su amor incondicional, interminable sostén y los principios que han moldeado mi educación.

*Inocente Espinoza, Elton Jhon*

Doy las gracias a mi familia por su incesante soporte en cada logro alcanzado, y reconozco las lecciones que me han impartido para forjarme como una persona íntegra.

*Sanchez Morales, Carlos Arturo*

## **AGRADECIMIENTOS**

En este momento significativo, queremos expresar nuestro más profundo aprecio hacia nuestra querida universidad, la cual fue nuestro hogar académico durante nuestros años de formación profesional. Asimismo, tenemos una deuda con cada uno de los docentes que nos acompañaron y acogieron durante nuestros años como estudiantes de la facultad de Ingeniería Civil.

Por otro lado, presentamos nuestra gratitud para nuestro asesor, que con sus conocimientos y orientación posibilitó la existencia del actual documento.

# ÍNDICE

<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>vi</b>
<b>AGRADECIMIENTOS.....</b>	<b>vii</b>
<b>ÍNDICE .....</b>	<b>viii</b>
<b>INDICE DE TABLAS .....</b>	<b>xi</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>xiii</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>xiv</b>
<b>CAPITULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Descripción de la realidad problemática .....</b>	<b>1</b>
<b>1.2 Formulación del problema .....</b>	<b>2</b>
1.2.1 Problema general.....	2
1.2.2 Problemas específicos.....	2
<b>1.3 Objetivos de investigación .....</b>	<b>3</b>
1.3.1 Objetivo general .....	3
1.3.2 Objetivos específicos .....	3
<b>1.4 Justificación de la investigación .....</b>	<b>3</b>
<b>1.5 Delimitaciones del estudio .....</b>	<b>4</b>
<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>5</b>
<b>2.1 Antecedentes de la investigación .....</b>	<b>5</b>
2.1.1 Investigaciones internacionales.....	5
2.1.2 Investigaciones nacionales .....	7

<b>2.2</b>	<b>Bases teóricas .....</b>	<b>10</b>
2.2.1	Residuos sólidos reciclados.....	10
2.2.2	Suelos.....	11
2.2.3	Clasificación de los suelos.....	11
2.2.4	Propiedades del suelo.....	13
2.2.5	Ensayos de suelos .....	15
<b>2.3</b>	<b>Bases filosóficas.....</b>	<b>19</b>
<b>2.4</b>	<b>Definición de términos básicos .....</b>	<b>20</b>
2.4.1	Estabilización de suelos .....	20
2.4.2	Subrasante .....	20
2.4.3	Pavimento .....	20
2.4.4	Análisis granulométrico .....	21
2.4.5	Proctor modificado .....	21
<b>2.5</b>	<b>Hipótesis de investigación .....</b>	<b>22</b>
2.5.1	Hipótesis General.....	22
2.5.2	Hipótesis específicas.....	22
<b>2.6</b>	<b>Operacionalización de variables .....</b>	<b>23</b>
<b>CAPÍTULO III: METODOLOGÍA.....</b>		<b>25</b>
<b>3.1</b>	<b>Diseño metodológico .....</b>	<b>25</b>
3.1.1	Tipo de investigación .....	25
3.1.2	Nivel de Investigación .....	25
3.1.3	Diseño de la Investigación .....	26
3.1.4	Enfoque de la investigación .....	26
<b>3.2</b>	<b>Población y muestra.....</b>	<b>27</b>

3.2.1	Población .....	27
3.2.2	Muestra.....	28
<b>3.3</b>	<b>Técnicas de recolección de datos .....</b>	<b>29</b>
3.3.1	Técnica a emplear .....	29
<b>3.4</b>	<b>Técnicas para el procesamiento de información.....</b>	<b>29</b>
<b>CAPÍTULO IV: RESULTADOS .....</b>		<b>31</b>
<b>4.1</b>	<b>Análisis de resultados .....</b>	<b>31</b>
4.1.1	Análisis Granulométrico.....	31
4.1.2	Índice de plasticidad .....	41
4.1.3	Proctor modificado .....	42
4.1.4	CBR.....	47
<b>CAPÍTULO V: DISCUSIÓN.....</b>		<b>51</b>
5.1	Discusión de resultados.....	51
<b>CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>		<b>53</b>
6.1	CONCLUSIONES.....	53
6.2	RECOMENDACIONES .....	54
<b>CAPÍTULO V: REFERENCIAS .....</b>		<b>55</b>
7.1	Fuentes documentales .....	55
7.2	Fuentes Bibliográficas .....	56
7.3	Fuentes Hemerográficas.....	61
7.4	Fuentes Electrónicas .....	61

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Clasificación según IP. ....	14
Tabla 2. Categorías de subrasante.....	17
Tabla 3. Clasificación según dimensión particular .....	18
Tabla 4. Técnicas de recolección de datos.....	29
Tabla 5. Granulometría de C-1 .....	32
Tabla 6. Cont.Humedad de C-1 .....	34
Tabla 7. Granulometría de C-2 .....	35
Tabla 8. Cont. Humedad de C-2 .....	37
Tabla 9. Granulometría de C-3 .....	38
Tabla 10. Cont. Humedad de C-3 .....	40
Tabla 11. Limite liquido .....	41
Tabla 12. COH y MDS en patrón .....	43
Tabla 13. COH y MDS adicionando agregados.....	45
Tabla 14. CBR de patrón .....	47
Tabla 15. CBR adicionando agregados.....	49

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa AA.HH. Fujimori .....	27
Figura 2. Ubicación de las calicatas.....	28
Figura 3. Curva de distribución particular en C-1 .....	33
Figura 4. Curva de distribución particular en C-2 .....	36
Figura 5. Curva de distribución particular en C-3 .....	39
Figura 6. Determinación del LL.....	42
Figura 7. Curva COH-MDS en patrón.....	44
Figura 8. Curva COH-MDS adicionando agregados .....	46
Figura 9. Curva CBR en patrón .....	48
Figura 10. Curva CBR adicionando agregados.....	50

## RESUMEN

A través del presente estudio buscamos indagar las consecuencias del adiconamiento de concreto y ladrillos reciclados en las características físico-mecánicas de la subrasante en el AA.HH. Fujimori, Santa María, 2023.

De acuerdo a la naturaleza del presente estudio, se consideró un carácter experimental. Por otro lado, la población evaluada son las vías sin pavimentar del AA.HH. Fujimori, Santa María, las cuales presentan una longitud total de 2.94 km. Teniendo en cuenta la longitud mencionada y lo establecido por la normativa del MTC en su RD N° 10-2014-MTC/14, se realizaron 3 calicatas, con una distancia de 1 km entre cada una de estas, las cuales pasarán a ser nuestra muestra a lo largo de la presente.

El análisis de resultados realizado en base a lo valores alcanzados luego de efectuadas las respectivas pruebas científicas concluyen que la capacidad portante y máxima densidad seca aumentan significativamente con respecto al suelo en estado natural luego de adicionados el concreto y ladrillos reciclados.

**PALABRAS CLAVES:** Subrasante, concreto, ladrillo, reciclado, propiedades físico-mecánicas.

## **ABSTRACT**

Through this document, the establishment of the implications of adding recycled concrete and bricks to the physical-mechanical attributes of the subgrade in AA.HH. Fujimori, Santa María, 2023 it's the aim. Given the essence of this study, it was considered to have an experimental character. Whereas, the sample evaluated consists of the unpaved roads of AA.HH. Fujimori, Santa María, which have a total length of 2.94 km. Keeping in mind the mentioned length and the regulations established by the MTC in its RD N° 10-2014-MTC/14, three test pits were made, with a distance of 1 km between each of them, which will be our sample throughout the present study.

The evaluation of the outcomes, in light of the values obtained after conducting the respective scientific tests, concludes that the bearing capacity and maximum dry density increase significantly in juxtaposition to the natural soil after the inclusion of recycled concrete and bricks.

**KEYWORDS:** Subgrade, concrete, brick, recycled, physical-mechanical properties.

## INTRODUCCION

Presentamos una estructura de seis capítulos, de manera que cada uno de estos presente un distinto aspecto significativo del trabajo realizado. El capítulo inicial busca describir los inconvenientes a los que la población se enfrenta respecto a las propiedades de las subrasantes, en las diferentes divisiones territoriales. Asimismo, se instauran los objetivos, los motivos que la justifican, y otros puntos relevantes.

El capítulo segundo aborda los estudios realizados por otros autores respecto a nuestro tema de interés. Además, se presenta la teoría necesaria para la comprensión del documento. Finalmente, formulamos la hipótesis sobre la cual nos regiremos al realizar este trabajo.

El tercer capítulo detalla la metodología utilizada, incluyendo los grupos de interés evaluados, los métodos para el acopio y tratamiento de los resultados obtenidos.

El anteúltimo apartado expone los resultados alcanzados luego de realizados los ensayos establecidos, así como la comprobación de las hipótesis planteadas.

El quinto apartado analiza y compara los productos obtenidos en el cuatro capítulo a la luz de los trabajos realizados por otros autores, consolidándolos en un único concepto.

Finalmente, el último punto de la investigación establece las conjeturas a la que los investigadores llegaron luego de culminado el estudio realizado.

## **CAPITULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1 Descripción de la realidad problemática**

Según Leandro (2020) el monto y dimensiones de los desperdicios generados durante la edificación de nuevas construcciones y la demolición o renovación de edificios antiguos genera una creciente preocupación. Estos tipos de desechos están estrechamente vinculados al crecimiento de los habitantes su modo de vivir. Explorar la posibilidad de tener un mayor bienestar, el aumento en la construcción de infraestructuras y los avances tecnológicos han contribuido al aumento progresivo e incontrolado de la producción de residuos, especialmente en áreas urbanas.

Con el transcurso de los años, la generación de residuos en entornos urbanos ha experimentado un marcado incremento, convirtiéndose en una seria preocupación que se refleja en la acumulación masiva de desechos (Pertuz, 2010). No se trata de una afirmación exagerada, dado que se calcula que la cantidad anual de residuos producidos a nivel global alcanza aproximadamente 10 mil millones de toneladas (OCDE, 2013). Esta circunstancia es originada debido a dos factores fundamentales. En primer lugar, contemplamos una propensión a la baja de los desechos biodegradables, mientras que, por otro lado, se experimenta un aumento en el total de desperdicios de construcción, como el concreto, ladrillos y plásticos, etc. De todos los mencionados, la mayoría no experimenta tratamiento alguno (Velasco, 2010).

Según Barbosa (2017) la incorrecta gestión de los desechos derivados de las obras ingenieriles conlleva importantes dilemas ecológicos, ya que puede dar lugar a la proliferación de especies perjudiciales, impulsar la creación de vertederos ilegales para diversos tipos de desechos, incentivar el establecimiento de comunidades irregulares y ocasionar la degradación de los ecosistemas.

La incorporación del reciclaje buscando optimizar las características físico-mecánicas de la subrasante podría tener efectos beneficiosos en la construcción de pavimentos, ya que posibilitaría la disminución del grosor requerido para la estructura (Radhakrishnan y AnjanKumar, 2019). Este proceso, por consiguiente, acarrearía un conjunto de beneficios significativos; por ejemplo, maximizar los medios técnicos, económicos y medioambientales, independientemente de la categoría de vía empleada (Ospina et al., 2017).

Estabilizar correctamente el suelo posibilitará un aumento en la calidad y longevidad del suelo, independientemente de su uso previsto. Al fortalecer su resistencia, se pueden aprovechar las características para lograr un estrato duradero y estable. Por lo tanto, la incorporación de concreto residual contribuirá al avance y enriquecimiento del total de propiedades mecánicas presentes en la subrasante existente (Cornejo y Hurtado, 2021).

## **1.2 Formulación del problema**

### **1.2.1 Problema general**

¿De qué manera influye la adición de concreto y ladrillos reciclados en las propiedades físico-mecánicas de la subrasante en el AA.HH. Fujimori, Santa María, 2023?

### **1.2.2 Problemas específicos**

¿De qué manera influye la adición de concreto y ladrillos reciclados en el índice de plasticidad de la subrasante en el AA.HH. Fujimori, Santa María, 2023?

¿De qué manera influye la adición de concreto y ladrillos reciclados en la máxima densidad seca de la subrasante en el AA.HH. Fujimori, Santa María, 2023?

¿De qué manera influye la adición de concreto y ladrillos reciclados en la capacidad portante de la subrasante en AA.HH. Fujimori, Santa María, 2023?

### **1.3 Objetivos de investigación**

#### **1.3.1 Objetivo general**

Determinar de qué manera influye la adición de concreto y ladrillos reciclados en las propiedades físico-mecánicas de la subrasante en el AA.HH. Fujimori, Santa María, 2023.

#### **1.3.2 Objetivos específicos**

Determinar de qué manera influye la adición de concreto y ladrillos reciclados en el índice de plasticidad de la subrasante en el AA.HH. Fujimori, Santa María, 2023.

Determinar de qué manera influye la adición de concreto y ladrillos reciclados en la máxima densidad seca de la subrasante en el AA.HH. Fujimori, Santa María, 2023.

Determinar de qué manera influye la adición de concreto y ladrillos reciclados en la capacidad portante de la subrasante en el AA.HH. Fujimori, Santa María, 2023.

### **1.4 Justificación de la investigación**

Teóricamente nos regimos de acuerdo a la exploración a partir de la utilización de componentes reutilizables en la estabilización de subrasante, evaluar su impacto en sus propiedades, y proporcionar nuevos conocimientos importantes para el desarrollo de planes referidos a la creación de infraestructuras en la zona específica de Fujimori en Santa María.

Desde una perspectiva social, se proporcionará beneficios tanto a los habitantes y aledaños a la zona como a los conductores que frecuentan estos caminos. Por lo tanto, se propone fortalecer el

suelo y sus propiedades mediante el uso de concreto y ladrillos reciclados, lo que ayudará a eliminar los problemas que actualmente existen en la subrasante en su estado natural. Esto, a su vez, garantizará una circulación más fluida tanto para los vehículos como para los peatones.

La justificación práctica radica en el perfeccionamiento de herramientas, la reducción de residuos, la adecuación a las condiciones locales y el avance de la calidad de la subrasante mediante el uso de concreto y ladrillos reciclados. Estos aspectos apuntan a promover prácticas constructivas más sostenibles, económicas y efectivas.

Finalmente, la justificación ambiental es de gran importancia a nivel local, ya que los residuos de las construcciones civiles son desechados al medio ambiente afectando el crecimiento y satisfacción de los moradores del lugar, la solución a estos problemas es poder reutilizar y mitigar el impacto ambiental que generan a la naturaleza

## **1.5 Delimitaciones del estudio**

El trabajo involucra las vías no pavimentadas del AA.HH. Fujimori, ubicado en Santa María, Huaura, Lima.

