



# UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

## FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL INGENIERÍA CIVIL

“Adición de concha de abanico triturado como elemento estabilizador en suelos arenosos en la Avenida Umanmarca, Villa el Salvador 2020”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

**AUTOR:**

Anticona Castro, Junior (ORCID: 0000-0002-3345-1997)

**ASESOR:**

Dr. Cancho Zúñiga, Gerardo Enrique (ORCID: 0000-0002-0684-5114)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de Infraestructura Vial

LIMA - PERÚ

2020

## **DEDICATORIA**

El presente Proyecto está dedicado a mis padres Alfredo Anticona Velázquez y Matilde Castro Meléndres, a mis hermanos Rosy, Cinthya, Müller, Karen y Jennifer quienes siempre me apoyaron de manera incondicional en el cumplimiento y la realización de mis proyectos y metas.

## **AGRADECIMIENTO**

Un gentil agradecimiento a los docentes de esta casa de estudios la Universidad César Vallejo de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil por la formación eficiente brindada.

A mi asesor Dr. CANCHO ZÚÑIGA, Gerardo Enrique quien es nuestro tutor y guía para la elaboración de la presente investigación.

A mis compañeros de estudio, trabajo y amistades por su colaboración.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA .....	i
DEDICATORIA .....	ii
AGRADECIMIENTO .....	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	iv
ÍNDICE DE TABLAS .....	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	v
RESUMEN.....	vi
ABSTRACT .....	vii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	2
III. METODOLOGÍA.....	17
3.1. Tipo y Diseño de Investigación .....	17
3.2. Variables, Operacionalización .....	17
3.3. Población y muestra.....	18
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	18
3.5. Procedimientos .....	19
3.6. Métodos de análisis de datos .....	19
3.7. Aspectos éticos.....	20
IV. RESULTADOS.....	20
V. DISCUSIÓN .....	29
VI. CONCLUSIONES.....	33
VII. RECOMENDACIONES.....	34
REFERENCIAS .....	35
ANEXOS .....	39

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Clasificación de los suelos de acuerdo al tamaño de partículas.....	7
Tabla 2 : Sub rasantes por categorías.....	8
Tabla 3: Clasificación del suelo de acuerdo a su índice de plasticidad.....	13
Tabla 4: Información de calicata ejecutada.....	22
Tabla 5: Resultados del análisis granulométrico por tamizado.....	22
Tabla 6: Resumen de resultados del suelo.....	23
Tabla 7: Porcentajes evaluadas de las mezclas en el presente estudio.....	23
Tabla 8: Fuentes consideradas y sus características.....	24
Tabla 9: Resultados del límite de Atterberg, la máxima densidad seca y la humedad óptimo de las diferentes mezclas.....	25
Tabla 10: Resultados de CBR de las diferentes mezclas.....	27
Tabla 11: Valores CBR al 100% de la máxima densidad seca a una carga de 2.5 mm (1") de penetración.....	27

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: División por zonas villa el Salvador.....	21
Figura 2: Relación de la máxima densidad seca vs humedad óptima.....	25
Figura 3: Curva de la máxima densidad seca.....	26
Figura 4: Curva de la humedad óptima.....	26
Figura 5: Curva de CBR.....	28
Figura 6: Gráfico del porcentaje de concha de abanico triturado - CBR.....	28
Figura 7: Gráfico comparativo de la máxima densidad seca.....	30
Figura 8: Gráfico comparativo de la humedad óptima.....	31
Figura 9: Cuadro Comparativo del CBR.....	32

## RESUMEN

El presente informe de investigación evalúa las propiedades físico mecánicas del suelo arenoso natural y el suelo arenoso adicionado con diferentes porcentajes de concha de abanico triturado a nivel de subrasante; así mismo, se busca conocer el comportamiento de las mezclas variando la cantidad de adición de concha de abanicos triturado.

Se empleó el método observacional, con la concha de abanico triturada entre 2 a 19.1 milímetros, se realizaron 4 mezclas por combinación del 10%, 25%, 50% y 70% cumpliendo con el uso granulométrico de la norma ASTM D-1241.

Los resultados del estudio muestran que el uso de concha de abanico triturado en suelos arenosos a nivel de subrasante incrementa la resistencia, disminuye la permeabilidad y reduce la compresibilidad del suelo. Se concluye que si es viable la utilización de concha de abanico triturado como un elemento estabilizador en suelos arenosos a nivel de subrasante.

**Palabras claves:** Estabilización de suelos, concha de abanico, propiedades físicas mecánicas del suelo.

## **ABSTRACT**

This research report evaluates the physical-mechanical properties of natural sandy soil and added sandy soil with different percentages of crushed scallop at the subgrade level; Likewise, we seek to know the behavior of the mixtures by varying the amount of addition of crushed scallop.

The observational method was used, with the crushed fan shell between 2 to 19.1 millimeters, 4 mixtures were made by combining 10%, 25%, 50% and 70%, complying with the granulometric use of the ASTM D-1241 standard.

The results of the study show that the use of crushed scallop on sandy soils at the subgrade level increases resistance, decreases permeability and reduces soil compressibility. It is concluded that the use of crushed scallop as a stabilizing element in sandy soils at the subgrade level is feasible.

**Keywords:** Soil stabilization, scallop, physical mechanical properties of the soil.

## I. INTRODUCCIÓN

A nivel internacional desde la dinastía Chou, 1000 A. C. hay recomendaciones para poder construir caminos, luego en el siglo XVII aparecen los primeros aportes literarios sobre ingeniería de suelos y ya en el siglo VIII el cual marca el comienzo de la ingeniería civil, cuando la ciencia es tomado como fundamento para el del diseño estructural. <sup>1</sup>

En el Perú los caminos y carreteras se ven afectadas en su gran mayoría a causa del efecto de la napa freática presenta en sus sub rasantes; y estos problemas casi en su mayoría aun no cuentan con alternativas de solución previstas; en la avenida Umanmarca se realiza mantenimiento de forma periódica, sin embargo la capa superficial se encuentra afectada con la presencia de ahuellamientos y baches de forma continua lo cual se convierte en pesadilla para los usuarios y la población aledaña.

El estado deficiente en el cual se encuentra la vía, es debido principalmente al pobre comportamiento de la subrasante, y su baja calidad en cuanto a soporte esto por ser un suelo arenoso, a su vez el suelo arenosa presenta sensibilidad frente a la humedad el cual produce variaciones volumétricas. Los cambios que se dan con el volumen de un suelo pueden producir grandes daños a cualquier tipo de estructura que se instale sobre él, por ello para realizar un mejor mantenimiento o construir un pavimento se debe buscar soluciones alternativas mediante una estabilización para la mejora de sus propiedades mecánicas y su comportamiento ante cargas; normalmente la subrasante otorga la respuesta estructural ya que los mayores porcentajes de deflexiones que se dan en la superficie son atribuibles por la subrasante por ello la subrasante deberá de tener una caracterización apropiada.

El sector de infraestructura vial forma parte de un intercambio de productos y movilización de personas; debido a ello hay variedad de investigaciones y normas que quieren establecer mejoras en su funcionabilidad, comúnmente en varias de estas obras es habitual encontrar suelos blandos e inestables por sus mecanismos; las cuales cuando se desea construir algún tipo de vía o camino necesitan ser reemplazadas con materiales de préstamo para que puedan cumplir con los parámetros que exige el MTC; sin embargo esta aplicación a veces es inviable



debido a su alto costo y se optan otros elementos estabilizadores para mejorar el suelo a nivel de subrasante.

Investigaciones como el de Farfán (2015) mostro como resultados satisfactorios utilizando concha de abanico triturada para estabilizar una subrasante arenosa limosa, con rangos de trituración entre (0.85 mm – 38.1mm). Así mismo Quesada (2017) en su investigación evaluó dos especies de moluscos triturados la concha de abanico y el pico de pato en un rango de trituración más pequeño entre (0.075mm – 2 mm) y uso los residuos tratantes tal como se encontraron, sin ser limpiados mientras que los otros utilizaron residuos de conchas limpias. En la presente investigación se propone evaluar la concha de abanico triturada en un rango de (2 mm – 19.1 mm), usándolas tal cual se encuentran en los botaderos sin ser lavadas, con el propósito de mejorar el suelo arenoso de la subrasante y evaluar la determinación efectiva en una condición diferente de limpieza.

## **II. MARCO TEÓRICO**

(Farfán, P. 2015), en su tesis para optar el título de ingeniero civil titulada “Uso de concha de abanico triturada para mejoramiento de subrasantes arenosas”, sustentada en la universidad de Piura, donde plantea evaluar el uso de la concha de abanico triturada como un tipo de estabilizador mecánico en suelos por un cambio de granulometría. Mediante un método experimental, con diámetros entre 9.53 y 0.85 milímetros de la concha triturada. Mostrando una dureza idéntica entre la concha de abanico triturada y agregados pétreos que al utilizarlo mejoras el C.B.R de un suelo, registrando 121% de valor máximo de CBR adhiriendo 45% de concha triturada; a su vez se puede mejorar el valor de su máxima densidad seca siempre cuando no supere el porcentaje de adición; reduce también el porcentaje de humedad óptima que es requerido para una compactación, cuenta con una resistencia de desgaste por la abrasión de un 25%, al realizar el proceso de trituración de forma mecánica se puede obtener los tamaños de diferentes granulometría de la partículas. Y con ello concluyo que es posible poder utilizar la concha de abanico como un elemento para estabilizar suelos arenosos. <sup>2</sup>

(Morante, R. 2017), en su tesis para optar el título de ingeniero civil titulada

“evaluación de la adherencia entre la concha de abanico y el ligante asfáltico”, sustentada en la universidad de Piura, donde el plantea desarrollar un estudio experimental evaluando la adherencia de la concha de abanico y obtener el ligante asfáltico utilizando ensayos Riedel Weber (MTC E-220) y una adherencia con bandeja (MTC E-520). Evaluó tres tipos de muestras por cada uno de los ensayos para la valva como también para las dos canteras diferentes de agregado fino. En los agregados evaluó la adherencia como agregado fino y en la valva triturada se evaluó la adherencia con un ligante asfáltico, con dos tipos de agregado fino y grueso y con los resultados realizar un comparativo; concluyendo que la concha que se encuentra limpia y sin triturar posee una gran adhesividad con el ligante asfáltico, con índices de entre 9 y 10; a su vez según el ensayo Riedel Weber muestra una gran adherencia especialmente en su composición silícea, por tanto los residuos de concha de abanico poseen un gran potencial para poder ser utilizados como agregados en las mezclas asfálticas por su gran adhesividad hacia el ligante. Sin embargo, también sugiere limitar ser usados como agregado fino, esto debido a la forma lajeada que presenta, y con el paso del tránsito, les facilitaría su rotura. <sup>3</sup>

(Carnero, D. y Martos, J. 2019), En su tesis titulada “influencia de las partículas granulares de la valva del molusco bivalvo en el CBR de subrasantes arcillosas del pueblo Chepate, distrito de Cascas, La Libertad”, sustentada para optar el título de ingeniero civil en la universidad Privada Antenor Orrego donde el objetivo fue evaluar de qué manera influye la valva de molusco bivalvo como un estabilizador para suelos de tipo arcillosos. Tomando ratio de dimensiones de 35.1mm y 18.4 mm, con lo cual se hicieron 4 combinaciones granulométricas mostrando que dicha valva contiene propiedades con similitud física a la de los suelos granulares. Y mediante una combinación del 28% de valva granulares obtuvieron incremento de un 45% en el CBR del suelo tipo arcilloso. Concluyendo que al realizar los ensayos de CBR a un suelo muy crítico se obtienen un 4.6% con el cual no se considera un subrasante adecuado, sin embargo al adicionar valva triturada de choro de mar en un 35% con rangos entre 25.4mm y 0.075mm, con arena (CL) y en suelos con arcilla de una baja plasticidad; presenta un incremento de 4.7 veces más al de su valor inicial presentado de CBR. Y con ello indica que la valva de molusco bivalvo

choro de mar si funciona como un material para estabilizar para suelos arcillosos. <sup>4</sup>

(Quezada, S. 2017) En su tesis titulada “estudio comparativo de la estabilización de suelos arcillosos con valvas de moluscos para pavimentación”, se realizó con la finalidad de evaluar la utilización de concha de abanico y de concha pico de pato para una estabilización mecánica de suelos arcillosos mediante un cambio granulométrico. Empleo partículas con tamaños entre 4.75 mm y 0.075; realizo cuatro mezclas al 20, 40, 60 y 80 por ciento, evaluó las propiedades mecánicas y físicas de las mezclas a través de ensayos de laboratorio. Mostrando resultados donde la concha de abanico ofrece una mayor capacidad de soporte a diferencia de la concha pico de pato en suelos arcillosos. Asimismo la concha de abanico empleando un 40% en un suelo arcilloso aumenta el valor de CBR; también mejora la calidad como subrasante o subbase, también agrega que reduce la capacidad que puede absorber el agua por capilaridad al adicionar a un suelo plástico. <sup>5</sup>

(Espinoza E. Tatiana D. Honores T. y Gregory F. 2018), en su tesis titulada “Estabilización de suelos arcillosos con conchas de abanico y cenizas de carbón con fines de pavimentación”, el objetivo fue estabilizar suelos arcillosos adhiriendo cenizas de carbón y conchas de abanico para fines de pavimentación, evaluó los ensayos con el cual determino las características mecánicas y físicas del suelo arcilloso ubicado en el AA.HH. Nuevo Santa; en cuanto a las combinaciones entre el suelo y los materiales adheridos en porcentajes de 20%, 25% y 30%. Utilizando valvas de las conchas de abanico, prosiguió con el proceso de calcinación previo a usarlo, asimismo junto a ello adhirió cenizas de carbón, los materiales se ensayaron mediante una caracterización química. Del cual concluyo de los ensayos realizados que al combinarlos indican un aumento importante en cuanto a su capacidad de soporte CBR y sus características físicas varían con respecto al suelo natural. <sup>6</sup>

