



UNIVERSIDAD  
DE PIURA

FACULTAD DE INGENIERÍA

**Diseño de estabilización de suelos de subrasante, con cal  
y cemento aplicada a la Av. Los Pescadores - distrito de  
Chimbote**

Tesis para optar el Título de  
Ingeniero Civil

**Xiomi May Ly Sanchez Nizama**

**Asesor:**  
**Mgtr. Ing. Jorge Alberto Timaná Rojas**

**Piura, marzo de 2025**



UNIVERSIDAD  
DE PIURA

### Declaración Jurada de Originalidad del Trabajo Final

Yo, XIOMI MAY LY SANCHEZ NIZAMA, egresado del Programa Académico de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Piura, identificado(a) con DNI: 70674524, declaro que:

Soy autor del trabajo final titulado:

**"Diseño de estabilización de suelos de subrasante, con cal y cemento aplicada a la Av. Los Pescadores - distrito de Chimbote"**

El mismo que presento bajo la modalidad de Tesis para optar el Título profesional de Ingeniero Civil.

El texto de mi trabajo final es original y no vulnera los derechos de terceros o, de ser el caso, derechos de los coautores, incluidos los derechos de propiedad intelectual, datos personales, entre otros. En tal sentido, el texto de mi trabajo final no ha sido plagiado total ni parcialmente, para lo cual, he respetado las normas internacionales de citas y referencias de las fuentes consultadas. Asimismo, el texto del trabajo final que presento no ha sido publicado ni presentado antes en cualquier medio electrónico o físico; y que la investigación, los resultados, datos, conclusiones y demás información presentada que atribuyo a mi autoría son veraces.

En caso de detectarse el incumplimiento de lo declarado asumo frente a terceros, la Universidad de Piura y/o la Administración Pública toda responsabilidad que pueda derivarse por el trabajo final presentado. Lo señalado incluye responsabilidad pecuniaria incluido el pago de multas u otros por los daños y perjuicios que se ocasionen.

La asesoría del trabajo estuvo a cargo de los siguientes docentes de la Universidad de Piura:

- Mgr. Ing. Jorge Alberto Timaná Rojas, identificado con DNI: 02779955

Declaro (declaramos) que:

Luego de haber empleado el software de coincidencia Turnitin, revisado las fuentes de información señaladas por el autor, y en razón de mi (nuestra) experiencia como investigador(es), declaro (declaramos) que las ideas expuestas en el trabajo final alcanzan las condiciones de calidad, integridad y originalidad acorde a los objetivos institucionales y estándares en materia de investigación. Finalmente, no asumo (asumimos) responsabilidad por la posible vulneración de derechos de autor en el trabajo final referido, pues tal responsabilidad es exclusiva del autor.

Fecha: 04/03/2025.



Firma del autor<sup>1</sup>



Firma del asesor<sup>1</sup>

### **Dedicatoria**

A mis padres Yvan e Ingrid, por ser ejemplo de superación y mi soporte constante.

A mi abuelita Rosa, por su cariño inmenso.

A mis tías Astrid y Kritt, por su valioso apoyo en el enriquecimiento que han aportado a mi formación

A Jorge y Jesús, mis dos ángeles en el cielo, por sus bendiciones y por iluminar mi camino.

A Hanna, mi compañera constante, por su amor incondicional y su firme apoyo.

Gracias a ustedes, puedo seguir creciendo.



## **Agradecimientos**

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento al Ingeniero Jorge Timana Rojas por su apoyo y orientación a lo largo del proceso de la elaboración de mi tesis. Su experiencia y paciencia han sido esenciales para el desarrollo de este trabajo. Aprecio profundamente el tiempo que dedicó a guiarme y ofrecerme sus valiosos consejos. Gracias a su ayuda, he podido superar los desafíos y obtener un resultado del cual me siento orgullosa.



## Resumen

La tesis tiene como objetivo evaluar el efecto estabilizador del cemento y cal en la subrasante de la Av. Los Pescadores del distrito de Chimbote. El suelo en estado natural tiene la categoría de subrasante regular (S2) con una clasificación de arena mal graduada con limo (SP-SM) y un valor soporte (CBR) de 9.2%. El terreno presenta deformaciones y hundimientos por tanto se requiere aumentar la resistencia del suelo, por ello se planteó mejorar dichas propiedades mediante la adición de cemento y cal. Estos se incorporaron al suelo natural en estudio en tres dosificaciones de 4.5%, 6.5% y 7% para el cemento y 3%, 5% y 8.5% para la cal. Los efectos de estos dos agentes estabilizantes en el suelo fueron evaluados sobre los límites de Atterberg, el Proctor modificado, valor soporte relativo (CBR) y resistencia a la compresión. En conclusión, los resultados mostraron una mejora en los ensayos para determinar el valor soporte relativo (CBR), al utilizar una incorporación de 4.5% de cemento respecto al peso seco del suelo natural para una M.D.S al 95% dio como resultado 42.4%, considerando esta adición como óptima. Se advierte además que, habiéndose utilizado material granular sin plasticidad, la incorporación de 3% de cal dio como resultado un valor soporte (CBR) de 11.1%. Asimismo, mediante un análisis económico, se concluye que la estabilización con 4.5% de cemento es 1.31% más económica que la estabilización con 3% de cal en esta subrasante.



## Tabla de contenido

<b>Introducción.....</b>	<b>14</b>
<b>Capítulo 1 Marco teórico y contextual .....</b>	<b>15</b>
1.1 Definición de carreteras .....	15
1.2 Clasificación de las carreteras.....	15
1.3 El suelo .....	15
1.3.1 <i>Propiedades físicas del suelo</i> .....	15
1.3.2 <i>Propiedades mecánicas del suelo</i> .....	16
1.4 Puntos de investigación .....	16
1.5 Subrasante.....	16
1.6 Caracterización de subrasante.....	17
1.7 Estabilización de suelos.....	17
1.8 Estabilización con cemento.....	18
1.9 Estabilización con cal.....	19
1.10 Criterio para la estabilización .....	19
1.11 Propiedades de suelos estabilizados .....	20
1.12 Agentes estabilizantes a utilizar.....	21
1.12.1 <i>Cemento Viaforte</i> .....	21
1.12.2 <i>Cal viva molida</i> .....	22
<b>Capítulo 2 Diseño de mezclas de suelo natural, cemento y cal.....</b>	<b>23</b>
2.1 Diseño de las combinaciones del suelo con cemento y cal.....	23
2.2 Número de ensayos y confiabilidad del diseño .....	23
<b>Capítulo 3 Metodología.....</b>	<b>26</b>
3.1 Ubicación.....	26
3.2 Descripción de la zona de estudio.....	27
3.3 Características del material granular.....	27
3.3.1 <i>Muestreo del material granular</i> .....	27
3.3.2 <i>Preparación de las muestras patrón e incorporando cemento Viaforte</i> .....	28
3.3.3 <i>Preparación de las muestras incorporando cal viva molida</i> .....	30
3.3.4 <i>Ensayos para evaluar el comportamiento físico del suelo SIN y CON     incorporación de los agentes estabilizadores</i> .....	32

<b>Capítulo 4 Presentación de resultados .....</b>	<b>37</b>
4.1 Ensayos físicos y mecánicos del suelo natural .....	37
4.2 Ensayos físicos y mecánicos del suelo estabilizado con cemento .....	42
4.2.1 <i>Granulometría</i> .....	42
4.2.2 <i>Límites de Atteberg</i> .....	46
4.2.3 <i>Proctor modificado</i> .....	46
4.2.4 <i>Valor soporte relativo (CBR)</i> .....	48
4.2.5 <i>Resistencia a la compresión</i> .....	50
4.3 Ensayos físicos y mecánicos del suelo estabilizado con cal.....	53
4.3.1 <i>Granulometría</i> .....	53
4.3.2 <i>Límites de Atterberg</i> .....	57
4.3.3 <i>Proctor modificado</i> .....	57
4.3.4 <i>Valor soporte relativo (CBR)</i> .....	59
4.3.5 <i>Resistencia a la Compresión</i> .....	61
4.4 Propuesta económica para la estabilización con los agentes estabilizadores .....	62
4.4.1 <i>Cálculos</i> .....	62
4.4.2 <i>Tablas de análisis de precios unitarios usando software S10</i> .....	62
<b>Capítulo 5 Evaluación y análisis de resultados.....</b>	<b>70</b>
5.1 Análisis comparativo de las propiedades físicas de la mezcla con los agentes estabilizadores.....	70
5.1.1 <i>Análisis granulométrico</i> .....	70
5.1.2 <i>Límites de Atteberg</i> .....	71
5.2 Análisis comparativo de las propiedades mecánicas de la mezcla con los agentes estabilizadores.....	72
5.2.1 <i>Ensayo Proctor modificado</i> .....	72
5.2.2 <i>Ensayo valor soporte relativo (CBR)</i> .....	73
5.3 Análisis económico de la mezcla con los agentes estabilizadores.....	74
5.4 Ventajas y desventajas de las propuestas técnicas.....	75
5.4.1 <i>Cuadro Comparativo</i> .....	75
5.4.2 <i>Propuesta técnica escogida</i> .....	76
<b>Conclusiones .....</b>	<b>77</b>

<b>Recomendaciones .....</b>	<b>78</b>
<b>Referencias.....</b>	<b>79</b>
<b>Anexos .....</b>	<b>81</b>
Anexo A Ensayo de análisis granulométrico del suelo patrón.....	82
Anexo B Ensayo de compactación – Proctor modificado del suelo patrón .....	83
Anexo C Ensayo de valor de soporte de california del suelo patrón.....	84
Anexo D Ensayo de análisis granulométrico .....	86
(suelo patrón + 4.5%, 6.5% y 7% cemento).....	86
Anexo E Ensayo de compactación – Proctor modificado .....	89
(suelo patrón + 4.5%, 6.5% y 7% cemento).....	89
Anexo F Ensayo de valor soporte de california .....	92
(suelo patrón + 4.5%, 6.5% y 7% cemento).....	92
Anexo G Ensayo de compresión .....	98
(suelo patrón + 4.5%, 6.5% y 7% cemento).....	98
Anexo H Ensayo de análisis granulométrico – límites de Atteberg.....	101
(suelo patrón + 3%, 5% y 8.5% cal).....	101
Anexo I Ensayo de compactación – Proctor modificado .....	104
(suelo patrón + 3%, 5% y 8.5% cal).....	104
Anexo J Ensayo de valor soporte de california.....	107
(suelo patrón + 3%, 5% y 8.5% cal).....	107

## Lista de tablas

<b>Tabla 1</b>	<i>Tipo de carreteras y vehículos/día .....</i>	15
<b>Tabla 2</b>	<i>Puntos de investigación.....</i>	16
<b>Tabla 3</b>	<i>Categorías de subrasante .....</i>	17
<b>Tabla 4</b>	<i>Rango requerido de cemento en la estabilización de suelos.....</i>	18
<b>Tabla 5</b>	<i>Rango requerido de cal en la estabilización de suelos .....</i>	19
<b>Tabla 6</b>	<i>Combinaciones realizadas suelo-cemento y suelo-cal.....</i>	23
<b>Tabla 7</b>	<i>Características del suelo patrón .....</i>	37
<b>Tabla 8</b>	<i>Características del suelo patrón .....</i>	38
<b>Tabla 9</b>	<i>Resultado del ensayo de los límites de Atteberg .....</i>	39
<b>Tabla 10</b>	<i>Resultados del ensayo CBR en la muestra natural .....</i>	40
<b>Tabla 11</b>	<i>Resumen de datos CBR .....</i>	41
<b>Tabla 12</b>	<i>Características del suelo con adición del cemento .....</i>	42
<b>Tabla 13</b>	<i>Análisis granulométrico del suelo natural con la adición de 4.5% de cemento Viaforte.....</i>	43
<b>Tabla 14</b>	<i>Análisis granulométrico del suelo natural con la adición de 6.5% de cemento Viaforte.....</i>	43
<b>Tabla 15</b>	<i>Análisis granulométrico del suelo natural con la adición de 7% de cemento Viaforte .....</i>	44
<b>Tabla 16</b>	<i>Resultados del ensayo de límites de Atterberg.....</i>	46
<b>Tabla 17</b>	<i>Resultado del ensayo Proctor modificado del suelo .....</i>	46
<b>Tabla 18</b>	<i>Resultados de máxima densidad seca y humedad óptima según el número de golpes para el suelo con 4.5% de cemento Viaforte.....</i>	48
<b>Tabla 19</b>	<i>Resumen de datos del ensayo CBR con 4.5% de cemento Viaforte .....</i>	49
<b>Tabla 20</b>	<i>Resultados de máxima densidad seca y humedad óptima según el número de golpes para el suelo con 6.5% de cemento Viaforte.....</i>	49
<b>Tabla 21</b>	<i>Resumen de datos del ensayo CBR con 6.5% de cemento Viaforte .....</i>	49
<b>Tabla 22</b>	<i>Resultados de máxima densidad seca y humedad óptima según el número de golpes para el suelo con 7% de cemento Viaforte.....</i>	50
<b>Tabla 23</b>	<i>Resumen de datos del ensayo CBR con 7% de cemento Viaforte .....</i>	50

<b>Tabla 24</b>	<i>Características del suelo con adición de cal viva molida.....</i>	53
<b>Tabla 25</b>	<i>Análisis granulométrico del suelo natural con la adición de 3% de cal viva molida.....</i>	54
<b>Tabla 26</b>	<i>Análisis granulométrico del suelo natural con la adición de 5% de cal viva molida.....</i>	54
<b>Tabla 27</b>	<i>Análisis granulométrico del suelo natural con la adición de 8.5% de cal viva molida.....</i>	55
<b>Tabla 28</b>	<i>Resultados del ensayo de límites de Atterberg.....</i>	57
<b>Tabla 29</b>	<i>Resultados del ensayo Proctor modificado del suelo.....</i>	57
<b>Tabla 30</b>	<i>Resultado del ensayo CBR con el 3% de cal.....</i>	59
<b>Tabla 31</b>	<i>Resumen de datos del ensayo CBR con 3% de cal.....</i>	60
<b>Tabla 32</b>	<i>Resultado del ensayo CBR con el 5% de cal.....</i>	60
<b>Tabla 33</b>	<i>Resumen de datos del ensayo CBR con 5% de cal.....</i>	60
<b>Tabla 34</b>	<i>Resultado del ensayo CBR con el 8.5% de cal.....</i>	61
<b>Tabla 35</b>	<i>Resumen de datos del ensayo CBR con 8.5% de cal.....</i>	61
<b>Tabla 36</b>	<i>Análisis de precios unitarios de partida preliminar al proceso de estabilización de la Av. Los Pescadores - procesamiento de datos.....</i>	63
<b>Tabla 37</b>	<i>Análisis de precios unitarios para estabilizado con 4.5 % de cemento de la subrasante de la Av. Los Pescadores - procesamiento de datos.....</i>	64
<b>Tabla 38</b>	<i>Análisis de precios unitarios para estabilizado con 6.5 % de cemento de la subrasante de la Av. Los Pescadores - procesamiento de datos.....</i>	65
<b>Tabla 39</b>	<i>Análisis de precios unitarios para estabilizado con 7 % de cemento de la subrasante de la Av. Los Pescadores - procesamiento de datos.....</i>	66
<b>Tabla 40</b>	<i>Análisis de precios unitarios para estabilizado con 3 % de cal de la subrasante de la Av. Los Pescadores - procesamiento de datos.....</i>	67
<b>Tabla 41</b>	<i>Análisis de precios unitarios para estabilizado con 5 % de cal de la subrasante de la Av. Los Pescadores - procesamiento de datos.....</i>	68
<b>Tabla 42</b>	<i>Análisis de precios unitarios para estabilizado con 8.5 % de cal de la subrasante de la Av. Los Pescadores - procesamiento de datos.....</i>	69
<b>Tabla 43</b>	<i>Resultados de Ensayos CBR para las combinaciones suelo-cemento.....</i>	73
<b>Tabla 44</b>	<i>Resultados de Ensayo CBR para las combinaciones suelo-cal.....</i>	74
<b>Tabla 45</b>	<i>Resumen de presupuesto de las dos opciones de estabilización.....</i>	75

**Tabla 46** *Ventajas y Desventajas de los agentes estabilizadores*..... 76



## Lista de figuras

<b>Figura 1</b>	<i> Criterios para la estabilización de suelos .....</i>	<i> 20</i>
<b>Figura 2</b>	<i> Presentación de cemento Viaforte en bolsa de 42.5 kg.....</i>	<i> 21</i>
<b>Figura 3</b>	<i> Presentación en biga bags de la cal viva molida producida por la Empresa Pacasmayo.....</i>	<i> 22</i>
<b>Figura 4</b>	<i> Ubicación de la zona de estudio.....</i>	<i> 26</i>
<b>Figura 5</b>	<i> Panorama de la zona de extracción del suelo.....</i>	<i> 28</i>
<b>Figura 6</b>	<i> Preparación de muestras con incorporación de cemento Viaforte .....</i>	<i> 28</i>
<b>Figura 7</b>	<i> Preparación de muestras con incorporación de cal viva molida.....</i>	<i> 30</i>
<b>Figura 8</b>	<i> Tratamiento del suelo para Análisis Granulométrico: (a) lavado de la muestra (b) secado al horno de la muestra (c) tamizado de la muestra .....</i>	<i> 32</i>
<b>Figura 9</b>	<i> Utilización de la copa Casagrande para determinar límite líquido.....</i>	<i> 33</i>
<b>Figura 10</b>	<i> Realización del ensayo Proctor modificado incorporando 3% de cal .....</i>	<i> 34</i>
<b>Figura 11</b>	<i> Compactación de la muestra .....</i>	<i> 34</i>
<b>Figura 12</b>	<i> Medición de la penetración para el ensayo del CBR .....</i>	<i> 35</i>
<b>Figura 13</b>	<i> Procedimiento de inmersión para el ensayo CBR.....</i>	<i> 35</i>
<b>Figura 14</b>	<i> Realización de Probetas suelo – cemento .....</i>	<i> 36</i>
<b>Figura 15</b>	<i> Curva granulométrica del suelo patrón .....</i>	<i> 38</i>
<b>Figura 16</b>	<i> Gráfica de % CH y N° de golpes .....</i>	<i> 39</i>
<b>Figura 17</b>	<i> Curva de compactación de la muestra de suelo natural .....</i>	<i> 40</i>
<b>Figura 18</b>	<i> Curva de la relación esfuerzo vs penetración .....</i>	<i> 41</i>
<b>Figura 19</b>	<i> Curva granulométrica del suelo con adición 4.5 % de cemento.....</i>	<i> 44</i>
<b>Figura 20</b>	<i> Curva granulométrica del suelo con adición 6.5 % de cemento .....</i>	<i> 45</i>
<b>Figura 21</b>	<i> Curva granulométrica del suelo con adición 7 % de cemento .....</i>	<i> 45</i>
<b>Figura 22</b>	<i> Relación de máxima densidad seca y humedad óptima del suelo con adición de 4.5 % de cemento .....</i>	<i> 47</i>
<b>Figura 23</b>	<i> Relación de máxima densidad seca y humedad óptima del suelo con adición de 6.5 % de cemento .....</i>	<i> 47</i>
<b>Figura 24</b>	<i> Relación de máxima densidad seca y humedad óptima del suelo con adición de 7 % de cemento .....</i>	<i> 48</i>
<b>Figura 25</b>	<i> Curva esfuerzo vs deformación del suelo con adición 4.5% de cemento Viaforte .....</i>	<i> 51</i>

<b>Figura 26</b>	<i>Curva esfuerzo vs deformación del suelo con adición 6.5% de cemento</i>	
	<i>Viaforte</i> .....	51
<b>Figura 27</b>	<i>Curva esfuerzo vs deformación del suelo con adición 7% de cemento</i>	
	<i>Viaforte</i> .....	52
<b>Figura 28</b>	<i>Curva granulométrica del suelo con adición de 3% cal</i> .....	55
<b>Figura 29</b>	<i>Curva granulométrica del suelo con adición de 5% cal</i> .....	56
<b>Figura 30</b>	<i>Curva granulométrica del suelo con adición de 8.5% cal</i> .....	56
<b>Figura 31</b>	<i>Relación de máxima densidad seca y humedad optima del suelo con adición 3% de cal</i> .....	58
<b>Figura 32</b>	<i>Relación de máxima densidad seca y humedad optima del suelo con adición 5% de cal</i> .....	58
<b>Figura 33</b>	<i>Relación de máxima densidad seca y humedad optima del suelo con adición 8.5% de cal</i> .....	59
<b>Figura 34</b>	<i>Curva Comparativa del suelo patrón y con las adiciones de cemento</i>	
	<i>Viaforte</i> .....	70
<b>Figura 35</b>	<i>Curva Comparativa del suelo patrón y con las adiciones de cal viva molida</i> ....	71
<b>Figura 36</b>	<i>Relación de máxima densidad seca y humedad optima del suelo con adición de cemento en sus 3 dosificaciones</i> .....	72
<b>Figura 37</b>	<i>Relación de máxima densidad seca y humedad óptima del suelo con adición de cal en sus 3 dosificaciones</i> .....	73

## Introducción

La infraestructura vial es fundamental para el desarrollo económico y social de las ciudades, ya que facilita el acceso a necesidades básicas como la educación, el trabajo, la alimentación y la salud (Boza, 2015). A través de ella se establece la conexión terrestre entre las poblaciones, permitiendo el transporte de cargas, materiales, mercancías y personas. Por lo tanto, mantener la infraestructura vial en buen estado es crucial para asegurar el bienestar de la población. Sin embargo, el mantenimiento puede resultar costoso, lo que resalta la importancia de que las autoridades encuentren estrategias a largo plazo para garantizar su eficiencia y sostenibilidad.

Una de las opciones sería la estabilización del suelo añadiendo sustancias de asfalto, aceites y cal, de esa manera podremos obtener las múltiples variaciones de las composiciones del suelo y alcanzando los parámetros mínimos para ser utilizados. (Alarcón et al., 2020, p. 45)

Es de suma importancia considerar que las conformaciones de la subrasante pueden ser de material finos, granulares e inclusive producto de una combinación; en primer término, cuando se evidencia una estructura con resistencia baja se hacen visibles y notorias desfiguraciones. Por ello, cuando se añade agua a la estructura y se aplica cargas, de manera inmediata su comportamiento es inadecuado declarando un suelo con bajo valor soporte.

Los suelos con baja resistencia de subrasante se convierten en un problema muy común debido a que presentan defectos en la estructura general del pavimento, que conllevan a un comportamiento inadecuado debido a su deformación y plasticidad. (Gómez et al., 2016, p. 96)

Gómez et al. (2016) señalan que “cuando se añade las sustancias de cemento y cal, es un procedimiento que resulta muy efectivo para el mejoramiento de suelos arcillosos, ya que permite disminuir la plasticidad que posee y de esa manera mejorar significativamente el comportamiento para ser utilizado como un elemento base en la conformación del pavimento” (p.95). Dicho lo anterior, el presente trabajo de investigación pretende analizar los efectos de la estabilización con cemento y cal en un suelo granular según las dosificaciones escogidas.

Finalmente, la presente tesis está conformada por cinco capítulos. El primer capítulo abarca los temas teóricos y aspectos generales sobre la cal y el cemento. El segundo capítulo contiene los diseños de mezclas de suelo natural, cemento y cal. El tercer capítulo incluye los procesos de cada ensayo que se empleó, mencionando los comportamientos (Granulometría, Proctor modificado y CBR) y las características de cada material. El cuarto capítulo muestra, los resultados cuando se añade dichas sustancias. El último capítulo comprende la evaluación de los efectos de la adición de la cal y cemento de la subrasante con la finalidad de estabilizar el suelo.

## Capítulo 1

### Marco teórico y contextual

#### 1.1 Definición de carreteras

El Ministerio de Transportes y Comunicaciones, señala que las carreteras son infraestructuras donde transitan varios tipos de vehículos pueden estar pavimentadas o no. Para lograr una planificación adecuada es importante contar con un diseño de calidad que considere aspectos como la seguridad, eficacia y velocidad, sin olvidar el impacto ambiental. (MTC, 2014)

#### 1.2 Clasificación de las carreteras

Las carreteras se clasifican en función de su ubicación y el tipo de vía, estableciendo una jerarquía que permite identificar la categoría de cada carretera en el estudio, como se detalla en la Tabla 1. (MTC, 2014)

**Tabla 1**  
*Tipo de carreteras y vehículos/día*

Tipo de carretera	Veh./día
Autopistas - Primer orden	IMD > 6000
Autopistas - Segundo orden	IMD > 6000 y 4001
Primera clase	IMD - 4000 y 2001
Segunda clase	IMD – 2000 y 400
Tercera clase	IMD < 400
Bajo volumen	IMD < 200

#### 1.3 El suelo

Se conoce mayormente como la composición de materia orgánica e inorgánica, están conformadas por capas o estratos de suelos. (Badillo y Rodríguez, 2010)

##### 1.3.1 Propiedades físicas del suelo

En el análisis de las propiedades físicas del suelo, se puede determinar su capacidad de soporte muy indispensable en toda obra de ingeniería. En este proceso se logra conocer el tipo y el estado que se encuentra el suelo. Además, mediante una inspección visual se puede evaluar el color y textura que posee el suelo. Para una evaluación precisa, se deben tomar muestras de al menos cinco estratos del suelo para enviarlas al laboratorio de estudios geotécnicos de Mecánica de Suelos – Concreto – Asfalto, “KAE INGENIERIA” con el fin de determinar el tipo y la clasificación del suelo en la subrasante (Lubis et al., 2018).

Para estas muestras, se requiere realizar los ensayos como análisis granulométrico (AASHTO y la clasificación SUCS) y límite de Atterberg (límite líquido y límite plástico).

### 1.3.2 Propiedades mecánicas del suelo

**1.3.2.1 Compactación de suelos.** El suelo se solidifica a través de los movimientos mecánicos del rodillo durante el proceso de compactación. Durante esta fase, la compactación se distribuye de manera uniforme, permitiendo que las partículas del suelo se acomoden y entrelacen correctamente. Esto resulta en un aumento del peso unitario del suelo en función de su contenido de humedad. Los ensayos realizados para evaluar la compactación incluyen el CBR (California Bearing Ratio) y el Proctor Modificado (Das, 2015).

## 1.4 Puntos de investigación

De acuerdo con la Norma Técnica CE-010 Pavimentos urbanos, para una evaluación precisa del suelo, es necesario realizar un punto de muestreo que este ubicado adecuadamente en las intersecciones de las vías. La toma de muestras debe alcanzar una profundidad mínima de 1.50 metros por debajo del nivel de la rasante para garantizar una las condiciones del suelo. (ICG, 2010). En la Tabla 2 se muestra la cantidad de puntos de investigación para cada tipo de vía.

**Tabla 2**  
*Puntos de investigación*

Tipo de vía	Número mínimo de puntos de investigación	Área (m <sup>2</sup> )
Expresas	1 cada	200
Arteriales	1 cada	2400
Colectivas	1 cada	3000
Locales	1 cada	3600

*Nota.* Adaptado de la NTE CE-010 Pavimentos urbanos (2010)

## 1.5 Subrasante

En la Tabla 3, se muestran las seis categorías de subrasante definidas por su valor soporte relativo. (MTC, 2014)

**Tabla 3**  
*Categorías de subrasante*

<b>Categorías de subrasante</b>	<b>CBR</b>
S <sub>0</sub> : Subrasante inadecuada	CBR < 3%
S <sub>1</sub> : Subrasante insuficiente	De CBR ≥ 3% A CBR < 6%
S <sub>2</sub> : Subrasante regular	De CBR ≥ 6% A CBR < 10%
S <sub>3</sub> : Subrasante buena	De CBR ≥ 10% A CBR < 20%
S <sub>4</sub> : Subrasante muy buena	De CBR ≥ 20% A CBR < 30%
S <sub>5</sub> : Subrasante excelente	CBR ≥ 30%

*Nota:* Adaptado del manual del Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2014)

## 1.6 Caracterización de subrasante

Según el MTC, menciona que se hacen calicatas con una profundidad recomendada de 1.50 metros, por lo que se pueden analizar las propiedades mecánicas y físicas. Se recomienda realizar las calicatas, dentro del rango de la calzada o a una distancia similar, de manera alternativa. (MTC, 2014)

Las muestras se trasladan al laboratorio para su análisis y procesamiento, con el fin de obtener la estratigrafía del suelo, con las cotas de profundidad mínima de 1.50 metros.

## 1.7 Estabilización de suelos

Se define como el proceso de mejorar las propiedades físicas del suelo mediante métodos mecánicos o la incorporación de materiales, ya sean naturales, químicos u otros. Este proceso busca aumentar el valor soporte, resistencia y durabilidad del suelo, asegurando una base adecuada para la construcción de infraestructuras.

Existen tres métodos de estabilización para mejorar la resistencia de un suelo: estabilización mecánica, estabilización física y estabilización química.

La estabilización mecánica es aquella con la que se logra un suelo con buena resistencia sin que se produzcan reacciones químicas de importancia. Esto se logra con la compactación.

La estabilización física, se basa en modificar el suelo produciendo cambios físicos en el mismo. Entre los métodos que existen son: las mezclas de suelos, uso de geotextiles, la vibroflotación o vibrocompactación y la consolidación previa.

La estabilización química, se refiere al uso de agentes o sustancias químicas patentizadas y cuyo uso se basa en la sustitución de iones metálicos y cambios en la constitución de los suelos involucrados en el proceso. Entre estas sustancias se puede mencionar: cal, cemento portland, productos asfálticos, cloruro de sodio, cloruro de calcio, escorias de fundición, polímeros y hule de neumáticos.

### 1.8 Estabilización con cemento

Es la combinación de cemento, suelo y agua que se compactan y curan. A diferencia del concreto, sin embargo, los granos de los suelos no están envueltos en pasta de cemento endurecido, sino que están puntualmente unidos entre sí. Por ello, el suelo-cemento tiene una resistencia inferior y un módulo de elasticidad más bajo que el concreto. (MTC, Manual de carreteras: Suelos geología y pavimentos, 2014)

Los suelos adecuados para poder estabilizar usando el cemento son de plasticidad media o baja ( $LL < 40$  y  $IP < 18$ ) y con clasificación AASHTO (A-1, A-2 y A-3), en la Tabla 4 se muestra el rango de cemento requerido en porcentaje del peso del suelo. Al incluir el cemento al suelo, su Índice de Plasticidad (IP) se reduce y su límite líquido es variante; tanto la humedad óptima y su densidad máxima se incrementa.

**Tabla 4**

*Rango requerido de cemento en la estabilización de suelos*

<b>Clasificación de suelos</b>	<b>Rango de cemento requerido porcentaje del peso de los suelos</b>
<b>AASHTO</b>	
A-1-a	3-5
A-1-b	5-8
A-2	5-9
A-3	7-11
A-4	7-11
A-5	8-13
A-6	9-15
A-7	10-16

*Nota.* Adaptado del Manual del Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2014)

## 1.9 Estabilización con cal

Se obtiene de la mezcla del suelo, cal y agua. Comúnmente se utiliza el óxido cálcico también llamado cal anhidra o cal viva, el cual es obtenido por calcinación de materiales calizos, o hidróxido cálcico denominado también cal hidratada o cal apagada. Esta tiene la propiedad de endurecerse en el aire, una vez mezclada con agua, por acción del anhídrido carbónico. (MTC, Manual de carreteras: Suelos geología y pavimentos, 2014)

Este tipo de estabilización se realiza mezclando un suelo con cal hidratada o cal viva la cual produce una reacción de floculación e intercambio iónico dando lugar a la formación de silicatos y aluminatos cálcicos insolubles. Uno de los efectos más importantes de la cal en el suelo, es el de cambiar apreciablemente su plasticidad. Por ejemplo, suelos de plasticidad  $IP < 15$ , aumentan tanto el LL como el LP, y también muy ligeramente su IP; en cambio, en los suelos de plasticidad con  $IP > 15$  disminuye el IP. (MTC, Manual de carreteras: Suelos geología y pavimentos, 2014)

Para su aplicación es conveniente utilizar suelos con granulometría fina, ya que su reacción química genera pérdida de las propiedades plásticas del suelo, aumenta su resistencia para controlar los efectos provocados por el tráfico, mejorar los cambios de volumen en diferentes condiciones climáticas y aumenta el valor de soporte. En la Tabla 5 se muestra los tipos de suelo con la dosificación a considerar para la estabilización.

**Tabla 5**

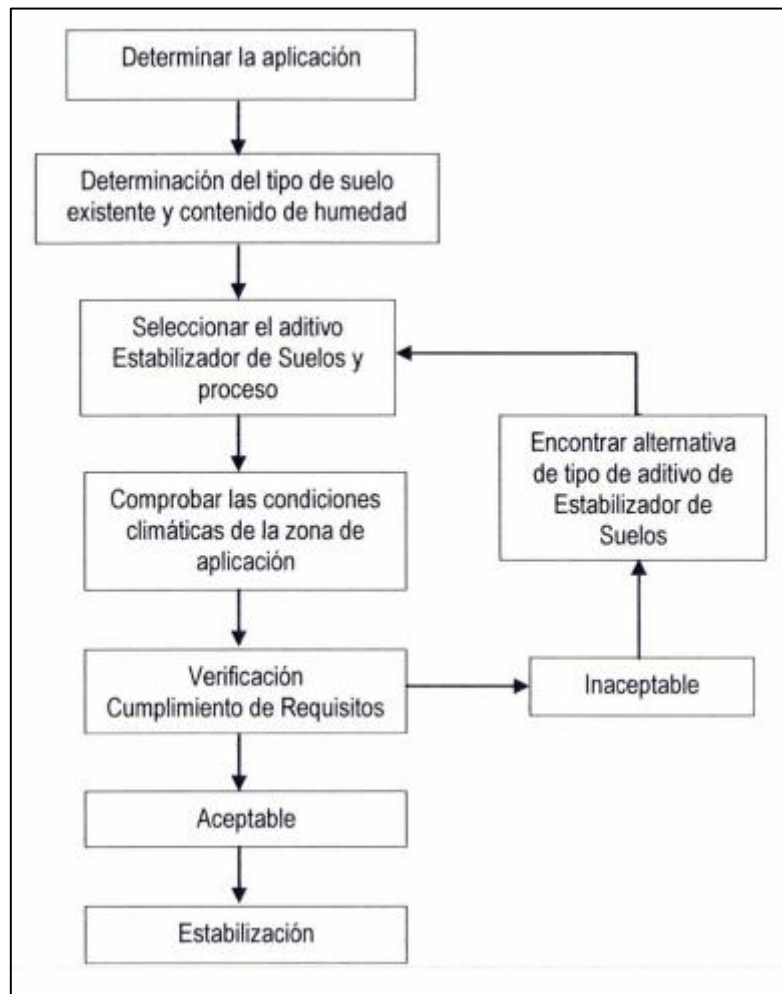
*Rango requerido de cal en la estabilización de suelos*

Tipo de estabilizador	Tipo de suelo	Índice de plasticidad	Dosificación a considerar
Cal	A-2-6, A-2-7, A-6 Y A-7	$10\% \leq IP \leq 50\%$	2 - 8%

*Nota.* Adaptado del Manual de Carreteras (2014)

## 1.10 Criterio para la estabilización

Un material es considerado adecuado para las capas de subrasante si presenta un CBR igual o superior al 6%. En caso contrario, si el CBR es menor, la subrasante se considera inadecuada. La Figura 1 ilustra los criterios que deben tenerse en cuenta para la estabilización del suelo

**Figura 1***Crterios para la estabilización de suelos*

*Nota.* Extraído del Manual del Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2014)

### 1.11 Propiedades de suelos estabilizados

Las propiedades que posee un suelo cuando está estabilizado, son los siguientes (Parra Gómez, 2018).