El proyecto de investigación se desarrollará desde agosto del 2023 hasta diciembre del 2023.

## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1 Antecedentes de la investigación

#### 2.1.1 Investigaciones internacionales

Perea (2021) en “Uso del concreto y vidrio reciclado en la capacidad de carga de suelos arcillosos: una revisión literaria”, se propuso como meta investigar sistemáticamente acerca del impacto de incluir concreto y vidrio reutilizado en las aptitudes mecánicas en arcillas. Luego de analizar media centena de estudios publicados en repositorios de información reconocidos durante el período de 2016 a 2021. Los hallazgos señalan que la utilización de concreto triturado y polvo de vidrio, ambos reciclados y en un porcentaje de 15% cada uno, puede incrementar los atributos mecánicos, en especial en suelos constituidos por arcillas. Concluyendo así que la inclusión de los agregados mencionados resulta viable al reducir el asentamiento, optimizar la estabilización e impulsar la capacidad de carga en arcillas.

Ochoa (2020) presentó el trabajo “Estudio experimental sobre la estabilización de una subrasante limo arcillosa con rcd-concreto fino (partículas < 2mm) para aplicación en pavimentos”, el cual investiga la posibilidad de emplear RCD-C fino con el fin de potenciar la estabilidad de un suelo integrado por limos y arcillas utilizado como subrasante para pavimentos. Los informes adquiridos luego de las pruebas se dieron a partir de modificar la proporción de RCD-C fino en la mezcla en un 20%, 40% y 60% del total, y evaluando la capacidad de soporte y la identificación de la composición mineralógica del RCD-C fino. Se reveló que la densidad aparente seca aumentó con la estabilización mecánica, posiblemente debido a una mejorada disposición de los finos del agregado, lo que permitió una disposición más efectiva de los granos. Se observó que el OCH disminuyó en cuanto se aumentó la cantidad de RCD-C fino en la mezcla.

El mayor aumento en la densidad aparente seca se logró al utilizar un 60% de RCD-C fino, lo que elevó la densidad de 1,58 a 1,75 g/cm<sup>3</sup>.

Serrano y Padilla (2018) presentaron el estudio “Análisis de los cambios en las propiedades mecánicas de materiales de subrasante por la adición de materiales poliméricos reciclados” con el fin de compilar las principales investigaciones que han examinado la cualidad de alterar las características de la capa de suelo estudiada mediante la inclusión de hebras en su estado natural o sintéticas, para luego determinar conceptos claros que contribuyan a su uso en la construcción. Los valores adquiridos durante el trabajo revelan que aproximadamente el 65% de las investigaciones analizadas se centran en la indagación respecto de la resistencia a la compresión, entre las cuales se ha concluido que existe una notable variación positiva en este ámbito, variando en relación de la clase de material mezclado con el suelo. Para lograr una eficacia óptima, el cemento es necesario en un 9%; mientras que, un 10% de cemento es imperativo para ser utilizado junto con una incorporación del 0,75% de fibras, con variaciones según se busque un incremento de hasta el 35%.

Mamani (2019) en el trabajo titulado “Mejoramiento de las propiedades mecánicas de suelos con adición de residuos de la construcción y demoliciones para la construcción de la base de pavimentos de la ciudad de Juliaca”, buscó optimizar las características de los suelos encontrados en una cantera determinada mediante la incorporación de desechos de ladrillo y concreto, con el fin de construir la capa más profunda de las vías en Juliaca. La metodología aplicada fue de naturaleza cuantitativa y de enfoque experimental, luego de realizar ensayos con diferentes proporciones de residuos de ladrillo, se llegó a la conclusión de que la adición del 10% de estos residuos era la opción más adecuada, obteniendo así una merma del IP de 8.834% a 6.75%, la

MDS presenta un crecimiento de 1.65 g/cm<sup>3</sup> a 2.022 g/cm<sup>3</sup>, y una subida del CBR al 100% de 42.70 a 61.05.

Gallardo et al. (2016) ejecutaron una investigación nombrada “Análisis del comportamiento de suelos de alta plasticidad con la adición del material de residuo en la fabricación de ladrillo cerámico”, en esta investigación, se exploró el uso de residuos de ladrillo procedentes de la Ladrillera Ocaña en un papel de alternativa para elevar el nivel de las subrasantes en las vías terciarias. Estas vías desempeñan un papel crucial al brindar acceso a las zonas agrícolas, pero a menudo están compuestas por suelos altamente plásticos que generan problemas de transitabilidad especialmente durante la temporada de lluvias. El enfoque metodológico empleado en este estudio es Descriptivo-Experimental. Finalmente, las conclusiones obtenidas denotan que la inclusión de residuos de ladrillo como material alternativo demostró un comportamiento positivo al reducir la plasticidad y mejorar el CBR. Ejemplo de ello es que una proporción del 10%, logra disminuir el IP en un 22.27%, aumentar del 5.83% en la MDS con un 15%, y una disminución del 14.29% en la humedad óptima con un 10%. No obstante, es importante destacar que la mejora en el índice CBR fue limitada, con un incremento máximo del 3% en comparación con la condición natural.

### **2.1.2 Investigaciones nacionales**

Peralta (2021) en el documento llamado “Mejoramiento de la capacidad portante del suelo aplicando distintas dosis de residuos triturados de ladrillo, lechada de cal y cemento diluido: caso urbanización “Los Pinos”, Chota-2020”, se propuso evolucionar la facultad de carga del objeto de estudio en una urbanización en la que el suelo es de naturaleza blanda a partir de los 3 metros de profundidad. Para lograr este propósito, se emplearon diferentes proporciones de desechos desintegrados de los elementos mencionados en su título en siete calicatas seleccionadas en la urbanización. A través de una perspectiva cuantitativa y correlacional para analizar los resultados.

Las muestras de suelo se caracterizaron y se sometieron a análisis de acuerdo a lo dictado por SUCS en el laboratorio de la empresa Guersan Ingenieros SRL en Chota. Los resultados revelaron que la capacidad de carga de todas las calicatas era inferior a 0,80 kg/cm<sup>2</sup>. Se aplicaron múltiples cantidades de los agregados antes mencionados en cada muestra de suelo. Dando como conclusión que la capacidad de carga aumentó, respecto al uso de ladrillo en 0,82 kg/cm<sup>2</sup>; 0,85 por la lechada de cal; y 0,90 kg/cm<sup>2</sup> gracias al cemento pulido. Es importante destacar que el tratamiento con cemento diluido al 15% demostró ser estadísticamente el más efectivo, pues subió los valores en hasta un 15%.

Torres (2021) en el documento nombrado “Adición de concreto reciclado para el mejoramiento de la subrasante en la avenida Pacasmayo, urbanización Los Laureles, Callao 2021”, tiene el propósito de investigar las consecuencias que ocasiona la integración de concreto recuperado en la mejora de la subrasante de av. Pacasmayo. A raíz de la necesidad de iniciar este análisis, se emplearon métodos de diseño cuasi-experimental, en la que se introdujeron deliberadamente partes del material estudiado en tal capa del camino con el fin de evaluar su repercusión en las características del suelo. Fueron establecidas 4 ensayos de laboratorio en cada muestra, utilizando diferentes proporciones de concreto reciclado, que representaban el 10%, 15% y 20% del peso total de la muestra. Los resultados obtenidos indicaron un incremento de 0.331 gr/cm<sup>3</sup> de la MDS, dejando atrás el valor inicial igual a 1.796 gr/cm<sup>3</sup> para mutar a 2.127 a través del incremento del 20% del material y la merma de 6% del IP (de 13% a 7% con la dosificación de 20%).

Cornejo y Hurtado (2021) en la tesis que lleva como título “Estabilización de subrasante con concreto reciclado y agregado natural, mediante métodos granulométricos, carretera Maras - Moray, Cusco, 2021”, acogió el propósito de establecer una mejora en la capa de subrasantes a través de la utilización de los novedosos materiales presentado en el título. Se adoptó un enfoque

científico deductivo, de nivel explicativo, de un carácter aplicado, y siguiendo lineamiento de experimental puro. Las conclusiones obtenidas a través del (CBR%) para un estado natural es de 13.21%. En contraste, la capacidad portante para los tratamientos que involucraron diferentes dosis de los agregados reciclados osciló entre 35.34% y 60.76%. Como conclusión, se determinó que la máxima capacidad portante alcanzada para la subrasante fue de CBR 60.76%  $\pm$  3.62%, lo que conlleva a un incremento del 359.95% en comparación con el tratamiento de control.

Muñoz (2019) manifestó a través de “Adición de escombros de construcción al material de la base y subbase para pavimentos flexibles en Nuevo Chimbote - 2019” que para abordar el desafío de gestionar la gran cantidad de desechos de obras que se generan en nuestro tiempo, se ha propuesto una alternativa que implica la utilización de estos en proyectos de pavimentos flexibles. En esta investigación, se incorporó un porcentaje variable de concreto reciclado, que consistía en un 5%, 15% y 25%, con el propósito de evaluar su desempeño en comparación con el material convencional. La metodología consiste en triturar el concreto reciclado y se enfocó en lograr un mayor porcentaje de incorporación en el material de afirmado mediante la retención de partículas en la malla N° 04 y su posterior paso a través de la malla  $\frac{3}{4}$ ". Se señala que la proporción óptima de integración de concreto reaprovechado a la capa de afirmado, guiados por las normas en relación a base y subbase, es del 15% mejorando así el CBR, superando el 80% para las bases. Por otro lado, al incorporar 5% y 10% solo sobrepasa el valor mínimo para la Subbase (40%),

Contreras y Herrera (2015) titularon su investigación como “Mejoramiento del agregado obtenido de escombros de la construcción para bases y subbases de estructura de pavimento en nuevo Chimbote - Santa - Ancash”. Estos planifican reutilizar los restos originados en consecuencia de secuencias constructivas y demoliciones a través de un procedimiento de clasificación y reducción de tamaño, con el propósito de incorporarlos como componentes

granulares en la construcción de pavimentos. Los áridos reciclados resultantes pueden ser empleados para reemplazar materiales que presenten problemas geotécnicos y una capacidad de soporte limitada en las bases y subbases granulares de las carreteras. Los valores dados por los ensayos demuestran que la dosificación de 50% de áridos reciclados (AR) y 50% de áridos naturales (AN) ofrecen los datos superiores al contrastarlos con los requisitos estipulados. Se concluye que, al mejorar la calidad de los escombros, especialmente en lo que respecta a las bases y subbases, se logran grandes cualidades de resistencia y características mecánicas comparables a las del agregado convencional. Por lo tanto, estos áridos reciclados podrían ser propuestos como una alternativa viable en proyectos de pavimentación.

## **2.2 Bases teóricas**

### **2.2.1 Residuos sólidos reciclados**

#### ***Concreto reciclado***

Definido como el concreto cuyos componentes, ya sea en parte o en su totalidad, se obtienen a partir de la reutilización de agregados que provienen de concreto previamente utilizado, así como de grava y arena reciclados (NTP 400.053, Norma Técnica Peruana, 1999).

La reutilización de pavimentos a base de concreto es un procedimiento relativamente sencillo que consiste en fragmentar, opcionalmente extraer, y luego triturar el concreto proveniente de diversas fuentes adecuadas. Este material se maneja en el lugar para conferirle las propiedades deseadas y se retira y reutiliza el concreto antiguo de varias formas; por ejemplo, incorporándolo en reemplazo del componente grueso en la reconstrucción de vías de concreto, ya sea en bases de concreto precario o tan solo en forma de la capa mencionada (Akhtaruzzaman y Hasnat, 1983).

Este material es el resultante de la demolición de edificaciones y pueden emplearse en la producción de agregados (Sánchez y Yataco, 2017). Esta producción consiste en parte o en su totalidad de la trituración de concreto, la reutilización de gravilla y arena reciclada (Ministerio de Vivienda, 2013).

### ***Ladrillo reciclado***

Este agregado se destaca como un material esencial, pero esto también conlleva a la generación de una cantidad significativa de residuos. Por lo tanto, es crucial buscar formas efectivas de darle un propósito adecuado a estos desechos en el Perú (Galarza, 2011).

## **2.2.2 Suelos**

Según Osorio (2015) El suelo se puede describir como una combinación de rocas, agua y aire, y sus características físicas y mecánicas varían según su composición y ubicación. Además, la respuesta de las múltiples características de superficies en las construcciones es diverso. La elección de la superficie en la que se construirá un proyecto afectará tanto al diseño como al monto monetario de la construcción de la edificación. En el momento de realizar ensayos en el suelo del terreno, se puede precisar el nivel de urgencia con el que se requiere iniciar trabajos adicionales, como la preparación del sitio de construcción.

## **2.2.3 Clasificación de los suelos**

### ***Suelos gruesos***

Son aquellos que posean más de la mitad de elementos con una dimensión más elevada que 0.075 mm (tamiz N°200) siendo estos detenidos al iniciar el proceso de tamizaje. Si la mayoría de elementos gruesos no logran superar en la abertura N°4 (4.475 mm) en comparación con la carga total de partículas gruesas, se representan con el símbolo "G". Por otro lado, el símbolo "S" se

utiliza para las partículas en las que más del 50% pasa a través del filtro N°4 (4.475 mm). A estos símbolos "S" o "G" se les agrega un número que indica la gradación. Si se añade la letra "W", significa que la gradación es buena y contiene una cantidad baja o nula de partículas finas. Cuando se utiliza la letra "P", se refiere a una distribución deficiente, homogénea o irregular, con una cantidad limitada o nula de partículas finas. Por otro lado, la simbología "M" da a entender que la muestra es limosa, posee arena o una combinación de ambos. Por último, el término "C" representa que existe una determinada cantidad de arcillas y un valor variable de arenas, ambos en conjunción (NTP, 1999).

### ***Suelos finos***

Son aquellos que tienen un porcentaje superior al 50% de sus elementos con una dimensión menos elevada que 0.075 mm, clasificados en 3 categorías: limos o arcillas orgánicas (O); limos (M); y tierras, identificadas con el término C. Además, cada categoría se acompaña de otra letra que señala la comprensibilidad relativa, siendo L cuando el LL es inferior al 50%; en cambio, H en el caso contrario (NTP, 1999).