(Carnero, Carreira y Méndez 2009), en su artículo titulado mezclas de zahorras naturales y concha de mejillón para firmes de vías forestales, elaborada en la Universidad de Santiago de Compostela. Donde está centrado en estudiar las posibilidades de uso del mejillón en vías forestales como un material de construcción para capas de firmeza; Estudia las mezclas de la concha de mejillón

y ahorras naturales, y de éstas con la concha de mejillón. Y el objeto de esta investigación son las posibilidades de su utilización para material de residuo en la construcción de capas para vías forestales, y con ello creando una salida a este subproducto de concha de mejillón y también intenta dar a este problema una posible solución medioambiental. Primero procede a la caracterización de los materiales empleados mediante los ensayos y basándose en las normas NLT y normas UNE. A continuación, determina los porcentajes de las posibles mezclas de la concha de mejillón con cada uno de los diferentes áridos. A estas mezclas que se obtuvieron también se le aplicaron ensayos para poder conocer sus características. Y con ello se compararon con las normas y exigencias que proponen para obras de puentes y carreteras concluyendo en la capacidad de la utilización de la concha de mejillón como un material de construcción en capas de afirmado en vías o también para abrir un campo de investigación. <sup>7</sup>

(Rowland G. y Esenwa C. 2014), en su artículo titulado “mechanical stabilization of a deltaic clayey soil using crushed waste periwinkle shells”, realizado en Nigeria demuestra la modificación de la plasticidad, las características de compactación, el potencial de hinchamiento y los valores de CBR del suelo bajo el efecto de las conchas de bígaro como residuos triturados. Demostrando que un suelo arcilloso deltaico puede ser estabilizado mecánicamente con la adición de conchas de bígaro de residuos triturados; asimismo, el presente aporte mostro los siguientes resultados que a partir del 50% y el 80% del material adicionado incrementa de un 2% a un 14% en el CBR. <sup>8</sup>

(Wen, Her, Chun y De 2013), en su investigación titulada “Engineering properties of controlled low-strength materials containing waste oyster shells”, donde evaluaron el uso de conchas de ostras como un material que controla la baja resistencia, quien reemplazaría a los agregados finos que fluctúan entre 5%, 10%, 15% y 20%, y también al cemento en un 20% cuando se adhieren cenizas volantes. Donde mostraron resultados que no había una disminución en la resistencia por compresión hasta en un 20% cuando esta reemplazado por la arena, y una cantidad controlada de cenizas volantes. Quienes concluyeron que los residuos de conchas de ostras si pueden ser un recurso a poder utilizar en cantidades adecuadas para

reemplazar a los agregados finos. <sup>9</sup>

(Eun-Ik, Myung-Yu, Hae-Geun y Tae-Yi 2010), en su investigación “Effect of partial replacement of sand with dry oyster shell on the long-term performance of concrete”, donde el objeto fue la evaluación del uso de conchas de ostras trituradas como un reemplazo parcial de la arena que se encuentran saturadas en las superficies secas, ósea, en su investigación estaban como factores principales la durabilidad y las propiedades mecánicas de un concreto a largo plazo. En donde obtuvieron como resultados que cuando la resistencia sea a largo plazo en el concreto agregado 10% de ostras trituradas es casi idéntica su resistencia a la del concreto normal. Pero cuando adherimos un 20% de ostras trituradas la resistencia es menor que la del concreto normal. Concluyendo que a mayor inserción de ostras trituradas se tiende a influir de manera negativa en la resistencia a un largo plazo del concreto. Ya que el módulo de elasticidad que presenta el concreto con adherencia de ostras trituradas va disminuyendo según que incrementa la proporción de la mezcla que fue sustituido. Especialmente, el módulo es reducido en aproximadamente un 10-15% cuando se usa ostras trituradas para un 20% de agregado fino. <sup>10</sup>

(Martínez, C. 2016), es su tesina titulada “estudio del comportamiento concha de mejillón como árido para la fabricación de hormigones en masa”, investigo la utilización de la concha de mejillón tanto como un árido fino como también un árido grueso para la fabricación de hormigones. Define como diseño al hormigón de limpieza y al hormigón en masa estructural. Estas los sustituyo en porcentajes de 25%, 50%, 75% y 100%. Eligiendo luego otros dos porcentajes más, inferiores el 5% y el 12.5% tanto las fracciones finas como como gruesas de forma conjunta en 19 combinaciones diferentes concluyendo que las conchas de mejillón está compuesto por CaCo, y este elemento lo convierte muy resistente debido a su composición de aragonito laminar el cual lo convierte como una estructura similar a la del ladrillo y el concreto; así mismo, determino como inerte a la clasificación de concha entera, y las trituradas son consideradas como no peligrosos, también manifiesta si las partículas son demasiados grandes sus aspecto lajoso afecta la adherencia pasta-árido debido a la exudación interna aumentado la porosidad de las propiedades mecánicas del hormigón. <sup>11</sup>

Del mismo modo en el proyecto de investigación se describen elementos que se encuentran sujetas al tema a investigación las cuales se describen a continuación siendo el primero:

**El suelo**, en la rama de Ingeniería Civil, se considera a los sedimentos que no se encuentran consolidados de las partículas sólidas, todo ello producto de alteraciones como suelos transportados por el agua, rocas, vientos u otros ayudados por la fuerza de la gravedad. También el suelo se considera como un cuerpo heterogéneo natural. <sup>1</sup>

Tabla 1: Clasificación de los suelos de acuerdo al tamaño de partículas

Tipo de material		Tamaño de partículas
Grava		75 a 4.75 mm
Arena		Arena gruesa 4.75 a 2 mm
		Arena media 2 a 0.425 mm
		Arena fina 0.425 a 0.075
Material fino	Limo	0.075 a 0.005
	Arcilla	< a 0.005

**Fuente.** Manual de carreteras, sección suelos y pavimentos 2013. Ministerio de transportes y Comunicaciones

**Sub rasante**, es definida como una superficie de la carretera terminada al nivel de movimiento de tierras, en el cual se asentara la estructura del afirmado o pavimento. Así mismo hace mención de suelos que se encuentran por debajo del nivel superior de la subrasante, estas deben ser suelos estables y adecuados con un CBR>6 en una profundidad menor de 0.60 m. Si el suelo posee CBR<6, se debe buscar una estabilización alternativa dependiendo a su naturaleza del suelo. <sup>12</sup>

La subrasante lo conformar el terraplén que es la capa superior o el terreno natural que está al fondo en las excavaciones, en el que se colocara el pavimento, y estas deben ser suelos con características aceptables y se deben compactar por capas para formar una estructura optima que soporte la carga diseñado para el tránsito. La calidad de una subrasante influye en el soporte adecuado en la trabajabilidad de

la sub base y/o base, si existen problemas en las subrasante se verán reflejados con desplazamiento y agrietamiento luego de la exposición del tráfico y el desgaste natural.

La mayoría de los suelos presentan minerales arcillosos y por ello se le identifican como inestables por que presentan contracción y expansión que se producen debido a la infiltración y expulsión de la humedad. Cuando la humedad que ingresa es alta, el suelo se convierte en poco confiables y a su vez muy débiles. Para solucionar esos efectos la subrasante debe estabilizarse.<sup>33</sup>

Tabla 2 : Sub rasantes por categorías

Categoría de Sub rasante	CBR
Sub rasante inadecuada	CBR < 3%
Sub rasante insuficiente	CBR ≥ 3% a CBR < 6%
Sub rasante inadecuada	CBR ≥ 6% a CBR < 10%
Sub rasante buena	CBR ≥ 10% a CBR < 20%
Sub rasante muy buena	CBR ≥ 20% a CBR < 30%
Sub rasante excelente	CBR ≥ 30%

**Fuente.** Manual de carreteras, sección suelos y pavimentos 2013.  
Ministerio de transportes y Comunicaciones

Así mismo otro elemento el cual está presente en esta investigación es:

**Estabilización de suelos**, mejoramiento de las propiedades físico mecánicas mediante procesos mecánicos o incorporación de productos, sintéticos naturales o químicos. La superficie de una subrasante debe estar siempre por encima con respecto al nivel de la napa freática con altura mínima de 0.60 m en caso de la subrasante sea muy buena; de 0.80 m si la subrasante es regular y buena; de 1.00 m si la subrasante es pobre, y de 1.20 m si la subrasante es inadecuada, en algunos casos se deben colocar capas drenantes o a la rasante elevar hasta un nivel óptimo.<sup>12</sup>

La estabilización es mejorar las características físico mecánicas de un suelo natural que no cumple como subrasante debido a la baja capacidad de soporte o una alta expansión. Asimismo el objetivo de la estabilización es brindarle al suelo natural una adecuada resistencia en cuanto al esfuerzo cortante y desgaste y para que

puedan resistir cargas del tránsito en cualquier circunstancia climática. Al realizar estudios se determina la calidad del suelo y de acuerdo a ello se opta por decisiones de mejorar su estabilización y hacerlo puede cumplir los requerimientos o traer material de préstamo por otro que cumpla el protocolo establecido en el manual.

La estabilización de suelos en pavimentos tiene dos finalidades, poder construir pavimentos a un costo reducido y la otra cumplir ciertos límites de tráfico, que posean cimientos que sean aptas para soportar cargas transmitidas por la capa de rodadura. Para ello debe realizarse una adecuada evaluación para estabilizar un suelo. <sup>5</sup>

**Tipos de estabilización de suelos**, existen varios tipos de estabilización y ellas son física, química, mecánica o física-química, y para determinar el tipo a emplear primero debemos conocer el tipo de suelo con el que trabajaremos considerando el fin para el cual será empleado; comúnmente se estabilizan suelos arcillosos, limosas, arenas arcillosas y arenas limosas. Las propiedades que son aludidos son la el comportamiento bajo cargas, los cambios volumétricos, la impermeabilidad y la comprensibilidad. Y existen tres tipos de estabilización; el campo de aplicación es amplia dependiendo a la estructura que diseñe (sub rasante, sub bases y bases). La estabilización logra controlar el hinchamiento, propiedades de contracción y resistencia al corte del suelo; también es utilizado para disminuir la compresibilidad, permeabilidad e incrementar la resistencia al corte. <sup>32</sup>

**Estabilización física**, se trata de lograr establecer una gradación correcta identificando el componente grueso y los suelos finos; Así mismo se busca la estabilidad en las dos condiciones tanto secas como húmedas, obtener una adecuada granulometría insertando material de tipo cohesivo, granular o ambos a la vez. Asimismo utilizado como mejorador de la capacidad soporte en los suelos mediante cambios físicos, sin que estén puedan ejercer reacciones químicas. <sup>13</sup>

**Estabilización mecánica**, manipular y compactar un suelo para lograr obtener su densificación y mejorar sus propiedades mezclándolos o tratando al mismo material.



Este tipo de estabilización consta en mezclar diferentes materiales que contengan propiedades complementarias, de tal modo de obtener un material con mejores calidades y acorde a las exigencias requeridas. Las propiedades a mejorar en su gran mayoría son la granulometría o plasticidad, en situaciones pueden ser mejoradas ambas propiedades. <sup>13</sup>

**Estabilización química**, llamada a la mezcla de un producto con el suelo natural para modificar químicamente las propiedades del suelo y mejorar sus propiedades; sin embargo al emplear este método se debe considerar las consecuencias ambientales durante su ejecución, la situación geográfica, las condiciones climatológicas, el tráfico entre otros.

Actualmente se aplica una gran variedad de productos químicos, son utilizadas para aumentar la capacidad o resistencia de carga del suelo; así mismo sirve como una barrera ante la humedad para poder evitar que el agua penetre la estructura. Dependiendo del tipo de suelo se utiliza una de las prácticas existentes para estabilizar suelos. <sup>14</sup>

También existen otros elementos estabilizadores y uno de ellos es:

**La Concha de abanico**, En el Perú contamos con seis géneros y 10 especies de los pectínidos pero la más importante es la concha de abanico por su actividad comercial; también se le denomina bivalvo, su habita son las bahías con aguas muy tranquilas con temperaturas entre los 13° a 28°. Esta caracterizado por ser un bivalvo filtrador de dos placas o valvas. Esta especie desova durante todo el año, el cual se da de acuerdo al incremento de la temperatura marítima. La población con mayor productividad donde se encuentran este producto es en la bahía de Independencia. <sup>15</sup>

**La ubicación de la concha de abanico**, actualmente en el Perú existen bancos naturales de concha de abanico en Ica (Pisco, Paracas), Piura (Sechura), Lambayeque (Lobos de Tierra), Lima (Bahía de Independencia e Islas San Lorenzo); del mismo modo existen cultivos de concha de abanico que se

encuentran principalmente en las costas de Áncash (Samanco y Guaynuma y otros), y en la zona de Lima, se encuentra en Pucusana ubicada en la parte sur de Lima. La actividad acuícola (cultivo de concha de abanico) posee una gran importancia en estos últimos años ya que es el producto principal de exportación de acuicultura en el Perú, y el método de cultivo es mediante la técnica suspendida. La utilización de la concha de abanico como elemento estabilizador también contribuye en la reducción y cuidado del impacto ambiental. <sup>16</sup>

**El impacto ambiental** implica todos los efectos que se dan de forma adversa sobre el ecosistema, cuyos protagonistas son el clima y la sociedad por las actividades que realiza, especialmente la extracción excesiva de los recursos naturales, la mala disposición de residuos, el emitir contaminantes entre otros. <sup>17</sup>

Como toda actividad el cultivo de concha de abanico es también originaria de diversos tipos de impacto ambiental tanto favorable como desfavorable. La explotación natural o artificial de conchas de abanico; los residuos de estos genera un gran problema ambiental ya que se genera grandes montículos de desechos de las valvas los cuales colapsan como botaderos debido a la alta demanda de la especie marina.

El cultivo de *Argopecten purpuratus* en el Perú da señales prometedoras; sin embargo, menciona también que el bioincrustación viene originando serios problemas al cultivo, como también al ecosistema, y uno de estos problemas que se hacen mención es que impactan el medio ambiente, por ejemplo los fondos marinos por la acumulación de heces, por como disponen los organismos descartados con los que atentan contra el equilibrio del ecosistema. <sup>18</sup>

En la actualidad, en Sechura las plantas desvalvadoras arrojan sus residuos de concha de abanico a los botaderos otorgados por la Municipalidad de Sechura. Sin embargo, el botadero N°1 ya copo su máxima capacidad y se acudió a un segundo botadero N°2, el cual también está por llegar al límite permitido. <sup>19</sup>

El desarrollo de esta investigación se dará mediante ensayos de laboratorio, con

ensayos físicos como:

**Análisis granulométrico por tamizado**, tiene por objeto de forma cuantitativa de distribuir las partículas del suelo por tamaños. La finalidad de este ensayo está basado en describir el método para determinar los porcentajes pasantes del suelo por los diferentes tamices empleadas en el ensayo hasta el de 74mm equivalente a N° 200. <sup>20</sup> Este ensayo está referenciados en la normativa ASTM D 422.