- **Retracción y expansión:** son fundamentales para que se originen cambios respecto a la humedad.
- **Permeabilidad:** Funciona para conceder la abertura del líquido sin modificar las propiedades que ya existen, de la misma forma es para impedir posibles obstáculos que puedan afectar la conducta del suelo.
- **Durabilidad:** Se encuentra constituido con diferentes capas, con el objetivo de soportar las cargas vehiculares y erosiones del suelo.

- Resistencia: Funciona para incrementar la cohesión de partículas que conforma el suelo, utilizando la vibradora de gasolina o la compactadora.

## 1.12 Agentes estabilizantes a utilizar

### 1.12.1 Cemento Viaforte

Se obtuvo de la empresa Cementos Pacasmayo provincia de Pacasmayo. ( Figura 2)

#### Figura 2

Presentación de cemento Viaforte en bolsa de 42.5 kg



Nota. Extraído de Cemento Pacasmayo

#### 1.12.1.1 Beneficios del cemento Viaforte en la estabilización.

- Durabilidad: este cemento eleva la calidad de los suelos deficientes debido a que aumenta su valor soporte. Además, con este producto permite reciclar la base estabilizada.
- Resistencia: este cemento aporta resistencia a la erosión y cualquier clima que permite controlar las fisuras por retracción.
- Trabajabilidad: este cemento tiene un moderado calor de hidratación por lo que fragua de manera más lenta.

### 1.12.2 Cal viva molida

Se obtuvo de la empresa Pacasmayo ubicada en la provincia de Pacasmayo. (Figura 3).

#### Figura 3

Presentación en biga bags de la cal viva molida producida por la Empresa Pacasmayo



*Nota.* Extraído de Cemento Pacasmayo

#### 1.12.2.1 Beneficios de la cal viva molida Pacasmayo en la estabilización.

- Resistencia: este producto incrementa su valor soporte en suelos cohesivos.
- Durabilidad: este producto permite crear capas flexibles e impermeabilizantes.
- La cal permite disminuir los cambios volumétricos en los suelos.

## Capítulo 2

### Diseño de mezclas de suelo natural, cemento y cal

#### 2.1 Diseño de las combinaciones del suelo con cemento y cal

En el diseño de las combinaciones entre el suelo, cemento y cal (Tabla 6) se tomó en cuenta diferentes fuentes de información como antecedentes mencionados en el Capítulo 1; pues en estos estudios realizados se registran mejoras en las propiedades del suelo de baja calidad mediante la adición de cemento y cal. Por consiguiente, se utilizó el cemento en proporción de 4 a 25% en peso de suelo seco y compactado (Rivera et al., 2020), debido a que se tendría un resultado favorable no solo en las propiedades mecánicas, sino también, en las propiedades físicas. En cuanto al uso de la cal se tomó en cuenta los efectos de su adición según los parámetros establecidos de acuerdo a la compactación y el ensayo de CBR (NTP 339.145/ ASTM D1557/ ASTM D1883).

Conforme a lo mencionado anteriormente, se concluyó que para esta investigación se aplicaría porcentajes de cemento (4.5, 6.5 y 7%) y cal (3, 5 y 8.5%) en relación al peso seco del suelo en estudio, con el objetivo de obtener un mejor resultado en este trabajo.

Para la determinación de un análisis objetivo de acuerdo con lo que se busca resolver se consideró lo siguiente:

**Tabla 6**

*Combinaciones realizadas suelo-cemento y suelo-cal*

Combinación suelo - cemento (SC)	Mezcla 1: Suelo + 4.5% de cemento Viaforte
	Mezcla 2: Suelo + 6.5% de cemento Viaforte
	Mezcla 3: Suelo + 7% de cemento Viaforte
Combinación suelo - cal (SL)	Mezcla 4: Suelo + 3% de cal viva molida
	Mezcla 5: Suelo + 5% de cal viva molida
	Mezcla 6: Suelo + 8.5% de cal viva molida

#### 2.2 Número de ensayos y confiabilidad del diseño

Los ensayos para evaluar el comportamiento mecánico fueron considerados para realizar las combinaciones de suelo, cemento y cal. El número de muestras y su nivel de confiabilidad se estableció de acuerdo con los siguientes criterios.

- El número de ensayos para la combinación se determinará de acuerdo con los resultados obtenidos durante el desarrollo de tesis, así como también de la precisión y concordancia que existe en ellos, no se tomó en cuenta un análisis estadístico debido que los ensayos para determinar las propiedades físicas y mecánicas no son constantes para todos los suelos, solo se emplea en el suelo que se está analizando.
- Para esta tesis se utilizaron diversas muestras, las cuales fueron establecidas teniendo en cuenta las normas ASTM, NTP y especificaciones técnicas del MTC. Las muestras se clasificaron de la siguiente manera:
  - Muestra patrón (sin adición de cemento y cal)
  - Muestra con adición del 4.5% de cemento Viaforte
  - Muestra con adición del 6.5% de cemento Viaforte
  - Muestra con adición del 7% de cemento Viaforte
  - Muestra con adición del 3% de cal viva molida
  - Muestra con adición del 5% de cal viva molida
  - Muestra con adición del 8.5% de cal viva molida
- Las muestras fueron clasificadas de acuerdo con la perspectiva del tesista y acorde al ensayo realizado en este caso fueron los siguientes:
  - Muestras para análisis granulométrico por tamizado de suelos según ASTM D 6913
  - Muestras para límites de Atterberg según ASTM D 4318.
  - Muestras para Proctor Modificado según ASTM D 1557.
  - Muestras para CBR según ASTM D 1883.
  - Muestras para ensayo de Compresión según ASTM D 2166.
- La forma en que se seleccionaron las muestras garantiza fiabilidad al momento de deducir de ellas.
- El proceso de esta tesis inicio con la realización de calicatas de manera alternativa en la zona de estudio con una profundidad recomendada de 1.50 metros. Posteriormente de las muestras de suelo extraídas se realizaron los ensayos en un laboratorio externo para conocer sus propiedades físicas y mecánicas. Finalmente se selecciona la muestra de suelo más crítica con la que se evaluara el efecto de la adición de cemento y cal en sus propiedades.

La confiabilidad de los resultados se consideró debido a:

- El resultado final de ensayos ejecutados obtenidos de acuerdo con la cantidad realizada, empleando las normas requeridas, como también del costo, tiempo y recursos. Las

- pruebas se realizaron siguiendo lo establecido en las normas correspondientes tales como American Society for Testing and Materials (ASTM) y Normas Técnicas Peruanas (NTP), además se tomó en cuenta las especificaciones técnicas establecidas por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), las cuales también utilizan el mismo criterio.
- Los ensayos fueron realizados por técnicos con experiencia certificada en el Laboratorio de estudios geotécnicos de Mecánica de Suelos- Concreto - Asfalto, “KAE INGENIERIA” E.I.R.L.



## Capítulo 3 Metodología

La Av. Los Pescadores localizada en Chimbote, alberga a las principales empresas pesqueras del país. También, conduce a la base naval de Chimbote y a SIMA Chimbote, el astillero naval peruano que se dedica al mantenimiento, modernización, diseño y construcción de las unidades de la Marina y la industria naval y pesquera.

Sin embargo, en los últimos 30 años, la subrasante presenta ondulaciones y deformaciones que afectan el libre tránsito peatonal y vehicular. En este sentido, el gobierno local tiene como objetivo realizar una inversión pública en esta área. Para ello, se ha decidido implementar una solución viable y económica utilizando los principales materiales disponibles en la zona de Chimbote, como el cemento y la cal.

La tesis emplea una metodología aplicada y un diseño experimental con enfoque cuantitativo, y fue monitoreada en el laboratorio de Kae Ingeniería.

Inicialmente se ha empezado por recolectar las muestras, tanto el suelo, cemento y cal, después se ha realizado el muestreo del material granular, verificando in situ su poca plasticidad, por lo que posteriormente se efectuó la preparación de las mezclas, adicionando al material granular en estudio porcentajes de 4.5, 6.5 y 7% de cemento Víaforte al igual con los porcentajes de 3,5 y 8.5% de cal molida viva, ambos productos se adicionan en relación al peso seco del suelo en estudio, seguidamente de ello se llevó a cabo la realización de ensayos, evaluando las propiedades físicas y mecánicas del material natural y con su respectiva adición con cemento Víaforte y cal viva molida.

### 3.1 Ubicación

El suelo natural está ubicado en la zona dentro de la Av. Los Pescadores (frente del Terminal de Chimbote), en la provincia de Chimbote, departamento de Ancash, teniendo como coordenadas latitud:  $9^{\circ}6'43.79''S$  y longitud:  $78^{\circ}33'32.92''O$ . (Ver Figura 4)

**Figura 4**

*Ubicación de la zona de estudio*



*Nota.* Google Earth

### 3.2 Descripción de la zona de estudio

En su mayoría se encontró un estrato de 0.70 m de relleno, grava y material vegetal con presencia de raíces, seguido de un estrato de 0.80 m de suelo granular con presencia de limos, probablemente una arena limosa (SP-SM), de color marrón verduzco, con una consistencia dura, de condición húmeda y una estructura homogénea.

Lo mencionado anteriormente es de acuerdo con la observación efectuada en campo, sin embargo, al realizar el ensayo de granulometría y límites de consistencia, se tiene la siguiente descripción:

#### a) Subrasante

- **Ubicación:** Av. Los Pescadores
- **Clasificación SUCS:** Arena mal graduada con limo
- **Clasificación ASSHTO:** A-2-4(0). En este grupo están conformados aquellos suelos granulados arcillosos o barrosos, arenas y gravas con un alto contenido de finos.
- **Descripción de la muestra:** Posee 11.21 % de finos, 87.12 % de arena y 1.67 % de grava con un tamaño máximo de 1”.
- **Límite Líquido (LL):** 0
- **Límite Plástico (LP):** 0
- **Índice de Plasticidad (IP):** 0

### 3.3 Características del material granular

#### 3.3.1 Muestreo del material granular

El proceso realizado en campo siguió los lineamientos del “Manual de Carreteras. Suelos Geología, Geotecnia y Pavimentos: Sección Suelos y Pavimentos del Ministerio de transportes y comunicaciones” del año 2014. La metodología correspondiente a la caracterización de una carretera de tercera clase, es la ejecución de pozos exploratorios de 1.5 metros de profundidad mínima, ubicados a razón de 2 calicatas por kilómetro de manera alternada dentro del ancho proyectado de la vía según el manual anteriormente nombrado.

Se extrajo aproximadamente 60 kilogramos de material de la zona de estudio que fueron transportados en sacos al laboratorio donde se realizaron los ensayos. El material se encontraba húmedo y contenía materia orgánica (hojas, ramas y raíces). Previamente fue tamizado por el tamiz N°4, para eliminar la materia orgánica que esta contenía y se puso a secar al aire durante 24 horas. La muestra ya limpia y seca, fue almacenada en un sitio seco y limpio.

En la Figura 5 se muestra una de las calicatas realizadas en la zona dentro de la Av. Los Pescadores.

**Figura 5**

*Panorama de la zona de extracción del suelo*

**3.3.2 Preparación de las muestras patrón e incorporando cemento Viaforte**

Para la preparación de muestras se siguió lo establecido en el “Manual de Ensayo de Materiales: Sección N°1 Suelos” del año 2016.

Se empleó 170 kg de suelo para cada una de las combinaciones de cemento Víaforte (4.5%, 6.5% y 7%), además de la muestra patrón. Estas combinaciones se muestran en la Figura 6.

**Figura 6**

*Preparación de muestras con incorporación de cemento Viaforte*



**3.3.2.1 Porcentajes de adición del cemento Viaforte.** Estos porcentajes fueron establecidos previamente en un 4.5%, 6.5% y 7% de cemento Viaforte de acuerdo con el criterio del tesista y de los antecedentes de trabajos de investigación.

**3.3.2.2 Preparación de muestras en el ensayo granulométrico.** Para la preparación de este ensayo se utilizaron cuatro muestras de aproximadamente 6 kilogramos, una para la muestra patrón y tres para las combinaciones de suelo e incorporación de cemento Viaforte.

Después se procede a lavar dichas muestras para luego secarlas mediante un horno. Una vez ya secas las muestras correspondientes a gravas y finos, se continúa con el tamizado utilizando tamices según la escala ASTM.

**3.3.2.3 Preparación de muestras para el ensayo de límites de Atterberg.** En el ensayo de límite líquido se prepararon cinco muestras de aproximadamente 150 g de material de la muestra total que pase por el tamiz N° 40, y tres muestras combinadas con proporciones de cemento Viaforte de 4.5%, 6.5% y 7% respecto al peso total del suelo que también han sido tamizadas por la misma malla.

Se procedió a mezclar correctamente el material con agua desmineralizada, para luego colocarse en el plato de mezcla dejándolo reposar durante 16 horas, para luego continuar con el ensayo según norma ASTM D 4318 descrito en el procedimiento anterior.

Con respecto al ensayo de límite plástico se obtuvieron cuatro muestras, con 0%, 4.5%, 6.5% y 7% de incorporación de cemento Viaforte de aproximadamente 20 g de material que ya había sido preparado anteriormente en el ensayo de límite líquido, se logra reducir el contenido de agua a una consistencia adecuada en la que se pueda continuar con el enrollado sin que se adhiera en las manos, de esa forma se da paso a lo descrito en el procedimiento detallado anteriormente para límite plástico.

**3.3.2.4 Preparación de muestras en el ensayo de Proctor modificado.** Se prepararon cuatro muestras de aproximadamente 6000 g de material que previamente fueron tamizadas por la malla 3/4'', estas fueron utilizadas para la muestra patrón, como también para cada una de las combinaciones con incorporación del cemento Viaforte con el rango de partículas antes mencionadas y con porcentajes de 4.5%, 6.5% y 7% respecto al peso total del material, cada una de estas muestras fueron mezcladas con diferentes cantidades de agua lo más cercano al óptimo estimado, para luego proceder con la compactación..

**3.3.2.5 Preparación de muestras para el ensayo de CBR.** En la prueba de CBR se prepararon tres especímenes de 6000 g de material tamizado por la malla 3/4'' para la muestra patrón como también para la mezcla con los porcentajes fijados de 4.5%, 6.5% y 7% respecto al peso total del suelo, durante la combinación se incorpora diferentes cantidades de agua hasta alcanzar la humedad óptima obtenida en el ensayo de Proctor modificado, para luego continuar con la compactación con 10, 25 y 56 golpes.

**3.3.2.6 Preparación de muestras para el ensayo de compresión de probetas suelo-cemento.** Este ensayo se refiere a la determinación de la resistencia a la compresión del suelo cemento empleando cilindros moldeados siguiendo los procedimientos

establecidos en la norma “ASTM D2166-06” del año 2010. La muestra de suelo se tamiza con la dosificación de cemento definida y también se miden los mililitros (ml) de agua según el óptimo contenido de humedad requerido. Se mezcla el suelo, el cemento y el agua hasta formar una pasta homogénea.

Luego se realiza el proceso de compactado similar al Proctor modificado, se realizan cinco capas de 25 golpes cada una, al terminar la compactación se procede a enrazar y con apoyo de una gata hidráulica se extrae la probeta suelo-cemento. Se procede a colocar en bolsa plástica la probeta para realizar su curado en arena húmeda por 7 días. Finalmente, se sumergen por cuatro horas antes de proceder a realizar el ensayo de resistencia a la compresión suelo-cemento.

### ***3.3.3 Preparación de las muestras incorporando cal viva molida***

Para la preparación de muestras se siguió lo establecido en el “Manual de Ensayo de Materiales: Sección N°1 Suelos” del año 2016.

Se empleó 170 kg de suelo para cada una de las combinaciones de cal viva molida (3%, 5% y 8.5%) además para la muestra patrón. (Ver Figura 7)

**Figura 7**

*Preparación de muestras con incorporación de cal viva molida*



**3.3.3.1 Porcentajes de adición de cal viva molida.** Estos porcentajes fueron establecidos previamente en un 3%, 5% y 8.5% de cal viva molida de acuerdo con el criterio del tesista y de los antecedentes de trabajos de investigación.

**3.3.3.2 Preparación de muestras en el ensayo granulométrico.** Para la preparación de este ensayo se utilizaron tres muestras de aproximadamente 6 kilogramos para las combinaciones de suelo e incorporación de cal viva molida.

Después se procede a lavar dichas muestras para luego secarlas mediante un horno. Una vez ya secas las muestras correspondientes a gravas y finos, se continúa con el tamizado utilizando tamices según la escala ASTM.

**3.3.3.3 Preparación de muestras para el ensayo de límites de Atterberg.** En el ensayo de límite líquido se prepararon cinco muestras de aproximadamente 150 g de material de la muestra total que pase por el tamiz N° 40 combinadas con proporciones de cal viva molida de 3%, 5% y 8.5% respecto al peso total del suelo que también han sido tamizadas por la misma malla.

Se procedió a mezclar correctamente el material con agua desmineralizada, para luego colocarse en el plato de mezcla dejándolo reposar durante 16 horas, para luego continuar con el ensayo según norma ASTM D 4318 descrito en el procedimiento anterior.

Con respecto al ensayo de límite plástico se obtuvieron tres muestras, con 3%, 5% y 8.5% de incorporación de cal viva molida de aproximadamente 20 g de material que ya había sido preparado anteriormente en el ensayo de límite líquido, se logra reducir el contenido de agua a una consistencia adecuada en la que se pueda continuar con el enrollado sin que se adhiera en las manos, de esa forma se da paso a lo descrito en el procedimiento detallado anteriormente para límite plástico.

**3.3.3.4 Preparación muestras en el ensayo de Proctor modificado.** Se prepararon tres muestras de aproximadamente 6000 g de material que previamente fueron tamizadas por la malla 3/4'', estas fueron utilizadas para cada una de las combinaciones con incorporación de la cal viva molida con el rango de partículas antes mencionadas y con porcentajes de 3%, 5% y 8.5% respecto al peso total del material, cada una de estas muestras fueron mezcladas con diferentes cantidades de agua lo más cercano al óptimo estimado, para luego proceder con la compactación.

**3.3.3.5 Preparación de muestras para el ensayo de CBR.** En la prueba de CBR se prepararon tres especímenes de 6000 g de material tamizado por la malla 3/4'' con los porcentajes fijados de 3%, 5% y 8.5% respecto al peso total del suelo, durante la combinación se incorpora diferentes cantidades de agua hasta alcanzar la humedad óptima obtenida en el ensayo de Proctor modificado, para luego continuar con la compactación con 10, 25 y 56 golpes.

### 3.3.4 Ensayos para evaluar el comportamiento físico del suelo SIN y CON incorporación de los agentes estabilizadores.

**3.3.4.1 Análisis granulométrico por tamizado de suelos sin incorporación de los agentes estabilizadores.** Según ASTM D 6913, este ensayo se realiza para determinar la distribución del tamaño de partículas (gradación) de una muestra de suelo (ASTM D 6913, s.f.). (Ver Figura 8).

#### Figura 8

*Tratamiento del suelo para Análisis Granulométrico: (a) lavado de la muestra (b) secado al horno de la muestra (c) tamizado de la muestra*



**3.3.4.2 Análisis granulométrico por tamizado de suelos con incorporación del 4.5%, 6.5%, 7% de cemento Viaforte.** El procedimiento realizado fue según lo indicado en la norma ASTM D 6913. Se seleccionó una muestra total de 6 kg con adición de porcentajes de cemento Viaforte del 4.5%, 6.5%, 7% respecto al peso total de la muestra para cada uno de los especímenes, estos fueron tamizados por la malla N° 4 para dividir las gravas de los finos.

**3.3.4.3 Análisis granulométrico por tamizado de suelos con incorporación del 3% 5%, 8.5% de cal viva molida.** El procedimiento realizado fue según lo indicado en la norma ASTM D 6913. Se seleccionó una muestra total de 6 kg con adición de porcentajes de cal viva molida del 3%, 5%, 8.5% respecto al peso total de la muestra para cada uno de los especímenes, estos fueron tamizados por la malla N° 4 para dividir las gravas de los finos.

**3.3.4.4 Límites de Atterberg sin incorporación de los agentes estabilizadores.** Se utilizan para caracterizar las fracciones de suelo de grano fino, y determinar el rango de humedad en el cual un suelo puede permanecer en estado plástico.

**3.3.4.5 Límites de Atterberg con incorporación del 4.5%, 6.5% y 7% de cemento Viaforte.** Se utilizan para caracterizar las fracciones de suelo de grano fino, y determinar el rango de humedad en el cual un suelo puede permanecer en estado plástico.

Este ensayo se desarrolló en base a la norma ASTM D 4318 y NTP 339.129.

**3.3.4.6 Límites de Atterberg con incorporación del 3%, 5% y 8.5% de cal viva molida.** Se utilizan para caracterizar las fracciones de suelo de grano fino, y determinar el rango de humedad en el cual un suelo puede permanecer en estado plástico.

Este ensayo se desarrolló en base a la norma ASTM D 4318 y NTP 339.129. En la Figura 9 se muestra parte del procedimiento de este ensayo.

**Figura 9**

*Utilización de la copa Casagrande para determinar límite líquido*



**3.3.5 Ensayos para evaluar el comportamiento mecánico del suelo SIN y CON incorporación de los agentes estabilizadores.**

**3.3.5.1 Proctor modificado sin incorporación de los agentes estabilizadores.** Este ensayo se realiza para conocer la relación entre el contenido de humedad y la densidad máxima seca de los suelos, cuya relación es representada mediante una curva de compactación. Para el desarrollo de este ensayo se siguió de acuerdo a lo establecido en la norma ASTM D 1557.

**3.3.5.2 Proctor modificado incorporando 4.5%, 6.5% y 7% de cemento Viaforte.** El procedimiento de compactación aplicado es igual al expuesto en el ensayo del Proctor modificado sin incorporación de los agentes estabilizadores mediante la norma ASTM D 1557.

**3.3.5.3 Proctor modificado incorporando 3%, 5% y 8.5% de cal viva molida.** El procedimiento de compactación aplicado es igual al expuesto en el ensayo del Proctor modificado sin incorporación de los agentes estabilizadores mediante la norma ASTM D 1557.

En la Figura 10 se muestra parte del ensayo de Proctor modificado con su respectivo porcentaje de incorporación de cal viva molida.

**Figura 10**

*Realización del ensayo Proctor modificado incorporando 3% de cal*



**3.3.5.4 Valor soporte relativo (CBR) sin incorporación de los agentes estabilizadores.** El ensayo de CBR se realiza con la finalidad de estimar la capacidad resistente del material como subrasante, subbase y base en el diseño de pavimentos.

Este análisis se realizó en base a la norma ASTM D 1883 (s.f.). En la Figura 11,12 y 13 se muestra el procedimiento del ensayo de CBR.

**Figura 11**

*Compactación de la muestra*





**3.3.5.5 Valor soporte relativo (CBR) con incorporación del 4.5%, 6.5% y 7% cemento Viaforte.** Para la preparación de las muestras se siguió según lo establecido en la norma ASTM D 1883 (s.f.). Se utilizaron combinaciones de suelo natural con adiciones de cemento del 4.5, 6.5, 7%, con un peso de 6000 g para cada una de las muestras de CBR.

**3.3.5.6 Valor soporte relativo (CBR) con incorporación del 3%, 5% y 8.5% cal viva molida.** Para la preparación de las muestras se siguió según lo establecido en la norma ASTM D 1883 (s.f.). Se utilizaron combinaciones de suelo natural con adiciones de cal del 3, 5, 8.5%, con un peso de 6000 g para cada una de las muestras de CBR.

**3.3.4.5 Resistencia a la compresión de probeta suelo-cemento con incorporación del 4.5%, 6.5% y 7% cemento Viaforte.** Para la determinación de la resistencia a la compresión del suelo-cemento se realizaron cilindros moldeados siguiendo los procedimientos establecidos en la Norma “ASTM D2166” del año 2010. En la Figura 14 se muestra el procedimiento del ensayo en mención.

**Figura 14**

*Realización de Probetas suelo – cemento*



## Capítulo 4 Presentación de resultados

### 4.1 Ensayos físicos y mecánicos del suelo natural

#### 4.1.1 Granulometría

El análisis granulométrico se elaboró siguiendo las normas NTP 339-128/ASTM D6913.

Teniendo en cuenta lo mencionado en el párrafo anterior, se ha llevado a cabo posteriormente un análisis exhaustivo de todos los datos obtenidos, del cual nos muestra que este suelo natural escogido para este estudio proviene de la calicata N°03, siendo esta la zona más crítica de la Av. Los Pescadores.

El suelo patrón corresponde a una arena mal graduada con limo (SP-SM) para clasificación SUCS y un suelo A-2-4 (0) en la clasificación ASSHTO. Este suelo es arenoso con limos sin plasticidad; por ende, sus partículas no se adhieren y juntan siendo muy susceptible a sufrir deformaciones y asentamientos ante fuerzas de penetración.

En la tabla 7 y 8 se especifica detalladamente las características obtenidas a partir del ensayo granulométrico con base al tamaño de las partículas del material.

**Tabla 7**  
*Características del suelo patrón*

<b>Muestra - Suelo Patrón</b>	
<b>% de grava</b>	1.67
<b>% de arena</b>	87.12
<b>% Pasante N° 200</b>	11.21
<b>LL</b>	-
<b>LP</b>	-
<b>IP</b>	-
<b>Clasificación SUCS</b>	SP - SM (Arena Mal Graduada con Limo)

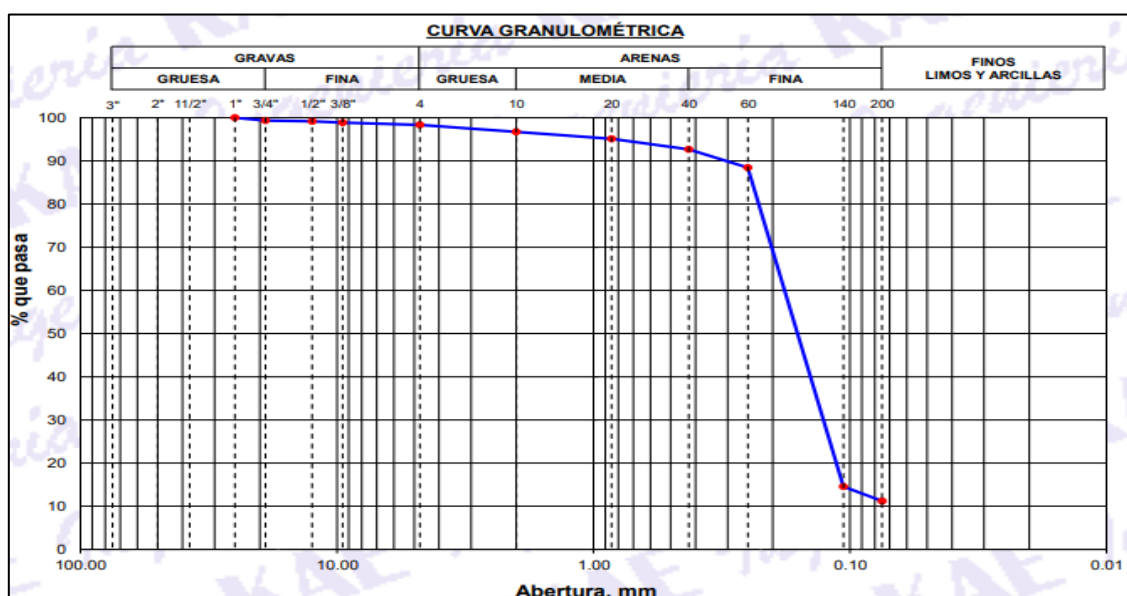
*Nota.* Ensayo realizado en el laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto, “KAE Ingeniería” E.I.R.L,2022.

**Tabla 8***Características del suelo patrón*

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso retenido (g)	Porcentaje parcial retenido (%)	Retenido (%)	Que pasa (%)
1"	25	0	0	0	100
3/4"	19	25	0.7	0.7	99.34
1/2"	12.5	7	0.2	0.9	99.15
3/8"	9.5	11	0.3	1.1	98.86
N° 4	4.75	20	0.5	1.7	98.33
N° 10	2	8.1	1.6	3.3	96.74
N° 20	0.85	8.3	1.6	4.9	95.11
N° 40	0.425	12.4	2.4	7.3	92.67
N° 60	0.25	21.6	4.2	11.6	88.42
N° 140	0.106	375.5	73.8	85.4	14.57
N° 200	0.075	17.1	3.4	88.8	11.21
<b>FONDO</b>		57	11.2	100	0

*Nota.* Ensayo realizado en el laboratorio “KAE Ingeniería” E.I.R.L,2022.

A continuación, se muestra la curva granulométrica del suelo en estado natural, sin adición de los agentes estabilizadores, y de la cual en la figura 15 y en el anexo A se observa que el 98% pasa el tamiz N°4, es decir, que el suelo patrón tiene gran presencia de material arenoso con pocos limos, con límite líquido (LL) de cero, límite plástico (LP) de cero; por ende, no hay presencia de índice de plasticidad (IP).

**Figura 15***Curva granulométrica del suelo patrón*

*Nota.* Ensayo realizado en el laboratorio, “KAE Ingeniería” E.I.R.L,2022.

### 4.1.2 Límites de Atterberg

El ensayo de los límites de Atterberg se realizó conforme a lo estipulado en la norma NTP 339.129 y la ASTM D 4318, que conforme a ello se ha obtenido según lo mostrado en la tabla 9, un índice de plasticidad de 0%, lo que se clasificaría de acuerdo al “Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. Sección Suelos y Pavimentos. Versión abril 2014” un suelo exento de arcilla. (ver figura 16 y anexo A)

**Tabla 9**

*Resultado del ensayo de los límites de Atterberg*

Constantes del suelo	Valor
Límite líquido	0
Límite plástico	0
Índice de plasticidad	0

**Figura 16**

*Gráfica de % CH y N° de golpes*



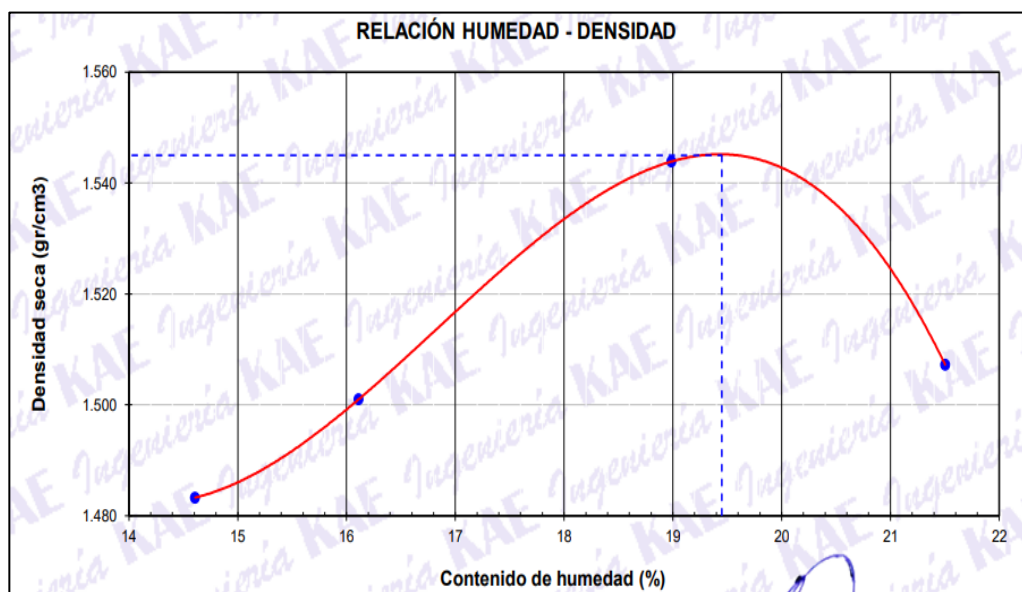
*Nota.* Ensayos realizados en el laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto, “KAE Ingeniería” E.I.R.L,2022.

### 4.1.3 Ensayo Proctor modificado

Se desarrolló el ensayo Proctor de acuerdo a la normativa ASTM D1557/NTP 339.141, con la finalidad de evaluar el contenido de humedad óptimo del suelo, y su máxima densidad seca.

**Figura 17**

*Curva de compactación de la muestra de suelo natural*



*Nota.* Ensayos realizados en el laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto, “KAE Ingeniería” E.I.R.L,2022.

En la figura 17 y anexo B, se muestra la curva de compactación reflejando un punto de quiebre o de intersección entre el contenido de humedad de 19.45% y la densidad máxima seca de 1.545 g/cm<sup>3</sup>.

#### 4.1.4 Ensayo de valor soporte relativo (CBR)

El ensayo de valor soporte relativo (CBR) se ha realizado conforme a la norma ASTM D1883/NTP 339.145. Este ensayo se ha empleado con la finalidad de evaluar el valor soporte del suelo.

**Tabla 10**

*Resultados del ensayo CBR en la muestra natural*

Molde N°	1	2	3
Golpes por capa N°	10	25	56
Contenido de humedad (%)	19.45	19.44	19.46
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.406	1.468	1.546

*Nota.* Ensayos realizados en el laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto, “KAE Ingeniería” E.I.R.L,2022.

En la tabla 10 y anexo C, se muestra los resultados obtenidos del ensayo CBR, a partir de incrementos de energía de compactación de 10, 25 y 56 golpes.

**Tabla 11**

*Resumen de datos CBR*

Número de golpes	Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	Penetración (pulg)	%M.D.S	CBR %
56	1.546	0.1	100	17.8
		0.1	95	9.2

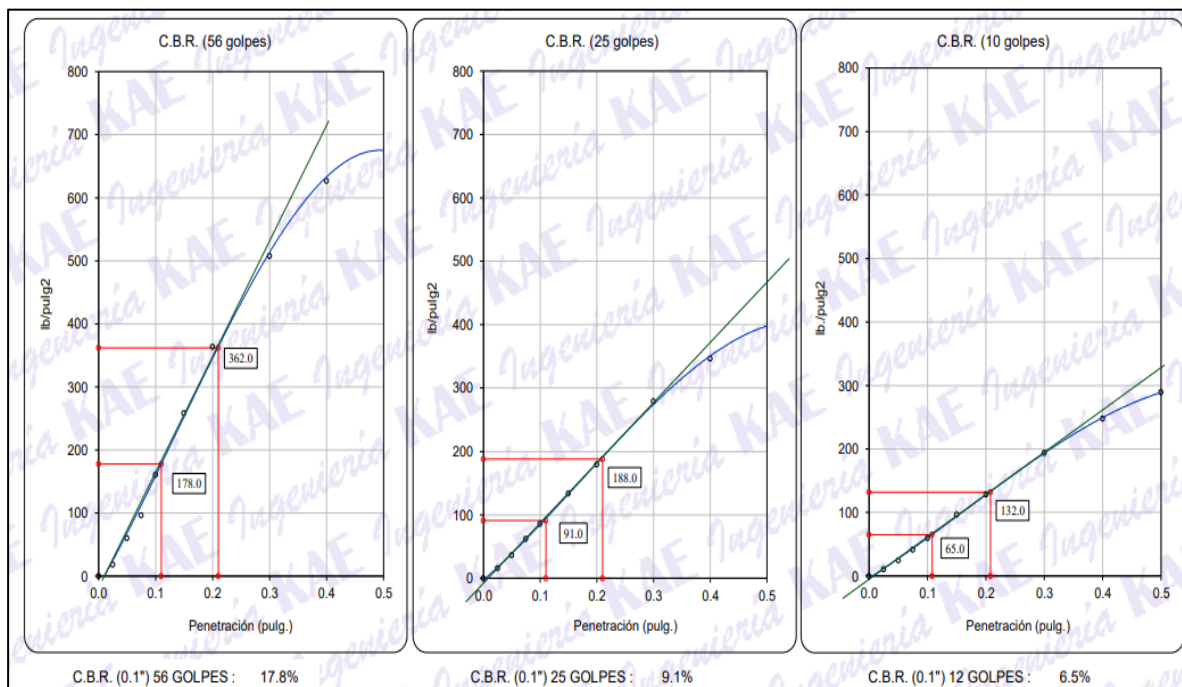
*Nota.* Ensayos realizados en el laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto, “KAE Ingeniería” E.I.R.L,2022.