### ***Arcillas***

Aquella categoría en la que sus partículas pueden atravesar la red N°200 y que exhiben características plásticas relacionadas con la cantidad de humedad presente. Cuando está seco, este tipo de suelo es notablemente resistente. En términos de clasificación, la arcilla se considera un material de granulometría fina, caracterizado por un IP equivalente o superior a 4.

### ***Limo***

Se refiere a una superficie que se encuentra en la red N°200, lo que indica que tiene una baja o nula plasticidad. Cuando se seca, muestra una baja resistencia o ninguna resistencia en absoluto.

Para clasificar el limo, se considera una superficie de partículas suaves que tiene una relación flexible con un valor mínimo de 4.

#### **2.2.4 Propiedades del suelo**

La facultad de reconocer las aptitudes físicas fundamentales es de gran importancia, ya que una comprensión completa y precisa de estas características permitirá prever cómo se comportará un terreno bajo cargas sostenidas a lo largo del tiempo (Villalaz, 2004).

Según Terrones (2018) Se destaca que en Perú se encuentran numerosas superficies de constituidas de arcillas o arenas que, de manera inalterada, son inadecuadas en caso de algún proyecto. Por esta razón, la normativa nacional sugiere la mejora de estos suelos mediante diversas técnicas, incluida la estabilización del suelo, concebida a modo de optimización de las aptitudes físicas en consecuencia de actividades mecánicas y la incorporación de elementos sintéticos, en su estado natural o modificado.

##### ***Plasticidad***

La propiedad de estabilidad que evalúa la capacidad de un suelo para mantenerse unido hasta cierto punto de humedad, sin desmoronarse, se conoce como plasticidad. En consecuencia, esta característica está influenciada únicamente por sus componentes de finura reducida, no por los elementos más grandes que pueda contener. El análisis granulométrico, es irrelevante en este tipo de casos pues no provee datos acerca de este atributo; por ende, es imperativo determinar los límites de consistencia para su evaluación.

**Tabla 1.***Clasificación según IP*

<b>IP</b>	<b>Plasticidad</b>	<b>Descripción del Suelo</b>
IP superior a 20	Alta	Altamente arcilloso
IP inferior o equivalente a 20	Media	Arcilloso
IP superior a 7		
IP inferior a 7	Baja	Bajo nivel de arcilla
IP equivalente a 0	NP	Libre de arcilla

Nota. Tomado de Morales, Pacheco, y Viera (2021)

### ***Densidad***

Identificamos tres categorías de densidades diferentes. En primer lugar, la absoluta, considerada la cantidad de masa de un objeto presente en una unidad de medida de espacio, teniendo en cuenta la eliminación de cualquier espacio vacío en el espécimen. Luego tenemos a la aparente, que es esencialmente la misma que la primera, de no ser porque se consideran los espacios vacíos. En tercer y último lugar, encontramos la relativa, definida como la correspondencia existente considerando cuan denso es un objeto con la absoluta del agua en una temperatura de 4°C (Villalaz, 2004).

### ***Porosidad***

La porosidad del suelo, también conocida como espacio poroso, se refiere a la proporción del volumen del suelo que no está ocupado por materiales sólidos.

Dentro del espacio poroso del suelo, se pueden identificar dos tipos de poros: aquellos de una dimensión superior a 250  $\mu\text{m}$  y aquellos que son inferiores al mismo valor. Estos poros permiten que el agua, los alimentos y los componentes gaseosos circulen o se retengan. Los microporos no retienen agua en contra de la gravedad y, por lo tanto, desempeñan un papel fundamental en el

drenaje y la aireación del suelo, además de proporcionar un área imprescindible destinado a la evolución de las raíces. En cambio, los microporos conservan los líquidos, y una parte de esta agua está disponible para las plantas (ONUAA, 2015).

### ***Textura***

Según Jordán (2005), explica que esta está referida a la estructura en términos de volumen de la porción no orgánica de los suelos. Establecer la composición granulométrica de estos es esencial en cualquier investigación, ya sea para fines de clasificación genética o técnica. Algunos atributos de los elementos de tipo mineral presentes en las bases de la superficie están relacionados con su extensión. Por consiguiente, se pueden encontrar varias clasificaciones en uso en la actualidad, aunque en términos generales se utilizan las gravas, arenas, limos y arcillas, aunque las características para cada clase pueden variar ligeramente. Jordán (2005) también señala que la capa interna y la cantidad y dimensión de los poros son afectados gracias al tamaño de sus partículas. A medida que el elemento disminuye en tamaño, su superficie interna aumenta; por lo tanto, se incrementa la extensión total de los granos del suelo. Además, la menor extensión de estas conlleva a un decrecimiento de la magnitud de la porosidad, resultando en suelos con una menor cantidad de poros y de menor tamaño.

### **2.2.5 Ensayos de suelos**

#### ***Humedad***

Según Dunkerley (2002), La humedad presente desempeña la crucial tarea de influenciar el modo de actuar de las corrientes de agua en las áreas semiáridas. Mayoritariamente, si existe una gran humedad, se observa una reducción en su capacidad de absorber agua (Manfreda et al., 2010).

Hemos establecido su valor ideal y el de la DMS de materiales a raíz de la prueba de Proctor, tanto en su forma modificada como en su forma estándar. El proceso en el cual se introduce energía

en el suelo suelto se denomina "compactación", y esto resulta en la reducción de vacíos, incrementando así la densidad y a la vez mejorando el esfuerzo de soporte y estabilidad. Es importante destacar que la máxima densidad es alcanzada con un nivel específico de humedad. llamado "Contenido óptimo de humedad" (Ortiz y Bastidas, 2013).

La medición del nivel de humedad en las muestras es un procedimiento que se caracteriza por su lentitud, y esto no se debe a la complejidad de la medición en sí, sino al tiempo necesario para obtener los resultados del ensayo (Gómez y Vidal, 2007).

Las CRH (curva de retención de humedad), representan la conexión existente en la magnitud de humedecimiento respecto del potencial matricial. Además, estas curvas indican cómo el suelo puede mantener la cantidad de agua al ser influenciado por la capacidad de aspiración, y esta relación se ve influenciada por elementos vinculados por la estructura porosa del suelo (Casanova, 2018).

### ***Ensayo de CBR***

Considerado como un examen de la facultad de carga de materiales en su ubicación original. Este ensayo se lleva a cabo para analizar las aptitudes presentes en subrasantes, subbases y bases en la construcción de pavimentos. Implica la aplicación de una carga con el fin de alcanzar esfuerzos específicos, a profundidades de penetración de 0,1" y 0,2" (Torres et al., 2020).

El enfoque fundamental del ensayo CBR implica usar equipos estandarizados ejerciendo presiones repetidas con el fin de alcanzar que el espécimen no presente deformación permanente o esta sea despreciable (Bojacá y Campagnoli, 2022). Asimismo, la prueba contrasta los valores al ser aplicado en una muestra con los obtenidos de un agregado grueso triturado que tiene una granulometría bien definida (Ntirenganya, 2020).

La valoración de la resistencia al corte resulta fundamental en la mayoría de los desafíos relacionados con la estabilidad de los suelos, según señala Bowles en 1981. Con frecuencia, el CBR y DCP son empleados con la finalidad de establecer la categoría de compacidad luego de realizados los ensayos en aquellos suelos presentes en la superficie de vías (Arbianto et al., 2021).

**Tabla 2.**

*Clases de subrasante*

<b>Subrasante</b>	<b>CBR</b>
Inadecuada (S0)	Menor a 3%
Pobre (S1)	3%, 4% y 5%
Regular (S2)	6%, 7%, 8% y 9%
Buena (S3)	Entre 10% y 19%
Muy buena (S4)	Entre 20% y 29%
Excelente (S5)	Mayor o igual a 30%

*Nota.* Tomado de Manual de carreteras, 2014

### ***Ensayo granulométrico***

Es considerado la determinación de las dimensiones los elementos del suelo, se lleva a cabo utilizando una variedad de técnicas y dispositivos. Entre estas, las más reconocidas son las que utilizan un densímetro durante el ensayo (Bonifácio et al., 2011).

La granulometría es una de las características físicas en materiales; por ejemplo, la arena y la piedra. Asimismo, tiene una relevancia directa en la resistencia y cálculo de dosificaciones en mezclas de concreto. En términos conceptuales, la granulometría va relacionada con la disposición porcentual de múltiples dimensiones de agregados participantes en una muestra. En relación a esto,

existe la concepción de que gran parte de las numerosas canteras en el territorio nacional irrespetan los criterios recomendados por la granulometría (Toirac, 2012).

Finalmente, este es un método empleado de manera regular con el fin de evaluar la disposición de dimensiones de partículas, una información crucial para establecer su categorización, así como para comprender sus características mecánicas y geotécnicas (AASHTO, 2021).

**Tabla 3.**

*Clasificación según dimensión particular*

<b>Material</b>	<b>Partículas (mm)</b>
Grava	75 a 4.75
	Gruesa: 4.75 a 2.00
Arena	Media: 2.00 a 0.425
	Fina: 0.425 a 0.075
Finos	Limo 0.075 a 0.005
	Arcilla Inferior a 0.005

Nota. Tomado de MTC (2014)

***Ensayo límites de consistencia***

Empleado para describir características de partículas de finas presentes en suelos. Los valores de los límites líquidos, plásticos y contracción son también conocidos como límites de consistencia. Estos valores, junto con los niveles de humedad correspondientes, establecen los diferentes estados de consistencia que pueden tener los suelos de características cohesivas. El LL, LP y el IP de las muestras son comúnmente utilizados, de manera independiente o conjunta con otras propiedades en subrasantes, con la meta de relacionarlos con su reacción en características en relación a la ingeniería. El LL se refiere al nivel mínimo de humedad necesario para formar

pequeñas barras de un diámetro aproximado de 3,2 mm que pueden rotar sin desmoronarse entre un área lisa y el lado interno de la mano (MTC, 2016).

### ***Proctor modificado***

Mediante esta prueba experimental, podemos identificar y analizar las relaciones del COH con el P.U. seco. Estos resultados son representados a través de una curva de compactación. Para realizar este proceso, se compactan los especímenes en un recipiente de medidas estandarizadas utilizando un pistón que genera una presión equivalente a 44.5 N al descender 457 mm hasta llegar a la muestra; a la vez, esto resultada en un esfuerzo igual a 2700 kN-m/m<sup>3</sup>. Realizar este ensayo es crucial ya que contribuye a optimizar las características del suelo. Esto se traduce en un aumento de su resistencia al esfuerzo cortante, una mayor impermeabilidad y una reducción de su compresibilidad (NTP 339.141, 1999).

## **2.3 Bases filosóficas**

### ***Suelos***

Un elemento fundamental en la Tierra es el suelo, a menudo llamado la piel del planeta, el cual ha sido crucial para el progreso de las sociedades durante la evolución de nuestra raza. Este suelo, presente en cada espacio de nuestro entorno, es vital para la sostenibilidad de los seres vivos. Sin embargo, es frecuente que pase desapercibido para la mayoría de las personas. A pesar de su importancia, la sociedad no valora el suelo en sí mismo, aunque sí muestra interés por la propiedad de la tierra, lo que ha provocado numerosos conflictos a lo largo del tiempo. Incluso entre los profesionales agrícolas, el conocimiento sobre la importancia del suelo es limitado. En el aspecto económico, se considera al suelo como un recurso, pero su relevancia no se aprecia plenamente. En la actualidad, en medio de la crisis ambiental global, el suelo rara vez es incluido en las cuentas de la contabilidad ambiental. Parece como si la población mundial hubiera olvidado su conexión

ancestral con el suelo, el medio donde la vida se originó y donde, finalmente, concluye su ciclo de vida. (Burbano, 2010).

## **2.4 Definición de términos básicos**

### **2.4.1 Estabilización de suelos**

Este procedimiento tiene como objetivo mejorar el desempeño al reducir la susceptibilidad al agua o a cambios temporales en un período razonable. La idea principal es aumentar la eficiencia o rendimiento de algo al minimizar su sensibilidad a la exposición al agua o a condiciones temporales dentro de un plazo adecuado. En otras palabras, se busca optimizar el comportamiento de algo haciéndolo menos vulnerable a los efectos del agua o a situaciones temporales en un lapso de tiempo aceptable. Este proceso implica que el desempeño se vuelve más eficaz y eficiente, ya que se ha reducido su susceptibilidad a factores externos en un período de tiempo considerado adecuado (Yepes, 2014).

### **2.4.2 Subrasante**

Es crucial que la subrasante ofrezca un respaldo sólido y una capacidad de soporte elevada, lo que implica la necesidad de tomar precauciones ante la posibilidad de expansión del suelo. Es fundamental garantizar que la subrasante constituya una base robusta y resistente capaz de soportar cargas y proporcionar estabilidad a la estructura en construcción (Marallano, 2016).

### **2.4.3 Pavimento**

Rengifo (2014), los considera como un elemento concebido para facilitar la circulación de automóviles, compuesto por múltiples capas superpuestas. Sus funciones esenciales abarcan la

creación de un área de rodadura homogénea en cuanto a su resistencia al tráfico, adversidades climáticas y agentes perjudiciales, y la correcta distribución de las tensiones generadas por las presiones de los elementos que transcurren sobre esta hacia las capas inferiores. Además, debe presentar un buen sistema de drenaje, una textura adecuada para la velocidad de circulación, evitar reflejos y deslumbramientos, proporcionar comodidad a los usuarios con una superficie regular y reducir el ruido de la rodadura. Asimismo, debe ser de larga duración y económicamente eficiente, teniendo en cuenta los costos y la vida útil como elementos cruciales en su diseño.

#### **2.4.4 Análisis granulométrico**

Implica la evaluación del material que será utilizado como base en un proyecto, y es realizado a cabo mediante ensayos utilizando tamices de diferentes aberturas, que dependen del tamaño de las aberturas en la malla de cada tamiz. Las características de la muestra se determinarán teniendo en cuenta las partículas retenidas en cada tamiz, siguiendo las especificaciones previamente definidas (NTP 339.128, 1999).

#### **2.4.5 Proctor modificado**

Este procedimiento implica calcular las densidades secas de materiales que son depositados en moldes estandarizados y luego se compactan al ejecutar una carga bajo requisitos uniformes, utilizando diferentes niveles de humedad (NTP 339.141, 1999).

## **2.5 Hipótesis de investigación**

### **2.5.1 Hipótesis General**

La influencia de la adición de concreto y ladrillo reciclados mejorará las propiedades físico-mecánicas de la subrasante en el AA.HH. Fujimori, Santa María, 2023.

### **2.5.2 Hipótesis específicas**

La influencia de la adición de concreto y ladrillo reciclado aumentará el índice de plasticidad de la subrasante en el AA.HH. Fujimori, Santa María, 2023.