**Límite de Atterberg**, es el contenido de humedad, que está expresado en porcentajes, en donde al suelo se le define en dos estados uno líquido y el otro plástico. De forma arbitraria se escoge como contenido de humedad de dos mitades que están a lo largo de su fondo de la pasta de un suelo a una distancia de 13 mm, y se deja caer la copa 25 veces ello desde una altura de 1cm cumpliendo 2 caídas por segundo. <sup>20</sup>

**Límite de líquido** viene a ser el contenido de humedad en donde el suelo posee una resistencia muy baja al corte. Para identificar y clasificar un suelo con granos finos se efectúa mediante los límites líquidos y plásticos. Pero, al encuentras un suelo sin cohesión, no tendría sentido el límite líquido; cuando se encuentra potenciales de hinchazón podrían tratarse de un límite líquido e índice de plasticidad altos. Si se trata de un suelo con presencia de arcilla baja se debe proceder con el análisis luego de mezclarlo con el agua. <sup>34</sup>

**Límite plástico**, tiene por objeto determinar el límite plástico de un suelo y con ello se podrá efectuar el índice de plasticidad (IP) ello si ya conocemos el LL del mismo suelo. <sup>20</sup> Se denomina LP y están referenciados en la normativa ASTM D 42NTP 339.129.

**Índice de plasticidad (IP)**, es definido al contenido de humedad en un rango en el cual un suelo es deformado de forma plástico. También es la resta ( $PI = LL - LP$ ); por ello es una medición de la plasticidad de un suelo, por ello, el IP identifica cuanto y tipo de arcilla que un suelo presenta, si el PI es alto, de determina que es arcilloso, los que presentan un IP bajo normalmente son limos y los IP similares a cero no presentan ni limo ni arcilla. <sup>35</sup>

Este ensayo están referenciados en la normativa ASTM D 42NTP 339.1292, asimismo este tipo de ensayo se utiliza como parte de clasificación de varios sistemas en ingeniería, la cual caracteriza fracciones de granos finos del suelo.

Tabla 3: Clasificación del suelo de acuerdo a su índice de plasticidad

Índice de Plasticidad		Plasticidad	Características
IP >20		Alta	Suelos muy arcillosos
IP ≤ 20	P > 7	Media	Suelos arcillosos
	P < 7	Baja	Suelos poco arcillosos plasticidad
	P = 0	No plástico (NP)	Suelos exentos de arcilla

**Fuente:** Manual de carreteras, sección suelos y pavimentos 2013. Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

**Contenido de humedad**, tiene por objeto elegir el método de ensayo y con ello determinar el contenido de humedad del suelo. Es su relación que se encuentra expresada en porcentajes de acuerdo al peso del agua en una masa específica del suelo, así mismo al peso de las partículas sólidas.<sup>20</sup> Están referenciados en la normativa ASTM D 2216.

Por otro lado están los ensayos mecánicos donde destaca por ejemplo el CBR y dentro de ello el Proctor modificado:

**El CBR** del suelo es la carga unitaria que corresponde a 0.1” o 0.2” de penetración, que están representada en porcentajes según su valor estándar, asimismo mide su resistencia al corte del suelo en condiciones de su densidad controlada y humedad.<sup>22</sup>

El CBR es un ensayo donde se evalúa al suelo midiendo la calidad en su resistencia, a su vez nos ayuda a determinar su índice de penetración, se recomienda realizar ensayos de CBR al menos unas 5 veces y debe realizarse en suelos saturados donde muestran su estado crítico.

Para poder evaluar la resistencia del suelo mecánicamente; así mismo, indica que el valor no debe ser inferior a 100 y un valor menor a 90 es inaceptable. El LBR es un método de laboratorio que se basa en determinar el valor de carga de los suelos cuando esta es compactada. En el ensayo las humedades que fraguan desde seco hasta la óptima humedad, usando un pisón de 10lb (4.54kg) el cual debe caer desde

una altura de 18 pulgadas. <sup>23</sup>

**Proctor modificado**, es la compactación que utiliza describiendo el proceso de densificación de un material mecánicamente y el incremento de densidad se obtiene por la disminución de aire contenido entre los espacios vacíos los que contienen un contenido de humedad óptimo. <sup>21</sup>

El ensayo de Proctor modificado muestra resultados sobre el máximo nivel de compactación del suelo respecto al contenido de humedad, este ensayo se da mediante la utilización de un volumen conocido donde se compacta una fracción de suelo, para obtener el punto máximo de compactación variando solamente en su humedad.

El objetivo de este ensayo es establecer el método a ensayar para compactar el suelo en laboratorio por medio de una energía modificada (2700 Kn-m/m<sup>2</sup> (56 000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>)). Este ensayo están referenciados en la normativa ASTM D 1557 0 NTP 339,141. <sup>20</sup>

En esta investigación se formuló el siguiente **problema**:

¿De qué manera la concha de abanico triturado mejora la estabilización de la subrasante de suelos arenosos en la avenida Umanmarca, Villa el Salvador?

Y como problemas específicos se determinaron los siguientes:

- ¿De qué manera la concha de abanico triturado influye en las propiedades físico mecánicas del suelo arenoso en la avenida Umanmarca, Villa el Salvador?
- ¿De qué manera la concha de abanico triturado influye en el comportamiento de las mezclas variando la cantidad de adición en la avenida Umanmarca, Villa el Salvador?
- ¿En qué medida influye el porcentaje de incorporación de concha de abanico triturado como elemento estabilizador del suelo arenoso en la avenida Umanmarca, Villa el Salvador?

En tanto estos problemas se justifican con los siguientes estudios:

Justificación Práctica, esta investigación es realizada con el fin de poder brindar y facilitar una alternativa de solución para problemas de ahuellamientos, hundimientos y otros que se suscitan en las vías de transporte, estas posibles soluciones nos ayudaran a mejorar los terrenos mediante la realización de estudios mecánicos del suelo, a su vez nos permitirá poder disminuir dichos problemas identificando; sus causas para así evitar las pérdidas económicas y sociales en la avenida Umanmarca; luego de realizar estos estudios se procederá a evaluar la mejor alternativa de solución analizando la ubicación, estado y recursos.

Justificación metodológica, esta investigación lleva como fin de realizar una mejora a los suelos arenosos del terreno que será estudiado. A sí mismo la metodología que emplearemos es adicionar concha de abanico triturado a los suelos arenosos para estabilizar la subrasante, para ello debemos determinar las propiedades del suelo y también las propiedades del estabilizador empleado. El estado actual que se encuentra la vía con hundimientos, ahuellamientos constantes en la zona de estudio otorgan una justificación precisa para este proyecto.

En esta investigación se plantea determinar cuánto influye en el óptimo contenido de humedad, en la distribución de las cargas para una óptima resistencia y también una consistencia adecuada del suelo mejorado y con ello el suelo tratado poseerá una mejor funcionabilidad. Así mismo se podrá conocer las características mecánicas del suelo estudiado, a su vez las propiedades de la concha de abanico.

Justificación Ambiental, en esta investigación, se busca la reducción del impacto ambiental, ya que existen grandes áreas de concha de abanico como también bancos naturales en algunas zonas. En la presente investigación se plantea la reutilización como estabilizador a la subrasante en vías pavimentadas y reducir los efectos negativos que presenta para la naturaleza.

Justificación Económica, esta investigación desde lo económico presenta resultados muy positivos y beneficiosos ante la adición de concha de abanico triturada como mejorador de la subrasante, dentro de la subrasante aportaría considerablemente en su costo, ya que contamos con grandes proporciones en las

zonas costeras y ello demandaría costos menores en la realización o ejecución.

Por ello se planteó las siguiente **Hipótesis**:

La concha de abanico triturado mejora la estabilización de la subrasante de suelos arenosos en la avenida Umanmarca, Villa el Salvador.

Y de ello parten las hipótesis específicas:

- La concha de abanico triturado influye en las propiedades físico mecánicas del suelo arenoso en la avenida Umanmarca, Villa el Salvador.
- La cantidad de adición de concha de abanico triturado influye en el comportamiento las mezclas en la avenida Umanmarca, Villa el Salvador.
- La adición de un óptimo porcentaje de concha de abanico triturado influye en la estabilización del suelo arenoso en la avenida Umanmarca, Villa el Salvador.

En tanto el **objetivo** general en esta investigación es:

Analizar si la concha de abanico triturado puede ser empleado como material estabilizador de suelos arenosos aplicados a nivel de subrasante en la avenida Umanmarca, Villa el Salvador.

Y como objetivos específicos tenemos:

- Analizar las propiedades físico mecánicas del suelo arenoso natural y el suelo arenoso adicionado con diferentes porcentajes de concha de abanico triturado en la avenida Umanmarca, Villa el Salvador.
- Identificar el comportamiento de las mezclas variando la cantidad de adición de concha de abanico triturado en la avenida Umanmarca, Villa el Salvador.
- Determinar el porcentaje de incorporación óptimo de concha de abanico triturado para mejorar la estabilización del suelo arenoso en la avenida Umanmarca, Villa el Salvador.

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1. Tipo y Diseño de Investigación**

##### **Tipo de investigación**

Esta investigación se considera del tipo aplicada por su finalidad de resolver problemas.

##### **Diseño de investigación**

La investigación observacional es una técnica que implica una observación de los sucesos del entorno natural. A diferencia de la investigación experimental, el observacional crea un ambiente cuasi artificial y con ello controla factores ilegítimos; así mismo, se debe manipular al menos una variable dentro del experimento. <sup>36</sup>

Esta investigación, será observacional, ya que está basado en una técnica de recopilación de datos de un modo cuasi artificial con el que se controlará las variables, asimismo en la manipulación de mi variable independiente que es la concha de abanico triturado en diferentes porcentajes, con el fin de que mi variable dependiente se modifique el cual es la estabilización de suelos arenosos.

#### **3.2. Variables, Operacionalización**

##### **Variables**

No se puede manipular la variable dependiente, sino que este mide el efecto que la manipulación de una variable independiente puede ocasionar en ella. <sup>24</sup>

En la presente investigación se identificó las siguientes variables una dependiente que viene a ser la causa e independiente que representa el efecto.

X: Concha de abanico triturado (Variable Independiente)

Y: Estabilización de suelos arenosos (Variable Dependiente)

##### **Operacionalización**

Es aquel proceso donde se define de forma estricta las variables en unos factores medibles. Este proceso ayuda definir conceptos prolijos permitiendo que sean medidos, tanto cuantitativa o empíricamente. Así mismo, la Operacionalización fija a cada variable una definición exacta; con ello aumentando un resultado de calidad



y solidez en su diseño. <sup>40</sup> (Anexo 3)

### **3.3. Población y muestra**

#### **Población**

Es un conjunto de personas u objetos de quienes se desea conocer algo en una investigación. <sup>25</sup>

En la presente investigación la población es la avenida Umanmarca la cual se encuentra ubicada en el distrito de Villa el Salvador, provincia de Lima y departamento de lima.

#### **Muestra**

Es un subconjunto o una parte del universo o la población en donde se llevará a cabo la investigación. <sup>25</sup>

La muestra es una parte específica de una población, y en la presente investigación será tomados entre el paradero las brisas hasta cruce con el Jr. José Olaya.

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

#### **Técnicas de recolección de datos**

La técnica es un conjunto de procedimientos y reglas que le permiten al investigador poder establecer la relación con el objeto o sujeto de la investigación. <sup>26</sup>

En esta investigación se realizara mediante un análisis observacional y para ello se emplearan instrumentos de recolección de datos, los cuales serán tomados de fuentes cuya ficha de recolección coincidan para determinar las variables.

#### **Instrumento de recolección de datos**

El instrumento es un mecanismo utilizado por el investigador con el fin de registrar y recolectar información. <sup>26</sup>

En esta investigación se empleara fichas de recolección de datos, donde se anotaran de manera directa los resultados obtenidos, asimismo se recabaran fichas técnicas de ensayos de mecánica de suelos en laboratorio que contribuirán a lograr el objetivo general.

## **Validez**

La validez dentro de un enfoque cuantitativo se refiere a que, el instrumento realmente mida lo que pretende medir. <sup>27</sup>

Para lograr el grado de validez de las fichas de recolección de datos y fichas de ensayos se tomaran fuentes fiables cuyos resultados estén validadas.

## **Confiabilidad**

Es el grado donde un instrumento produce resultados muy coherentes y consistentes. <sup>24</sup>

Para dar confiabilidad a nuestros resultados en esta investigación los instrumentos de validación de datos observados contarán con certificación.

### **3.5. Procedimientos**

Etapa I: Toma de muestras

Etapa II: Determinación del tipo de suelo, Límite de Atterberg y contenido de humedad

- Fichas técnicas de laboratorio

Etapa III: Determinación del CBR y Proctor modificado del suelo

- Fichas técnicas de laboratorio

Etapa IV: evaluación de las propiedades físicas y mecánicas del suelo adicionando concha de abanico triturado

- Ficha de recolección de datos

Etapa V: evaluación del comportamiento de las mezclas del suelo adicionando concha de abanico triturado

- Ficha de recolección de datos

Etapa VI: Identificación del óptimo porcentaje de adición mediante la curva de la densidad – humedad y el valor de CBR.

- Gráfico de relación de densidad – humedad y resistencia máxima

### **3.6. Métodos de análisis de datos**

Los métodos de análisis de datos es un procedimiento mediante el cual todo un complejo se extrae en partes y caracteres diversos, y el análisis nos permitirá un fraccionamiento total en las variables y componentes que lo relacionan. <sup>24</sup>

La siguiente investigación se desarrollara de forma observacional y los procedimientos de análisis de datos mediante una interpolación de fuentes cuyos instrumentos de validación sean fiables y corroboradas.

### **3.7. Aspectos éticos**

Pretende mostrar normas, diferentes declaraciones y códigos los que se dictaron en el mundo con el fin de proteger a los autores sometidos a experimentación científica. Se analiza un tema de acuerdo a los principios éticos. <sup>28</sup>

En esta investigación se obtuvo información de diferentes antecedentes que guardan relación a las variables que se estudian y con ello se plantea lograr conocimientos acerca al tema en desarrollo sobre adición de concha de abanico triturada para estabilizar suelos arenosos a nivel de subrasante. Asimismo la información consignada en esta investigación se hará referencia a los autores de acuerdo al sistema ISO 690 consignándolos por cada tema.