Finalmente, en la tabla 11 para la muestra de la parte más crítica de la Av. Los Pescadores se ha obtenido un CBR de 17.8% a una máxima densidad seca del 100% y un CBR de 9.2% a una máxima densidad seca del 95%, ambos con 0.1" de penetración; de acuerdo con la Tabla 3 corresponde a la categoría de subrasante regular (S2). Según los criterios geotécnicos del “Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. Sección Suelos y Pavimentos. Capítulo IX. Estabilización de Suelos, 2014”, se valida que para este suelo se necesita realizar una estabilización, con el fin de mejorar sus propiedades mecánicas y obtener una propuesta económica de acuerdo a los requerimientos del gobierno local.

En la figura 18 se muestra la curva de la relación esfuerzo vs penetración obtenida a partir del ensayo CBR.

**Figura 18**

*Curva de la relación esfuerzo vs penetración*



*Nota.* Ensayos realizados en el laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto, “KAE Ingeniería” E.I.R.L,2022.

## 4.2 Ensayos físicos y mecánicos del suelo estabilizado con cemento

### 4.2.1 Granulometría

Para la realización del ensayo granulométrico y su clasificación SUCS y AASHTO se tuvo en cuenta el procedimiento normativo que exigen las normas estándar ASTM D6913. Se evaluó la adición de cemento al suelo para examinar cómo afecta la distribución del tamaño de partículas y facilitar la interpretación de los resultados. Sin embargo, la clasificación del suelo no cambia con la adición de cemento: sigue siendo una arena mal graduada con limo (SP-SM) según el sistema SUCS y un suelo A-2-4(0) en el sistema AASTHO. Se observan ligeras variaciones en los porcentajes de gravas, arenas y finos, atribuibles a la finura del cemento. Dado que se trata de un suelo granular, no se presenta índice de plasticidad (IP).

Desde la tabla 12 a la tabla 15 se especifica detalladamente las características del suelo obtenidas a partir del ensayo granulométrico, considerando suelo natural con la adición de porcentajes de cemento Viaforte.

**Tabla 12**

*Características del suelo con adición del cemento*

Características del suelo	4.5% de cemento Viaforte	6.5% de cemento Viaforte	7% de cemento Viaforte
% de grava	0.25	0	0
% de arena	91.12	90.34	89.31
% Pasante N° 200	8.63	9.66	10.69
LL	-	-	-
LP	-	-	-
IP	-	-	-
Clasificación SUCS	SP - SM	SP - SM	SP - SM
Clasificación AASHTO	A-3 (0)	A-3 (0)	A-2-4 (0)

*Nota.* Ensayo realizado en el laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto, “KAE Ingeniería” E.I.R.L,2022.

**Tabla 13**

*Análisis granulométrico del suelo natural con la adición de 4.5% de cemento Viaforte*

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso retenido (g)	Porcentaje parcial retenido (%)	Retenido (%)	Que pasa (%)
1"	25				
3/4"	19				
1/2"	12.5				
3/8"	9.5	0	0	0	100
N° 4	4.75	1	0.3	0.3	99.75
N° 10	2	3	0.6	0.8	99.18
N° 20	0.85	4.2	0.8	1.6	98.38
N° 40	0.425	7.8	1.5	3.1	96.89
N° 60	0.25	26	5	8.1	91.92
N° 140	0.106	427.8	81.8	89.9	10.12
N° 200	0.075	7.8	1.5	91.4	8.63
<b>FONDO</b>		45.1	8.6	100	

*Nota.* Ensayos realizados en el laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto, “KAE Ingeniería” E.I.R.L,2022.

**Tabla 14**

*Análisis granulométrico del suelo natural con la adición de 6.5% de cemento Viaforte*

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso retenido (g)	Porcentaje parcial retenido (%)	Retenido (%)	Que pasa (%)
1"	25				
3/4"	19				
1/2"	12.5				
3/8"	9.5				
N° 4	4.75	0	0	0	100
N° 10	2	0.8	0.2	0.2	99.85
N° 20	0.85	3.2	0.6	0.8	99.25
N° 40	0.425	7.7	1.4	2.2	97.8
N° 60	0.25	17.5	3.3	5.5	94.51
N° 140	0.106	441	82.8	88.3	11.69
N° 200	0.075	10.8	2	90.3	9.66
<b>FONDO</b>		51.5	9.7	100	

*Nota.* Ensayos realizados en el laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto, “KAE Ingeniería” E.I.R.L,2022.

**Tabla 15**

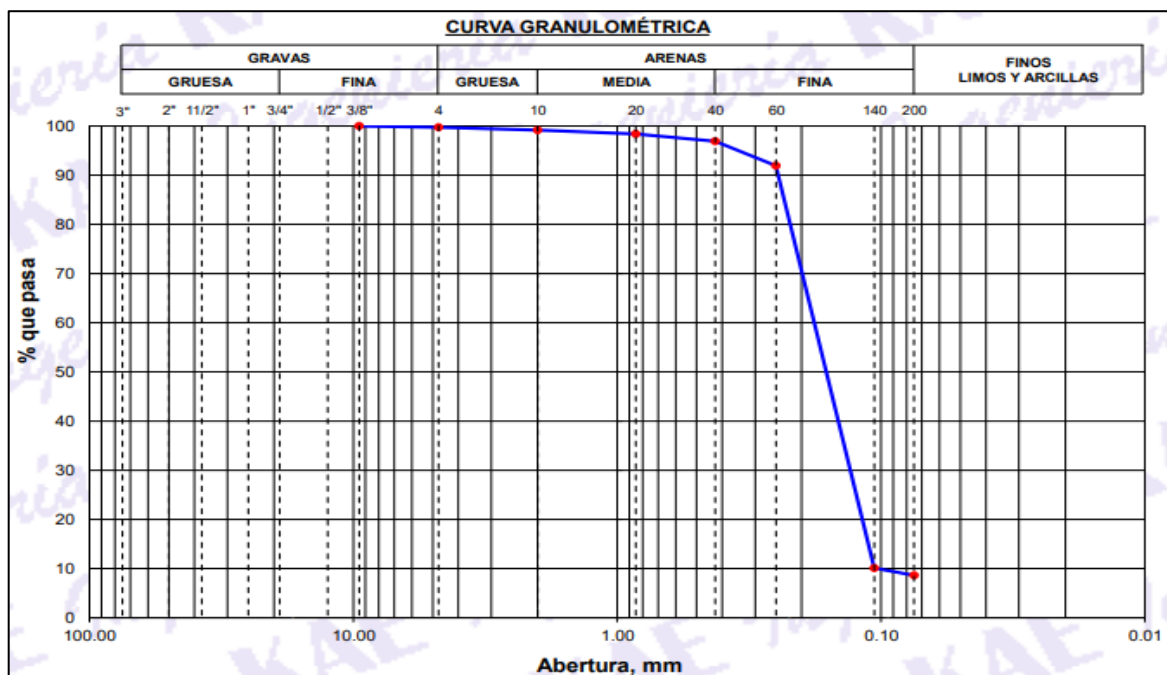
*Análisis granulométrico del suelo natural con la adición de 7% de cemento Viaforte*

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso retenido (g)	Porcentaje parcial retenido (%)	Retenido (%)	Que pasa (%)
1"	25				
3/4"	19				
1/2"	12.5				
3/8"	9.5				
N° 4	4.75	0	0	0	100
N° 10	2	1	0.2	0.2	99.81
N° 20	0.85	2.8	0.5	0.7	99.29
N° 40	0.425	6.2	1.2	1.9	98.13
N° 60	0.25	17.1	3.2	5.1	94.93
N° 140	0.106	440.8	82.4	87.5	12.54
N° 200	0.075	9.9	1.9	89.3	10.69
<b>FONDO</b>		57.2	10.7	100	

A continuación, desde la figura 19 a 21 y en el anexo D se muestran las curvas granulométricas del suelo patrón con la adición del 4.5, 6.5, 7 % de cemento Viaforte, y del cual se aprecia que el material cumple con los requerimientos granulométricos de un suelo estabilizado con cemento, según lo establecido en la norma MTC EG-2013 (SECCIÓN 301A).

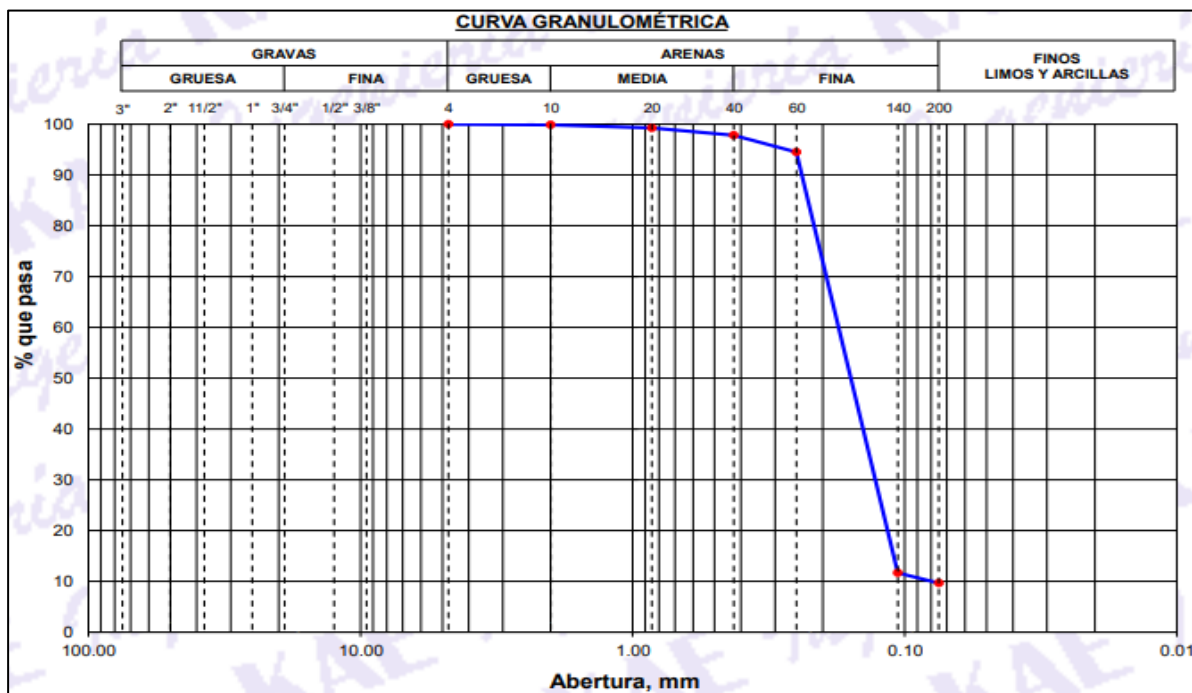
**Figura 19**

*Curva granulométrica del suelo con adición 4.5 % de cemento*



**Figura 20**

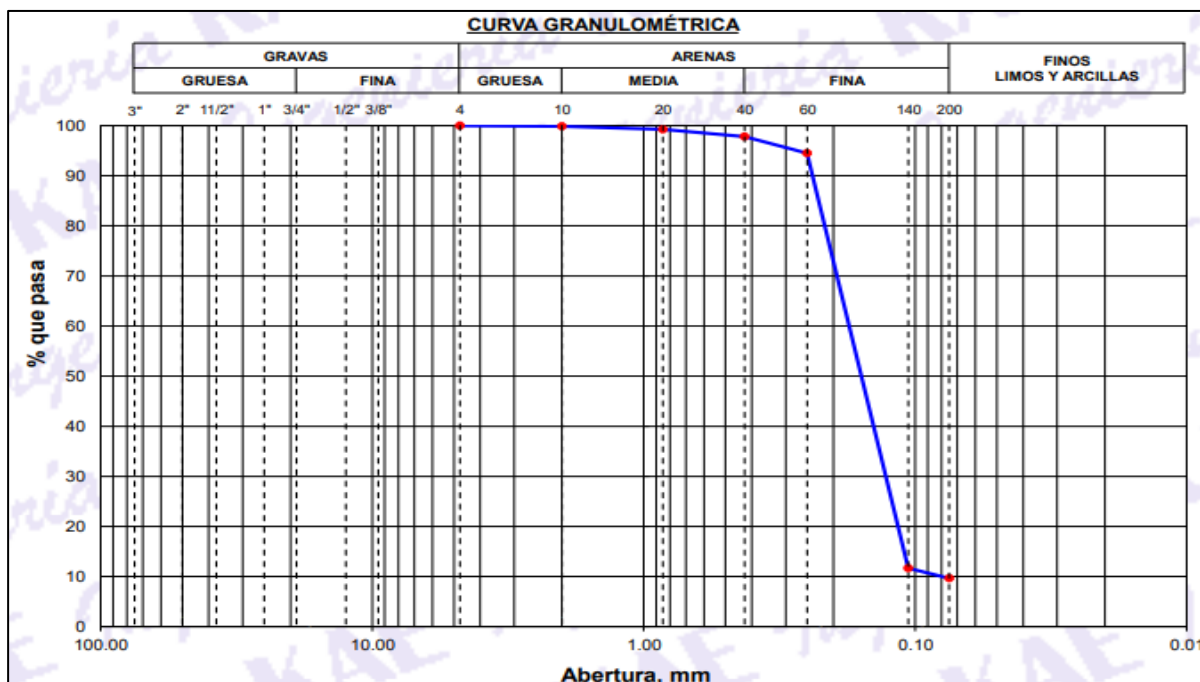
*Curva granulométrica del suelo con adición 6.5 % de cemento*



*Nota.* Ensayo realizado en el laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto, “KAE Ingeniería” E.I.R.L,2022.

**Figura 21**

*Curva granulométrica del suelo con adición 7 % de cemento*



*Nota.* Ensayo realizado en el laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto, “KAE Ingeniería” E.I.R.L,2022.

#### 4.2.2 Límites de Atterberg

El ensayo de los límites de Atterberg se realizó de acuerdo a lo estipulado en la norma NTP 339.129 y la ASTM D 4318, que conforme a ello se ha obtenido los siguientes resultados mostrados en la Tabla 16 y anexo D.

**Tabla 16**

*Resultados del ensayo de límites de Atterberg*

Constantes del suelo	Porcentajes de cemento Viaforte		
	4.5%	6.5%	7%
<b>Límite líquido</b>	0	0	0
<b>Límite plástico</b>	0	0	0
<b>Índice de plasticidad</b>	0	0	0

*Nota.* Ensayo realizado en el laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto, “KAE Ingeniería” E.I.R.L,2022.

#### 4.2.3 Proctor modificado

Los valores de máxima densidad seca y humedad óptima del Proctor modificado se resumen en la tabla 17. Estos valores corresponden tanto al suelo natural como a la adición con cemento en sus tres dosificaciones.

**Tabla 17**

*Resultado del ensayo Proctor modificado del suelo*

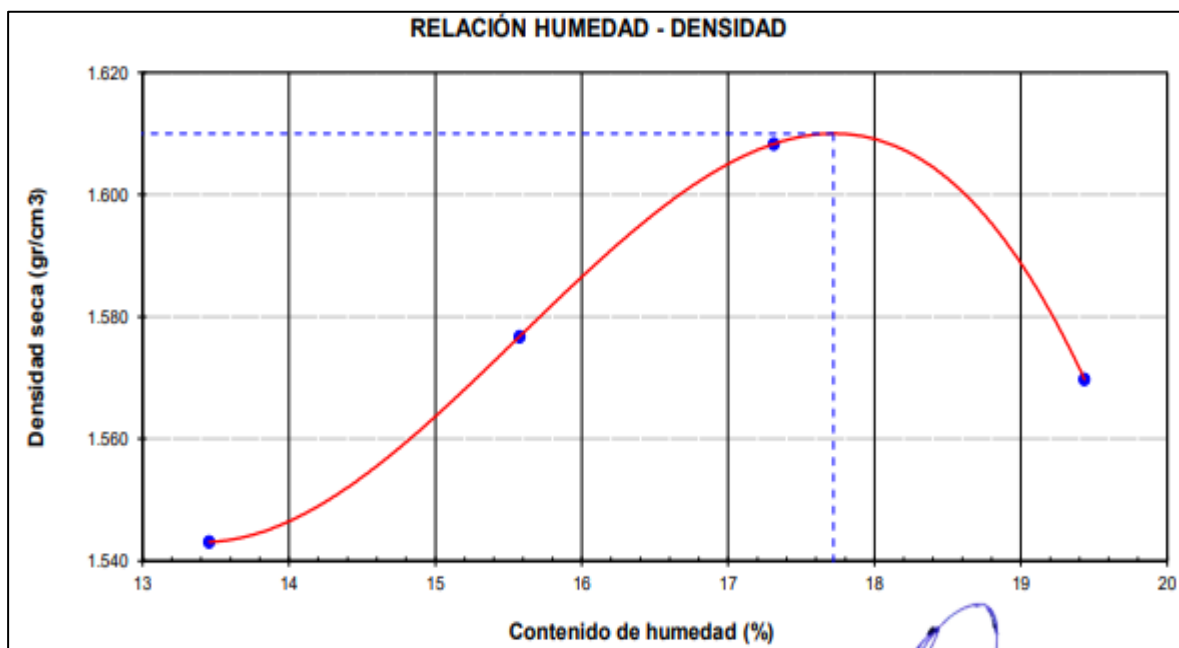
Indicador de % cemento Viaforte	Máxima densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	Contenido de humedad óptima (%)
0%	1.545	19.45
4.5%	1.61	17.72
6.5%	1.65	17.10
7%	1.67	17.80

*Nota.* Ensayo realizado en el laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto, “KAE Ingeniería” E.I.R.L,2022.

En las figuras 22, 23 y 24, y anexos E, se muestran las curvas de compactación para cada adición de cemento Viaforte.

**Figura 22**

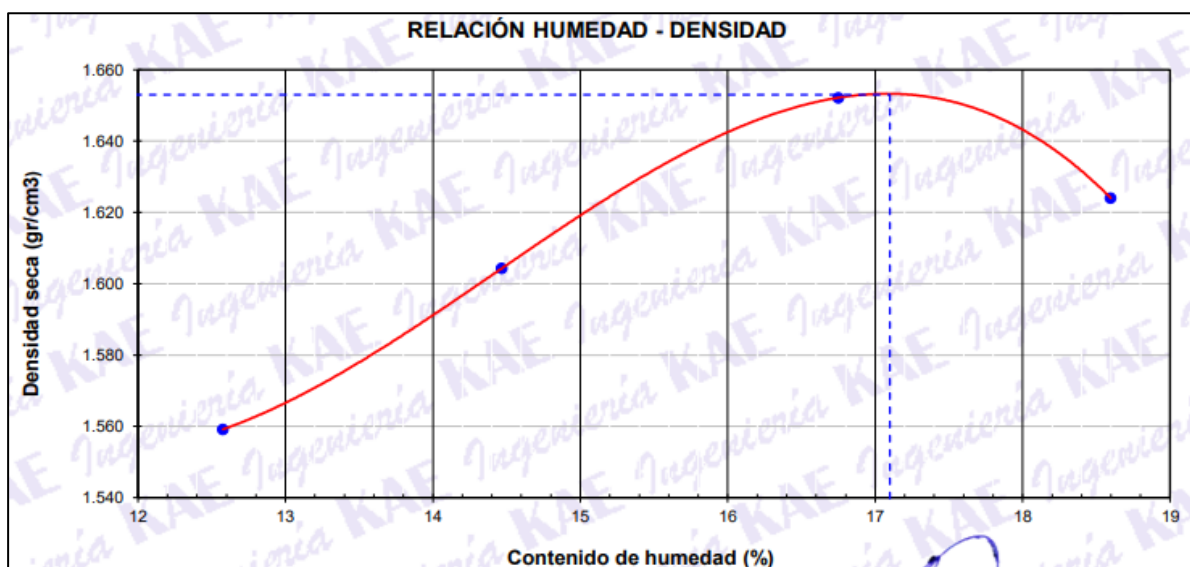
Relación de máxima densidad seca y humedad óptima del suelo con adición de 4.5 % de cemento



Nota. Ensayo realizado en el laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto, “KAE Ingeniería” E.I.R.L,2022.

**Figura 23**

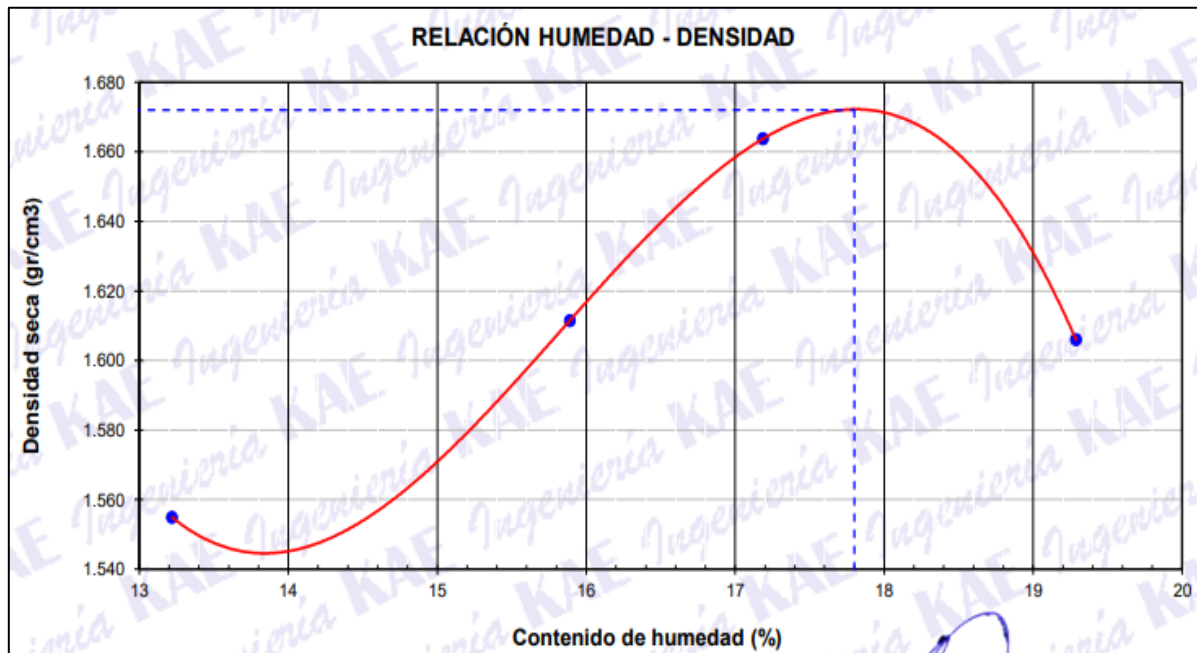
Relación de máxima densidad seca y humedad óptima del suelo con adición de 6.5 % de cemento



Nota. Ensayo realizado en el laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto, “KAE Ingeniería” E.I.R.L,2022.

**Figura 24**

Relación de máxima densidad seca y humedad óptima del suelo con adición de 7 % de cemento



Nota. Ensayo realizado en el laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto, “KAE Ingeniería” E.I.R.L,2022.

#### 4.2.4 Valor soporte relativo (CBR)

Se realizó el ensayo CBR de acuerdo al procedimiento normativo ASTM D1883, con el fin de evaluar el valor soporte del suelo al realizar incrementos de porcentaje (4.5, 6.5 y 7%) de cemento Viaforte, variando su energía de compactación en relación al número de golpes, considerando para este ensayo 10, 25 y 56 golpes. (Ver Anexo F)

- 4.5% de adición de cemento Viaforte

**Tabla 18**

Resultados de máxima densidad seca y humedad óptima según el número de golpes para el suelo con 4.5% de cemento Viaforte

Molde N°	1	2	3
Golpes por capa N°	10	25	56
Contenido de humedad (%)	17.72	17.72	17.71
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.474	1.505	1.563

Nota. Ensayo realizado en el laboratorio de suelos “KAE Ingeniería” E.I.R.L,2022.

A continuación, en la tabla 18 y 19 se muestra los valores de CBR obtenidos del ensayo CBR con el 4.5% de adición de cemento Viaforte, a partir de incrementos de energía de compactación de 10, 25 y 56 golpes.

**Tabla 19**

*Resumen de datos del ensayo CBR con 4.5% de cemento Viaforte*

Número de golpes	Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	Penetración (pulgada)	%M.D.S	CBR %
56	1.563	0.1	100	70
		0.1	95	42.4

*Nota.* Ensayo realizado en el laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto, “KAE Ingeniería” E.I.R.L,2022.

- 6.5% de adición de cemento Viaforte

**Tabla 20**

*Resultados de máxima densidad seca y humedad óptima según el número de golpes para el suelo con 6.5% de cemento Viaforte*

Molde N°	1	2	3
<b>Golpes por capa N°</b>	10	25	56
<b>Contenido de humedad (%)</b>	17.11	17.12	17.09
<b>Densidad seca (g/cm<sup>3</sup>)</b>	1.541	1.591	1.653

*Nota.* Ensayo realizado en el laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto, “KAE Ingeniería” E.I.R.L,2022.

En esta tabla 20 y tabla 21 se muestra los resultados obtenidos del ensayo CBR con el 6.5% de adición de cemento, a partir de incrementos de energía de compactación de 10, 25 y 56 golpes y a una penetración de 0.1”:

**Tabla 21**

*Resumen de datos del ensayo CBR con 6.5% de cemento Viaforte*

Número de golpes	Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	Penetración (pulgada)	%M.D. S	CBR %
56	1.653	0.1	100	73
		0.1	95	46.5

*Nota.* Ensayo realizado en el laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto, “KAE Ingeniería” E.I.R.L,2022.

- 7% de adición de cemento Viaforte

**Tabla 22**

*Resultados de máxima densidad seca y humedad óptima según el número de golpes para el suelo con 7% de cemento Viaforte*

<b>Molde N°</b>	1	2	3
<b>Golpes por capa N°</b>	10	25	56
<b>Contenido de humedad (%)</b>	17.78	17.81	17.80
<b>Densidad seca (g/cm<sup>3</sup>)</b>	1.548	1.601	1.673

*Nota.* Ensayo realizado en el laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto, “KAE Ingeniería” E.I.R.L,2022.

En esta tabla 22 y tabla 23 se muestra los resultados obtenidos del ensayo CBR con el 7% de adición de cemento, a partir de incrementos de energía de compactación de 10, 25 y 56 golpes y a una penetración de 0.1”:

**Tabla 23**

*Resumen de datos del ensayo CBR con 7% de cemento Viaforte*

<b>Número de golpes</b>	<b>Densidad seca (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>Penetración (pulgada)</b>	<b>%M.D.S</b>	<b>CBR %</b>
56	1.673	0.1	100	79.5
		0.1	95	50

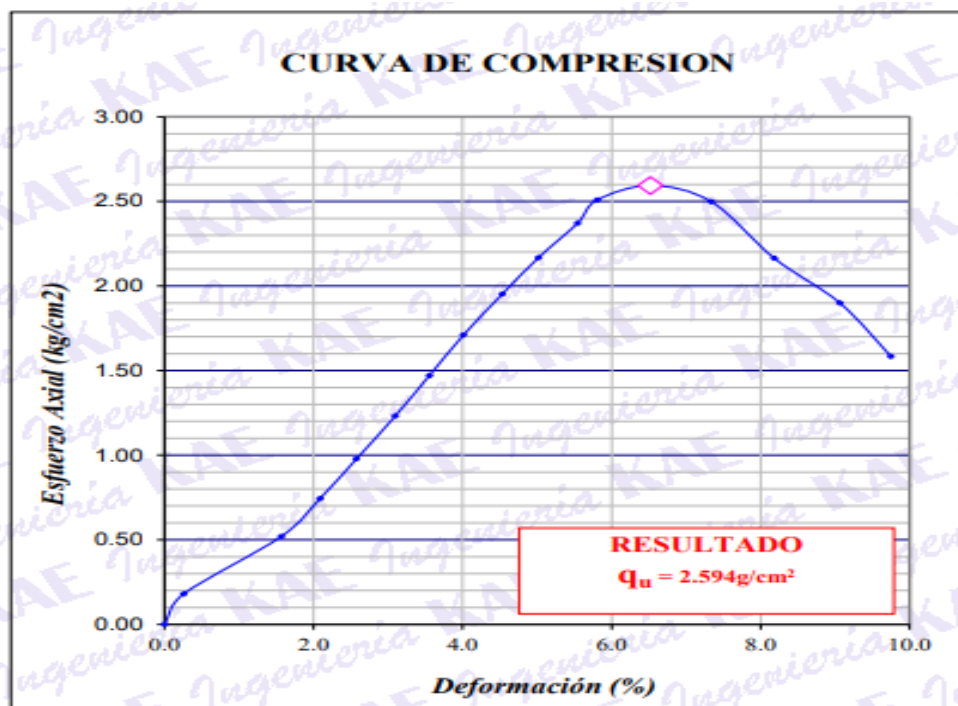
*Nota.* Ensayo realizado en el laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto, “KAE Ingeniería” E.I.R.L,2022.

#### **4.2.5 Resistencia a la compresión**

El ensayo de resistencia a la compresión de las probetas suelo cemento fue realizado según la norma ASTM D2166. Desde la figura 25 a la 27, se muestra la curva de compresión para los especímenes ensayos con las dosificaciones correspondientes de cemento. (Ver Anexo G)

**Figura 25**

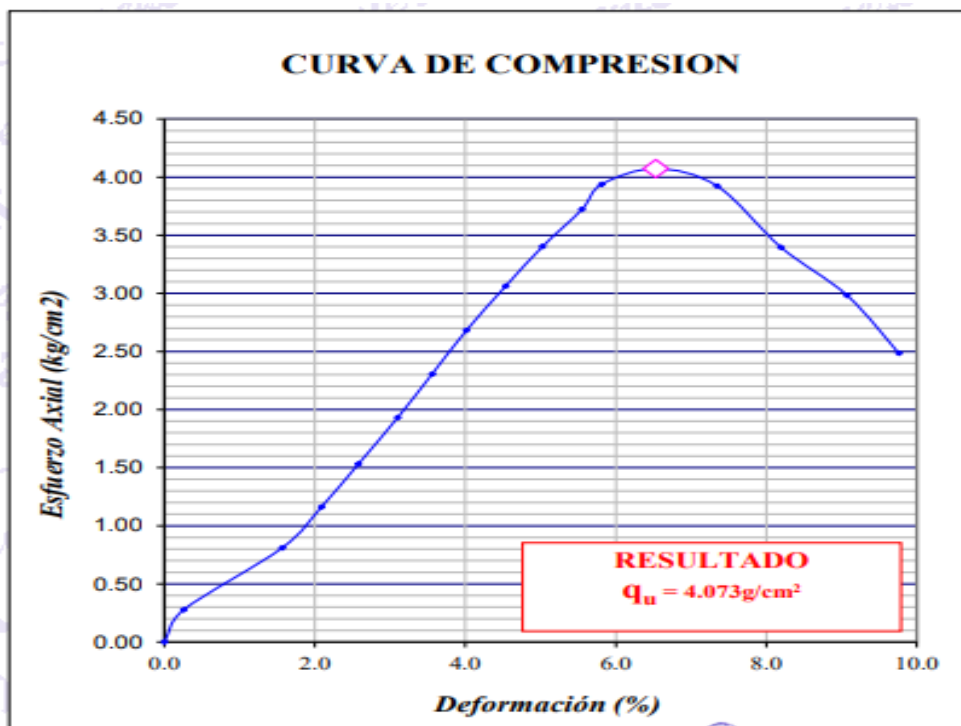
Curva esfuerzo vs deformación del suelo con adición 4.5% de cemento Viaforte



Nota. Ensayo realizado en el laboratorio “KAE Ingeniería” E.I.R.L,2022.

**Figura 26**

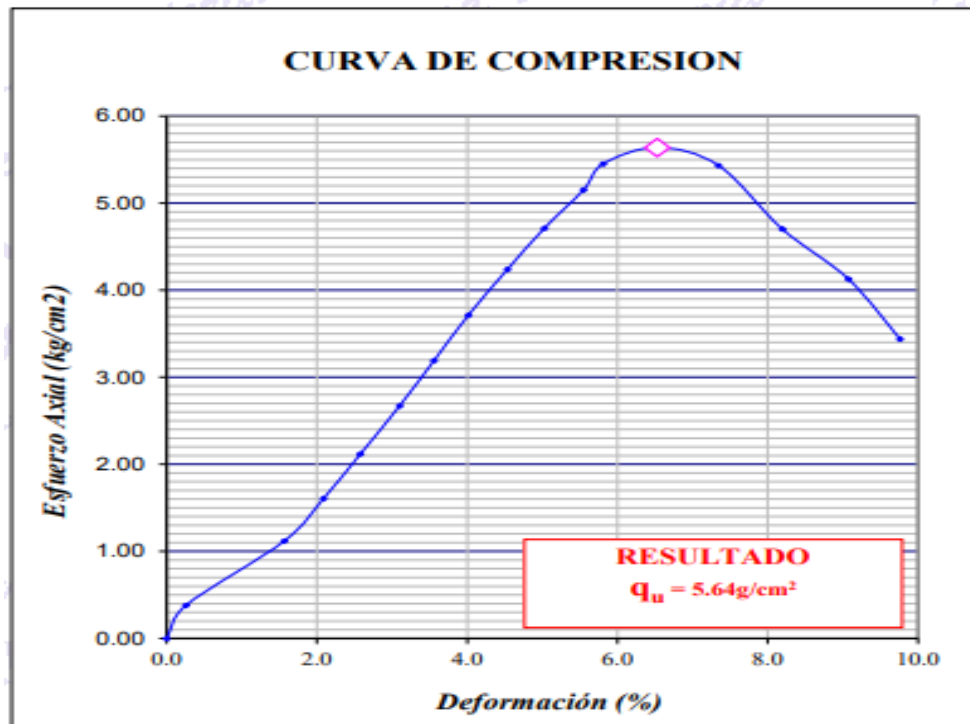
Curva esfuerzo vs deformación del suelo con adición 6.5% de cemento Viaforte



Nota. Ensayo realizado en el laboratorio “KAE Ingeniería” E.I.R.L,2022.

**Figura 27**

*Curva esfuerzo vs deformación del suelo con adición 7% de cemento Viaforte*



*Nota.* Ensayo realizado en el laboratorio “KAE Ingeniería” E.I.R.L,2022.

### 4.3 Ensayos físicos y mecánicos del suelo estabilizado con cal

#### 4.3.1 Granulometría

Se evaluó la adición de cal al suelo, a nivel de combinación y modificación de la distribución del tamaño de partículas únicamente para ayudar en la interpretación de los resultados de la incorporación. Desde la tabla 24 a la tabla 27 se muestra el análisis granulométrico representativo de cada combinación (3 %, 5 % y 8.5 %). El efecto de la finura de la cal aumento el porcentaje de finos por lo que cambia la clasificación del suelo a una arena limosa (SM) en el sistema SUCS y un suelo A-2-4(0) en el sistema AASTHO; aun así, no hay variación en el índice de plasticidad (IP).

**Tabla 24**

*Características del suelo con adición de cal viva molida*

<b>Características del suelo</b>	<b>3% de cal viva molida</b>	<b>5% de cal viva molida</b>	<b>8.5% de cal viva molida</b>
<b>% de grava</b>	0.04	0.06	0.04
<b>% de arena</b>	81.94	84.83	78.9
<b>% Pasante N° 200</b>	18.02	15.11	21.06
<b>LL</b>	-	-	-
<b>LP</b>	-	-	-
<b>IP</b>	-	-	-
<b>Clasificación SUCS</b>	SM	SM	SM
<b>Clasificación AASTHO</b>	A-2-4 (0)	A-2-4 (0)	A-2-4 (0)

*Nota.* Ensayo realizado en el laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto, “KAE Ingeniería” E.I.R.L,2022.