La influencia de la adición de concreto y ladrillo reciclado aumentará la máxima densidad seca de la subrasante en el AA.HH. Fujimori, Santa María, 2023.

La influencia de la adición de concreto y ladrillo reciclado incrementará la capacidad portante de la subrasante en el AA.HH. Fujimori, Santa María, 2023.

## 2.6 Operacionalización de variables

### Variable Dependiente

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
Propiedades físico-mecánicas	Estas son de gran importancia, ya que una comprensión completa y precisa de estas características permitirá prever cómo se comportará un terreno bajo cargas sostenidas a lo largo del tiempo (Villalaz, 2004).	Para su determinación, en el caso de la subrasante diseñada, se llevarán a cabo los siguientes ensayos: CRB, Proctor modificado y límites de atterberg.	• Índice de plasticidad	Porcentajes de los LL y LP
			• Máxima densidad seca	Medida de masa por unidad volumétrica
			• Capacidad portante	Unidad de presión

## Variable Independiente

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
Concreto y ladrillos reciclados	El primero es aquel material resultante de la demolición de edificaciones de concreto, (Sánchez y Yataco, 2017). Mientras que el ladrillo reciclado se destaca como un material reutilizado de los materiales de la construcción (Galarza, 2011).	Se adicionarán el concreto y ladrillo reciclado en un 15% respecto al volumen de la muestra.	<ul style="list-style-type: none"><li>Ladrillo reciclado</li><li>Concreto reciclado</li></ul>	Porcentaje de ladrillo reciclado Porcentaje de concreto reciclado

## **CAPÍTULO III: METODOLOGÍA**

### **3.1 Diseño metodológico**

#### **3.1.1 Tipo de investigación**

Teniendo en cuenta la búsqueda abordada fue escogido un estudio aplicado que, según Hernández et al. (2014), se considera de esta categoría cuando se aplica inmediatamente la respuesta de una problemática de manera concreta e inmediata.

Según Escudero y Cortes (2017) a esta clase se la conoce como operativa o experimental pues se distingue por considerar los objetivos prácticos de la información. Asimismo, su meta es generar una comprensión empírica que pueda ser empleada de manera inmediata para resolver una situación específica.

Finalmente, se clasifica de esta manera puesto que presentamos como finalidad resolver la realidad problemática presentada en el capítulo 1 mediante la implementación de los nuevos fundamentos asimilados y presentados a lo largo del trabajo realizado.

#### **3.1.2 Nivel de Investigación**

Los explicativos trascienden la mera exposición de teorías o eventos y el establecimiento de conexiones entre estos pues su objetivo principal es identificar los motivos de los sucesos y casuísticas físicas o de tipo social. De acuerdo a lo sugerido por su denominación, estos se enfocan en clarificar el porqué de un suceso y las circunstancias en la que se presenta, así como en entender por qué diferentes variables están interrelacionadas (Hernández et al., 2014).

Además, según Espinoza (2014), los trabajos dirigidos a explicar fenómenos, se recurre a diseñar de modo longitudinal, teniendo en cuenta las razones y contrastando las mismas, puesto que es necesario disponer de pruebas contundentes acerca de los motivos.

### **3.1.3 Diseño de la Investigación**

De acuerdo a Arnau (1988), un trabajo experimental comprende seis pasos fundamentales. Estos incluyen el desarrollo de hipótesis, la elección de las variables apropiadas, la gestión de las variables no controladas, la modificación de las independientes y la documentación de las dependientes, el análisis de la varianza en la variable de interés y, por último, la deducción de los vínculos entre ambos tipos de variables.

Asimismo, estas facilitan la recopilación de valores al replicar las características del tema de estudio en un ejemplar o representación (Espinoza, 2014).

El estudio en cuestión adopta un enfoque de investigación experimental puro, ya que su objetivo principal es llevar a cabo experimentos que involucran la manipulación de variables, visualización de los valores obtenidos y la posterior verificación de las afirmaciones tentativas planteadas.

### **3.1.4 Enfoque de la investigación**

Los métodos cuantitativos, escogidos para el presente trabajo, emplean el registro de información para validar suposiciones fundamentadas en condiciones cuantitativas y evaluaciones de tipo estadístico, con el fin de representar el comportamiento y corroborar los conceptos presentados (Hernández et al., 2014).

Además, según Bernal (2006), este tipo de enfoque, considerado convencionales, son fundamentados a partir de la medición de las propiedades de las casuísticas sociales. Esto implica

conjeturar afirmaciones tentativas basándonos en un banco de información vinculado a la realidad problemática, que explica de manera deductiva la conexión entre las variables estudiadas.

Finalmente, en nuestro caso específico buscamos fundamentar una secuencia de paso que nos llevaran a adquirir valores a partir de experimentos de laboratorio, permitiendo así la confirmación de la hipótesis.

## 3.2 Población y muestra

### 3.2.1 Población

Esta se refiere a la unión total de aquellos participantes del estudio, que a su vez componen el 100% de los elementos integrantes de la muestra (Fracica, 1988). Por otro lado, Lepkowski (2008) la considera el conjunto de todas las instancias que cumplen un conjunto de especificaciones.

En nuestro caso, ésta está compuesta por las rutas sin pavimento ubicadas en el AA.HH. Fujimori, presentando una extensión de 2.94 km.

#### Figura 1.

*Mapa AA.HH. Fujimori*



*Nota.* Tomado de Google Earth

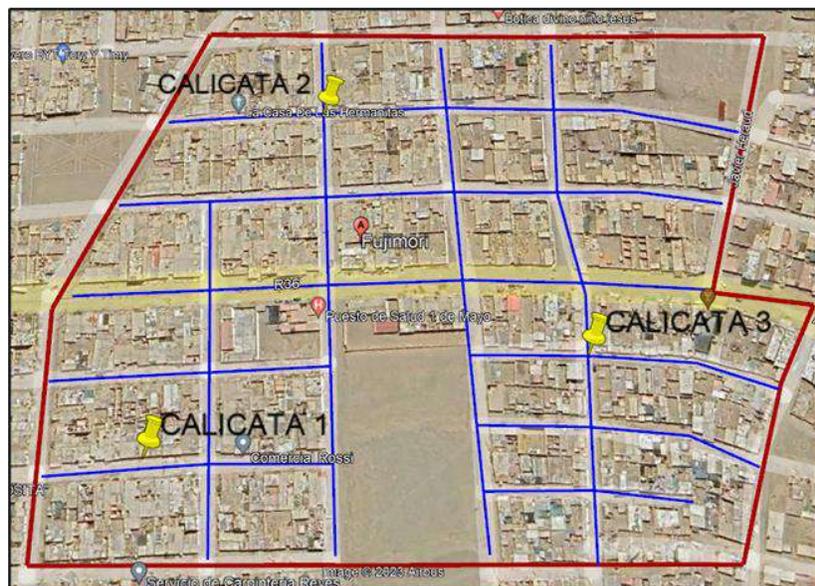
### 3.2.2 Muestra

Bernal (2006) señala que esta es la fracción escogida de un total gracias al cual se recopilan los datos para la investigación, y donde se evalúan y consideran las variables de interés. Asimismo, cabe resaltar que esta porción escogida deberá emular al conjunto general (Hernández et al., 2014).

La selección de elementos representativos a ser estudiados se rige según lo establecido por el MTC en su RD N° 10-2014-MTC/14, indicando que es necesario ejecutar una calicata siempre que se recorra una distancia de un km; por lo tanto, la muestra se encuentra conformada por 3 calicatas.

#### **Figura 2.**

*Ubicación calicatas*



Nota. Tomado de Google Earth

### 3.3 Técnicas de recolección de datos

#### 3.3.1 Técnica a emplear

La observación busca integrar informes al estudio, lo que implica la visualización directa sistemática y sin condicionamiento de las casuísticas o sujetos, con el propósito de obtener información detallada y precisa sobre su comportamiento, características o interacciones.

Por ende, la presente emplea esta técnica pues la utilizará como un recurso valioso para recopilar los datos derivados de los datos ganados durante los ensayos.

#### Tabla 4.

*Técnicas de recolección de datos*

<b>Técnica</b>	<b>Instrumento</b>
Observación	Ficha de observación. Fichas técnicas de los ensayos de laboratorio.

Nota. Fuente propia

### 3.4 Técnicas para el procesamiento de información

Se procederá a evaluar los fundamentos adquiridos a través del siguiente software: para organizar de manera sistemática la información, se utilizará Microsoft Word 2019; mientras que, con el fin de interpretar los valores obtenidos, se empleará Microsoft Excel 2019.

#### ***Observación***

Procedimiento mediante el cual podremos analizar la secuencia por las que transitarán los objetos de estudio escogidos y, a continuación, registrarlas automáticamente de manera imperativa.

### ***Ficha de observación***

El uso de esta nos posibilitará la recopilación estructurada de lo visualizado al ejecutar los ensayos dentro de las instalaciones del laboratorio. Esto implicará la creación de métodos de categorización y ordenamiento de los datos, fundamentales su futura interpretación.

### ***Fichas técnicas de los ensayos en laboratorio***

Utilizadas para registrar los datos derivados de las pruebas experimentales consideradas durante el presente trabajo.

## **CAPÍTULO IV: RESULTADOS**

### **4.1 Análisis de resultados**

#### **4.1.1 Análisis Granulométrico**

##### **Calicata 01**

Las pruebas se dieron de manera conjunta con Ingeolab & Consultoría S.A.C. con la muestra constituida por el suelo obtenido de la calicata 01.

Los resultados indican que entre el tamiz N° 40 y el tamiz N° 200 fue mantenido una gran cantidad de suelo; asimismo, la muestra tiene un T.M. nominal de  $\frac{3}{4}$ ", no presenta LL ni LP, y por ende tampoco IP. Por otro lado, es considerado en la categoría de SP y AASHTO A- 3- (0), según SUCS). Finalmente, podemos concluir que el 96.2 % es arena, 2.1% es grava y 1.7% de finos; y cuenta con un contenido de humedad del 0.6% por lo que es considerado un suelo seco.

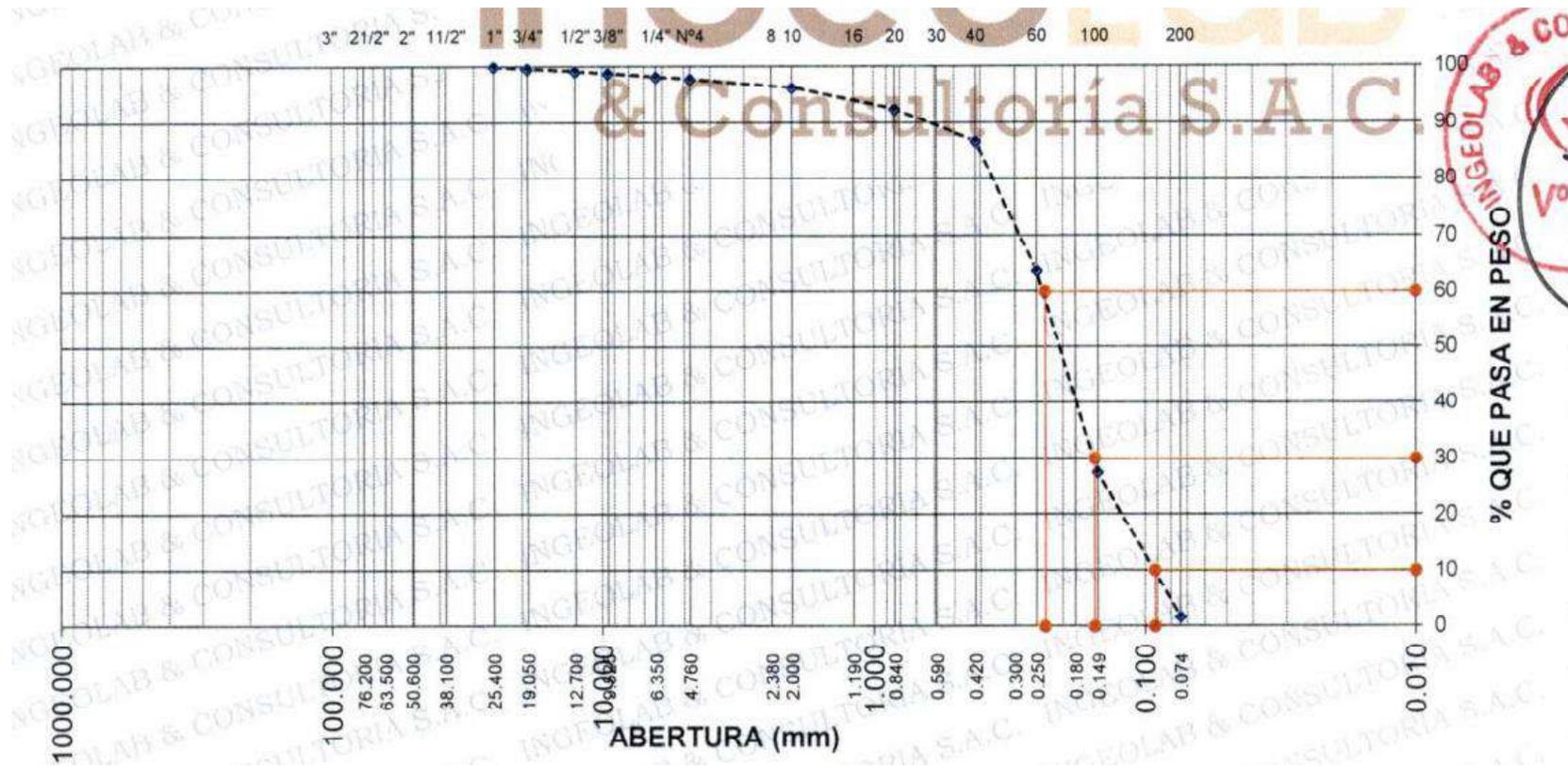
**Tabla 5***Granulometría de C-1*

Tamiz	Dimensión (mm)	Masa detenida	% detenido relativo	% detenido absoluto	% pasante	Especificación	Descripción			
							Clasificación			
5"	127.000						H. Natural	:	0.6	
4"	101.6						LL	:	0	
3"	76.2						LP	:	NP	
2 1/2"	63.5						IP	:	NP	
2"	50.6						SUCS	:	SP	
1 1/2"	38.1						AASHTO	:	(0)	
1"	25.4			0.4	100		<b>Características</b>			
3/4"	19.05	57	0.4	1.1	99.6		T. M.	:	1 1/2"	
1/2"	12.7	54	0.4	1.4	99.2		T. M. Nominal	:	1"	
3/8"	9.525	48	0.3	1.9	98.8		Grava (%)	:	2.1	
1/4"	6.35	85	0.6	2.5	98.2		Arena (%)	:	96.2	
N°4	4.76	51	0.4	2.9	97.9		Finos (%)	:	1.7	
N°10	2.000	213.03	1.6	4.1	96.3		<b>Datos de ensayo</b>			
N°20	0.84	519.6	3.8	8.5	92.5		P. M. Húmedo (gr)	:	13731	
N°40	0.42	797.51	5.8	14.1	86.7		P. M. Seca (gr)	:	13503	
N°60	0.25	3163.27	23	36.8	63.7		Fracción (gr)	:	497	
N°10							<b>Métodos de compactación - proctor</b>			
0	0.15	4965.1	36.2	74.7	27.5		Diámetro de Molde	4" 6"		
N°20								-	-	
0	0.074	3549.59	25.9	98.0	1.7					
<b>PAS</b>							<b>Método</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>
<b>A</b>		<b>227.9</b>	<b>1.7</b>	<b>100.0</b>						

Nota. Tabla obtenida de Ingeolab &amp; Consultoría S.A.C.