## **IV. RESULTADOS**

UNESCO (2020), debido a la pandemia mundial (COVID-19) adopto la enseñanza en línea. Ahora la organización se centró en fortalecer el sistema de enseñanza a distancia con el objetivo de superar la brecha digital que existe; la población estudiantil se vio afectada a nivel mundial (colegios y universidades). <sup>37</sup> En el Perú el gobierno de Martín Vizcarra el 16 de marzo cesó toda actividad en universidades y escuelas, públicas y privadas; viéndose afectada el desarrollo de proyectos de investigación. Debido a ello la Universidad Cesar Vallejo emitió una resolución donde las investigaciones puedan acondicionarse a los lineamientos que se establecen. Por ello la investigación se adaptó a la guía de productos de investigación 2020. Por lo mencionado el capítulo de resultados se expondrán mediante cita de autores de artículos, libros o tesis que contengan instrumentos fiables y nos ayuden a mejorar la problemática que se propuso.

### Descripción de la zona de estudio

El presente informe de investigación se encuentra ubicado políticamente en el departamento de Lima, provincia de Lima y distrito de Villa el Salvador.

Según la referencia <sup>31</sup> características geotécnicas del distrito de Villa el Salvador, donde determinó las características geotécnicas; y lo definió como zonas que poseen características similares geotécnicamente dividiéndolos en cuatro zonas en ellas evaluando su capacidad admisible ante cargas.

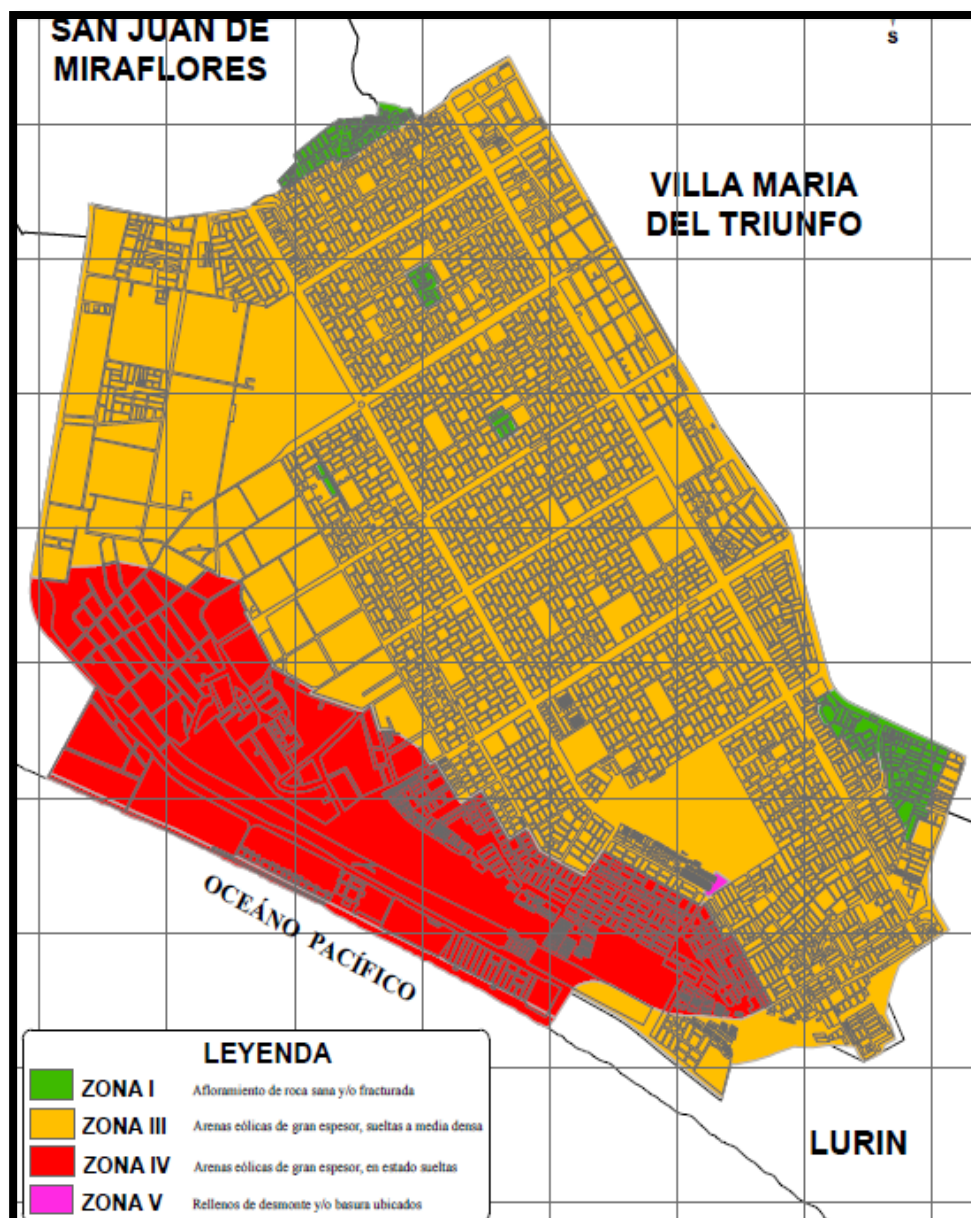


Figura 1: División por zonas villa el Salvador

Fuente. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento y la Universidad Nacional de Ingeniería "Apéndice B".

## Evaluación del suelo

La evaluación del suelo debido al acontecimiento suscitado a nivel mundial durante el proceso de desarrollo del presente informe de investigación, se recabo información de un estudio que coincide con el lugar de estudio, el cual cuenta con ensayos en laboratorio.

Por ello para la determinación del tipo de suelo se tomó resultados del estudio CPH-01 referencia <sup>29</sup>. Ya que la ubicación de la muestra del presente informe de investigación coincide con la ubicación del estudio de una de las calicatas ejecutadas por la referencia en mención, el cual se detallan en las tablas 4, 5 y 6.

Tabla 4: Información de calicata ejecutada

Estudio	Nombre de Proyecto	Dirección	Prof (m)	Fecha
CPH - 01	Añego Panamericana Sur – Intercambio Huaylas	Car. Panamericana Sur Km. 19.65 Nro. S/N - Villa el Salvador - Lima	0.4 -1.5	Abr. 16

Fuente. MARQUEZ, R. (2016)

En la tabla 5 se muestran los resultados del análisis granulométrico por tamizado, y su posterior determinación del tipo de suelo.

Tabla 5: Resultados del análisis granulométrico por tamizado

Mallas		Retenido Parcial (%)	Retenido Acumulado (%)	Pasa (%)
Serie Americana	Abertura (mm)			
1 1/2"	38.100			
1"	25.400			
3/4"	19.050			
1/2"	12.700			
3/8"	9.525			
1/4"	6.350			
N° 4	4.750			
N° 6	3.360			
N° 8	2.360			
N° 10	2.000			
N° 16	1.180			100
N° 20	0.850	1	1	99
N° 30	0.600	1	2	98

N° 40	0.425	3	5	95
N° 50	0.300	12	17	83
N° 80	0.180	54	71	29
N° 100	0.150	14	85	15
N° 200	0.075	12	97	3
-200	<b>ASTM D 1140-00</b>	3	100	.

**Fuente.** Rutas de lima S.A.C. 2016.

Tabla 6: Resumen de resultados del suelo

Ensayos		Resultados	Según Norma
LL (%)		NP	ASTM D 4318-05
LP (%)		NP	
IP (%)		NP	
Clasificación SUCS		SP	ASTM D 2487-05
Clasificación AASHTO		A-3 (0)	ASTM D 3282-04e1
Gr (%) [Ret. N° 4]		-	ASTM D 2488
Ar (%)		97	
Fi (%) [Ret. N° 200]		3	
W (%)		1	ASTM D 2216-05
Max. Den. Seca (gr/cm <sup>2</sup> )		1.655	ASTM D 1557-02
Hum. Opt. (%)		18.8	
CBR al 100% de la M.D.S.	1"	35.2	ASTM D 1883-05
	2"	44.2	

**Fuente.** Rutas de lima S.A.C. 2016.

### Descripción de las mezclas a utilizarse para la estabilización

En la presente investigación se optó por realizar cuatro mezclas entre concha de abanico y un suelo arenoso natural. La concha abanico triturado en rangos de entre 2 a 19.1 milímetros. En la tabla 7 se muestran las cuatro muestras exploradas.

Tabla 7: Porcentajes evaluadas de las mezclas en el presente estudio

Mezcla	Suelo Natural (%)	Concha de Abanico (%)
1	90	10
2	75	25
3	50	50
4	30	70

**Fuente.** Elaboración propia.

Para obtener los resultados de las mezclas propuestos de adición de concha de abanico triturado al suelo natural se realizó una interpolación lineal tomando dos fuentes con instrumentos fiables, los cuales se detalla en la tabla 8.

Tabla 8: Fuentes consideradas y sus características

Farfán, R. (2015)		Quezada, S. (2017)	
Medidas de trituración (mm)	0.85 a 9.53	Medidas de trituración (mm)	0.075 a 4.75
Adición (%)	20, 45, 65, 80	Adición (%)	20, 40, 60, 80
Paso por un proceso de lavado antes de su trituración		Fueron triturados en su estado natural del botadero	

**Fuente.** Farfán, R. (2015) y Quezada, S. (2017)

**La Interpolación lineal**, viene hacer un método sencillo y muy usado en la actualidad. Esta interpolación se da mediante una interpretación grafica de dos puntos  $[X_a, Y_a]$  y  $[X_b, Y_b]$  y con ello encontrar un tercer punto interpolado  $[X, Y]$  partiendo de la siguiente fórmula. <sup>30</sup> (anexo 4)

$$Y = Y_a + (X - X_a) \frac{(Y_b - Y_a)}{(X_b - X_a)}$$

### **Análisis de las mezclas obtenidas de la concha de abanico triturado**

Las mezclas propuestas varían de forma gradual, esto con el propósito de estudiar cómo se comportan las mezclas al variar la cantidad de concha de abanico triturado, asimismo su influencia en las propiedades físico mecánico del suelo.

### **Relación Densidad - Humedad**

La evaluación de las mezclas de concha de abanico triturado y el suelo arenoso natural en un rango de trituración entre 2 a 19.1 milímetros nos proporcionó resultados favorables; donde se destaca que a mayor porcentaje de incorporación de concha de abanico triturado la densidad seca máxima se incrementa, la humedad del suelo disminuye; Por otro lado, el índice de plasticidad del suelo patrón es no plástico, por ello la identificación del límite de Atterberg de las mezclas también se considera como no plástico, lo cual se detalla en la tabla 9.

Tabla 9: Resultados del límite de Atterberg, la máxima densidad seca y la humedad óptimo de las diferentes mezclas.

Tamaño de concha de abanico triturado empleado	% Adic	Límite de Atterberg			Proctor Modificado	
		LL	LP	IP	Máx. Den. seca (gr/cm <sup>2</sup> )	Hum Ópt. (%)
2 a 19.1 mm	SN	NP	NP	NP	1.655	18.8
	10%	-	-	-	1.685	18.4
	25%	-	-	-	1.719	17.3
	50%	-	-	-	1.805	15.6
	70%	-	-	-	1.852	14.4

Fuente. Elaboración Propia

Al correlacionar la densidad con la humedad se observa que a mayor incremento de la densidad seca la humedad disminuye; por ello se puede decir que la adición de concha de abanico triturado ayuda a reducir la compresibilidad y los asentamientos; lo cual se detallan en la figura 2.

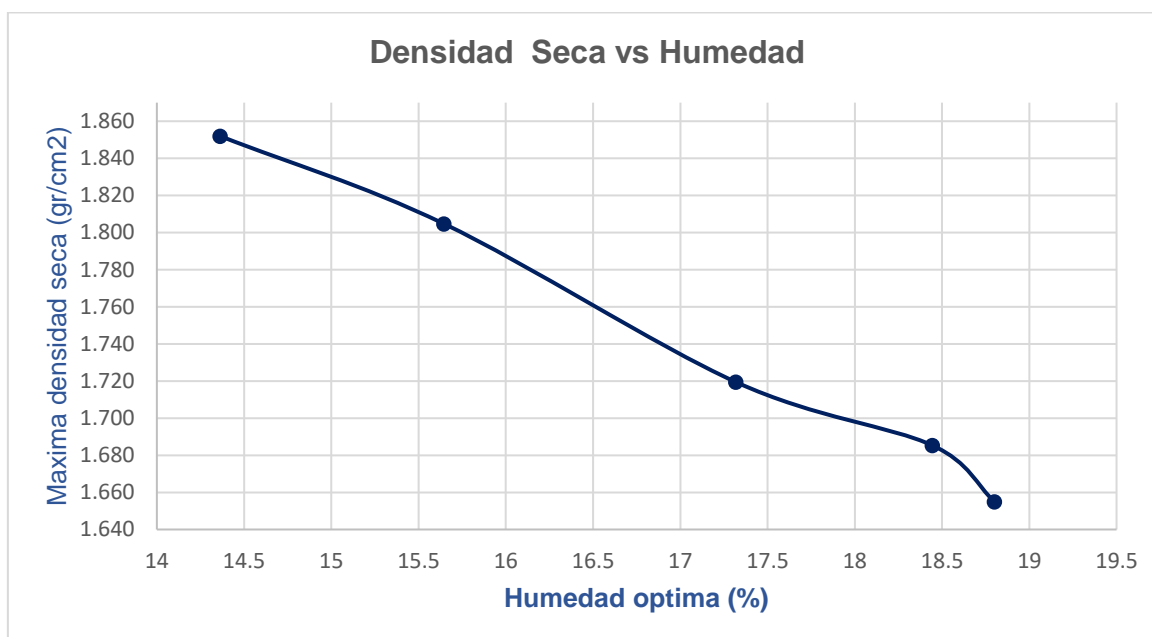


Figura 2: Relación de la máxima densidad seca vs humedad óptima

Fuente. Elaboración propia

En la densidad seca se puede observar que el valor de la densidad seca se incrementa de forma proporcional según se incrementa a la mezcla el porcentaje de concha de abanico, debido a que al ser triturado se convierte en un material similar al agregado grueso y con ello las partículas tienden a acomodarse mejor



ocasionando que la densidad se incrementa.