**Tabla 25***Análisis granulométrico del suelo natural con la adición de 3% de cal viva molida*

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso retenido (g)	Porcentaje parcial retenido (%)	Retenido (%)	Que pasa (%)
1"	25				
3/4"	19				
1/2"	12.5				
3/8"	9.5	0	0	0	100
N° 4	4.75	0	0	0	99.96
N° 10	2	3.5	0.7	0.7	99.28
N° 20	0.85	7.3	1.4	2.1	97.86
N° 40	0.425	8.9	1.7	3.9	96.13
N° 60	0.25	16.4	3.2	7.1	92.95
N° 140	0.106	371.8	72.2	79.2	20.76
N° 200	0.075	14.1	2.7	82	18.02
<b>FONDO</b>		92.8	18	100	

*Nota.* Ensayos realizados en el laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto, “KAE Ingeniería” E.I.R.L,2022.

**Tabla 26***Análisis granulométrico del suelo natural con la adición de 5% de cal viva molida*

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso retenido (g)	Porcentaje parcial retenido (%)	Retenido (%)	Que pasa (%)
1"	25				
3/4"	19				
1/2"	12.5				
3/8"	9.5	0	0	0	100
N° 4	4.75	0	0.1	0.1	99.94
N° 10	2	5.5	1	1.1	98.89
N° 20	0.85	8.4	1.6	2.7	97.29
N° 40	0.425	10	1.9	4.6	95.38
N° 60	0.25	19.9	3.8	8.4	91.59
N° 140	0.106	390.7	74.5	82.9	17.13
N° 200	0.075	10.6	2	84.9	15.11
<b>FONDO</b>		79.3	15.1	100	

*Nota.* Ensayos realizados en el laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto, “KAE Ingeniería” E.I.R.L,2022.

Tabla 27

Análisis granulométrico del suelo natural con la adición de 8.5% de cal viva molida

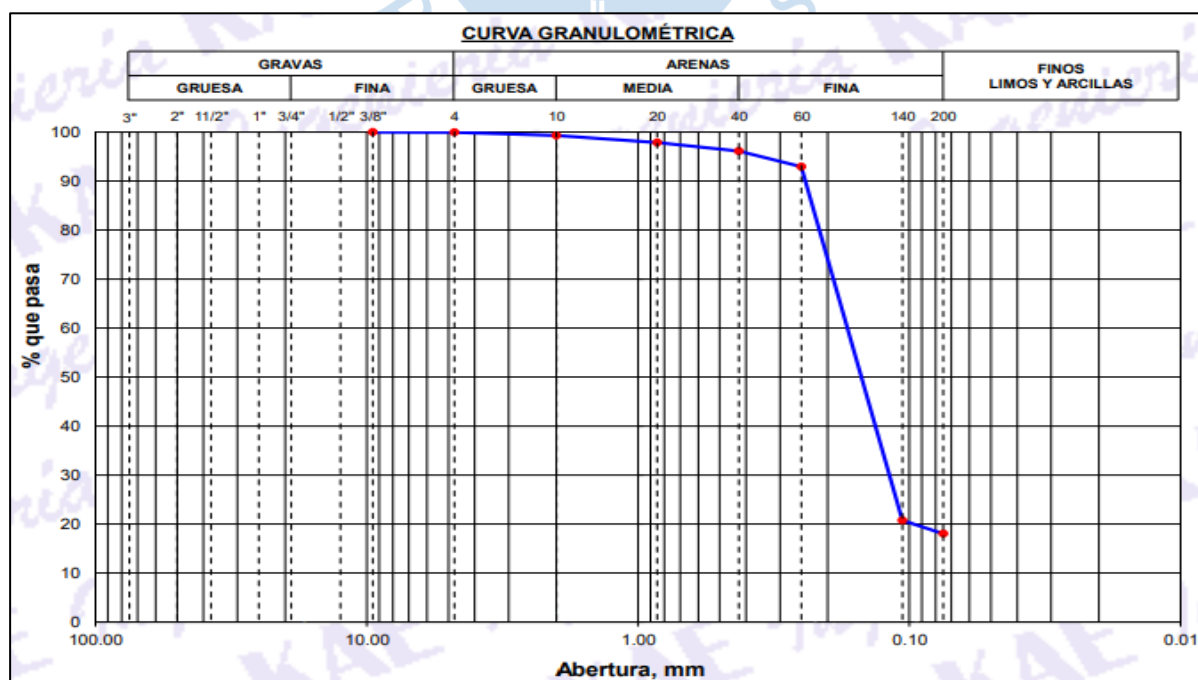
Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso retenido (g)	Porcentaje parcial retenido (%)	Retenido (%)	Que pasa (%)
1"	25				
3/4"	19				
1/2"	12.5				
3/8"	9.5	0	0	0	100
N° 4	4.75	0	0	0	99.96
N° 10	2	10	1.8	1.9	98.12
N° 20	0.85	10.5	1.9	3.8	96.18
N° 40	0.425	11.1	2	5.9	94.13
N° 60	0.25	18.1	3.3	9.2	90.79
N° 140	0.106	364.2	67.2	76.4	23.61
N° 200	0.075	13.8	2.5	78.9	21.06
<b>FONDO</b>		114.2	21.1	100	

Nota. Ensayos realizados en el laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto, "KAE Ingeniería" E.I.R.L,2022.

A continuación, desde la figura 28 a 30 se muestran las curvas granulométricas del suelo con la adición del 3, 5 y 8.5% de cal, y del cual se aprecia que el material cumple con los requerimientos granulométricos de un suelo estabilizado con cal, según lo establecido en la norma MTC EG-2013 (SECCIÓN 301 B). (Ver Anexo H)

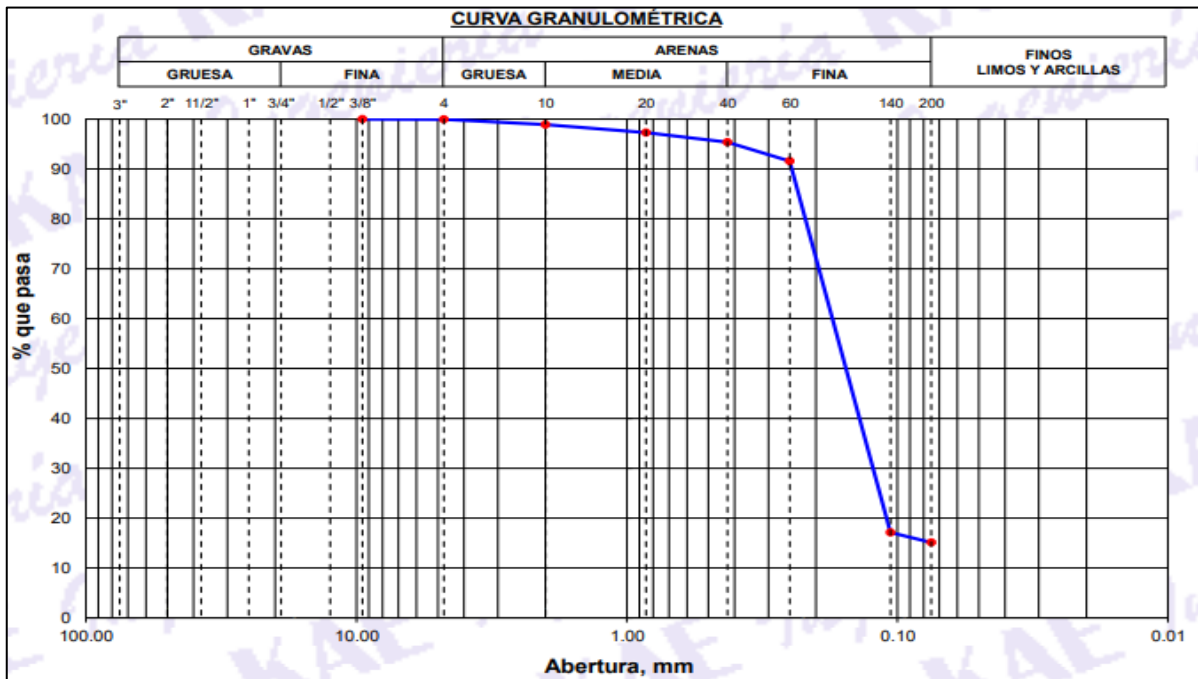
Figura 28

Curva granulométrica del suelo con adición de 3% cal



**Figura 29**

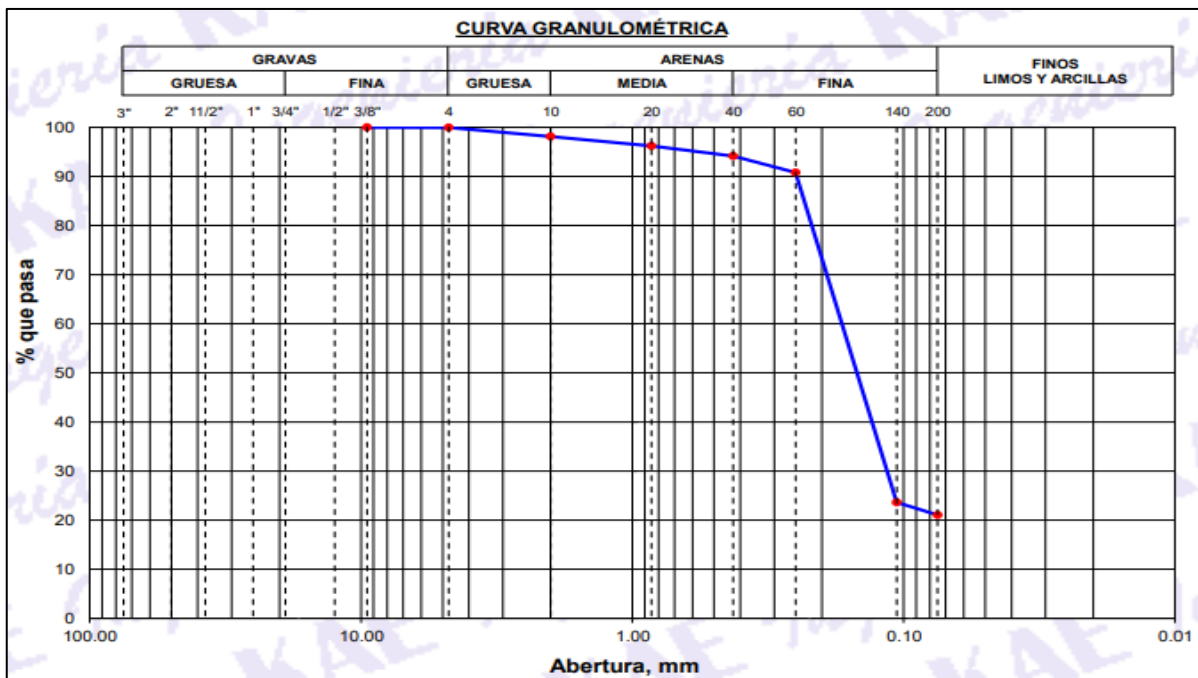
*Curva granulométrica del suelo con adición de 5% cal*



*Nota.* Ensayo realizado en el laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto, “KAE Ingeniería” E.I.R.L,2022.

**Figura 30**

*Curva granulométrica del suelo con adición de 8.5% cal*



*Nota.* Ensayo realizado en el laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto, “KAE Ingeniería” E.I.R.L,2022.

### 4.3.2 Límites de Atterberg

El ensayo de los límites de Atterberg se realizó de acuerdo a lo estipulado en la norma NTP 339.129 y la ASTM D 4318, que conforme a ello se ha obtenido los siguientes resultados mostrados en la tabla 28 y anexo H.

**Tabla 28**

*Resultados del ensayo de límites de Atterberg*

Constantes del suelo	Porcentajes de cal viva molida		
	3%	5%	8.5%
<b>Límite líquido</b>	0	0	0
<b>Límite plástico</b>	0	0	0
<b>Índice de plasticidad</b>	0	0	0

*Nota.* Ensayo realizado en el laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto, “KAE Ingeniería” E.I.R.L.,2022.

### 4.3.3 Proctor modificado

Los valores de máxima densidad seca y humedad óptima del Proctor modificado se resumen en la tabla 29.

**Tabla 29**

*Resultados del ensayo Proctor modificado del suelo*

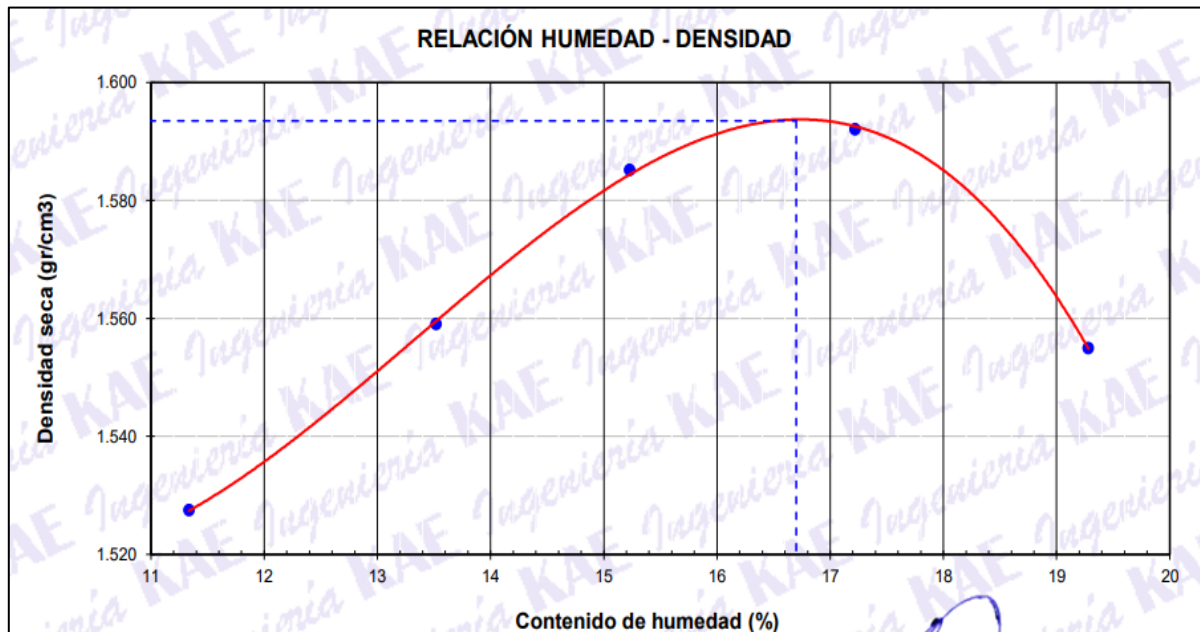
Indicador de % cal viva molida	Máxima densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	Contenido de humedad óptima (%)
0%	1.545	19.45
3%	1.594	16.70
5%	1.70	17.00
8.5%	1.721	17.40

*Nota.* Ensayo realizado en el laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto, “KAE Ingeniería” E.I.R.L.,2022.

En las figuras 31, 32 y 33, y anexo I, se muestran las curvas de compactación para cada adición de cal viva molida.

**Figura 31**

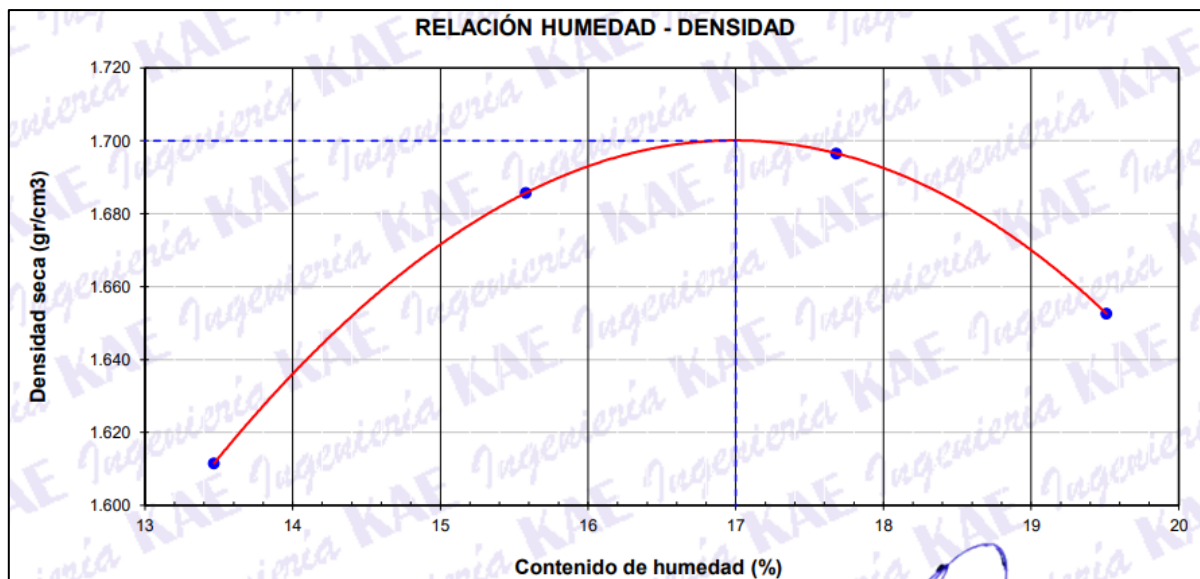
Relación de máxima densidad seca y humedad óptima del suelo con adición 3% de cal



Nota. Ensayo realizado en el laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto, “KAE Ingeniería” E.I.R.L,2022.

**Figura 32**

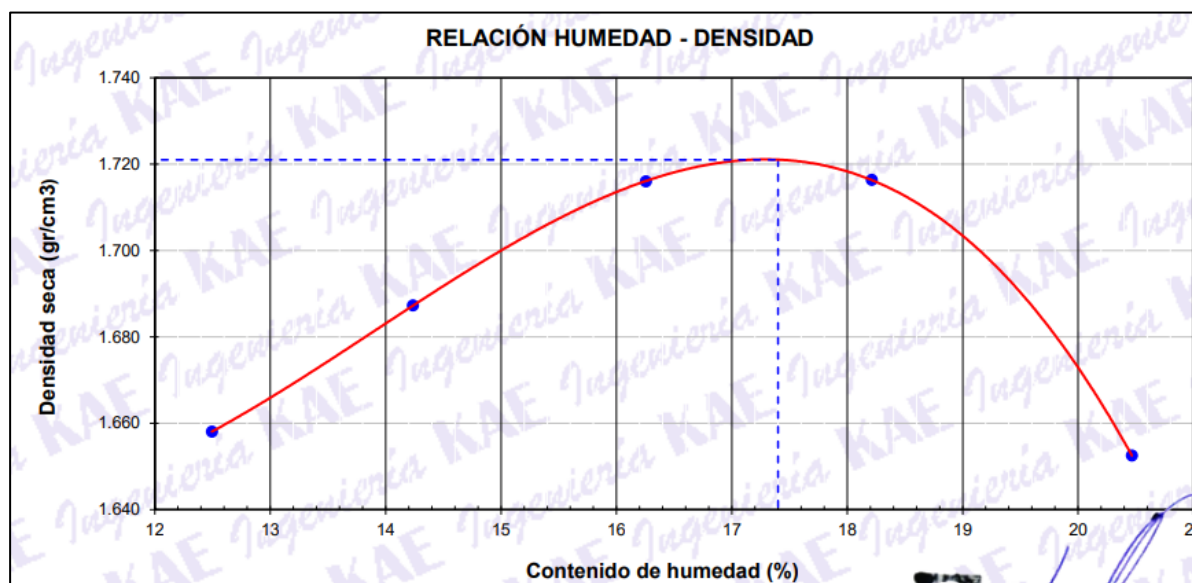
Relación de máxima densidad seca y humedad óptima del suelo con adición 5% de cal



Nota. Ensayo realizado en el laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto, “KAE Ingeniería” E.I.R.L,2022.

**Figura 33**

Relación de máxima densidad seca y humedad óptima del suelo con adición 8.5% de cal



Nota. Ensayo realizado en el laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto, “KAE Ingeniería” E.I.R.L,2022.

#### 4.3.4 Valor soporte relativo (CBR)

Se realizó el ensayo CBR de acuerdo al procedimiento normativo ASTM D1883, con el fin de evaluar el valor soporte del suelo al realizar incrementos de porcentaje (3, 5 y 8.5%) de cal viva molida al suelo, variando su energía de compactación en relación al número de golpes, considerando para este ensayo 10, 25 y 56 golpes. (Ver anexo J)

En la tabla 30 se observan los siguientes resultados:

- 3% de adición de cal viva molida

**Tabla 30**

Resultado del ensayo CBR con el 3% de cal

Molde N°	1	2	3
Golpes por capa N°	10	25	56
Contenido de humedad (%)	16.71	16.7	16.7
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.402	1.479	1.594

Nota. Ensayo realizado en el laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto, “KAE Ingeniería” E.I.R.L,2022.

En la tabla 31 se muestran los resultados obtenidos del ensayo CBR con el 3% de adición de cal viva molida, a partir de incrementos de energía de compactación de 10, 25 y 56 golpes y a una penetración de 0.1”:

**Tabla 31**

*Resumen de datos del ensayo CBR con 3% de cal*

Número de golpes	Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	Penetración (pulg)	%M.D.S	CBR %
56	1.594	0.1	100	19.3
		0.1	95	11.1

*Nota.* Ensayo realizado en el laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto, “KAE Ingeniería” E.I.R.L,2022.

- 5% de adición de cal viva molida

**Tabla 32**

*Resultado del ensayo CBR con el 5% de cal*

<b>Molde N°</b>	1	2	3
<b>Golpes por capa N°</b>	10	25	56
<b>Contenido de humedad (%)</b>	16.99	16.67	17
<b>Densidad seca (g/cm<sup>3</sup>)</b>	1.547	1.606	1.7

*Nota.* Ensayo realizado en el laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto, “KAE Ingeniería” E.I.R.L,2022.

En la tabla 32 y tabla 33 se muestran los resultados obtenidos del ensayo CBR con el 5% de adición de cal viva molida, a partir de incrementos de energía de compactación de 10, 25 y 56 golpes y a una penetración de 0.1”

**Tabla 33**

*Resumen de datos del ensayo CBR con 5% de cal*

Número de golpes	Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	Penetración (pulg)	%M.D. S	CBR %
56	1.7	0.1	100	17.2
		0.1	95	13.5

*Nota.* Ensayo realizado en el laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto, “KAE Ingeniería” E.I.R.L,2022.

- 8.5% de adición de cal viva molida

**Tabla 34**

Resultado del ensayo CBR con el 8.5% de cal

Molde N°	1	2	3
Golpes por capa N°	10	25	56
Contenido de humedad (%)	17.42	17.41	17.4
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.578	1.648	1.721

*Nota.* Ensayo realizado en el laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto, “KAE Ingeniería” E.I.R.L,2022.

En la tabla 34 y tabla 35 se muestran los resultados obtenidos del ensayo CBR con el 8.5% de adición de cal viva molida, a partir de incrementos de energía de compactación de 10, 25 y 56 golpes y a una penetración de 0.1”:

**Tabla 35**

Resumen de datos del ensayo CBR con 8.5% de cal

Número de golpes	Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	Penetración (pulg)	%M.D.S	CBR %
56	1.721	0.1	100	24.5
		0.1	95	15

*Nota.* Ensayo realizado en el laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto, “KAE Ingeniería” E.I.R.L,2022.

#### 4.3.5 Resistencia a la Compresión

En la Norma “ASTM D2166” del año 2010, se indica como alcance que este método de ensayo es aplicable sólo a materiales cohesivos que no expulsan agua durante la parte de carga del ensayo, en la cual mantendrán resistencia intrínseca después de remover presiones de confinamiento, tales como arcillas o suelos cementados. No pueden ser ensayadas con este método suelos secos y frágiles, materiales fisurados, limos, turba y arenas para obtener valores válidos de resistencia de compresión no confinada.

El suelo patrón con adición de cal corresponde a una arena limosa (SM) para clasificación SUCS y un suelo A-2-4 (0), en la clasificación ASSHTO, por lo tanto, no estaría dentro de los alcances para realizar este método de ensayo.

#### 4.4 Propuesta económica para la estabilización con los agentes estabilizadores

##### 4.4.1 Cálculos

Para el cálculo de la cantidad en los análisis de precios unitarios

$$Cantidad = \frac{Cuadrilla \times Jornada \ 8 \ horas}{Rendimiento}$$

En primer lugar, determinamos la cantidad de suelo a estabilizar que está en función a la máxima densidad seca del tramo patrón (C-03).

En segundo lugar, el rendimiento para las partidas fue tomado como referencia de expedientes técnicos de obras aledañas al sitio de estudio e investigaciones relacionadas a la estabilización de suelos con cemento (Castillo Gonzalez, 2021). Asimismo, se utilizó las tablas salariales de la federación de trabajadores de construcción civil (FTCCP) para definir el costo de mano de obra y mediante cotizaciones se definió el precio de los materiales y equipos.

Seguidamente, se calcula la cantidad de cemento para las dosificaciones de 4.5 %, 6.5 % y 7 % en función de la máxima densidad seca de la muestra patrón, dando como resultado en kg. de cemento por m<sup>3</sup>, convertido en bolsas sería el equivalente a una bolsa de 42.5 kg. De la misma manera, se calcula la cantidad de cal para las dosificaciones de 3 %, 5% y 8.5 % en función de la máxima densidad seca de la muestra patrón, esto da como resultado en kg. de cal por m<sup>3</sup>.

$$Cantidad = \rho_{seca-suelo} \times agente \ estabilizador \ (%)$$

También, se calcula la cantidad de agua, la cual depende el contenido de humedad óptima siendo diferente para cada muestra con el material a estabilizar.

Finalmente, se ingresa en el software S10 los datos anteriormente hallados para generar los análisis de precios unitarios con los diferentes materiales y sus dosificaciones propuestas para la estabilización.

##### 4.4.2 Tablas de análisis de precios unitarios usando software S10

Desde la tabla 36 a la Tabla 42, se detalla el análisis de precios unitarios de las partidas a considerar en el proceso constructivo con los diferentes materiales y sus dosificaciones propuestas para la estabilización de la subrasante de la Av. Los Pescadores.



**Tabla 37**

*Análisis de precios unitarios para estabilizado con 4.5 % de cemento de la subrasante de la Av. Los Pescadores - procesamiento de datos*

Partida		<b>ESTABILIZACION CON 4.5% DE CEMENTO VIAFORTE</b>				
Rendimiento	<b>m<sup>3</sup>/DIA</b>					
MO. 650.00	EQ. 650.00	Costo unitario				<b>61.77</b>
		directo por: m <sup>3</sup>				
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
<b>Mano de Obra</b>						
0101010003	OPERARIO	hh	1.00	0.0123	26.06	0.32
0101010005	PEON	hh	2.00	0.0246	18.53	0.46
						<b>0.78</b>
<b>Materiales</b>						
0213010009	CEMENTO VIAFORTE (42.5 kg)	bol		1.6359	33.50	54.80
						<b>54.80</b>
<b>Equipos</b>						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.00	0.78	0.04
0301100007	RODILLO LISO VIBRATORIO 7-9 ton	hm	1.00	0.0123	140.00	1.72
0301190008	MOTONIVELADORA 130 - 135 HP	hm	1.00	0.0123	230.00	2.83
0301280009	CISTERNA DE AGUA (15 m <sup>3</sup> )	hm	1.00	0.0123	130.00	1.60
						<b>6.19</b>











## Capítulo 5

### Evaluación y análisis de resultados

#### 5.1 Análisis comparativo de las propiedades físicas de la mezcla con los agentes estabilizadores

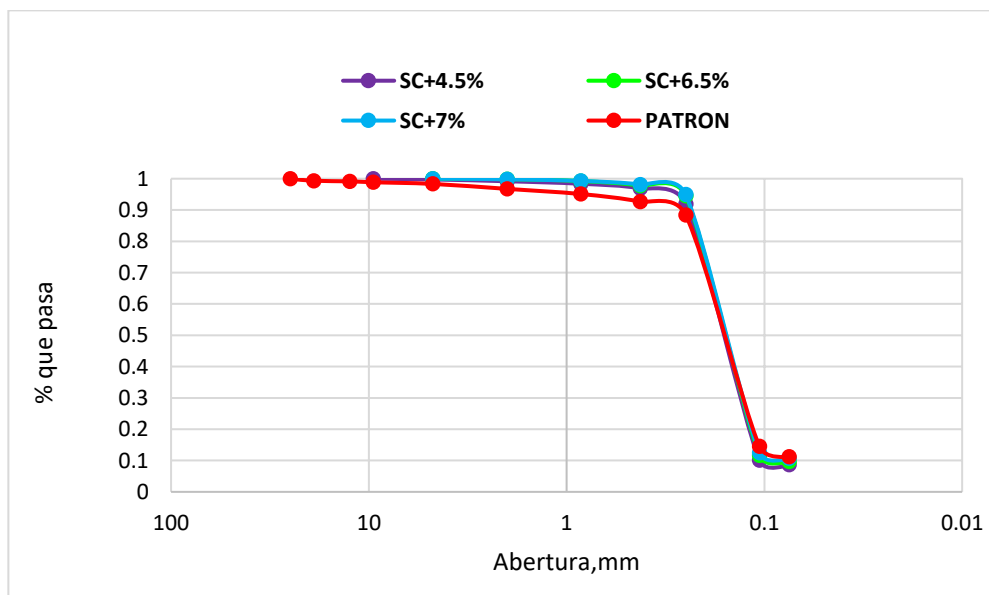
A continuación, se presenta el resumen de resultados que permitirá realizar un análisis comparativo de todos los ensayos elaborados, con la finalidad de evaluar el comportamiento e impacto que poseen los agentes estabilizadores sobre el material en estudio en cada propiedad física y mecánica considerada en esta investigación.

##### 5.1.1 Análisis granulométrico

En la figura 34, se puede observar que realizando una comparación entre la curva general y las adiciones de cemento Viaforte, existe una ligera variación, ya que en la curva de la muestra natural se evidencia una ligera cantidad de gravas entre las aberturas de 75 a 4.75 mm y del cual se encuentra en el rango del límite superior; mientras que a medida se va adicionando al suelo natural las proporciones de 4.5, 6.5 y 7% de cemento, la curva tiene tendencia a disminuir la cantidad de gravas. Las curvas con adiciones de cemento se encuentran más pegadas entre sí debido al porcentaje de arenas que pasan por el Tamiz N° 10.

**Figura 34**

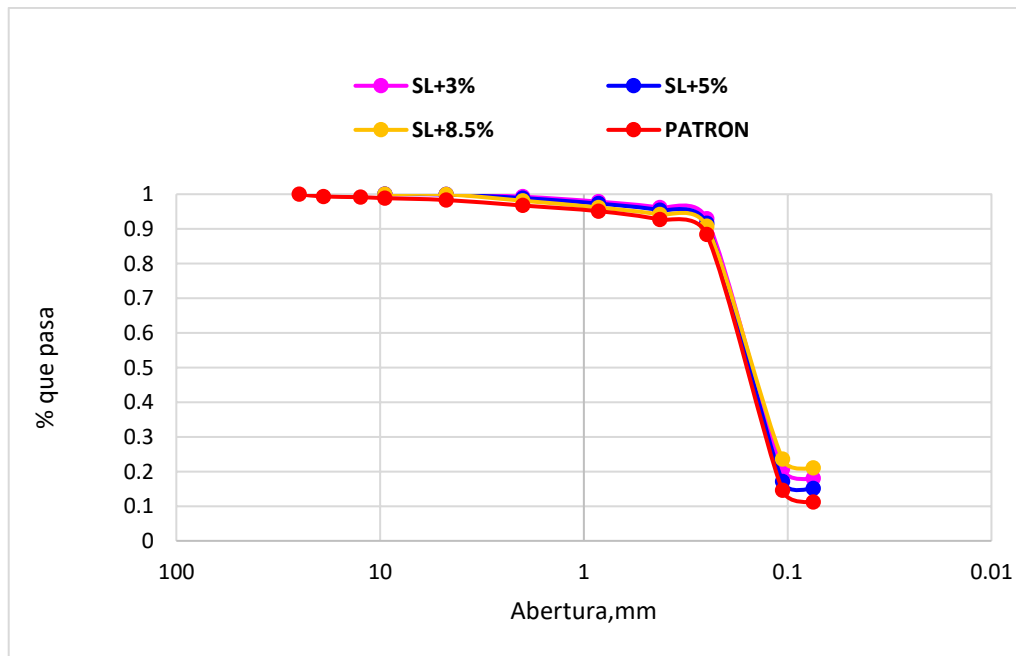
*Curva Comparativa del suelo patrón y con las adiciones de cemento Viaforte*



Asimismo, en la figura 35, se puede observar la curva de la muestra natural adicionando en proporciones 3, 5 y 8.5% de cal, hay un mayor aumento de los finos propios de una arena limosa (SM); debido a que sus partículas de la cal son más finas que el cemento.

**Figura 35**

*Curva Comparativa del suelo patrón y con las adiciones de cal viva molida*



En general, se puede afirmar que cualquiera de las curvas granulométricas mostradas en las figuras antes mencionadas en el párrafo anterior, cumple con los requerimientos granulométricos de un suelo estabilizado según el agente estabilizador requerido, pues cumplen con su granulometría requerida, según lo establecido en la norma MTC EG-2013.

### 5.1.2 Límites de Atteberg

En la tabla 9, tabla 16 y tabla 28, se muestra un resumen de los valores obtenidos de las constantes del suelo a partir del ensayo de los límites de Atterberg tanto en suelo natural como también los porcentajes de adición de los agentes estabilizadores de acuerdo con el peso en seco. Al realizar una comparación entre estos datos obtenidos se observa que el índice de plasticidad no varía, esto se atribuye a que es un suelo natural es granular exento de arcillas. En general, se puede afirmar que para estabilizar con cemento esta subrasante si cumple con tener el límite líquido inferior a 40 y un índice plástico menor de 18%; sin embargo, para estabilizar con cal esta subrasante no cumpliría pues se necesita un índice plástico comprendido entre 10 y 50%, según la MTC EG-2013.

## 5.2 Análisis comparativo de las propiedades mecánicas de la mezcla con los agentes estabilizadores

### 5.2.1 Ensayo Proctor modificado

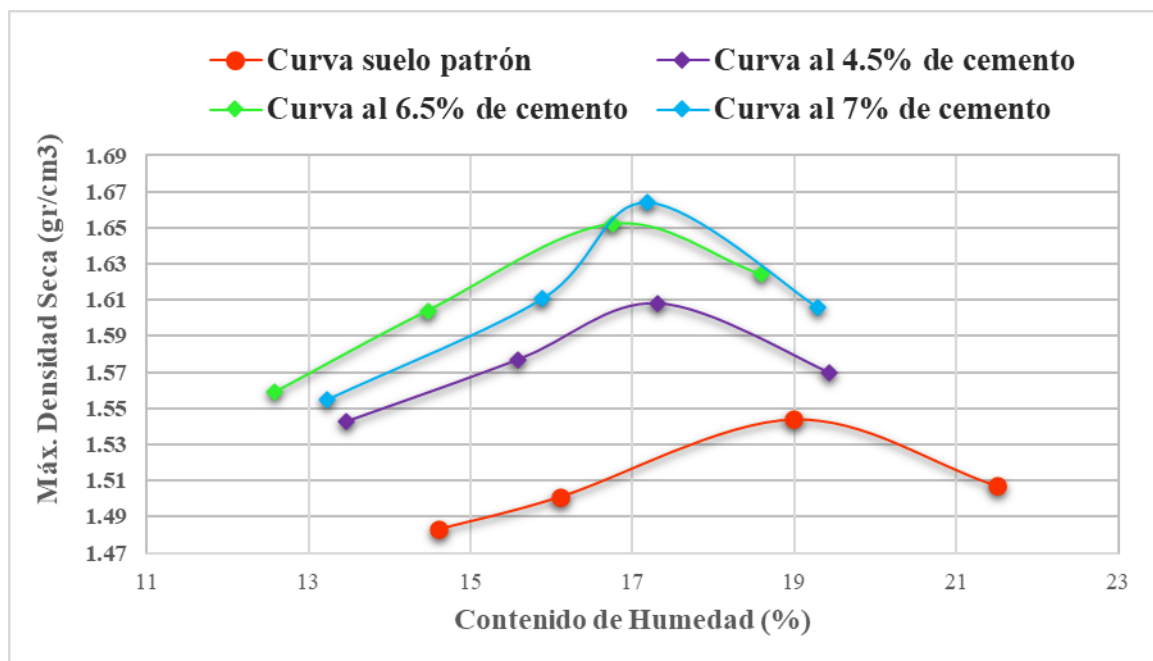
En la figura 36, se observa la curva de compactación del suelo natural y con las adiciones de cemento Viaforte; son achatadas y para el contenido de humedad hay un pico definido; debido a la naturaleza del suelo arena mal graduada con limo (SP-SM).