**Figura 3.**

*Curva de distribución particular en C-1*



*Nota.* Figura obtenida de Ingeolab & Consultoría S.A.C.

**Tabla 6.**

*Cont. de Humedad de C-1*

DESCRIPCIÓN	N° DE ENSAYO		
	1	2	3
Recipiente			
Recipiente + suelo húmedo	500.0	100.0	
Masa Recipiente + suelo Seco	497.0	99.33	
Agua	3.0	0.7	
Suelo Seco	497.0	99.3	
Cont. Humedad (%)	0.6	0.7	
<b>Contenido de Humedad promedio</b>			<b>0.6</b>

*Nota.* Tabla obtenida de Ingeolab & Consultoría S.A.C.

### **Calicata 02**

Las pruebas se dieron de manera conjunta con Ingeolab & Consultoría S.A.C. con la muestra constituida por el suelo obtenido del lugar analizado.

**Tabla 7.**

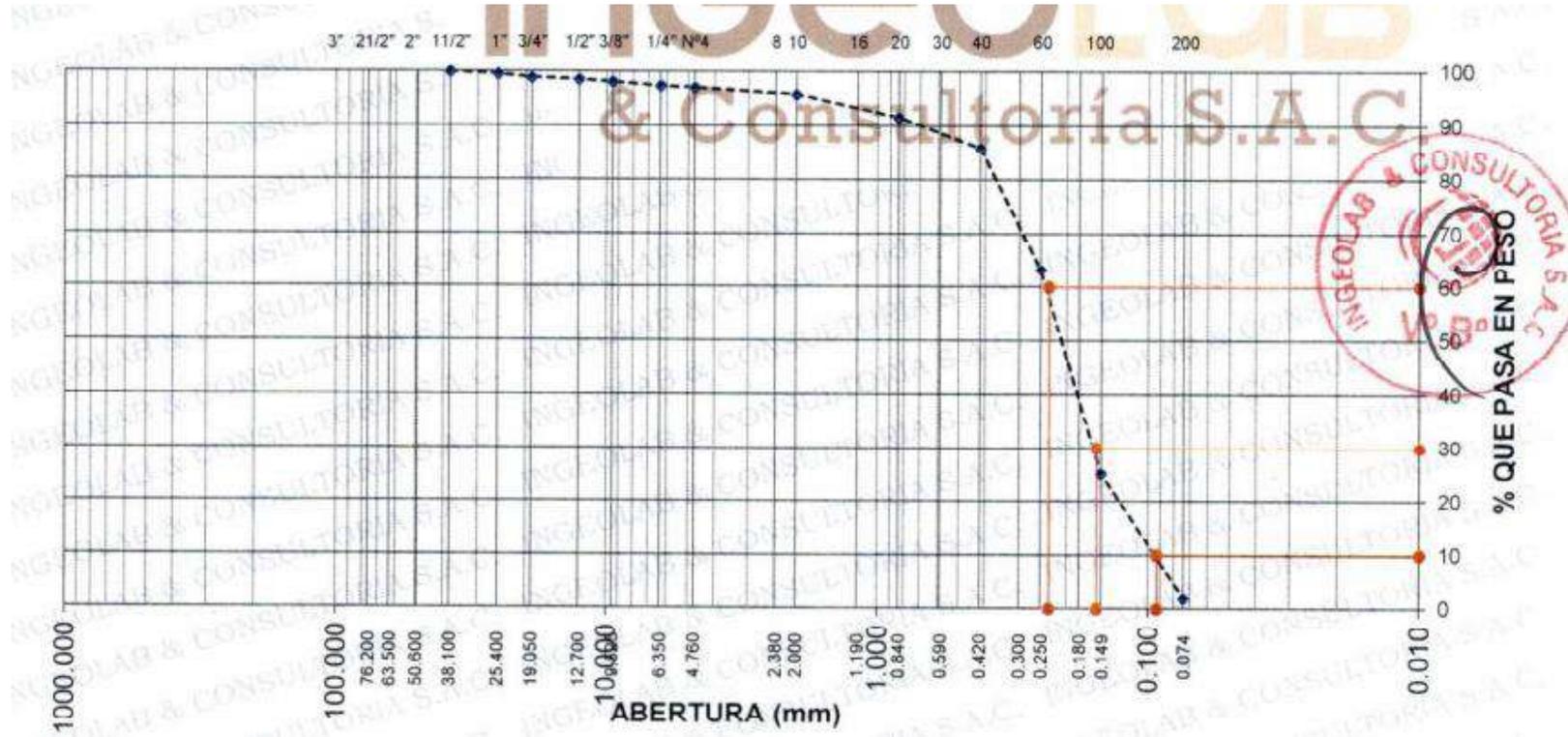
*Granulometría de C-2*

Tamiz	Dimensión (mm)	Masa detenida	% detenido relativo	% detenido absoluto	% pasante	Especificación	Descripción
5"	127.000						H. Natural : 0.6
4"	101.6						LL : 0
3"	76.2						LP : NP
2 1/2"	63.5						IP : NP
2"	50.6						SUCS : SP
1 1/2"	38.1				100		AASHTO : (0)
1"	25.4	53	0.4	0.4	99.6		<b>Características</b>
3/4"	19.05	72	0.6	1.1	98.9		T. M. : 1 1/2"
1/2"	12.7	38	0.3	1.4	98.6		T. M. Nominal : 1"
3/8"	9.525	55	0.5	1.9	98.1		Grava (%) : 2.9
1/4"	6.35	81	0.7	2.5	97.5		Arena (%) : 95.1
N°4	4.76	37	0.3	2.9	97.1		Finos (%) : 2
N°10	2.000	145.55	1.2	4.1	95.9		<b>Datos de ensayo</b>
N°20	0.84	518.81	4.4	8.5	91.5		P. M. húmedo (gr) : 11782
							11544.
N°40	0.42	654.98	50.6	14.1	85.9		P. M. Seca (gr) : 8
N°60	0.25	2677.72	22.7	36.8	63.2		Fracción (gr) : 497
N°10							<b>Métodos de Compactación - Proctor</b>
0	0.15	4465.32	37.9	74.7	25.3		
N°20							Diámetro de 4" 6"
0	0.074	2746.35	23.3	98.0	2.0		Molde - -
<b>PAS</b>							
<b>A</b>		<b>237.21</b>	<b>2.0</b>	<b>100.0</b>			<b>Método A B C</b>

Nota. Fuente: Ingeolab & Consultoría S.A.C.

**Figura 4.**

*Curva de distribución particular de C-2*



*Nota.* Figura obtenida de Ingeolab & Consultoría S.A.C.

Para la calicata 2 se logra ver que entre el tamiz N° 40 y el tamiz N° 200 existe gran cantidad de suelo; asimismo, tiene un T.M. nominal de una pulgada. Por otro lado, la muestra no posee LL, LP ni IP.

Su clasificación es SP y AASHTO A- 3- (0), según SUCS, concluyendo que el 95.1 % es arena, 2.9% de grava y 2% de finos. Finalmente, el contenido de humedad del 0.6% se considera suelo seco sin presencia de plasticidad.

**Tabla 8.**

*Cont. de Humedad de C-2*

DESCRIPCIÓN		N° DE ENSAYO		
		1	2	3 OBSERVACIONES
	Recipiente			
Masa	Recipiente + suelo húmedo	500.0	100.0	
	Recipiente + suelo Seco	497.0	99.38	
	Agua	3.0	0.62	
	Suelo Seco	497.0	99.4	
Cont. Humedad (%)		0.6	0.6	
<b>Cont. Humedad Final</b>				<b>0.6</b>

*Nota.* Tabla obtenida de Ingeolab & Consultoría S.A.C.

### Calicata 03

**Tabla 9.**

*Granulometría de C-3*

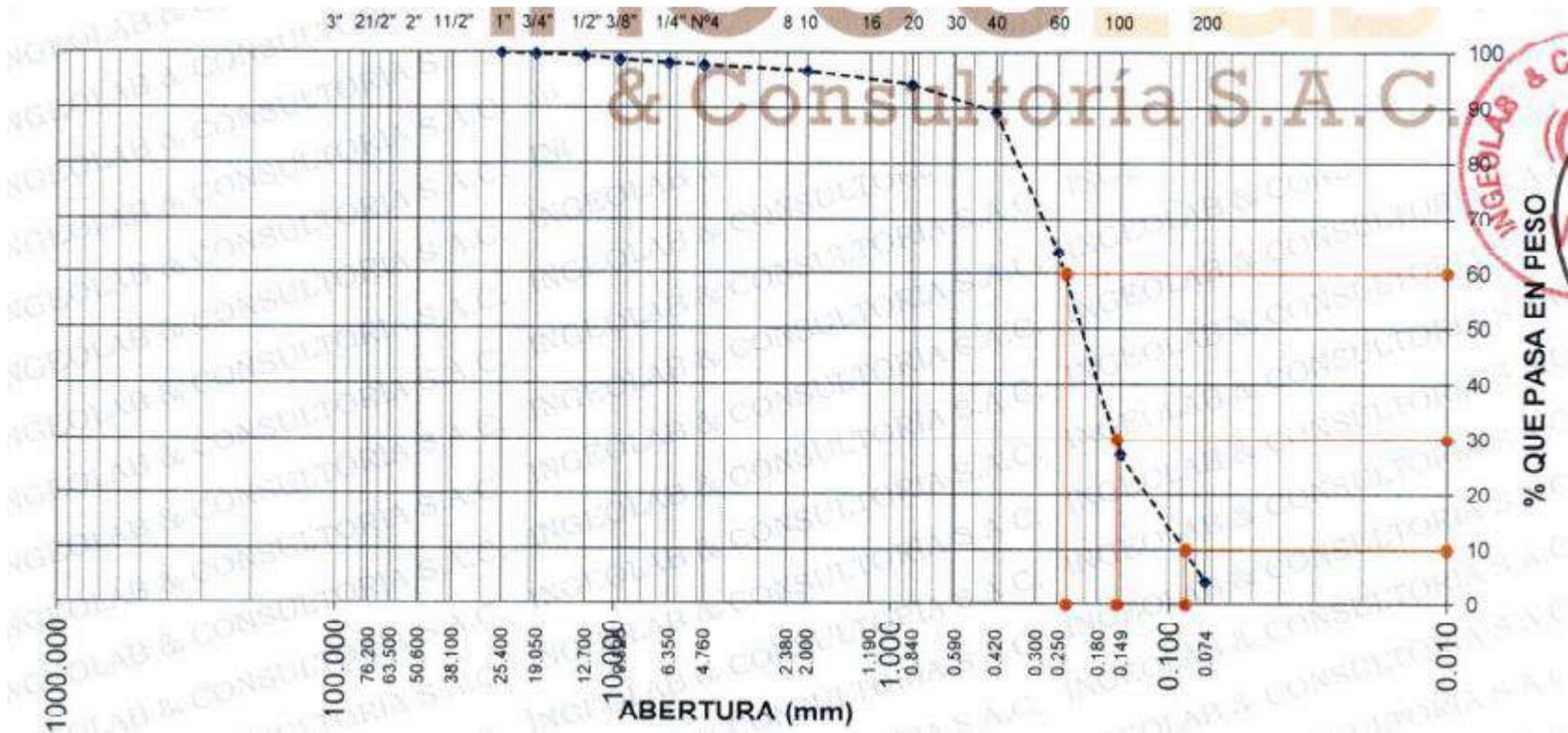
Tamiz	Dimensión (mm)	Masa detenida	% detenido relativo	% detenido absoluto	% pasante	Especificación	Descripción
5"	127.000						H. Natural : 0.4
4"	101.6						L.L : 0
3"	76.2						L.P : NP
2 1/2"	63.5						IP : NP
2"	50.6						SUCS : SP
1 1/2"	38.1						AASHTO : (0)
1"	25.4				100		<b>Características</b>
3/4"	19.05	28	0.2	0.2	99.8		T. Máximo : 1"
1/2"	12.7	36	0.3	0.6	99.4		T. M. Nominal : 3/4"
3/8"	9.525	72	0.6	1.2	98.8		Grava (%) : 2.1
1/4"	6.35	57	0.5	1.7	98.3		Arena (%) : 93.6
Nº4	4.76	45	0.4	2.1	97.9		Finos (%) : 4.3
Nº10	2.000	113.13	1.0	3.1	96.9		<b>Datos de ensayo</b>
Nº20	0.84	277.2	2.5	5.6	94.4		P. M. húmedo (gr) : 11220
Nº40	0.42	571.15	5.1	10.7	89.3		10741.
Nº60	0.25	2840.77	25.3	36.0	64		P. M. Seca (gr) : 9
Nº100	0.15	41110.09	36.6	72.6	27.4		Fracción (gr) : 498
Nº200	0.074	2591.58	23.1	95.7	4.3		<b>Métodos de Compactación - Proctor</b>
<b>PAS</b>							Diámetro de 4" 6"
<b>A</b>		<b>478.09</b>	<b>4.3</b>	<b>100.0</b>			Molde - -
						<b>Método</b>	<b>A B C</b>

Nota. Tabla obtenida de Ingeolab & Consultoría S.A.C.

Las pruebas se dieron de manera conjunta con Ingeolab & Consultoría S.A.C. con la muestra constituida por el suelo obtenido de la calicata 03.