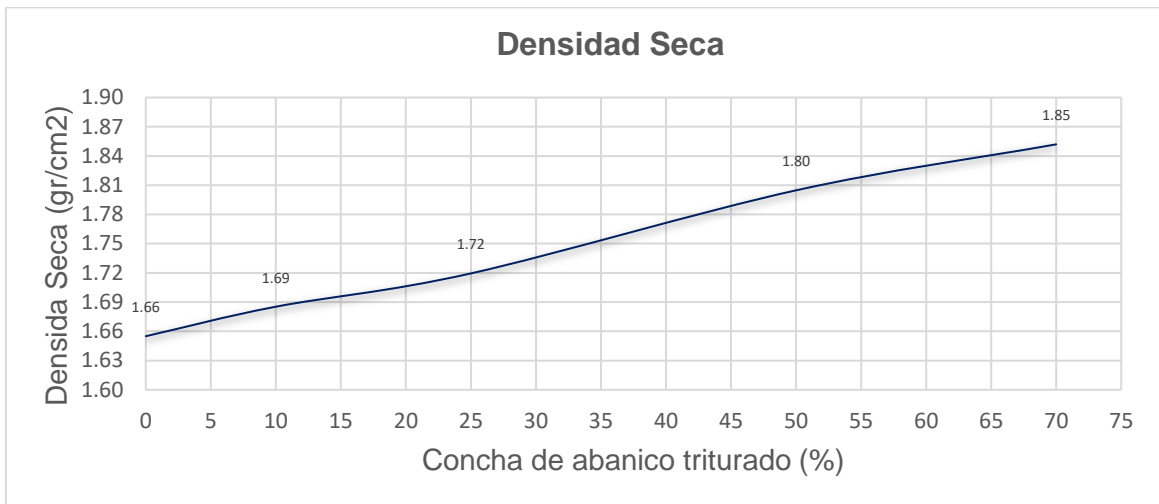


Figura 3: Curva de la máxima densidad seca

Fuente. Elaboración propia

Respecto a la humedad óptima se observa que disminuye de forma gradual según se va incrementando a la mezcla concha de abanico triturado. De ello se puede definir que se requiere un menor contenido de agua para llegar a la máxima densidad seca; esto se da debido a su forma achatada de la concha de abanico el cual al mezclarlo retiene menor agua para lograr una buena compactación. Así mismo, las mezclas según se va incrementando el porcentaje de adición los poros se van achicando es por ello la reducción de humedad; Lo cual se muestra en figura 4.

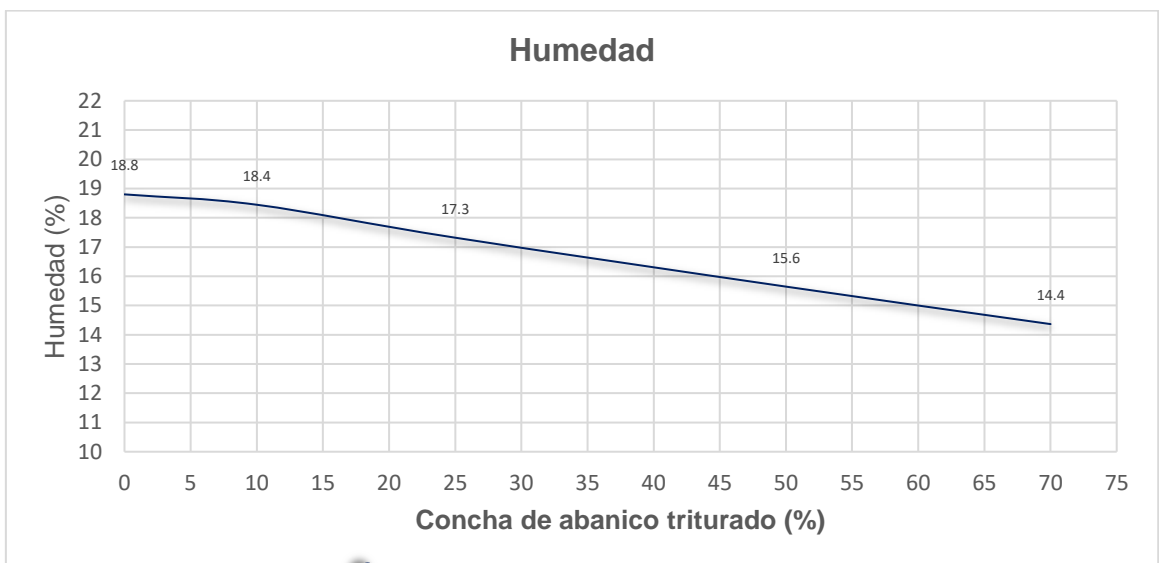


Figura 4: Curva de la humedad óptima

Fuente. Elaboración propia

## Capacidad de soporte del Suelo (CBR)

Los resultados de CBR obtenidos se en el presente estudio se muestran en la tabla 10.

Tabla 10: Resultados de CBR de las diferentes mezclas.

Tamaño de concha de abanico triturado empleado	% Adic	CBR
2 a 19.1 mm	SN	35.2
	10%	61.5
	25%	88.8
	50%	49.2
	70%	62.4

Fuente. Elaboración Propia

El Manual de carreteras 2013 referencia <sup>12</sup>, sugiere valores de CBR para que sean empleados dependiendo a la capa de la estructura; en el considera un CBR al 100% de la máxima densidad seca y una carga de 2.5 mm (1") para penetración; la cual están referenciados en las normas MTC E – 132, AASHTO T193 y ASTM D 1883.

Tabla 11: Valores CBR al 100% de la máxima densidad seca a una carga de 2.5 mm (1") de penetración

Ensayo	Subrasante	Sub Base		Base	
	Suelos en una profundidad no menor de 0.6 m	< 3000 msnm	≥ 3000 msnm	Trafico en ejes equivalentes < 10 <sup>6</sup>	Trafico en ejes equivalentes ≥ 10 <sup>6</sup>
CBR	Min 6%	Min 40%	Min 40%	Min 80%	Min 100%

Fuente: Manual de carreteras, sección suelos y pavimentos 2013. Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

En el presente estudio el valor de CBR es variable de acuerdo a la proporción de adición, según se va incrementando la concha de abanico triturada el valor también se incrementa logrando que a un cierto porcentaje de adición llegue un máximo valor y a partir de ello empieza a descender. Al adicionar un 25% de concha de abanico triturado llega a un valor de CBR máximo de 88.8 gr/cm<sup>2</sup> y a partir de ello empieza a descender.

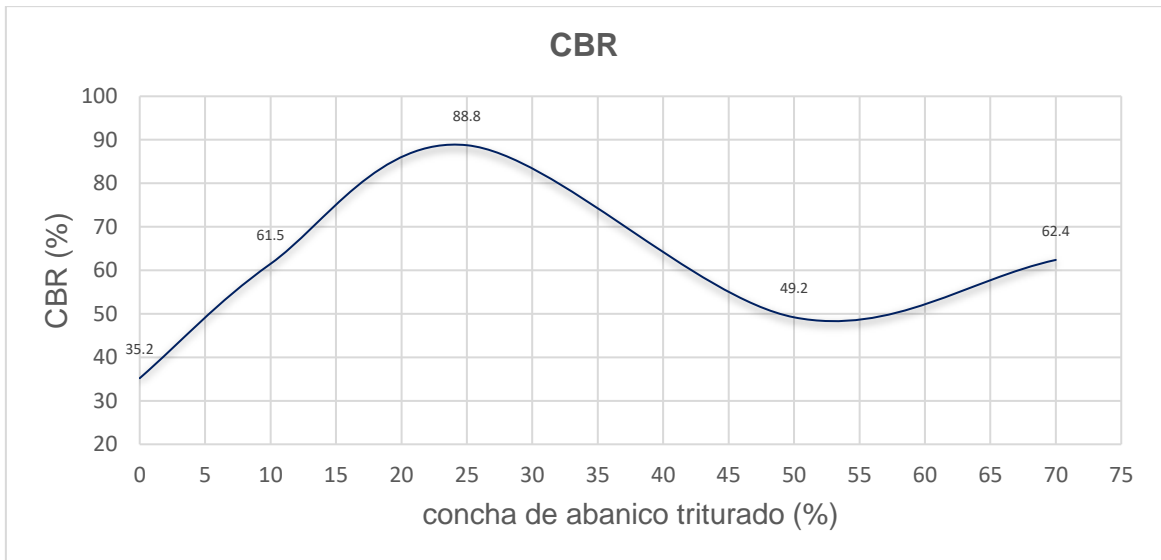


Figura 5: Curva de CBR

Fuente. Elaboración propia

Si graficamos los valores de CBR obtenidos de cada porcentaje según lo sugiere el manual de carreteras 2013 <sup>12</sup> se observa que las mezclas presentan una mejoría en el CBR respecto al suelo natural.

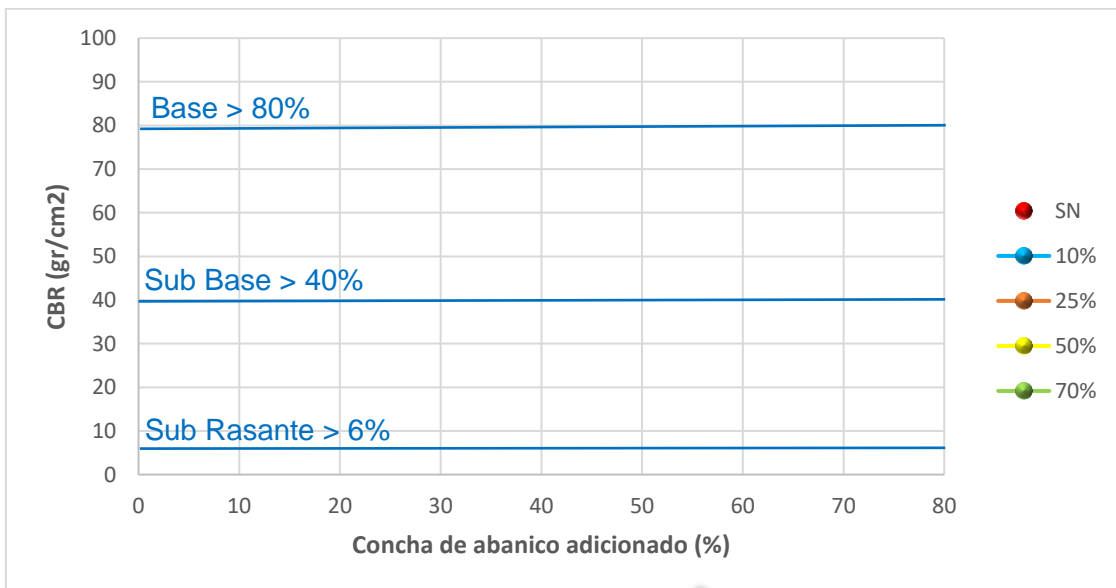


Figura 6: Gráfico del porcentaje de concha de abanico triturado - CBR

Fuente. Elaboración propia

La adición de concha de abanico triturado contribuye a un suelo arenoso en contener partículas grandes ayudándolo a mejorar su resistencia. Sin embargo, el valor de CBR empieza a descender al adicionar mayor porcentaje de concha de

abanico triturado, y ello se da debido a la carencia de finos cohesivos según (Farfán, R, 2015); así mismo, en el presente estudio se trabajó con rangos de trituración más grandes y por ello viene provocando que el agarre de compactación disminuya al adicionar mayor porcentaje de concha de abanico triturado haciendo que disminuya el valor de CBR gradualmente.

Por otro lado, la forma de la concha de abanico también influyen en la resistencia, su forma angulosa ayuda en la unión de las partículas aumentado la resistencia mecánica; pero al adicionar un mayor porcentaje por su forma achatada genera que presente espacios vacíos mayores disminuyendo la densidad.

## V. DISCUSIÓN

### Discusión n° 1

Según (Farfán, R. 2015) en su tesis titulada “Uso de concha de abanico triturada para mejoramiento de subrasantes arenosas”, mejora el valor de la máxima densidad seca hasta un 0.16 gr/cm<sup>2</sup> más respecto a la muestra patrón, se da al combinar 45% de concha de abanico triturado con un 55% de suelo natural; a partir de ello empieza a descender llegando a un valor menor que del suelo natural.

Por su parte Según (Quezada, S. 2017) En su tesis titulada “estudio comparativo de la estabilización de suelos arcillosos con valvas de moluscos para pavimentación”, incrementa la densidad seca, reduciendo la absorción de agua por capilaridad debido a que el suelo estabilizado reduce su plasticidad.

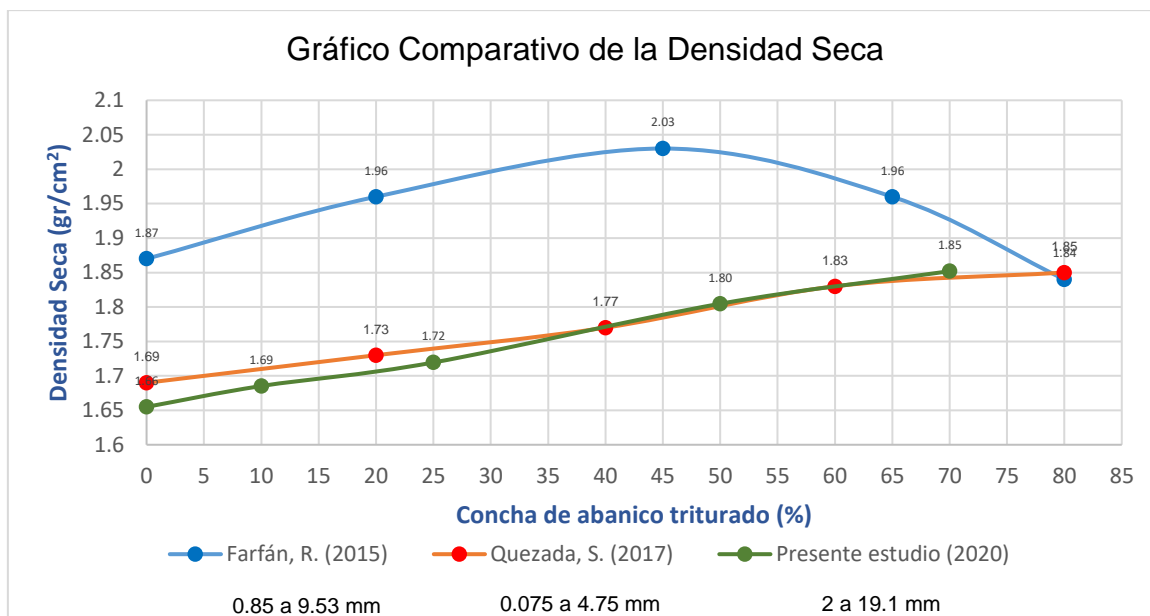


Figura 7: Gráfico comparativo de la máxima densidad seca

Fuente. Elaboración propia

Según el análisis del presente estudio, se reafirma la mejora de la densidad máxima seca; sin embargo, al adicionar rangos de trituración mayores como el presente estudio la máxima densidad seca se va incrementando proporcionalmente según adiciones mayor cantidad de concha de abanico triturado; por ello para determinar el óptimo se necesita ver la resistencia que presenta cada mezcla.