Se comprueba que la adición y aumento progresivo del cemento al suelo eleva la máxima densidad seca respecto del suelo patrón. El incremento de la densidad seca se debe a las propiedades cementantes, que permiten formar enlaces que sellan los espacios vacíos e incrementan el peso del suelo.

Asimismo, se confirma una disminución en los valores de contenido de humedad óptimo, debido al aumento de temperatura generado por la liberación de calor del cemento. El resultado es una capa de material densa con baja permeabilidad para someterse al proceso de compactación.

#### Figura 36

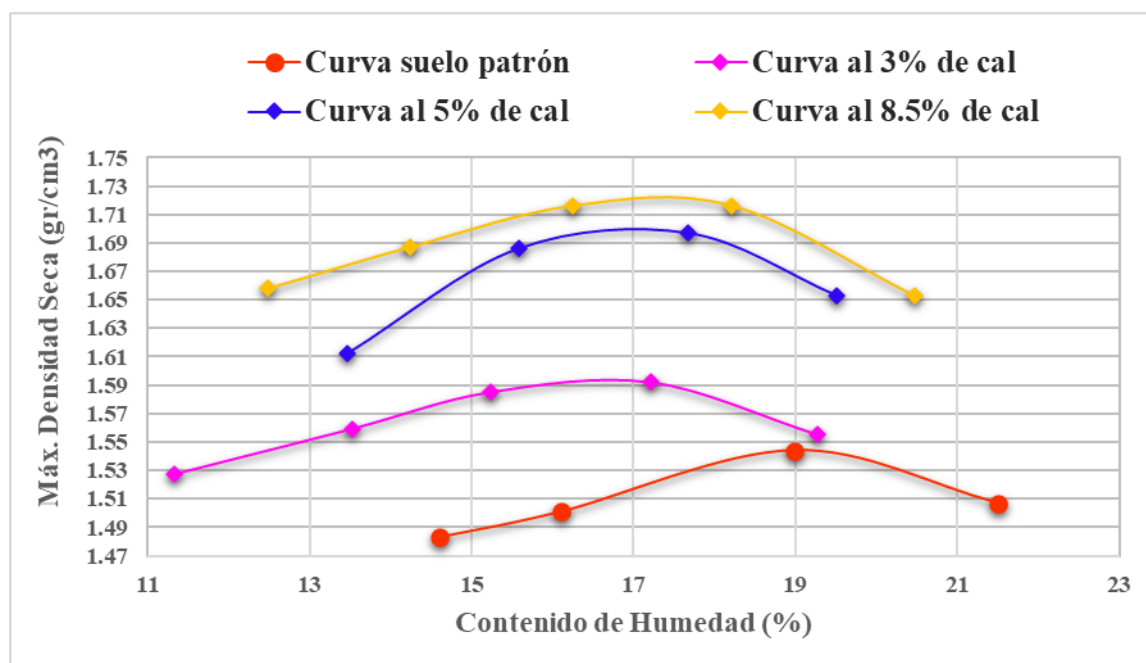
Relación de máxima densidad seca y humedad óptima del suelo con adición de cemento en sus 3 dosificaciones



En la figura 37, se observan las diferentes curvas de compactación a partir de los incrementos uniformes en porcentajes de cal propuestos en este estudio, y del cual se observan las curvas de compactación son aplanadas con un impreciso pico definido; debido a la naturaleza del suelo arena limosa (SM).

**Figura 37**

Relación de máxima densidad seca y humedad óptima del suelo con adición de cal en sus 3 dosificaciones



Se verifica que la adición y aumento progresivo de cal al suelo también eleva la máxima densidad seca respecto a la del suelo patrón. La naturaleza del fraguado de la cal genera un endurecimiento entre las partículas del suelo generando una estructura impermeable, asimismo por la liberación de calor se registra una disminución en su contenido de humedad obteniendo un material más trabajable y friable.

### 5.2.2 Ensayo valor soporte relativo (CBR)

Los resultados obtenidos a partir de este ensayo adicionando cemento se muestran en la tabla 43 y sus certificados son mostrados posteriormente en anexos:

**Tabla 43**

Resultados de Ensayos CBR para las combinaciones suelo-cemento

Mezclas	CBR al 0.1"
Mezcla pura: Suelo patrón	9.2
Mezcla 1: Suelo patrón + 4.5% de cemento	42.4
Mezcla 2: Suelo patrón + 6.5% de cemento	46.5
Mezcla 3: Suelo patrón + 7% de cemento	50

Se observa que el suelo sin estabilizar tiene un valor de CBR de 9.2%, mientras que los especímenes adicionando cemento alcanzan un CBR entre 42.4% a 50%, que representa un incremento significativo.

La propiedad del tiempo de fraguado del cemento en contacto con el suelo y agua facilita la creación de una matriz más rígida dándole estabilidad y firmeza al suelo. Según la Tabla 3, la categoría de subrasante refleja que el suelo patrón pasa de una subrasante regular (S2) a un suelo estabilizado con cemento de categoría subrasante excelente (S5) debido al incremento del CBR a 42.4%. Se concluye entonces que, al aumentar gradualmente la dosificación de cemento también aumenta el valor soporte del suelo permitiendo adquirir resistencia mecánica.

Los resultados obtenidos a partir de este ensayo adicionando cal se muestran en la tabla 44 y sus certificados son mostrados posteriormente en anexos:

**Tabla 44**

*Resultados de Ensayo CBR para las combinaciones suelo-cal*

Mezclas	CBR al 0.1"
Mezcla pura: Suelo patrón	9.2
Mezcla 4: Suelo patrón + 3% de cal	11.1
Mezcla 5: Suelo patrón + 5% de cal	13.5
Mezcla 6: Suelo patrón + 8.5% de cal	15

En la Tabla 44, se observa que el suelo sin estabilizar tiene un valor de CBR de 9.2%, mientras que los especímenes estabilizados con cal alcanzan un CBR entre 11% a 15%, que representa un ligero incremento.

La adición de cal no genera un drástico aumento en el valor soporte del suelo elevando su categoría de subrasante regular (S2) a subrasante buena (S3). Esto se debe fundamentalmente a la carencia de propiedades plásticas del suelo patrón que para estabilizarlo con cal es necesaria una granulometría fina y presencia de plasticidad. En conclusión, se puede identificar que en cualquiera de sus dosificaciones con cal tiene una influencia mínima en el comportamiento mecánico para esta subrasante.

### **5.3 Análisis económico de la mezcla con los agentes estabilizadores**

En el proceso constructivo para la estabilización la subrasante de la Av. Los Pescadores, se considera como trabajo preliminar el perfilado y nivelación de la subrasante, dentro de esta actividad, se llevan a cabo las labores necesarias para garantizar que la superficie de la subrasante cumpla con los niveles, alineamientos y dimensiones correctas. Por lo tanto, se mantendrá constante en los análisis de precios unitarios, como se muestra en la Tabla 36 con un costo de S/ 4.54 por m<sup>2</sup>. Se designó la misma cuadrilla para mano de obra y maquinaria debido a la similitud de procesos constructivos para la estabilización con cemento y cal en la subrasante de la Av. Los Pescadores.

En la Tabla 37, 38 y 39, se observa los análisis de precios unitarios de estabilización con cemento en sus dosificaciones 4.5 %, 6.5 % y 7 %. La variación de precios en los

materiales se incrementa a medida de la adición de cemento, comenzando en S/61.77 por m<sup>3</sup> para 4.5 % de cemento hasta S/92.22 por m<sup>3</sup> para 7 % de cemento. De igual manera, se observa los análisis de precios unitarios de estabilización con cal en sus dosificaciones 3 %, 5 % y 8.5 % en la Tabla 40, 41 y 42 donde también hay un incremento en el costo de los materiales de S/62.59 por m<sup>3</sup> para 3 % de cal hasta S/164.57 por m<sup>3</sup> para 8.5 % de cal. El costo de la estabilización con ambos materiales tiene una tendencia alcista, sin embargo, la diferencia radica en el costo unitario de cada material siendo de S/ 0.80 por kg de cemento Viaforte que se envasa en bolsas de 42.5 kg, a diferencia de la cal que tiene un costo unitario de S/ 1.20 por kg de cal molida a granel. En conclusión, el kilogramo de cemento Viaforte es más económico que el kilogramo de cal molida.

Se realizó el resumen del presupuesto de estabilización con cemento y cal en sus dosificaciones propuestas (Tabla 45). Se observa que los precios más económicos son de estabilizado con 4.5% de cemento de S/ 61.77 y estabilizado con 3% de cal de S/ 62.59.

**Tabla 45**

*Resumen de presupuesto de las dos opciones de estabilización*

Partida	Unidad	Precio Unitario
Estabilización con 4.5% de cemento Viaforte	m <sup>3</sup>	S/ 61.77
Estabilización con 6.5% de cemento Viaforte	m <sup>3</sup>	S/ 86.13
Estabilización con 7% de cemento Viaforte	m <sup>3</sup>	S/ 92.22
Estabilización con 3% de cal viva molida	m <sup>3</sup>	S/ 62.59
Estabilización con 5% de cal viva molida	m <sup>3</sup>	S/ 99.67
Estabilización con 8.5% de cal viva molida	m <sup>3</sup>	S/ 164.57

## 5.4 Ventajas y desventajas de las propuestas técnicas

### 5.4.1 Cuadro Comparativo

En la Tabla 46, se detalla las ventajas y desventajas de los agentes estabilizadores para la subrasante de la Av. Los Pescadores.

**Tabla 46***Ventajas y Desventajas de los agentes estabilizadores*

<b>Estabilización de la subrasante de la Av. Los Pescadores</b>		
	<b>Cemento Viaforte</b>	<b>Cal viva molida</b>
<b>Ventajas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cumple con los requerimientos granulométricos para ser utilizado como agente estabilizador.</li> <li>- Fuerte aumento del valor soporte del suelo.</li> <li>- Control de fisuras por retracción que contribuye a una mayor resistencia a la erosión.</li> <li>- Bajo Costo: El costo promedio para estabilizar esta subrasante con los porcentajes considerados es de S/ 80.04 x m3.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cumple con los requerimientos granulométricos para ser utilizado como agente estabilizador.</li> <li>- Ligeramente aumento del valor soporte del suelo.</li> <li>- Incrementa la acción impermeable del suelo.</li> </ul>
<b>Desventajas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Posible fisuramiento de la capa estabilizada si no hay control en el proceso de curado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Falta de plasticidad en el suelo natural para estabilizar con este material.</li> <li>- Estabilizar esta subrasante con cal es más cara debido al precio de la materia prima.</li> <li>- Pérdida de humedad de la capa estabilizada si no hay un control en el proceso de curado.</li> </ul>

**5.4.2 Propuesta técnica escogida**

Según el análisis técnico y económico, la solución viable para que el gobierno local realice una inversión pública en esta área de estudio es la estabilización con 4.5% de cemento Viaforte.

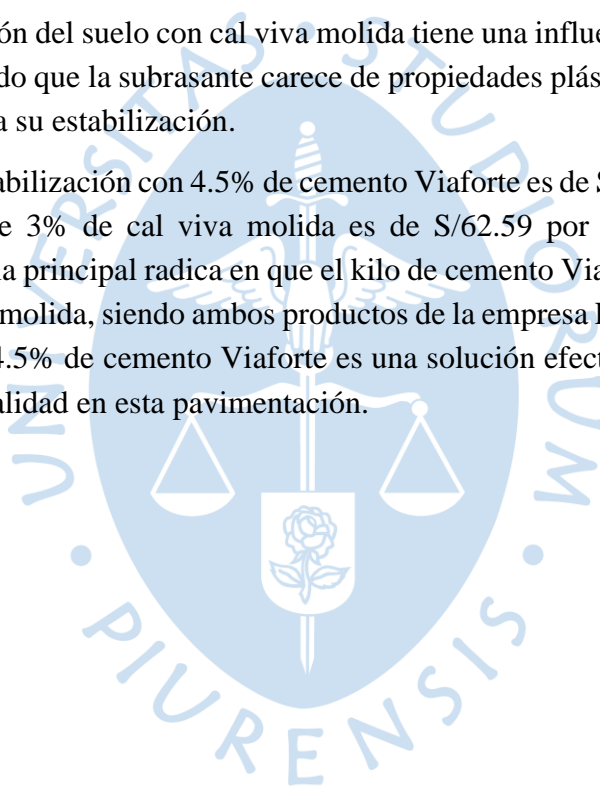
## Conclusiones

Para el suelo de subrasante encontrado en la Av. Los Pescadores – Chimbote, clasificado según el sistema SUCS como arena mal graduada con limo (SP-SM), la adición 4.5% de cemento Viaforte es la opción más adecuada para su estabilización. Esta técnica duplica el valor del soporte (CBR) en comparación con la muestra patrón, lo cual es un parámetro clave en el diseño de pavimentos.

La estabilización del suelo con cemento Viaforte también reduce la humedad óptima, debido a la moderada liberación de calor de hidratación del cemento, lo que disminuye el requerimiento de agua para una compactación adecuada, generando así un ahorro significativo en los costos de construcción.

La estabilización del suelo con cal viva molida tiene una influencia mínima en el valor de soporte (CBR). Dado que la subrasante carece de propiedades plásticas, el uso de cal no es una opción viable para su estabilización.

El costo de estabilización con 4.5% de cemento Viaforte es de S/61.77 por m<sup>3</sup>, mientras que con la adición de 3% de cal viva molida es de S/62.59 por m<sup>3</sup>, presentando costos similares. La diferencia principal radica en que el kilo de cemento Viaforte es más económico que el kilo de cal viva molida, siendo ambos productos de la empresa Pacasmayo. Por lo tanto, la estabilización con 4.5% de cemento Viaforte es una solución efectiva que ayuda a reducir costos sin afectar la calidad en esta pavimentación.



## **Recomendaciones**

Una vez determinado el mejoramiento del suelo mediante un proceso de estabilización, se recomienda que la entidad responsable analice y evalúe esta opción como propuesta para el diseño definitivo del paquete estructural.

Se recomienda considerar la naturaleza del suelo en los procesos de estabilización, a fin de seleccionar el agente estabilizante más adecuado según sus propiedades físicas y mecánicas.

Se recomienda realizar un diseño de pavimento para determinar el espesor adecuado que se implementará en la zona de estudio, tomando en cuenta el contenido de cemento seleccionado.

Se recomienda llevar a cabo un exhaustivo control de calidad en campo para garantizar una ejecución óptima del suelo estabilizado con cemento. Este control es clave, especialmente en regiones como Chimbote, donde las condiciones climáticas y del terreno pueden influir en el comportamiento de los materiales, asegurando así la durabilidad y eficiencia del pavimento.



## Referencias

- AASHTO. (2002). Standard Specification for Highway Bridges (17th ed.).
- Alarcón, Jimenez y Benitez. (2020). Estabilización de suelos mediante el uso de lodos aceitoso. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-50732020000100005>
- ASTM C 131. (s.f.). Métodos de prueba estándar para Resistencia a la degradación de agregado grueso de tamaño pequeño por abrasión e impacto en la maquina Los Ángeles.
- ASTM D 1557. (s.f.). Compactación de suelos en laboratorio utilizando energía modificada.
- ASTM D 1883. (s.f.). Método de prueba estándar para la relación de carga de California (CBR) de suelos compactados en laboratorio.
- ASTM D 2166. (s.f.). Métodos de ensayo para resistencia a la compresión no confinada de suelo cohesivo.
- ASTM D 2216. (s.f.). Métodos de prueba estándar para la determinación de laboratorio del contenido de agua (humedad) del suelo y la roca en masa.
- ASTM D 6913. (s.f.). Métodos de prueba estándar para distribución del tamaño de partícula (Gradación) de suelos mediante el análisis de tamices.
- Boza, A. G. (2015, 5 diciembre). La red vial es imprescindible para el desarrollo y crecimiento de un país. UDEP Hoy. Recuperado de <https://www.udep.edu.pe/hoy/>
- Braja M. Das. (2015). Fundamentos de Ingeniería Geotécnica. (4<sup>a</sup> ed.). CENGAGE Learning
- Gómez, Güillín y Gallardo, (2016). Variación de las propiedades mecánicas de suelos arcillosos compresibles estabilizados con material cementante. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6371465>
- Juárez Badillo y Rico Rodríguez. (2010). Mecánica de suelos. Tomos I y II. México: Limusa.
- Lubis, Muis y Simbolon. (2018). La estimación de los valores de parámetros de compactación para subrasante de pavimento estabilizado con cal. <https://www.semanticscholar.org/paper/The-estimation-of-parameter-compaction-values-for-Lubis-Muis/67c3d0347a2786ff80f26e73617ce13925ec0c16>
- NTP 339.128:1999 – SUELOS. Método de ensayo para el análisis granulométrico.
- NTP 339.129:1999 – SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad de los suelos.
- NTP 339.145:1999 – SUELOS. Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en laboratorio.
- MTC, M. d. (2013). Manual de Carreteras: Especificaciones Técnicas Generales para Construcción.

[https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas\\_carreteras/MTC%20NORMA S/ARCH\\_PDF/MAN\\_7%20SGGP-2014.pdf](https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/MTC%20NORMA%20S/ARCH_PDF/MAN_7%20SGGP-2014.pdf)

MTC, M. d. (2014). Manual de carreteras: Suelos geología y pavimentos. [https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas\\_carreteras/MTC%20NORMA S/ARCH\\_PDF/MAN\\_7%20SGGP-2014.pdf](https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/MTC%20NORMA%20S/ARCH_PDF/MAN_7%20SGGP-2014.pdf)

Neyra, M. (2020). Efecto de la incorporación de las cenizas de caña de azúcar en subrasantes areno-limosas. Tesis de título. Universidad de Piura. Piura.

Parra Gómez, M. G. (2018). Estabilización de un suelo con cal y ceniza volante. Título para optar el grado de ingeniería civil, Universidad Católica Colombia, Bogotá D.C.


Rivera, Aguirre, Mejía y Orobio. (2020). Estabilización química de suelos - Materiales convencionales y activados alcalinamente. [https://revistas.sena.edu.co/index.php/inf\\_tec/article/view/2530](https://revistas.sena.edu.co/index.php/inf_tec/article/view/2530)



**Anexos**



Anexo A Ensayo de análisis granulométrico del suelo patrón



**Control de Calidad en Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto. Perfiles y Expedientes Técnicos**  
**Prestación de Servicios Generales**

Registro Indecopi N° 028979-2021/DSD

---

TESES : DISEÑO DE ESTABILIZACION DE SUELOS DE SUBRASANTE, CON CAL Y CEMENTO,  
APLICADA EN PAVIMENTO URBANOS

SOLICITA: XIOMI MAY LY SANCHEZ NIZAMA

UBICACION: Distrito: Chimbote ; Provincia: Santa ; Departamento: Ancash

REGISTRO N°: CC-ESS-GRA-03

PÁGINA N°: 01 de 01

FECHA: 15/06/2022

---

**ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO**  
 (ASTM D6913, MTC E107, NTP-339-128)

Datos de Muestra		Peso de Muestra		% Gravas, Arena y Finos		Coef. Uniformidad y Curvatura		Clasificación SUCS	
Calicata :	C-03	Peso Inicial Seco (gr) =	3805.8	Grava (No.4 < Diam < 3") =	1.67%	D60 (mm) =	0.18	SP-SM (Arena Mal Graduada con Limo)	
Muestra :	M-1	Peso Mat. < N°4 (gr) =	3742.2	Arena (No.200 < Diam < No.4) =	87.12%	D30 (mm) =	0.13	Clasificación SUCS	
Estrato :	0.75 a 1.50	Peso de Fracción (gr) =	500.0	Finos (Diam < No.200) =	11.21%	D10 (mm) =	--	A-2.4 (0)	

ABERTURA (mm)	TAMIZ	PESO RETENIDO (gr)	RETENIDO PARCIAL %	RETENIDO ACUMULADO %	PASA %
75.000	3"				
50.000	2"				
37.500	1 1/2"				
25.000	1"	0	0.0	0.0	100.00
19.000	3/4"	25	0.7	0.7	99.34
12.500	1/2"	7	0.2	0.9	99.15
9.500	3/8"	11	0.3	1.1	98.86
4.750	N° 4	20	0.5	1.7	98.33
2.000	N° 10	8.10	1.6	3.3	96.74
0.850	N° 20	8.30	1.6	4.9	95.11
0.425	N° 40	12.40	2.4	7.3	92.67
0.250	N° 60	21.60	4.2	11.6	88.42
0.106	N° 140	375.50	73.8	85.4	14.57
0.075	N° 200	17.10	3.4	88.8	11.21
	FONDO	57.00	11.2	100.0	

**ENSAYO LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO**  
 (ASTM D4318, NTP-339-129, MTC E110, MTC E111)

LÍMITE LÍQUIDO	
N° Tarro	
Peso de Tarro + Suelo Húmedo	gr.
Peso Tarro + Suelo Seco	gr.
Peso De Agua	gr.
Peso Del Tarro	gr.
Peso Del Suelo Seco	gr.
Contenido De Humedad	%
Numero De Golpes	N°


LÍMITE PLÁSTICO	
N° Tarro	
Peso de Tarro + Suelo Húmedo	gr.
Peso Tarro + Suelo Seco	gr.
Peso De Agua	gr.
Peso Del Tarro	gr.
Peso Del Suelo Seco	gr.
Contenido De Humedad	%


**CONTENIDO DE HUMEDAD DE MUESTRA INTEGRAL**  
 (ASTM - D2216)

Procedimiento - Metodo "A"	Tara N°		
	T - 01	T - 07	
Peso Tara	gr.	68.10	58.60
Peso Tara + Suelo Húmedo	gr.	329.90	412.20
Peso Tara + Suelo Seco	gr.	285.50	351.90
Peso Agua	gr.	44.40	60.30
Peso Suelo Seco	gr.	217.40	293.30
Contenido de Humedad	%	20.42	20.56
Contenido de Humedad Promedio	%	20.49	



**Victor Alfonso Herrera Lázaro**  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIP N° 19087




Pje. Fátima - Mz. Y', Lt. 1A - P.J. Miraflores Alto - Chimbote  
 Celular: 954444061 - 969785163; Email: kaeingenieria@gmail.com

Nota. Extraído del Laboratorio "KAE Ingeniería".

## Anexo B Ensayo de compactación – Proctor modificado del suelo patrón



**Control de Calidad en Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto. Perfiles y Expedientes Técnicos  
Prestación de Servicios Generales**

**Registro Indecopi N° 028979-2021/DSD**

---

<b>TESIS :</b> DISEÑO DE ESTABILIZACIÓN DE SUELOS DE SUBRASANTE, CON CAL Y CEMENTO APLICADA A LA AV. LOS PESCADORES – DISTRITO DE CHIMBOTE	<b>REGISTRO N°:</b> CC-ESS-CBR-03
<b>SOLICITA :</b> XIOMI MAY LY SANCHEZ NIZAMA	<b>PAGINA N°:</b> 01 de 03
<b>UBICACIÓN :</b> Distrito: Chimbote ; Provincia: Santa ; Departamento: Ancash	<b>FECHA:</b> 21/06/2022


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

Datos de la Muestra	
<b>Cantera :</b> C-03	<b>Clasificación (SUCS) :</b> SP-SM
<b>Muestra :</b> M-01 (0.75 a 1.50)m.	<b>Clasificación (AASHTO) :</b> A-2-4 (0)

	gr	6817.00	6908.00	7108.00	7096.00
Peso suelo + molde	gr	6817.00	6908.00	7108.00	7096.00
Peso molde	gr	3207.30	3207.30	3207.30	3207.30
Peso suelo húmedo compactado	gr	3609.70	3700.70	3900.70	3888.70
Volumen del molde	cm <sup>3</sup>	2123.39	2123.39	2123.39	2123.39
Peso volumétrico húmedo	gr/cm <sup>3</sup>	1.70	1.74	1.84	1.83
Recipiente N°		63	3	2	15
Peso del suelo húmedo+tara	gr	294.40	230.50	244.40	252.60
Peso del suelo seco + tara	gr	265.30	207.30	216.30	219.70
Tara	gr	66.10	63.30	68.30	66.70
Peso de agua	gr	29.10	23.20	28.10	32.90
Peso del suelo seco	gr	199.20	144.00	148.00	153.00
Contenido de agua	%	14.61	16.11	18.99	21.50
Peso volumétrico seco	gr/cm <sup>3</sup>	1.483	1.501	1.544	1.507

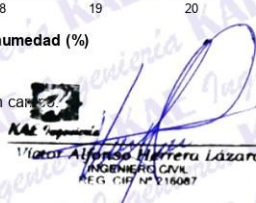
<b>Densidad máxima (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>1.545</b>
<b>Humedad óptima (%)</b>	<b>19.45</b>

**RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD**




OBSERVACIONES:

- La muestra fue tomada por el personal técnico en campo.



**Víctor Alfonso Herrera Lázaro**  
INGENIERO CIVIL  
REG. CIP. N° 15007




---

**Pje. Fátima - Mz. Y, Lt. 1A - P.J. Miraflores Alto - Chimbote**  
**Celular: 954444061 - 969785163; Email: kaeingenieria@gmail.com**

Nota. Extraído del Laboratorio “KAE Ingeniería”.

## Anexo C Ensayo de valor de soporte de california del suelo patrón



**Control de Calidad en Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto. Perfiles y Expedientes Técnicos**  
Prestación de Servicios Generales

**Registro Indecopi N° 028979-2021/DSD**

<b>TESIS :</b>	DISEÑO DE ESTABILIZACIÓN DE SUELOS DE SUBRASANTE, CON CAL Y CEMENTO APLICADA A LA AV. LOS PESCADORES – DISTRITO DE CHIMBOTE	<b>REGISTRO N°:</b>	CC-ESS-CBR-03
<b>SOLICITA :</b>	XIOMI MAYLY SANCHEZ NIZAMA	<b>PAGINA N°:</b>	02 de 03
<b>UBICACIÓN :</b>	Distrito: Chimbote; Provincia: Santa; Departamento: Ancash	<b>FECHA:</b>	21/06/2022

**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA**  
ASTM D 1883

**Datos de la Muestra**

<b>Cantera :</b>	C-03	<b>Clasificación (SUCS) :</b>	SP-SM
<b>Muestra :</b>	M-01 (0.75 a 1.50)m.	<b>Clasificación (AASHTO) :</b>	A-2-4 (0)

**CALCULO DE LA RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)**

Molde N°	1		2		3	
	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Número de capas	5		5		5	
Número de golpes	56		25		10	
Peso suelo + molde (gr.)	10,579	10,670	11,166	11,376	11,041	11,325
Peso molde (gr.)	6,769	6,769	7,487	7,487	7,560	7,560
Peso suelo compactado (gr.)	3,810	3,901	3,679	3,889	3,481	3,765
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2,063	2,063	2,099	2,099	2,072	2,072
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	1.847	1.891	1.753	1.853	1.680	1.817
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.546	1.546	1.468	1.468	1.406	1.406

**CONTENIDO DE HUMEDAD**

Peso de tara (gr.)	65.00	0.00	55.80	0.00	60.10	0.00
Tara + suelo húmedo (gr.)	423.50	3901.00	514.20	3889.00	389.90	3765.00
Tara + suelo seco (gr.)	365.10	3189.35	439.60	3080.28	336.20	2914.20
Peso de agua (gr.)	58.40	711.65	74.60	808.72	53.70	850.80
Peso de suelo seco (gr.)	300.10	3189.35	383.80	3080.28	276.10	2914.20
Humedad (%)	19.46	22.31	19.44	26.25	19.45	29.19


**EXPANSIÓN**


Fecha	Hora	Tiempo Hr	Dial 0.01"	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%
21/06/2022	14:00	0	0.000	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00
22/06/2022	14:00	24	0.005	0.13	0.10	0.018	0.46	0.36	0.029	0.74	0.58
23/06/2022	14:00	48	0.019	0.48	0.38	0.032	0.81	0.64	0.041	1.04	0.82
24/06/2022	14:00	72	0.028	0.71	0.56	0.045	1.14	0.90	0.068	1.73	1.36
25/06/2022	14:00	96	0.039	0.99	0.78	0.053	1.35	1.06	0.080	2.03	1.60

**PENETRACIÓN**

Penetración (pulg.)	Carga Standard (Lb/pulg <sup>2</sup> )	Molde N° 1				Molde N° 2				Molde N° 3			
		Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección	
		lb	lb/pulg <sup>2</sup>	lb/pulg <sup>2</sup>	CBR %	lb	lb/pulg <sup>2</sup>	lb/pulg <sup>2</sup>	CBR %	lb	lb/pulg <sup>2</sup>	lb/pulg <sup>2</sup>	CBR %
0.025		56	18.3			48	15.8			33	10.9		
0.050		184	60.0			111	36.4			75	24.5		
0.075		294	96.2			189	62.0			127	41.4		
0.100	1000	491	160.6	178.0	17.8	263	86.1	91.0	9.1	183	59.7	65.0	6.5
0.150		790	258.3			408	133.6			296	96.9		
0.200	1500	1112	363.6	362.0	24.1	549	179.5	188.0	12.5	394	128.8	132.0	8.8
0.300		1552	507.6			853	279.0			593	193.8		
0.400		1916	626.6			1060	346.7			757	247.7		
0.500		2074	678.4			1220	399.1			886	289.7		

**OBSERVACIONES:**  
- La muestra fue tomada por el personal tecnico en campo.

  
**Víctor Alfonso Herrera Lázaro**  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIP. N° 150087



**Pje. Fátima - Mz. Y', Lt. 1A - P.J. Miraflores Alto - Chimbote**  
**Celular: 954444061 - 969785163; Email: kaeingenieria@gmail.com**

Nota. Extraído del Laboratorio "KAE Ingeniería".



Control de Calidad en Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto. Perfiles y Expedientes Técnicos  
Prestación de Servicios Generales

**KAE Ingeniería**

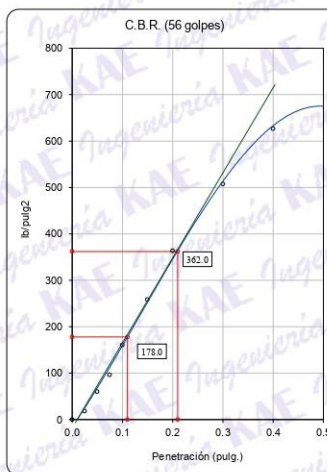
Registro Indecopi N° 028979-2021/DSD

<b>TESIS</b>	: DISEÑO DE ESTABILIZACIÓN DE SUELOS DE SUBRASANTE, CON CAL Y CEMENTO APLICADA A LA AV. LOS PESCADORES – DISTRITO DE CHIMBOTE	<b>REGISTRO N°:</b>	CC-ESS-CBR-03
<b>SOLICITA</b>	: XIOMI MAY LY SANCHEZ NIZAMA	<b>PAGINA N°:</b>	03 de 03
<b>UBICACIÓN</b>	: Distrito: Chimbote; Provincia: Santa; Departamento: Ancash	<b>FECHA:</b>	21/06/2022

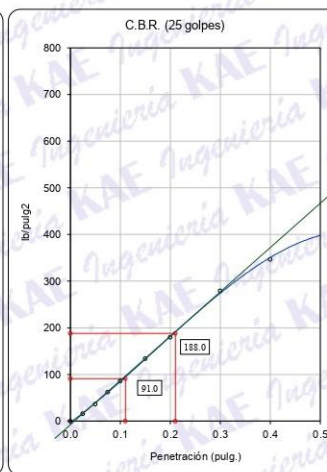
**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA**  
ASTM D1883

**Datos de la Muestra**

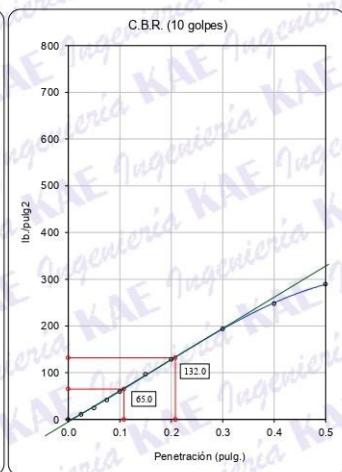
Cantera : C-03      Clasificación (SUCS) : SP-SM      Máxima Densidad Seca : 1.545 gr./cm<sup>3</sup>  
Muestra : M-01 (0.75 a 1.50)m.      Clasificación (AASHTO) : A-2-4 (0)      Máxima Densidad Seca al 95% : 1.468 gr./cm<sup>3</sup>



C.B.R. (0.1") 56 GOLPES : 17.8%

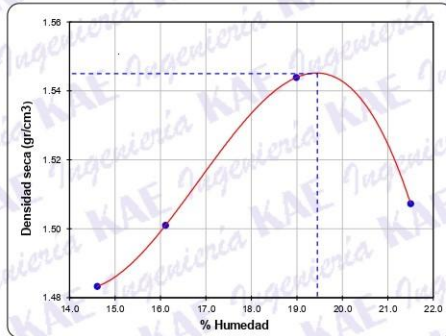


C.B.R. (0.1") 25 GOLPES : 9.1%



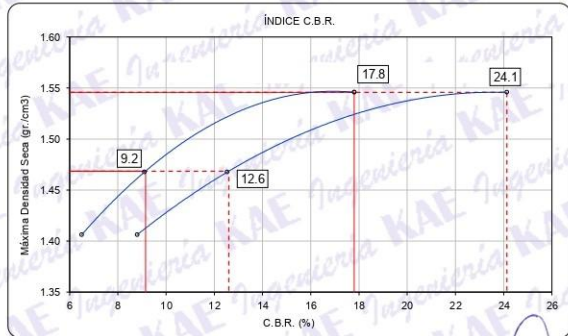
C.B.R. (0.1") 12 GOLPES : 6.5%

**CURVA DE COMPACTACIÓN - ASTM D1557**



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1": 17.8%  
C.B.R. ( 95% M.D.S.) 0.1": 9.2%

**CURVA CBR Vs DENSIDAD SECA**



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2": 24.1%  
C.B.R. ( 95% M.D.S.) 0.2": 12.6%

**OBSERVACIONES:**

- La muestra fue tomada por el personal tecnico en campo.


**Victor Alfonso Herrera Lázaro**  
INGENIERO CIVIL  
REG. CIP. N° 215087



Pje. Fátima - Mz. Y', Lt. 1A - P.J. Miraflores Alto - Chimbote  
Celular: 954444061 - 969785163; Email: kaeingenieria@gmail.com

Nota. Extraído del Laboratorio "KAE Ingeniería".