**Figura 5.**

*Curva de distribución particular de C-3*



Para la tercero y última calicata se logra ver que entre el tamiz N° 40 y el tamiz N° 200 existe gran cantidad de suelo; asimismo, tiene un T.M. nominal de 3/4". Por otro lado, la muestra no posee LL, LP ni IP.

Su clasificación es SP y AASHTO A- 3- (0), según SUCS, concluyendo que el 93.6 % es arena, 2.1% es grava y 4.3% son finos.. Finalmente, el contenido de humedad del 0.4% se considera suelo seco sin presencia de plasticidad.

**Tabla 10.**

*Cont. de Humedad de C-3.*

DESCRIPCIÓN	N° DE ENSAYO			OBSERVACIONES
	1	2	3	
Recipiente				
Masa Recipiente + suelo húmedo	500.0	100.0		
Recipiente + suelo Seco	498.0	99.55		
Agua	2.0	0.45		
Suelo Seco	498.0	99.6		
Cont. Humedad (%)	0.4	0.5		
<b>Cont. Humedad Final</b>				<b>0.4</b>

*Nota.* Tabla obtenida de Ingeolab & Consultoría S.A.C.

#### 4.1.2 Índice de plasticidad

##### Calicata 01, 02 y 03

Las pruebas se dieron de manera conjunta con Ingeolab & Consultoría S.A.C. con las tres muestras constituida por el suelo obtenido de cada una de las tres calicatas realizadas.

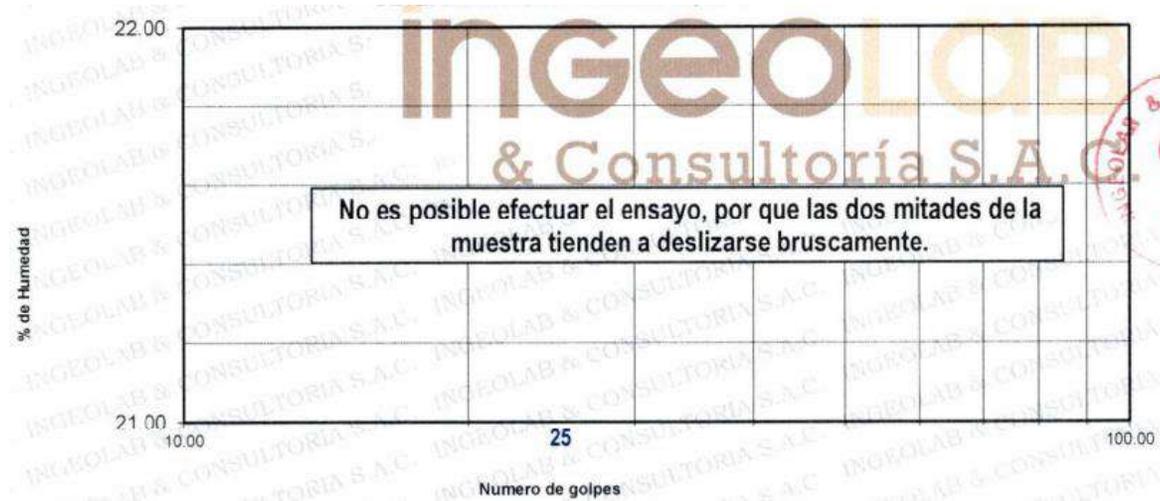
Sin embargo, igual a lo mencionado en el punto anterior, ninguna de las tres calicatas presenta LL, LP ni IP. Es por este motivo que la tabla 11 y la ilustración 6 se dan de igual manera en las tres muestras evaluadas.

**Tabla 11.**  
*Limite liquido*

<b>PRUEBA N°</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Masa			
Recipiente			
Recipiente + suelo húmedo			
Recipiente + suelo Seco			
Agua			
Suelo Seco	NP	NP	NP
% de Humedad			<b>LL</b>
<b>Numero de Golpes</b>			<b>0.00</b>

*Nota.* Tabla obtenida de Ingeolab & Consultoría S.A.C. con los resultados del ensayo.

**Figura 6.**  
Determinación del LL



*Nota.* Figura obtenida de Ingeolab & Consultoría S.A.C.

### 4.1.3 Proctor modificado

#### Patrón

El ensayo del Proctor fue realizado en las instalaciones del laboratorio Ingeolab & Consultoría S.A.C. con la muestra inalterada, ejerciendo 25 golpes en cada una de las 5 capas asentadas en un recipiente que nos permitió alcanzar una humedad óptima gracias al compactado realizado. En el caso de la muestra patrón recibimos como resultado una DMS de 1.759 gr/cm<sup>3</sup> con un COH equivalente a 13.6%.

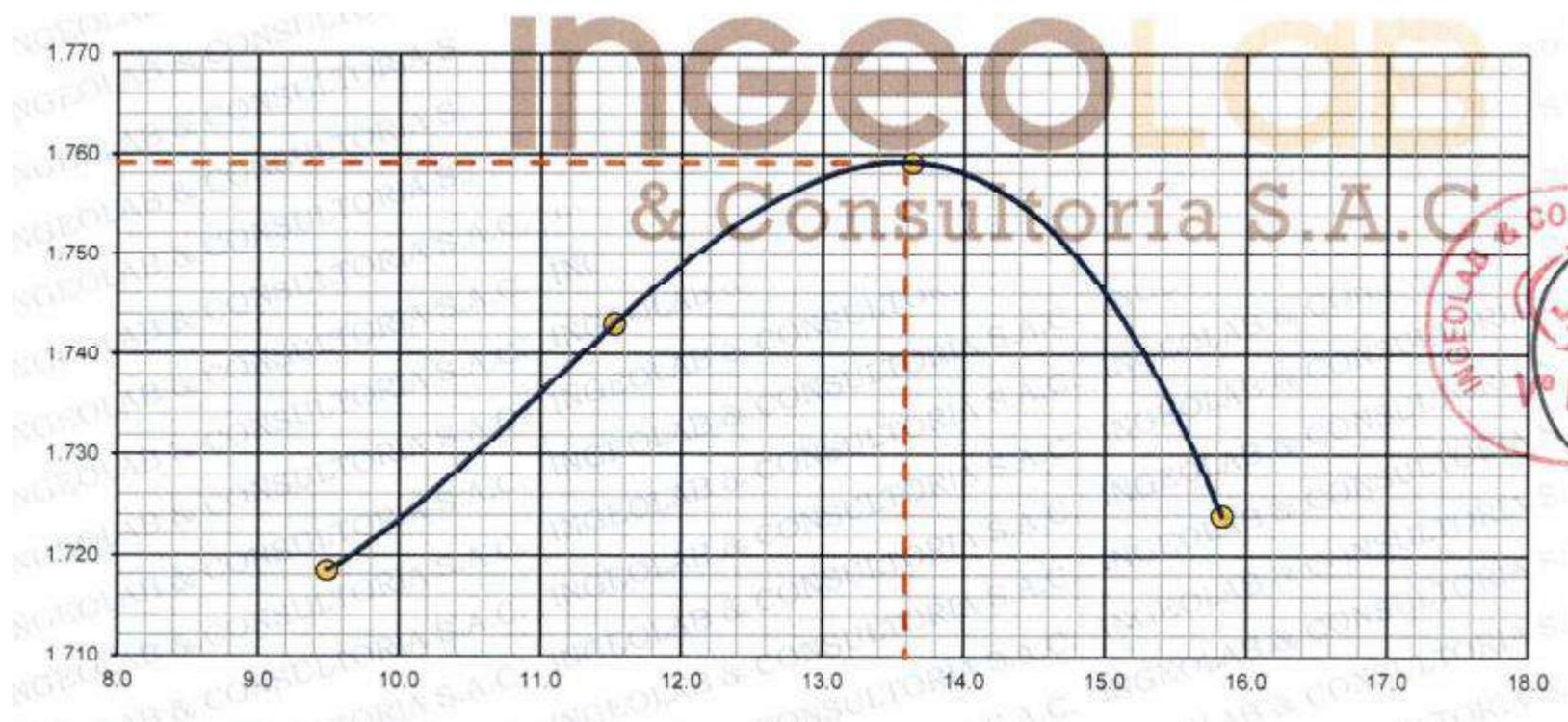
**Tabla 12.***COH y MDS en patrón*

Recipiente N° 1		Ø	4" 6"			Vol.	945	M <sup>3</sup>	N° de capas	5
		Metodo	A	B	C	Masa	2731	gr	N° de golpes	25
N° Ensayos						1	2	3	4	
	Suelo + Recipiente				gr.	4.509	4.568	4.62	4.618	
	Suelo húmedo compactado				gr.	1.778	1.837	1.889	1.887	
	Volumétrico húmedo				gr.	1.881	1.944	1.999	1.997	
Masa	Suelo húmedo + Tara				gr.	300	300	300	300	
	Suelo seco + Tara				gr.	274	269	264	259	
	Tara				gr.					
	Agua				gr.	26	31	36	41	
	Suelo seco				gr.	274	269	264	259	
	Contenido de agua				%	9.5	11.5	13.6	15.8	
	Densidad Seca				gr/cc	1.718	1.743	1.759	1.724	

*Nota.* Tabla obtenida de Ingeolab & Consultoría S.A.C.

**Figura 7.**

*Curva COH-MDS en patrón*



*Nota.* Figura obtenida de Ingeolab & Consultoría S.A.C.

## Adicionando

El ensayo del Proctor fue realizado en las instalaciones del laboratorio Ingeolab & Consultoría S.A.C., con la muestra mezclada con 15% de ladrillos y concretos reciclados, ejerciendo 25 golpes en cada una de las 5 capas asentadas en un recipiente que nos permitió alcanzar una humedad óptima gracias al compactado realizado. En el caso de la muestra patrón recibimos como resultado una DMS de 1.823 gr/cm<sup>3</sup> con un COH de 13.7%.

**Tabla 13.**

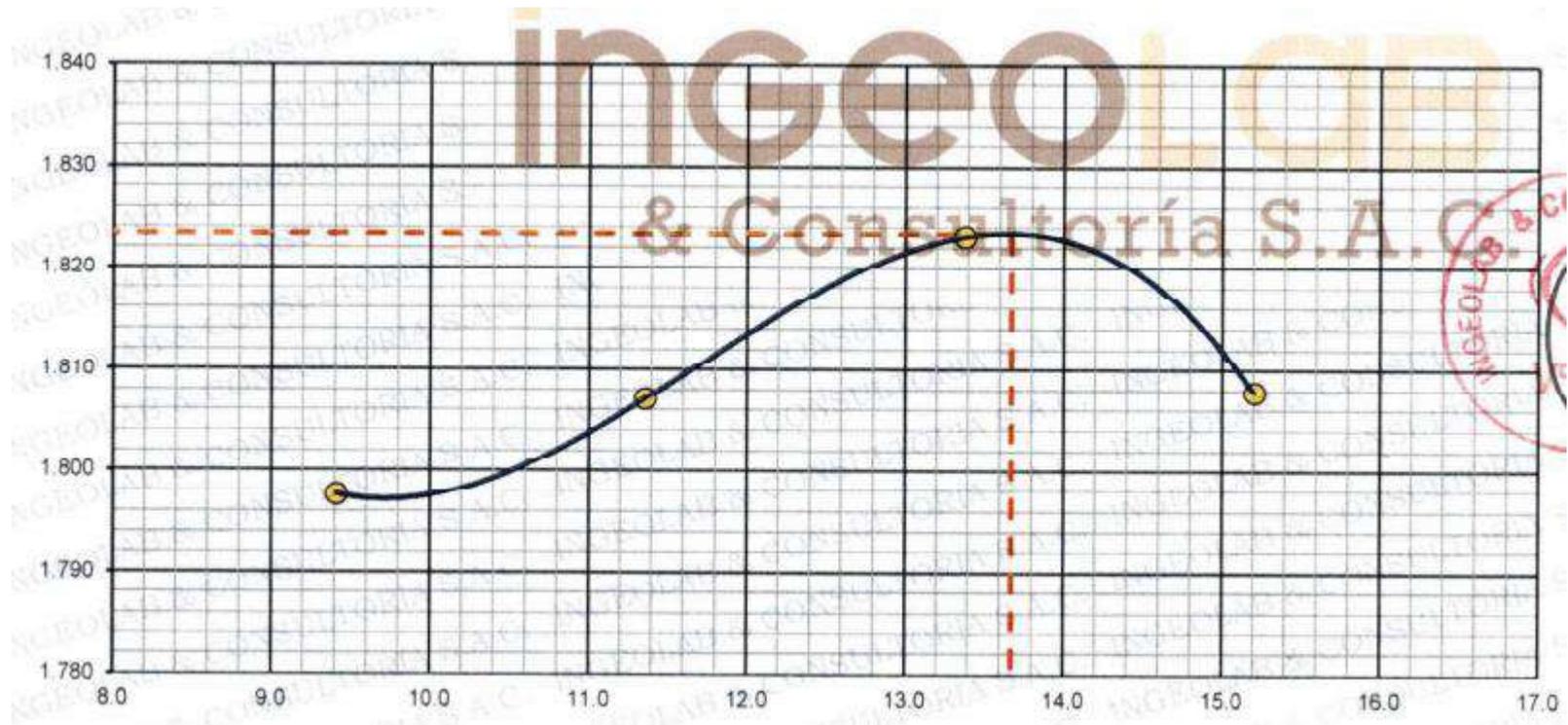
*COH y MDS adicionando agregados*

Recipiente N° 1	Ø Metodo	4" A	6" B	C	Vol. Masa	2105 3223	m3 gr	N° de capas N° de golpes	5 56
N° Ensayos					1	2	3	4	
	Suelo + Recipiente			gr.	7.363	7.459	7.574	7.607	
	Suelo húmedo compactado			gr.	4.14	4.236	4.351	4.384	
	Volumétrico húmedo			gr.	1.967	2.012	2.067	2.083	
Masa	Suelo húmedo + Tara			gr.	500	500	500	500	
	Suelo seco + Tara			gr.	457	449	441	434	
	Tara			gr.					
	Agua			gr.	43	51	59	66	
	Suelo seco			gr.	475	449	441	434	
Contenido de agua				%	9.4	11.4	13.4	15.2	
Densidad Seca				gr/cc	1.798	1.807	1.823	1.808	

*Nota.* Tabla obtenida de Ingeolab & Consultoría S.A.C.

**Figura 8**

*Curva COH-MDS adicionando agregados*



*Nota.* Figura obtenida de Ingeolab & Consultoría S.A.C.

#### 4.1.4 CBR

##### Patrón

La prueba se realizó en las instalaciones de Ingeolab & Consultoría S.A.C. con la muestra inalterada.