## Discusión n° 2

Según **(Farfán, R. 2015)** en su tesis titulada “Uso de concha de abanico triturada para mejoramiento de subrasantes arenosas”, demuestra que las mezclas que contengan mayor adición de concha de abanico triturado requieren un contenido de humedad menor para llegar a la máxima densidad seca.

Por su parte Según **(Quezada, S. 2017)** En su tesis titulada “estudio comparativo de la estabilización de suelos arcillosos con valvas de moluscos para pavimentación”, reduce el requerimiento del agua para su compactación, al aumentar la proporción de concha de abanico triturado en las mezclas.

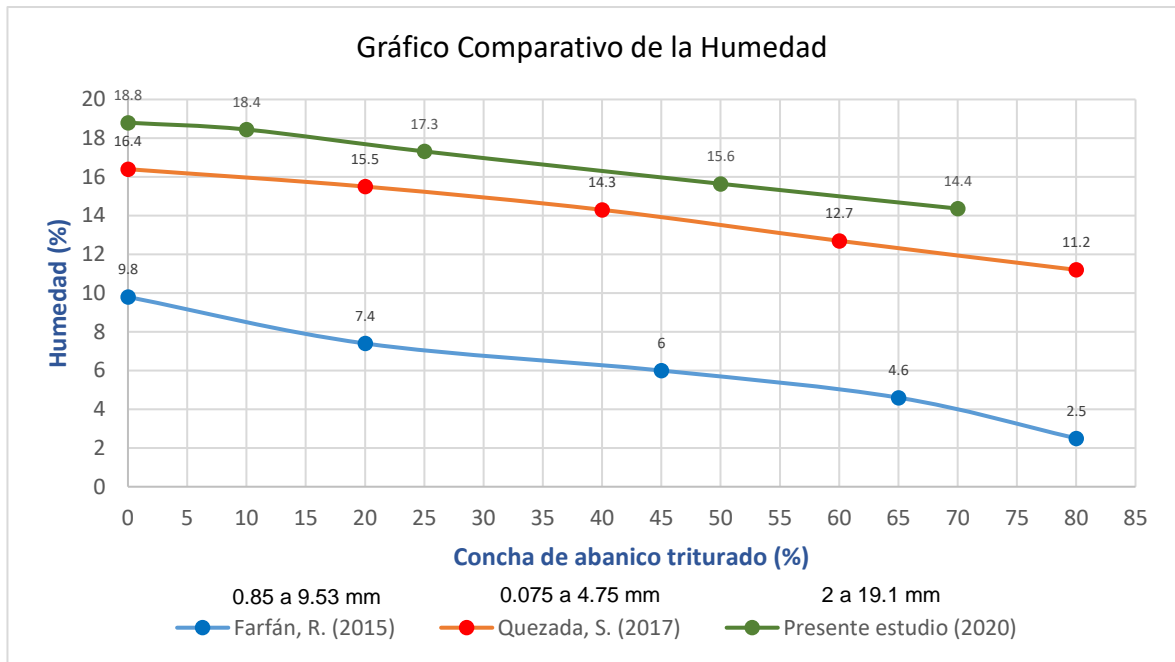


Figura 8: Gráfico comparativo de la humedad óptima

Fuente. Elaboración propia

En el presente estudio se reafirma que ésta disminuye al adicionar mayor porcentaje de concha de abanico triturado, necesitando una humedad menor para alcanzar la máxima densidad seca.

### Discusión n° 3

Según **(Quezada, S. 2017)** En su tesis titulada “estudio comparativo de la estabilización de suelos arcillosos con valvas de moluscos para pavimentación”, mejoró la calidad de la subrasante de un suelo arcilloso, logrando que aumente hasta en un 57% más al adicionar un 80% de concha de abanico triturado con 20% de suelo natural. Determinó que la concha de abanico triturado con una granulometría fina añade finos no plásticos a una mezcla generando una mejor compactación.

Por su parte Según **(Farfán, R. 2015)** en su tesis titulada “Uso de concha de abanico triturada para mejoramiento de subrasantes arenosas”, mejoró la resistencia del suelo hasta en un 70% más al adicionar 45% de concha de abanico triturado y un 55% de suelo natural; sin embargo, a un porcentaje de adición mayor

a 45% la resistencia disminuye debido a la falta de suelos cohesivos.

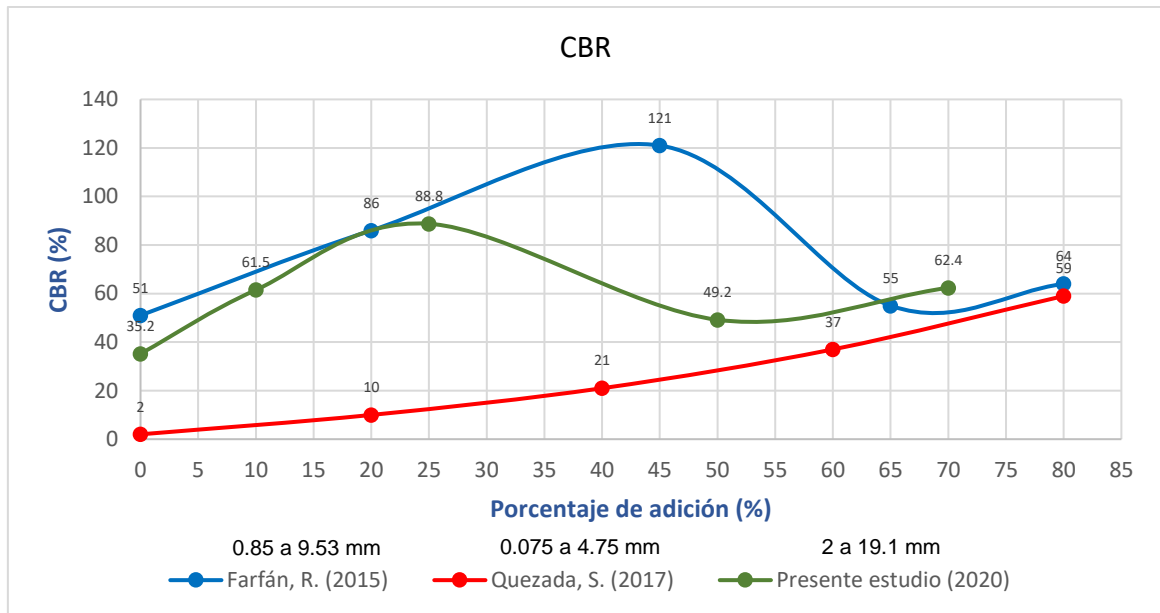


Figura 9: Cuadro Comparativo del CBR

Fuente. Elaboración propia

En el presente estudio se reafirma que la adición de concha de abanico triturado mejorar la resistencia logrando un incremento de 53.6% más respecto de la muestra patrón; así mismo, reduce el índice de vacíos y ayuda en minimizar la expansión del suelo, dándose al adicionar 25% de concha de abanico triturado con 75% de suelo natural; a partir de ello la resistencia empieza a descender. En comparación con Farfán la resistencia más alta se da al adicionar un 45% de concha de abanico; ello se da debido al tamaño de trituración empleado ya que al adicionar rangos más grandes de trituración por su forma achatada genera que presente espacios vacíos mayores al incrementar proporciones de mezclas altas disminuyendo la densidad.

## VI. CONCLUSIONES

1. La adición de concha de abanico triturado mejora las propiedades de un suelo arenoso natural incrementando la capacidad portante y la resistencia al corte hasta un 53.6% más respecto del suelo natural, al adicionar un 25% de concha de abanico triturado; así mismo a ese porcentaje de adición disminuye el índice de vacíos y el contenido de humedad. Por otro lado al incrementarse la densidad del suelo disminuye la permeabilidad, reduce la comprensibilidad y los asentamientos.
2. El comportamiento de las mezclas al estabilizar un suelo arenoso adicionando concha de abanico triturado en porcentajes de 10, 25, 50 y 70 todas producen cambios favorables en la subrasante, mejoran el CBR, incrementan la densidad seca máxima y reducen la humedad; por otro lado, los resultados de cada porcentaje son variables generando una curva ascendente hasta un 25%, y a partir de ello empieza a descender.
3. Al adicionar concha de abanico triturado en rangos de trituración entre 2 a 19.1 milímetros en suelos como el del presente estudio, el porcentaje de incorporación óptimo se da al mezclar 25% de concha de abanico triturado con 75% de suelo natural arenoso. Logrando un valor de CBR de 88.8, con una densidad seca máxima de 1.72 gr/cm<sup>2</sup> y humedad óptima de 17.3%.



## VII. RECOMENDACIONES

- Diferentes investigaciones demostraron que la concha de abanico triturado mejora la resistencia de una subrasante del suelo, logrando que sea más estable; por ello sugiero utilizar la concha de abanico triturado como un elemento estabilizante en la subrasante.; así mismo realizar estudios con tipos de suelos distintos, e identificar cómo se comportan en ellos.
- El comportamiento de las mezclas al incrementar 10, 25, 50 y 70 por ciento mejoran una subrasante por ello se sugiere emplear estos porcentajes dependiendo al tipo de suelo existente.
- Los resultados del presente estudio se dieron en rangos de trituración de 2 a 19.1 milímetros; por ello para suelos como el del presente estudio, sugiero incorporar un 25% de concha de abanico triturado.

## REFERENCIAS

1. DUQUE ESCOBAR, Gonzalo, ESCOBAR POTES, Carlos Enrique. Mecánica de suelos. Colombia: Manizales, 2002.
2. FARFAN, P. uso de concha de abanico triturada para mejoramiento de subrasantes arenosas. *Universidad de Piura*. Perú: Piura, 2015, pp. 3-120.
3. MORANTE, R. Evaluación de la adherencia entre la concha de abanico y el ligante asfáltico. *Universidad de Piura*. Perú: Piura, 2017, pp. 4-55.
4. CARNERO, D, MARTOS, J. Influencia de las partículas granulares de la valva del molusco bivalvo en el CBR de subrasantes arcillosas del pueblo Chepate, distrito de Cascas, La Libertad. *Universidad Privada Antenor Orbegoso* .Perú: Trujillo, 2019, pp. 1-171.
5. QUEZADA, S. Estudio comparativo de la estabilización de suelos arcillosos con valvas de moluscos para pavimentación. *Universidad de Piura*. Perú: Piura, 2017, pp. 1-114.
6. ESPINOZA, Tatiana, HONORES, Gregory. estabilización de suelos arcillosos con conchas de abanico y cenizas de carbón con fines de pavimentación. *Universidad Nacional del Santa*. Perú: Chimbote, 2018, pp. 19-275.
7. CARNERO, Matías y otros. 2009. Mezclas de zahorras naturales y concha de mejillón para firmes de vías forestales. *Escuela Politécnica Superior. Dpto. Enxeñería Agroforestal. Universidad de Santiago de Compostela*. España: Lugo, s/n 2002, pp. 1015-1023.
8. GEORGE ROWLAND, Otoko, ESENWA IFECHUKWUDE, Cynthia. 2014. mechanical stabilization of a deltaic clayey soil using crushed waste periwinkle shells. *International Journal of Engineering and Technology Research* .Volumen 2. Nigeria n. 5, pp. 1 - 7, ISSN: 2327 - 0349
9. WEN-TEN, Kuo, and othres. *Engineering properties of controlled low-strength materials containing waste oyster shells* [en línea]. 2013, Volumen 46, pp. 128-133 [fecha de consulta abril de 2020]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2013.04.020>
10. EUN-IK, Yang, and others. *Effect of partial replacement of sand with dry oyster shell on the long-term performance of concrete* [en línea]. 2010. Volumen 24,

pp. 758-765. [fecha de consulta abril de 2020]. Disponible en:  
<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2009.10.032>

11. MARTINEZ, C. Estudio del comportamiento concha de mejillón como árido para la fabricación de hormigones en masa. *Universidad de Coruña*. España: Coruña, 2016, pp. 4-100.
12. MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES. Manual de Carretera. *Suelo, Geología, Geotecnia y Pavimentos*. Perú, 2013.
13. WINTERKORN, H F. 2004. Principles and practice of soil stabilization. *Transportation research board*. Estados Unidos, vol. 6. pp. 459-492.
14. GARNICA ANGUAS, Paul, y otros. 2002. Estabilización de suelos con cloruro de sodio para su uso en las vías terrestres. *Secretaría de comunicaciones y transportes Instituto Mexicano del transporte*. Querétaro: Sanfandila, n. 201, pp. 1-68. ISSN 0188-7297.
15. GONZALES, R. 2010. Auge y crisis: la pesquería de la concha de abanico (*Argopecten purpuratus*) en la región Pisco-Paracas, costa sur del Perú. *Espacio y desarrollo*. Perú, n. 22, pp. 25-51. ISSN 1016-9148
16. MINISTERIO DE COMERCIO EXTERIOR Y TURISMO. 2016. Vieira o Concha de Abanico. *Perfil del producto*. Perú, pp. 1-48.
17. PEREVOCHTCHIKOVA, M. 2013. La evaluación del impacto ambiental y la importancia de los indicadores ambientales. *Gestión y política pública*. México, vol. 22, n° 2, pp. 283-312. ISSN 1405-1079.
18. LOAYZA, R. 2011, Problemática del biofouling en el cultivo de *Argopecten purpuratus* en el Perú. *Universidad Nacional de Santa*. Perú: Chimbote, n. 35, pp. 1-19
19. CARRILLO, S. Viabilidad del reciclaje de la concha de abanico en la industria de la construcción. Piura. 2017.
20. MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES. Manual De Ensayo De Materiales. Perú, 2016.
21. UCHUYPOMA, F. Ensayo de corte directo. *Universidad Peruana Los Andes*. Perú: Lima, 2015, pp. 1-28.
22. LEONARDO ACERO, Andrés, SANTIAGO CUBILLOS, Erick, ORTEGA GARCIA, Oscar M. Relación de soporte del suelo en laboratorio. *Universidad de la Salle*. Bogotá, 2012, pp. 1-34.