**Anexo D Ensayo de análisis granulométrico**  
**(suelo patrón + 4.5%, 6.5% y 7% cemento)**



**Control de Calidad en Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto. Perfiles y Expedientes Técnicos**  
**Prestación de Servicios Generales**

**Registro Indecopi N° 028979-2021/DSD**

---

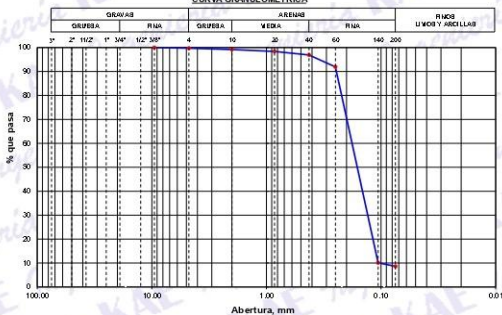
**TESIS :** DISEÑO DE ESTABILIZACIÓN DE SUELOS DE SUBRASANTE, CON CAL Y CEMENTO APLICADA A LA AV. LOS PESCADORES – DISTRITO DE CHIMBOTE **REGISTRO N°:** CC-ESS-GRA-05  
**SOLICITA:** XIOMI MAY LY SANCHEZ NIZAMA **PÁGINA N°:** 01 de 01  
**UBICACIÓN:** Distrito: Chimbote ; Provincia: Santa ; Departamento: Ancash **FECHA:** 18/06/2022

**ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO**  
 (ASTM D6913, MTC E107, NTP-339-128)

Datos de Muestra		Peso de Muestra		% Gravas, Arena y Finos		Coef. Uniformidad y Curvatura		Clasificación SUCS	
Muestra :	Patrón + 4.5% Cemento	Peso Inicial Seco (gr) =	522.5	Grava (No.4 < Diam < 3") =	0.25%	D60 (mm) =	0.18	SP-SM (Arena Mal Graduada con Limo)	
		Peso Mat. < N°4 (gr) =	521.2	Arena (No.200 < Diam < No.4) =	91.12%	D30 (mm) =	0.13	Clasificación SUCS	
		Peso de Fracción (gr) =	521.7	Finos (Diam < No.200) =	8.63%	D10 (mm) =	0.10	A-3 (0)	

ABERTURA (mm)	TAMIZ	PESO RETENIDO (gr)	RETENIDO PARCIAL%	RETENIDO ACUMULADO%	PASA %
75.000	3"				
50.000	2"				
37.500	1 1/2"				
25.000	1"				
19.000	3/4"				
12.500	1/2"				
9.500	3/8"	0	0.0	0.0	100.00
4.750	N° 4	1	0.3	0.3	99.75
2.000	N° 10	3.00	0.6	0.8	99.18
0.850	N° 20	4.20	0.8	1.6	98.38
0.425	N° 40	7.80	1.5	3.1	96.89
0.250	N° 60	26.00	5.0	8.1	91.92
0.106	N° 140	427.80	81.8	89.9	10.12
0.075	N° 200	7.80	1.5	91.4	8.63
	FONDO	45.10	8.6	100.0	




**ENSAYO LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO**  
 (ASTM D4318, NTP-339-129, MTC E110, MTC E111)

LÍMITE LÍQUIDO	
N° Tarro	
Peso de Tarro + Suelo Húmedo	gr.
Peso Tarro + Suelo Seco	gr.
Peso De Agua	gr.
Peso Del Tarro	gr.
Peso Del Suelo Seco	gr.
Contenido De Humedad	%
Numero De Golpes	N°


LÍMITE PLÁSTICO	
N° Tarro	
Peso de Tarro + Suelo Húmedo	gr.
Peso Tarro + Suelo Seco	gr.
Peso De Agua	gr.
Peso Del Tarro	gr.
Peso Del Suelo Seco	gr.
Contenido De Humedad	%



Límite Líquido: N.P.  
 Límite Plástico: N.P.  
 Índice Plasticidad: N.P.

**CONTENIDO DE HUMEDAD DE MUESTRA INTEGRAL**  
 (ASTM - D2216)

Procedimiento - Metodo "A"	Tara N°	
Peso Tara	gr.	-
Peso Tara + Suelo Húmedo	gr.	-
Peso Tara + Suelo Seco	gr.	-
Peso Agua	gr.	-
Peso Suelo Seco	gr.	-
Contenido de Humedad	%	-
Contenido de Humedad Promedio	%	-



**Alfonso Herrera Lázaro**  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIP N° 19007

Pje. Fátima - Mz. Y - Lt. 1A - P.J. Miraflores Alto - Chimbote  
 Celular: 954444061 - 969785163; Email: kaeingenieria@gmail.com

Nota. Extraído del Laboratorio "KAE Ingeniería".



**KAE Ingeniería**

Control de Calidad en Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto. Perfiles y Expedientes Técnicos  
Prestación de Servicios Generales

Registro Indecopi N° 028979-2021/DSD

TESIS : <u>DISEÑO DE ESTABILIZACIÓN DE SUELOS DE SUBRASANTE, CON CAL Y CEMENTO APLICADA A LA AV. LOS PESCADORES – DISTRITO DE CHIMBOTE</u>	REGISTRO N° : <u>CC-ESS-GRA-06</u>
SOLICITA : <u>XIOMI MAY LY SANCHEZ NIZAMA</u>	PÁGINA N° : <u>01 de 01</u>
UBICACIÓN : <u>Distrito: Chimbote, Provincia: Santa, Departamento: Ancash</u>	FECHA : <u>18/06/2022</u>

**ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO**  
(ASTM D6913, MTC E107, NTP-339-128)

Datos de Muestra		Peso de Muestra		% Gravas, Arena y Finos		Coef. Uniformidad y Curvatura		Clasificación SUCS	
Muestra :	Patrón + 6.5% Cemento	Peso Inicial Seco (gr) =	532.5	Grava (No.4 < Diam < 3") =	0.00%	D60 (mm) =	0.17	SP-SM (Arena Mal Graduada con Limo)	
		Peso Mat. < N°4 (gr) =	532.5	Arena (No.200 < Diam < No.4) =	90.34%	D30 (mm) =	0.13	Clasificación SUCS	
		Peso de Fracción (gr) =	532.5	Finos (Diam < No.200) =	9.66%	D10 (mm) =	0.08	A-3 (0)	

ABERTURA (mm)	TAMIZ	PESO RETENIDO (gr)	RETENIDO PARCIAL%	RETENIDO ACUMULADO %	PASA %
75.000	3"				
50.000	2"				
37.500	1 1/2"				
25.000	1"				
19.000	3/4"				
12.500	1/2"				
9.500	3/8"				
4.750	N° 4	0	0.0	0.0	100.00
2.000	N° 10	0.80	0.2	0.2	99.85
0.850	N° 20	3.20	0.6	0.8	99.25
0.425	N° 40	7.70	1.4	2.2	97.80
0.250	N° 60	17.50	3.3	5.5	94.51
0.106	N° 140	441.00	82.8	88.3	11.69
0.075	N° 200	10.80	2.0	90.3	9.66
	FONDO	51.50	9.7	100.0	

**CURVA GRANULOMÉTRICA**

**ENSAYO LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO**  
(ASTM D4318, NTP-339-129, MTC E110, MTC E111)

LÍMITE LÍQUIDO	
N° Tarro	
Peso de Tarro + Suelo Húmedo	gr.
Peso Tarro + Suelo Seco	gr.
Peso De Agua	gr.
Peso Del Tarro	gr.
Peso Del Suelo Seco	gr.
Contenido De Humedad	%
Numero De Golpes	N°

**NO PRESENTA**

LÍMITE PLÁSTICO	
N° Tarro	
Peso de Tarro + Suelo Húmedo	gr.
Peso Tarro + Suelo Seco	gr.
Peso De Agua	gr.
Peso Del Tarro	gr.
Peso Del Suelo Seco	gr.
Contenido De Humedad	%

**NO PLÁSTICO**

**CURVA DE FLUIDEZ**

Límite Líquido N.P.  
 Límite Plástico N.P.  
 Índice Plasticidad N.P.


**CONTENIDO DE HUMEDAD DE MUESTRA INTEGRAL**  
(ASTM - D2216)

Procedimiento - Metodo "A"	Tara N°	
	-	-
Peso Tara	gr.	-
Peso Tara + Suelo Húmedo	gr.	-
Peso Tara + Suelo Seco	gr.	-
Peso Agua	gr.	-
Peso Suelo Seco	gr.	-
Contenido de Humedad	%	-
Contenido de Humedad Promedio	%	-

**Ing. Alfonso Herrera Lázaro**  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. Nº N° 16087

Pje. Fátima - Mz. Y, Lt. 1A - P.J. Miraflores Alto - Chimbote  
 Celular: 954444061 - 969785163; Email: kaeingenieria@gmail.com

Nota. Extraído del Laboratorio “KAE Ingeniería”.



**Control de Calidad en Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto. Perfiles y Expedientes Técnicos**  
**Prestación de Servicios Generales**

**Registro Indecopi N° 028979-2021/DSD**

---

**TESIS :** DISEÑO DE ESTABILIZACIÓN DE SUELOS DE SUBRASANTE, CON CAL Y CEMENTO APLICADA A LA  
 AV. LOS PESCADORES – DISTRITO DE CHIMBOTE

**SOLICITA:** XIOMI MAYLY SANCHEZ NIZAMA

**UBICACIÓN:** Distrito: Chimbote ; Provincia: Santa ; Departamento: Ancash

**REGISTRO N°:** CC-ESS-GRA-07

**PÁGINA N°:** 01 de 01

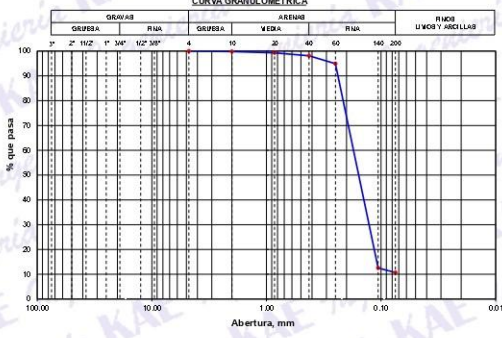
**FECHA:** 18/06/2022

**ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO**  
 (ASTM D6913, MTC E107, NTP-339-128)

Datos de Muestra		Peso de Muestra		% Gravas, Arena y Finos		Coef. Uniformidad y Curvatura		Clasificación SUCS	
Muestra :	Patrón + 7% Cemento	Peso Inicial Seco (gr) =	535.0	Grava (No.4 < Diam < 3") =	0.00%	D60 (mm) =	0.17	SP-SM (Arena Mal Graduada con Lím.)	
		Peso Mat. < N°4 (gr) =	535.0	Arena (No.200 < Diam < No.4) =	89.31%	D30 (mm) =	0.13	Clasificación SUCS	
		Peso de Fracción (gr) =	535.0	Finos (Diam < No.200) =	10.69%	D10 (mm) =	--	A-2-4 (0)	

ABERTURA (mm)	TAMIZ	PESO RETENIDO (gr)	RETENIDO PARCIAL%	RETENIDO ACUMULADO%	PASA %
75.000	3"				
50.000	2"				
37.500	1 1/2"				
25.000	1"				
19.000	3/4"				
12.500	1/2"				
9.500	3/8"				
4.750	N° 4	0	0.0	0.0	100.00
2.000	N° 10	1.00	0.2	0.2	99.81
0.850	N° 20	2.80	0.5	0.7	99.29
0.425	N° 40	6.20	1.2	1.9	98.13
0.250	N° 60	17.10	3.2	5.1	94.93
0.106	N° 140	440.80	82.4	87.5	12.54
0.075	N° 200	9.90	1.9	89.3	10.69
	FONDO	57.20	10.7	100.0	

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



**ENSAYO LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO**  
 (ASTM D4318, NTP-339-129, MTC E110, MTC E111)


LÍMITE LÍQUIDO	
N° Tarro	
Peso de Tarro + Suelo Húmedo	gr.
Peso Tarro + Suelo Seco	gr.
Peso De Agua	gr.
Peso Del Tarro	gr.
Peso Del Suelo Seco	gr.
Contenido De Humedad	%
Numero De Golpes	N°

**NO PRESENTA**

LÍMITE PLÁSTICO	
N° Tarro	
Peso de Tarro + Suelo Húmedo	gr.
Peso Tarro + Suelo Seco	gr.
Peso De Agua	gr.
Peso Del Tarro	gr.
Peso Del Suelo Seco	gr.
Contenido De Humedad	%

**NO PLÁSTICO**


**CURVA DE FLUIDEZ**




Límite Líquido N.P.  
 Límite Plástico N.P.  
 Índice Plasticidad N.P.

**CONTENIDO DE HUMEDAD DE MUESTRA INTEGRAL**  
 (ASTM - D2216)

Procedimiento - Metodo "A"	Tara N°
Peso Tara	gr.
Peso Tara + Suelo Húmedo	gr.
Peso Tara + Suelo Seco	gr.
Peso Agua	gr.
Peso Suelo Seco	gr.
Contenido de Humedad	%
Contenido de Humedad Promedio	%




**Víctor Alfonso Herrera Lázaro**  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CH. N° 116067



Pje. Fátima - Mz. Y', Lt. 1A - P.J. Miraflores Alto - Chimbote  
 Celular: 954444061 - 969785163; Email: kaeingenieria@gmail.com

Nota. Extraído del Laboratorio "KAE Ingeniería".

**Anexo E Ensayo de compactación – Proctor modificado**  
**(suelo patrón + 4.5%, 6.5% y 7% cemento)**



**Control de Calidad en Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto. Perfiles y Expedientes Técnicos**  
**Prestación de Servicios Generales**

**Registro Indecopi N° 028979-2021/DSD**

---

<b>TESIS :</b> DISEÑO DE ESTABILIZACIÓN DE SUELOS DE SUBRASANTE, CON CAL Y CEMENTO APLICADA A LA AV. LOS PESCADORES – DISTRITO DE CHIMBOTE	<b>REGISTRO N°:</b> CC-ESS-CBR-05
<b>SOLICITA :</b> XIOMI MAY LY SANCHEZ NIZAMA	<b>PAGINA N°:</b> 01 de 03
<b>UBICACIÓN :</b> Distrito: Chimbote ; Provincia: Santa ; Departamento: Ancash	<b>FECHA:</b> 24/06/2022

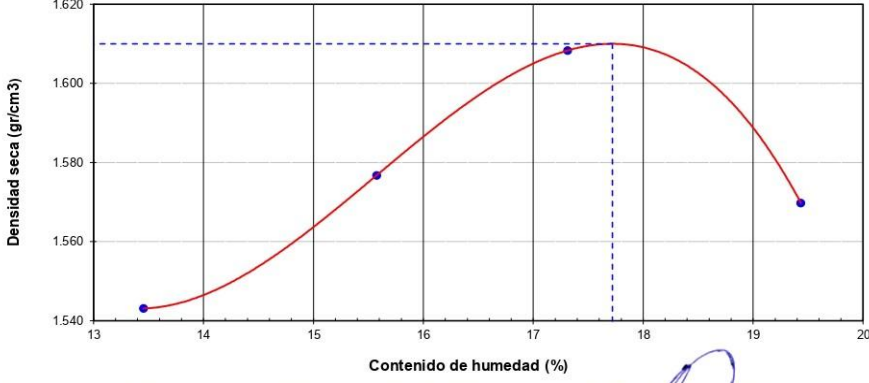
**ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO PARA CBR**  
 ASTM D1557 / ASTM D1883

<b>Muestra :</b> Patrón + 4.5% Cemento	<b>Clasificación (SUCS) :</b> SP-SM
	<b>Clasificación (AASHTO) :</b> A-3 (0)

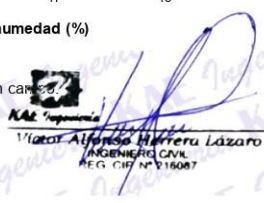

Peso suelo + molde	gr	6956.00	7106.00	7241.00	7216.00
Peso molde	gr	3288.00	3288.00	3288.00	3288.00
Peso suelo húmedo compactado	gr	3668.00	3818.00	3953.00	3928.00
Volumen del molde	cm <sup>3</sup>	2095.11	2095.11	2095.11	2095.11
Peso volumétrico húmedo	gr/cm <sup>3</sup>	1.75	1.82	1.89	1.87
Recipiente N°		15	1	4	3
Peso del suelo húmedo+tara	gr	264.50	210.30	197.60	296.50
Peso del suelo seco + tara	gr	240.20	190.80	178.40	258.00
Tara	gr	59.60	65.60	67.50	59.90
Peso de agua	gr	24.30	19.50	19.20	38.50
Peso del suelo seco	gr	180.60	125.20	110.90	198.10
Contenido de agua	%	13.46	15.58	17.31	19.43
Peso volumétrico seco	gr/cm <sup>3</sup>	1.543	1.577	1.608	1.570

<b>Densidad máxima (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>1.610</b>
<b>Humedad óptima (%)</b>	<b>17.72</b>

**RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD**




**OBSERVACIONES:**  
 - La muestra fue tomada por el personal técnico en campo.

---

Pje. Fátima - Mz. Y', Lt. 1A - P.J. Miraflores Alto - Chimbote  
 Celular: 954444061 - 969785163; Email: kaeingenieria@gmail.com

Nota. Extraído del Laboratorio “KAE Ingeniería”.



**Control de Calidad en Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto. Perfiles y Expedientes Técnicos**  
**Prestación de Servicios Generales**

**Registro Indecopi N° 028979-2021/DSD**

---

<b>TESIS :</b> DISEÑO DE ESTABILIZACIÓN DE SUELOS DE SUBRASANTE, CON CAL Y CEMENTO APLICADA A LA AV. LOS PESCADORES – DISTRITO DE CHIMBOTE	<b>REGISTRO N°:</b> CC-ESS-CBR-01
<b>SOLICITA :</b> XIOMI MAY LY SANCHEZ NIZAMA	<b>PAGINA N°:</b> 01 de 03
<b>UBICACIÓN :</b> Distrito: Chimbote ; Provincia: Santa ; Departamento: Ancash	<b>FECHA:</b> 18/06/2022

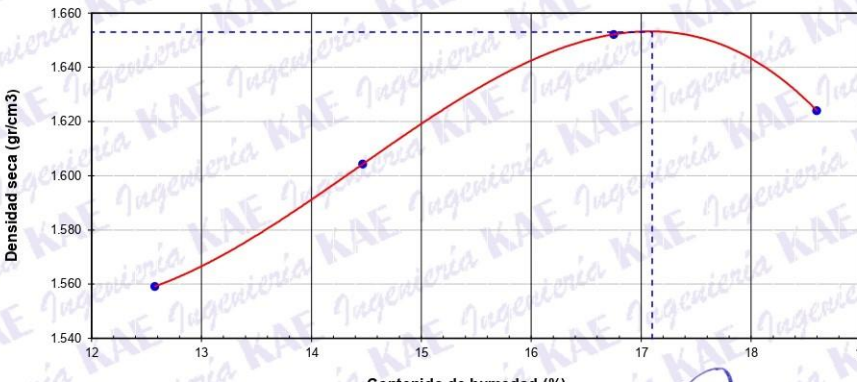
**ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO PARA CBR**  
 ASTM D1557 / ASTM D1883

Datos de la Muestra	
<b>Muestra :</b> Patrón + 6.5% Cemento	<b>Clasificación (SUCS) :</b> SP-SM
	<b>Clasificación (AASHTO) :</b> A-3 (0)

Peso suelo + molde	gr	7003.00	7175.00	7371.00	7365.00
Peso molde	gr	3283.00	3283.00	3283.00	3283.00
Peso suelo húmedo compactado	gr	3720.00	3892.00	4088.00	4082.00
Volumen del molde	cm <sup>3</sup>	2119.34	2119.34	2119.34	2119.34
Peso volumétrico húmedo	gr/cm <sup>3</sup>	1.76	1.84	1.93	1.93
Recipiente N°		1	5	26	3
Peso del suelo húmedo+tara	gr	316.20	251.40	159.90	184.60
Peso del suelo seco + tara	gr	287.60	226.40	146.50	165.50
Tara	gr	60.20	53.60	66.50	62.80
Peso de agua	gr	28.60	25.00	13.40	19.10
Peso del suelo seco	gr	227.40	172.80	80.00	102.70
Contenido de agua	%	12.58	14.47	16.75	18.60
Peso volumétrico seco	gr/cm <sup>3</sup>	1.559	1.604	1.652	1.624


<b>Densidad máxima (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>1.653</b>
<b>Humedad óptima (%)</b>	<b>17.10</b>

**RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD**




**OBSERVACIONES:**

- La muestra fue tomada por el personal tecnico en campo




Micael Alfonso Herrera Lázaro  
INGENIERO CIVIL  
REG. CIE N° 916087



---

Pje. Fátima - Mz. Y, Lt. 1A - P.J. Miraflores Alto - Chimbote  
 Celular: 954444061 - 969785163; Email: kaeingenieria@gmail.com

Nota. Extraído del Laboratorio “KAE Ingeniería”.



**Control de Calidad en Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto. Perfiles y Expedientes Técnicos**  
Prestación de Servicios Generales

**Registro Indecopi N° 028979-2021/DSD**

---


<b>TESIS :</b> DISEÑO DE ESTABILIZACIÓN DE SUELOS DE SUBRASANTE, CON CAL Y CEMENTO APLICADA A LA AV. LOS PESCADORES – DISTRITO DE CHIMBOTE	<b>REGISTRO N°:</b> CC-ESS-CBR-01
<b>SOLICITA :</b> XIOMI MAY LY SANCHEZ NIZAMA	<b>PAGINA N°:</b> 01 de 03
<b>UBICACIÓN :</b> Distrito: Chimbote ; Provincia: Santa ; Departamento: Ancash	<b>FECHA:</b> 18/06/2022

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

Datos de la Muestra	
Muestra : Patrón + 7% Cemento	Clasificación (SUCS) : SP-SM
	Clasificación (AASHTO) : A-2-4 (0)

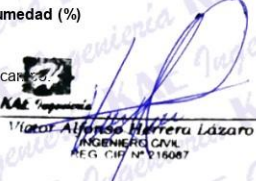
Peso suelo + molde	gr	7014.00	7241.00	7415.00	7343.00	
Peso molde	gr	3283.00	3283.00	3283.00	3283.00	
Peso suelo húmedo compactado	gr	3731.00	3958.00	4132.00	4060.00	
Volumen del molde	cm <sup>3</sup>	2119.34	2119.34	2119.34	2119.34	
Peso volumétrico húmedo	gr/cm <sup>3</sup>	1.76	1.87	1.95	1.92	
Recipiente N°		24	8	18	12	
Peso del suelo húmedo+tara	gr	239.60	163.50	179.40	254.50	
Peso del suelo seco + tara	gr	218.50	150.20	162.30	222.00	
Tara	gr	58.90	66.50	62.80	53.50	
Peso de agua	gr	21.10	13.30	17.10	32.50	
Peso del suelo seco	gr	159.60	83.70	99.50	168.50	
Contenido de agua	%	13.22	15.89	17.19	19.29	
Peso volumétrico seco	gr/cm <sup>3</sup>	1.555	1.611	1.664	1.606	
<b>Densidad máxima (gr/cm<sup>3</sup>)</b>					<b>1.672</b>	
<b>Humedad óptima (%)</b>					<b>17.80</b>	

**RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD**




**OBSERVACIONES:**

- La muestra fue tomada por el personal técnico en campo



Yvonne Alfaro Herrera Lázaro  
INGENIERA CIVIL  
REG. CIP. N° 16067




---

Pje. Fátima - Mz. Y, Lt. 1A - P.J. Miraflores Alto - Chimbote  
Celular: 954444061 - 969785163; Email: kaeingenieria@gmail.com

Nota. Extraído del Laboratorio “KAE Ingeniería”.

## Anexo F Ensayo de valor soporte de california

(suelo patrón + 4.5%, 6.5% y 7% cemento)



**Control de Calidad en Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto. Perfiles y Expedientes Técnicos**  
Prestación de Servicios Generales

Registro Indecopi N° 028979-2021/DSD

<b>TESIS :</b>	DISEÑO DE ESTABILIZACIÓN DE SUELOS DE SUBRASANTE, CON CAL Y CEMENTO APLICADA A LA AV. LOS PESCADORES – DISTRITO DE CHIMBOTE	<b>REGISTRO N°:</b>	CC-ESS-CBR-05
<b>SOLICITA :</b>	XIOMI MAYLY SANCHEZ NIZAMA	<b>PAGINA N°:</b>	02 de 03
<b>UBICACIÓN :</b>	Distrito: Chimbote ; Provincia: Santa ; Departamento: Ancash	<b>FECHA:</b>	24/06/2022

**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA**  
ASTM D 1883

**Datos de la Muestra**

Muestra : Patrón + 4.5% Cemento      Clasificación (SUCS) : SP-SM  
Clasificación (AASHTO) : A-3 (0)

**CALCULO DE LA RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)**

Molde N°	1		2		3	
	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Número de capas	5		5		5	
Número de golpes	56		25		10	
Peso suelo + molde (gr.)	11,581	11,655	11,384	11,577	11,433	11,748
Peso molde (gr.)	7,672	7,672	7,619	7,619	7,776	7,776
Peso suelo compactado (gr.)	3,909	3,983	3,765	3,958	3,657	3,972
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2,124	2,124	2,126	2,126	2,108	2,108
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	1,840	1,875	1,771	1,862	1,735	1,884
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1,563	1,563	1,505	1,505	1,474	1,474

**CONTENIDO DE HUMEDAD**

	25.00	0.00	35.50	0.00	46.30	0.00
Peso de tara (gr.)	25.00	0.00	35.50	0.00	46.30	0.00
Tara + suelo húmedo (gr.)	542.20	3983.00	416.20	3958.00	397.80	3972.00
Tara + suelo seco (gr.)	464.40	3320.99	358.90	3198.32	344.90	3106.63
Peso de agua (gr.)	77.80	662.01	57.30	759.68	52.90	865.37
Peso de suelo seco (gr.)	439.40	3320.99	323.40	3198.32	298.60	3106.63
Humedad (%)	17.71	19.93	17.72	23.75	17.72	27.86


**EXPANSIÓN**

Fecha	Hora	Tiempo Hr	Dial 0.01"	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%
NO PRESENTA											


**PENETRACIÓN**

Penetración (pulg.)	Carga Standard (Lb/pulg <sup>2</sup> )	Molde N° 1			Molde N° 2			Molde N° 3					
		Carga		Corrección	Carga		Corrección	Carga		Corrección			
		lb	lb/pulg <sup>2</sup>		lb	lb/pulg <sup>2</sup>		lb	lb/pulg <sup>2</sup>				
0.025		517	169.0		466	152.3		383	125.4				
0.050		1114	364.5		797	260.5		725	237.3				
0.075		1635	534.7		1121	366.6		939	307.2				
0.100	1000	2117	692.5	700.0	70.0	1431	467.9	470.0	47.0	1206	394.5	400.0	40.0
0.150		2964	969.4		1981	648.0		1593	520.9				
0.200	1500	3723	1217.6	1210.0	80.7	2489	814.0	820.0	54.7	1932	632.0	640.0	42.7
0.300		4944	1617.1		3444	1126.6		2575	842.3				
0.400		5805	1898.6		4199	1373.5		2860	935.5				
0.500		6630	2168.7		4861	1590.0		3098	1013.3				

**OBSERVACIONES:**  
- La muestra fue tomada por el personal tecnico en campo.



Víctor Alfonso Herrera Lázaro  
INGENIERO CIVIL  
REG. CIP. N° 116087



Pje. Fátima - Mz. Y', Lt. 1A - P.J. Miraflores Alto - Chimbote  
Celular: 954444061 - 969785163; Email: kaeingenieria@gmail.com

Nota. Extraído del Laboratorio "KAE Ingeniería".



Control de Calidad en Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto. Perfiles y Expedientes Técnicos  
Prestación de Servicios Generales

**KAE Ingeniería**

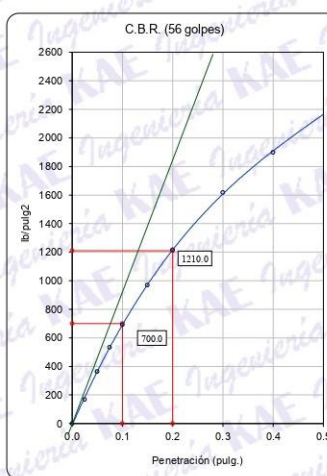
Registro Indecopi N° 028979-2021/DSD

<b>TESIS :</b>	DISEÑO DE ESTABILIZACIÓN DE SUELOS DE SUBRASANTE, CON CAL Y CEMENTO APLICADA A LA AV. LOS PESCADORES – DISTRITO DE CHIMBOTE	<b>REGISTRO N°:</b>	CC-ESS-CBR-05
<b>SOLICITA :</b>	XIOMI MAY LY SANCHEZ NIZAMA	<b>PAGINA N°:</b>	03 de 03
<b>UBICACIÓN :</b>	Distrito: Chimbote; Provincia: Santa; Departamento: Ancash	<b>FECHA:</b>	24/06/2022

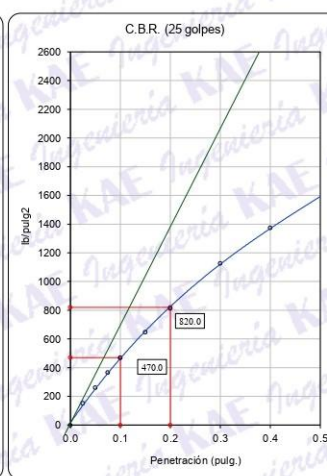
**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA**  
ASTM D1883

**Datos de la Muestra**

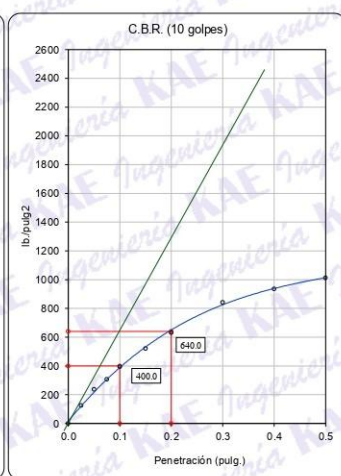
Muestra : Patrón + 4.5% Cemento  
 Clasificación (SUCS) : SP-SM  
 Clasificación (AASHTO) : A-3 (0)  
 Máxima Densidad Seca : 1.610 gr./cm<sup>3</sup>  
 Máxima Densidad Seca al 95% : 1.530 gr./cm<sup>3</sup>



C.B.R. (0.1") 56 GOLFES : 70.0%

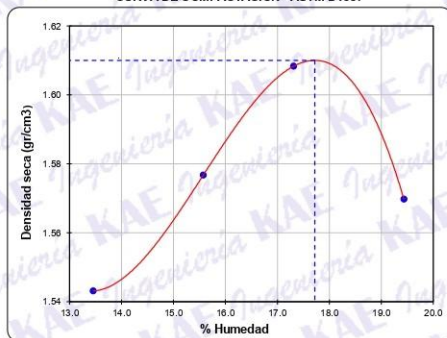


C.B.R. (0.1") 25 GOLFES : 47.0%



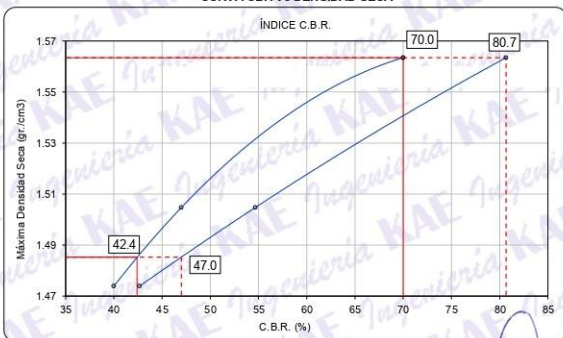
C.B.R. (0.1") 12 GOLFES : 40.0%

**CURVA DE COMPACTACIÓN - ASTM D1557**



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1": 70.0%  
 C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1": 42.4%

**CURVA CBR Vs DENSIDAD SECA**



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2": 80.7%  
 C.B.R. (95% M.D.S.) 0.2": 47.0%

**OBSERVACIONES:**


- La muestra fue tomada por el personal tecnico en campo

**Yolanda Alfaro Herrera Lázaro**  
 INGENIERA CIVIL  
 REG. CIP N° 116067



Pje. Fátima - Mz. Y', Lt. 1A - P.J. Miraflores Alto - Chimbote  
 Celular: 954444061 - 969785163; Email: kaeingenieria@gmail.com

Nota. Extraído del Laboratorio "KAE Ingeniería".



**Control de Calidad en Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto. Perfiles y Expedientes Técnicos**  
**Prestación de Servicios Generales**

**Registro Indecopi N° 023979-2021/DSD**

---

<b>TESIS :</b>	DISEÑO DE ESTABILIZACIÓN DE SUELOS DE SUBRASANTE, CON CAL Y CEMENTO APLICADA A LA AV. LOS PESCADORES – DISTRITO DE CHIMBOTE	<b>REGISTRO N°:</b>	CC-ESS-CBR-01
<b>SOLICITA :</b>	XIOMI MAYLY SANCHEZ NIZAMA	<b>PAGINA N°:</b>	02 de 03
<b>UBICACIÓN :</b>	Distrito: Chimbote; Provincia: Santa; Departamento: Ancash	<b>FECHA:</b>	18/06/2022

**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA**  
 ASTM D 1883

**Datos de la Muestra**

Muestra : Patrón + 6.5% Cemento      Clasificación (SUCS) : SP-SM  
 Clasificación (AASHTO) : A-3 (0)

**CALCULO DE LA RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)**

Molde N°	1		2		3	
	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Número de capas	5		5		5	
Número de golpes	56		25		10	
Condición de la muestra						
Peso suelo + molde (gr.)	12,578	12,653	12,126	12,240	12,017	12,158
Peso molde (gr.)	8,466	8,466	8,146	8,146	8,165	8,165
Peso suelo compactado (gr.)	4,112	4,187	3,980	4,094	3,852	3,993
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2,125	2,125	2,136	2,136	2,134	2,134
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	1,935	1,970	1,863	1,917	1,805	1,871
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1,653	1,653	1,591	1,591	1,541	1,541

**CONTENIDO DE HUMEDAD**

	1	2	3	4	5	6
Peso de tara (gr.)	51.40	0.00	60.30	0.00	61.30	0.00
Tara + suelo húmedo (gr.)	465.30	4187.00	511.20	4094.00	417.20	3993.00
Tara + suelo seco (gr.)	404.90	3511.94	445.30	3398.31	365.20	3289.19
Peso de agua (gr.)	60.40	675.06	65.90	695.69	52.00	703.81
Peso de suelo seco (gr.)	353.50	3511.94	385.00	3398.31	303.90	3289.19
Humedad (%)	17.09	19.22	17.12	20.47	17.11	21.40


**EXPANSIÓN**


Fecha	Hora	Tiempo Hr	Dial 0.01"	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%
NO PRESENTA											

**PENETRACIÓN**

Penetración (pulg.)	Carga Standard (Lb/pulg <sup>2</sup> )	Molde N° 1				Molde N° 2				Molde N° 3			
		Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección	
		lb	lb/pulg <sup>2</sup>	lb/pulg <sup>2</sup>	CBR %	lb	lb/pulg <sup>2</sup>	lb/pulg <sup>2</sup>	CBR %	lb	lb/pulg <sup>2</sup>	lb/pulg <sup>2</sup>	CBR %
0.025		552	180.5			471	153.9			222	72.7		
0.050		1165	381.1			806	263.5			415	135.6		
0.075		1767	578.0			1113	364.0			629	205.6		
0.100	1000	2300	752.2	730.0	<b>73.0</b>	1628	532.4	550.0	<b>55.0</b>	819	267.7	260.0	<b>26.0</b>
0.150		3272	1070.3			2455	803.0			1274	416.6		
0.200	1500	4313	1410.9	1365.0	<b>91.0</b>	3195	1045.0	1030.0	<b>68.7</b>	1724	563.9	540.0	<b>36.0</b>
0.300		5608	1834.4			4126	1349.5			2534	828.8		
0.400		6304	2061.8			5166	1689.8			3119	1020.2		
0.500		6576	2150.9			5796	1895.8			3533	1155.5		

**OBSERVACIONES:**  
 - La muestra fue tomada por el personal tecnico en campo.

  
**Ingeniero Civil**  
 REG. CIP. N° 16087



---

**Pje. Fátima - Mz. Y, Lt. 1A - P.J. Miraflores Alto - Chimbote**  
**Celular: 954444061 - 969785163; Email: kaeingenieria@gmail.com**

Nota. Extraído del Laboratorio “KAE Ingeniería”.