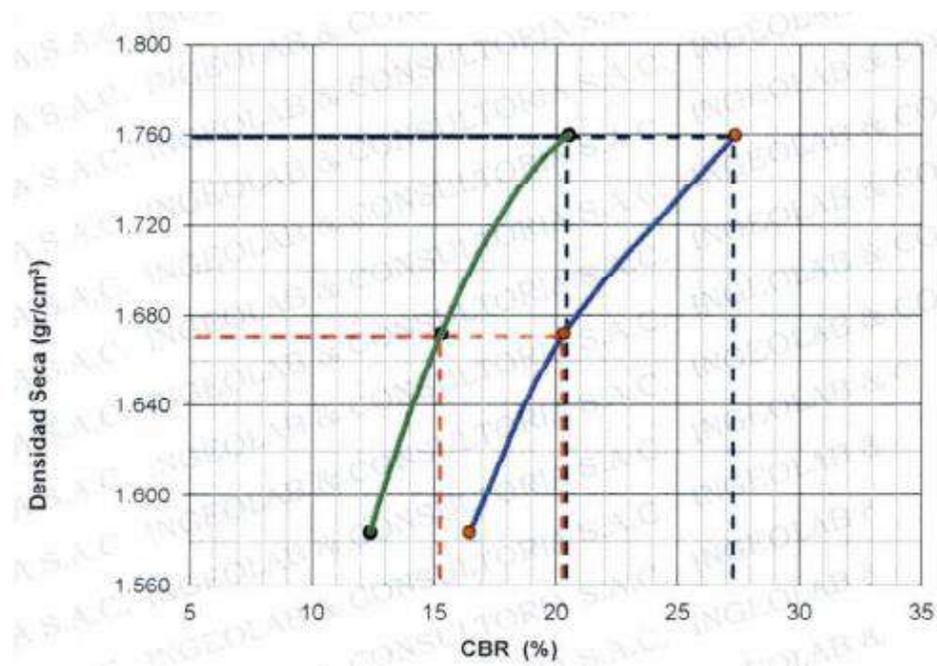
**Tabla 14**  
*CBR de patrón*

Recipiente N°	6	1	2
Capas N°	5	5	5
Golpes por capa N°	56	25	12
Condición	<b>NO SAT.</b>	<b>SAT.</b>	<b>NO SAT.</b>
Recipiente + Suelo húmedo	12235	12239	12153
Masa (g) Recipiente	7999	8207	8310
Suelo húmedo	4236	4032	3843
Volumen del Recipiente (cm <sup>3</sup> )	2118	2122	<b>2136</b>
<b>Densidad húmeda (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>2</b>	<b>1.9</b>	<b>1.8</b>
Tara (N°)			
Suelo húmedo + tara	500	500	500
Suelo seco + tara	440	440	440
Masa (g) Tara			
Agua	60	60	60
Suelo seco	440	440	440
Cont. humedad (%)	13.6	13.6	13.6
<b>Densidad seca (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>1.760</b>	<b>1.672</b>	<b>1.584</b>

*Nota.* Tabla obtenida de Ingeolab & Consultoría S.A.C.

## Figura 9

Curva CBR de patrón



Nota. Figura obtenida de Ingeolab & Consultoría S.A.C. con los resultados del ensayo.

En 56 golpes el valor del C.B.R al 100% de la M.D.S a 0.1'' es igual al 20.5 %.

En 56 golpes el valor del C.B.R al 100% de la M.D.S a 0.2'' es igual al 27.3%

En 25 golpes el valor del C.B.R al 95% de la M.D.S a 0.1'' es igual al 15.3 %.

En 25 golpes el valor del C.B.R al 95% de la M.D.S a 0.2'' es igual al 20.3 %

## Adicionado

El ensayo de CBR fue realizado en las instalaciones del laboratorio Ingeolab & Consultoría S.A.C. con la muestra mezclada con 15% de ladrillos y concretos reciclados.

**Tabla 15.**

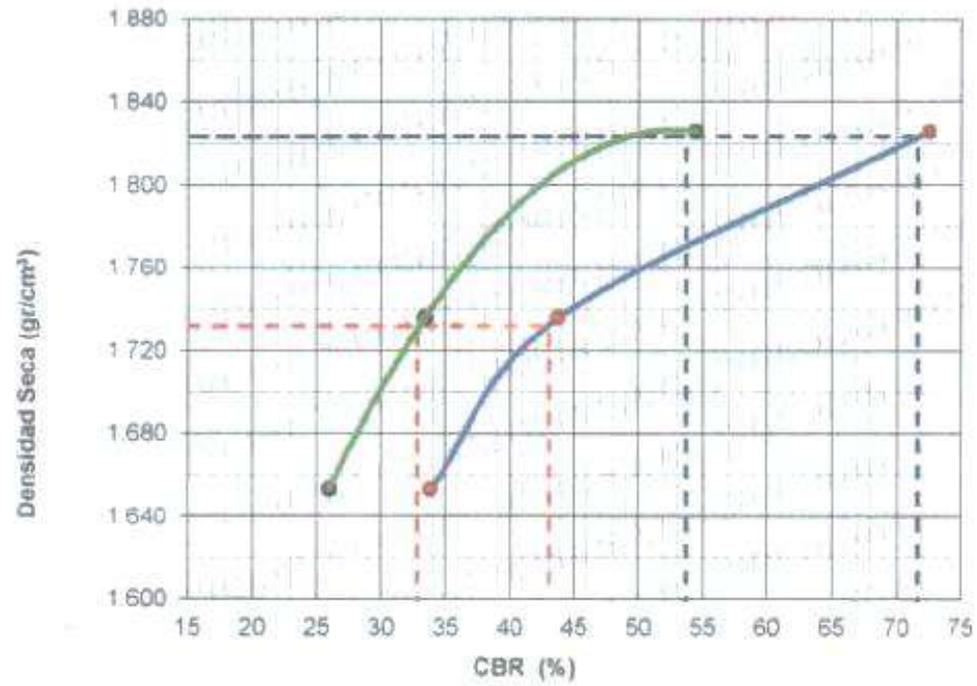
*CBR adicionando agregados*

Recipiente N°	3	4	5
Capas N°	5	5	5
Golpes por capa N°	56	25	12
Condición	<b>NO SAT.</b>	<b>SAT.</b>	<b>NO SAT.</b>
Recipiente + Suelo húmedo	12615	12445	11889
Masa (g) Recipiente	8206	8249	7895
Suelo húmedo	4409	4196	3994
Volumen del Recipiente (cm <sup>3</sup> )	2125	2127	21.23
<b>Densidad húmeda (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>2.075</b>	<b>1.973</b>	<b>1.879</b>
Tara (N°)			
Suelo húmedo + tara	500	500	500
Suelo seco + tara	440	440	440
Masa (g) Tara			
Agua	60	60	60
Suelo seco	440	440	440
Cont. humedad (%)	13.6	13.6	13.6
<b>Densidad seca (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>1.760</b>	<b>1.672</b>	<b>1.584</b>

*Nota.* Tabla obtenida de Ingeolab & Consultoría S.A.C.

**Figura 10.**

*Curva CBR adicionando agregados*



*Nota.* Figura obtenida de Ingeolab & Consultoría S.A.C. con los resultados del ensayo.

En 56 golpes el valor del C.B.R al 100% de la M.D.S a 0.1” es igual al 53.7%.

En 56 golpes el valor del C.B.R al 100% de la M.D.S a 0.2” es igual al 71.7 %

En 25 golpes el valor del C.B.R al 95% de la M.D.S a 0.1” es igual al 32.8 %.

En 25 golpes el valor del C.B.R al 95% de la M.D.S a 0.2” es igual al 43.1

## CAPÍTULO V: DISCUSIÓN

### 5.1 Discusión de resultados

Mamani (2019), declara que un CBR al 100% en 56 golpes experimentó un incremento significativo, pasando de 42.70% a 61.05% al agregar desechos de construcción y demolición. Este aumento permitió un desarrollo sustancial en las aptitudes mecánicas del objeto de estudio, lo cual es crucial para la construcción de bases de pavimentos. En nuestra tesis, donde se añadieron ladrillos y concretos reciclados al suelo en proporciones del 15% cada uno, se observó un incremento en el CBR al 100% en 56 golpes, pasando de 27.3% a 71.7%, mencionado en las tablas 15 y 16 respectivamente. Este aumento significativo sugiere un mejoramiento considerable a favor de las características mecánicas, similar al trabajo de Mamani. Es importante destacar que a pesar de que ambos estudios muestran mejoras en el CBR al incorporar materiales reciclados, existen diferencias en los incrementos porcentuales observados. En particular, nuestra tesis exhibe un incremento más pronunciado, del 44.4%, en comparación con el aumento del 18.35% reportado por Mamani. La cantidad de material agregado en relación con el suelo base puede influir en el resultado. En nuestros ensayos agregamos una mayor proporción de material modificador que son el concreto y ladrillo al 30 %, a comparación del autor Mamani (2019) que solo agregan el 10 % a su suelo base y finalmente se muestra un aumento significativo en el CBR a comparación de los resultados del autor de Mamani. En el trabajo de Mamani se utilizan desechos de edificaciones y demolición, mientras que en el nuestro se añaden ladrillos y concretos reciclados. La composición química y física de estos materiales reciclados puede variar, afectando su capacidad de optimizar las aptitudes mecánicas del objeto de estudio.

Según Gallardo et al. (2016), existe un incremento evidente en la MDS al adicionar material reutilizable en la manufactura de ladrillo cerámico, pasando de  $1.407 \text{ g/cm}^3$  a  $1.489 \text{ g/cm}^3$ , lo que representa una mejora del 5.83%. A diferencia que en nuestra tesis donde se añadieron ladrillos y concretos reciclados a la subrasante en proporciones del 15% cada uno, apreciamos un desarrollo en la MDS de  $1.759$  a  $1.823 \text{ g/cm}^3$ , mencionados en las tablas 13 y 14 respectivamente, pero con una mejora menor al 3.64% un aumento más moderado, aun así en ambos aumentó la MDS. En general, las arcillas tienen una mayor capacidad para alcanzar una máxima densidad seca en comparación con los suelos arenosos. Esto se debe a los distintivos de la distribución y estructura de los suelos arcillosos y arenoso; siendo las partículas del primero de una menor dimensión en comparación a las de arena, produciendo a su vez una mayor capacidad para retener agua y formar estructuras más compactas. Cuando se compacta un suelo arcilloso, las partículas finas se pueden empaquetar más estrechamente debido a su capacidad de adherirse entre sí a través de cargas eléctricas superficiales y atractivas. Además, las partículas de arcilla tienen propiedades cohesivas que contribuyen a la formación de estructuras más densas.

En contraste, los suelos arenosos, compuestos por partículas más grandes, tienen menos capacidad para retener agua y tienden a ser menos cohesivos. Esto hace que sea más difícil compactarlos de manera efectiva, ya que las partículas más grandes no se empaquetan tan estrechamente y tienden a mantener una estructura más suelta.

## CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1 CONCLUSIONES

Establecemos la afirmación de que estabilizar la subrasante con concreto y ladrillo reciclado afecta de manera favorable sus propiedades físico-mecánicas, estando ésta localizada en el AA. HH Fujimori, Santa María.

No existen los límites de plasticidad debido al tipo de suelo que presento nuestro lugar de estudio, arenoso. Los suelos arenosos no cumplen con estos criterios porque carecen de la proporción significativa de partículas finas necesarias.

Los resultados del ensayo indican que la adición de un 15% de ladrillo reciclado y un 15% de concreto reciclado a la subrasante ha llevado a una ampliación de  $1.759 \text{ g/cm}^3$  a  $1.823 \text{ g/cm}^3$  en la máxima densidad seca siendo un 3.64%. Este aumento sugiere que la combinación de estos materiales reciclados lleva a resultados favorables en la compactación, mejorando su capacidad para alcanzar una densidad seca máxima. La inclusión de ladrillos y concreto reciclado ha demostrado ser una estrategia efectiva para modificar las propiedades de la subrasante, lo cual podría ser beneficioso en aplicaciones de construcción e ingeniería civil, especialmente en aquellas que requieren una mayor estabilidad y resistencia del suelo.

Los enunciados a los que llegamos a través del ensayo de CBR al incorporar un 15% de ladrillo reciclado y un 15% de concreto reciclado muestran un incremento considerable, pasando de un 27.3% a un 71.7%, este aumento del 44.4% en el CBR indica una mejora sustancial en la facultad portante y la resistencia de la muestra alterada. La suma de ladrillos y concreto reciclado ha demostrado ser una estrategia eficaz para fortalecer la subrasante, sugiriendo un potencial significativo para aplicaciones geotécnicas y de ingeniería civil.

## 6.2 RECOMENDACIONES

Dado el impacto positivo observado en las aptitudes físico-mecánicas del objeto de estudio al utilizar concreto y ladrillos reciclados, se recomienda considerar esta técnica de estabilización en proyectos futuros de construcción y mantenimiento de carreteras u otras infraestructuras. Esto podría ayudar a mejorar la durabilidad y la resistencia de la infraestructura, así como a promover la sostenibilidad mediante la reutilización de materiales.

En la presente tesis no se pudo realizar el ensayo de plasticidad, por lo tanto, recomendamos realizar ensayos específicos para suelos no arenosos en busca de establecer la resistencia al esfuerzo cortante a través de los múltiples ensayos existentes con este propósito, estableciendo la relación entre la subrasante patrón y adicionada.

La inclusión de dosificaciones de concreto y ladrillos reciclados en 15% para cada uno, demostró un incremento sustancial en la máxima densidad seca en todos los experimentos llevados a cabo, siendo este incremento es un indicador claro de la mejora en la compactación del suelo tratado; por lo tanto, se plantea la continuación de la investigación mediante la exploración de porcentajes superiores al 15% para ambos materiales reciclados.

En el contexto del presente estudio, la adición de dosificaciones de concreto y ladrillos reciclados en un rango de 15% cada uno resultó en un aumento significativo de la capacidad portante en todos los ensayos realizados. Este aumento indica una optimización en la capacidad de compactación de la muestra modificada. En consecuencia, se sugiere continuar la investigación implementando porcentajes mayores al 15% de concreto y ladrillo reciclado, teniendo el propósito de obtener pico superior de la curva del ensayo CBR, lo cual nos proporcionará la resistencia para utilizar la muestra en algún proyecto de manera eficiente y efectiva.