23. FLORIDA DEPARTMENT OF TRANSPORTATION. 2018. Limerock Bearing Ratio (LBR). Estados Unidos, n. 01-18, pp. 1-2.
24. HERNÁNDEZ, R. 2014. Metodología de la investigación. *McGraw – Hill*. Sexta edición. México, pp. 6-586. ISBN: 978-1-4562-2396-0
25. LÓPEZ, P. 2004. Población muestra y muestra. *Punto Cero*. Bolivia: Cochabamba, n. 8, ISSN 1815-0276.
26. GAUCHI, V. 2017. Estudio de los métodos de investigación y técnicas de recolección de datos utilizadas en bibliotecología y ciencia de la información. *Revista española de Documentación Científica*. Argentina: Mar del Plata, 40(2), pp. 1-13. ISSN-L: 0210-0614.
27. MARTÍNEZ, Manuel, MARCH, Trina. 2015. Caracterización de la validez y confiabilidad en el constructo metodológico de la investigación social. *Universidad de Carabobo*. Edición N° 20. Venezuela, pp. 1-21. ISSN: 1856-9331.
28. ACEVEDO, I. *Aspectos éticos en la investigación científica*. [en línea]. 2002, vol.8, n.1, pp.15-18. [fecha de consulta 25 de abril 2020]. ISSN 0717-9553. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-95532002000100003>.
29. MARQUEZ, R. 2016. Estudio de suelos Huaylas. *Calicata CPH-01. Proyecto: Añego Panamericana Sur – Intercambio Huaylas*. Lima: Villa el Salvador.
30. BERMÚDEZ, R. 2015. Interpolación. *Instituto Universitario Politécnico Santiago Mariño Extensión Porlamar*. Venezuela: Nueva Esparta. pp. 1-6 C.I: 21326055.
31. MINISTERIO DE VIVIENDA, CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO - UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA. 2011. Apéndice B: Características Geotécnicas Del Distrito Villa El Salvador. *Centro Peruano Japonés De Investigaciones Sísmicas y Mitigación De Desastres*. Lima. pp. 1-180.
32. HABIBA, Afrin. 2017. A Review on the Soil Stabilization Using Low-Cost Methods. *International Journal of Transportation Engineering and Technology*. Bangladesh: Rajshahi, Vol. 3, n. 2, pp. 19-24. Disponible en: [10.11648 / j.ijtet.20170302.12](http://dx.doi.org/10.11648/j.ijtet.20170302.12)
33. SPEIGHT, James. 2015. Asphalt Materials Science and Technology. *Butterworth - Heinemann*. Estados Unidos: Utah, 1ra edición, pp. 650. ISBN: 9780128005019.

34. NETINGER GRUBEŠA, Ivanka, and others. 2016. Characteristics and Uses of Steel Slag in Building Construction. *Butterworth – Heinemann*. Croatia: Osijek, 1ra edición, pp. 194. ISBN: 9780081003763
35. KALIAKIN, Víctor. 2017. Soil Mechanics. *Calculations, Principles, and Method*. Estados Unidos: Newark 1ra edición, pp. 462. ISBN: 9780128014844
36. ATLAS. ti. qualitative data análisis [en línea]. *Sophisticated data analysis* [fecha de consulta 5 junio 2020]. Disponible en: <https://atlasti.com/observational-research/>
37. UNESCO. COVID-19 response. *Response & resources* [en línea]. 2020, [fecha de consulta 01 junio 2020]. Disponible en: <https://en.unesco.org/covid19>
38. U.S. ARMY, U.S. AIR FORCE, U.S. NAVY. Soil stabilization for pavements. University Press of the Pacific. Estados Unidos, 2004. ISBN-10: 1410219143
39. CISNEROS, Rosario, BAUTISTA, Jorge, ARGUELLES, Juan. 2008. Comparative growth of peruvian scallop (*Argopecten purpuratus*) in suspended systems. *Ecología aplicada*, 7(1,2). Perú: Lima, pp. 1-7. ISSN 1726-2216.
40. SHUTTLEWORTH, Martyn. *Explorable* [en línea]. Operationalization [actualizado 9 junio 2020] [fecha de consulta 15 junio 2020]. <https://explorable.com/operationalization>

# ANEXOS

## Anexo 1

### Matriz de Operacionalización

Variables de Estudio	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de Medición
Concha de abanico triturado (independiente)	Es una de las doce especies de pectínidos llamada científicamente <i>Argopecten purpuratus</i> . Habita en áreas de la costa del pacífico tropical desde Nicaragua hasta el norte de Chile. En el Perú se encuentran en todo el litoral costero en profundidades de 5 a 40 m. <sup>39</sup>	Para analizar la concha de abanico triturado se considerara los porcentajes de incorporación que se le realizara al suelo natural arenoso, los cuales están en relación de 10%, 25%, 50% y 70% con un rango de trituración de 2 a 19,1 mm.	Porcentaje de incorporación	10% de concha de abanico triturado + 90% de suelo natural	Ficha de recolección de datos
				25% de concha de abanico triturado + 75% de suelo natural	
				50% de concha de abanico triturado + 50% de suelo natural	
				70% de concha de abanico triturado + 30% de suelo natural	
Estabilización de suelos arenosos (dependiente)	Proceso físico o químico que aumentan la resistencia del suelo a la mezcla suelo –producto como estabilizante modificado. <sup>38</sup>	Para estabilizar los suelos arenosos se combinara concha de abanico triturado con el suelo natural, y con ello se analizará las variaciones que presenta en cuanto sus propiedades física mecánicas, comportamiento de las mezclas, y el óptimo porcentaje de adición.	Propiedades físico mecánicas	Contenido de humedad	Fichas de recolección de datos
				Análisis granulométrico por tamizado	
				Límite de Atterberg	
			Comportamiento del suelo	CBR	
				Proctor modificado	

## Anexo 2

### Matriz de consistencia

Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
<p><b>Problema general</b> ¿De qué manera la concha de abanico triturado mejora la estabilización de la subrasante de suelos arenosos en la avenida Umanmarca, Villa el Salvador?</p> <p><b>Problema específicos</b> ¿De qué manera la concha de abanico triturado influye en las propiedades físico mecánicas del suelo arenoso en la avenida Umanmarca, Villa el Salvador?</p> <p>¿De qué manera la concha de abanico triturado influye en el comportamiento de las mezclas variando la cantidad de adición en la avenida Umanmarca, Villa el Salvador?</p> <p>¿En qué medida influye el porcentaje de incorporación de concha de abanico triturado como elemento estabilizador del suelo arenoso en la avenida Umanmarca, Villa el Salvador?</p>	<p><b>Objetivo general</b> Analizar si la concha de abanico triturado puede ser empleado como material estabilizador de suelos arenosos aplicados a nivel de subrasante en la avenida Umanmarca, Villa el Salvador</p> <p><b>Objetivo específicos</b> Analizar las propiedades físico mecánicas del suelo arenoso natural y el suelo arenoso adicionado con diferentes porcentajes de concha de abanico triturado en la avenida Umanmarca, Villa el Salvador.</p> <p>Identificar el comportamiento de las mezclas variando la cantidad de adición de concha de abanico triturado en la avenida Umanmarca, Villa el Salvador</p> <p>Determinar el porcentaje de incorporación óptimo de concha de abanico triturado para mejorar la estabilización del suelo arenoso en la avenida Umanmarca, Villa el Salvador.</p>	<p><b>Hipótesis general</b> La concha de abanico triturado mejora la estabilización de la subrasante de suelos arenosos en la avenida Umanmarca, Villa el Salvador</p> <p><b>Hipótesis específicos</b> La concha de abanico triturado influye en las propiedades físico mecánicas del suelo arenoso en la avenida Umanmarca, Villa el Salvador</p> <p>La cantidad de adición de concha de abanico triturado influye en el comportamiento las mezclas en la avenida Umanmarca, Villa el Salvador</p> <p>La adición de un óptimo porcentaje de concha de abanico triturado influye en la estabilización del suelo arenoso en la avenida Umanmarca, Villa el Salvador</p>	Concha de abanico triturado (independiente)	Porcentaje de incorporación	10% de concha de abanico triturado + 90% de suelo natural	Ficha de recolección de datos
					25% de concha de abanico triturado + 75% de suelo natural	
					50% de concha de abanico triturado + 50% de suelo natural	
					70% de concha de abanico triturado + 30% de suelo natural	
			Estabilización de suelos arenosos (dependiente)	Propiedades físico mecánicas	Contenido de humedad	Fichas de recolección de datos
					Análisis granulométrico por tamizado	
					Límite de atterberg	
					C.B.R.	
Comportamiento del suelo		Próctor modificado				

### Anexo 3

#### Instrumentos de recolección de datos.

#### Densidad Seca

Proyecto: Tesis	
Elaboración: Anticon Castro, Junior	
Ubicación: Villa el Salvador	
<b>MÉTODO DE INTERPOLACIÓN PARA LA MÁXIMA DENSIDAD SECA</b>	
Material: 10% de concha de abanico triturado + 90% de suelo arenoso natural	
Fecha de evaluación: 25/05/2020	
$Y = Y_a + (X - X_a) \frac{(Y_b - Y_a)}{(X_b - X_a)} \quad \sim \quad \frac{(Y_a - X_a)}{(X - X_a)} = \frac{(Y_b - X_b)}{(Y - X_b)}$	
Xa: Valor del suelo natural fuente 1	Xb: Valor del suelo modificado fuente 1
Ya: Valor del suelo natural fuente 2	Yb: Valor del suelo modificado fuente 2
X: Valor del suelo natural	Y: Variable
Suelo Natural	Suelo estabilizado con concha de abanico
Xa: 1.87	Xb: 1.96
Ya: 1.69	Yb: 1.73
X: 1.66	Y: 1.69
Fuente 1: Fárfan, R. (2015) Fuente 2: Quezada, S. (2017)	



Proyecto: Tesis  
 Elaboración: Anticonca Castro, Junior  
 Ubicación: Villa el Salvador

**MÉTODO DE INTERPOLACIÓN PARA LA MÁXIMA DENSIDAD SECA**

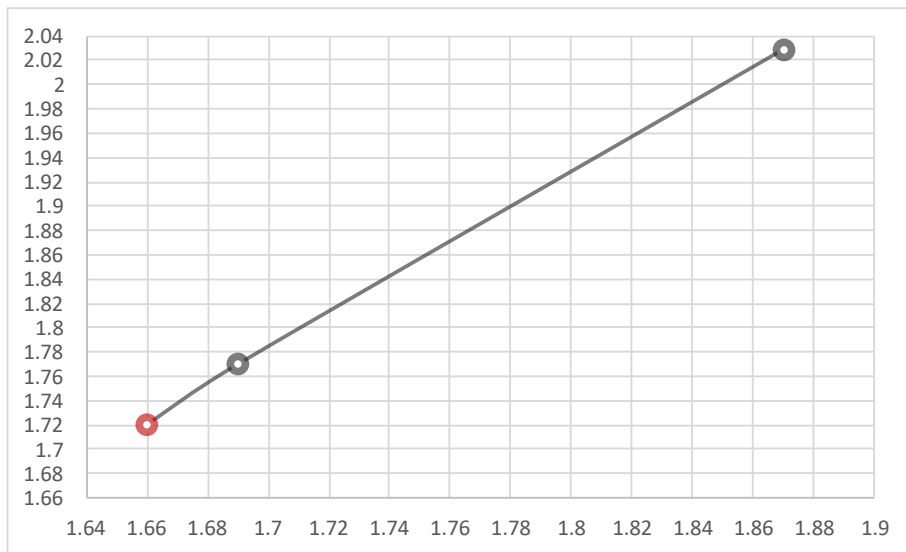
Material: 25% de concha de abanico triturado + 75% de suelo arenoso natural

Fecha de evaluación: 25/05/2020

$$Y = Ya + (X - Xa) \frac{(Yb - Ya)}{(Xb - Xa)} \sim \frac{(Ya - Xa)}{(X - Xa)} = \frac{(Yb - Xb)}{(Y - Xb)}$$

Xa: Valor del suelo natural fuente 1                      Xb: Valor del suelo modificado fuente 1  
 Ya: Valor del suelo natural fuente 2                      Yb: Valor del suelo modificado fuente 2  
 X: Valor del suelo natural                                      Y: Variable

Suelo Natural	Suelo estabilizado con concha de abanico	
Xa: 1.87	Xb: 2.03	Fuente 1: Fárfan, R. (2015)
Ya: 1.69	Yb: 1.77	Fuente 2: Quezada, S. (2017)
X: 1.66	Y: 1.72	



Proyecto: Tesis  
 Elaboración: Anticona Castro, Junior  
 Ubicación: Villa el Salvador

**MÉTODO DE INTERPOLACIÓN PARA LA MÁXIMA DENSIDAD SECA**

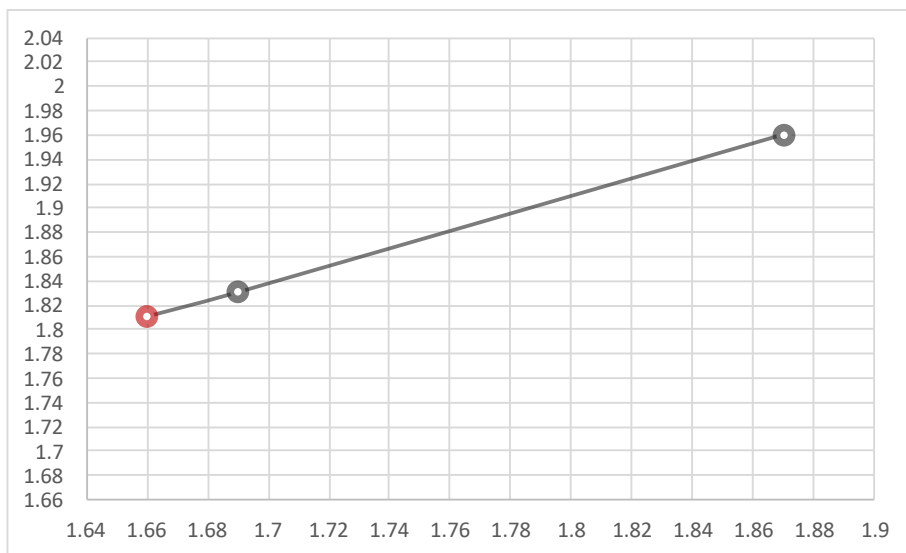
Material: 50% de concha de abanico triturado + 50% de suelo arenoso natural

Fecha de evaluación: 25/05/2020

$$Y = Y_a + (X - X_a) \frac{(Y_b - Y_a)}{(X_b - X_a)} \sim \frac{(Y_a - X_a)}{(X - X_a)} = \frac{(Y_b - X_b)}{(Y - X_b)}$$

Xa: Valor del suelo natural fuente 1                      Xb: Valor del suelo modificado fuente 1  
 Ya: Valor del suelo natural fuente 2                      Yb: Valor del suelo modificado fuente 2  
 X: Valor del suelo natural                                      Y: Variable