Control de Calidad en Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto. Perfiles y Expedientes Técnicos  
Prestación de Servicios Generales

**KAE Ingeniería**

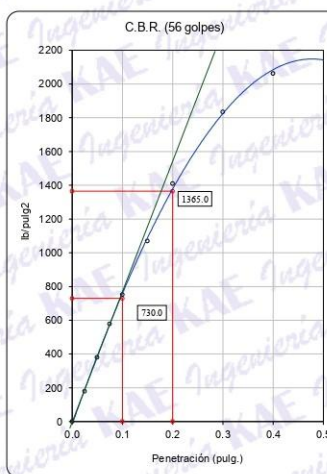
Registro Indecopi N° 028979-2021/DSD

<b>TESIS :</b>	DISEÑO DE ESTABILIZACIÓN DE SUELOS DE SUBRASANTE, CON CAL Y CEMENTO APLICADA A LA AV. LOS PESCADORES – DISTRITO DE CHIMBOTE	<b>REGISTRO N°:</b>	CC-ESS-CBR-01
<b>SOLICITA :</b>	XIOMI MAY LY SANCHEZ NIZAMA	<b>PAGINA N°:</b>	03 de 03
<b>UBICACIÓN :</b>	Distrito: Chimbote; Provincia: Santa; Departamento: Ancash	<b>FECHA:</b>	18/06/2022

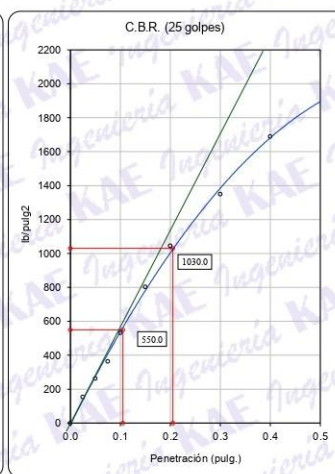
**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA**  
ASTM D1883

**Datos de la Muestra**

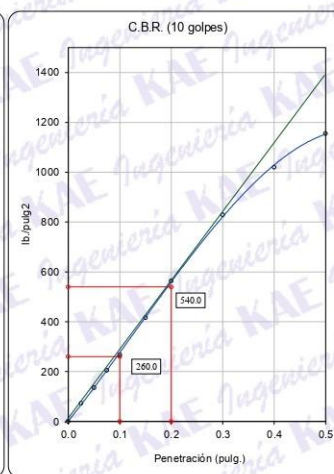
Muestra : Patrón + 6.5% Cemento  
 Clasificación (SUCS) : SP-SM  
 Clasificación (AASHTO) : A-3 (0)  
 Máxima Densidad Seca : 1.653 gr./cm<sup>3</sup>  
 Máxima Densidad Seca al 95% : 1.570 gr./cm<sup>3</sup>



C.B.R. (0.1") 56 GOLFES : 73.0%

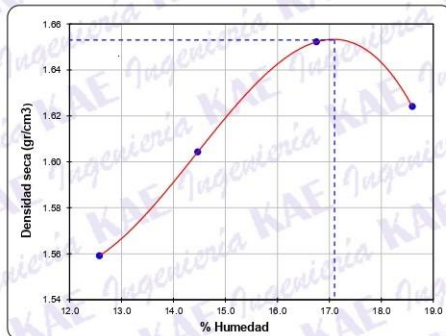


C.B.R. (0.1") 25 GOLFES : 55.0%



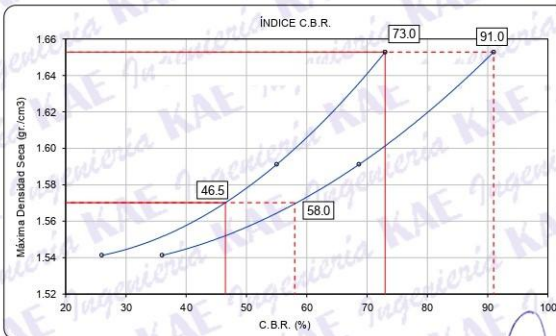
C.B.R. (0.1") 12 GOLFES : 26.0%

**CURVA DE COMPACTACIÓN - ASTM D1557**



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1": 73.0%  
 C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1": 46.5%

**CURVA CBR Vs DENSIDAD SECA**



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2": 91.0%  
 C.B.R. (95% M.D.S.) 0.2": 58.0%

**OBSERVACIONES:**


- La muestra fue tomada por el personal tecnico en cam.

*[Signature]*  
**Vicente Alfonso Herrera Lázaro**  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIP. N° 216087



Pje. Fátima - Mz. Y', Lt. 1A - P.J. Miraflores Alto - Chimbote  
 Celular: 954444061 - 969785163; Email: kaeingenieria@gmail.com

Nota. Extraído del Laboratorio “KAE Ingeniería”.



**Control de Calidad en Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto. Perfiles y Expedientes Técnicos**  
**Prestación de Servicios Generales**

**Registro Indecopi N° 023979-2021/DSD**

<b>TESIS :</b>	DISEÑO DE ESTABILIZACIÓN DE SUELOS DE SUBRASANTE, CON CAL Y CEMENTO APLICADA A LA AV. LOS PESCADORES – DISTRITO DE CHIMBOTE	<b>REGISTRO N°:</b>	CC-ESS-CBR-01
<b>SOLICITA :</b>	XIOMI MAYLY SANCHEZ NIZAMA	<b>PAGINA N°:</b>	02 de 03
<b>UBICACIÓN :</b>	Distrito: Chimbote; Provincia: Santa; Departamento: Ancash	<b>FECHA:</b>	18/06/2022

**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA**  
ASTM D1883

**Datos de la Muestra**

**Muestra :** Patrón + 7% Cemento      **Clasificación (SUCS) :** SP-SM  
**Clasificación (AASHTO) :** A-2-4 (0)

**CALCULO DE LA RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)**

Molde N°	1		2		3	
	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Número de capas	5		5		5	
Número de golpes	56		25		10	
Peso suelo + molde (gr.)	11,885	11,940	11,670	11,780	11,684	11,872
Peso molde (gr.)	7,710	7,710	7,645	7,645	7,813	7,813
Peso suelo compactado (gr.)	4,175	4,230	4,025	4,135	3,871	4,059
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2,119	2,119	2,134	2,134	2,123	2,123
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	1,970	1,996	1,886	1,938	1,824	1,912
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1,673	1,673	1,601	1,601	1,548	1,548

**CONTENIDO DE HUMEDAD**

	1	2	3	4	5	6
Peso de tara (gr.)	54.30	0.00	62.30	0.00	54.90	0.00
Tara + suelo húmedo (gr.)	426.30	4230.00	385.10	4135.00	415.20	4059.00
Tara + suelo seco (gr.)	370.10	3544.26	336.30	3416.51	360.80	3286.54
Peso de agua (gr.)	56.20	685.74	48.80	718.49	54.40	772.46
Peso de suelo seco (gr.)	315.80	3544.26	274.00	3416.51	305.90	3286.54
Humedad (%)	17.80	19.35	17.81	21.03	17.78	23.50


**EXPANSIÓN**

Fecha	Hora	Tiempo Hr	Dial 0.01"	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%
NO PRESENTA											


**PENETRACIÓN**

Penetración (pulg.)	Carga Standard (Lb/pulg <sup>2</sup> )	Molde N° 1				Molde N° 2				Molde N° 3			
		Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección	
		lb	lb/pulg <sup>2</sup>	lb/pulg <sup>2</sup>	CBR %	lb	lb/pulg <sup>2</sup>	lb/pulg <sup>2</sup>	CBR %	lb	lb/pulg <sup>2</sup>	lb/pulg <sup>2</sup>	CBR %
0.025		610	199.6			422	137.9			244	79.7		
0.050		1180	385.8			854	279.3			439	143.8		
0.075		1967	643.5			1277	417.6			654	213.8		
0.100	1000	2604	851.8	795.0	<b>79.5</b>	1648	538.9	550.0	<b>55.0</b>	813	265.8	255.0	<b>25.5</b>
0.150		3648	1193.3			2489	814.0			1178	385.4		
0.200	1500	4384	1433.9	1440.0	<b>96.0</b>	3359	1098.7	1055.0	<b>70.3</b>	1568	512.9	500.0	<b>33.3</b>
0.300		5837	1909.1			4378	1432.1			2073	677.9		
0.400		6772	2215.1			4858	1588.8			2534	828.8		
0.500		7556	2471.5			5788	1893.3			2666	872.0		

**OBSERVACIONES:**  
- La muestra fue tomada por el personal tecnico en campo.



Micaela Alfaro  
INGENIERA CIVIL  
REG. CIP. N° 16067



**Pje. Fátima - Mz. Y, Lt. 1A - P.J. Miraflores Alto - Chimbote**  
**Celular: 954444061 - 969785163; Email: kaeingenieria@gmail.com**

Nota. Extraído del Laboratorio “KAE Ingeniería”.



Control de Calidad en Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto. Perfiles y Expedientes Técnicos  
Prestación de Servicios Generales

**KAE Ingeniería**

Registro Indecopi N° 028979-2021/DSD

<b>TESIS :</b>	DISEÑO DE ESTABILIZACIÓN DE SUELOS DE SUBRASANTE, CON CAL Y CEMENTO APLICADA A LA AV. LOS PESCADORES – DISTRITO DE CHIMBOTE	<b>REGISTRO N°:</b>	CC-ESS-CBR-01
<b>SOLICITA :</b>	XIOMI MAY LY SANCHEZ NIZAMA	<b>PAGINA N°:</b>	03 de 03
<b>UBICACIÓN :</b>	Distrito: Chimbote; Provincia: Santa; Departamento: Ancash	<b>FECHA:</b>	18/06/2022

**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA**  
ASTM D1883

**Datos de la Muestra**

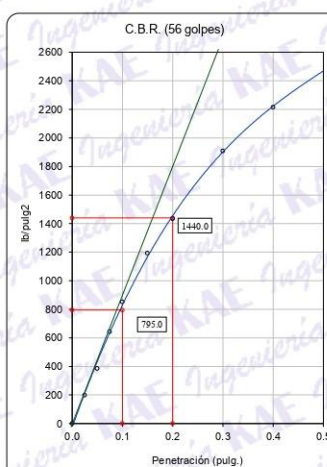
Muestra : Patrón + 7% Cemento

Clasificación (SUCS) : SP-SM

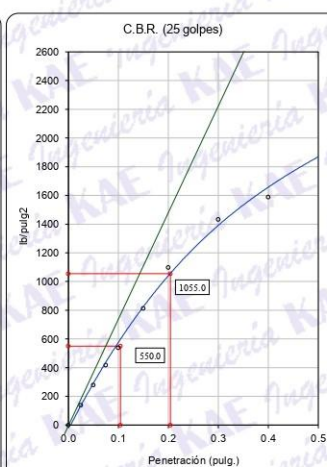
Máxima Densidad Seca : 1.672 gr./cm<sup>3</sup>

Clasificación (AASHTO) : A-2-4 (0)

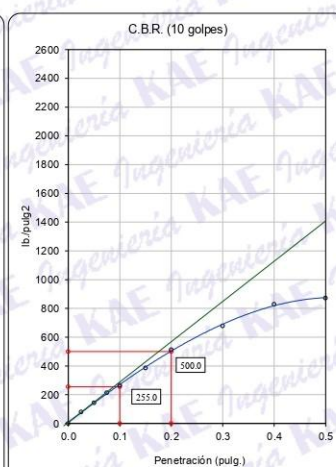
Máxima Densidad Seca al 95% : 1.588 gr./cm<sup>3</sup>



C.B.R. (0.1") 56 GOLFES : 79.5%

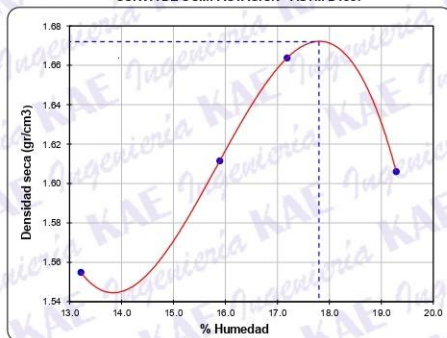


C.B.R. (0.1") 25 GOLFES : 55.0%



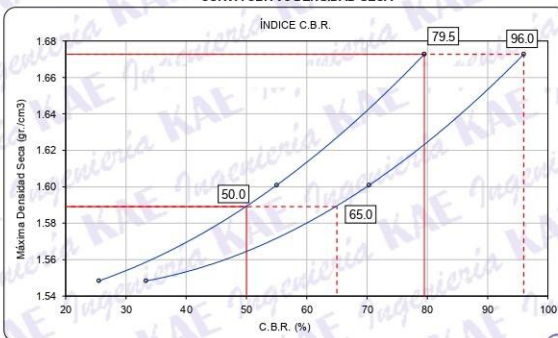
C.B.R. (0.1") 12 GOLFES : 25.5%

**CURVA DE COMPACTACIÓN - ASTM D1557**



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1": 79.5%  
C.B.R. ( 95% M.D.S.) 0.1": 50.0%

**CURVA CBR Vs DENSIDAD SECA**



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2": 96.0%  
C.B.R. ( 95% M.D.S.) 0.2": 65.0%

**OBSERVACIONES:**

- La muestra fue tomada por el personal tecnico en campo


**KAE Ingeniería**  
Ylator Alfonso Herrera Lázaro  
INGENIERO CIVIL  
REG. CH. N° 15087



Pje. Fátima - Mz. Y', Lt. 1A - P.J. Miraflores Alto - Chimbote  
Celular: 954444061 - 969785163; Email: kaeingenieria@gmail.com

Nota. Extraído del Laboratorio "KAE Ingeniería".

**Anexo G Ensayo de compresión**  
**(suelo patrón + 4.5%, 6.5% y 7% cemento)**



Control de Calidad en Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto. Perfiles y Expedientes Técnicos  
 Prestación de Servicios Generales

Registro Indecopi N° 028979-2021/DSD

---

**TESIS** : DISEÑO DE ESTABILIZACIÓN DE SUELOS DE SUBRASANTE,  
 CON CAL Y CEMENTO APLICADA A LA AV. LOS PESCADORES -  
 DISTRITO DE CHIMBOTE

**SOLICITA** : XIOMI MAY LY SANCHEZ NIZAMA

**UBICACIÓN** : Distrito: Chimbote ; Provincia: Santa ; Departamento: Ancash

**REGISTRO N°**: CC-ESS-CBR-01

**PÁGINA N°**: 01 de 03

**FECHA**: 18/06/2022

**ENSAYO DE COMPRESION NO CONFINADA**  
 (ASTM - D2166)

**Perforación** : Molde CBR 4.5%

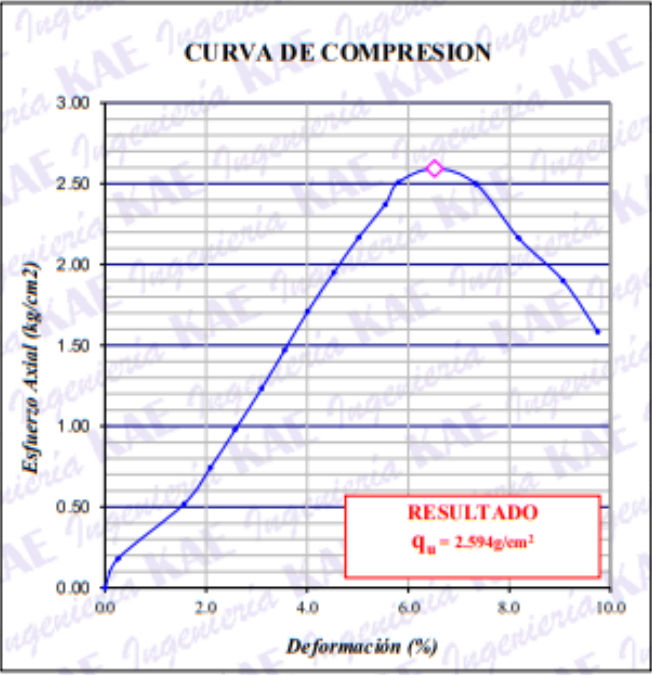
**Clasificación (SUCS)** : SP-SM


**ESPECIMEN 01**

Deformación (%)	Esfuerzo (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.257	0.1800
1.565	0.5192
2.087	0.7434
2.576	0.9776
3.098	1.2317
3.554	1.4699
4.011	1.7094
4.532	1.9516
5.021	2.1682
5.543	2.3708
5.804	2.5081
6.521	2.5939
7.336	2.4990
8.184	2.1638
9.064	1.8997
9.749	1.5836


Altura (h)	(cm)	7.79
Diámetro (f)	(cm)	3.66
Densidad Seca (g <sub>d</sub> )	(g/cm <sup>3</sup> )	1.46
Contenido de Humedad (w)	(%)	12.65
Velocidad del Ensayo	(cm/min)	0.90

**CURVA DE COMPRESION**






M. Sc. Alejandra Herrera Lizaso  
 INGENIERA CIVIL  
 N.º C. 17977 V. 18087



VºBº.....

GERENCIA

Nota. Extraído del Laboratorio “KAE Ingeniería”.



Control de Calidad en Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto. Perfiles y Expedientes Técnico  
Prestación de Servicios Generales

Registro Indecopi N° 028979-2021/DSD

---

**TESIS** : DISEÑO DE ESTABILIZACIÓN DE SUELOS DE SUBRASANTE,  
CON CAL Y CEMENTO APLICADA A LA AV. LOS PESCADORES –  
DISTRITO DE CHIMBOTE

**SOLICITA** : XIOMI MAY LY SANCHEZ NIZAMA

**UBICACIÓN** : Distrito: Chimbote ; Provincia: Santa ; Departamento: Ancash

**REGISTRO N°**: CC-ESS-CBR-02

**PÁGINA N°**: 01 de 03

**FECHA**: 18/06/2022

**ENSAYO DE COMPRESION NO CONFINADA**  
(ASTM - D2166)

**Perforación** : Molde CBR 6.5%

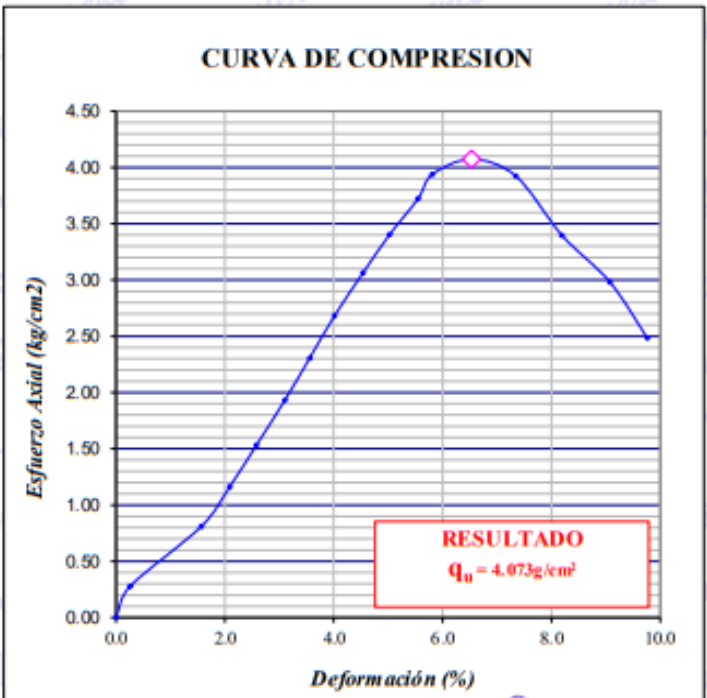
**Clasificación (SUCS)** : SP-SM

**ESPECIMEN 01**


Deformación (%)	Esfuerzo (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.257	0.2772
1.567	0.8105
2.089	1.1630
2.579	1.5313
3.102	1.9309
3.559	2.3054
4.016	2.6820
4.538	3.0628
5.028	3.4034
5.550	3.7220
5.811	3.9378
6.530	4.0727
7.346	3.9235
8.195	3.3964
9.076	2.9811
9.762	2.4841

Altura (h)	(cm)	7.78
Diámetro (f)	(cm)	3.65
Densidad Seca (g <sub>s</sub> )	(g/cm <sup>3</sup> )	1.45
Contenido de Humedad (w)	(%)	14.49
Velocidad del Ensayo	(cm/min)	0.90


**CURVA DE COMPRESION**




**RESULTADO**  
**q<sub>u</sub> = 4.073g/cm<sup>2</sup>**



Rafael Alfonso Herrera Lázaro  
INGENIERO CIVIL  
REG. COG. Nº 15007



Nota. Extraído del Laboratorio “KAE Ingeniería”.



Control de Calidad en Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto. Perfiles y Expedientes Técnico  
Prestación de Servicios Generales

Registro Indecopi N° 028979-2021/DSD

---

<b>TESIS</b>	: DISEÑO DE ESTABILIZACIÓN DE SUELOS DE SUBRASANTE, CON CAL Y CEMENTO APLICADA A LA AV. LOS PESCADORES - DISTRITO DE CHIMBOTE	<b>REGISTRO N°:</b>	CC-ESS-CBR-03
<b>SOLICITA</b>	: XIOMI MAYLY SANCHEZ NIZAMA	<b>PÁGINA N°:</b>	01 de 03
<b>UBICACIÓN</b>	: Distrito: Chimbote ; Provincia: Santa ; Departamento: Ancash	<b>FECHA:</b>	18/06/2022

**ENSAYO DE COMPRESION NO CONFINADA**  
(ASTM - D2166)

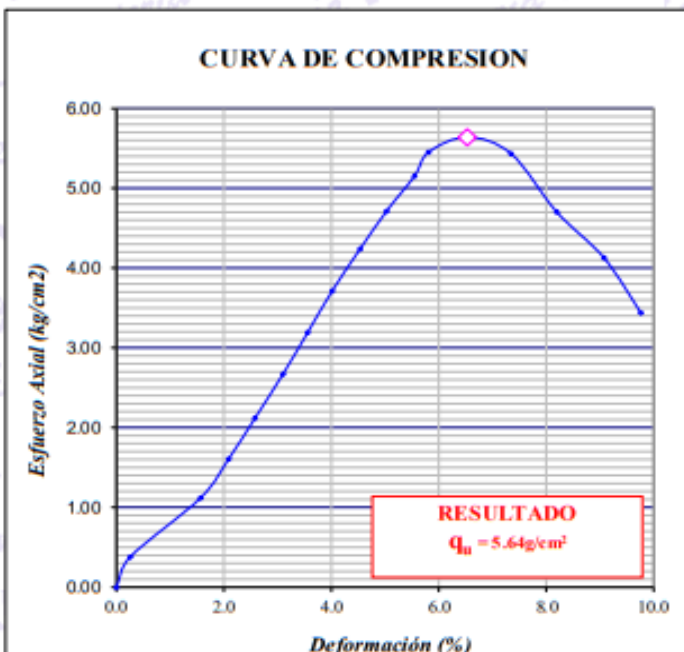
**Perforación** : Molde CBR 7%  
**Clasificación (SUCS)** : SP-SM


Deformación (%)	Esfuerzo (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.257	0.3802
1.567	1.1193
2.089	1.6078
2.579	2.1181
3.102	2.6719
3.559	3.1910
4.016	3.7129
4.538	4.2406
5.028	4.7126
5.550	5.1541
5.811	5.4532
6.530	5.6402
7.346	5.4335
8.195	4.7030
9.076	4.1275
9.762	3.4386

**ESPECIMEN 01**


Altura (h)	(cm)	7.78
Diámetro (f)	(cm)	3.65
Densidad Seca (g <sub>s</sub> )	(g/cm <sup>3</sup> )	1.52
Contenido de Humedad (w)	(%)	14.49
Velocidad del Ensayo	(cm/min)	0.90

**CURVA DE COMPRESION**






**Vicent Alfonso Herrera Lázaro**  
INGENIERO CIVIL  
REG. CIV. N° 114067



Nota. Extraído del Laboratorio “KAE Ingeniería”.

**Anexo H Ensayo de análisis granulométrico – límites de Atteberg**  
**(suelo patrón + 3%, 5% y 8.5% cal)**



**Control de Calidad en Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto. Perfiles y Expedientes Técnicos**  
**Prestación de Servicios Generales**

**Registro Indecopi N° 028979-2021/DSD**

---

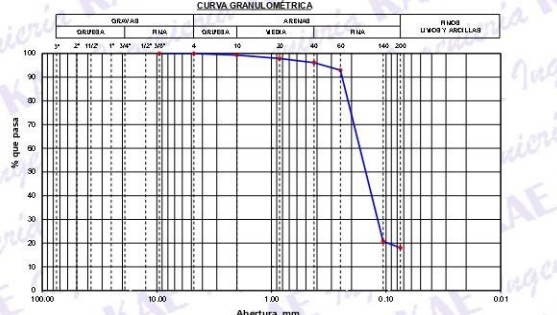
<b>TESIS :</b> <u>DISEÑO DE ESTABILIZACIÓN DE SUELOS DE SUBRASANTE, CON CAL Y CEMENTO APLICADA A LA</u> <u>AV. LOS PESCADORES – DISTRITO DE CHIMBOTE</u>	<b>REGISTRO N°:</b> <u>CC-ESS-GRA-08</u>
<b>SOLICITA:</b> <u>XIOMI MAY LY SANCHEZ NIZAMA</u>	<b>PÁGINA N°:</b> <u>01 de 01</u>
<b>UBICACIÓN:</b> <u>Distrito: Chimbote ; Provincia: Santa ; Departamento: Ancash</u>	<b>FECHA:</b> <u>19/06/2022</u>

**ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO**  
 (ASTM D6913, MTC E107, NTP-339-128)

Datos de Muestra		Peso de Muestra		% Gravas, Arena y Finos		Coef. Uniformidad y Curvatura		Clasificación SUCS	
Muestra :	Patrón + 3% Cal	Peso Inicial Seco (gr) =	515.0	Grava (No.4 < Diam < 3") =	0.04%	D60 (mm) =	0.17	SM (Arena Limosa)	
		Peso Mat. < N°4 (gr) =	514.8	Arena (No.200 < Diam < No.4) =	81.94%	D30 (mm) =	0.12	Clasificación SUCS	
		Peso de Fracción (gr) =	514.8	Finos (Diam < No.200) =	18.02%	D10 (mm) =	---	A-2-4 (0)	

ABERTURA (mm)	TAMIZ	PESO RETENIDO (gr)	RETENIDO PARCIAL %	RETENIDO ACUMULADO %	PASA %
75.000	3"				
50.000	2"				
37.500	1 1/2"				
25.000	1"				
19.000	3/4"				
12.500	1/2"				
9.500	3/8"	0	0.0	0.0	100.00
4.750	N° 4	0	0.0	0.0	99.96
2.000	N° 10	3.50	0.7	0.7	99.28
0.850	N° 20	7.30	1.4	2.1	97.86
0.425	N° 40	8.90	1.7	3.9	96.13
0.250	N° 60	16.40	3.2	7.1	92.95
0.106	N° 140	371.80	72.2	79.2	20.76
0.075	N° 200	14.10	2.7	82.0	18.02
	FONDO	92.80	18.0	100.0	

CURVA GRANULOMÉTRICA

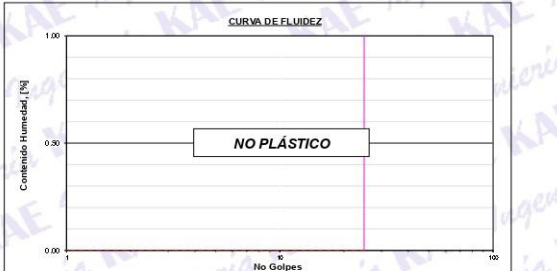


**ENSAYO LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO**  
 (ASTM D4318, NTP-339-129, MTC E110, MTC E111)

LÍMITE LÍQUIDO	
N° Tarro	
Peso de Tarro + Suelo Húmedo	gr.
Peso Tarro + Suelo Seco	gr.
Peso De Agua	gr.
Peso Del Tarro	gr. <b>NO PRESENTA</b>
Peso Del Suelo Seco	gr.
Contenido De Humedad	%
Numero De Golpes	N°

LÍMITE PLÁSTICO	
N° Tarro	
Peso de Tarro + Suelo Húmedo	gr.
Peso Tarro + Suelo Seco	gr.
Peso De Agua	gr. <b>NO PLÁSTICO</b>
Peso Del Tarro	gr.
Peso Del Suelo Seco	gr.
Contenido De Humedad	%

CURVA DE FLUIDEZ




Limite Líquido **N.P.**

Limite Plástico **N.P.**


Índice Plasticidad **N.P.**

**CONTENIDO DE HUMEDAD DE MUESTRA INTEGRAL**  
 (ASTM - D2216)

Procedimiento - Metodo "A"	Tara N°
Peso Tara	gr. - -
Peso Tara + Suelo Húmedo	gr. - -
Peso Tara + Suelo Seco	gr. - -
Peso Agua	gr. - -
Peso Suelo Seco	gr. - -
Contenido de Humedad	% - -
Contenido de Humedad Promedio	% - -



**Víctor Alfonso Herrera Lázaro**  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. COF. N° 015007



**Pje. Fátima - Mz. Y', Lt. 1A - P.J. Miraflores Alto - Chimbote**  
**Celular: 954444061 - 969785163; Email: kaeingenieria@gmail.com**

Nota. Extraído del Laboratorio “KAE Ingeniería”.



Control de Calidad en Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto. Perfiles y Expedientes Técnicos  
Prestación de Servicios Generales

KAE Ingeniería

Registro Indecopi N° 028979-2021/DSD

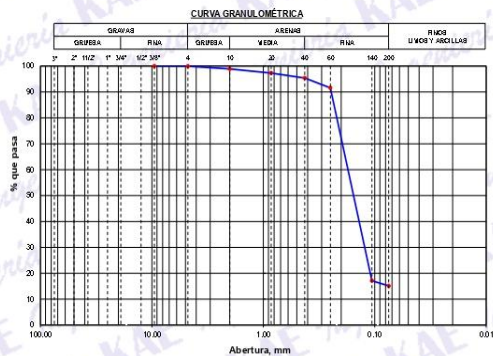
TESES :	DISEÑO DE ESTABILIZACIÓN DE SUELOS DE SUBRASANTE, CON CAL Y CEMENTO APLICADA A LA	REGISTRO N°:	CC-ESS-GRA-09
	AV. LOS PESCADORES – DISTRITO DE CHIMBOTE	PÁGINA N°:	01 de 01
SOLICITA:	XIOMI MAY LY SANCHEZ NIZAMA		
UBICACIÓN:	Distrito: Chimbote, Provincia: Santa, Departamento: Ancash	FECHA:	19/06/2022

**ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO**

(ASTM D6913, MTC E107, NTP-339-128)

Datos de Muestra	Peso de Muestra	% Grav. Arena y Finos	Coef. Uniformidad y Curvatura	Clasificación SUCS
Muestra : Patrón + 5% Cal	Peso Inicial Seco (gr) = 525.0 Peso Mat. < N°4 (gr) = 524.7 Peso de Fracción (gr) = 524.4	Grava (No.4 < Diam < 3") = 0.06% Arena (No.200 < Diam < No.4) = 84.83% Finos (Diam < No.200) = 15.11%	D60 (mm) = 0.17 D30 (mm) = 0.12 D10 (mm) = --	SM (Arena Limosa) Clasificación SUCS A-2-4 (0)

ABERTURA (mm)	TAMIZ	RETO EN EL TAMIZ (gr)	RETENIDO PARCIAL%	RETENIDO ACUMULADO %	PASA %
75.000	3"				
50.000	2"				
37.500	1 1/2"				
25.000	1"				
19.000	3/4"				
12.500	1/2"				
9.500	3/8"	0	0.0	0.0	100.00
4.750	N° 4	0	0.1	0.1	99.94
2.000	N° 10	5.50	1.0	1.1	98.89
0.850	N° 20	8.40	1.6	2.7	97.29
0.425	N° 40	10.00	1.9	4.6	95.38
0.250	N° 60	19.90	3.8	8.4	91.59
0.106	N° 140	390.70	74.5	82.9	17.13
0.075	N° 200	10.60	2.0	84.9	15.11
	FONDO	79.30	15.1	100.0	



**ENSAYO LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO**

(ASTM D4318, NTP-339-129, MTC E110, MTC E111)

LÍMITE LÍQUIDO	
N° Tarro	
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.
Peso de Tarro + Suelo Seco	gr.
Peso De Agua	gr.
Peso Del Tarro	gr.
Peso Del Suelo Seco	gr.
Contenido De Humedad	%
Numero De Golpes	N°
LÍMITE PLÁSTICO	
N° Tarro	
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.
Peso de Tarro + Suelo Seco	gr.
Peso De Agua	gr.
Peso Del Tarro	gr.
Peso Del Suelo Seco	gr.
Contenido De Humedad	%



Límite Líquido N.P.  
Límite Plástico N.P.  
Índice Plasticidad N.P.

**CONTENIDO DE HUMEDAD DE MUESTRA INTEGRAL**

(ASTM - D2216)

Procedimiento - Metodo "A"	Tara N°	
	-	-
Peso Tara	gr.	-
Peso Tara + Suelo Humedo	gr.	-
Peso Tara + Suelo Seco	gr.	-
Peso Agua	gr.	-
Peso Suelo Seco	gr.	-
Contenido de Humedad	%	-
Contenido de Humedad Promedio	%	-

**KAE Ingeniería**  
Miguel Alfonso Herrera Lázaro  
INGENIERO CIVIL  
REG. C.I.F. N° 116067



Pje. Fátima - Mz. Y, Lt. 1A - P.J. Miraflores Alto - Chimbote  
Celular: 954444061 - 969785163; Email: kaeingenieria@gmail.com

Nota. Extraído del Laboratorio "KAE Ingeniería".