## CAPÍTULO V: REFERENCIAS

### 7.1 Fuentes documentales

Leandro, A. G. (2007). Administración y manejo de los desechos en proyectos de construcción. [Informe de proyecto de investigación]. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica.

Norma Técnica Peruana NTP 400.053: Manejo de residuos de la actividad de la construcción. (1999). Lima, Perú: Instituto Nacional de Calidad.

DS N° 003-2013-VIVIENDA Reglamento para la Gestión y Manejo de los Residuos de las Actividades de Construcción y Demolición y su modificatoria.

Norma Técnica Peruana NTP 339.134: Método de clasificación de suelos SUCS. (1999). Lima, Perú. Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual.

Manual de Diseño Geométrico de Carreteras AASHTO (2021). Sección de Suelos y Pavimentos.

Manual de ensayo de materiales (2016)

NTP 339.141 (1999). Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada.

NTP 339.128 (1999). Método de ensayo para el análisis granulométrico.

NTP 339.141 (1999). Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada.

## 7.2 Fuentes Bibliográficas

Pertuz, A. (07 de 2010). Construcción y Medio Ambiente. Módulo, 1(9), 105-114.

Velasco, L. (2010). Formulación de una propuesta de gestión ambiental para la recuperación y reciclaje de materiales de construcción y demolición. (Tesis de grado), Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira.

Barbosa, L. A. (2017). Estudio de residuos de concreto como material de cobertura en un relleno sanitario. [Posgrado de Maestría en Ciencias e Ingeniería Ambiental]. Universidad Autónoma Metropolitana, Ciudad de México.

Ospina-García, M. Á., Moreno-Amselmí, L. Á., & Rodríguez-Polo, K. A. (2017). Análisis técnico económico del uso de concreto reciclado y el concreto convencional en Colombia. Desarrollo e innovación en ingeniería. Medellín, Colombia: Instituto antioqueño de investigación.

Cornejo, J. M. Y Hurtado, M. A. (2021). Estabilización de subrasante con concreto reciclado y agregado natural, mediante métodos granulométricos, carretera Maras - Moray, Cusco 2021 [Tesis para optar el título de ingeniero civil]. Universidad Continental, Cuzco, Perú.

Perea, D. J. (2021). Uso del concreto y vidrio reciclado en la capacidad de carga de suelos arcillosos: una revisión literaria. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo, 51(1-2), 119-132.

Ochoa, S. R. (2020). Estudio experimental sobre la estabilización de una subrasante limo arcillosa con rcd-concreto fino (partículas < 2mm) para aplicación en pavimentos. [Trabajo de

conclusión de curso para obtención de título profesional]. Instituto latinoamericano de Tecnología, Infraestructura y Territorio, Brasil.

Serrano, E. J. y Padilla E. A. (2018). Análisis de los cambios en las propiedades mecánicas de materiales de subrasante por la adición de materiales poliméricos reciclados. *Revista Ingeniería Solidaria*, 25(1).

Mamani Mamani, R. Á. (2019). Mejoramiento de las propiedades mecánicas de suelos con adición de residuos de la construcción y demoliciones para la construcción de la base de pavimentos de la ciudad de Juliaca (Tesis para optar el título de ingeniero civil). Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez.

Gallardo, R. J., Cuanalo, O. A., Quintero, L. J., Muñoz, A. A., Martínez, C. A. (2016). Analisis del comportamiento de suelos de alta plasticidad con la adición del material de residuo en la fabricación de ladrillo cerámico. *Revista Colombiana de Tecnologías de Avanzada*, 1(29), 105-110.

Peralta, L. (2021). Mejoramiento de la capacidad portante del suelo aplicando distintas dosis de residuos triturados de ladrillo, lechada de cal y cemento diluido: caso urbanización “los pinos”, chota 2020. [Tesis para optar el título de ingeniero civil]. Universidad Nacional Autónoma de Chota, Chota, Perú.

Torres, M. V. (2021). Adición de concreto reciclado para el mejoramiento de la subrasante en la avenida Pacasmayo, urbanización los laureles, callao, 2021. [Tesis para optar el título de ingeniero civil]. Universidad Cesar Vallejo, Lima, Perú.

- Cornejo, J. M. Y Hurtado, M. A. (2021). Estabilización de subrasante con concreto reciclado y agregado natural, mediante métodos granulométricos, carretera Maras - Moray, Cusco 2021 [Tesis para optar el título de ingeniero civil]. Universidad Continental, Cuzco, Perú.
- Muñoz, A & Fernández, J (2019). Adición de escombros de construcción al material de la base y subbase para pavimentos flexibles en Nuevo Chimbote - 2019. Tesis de Grado. Universidad César Vallejo, Perú.
- Contreras, K. B. Y Herrera, V. A. (2015). Mejoramiento del agregado obtenido de escombros de la construcción para bases y sub-bases de estructura de pavimento en nuevo Chimbote-Santa-Ancash. [Tesis para optar el título de ingeniero civil]. Universidad Nacional del Santa, Nuevo Chimbote, Perú.
- Akhtaruzzaman A, Hasnat A. Properties of concrete using crushed brick as aggregate. Concrete International 1983; 5(2):58-63.
- Sanchez Lizarraga, Juan Antonio y Yataco Morillo, Junior Esteban. Propiedades índices de los suelos y su relación con el diseño estructural de los pavimentos en el distrito de nuevo Chimbote. Nuevo Chimbote: s.n., 2017.
- Galarza, Marco, (2011) Desperdicio de materiales en obras de construcción civil: métodos de medición y control. Tesis PUCP.
- Villalaz, C. Mecánica de Suelos Y cimentaciones. México: Limusa, 2004. 968-18-6489-1.
- Jordán, A. (2005). Edafología. Departamento de Cristalografía, Mineralogía y Química.

- MANFREDA, S., SCANLON, T.M., CAYLOR, K.K. (2010). On the importance of accurate depiction of infiltration processes on modelled soil moisture and vegetation water stress. *Ecohydrology* 3 (2): 155-165.
- Gomez, M. A. Y Vidal, A. S. (2007). Correlación de Determinación de Humedad de Suelos por Medio de Secado en Horno y en Microondas. *Revista de la construcción*, 6(1), 28-34.
- Casanova, M. 2018. Modelación elastoplástica de la curva de retención de agua en suelos parcialmente saturados. Tesis maestría. Universidad Politécnica de Catalunya. Barcelona, España. 55 p.
- Torres Merino, H. F., Castillo Morejón, J. A., Mena Garzón, L. H., & Guerrero Cuasapaz, D. P. (2020). Correlación entre el penetrómetro dinámico de cono y la relación de soporte de California en campo para el suelo de sub-rasante de la vía Portoviejo-Manta. *Gaceta Técnica*, 21(1), 27-43.
- Bojacá, D. C. Y Campagnoli, S. X. (2022). CBR cíclico como método alternativo para la determinación del módulo resiliente en suelos blandos de subrasante. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 32(2).
- Ntirenganya, N. (2020). Development of Correlation between Soaked CBR and In-Situ CBR Determined by DCP for Soil in the Southern Province of Rwanda. *International Journal of Scientific Research and Management (IJSRM)*, Vol. 8, Issue 01, pp 314-318.
- Arbianto, R., Yuono, T., & Gunarso. (2021). Comparison of California Bearing Ratio (CBR) Value Based on Cone Penetration Test (CPT) and Dynamic Cone Penetrometer (DCP). *Journal of Advanced Civil and Environmental Engineering*. Vol. 4, No. 2, pp 70-78.

- Bonifácio, C. M., de Nóbrega, M. T., & Silveira, H. (2011). ANÁLISIS GRANULOMETRICO DE UN SISTEMA PEDOLOGICO EN EL MUNICIPIO DE TAMBOARA-PR, BRASIL: COMPARACIÓN DE DOS TÉCNICAS PARA LA DETERMINACIÓN. Revista Geográfica de América Central, 2,1-19.
- Toirac Corral, J., (2012). CARACTERIZACIÓN GRANULOMÉTRICA DE LAS PLANTAS PRODUCTORAS DE ARENA EN LA REPÚBLICA DOMINICANA, SU IMPACTO EN LA CALIDAD Y COSTO DEL HORMIGÓN. Ciencia y Sociedad, XXXVII(3),293-334.
- Burbano, H. (2010). El suelo al servicio de la sociedad y su rol en el contexto de los cambios globales. Revista de la Facultad de Ciencias Económicas y Administrativos de la Universidad de Nariño, 9(2), 53-62.
- Rengifo, K. (2014). Diseño de los Pavimentos de la Nueva Carretera Panamericana Norte en el Tramo de Huacho a Pativilca (Km 188 a 189) (Tesis para optar el Título de Ingeniero Civil). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima.
- Arnau, J. (s.f.). Métodos, diseños y técnicas de investigación.
- Bernal, C. (2006). Metodología de la investigación.
- Escudero, & Cortez. (s.f.). Técnicas y métodos cualitativos para la investigación científica.
- Espinoza Montes, C. (2014). Metodología de investigación tecnológica.
- Fracica. (1988). Modelo de simulación en muestreo. Bogotá.
- Hernández, Fernández, & Baptista. (2014). Metodología de la investigación.

Lepkowski, J. e. (2008). Advances in telephone survey methodology.

Osorio, S. (2015). La Ingeniería de Suelos.

Terrones, A. T. (2018). Estabilización de suelos arcillosos adicionando cenizas de bagazo.

Marallano, D. J. (2018). Diseño estructural del pavimento rígido para el mejoramiento de las obras viales Yauli – Oroya, 2016. [Tesis para optar el título de ingeniero civil]. Universidad Cesar Vallejo.

### **7.3 Fuentes Hemerográficas**

Radhakrishnan, G., & Anjan Kumar, M. R. (2019). Estudio modelo sobre las respuestas de carga cíclica del sistema de pavimento flexible establecido en la subrasante expansiva. En T. T., Técnicas de mejora de suelos y geo sintéticos. Notas de la revista en Ingeniería Civil.

### **7.4 Fuentes Electrónicas**

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico. (2013). Evaluaciones del desempeño ambiental.

Organización de las Naciones Unidas. (2015). Para la Alimentación y la Agricultura.

Yepes P, V. (2014). Universidad Politécnica de Valencia. [En línea] 23 de Ene de 2014.

**Anexo 1. Matriz de consistencia**

<b>PROBLEMA PRINCIPAL</b>	<b>OBJETIVO PRINCIPAL</b>	<b>HIPÓTESIS PRINCIPAL</b>	<b>VARIABLES</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>METODOLOGÍA</b>
¿De qué manera influye la adición de concreto y ladrillos reciclados en las propiedades físico-mecánicas de la subrasante en el AA.HH. Fujimori, Santa María, 2023?	<b>Determinar</b> de qué manera influye la adición de concreto y ladrillos reciclados en las propiedades físico-mecánicas de la subrasante en el AA.HH. Fujimori, Santa María, 2023.	La influencia de la adición de concreto y ladrillo reciclado mejorará las propiedades físico-mecánicas de la subrasante en el AA.HH. Fujimori, Santa María, 2023.	<b>Variable Independiente:</b>  LADRILLO Y CONCRETO RECICLADOS  Dimensiones: • Índice de plasticidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Porcentajes de los LL y LP</li> <li>• Cantidad de masa por unidad de volumen</li> </ul>	<b>TIPO:</b>  Aplicada  <b>ENFOQUE:</b>  Cuantitativo  <b>NIVEL:</b>  Explicativo
<b>PROBLEMAS ESPECÍFICOS</b>	<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>	<b>HIPÓTESIS ESPECÍFICAS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Máxima densidad seca</li> <li>• Capacidad portante</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Unidad de presión</li> </ul>	<b>DISEÑO:</b>  Experimental puro
¿De qué manera influye la adición de concreto y ladrillos reciclados en el índice de plasticidad de la subrasante en el AA.HH. Fujimori, Santa María, 2023?	<b>Determinar</b> de qué manera influye la adición de concreto y ladrillos reciclados en el índice de plasticidad de la subrasante en el AA.HH. Fujimori, Santa María, 2023.	La influencia de la adición de concreto y ladrillo reciclado aumentará el índice de plasticidad de la subrasante en el AA.HH. Fujimori, Santa María, 2023.	<b>Variable Dependiente:</b>  PROPIEDADES FÍSICO-	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Porcentaje de ladrillo reciclado</li> </ul>	<b>POBLACIÓN:</b>  La población se encuentra conformada por las vías no pavimentadas con un

<p>¿De qué manera influye la adición de concreto y ladrillos reciclados en la máxima densidad seca de la subrasante en el AA.HH. Fujimori, Santa María, 2023?</p>	<p><b>Determinar</b> de qué manera influye la adición de concreto y ladrillos reciclados en la máxima densidad seca de la subrasante en el AA.HH. Fujimori, Santa María, 2023.</p>	<p>La influencia de la adición de concreto y ladrillo reciclado aumentará la máxima densidad seca de la subrasante en el AA.HH. Fujimori, Santa María, 2023.</p>	<p><b>MECÁNICAS</b></p> <p>Dimensiones:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ladrillo reciclado</li> <li>• Concreto reciclado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Porcentaje de concreto reciclado</li> </ul>	<p>total de 2.94km del AA.HH. Fujimori, Santa María.</p> <p><b>MUESTRA:</b></p> <p>3 calicatas.</p>
<p>¿De qué manera influye la adición de concreto y ladrillos reciclados en la capacidad portante de la subrasante en AA.HH. Fujimori, Santa María, 2023?</p>	<p><b>Determinar</b> de qué manera influye la adición de concreto y ladrillos reciclados en la capacidad portante de la subrasante en el AA.HH. Fujimori, Santa María, 2023.</p>	<p>La influencia de la adición de concreto y ladrillo reciclado incrementará la capacidad portante de la subrasante en el AA.HH. Fujimori, Santa María, 2023.</p>			

**Anexo 2. Instrumento para la toma de datos**

<b>SUBRASANTE PATRÓN</b>	
IP	-
MDS	-
CAPACIDAD PORTANTE	-

<b>SUBRASANTE ADICIONADA</b>	<b>15%-15%</b>
IP	-
MDS	-
CAPACIDAD PORTANTE	-

### Anexo 3. Fotografías



Figura 11. Marcación calicata C-3



Figura 12. Excavación calicata C-2



*Figura 13. Excavación calicata C-1*



Figura 14. Análisis granulométrico en C-3



Figura 15. Contenido de humedad en C-3



*Figura 16.* Ensayo de Proctor patrón



*Figura 17.* Ensayo de Proctor adicionando



*Figura 18. Ensayo CBR patrón*



*Figura 19. Ensayo CBR adicionando*