**KAE Ingeniería**

Control de Calidad en Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto. Perfiles y Expedientes Técnicos  
Prestación de Servicios Generales

Registro Indecopi N° 028979-2021/DSD

TESIS :	DISEÑO DE ESTABILIZACIÓN DE SUELOS DE SUBRASANTE, CON CAL Y CEMENTO APLICADA A LA	REGISTRO N°:	CC-ESS-GR-10
	AV. LOS PESCADORES – DISTRITO DE CHIMBOTE	PÁGINA N°:	01 de 01
SOLICITA:	XIOMI MAY LY SANCHEZ NIZAMA		
UBICACIÓN:	Distrito: Chimbote ; Provincia: Santa ; Departamento: Ancash	FECHA:	19/06/2022

**ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO**

(ASTM D6913, MTC E107, NTP-339-128)

Datos de Muestra		Peso de Muestra		% Gravas, Arena y Finos		Coef. Uniformidad y Curvatura		Clasificación SUCS	
Muestra :	Patrón + 8.5% Cal	Peso Inicial Seco (gr) =	542.5	Grava (No.4 < Diam < 3") =	0.04%	D60 (mm) =	0.17	SM (Arena Limosa)	
		Peso Mat. < N°4 (gr) =	542.3	Arena (No.200 < Diam < No.4) =	78.90%	D30 (mm) =	0.11	Clasificación SUCS	
		Peso de Fracción (gr) =	541.9	Finos (Diam < No.200) =	21.06%	D10 (mm) =	--	A-2-4 (0)	

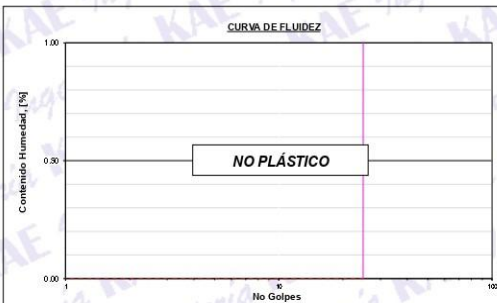
ABERTURA (mm)	TAMIZ	PESO RETENIDO (gr)	RETENIDO PARCIAL%	RETENIDO ACUMULADO %	PASA %
75.000	3"				
50.000	2"				
37.500	1 1/2"				
25.000	1"				
19.000	3/4"				
12.500	1/2"				
9.500	3/8"	0	0.0	0.0	100.00
4.750	N° 4	0	0.0	0.0	99.96
2.000	N° 10	10.00	1.8	1.9	98.12
0.850	N° 20	10.50	1.9	3.8	96.18
0.425	N° 40	11.10	2.0	5.9	94.13
0.250	N° 60	18.10	3.3	9.2	90.79
0.106	N° 140	364.20	67.2	76.4	23.61
0.075	N° 200	13.80	2.5	78.9	21.06
	FONDO	114.20	21.1	100.0	



**ENSAYO LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO**

(ASTM D4318, NTP-339-129, MTC E110, MTC E111)

LÍMITE LÍQUIDO	
N° Tarro	
Peso de Tarro + Suelo Húmedo	gr.
Peso Tarro + Suelo Seco	gr.
Peso De Agua	gr.
Peso Del Tarro	gr. <b>NO PRESENTA</b>
Peso Del Suelo Seco	gr.
Contenido De Humedad	%
Numero De Golpes	N°
LÍMITE PLÁSTICO	
N° Tarro	
Peso de Tarro + Suelo Húmedo	gr.
Peso Tarro + Suelo Seco	gr.
Peso De Agua	gr. <b>NO PLÁSTICO</b>
Peso Del Tarro	gr.
Peso Del Suelo Seco	gr.
Contenido De Humedad	%



Límite Líquido N.P.  
Límite Plástico N.P.  
Índice Plasticidad N.P.

**CONTENIDO DE HUMEDAD DE MUESTRA INTEGRAL**

(ASTM - D2216)

Procedimiento - Metodo "A"	Tara N°	
	-	-
Peso Tara	gr.	-
Peso Tara + Suelo Húmedo	gr.	-
Peso Tara + Suelo Seco	gr.	-
Peso Agua	gr.	-
Peso Suelo Seco	gr.	-
Contenido de Humedad	%	-
Contenido de Humedad Promedio	%	-

*[Handwritten Signature]*  
Victor Alfonso Herrera Lazaro  
INGENIERO CIVIL  
REG. CIP N° 16067


**KAE INGENIERIA**  
V.B.O.  
GERENCIA

Pje. Fátima - Mz. Y, Lt. 1A - P.J. Miraflores Alto - Chimbote  
Celular: 954444061 - 969785163; Email: kaeingenieria@gmail.com

Nota. Extraído del Laboratorio "KAE Ingeniería".

## Anexo I Ensayo de compactación – Proctor modificado

(suelo patrón + 3%, 5% y 8.5% cal)



**Control de Calidad en Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto. Perfiles y Expedientes Técnicos**  
Prestación de Servicios Generales

Registro Indecopi N° 028979-2021/DSD

<b>TESIS :</b>	DISEÑO DE ESTABILIZACIÓN DE SUELOS DE SUBRASANTE, CON CAL Y CEMENTO APLICADA A LA AV. LOS PESCADORES – DISTRITO DE CHIMBOTE	<b>REGISTRO N°:</b>	CC-ESS-CBR-01
<b>SOLICITA :</b>	XIOMI MAY LY SANCHEZ NIZAMA	<b>PAGINA N°:</b>	01 de 03
<b>UBICACIÓN :</b>	Distrito: Chimbote ; Provincia: Santa ; Departamento: Ancash	<b>FECHA:</b>	18/06/2022

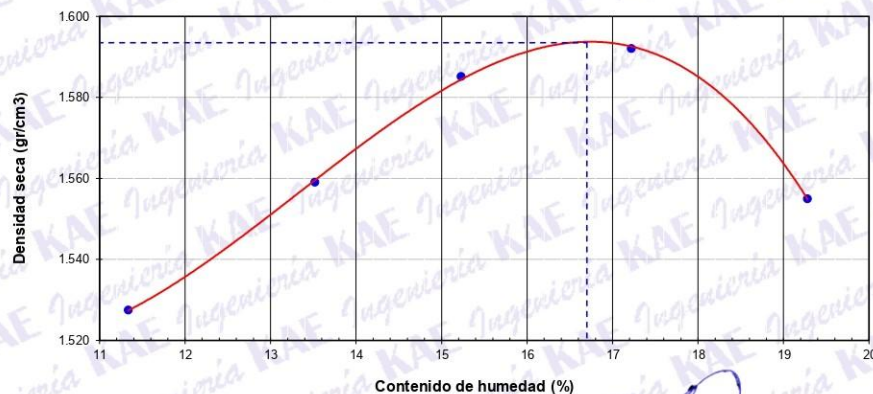
**ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO PARA CBR**  
 ASTM D1557 / ASTM D1883

<b>Datos de la Muestra</b>	
<b>Muestra :</b>	Patrón + 3% Cal
<b>Clasificación (SUCS) :</b>	SM
<b>Clasificación (AASHTO) :</b>	A-2-4 (0)

Peso suelo + molde	gr	6851.00	6996.00	7115.00	7198.00	7174.00
Peso molde	gr	3288.00	3288.00	3288.00	3288.00	3288.00
Peso suelo húmedo compactado	gr	3563.00	3708.00	3827.00	3910.00	3886.00
Volumen del molde	cm <sup>3</sup>	2095.11	2095.11	2095.11	2095.11	2095.11
Peso volumétrico húmedo	gr/cm <sup>3</sup>	1.70	1.77	1.83	1.87	1.85
Recipiente N°		2	16	7	10	11
Peso del suelo húmedo+tara	gr	173.60	195.60	205.30	176.30	198.60
Peso del suelo seco + tara	gr	162.90	180.20	186.40	159.20	176.60
Tara	gr	68.50	66.30	62.30	59.90	62.50
Peso de agua	gr	10.70	15.40	18.90	17.10	22.00
Peso del suelo seco	gr	94.40	113.90	124.10	99.30	114.10
Contenido de agua	%	11.33	13.52	15.23	17.22	19.28
Peso volumétrico seco	gr/cm <sup>3</sup>	1.527	1.559	1.585	1.592	1.555

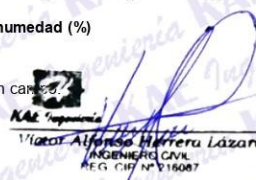
<b>Densidad máxima (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>1.594</b>
<b>Humedad óptima (%)</b>	<b>16.70</b>

**RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD**




**OBSERVACIONES:**

- La muestra fue tomada por el personal tecnico en campo



**Víctor Alfonso Herrera Lázaro**  
INGENIERO CIVIL  
REG. CH. N° 19087



Pje. Fátima - Mz. Y, Lt. 1A - P.J. Miraflores Alto - Chimbote  
Celular: 954444061 - 969785163; Email: kaeingenieria@gmail.com

Nota. Extraído del Laboratorio “KAE Ingeniería”.



**KAE Ingeniería**

Control de Calidad en Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto. Perfiles y Expedientes Técnicos  
Prestación de Servicios Generales

Registro Indecopi N° 028979-2021/DSD

<b>TESIS :</b>	DISEÑO DE ESTABILIZACIÓN DE SUELOS DE SUBRASANTE, CON CAL Y CEMENTO APLICADA A LA AV. LOS PESCADORES – DISTRITO DE CHIMBOTE	<b>REGISTRO N°:</b>	CC-ESS-CBR-01
<b>SOLICITA :</b>	XIOMI MAY LY SANCHEZ NIZAMA	<b>PAGINA N°:</b>	01 de 03
<b>UBICACIÓN :</b>	Distrito: Chimbote ; Provincia: Santa ; Departamento: Ancash	<b>FECHA:</b>	18/06/2022

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

**Datos de la Muestra**

<b>Muestra :</b>	Patrón + 5% Cal	<b>Clasificación (SUCS) :</b>	SM
		<b>Clasificación (AASHTO) :</b>	A-2-4 (0)

Peso suelo + molde	gr	7119.00	7370.00	7471.00	7426.00	
Peso molde	gr	3288.00	3288.00	3288.00	3288.00	
Peso suelo húmedo compactado	gr	3831.00	4082.00	4183.00	4138.00	
Volumen del molde	cm <sup>3</sup>	2095.11	2095.11	2095.11	2095.11	
Peso volumétrico húmedo	gr/cm <sup>3</sup>	1.83	1.95	2.00	1.98	
Recipiente N°		5	14	2	8	
Peso del suelo húmedo+tara	gr	169.80	185.20	285.50	301.20	
Peso del suelo seco + tara	gr	157.10	169.20	252.40	262.10	
Tara	gr	62.80	66.50	65.20	61.70	
Peso de agua	gr	12.70	16.00	33.10	39.10	
Peso del suelo seco	gr	94.30	102.70	187.20	200.40	
Contenido de agua	%	13.47	15.58	17.68	19.51	
Peso volumétrico seco	gr/cm <sup>3</sup>	1.612	1.686	1.697	1.653	
<b>Densidad máxima (gr/cm<sup>3</sup>)</b>					<b>1.700</b>	
<b>Humedad óptima (%)</b>					<b>17.00</b>	

**RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD**



**OBSERVACIONES:**


- La muestra fue tomada por el personal tecnico en campo.

**Alfonso Herrera Lázaro**  
INGENIERO CIVIL  
REG. CIP. N° 116087



Pje. Fátima - Mz. Y', Lt. 1A - P.J. Miraflores Alto - Chimbote  
Celular: 954444061 - 969785163; Email: kaeingenieria@gmail.com

Nota. Extraído del Laboratorio “KAE Ingeniería”.



Control de Calidad en Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto, Perfiles y Expedientes Técnicos  
Prestación de Servicios Generales

Registro Indecopi N° 028979-2021/DSD

---

**TESIS :** DISEÑO DE ESTABILIZACIÓN DE SUELOS DE SUBRASANTE, CON CAL Y CEMENTO APLICADA A LA AV. LOS PESCADORES – DISTRITO DE CHIMBOTE

**SOLICITA :** XIOMI MAY LY SANCHEZ NIZAMA

**UBICACIÓN :** Distrito: Chimbote ; Provincia: Santa ; Departamento: Ancash

**REGISTRO N°:** CC-ESS-CBR-01

**PAGINA N°:** 01 de 03

**FECHA:** 18/06/2022

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

**Datos de la Muestra**

**Muestra :** Patrón + 8.5% CAL **Clasificación (SUCS) :** SM

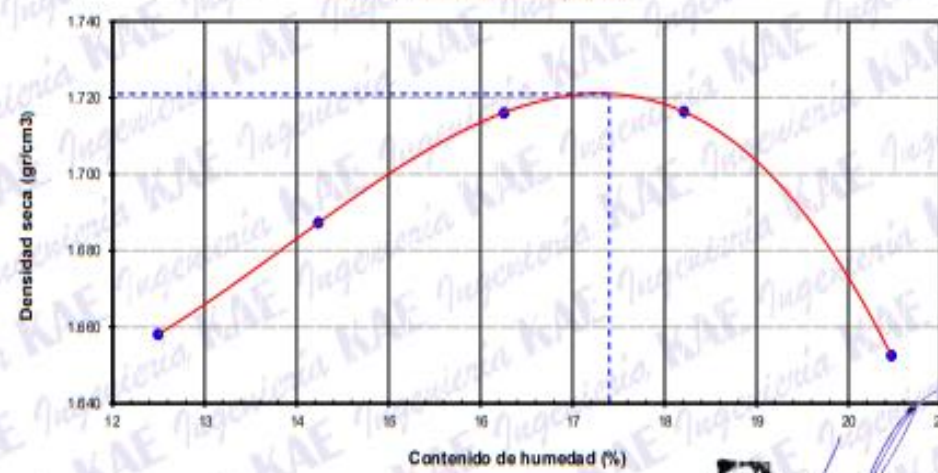
**Clasificación (AASHTO) :** A-2-4(0)

Peso suelo + molde	gr	7238.00	7370.00	7513.00	7585.00	7504.00
Peso molde	gr	3285.00	3285.00	3285.00	3285.00	3285.00
Peso suelo húmedo compactado	gr	3953.00	4085.00	4228.00	4300.00	4219.00
Volumen del molde	cm <sup>3</sup>	2119.34	2119.34	2119.34	2119.34	2119.34
Peso volumétrico húmedo	gr/cm <sup>3</sup>	1.87	1.93	1.99	2.03	1.99
Recipiente N°		5	16	4	28	3
Peso del suelo húmedo + tara	gr	284.40	263.60	286.50	306.20	217.50
Peso del suelo seco + tara	gr	260.10	238.90	254.30	268.30	189.40
Tara	gr	65.60	65.40	56.20	60.20	52.10
Peso de agua	gr	24.30	24.70	32.20	37.90	28.10
Peso del suelo seco	gr	194.50	173.50	198.10	208.10	137.30
Contenido de agua	%	12.49	14.24	16.25	18.21	20.47
Peso volumétrico seco	gr/cm <sup>3</sup>	1.658	1.687	1.716	1.716	1.653

**Densidad máxima (gr/cm<sup>3</sup>)** 1.721


**Humedad óptima (%)** 17.40

**RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD**



**OBSERVACIONES:**


-La muestra fue tomada por el personal técnico en campo.



**Ing. Alfonso Herrera Lázaro**  
Ingeniero Civil  
REG. C. Nº 11667

Nota. Extraído del Laboratorio “KAE Ingeniería”.

**Anexo J Ensayo de valor soporte de california**  
**(suelo patrón + 3%, 5% y 8.5% cal)**



**Control de Calidad en Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto. Perfiles y Expedientes Técnicos**  
**Prestación de Servicios Generales**

**Registro Indecopi N° 028979-2021/DSD**

<b>TESIS :</b>	DISEÑO DE ESTABILIZACIÓN DE SUELOS DE SUBRASANTE, CON CAL Y CEMENTO APLICADA A LA AV. LOS PESCADORES – DISTRITO DE CHIMBOTE	<b>REGISTRO N°:</b>	CC-ESS-CBR-01
<b>SOLICITA :</b>	XIOMI MAYLY SANCHEZ NIZAMA	<b>PAGINA N°:</b>	02 de 03
<b>UBICACIÓN :</b>	Distrito: Chimbote ; Provincia: Santa ; Departamento: Ancash	<b>FECHA:</b>	18/06/2022

**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA**  
ASTM D 1883

**Datos de la Muestra**

Muestra : Patrón + 3% Cal Clasificación (SUCS) : SM  
 Clasificación (AASHTO) : A-2-4 (0)

**CALCULO DE LA RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)**

	1		2		3	
	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Molde N°	1	1	2	2	3	3
Número de capas	5	5	5	5	5	5
Número de golpes	56	56	25	25	10	10
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso suelo + molde (gr.)	11,423	11,686	11,264	11,594	11,274	11,716
Peso molde (gr.)	7,711	7,711	7,645	7,645	7,813	7,813
Peso suelo compactado (gr.)	3,712	3,975	3,619	3,949	3,461	3,903
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2,059	2,059	2,097	2,097	2,115	2,115
Densidad húmeda (gr./cm <sup>3</sup> )	1.803	1.931	1.726	1.883	1.637	1.846
Densidad Seca (gr./cm <sup>3</sup> )	1.545	1.545	1.479	1.479	1.402	1.402

**CONTENIDO DE HUMEDAD**

	1	2	3	4	5	6
Peso de tara (gr.)	68.60	0.00	62.40	0.00	71.30	0.00
Tara + suelo húmedo (gr.)	548.50	3975.00	612.30	3949.00	502.90	3903.00
Tara + suelo seco (gr.)	479.80	3180.61	533.60	3101.06	441.10	2965.43
Peso de agua (gr.)	68.70	794.39	78.70	847.94	61.80	937.57
Peso de suelo seco (gr.)	411.20	3180.61	471.20	3101.06	369.80	2965.43
Humedad (%)	16.71	24.98	16.70	27.34	16.71	31.62


**EXPANSIÓN**

Fecha	Hora	Tiempo Hr	Dial 0.01"		Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
			mm	%	mm	%		mm	%			
NO PRESENTA												


**PENETRACIÓN**

Penetración (pulg.)	Carga Standard (Lb/pulg <sup>2</sup> )	Molde N° 1				Molde N° 2				Molde N° 3			
		Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección	
		lb	lb/pulg <sup>2</sup>	lb/pulg <sup>2</sup>	CBR %	lb	lb/pulg <sup>2</sup>	lb/pulg <sup>2</sup>	CBR %	lb	lb/pulg <sup>2</sup>	lb/pulg <sup>2</sup>	CBR %
0.025		53	17.3			32	10.3			22	7.1		
0.050		197	64.4			113	37.0			79	26.0		
0.075		350	114.5			211	69.0			151	49.4		
0.100	1000	522	170.8	193.0	19.3	314	102.6	119.0	11.9	197	64.4	70.0	7.0
0.150		844	276.0			531	173.5			298	97.4		
0.200	1500	1101	360.0	362.0	24.1	736	240.7	242.0	16.1	406	132.8	131.0	8.7
0.300		1515	495.5			1063	347.8			569	186.1		
0.400		1662	543.6			1161	379.8			551	213.1		
0.500		1825	597.0			1252	409.4			716	234.0		

**OBSERVACIONES:**  
 - La muestra fue tomada por el personal tecnico en campo.



**Victor Alfonso Herrera Lázaro**  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIP N° 15087



**Pje. Fátima - Mz. Y, Lt. 1A - P.J. Miraflores Alto - Chimbote**  
**Celular: 954444061 - 969785163; Email: kaeingenieria@gmail.com**

Nota. Extraído del Laboratorio “KAE Ingeniería”.



Control de Calidad en Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto. Perfiles y Expedientes Técnicos  
Prestación de Servicios Generales

**KAE Ingeniería**

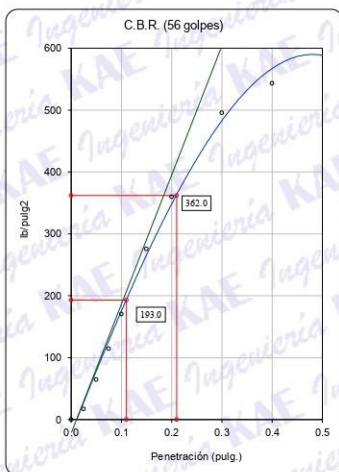
Registro Indecopi N° 028979-2021/DSD

<b>TESIS :</b>	DISEÑO DE ESTABILIZACIÓN DE SUELOS DE SUBRASANTE, CON CAL Y CEMENTO APLICADA A LA AV. LOS PESCADORES – DISTRITO DE CHIMBOTE	<b>REGISTRO N°:</b>	CC-ESS-CBR-01
<b>SOLICITA :</b>	XIOMI MAY LY SANCHEZ NIZAMA	<b>PAGINA N°:</b>	03 de 03
<b>UBICACIÓN :</b>	Distrito: Chimbote; Provincia: Santa; Departamento: Ancash	<b>FECHA:</b>	18/06/2022

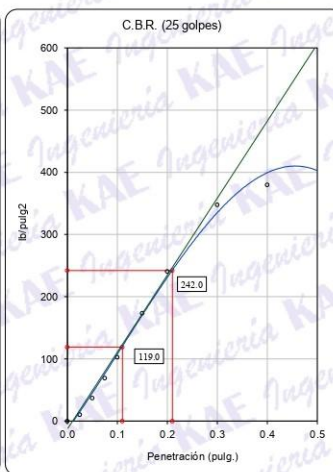
**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA**  
ASTM D1883

**Datos de la Muestra**

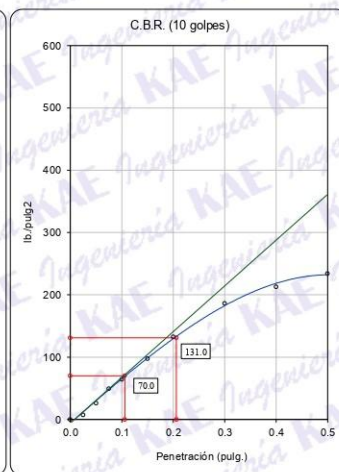
Muestra : Patrón + 3% Cal      Clasificación (SUCS) : SM      Máxima Densidad Seca : 1.594 gr/cm<sup>3</sup>  
Clasificación (AASHTO) : A-2-4 (0)      Máxima Densidad Seca al 95% : 1.514 gr/cm<sup>3</sup>



C.B.R. (0.1") 56 GOLPES : 19.3%

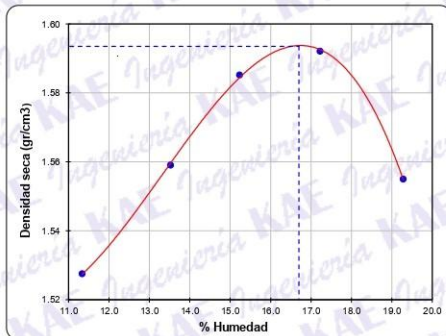


C.B.R. (0.1") 25 GOLPES : 11.9%



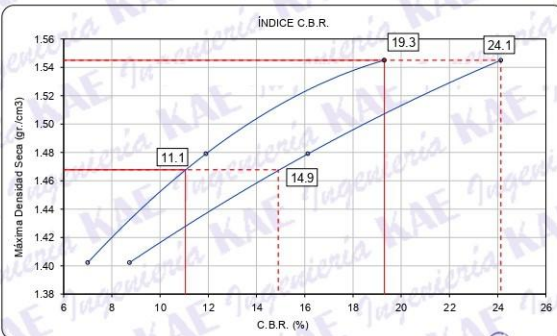
C.B.R. (0.1") 12 GOLPES : 7.0%

**CURVA DE COMPACTACIÓN - ASTM D1557**



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1" : 19.3%  
C.B.R. ( 95% M.D.S.) 0.1" : 11.1%

**CURVA CBR Vs DENSIDAD SECA**



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2" : 24.1%  
C.B.R. ( 95% M.D.S.) 0.2" : 14.9%

**OBSERVACIONES:**

- La muestra fue tomada por el personal tecnico en campo.

**KAE Ingeniería**  
Walter Alfonso Herrera Lázaro  
INGENIERO CIVIL  
REG. CIP N° 16067



Pje. Fátima - Mz. Y, Lt. 1A - P.J. Miraflores Alto - Chimbote  
Celular: 954444061 - 969785163; Email: kaeingenieria@gmail.com

Nota. Extraído del Laboratorio "KAE Ingeniería".





Control de Calidad en Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto. Perfiles y Expedientes Técnicos  
Prestación de Servicios Generales

**KAE Ingeniería**

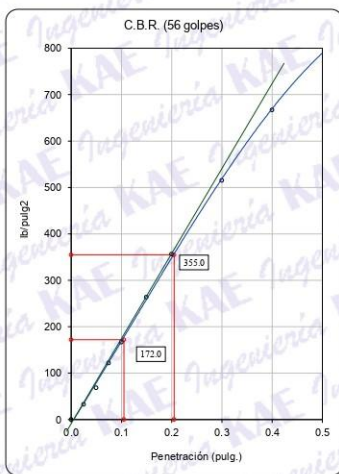
Registro Indecopi N° 028979-2021/DSD

<b>TESIS :</b>	DISEÑO DE ESTABILIZACIÓN DE SUELOS DE SUBRASANTE, CON CAL Y CEMENTO APLICADA A LA AV. LOS PESCADORES – DISTRITO DE CHIMBOTE	<b>REGISTRO N°:</b>	CC-ESS-CBR-01
<b>SOLICITA :</b>	XIOMI MAY LY SANCHEZ NIZAMA	<b>PAGINA N°:</b>	03 de 03
<b>UBICACIÓN :</b>	Distrito: Chimbote; Provincia: Santa; Departamento: Ancash	<b>FECHA:</b>	18/06/2022

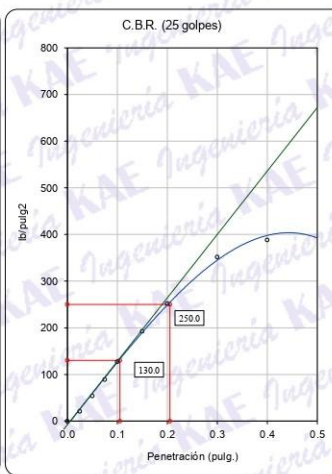
**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA**  
ASTM D 1883

**Datos de la Muestra**

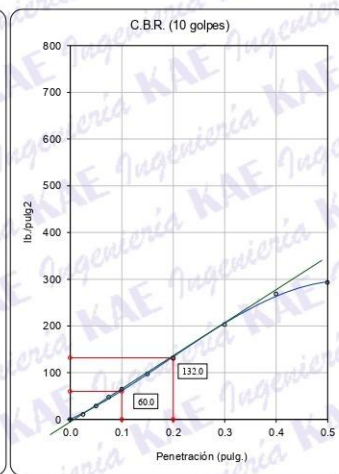
Muestra : Patrón + 5% Cal      Clasificación (SUCS) : SM      Máxima Densidad Seca : 1.700 gr/cm<sup>3</sup>  
Clasificación (AASHTO) : A-2-4 (0)      Máxima Densidad Seca al 95% : 1.615 gr/cm<sup>3</sup>



C.B.R. (0.1") 56 GOLPES : 17.2%

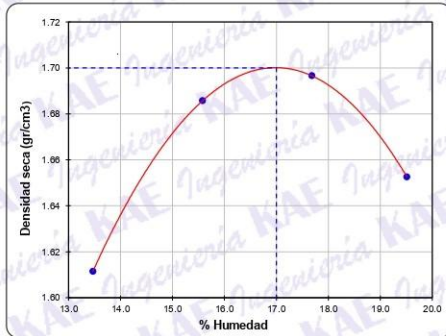


C.B.R. (0.1") 25 GOLPES : 13.0%



C.B.R. (0.1") 12 GOLPES : 6.0%

**CURVA DE COMPACTACIÓN - ASTM D1557**



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1" : 17.2%  
C.B.R. ( 95% M.D.S.) 0.1" : 13.5%

**CURVA CBR Vs DENSIDAD SECA**



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2" : 23.7%  
C.B.R. ( 95% M.D.S.) 0.2" : 17.5%

**OBSERVACIONES:**


- La muestra fue tomada por el personal tecnico en cam

**KAE Ingeniería**  
Vladimir Alfonso Herrera Lázaro  
INGENIERO CIVIL  
REG. CIP. N° 216087



Pje. Fátima - Mz. Y, Lt. 1A - P.J. Miraflores Alto - Chimbote  
Celular: 954444061 - 969783163; Email: kaeingenieria@gmail.com

Nota. Extraído del Laboratorio "KAE Ingeniería".



**Control de Calidad en Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto. Perfiles y Expedientes Técnicos**  
Prestación de Servicios Generales

**Registro Indecopi N° 028979-2021/DSD**

---

<b>TESIS :</b>	DISEÑO DE ESTABILIZACIÓN DE SUELOS DE SUBRASANTE, CON CAL Y CEMENTO APLICADA A LA AV. LOS PESCADORES – DISTRITO DE CHIMBOTE	<b>REGISTRO N°:</b>	CC-ESS-CBR-01
<b>SOLICITA :</b>	XIOMI MAYLY SANCHEZ NIZAMA	<b>PAGINA N°:</b>	02 de 03
<b>UBICACIÓN :</b>	Distrito: Chimbote ; Provincia: Santa ; Departamento: Ancash	<b>FECHA:</b>	18/06/2022

**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA**  
ASTM D 1883

**Datos de la Muestra**

Muestra : Patrón + 8.5% CAL	Clasificación (SUCS) : SM
	Clasificación (AASHTO) : A-2-4 (0)

**CALCULO DE LA RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)**

	1		2		3	
	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Molde N°						
Número de capas	5		5		5	
Número de golpes	56		25		10	
Condición de la muestra						
Peso suelo + molde (gr.)	10,816	10,913	10,967	11,151	10,967	11,231
Peso molde (gr.)	6,761	6,761	7,486	7,486	7,547	7,547
Peso suelo compactado (gr.)	4,055	4,152	3,481	3,665	3,420	3,684
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2,105	2,105	1,902	1,902	2,083	2,083
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	1,926	1,972	1,830	1,927	1,641	1,768
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1,641	1,641	1,559	1,559	1,398	1,398

**CONTENIDO DE HUMEDAD**

	1	2	3
Peso de tara (gr.)	63.90	0.00	66.90
Tara + suelo húmedo (gr.)	475.40	4152.00	501.20
Tara + suelo seco (gr.)	414.40	3453.89	436.80
Peso de agua (gr.)	61.00	698.11	64.40
Peso de suelo seco (gr.)	350.50	3453.89	369.90
Humedad (%)	17.40	20.21	17.41


**EXPANSIÓN**


Fecha	Hora	Tiempo Hr	Dial 0.01"		Expansión		Dial	Expansión	
			mm	%	mm	%		mm	%
NO PRESENTA									

**PENETRACIÓN**

Penetración (pulg.)	Carga Standard (Lb/pulg <sup>2</sup> )	Molde N° 1				Molde N° 2				Molde N° 3			
		Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección	
		lb	lb/pulg <sup>2</sup>	lb/pulg <sup>2</sup>	CBR %	lb	lb/pulg <sup>2</sup>	lb/pulg <sup>2</sup>	CBR %	lb	lb/pulg <sup>2</sup>	lb/pulg <sup>2</sup>	CBR %
0.025		171	55.8			118	38.5			65	21.3		
0.050		369	120.7			235	76.8			122	39.8		
0.075		549	179.5			367	120.1			175	57.3		
0.100	1000	728	238.0	245.0	<b>24.5</b>	502	164.1	166.0	<b>16.6</b>	254	83.0	80.0	<b>8.0</b>
0.150		1011	330.7			734	240.0			359	117.6		
0.200	1500	1227	401.4	400.0	<b>26.7</b>	912	298.2	300.0	<b>20.0</b>	471	154.1	150.0	<b>10.0</b>
0.300		1472	481.3			1205	394.1			650	212.6		
0.400		1599	523.0			1422	465.2			779	254.9		
0.500		1709	559.1			1532	501.2			886	289.6		

**OBSERVACIONES:**  
- La muestra fue tomada por el personal tecnico en campo.

  
**Yvonne Herrera Lázaro**  
 INGENIERA CIVIL  
 REG. CIP N° 16067



---

**Pje. Fátima - Mz. Y, Lt. 1A - P.J. Miraflores Alto - Chimbote**  
**Celular: 954444061 - 969785163; Email: kaeingenieria@gmail.com**

Nota. Extraído del Laboratorio “KAE Ingeniería”.



Control de Calidad en Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto. Perfiles y Expedientes Técnicos  
Prestación de Servicios Generales

**KAE Ingeniería**

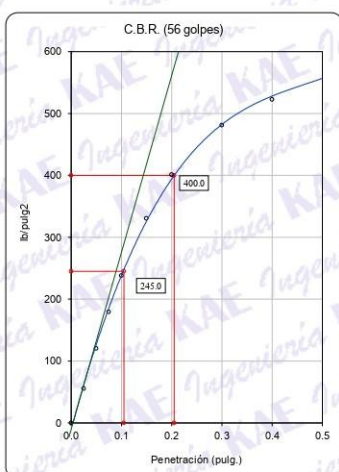
Registro Indecopi N° 028979-2021/DSD

<b>TESIS :</b>	DISEÑO DE ESTABILIZACIÓN DE SUELOS DE SUBRASANTE, CON CAL Y CEMENTO APLICADA A LA AV. LOS PESCADORES – DISTRITO DE CHIMBOTE	<b>REGISTRO N°:</b>	CC-ESS-CBR-01
<b>SOLICITA :</b>	XIOMI MAYLY SANCHEZ NIZAMA	<b>PAGINA N°:</b>	03 de 03
<b>UBICACIÓN :</b>	Distrito: Chimbote; Provincia: Santa; Departamento: Ancash	<b>FECHA:</b>	18/06/2022

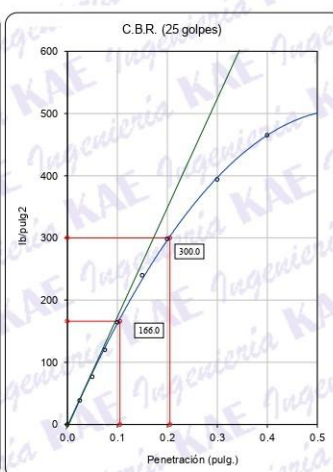
**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA**  
ASTM D1883

**Datos de la Muestra**

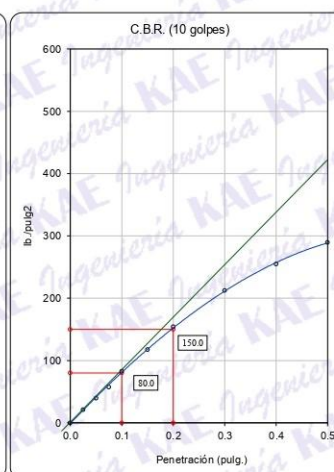
<b>Muestra :</b>	Patrón + 8.5% CAL	<b>Clasificación (SUCS) :</b>	SM	<b>Máxima Densidad Seca :</b>	1.641 gr/cm <sup>3</sup>
		<b>Clasificación (AASHTO) :</b>	A-2-4 (0)	<b>Máxima Densidad Seca al 95% :</b>	1.559 gr/cm <sup>3</sup>



C.B.R. (0.1") 56 GOLPES : 24.5%

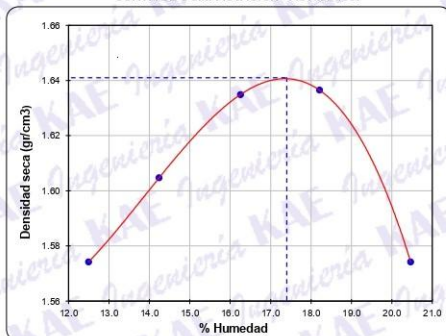


C.B.R. (0.1") 25 GOLPES : 16.6%



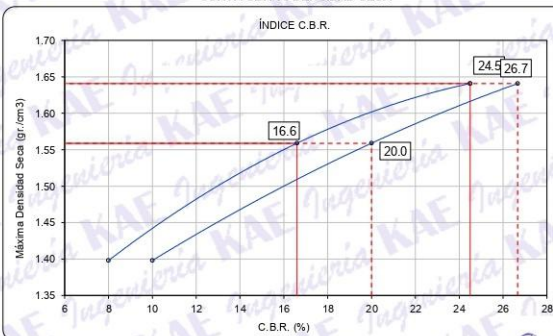
C.B.R. (0.1") 12 GOLPES : 8.0%

**CURVA DE COMPACTACIÓN - ASTM D1557**



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1": 24.5%  
C.B.R. ( 95% M.D.S.) 0.1": 16.6%

**CURVA CBR Vs DENSIDAD SECA**



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2": 26.7%  
C.B.R. ( 95% M.D.S.) 0.2": 20.0%

**OBSERVACIONES:**

- La muestra fue tomada por el personal tecnico en cam

**KAE Ingeniería**  
Vladimir Alfonso Herrera Lázaro  
INGENIERO CIVIL  
REG. CH. N° 16087



Pje. Fátima - Mz. Y - Lt. 1A - P.J. Miraflores Alto - Chimbote  
Celular: 954444061 - 969783163; Email: kaeingenieria@gmail.com

Nota. Extraído del Laboratorio "KAE Ingeniería".