Suelo Natural	Suelo estabilizado con concha de abanico	
Xa: 1.87	Xb: 1.96	Fuente 1: Fárfan, R. (2015) Fuente 2: Quezada, S. (2017)
Ya: 1.69	Yb: 1.83	
X: 1.66	Y: 1.81	



Proyecto: Tesis  
 Elaboración: Anticonca Castro, Junior  
 Ubicación: Villa el Salvador

**MÉTODO DE INTERPOLACIÓN PARA LA MÁXIMA DENSIDAD SECA**

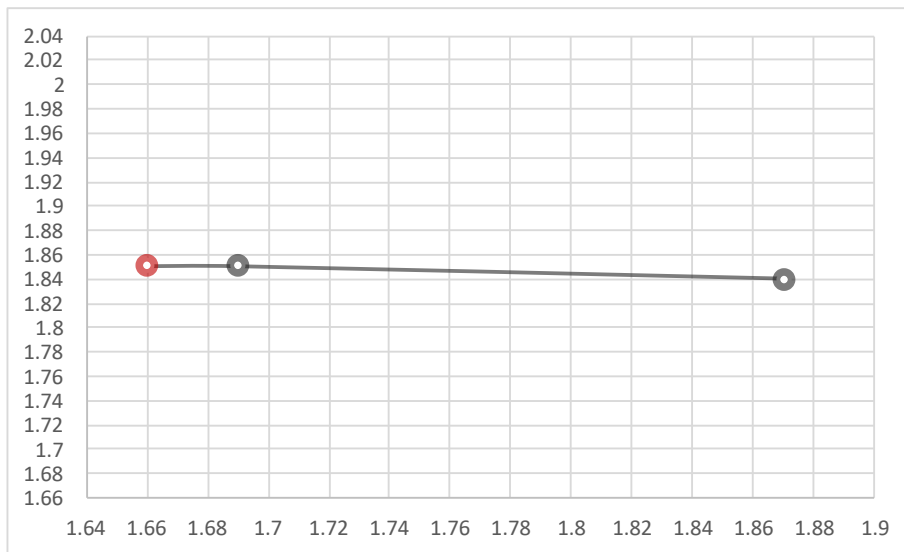
Material: 70% de concha de abanico triturado + 30% de suelo arenoso natural

Fecha de evaluación: 25/05/2020

$$Y = Y_a + (X - X_a) \frac{(Y_b - Y_a)}{(X_b - X_a)} \sim \frac{(Y_a - X_a)}{(X - X_a)} = \frac{(Y_b - X_b)}{(Y - X_b)}$$

Xa: Valor del suelo natural fuente 1                      Xb: Valor del suelo modificado fuente 1  
 Ya: Valor del suelo natural fuente 2                      Yb: Valor del suelo modificado fuente 2  
 X: Valor del suelo natural                                      Y: Variable

Suelo Natural	Suelo estabilizado con concha de abanico	
Xa: 1.87	Xb: 1.84	Fuente 1: Fárfan, R. (2015)
Ya: 1.69	Yb: 1.85	Fuente 2: Quezada, S. (2017)
X: 1.66	Y: 1.85	



## Humedad Óptima

Proyecto:	Tesis	
Elaboración:	Anticona Castro, Junior	
Ubicación:	Villa el Salvador	
<b>MÉTODO DE INTERPOLACIÓN PARA LA HUMEDAD ÓPTIMA</b>		
Material:	10% de concha de abanico triturado + 90% de suelo arenoso natural	
	Fecha de evaluación:	25/05/2020
$Y = Y_a + (X - X_a) \frac{(Y_b - Y_a)}{(X_b - X_a)} \quad \sim \quad \frac{(Y_a - X_a)}{(X - X_a)} = \frac{(Y_b - X_b)}{(Y - X_b)}$		
Xa:	Valor del suelo natural fuente 1	Xb: Valor del suelo modificado fuente 1
Ya:	Valor del suelo natural fuente 2	Yb: Valor del suelo modificado fuente 2
X:	Valor del suelo natural	Y: Variable
Suelo Natural	Suelo estabilizado con concha de abanico	Fuente 1: Fárfan, R. (2015) Fuente 2: Quezada, S. (2017)
Xa: 9.8	Xb: 7.4	
Ya: 16.4	Yb: 15.5	
X: 18.80	Y: 18.4	

Proyecto: Tesis  
 Elaboración: Anticona Castro, Junior  
 Ubicación: Villa el Salvador

**MÉTODO DE INTERPOLACIÓN PARA LA HUMEDAD ÓPTIMA**

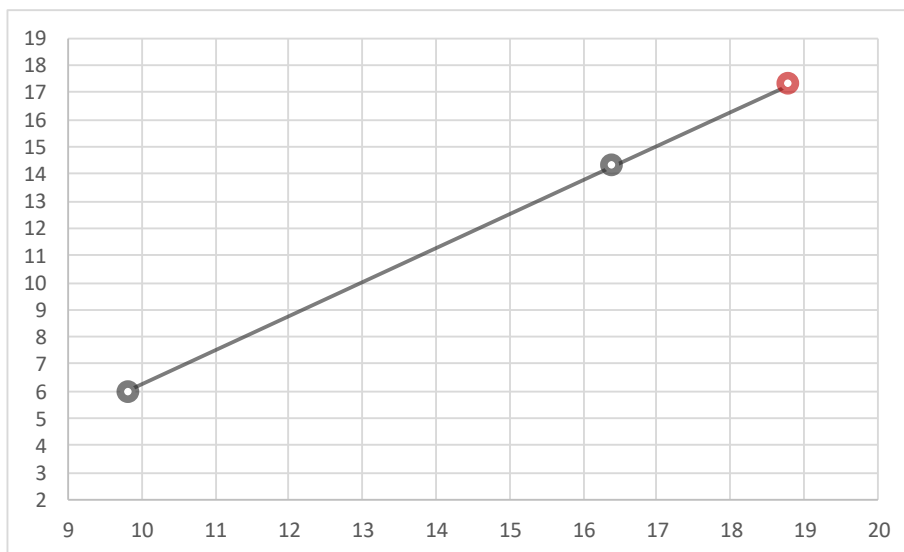
Material: 25% de concha de abanico triturado + 75% de suelo arenoso natural

Fecha de evaluación: 25/05/2020

$$Y = Y_a + (X - X_a) \frac{(Y_b - Y_a)}{(X_b - X_a)} \sim \frac{(Y_a - X_a)}{(X - X_a)} = \frac{(Y_b - X_b)}{(Y - X_b)}$$

Xa: Valor del suelo natural fuente 1                      Xb: Valor del suelo modificado fuente 1  
 Ya: Valor del suelo natural fuente 2                      Yb: Valor del suelo modificado fuente 2  
 X: Valor del suelo natural                                      Y: Variable

Suelo Natural	Suelo estabilizado con concha de abanico	
Xa: 9.8	Xb: 6	Fuente 1: Fárfan, R. (2015)
Ya: 16.4	Yb: 14.3	Fuente 2: Quezada, S. (2017)
X: 18.80	Y: 17.3	



Proyecto: Tesis  
 Elaboración: Anticona Castro, Junior  
 Ubicación: Villa el Salvador

**MÉTODO DE INTERPOLACIÓN PARA LA HUMEDAD ÓPTIMA**

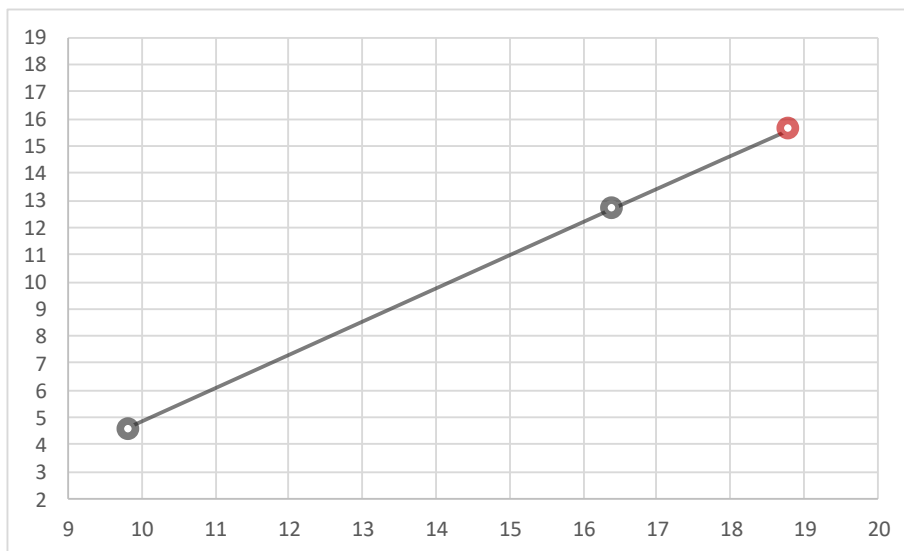
Material: 50% de concha de abanico triturado + 50% de suelo arenoso natural

Fecha de evaluación: 25/05/2020

$$Y = Y_a + (X - X_a) \frac{(Y_b - Y_a)}{(X_b - X_a)} \quad \sim \quad \frac{(Y_a - X_a)}{(X - X_a)} = \frac{(Y_b - X_b)}{(Y - X_b)}$$

Xa: Valor del suelo natural fuente 1                      Xb: Valor del suelo modificado fuente 1  
 Ya: Valor del suelo natural fuente 2                      Yb: Valor del suelo modificado fuente 2  
 X: Valor del suelo natural                                      Y: Variable

Suelo Natural	Suelo estabilizado con concha de abanico	
Xa: 9.8	Xb: 4.6	Fuente 1: Fárfan, R. (2015)
Ya: 16.4	Yb: 12.7	Fuente 2: Quezada, S. (2017)
X: 18.80	Y: 15.6	



Proyecto: Tesis  
 Elaboración: Anticona Castro, Junior  
 Ubicación: Villa el Salvador

**MÉTODO DE INTERPOLACIÓN PARA LA HUMEDAD ÓPTIMA**

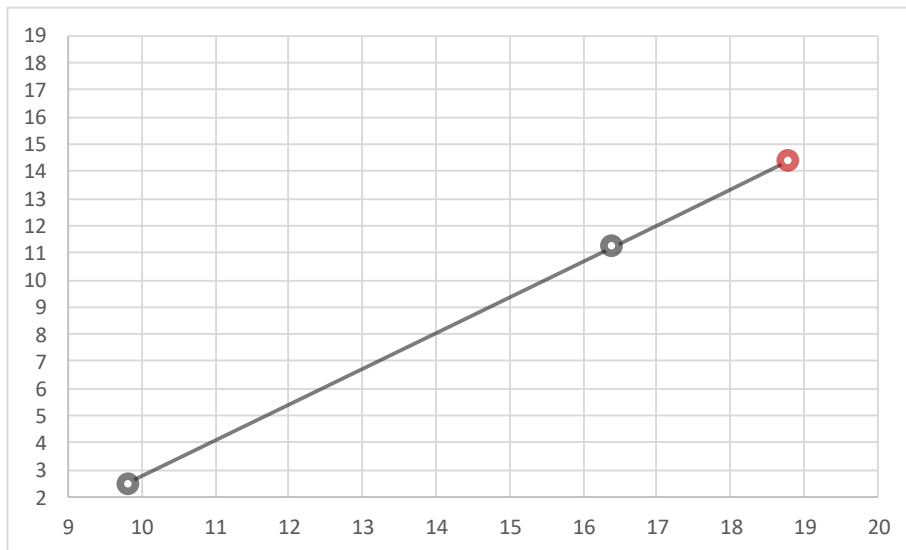
Material: 70% de concha de abanico triturado + 30% de suelo arenoso natural

Fecha de evaluación: 25/05/2020

$$Y = Y_a + (X - X_a) \frac{(Y_b - Y_a)}{(X_b - X_a)} \sim \frac{(Y_a - X_a)}{(X - X_a)} = \frac{(Y_b - X_b)}{(Y - X_b)}$$

Xa: Valor del suelo natural fuente 1                      Xb: Valor del suelo modificado fuente 1  
 Ya: Valor del suelo natural fuente 2                      Yb: Valor del suelo modificado fuente 2  
 X: Valor del suelo natural                                      Y: Variable

Suelo Natural	Suelo estabilizado con concha de abanico	
Xa: 9.8	Xb: 2.5	Fuente 1: Fárfan, R. (2015)
Ya: 16.4	Yb: 11.2	Fuente 2: Quezada, S. (2017)
X: 18.80	Y: 14.4	



# CBR

Proyecto:	Tesis
Elaboración:	Anticona Castro, Junior
Ubicación:	Villa el Salvador

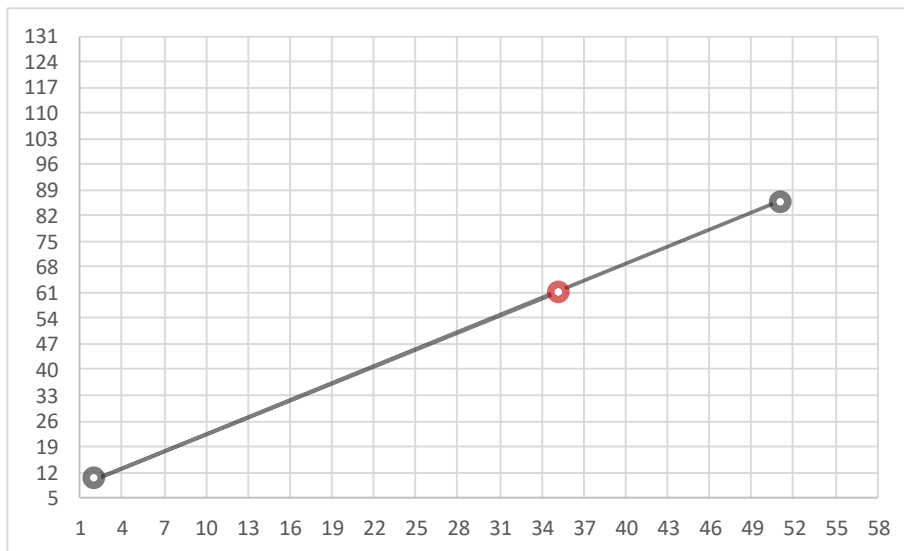
## MÉTODO DE INTERPOLACIÓN PARA EL CBR

Material:	10% de concha de abanico triturado + 90% de suelo arenoso natural
Fecha de evaluación:	25/05/2020

$$Y = Y_a + (X - X_a) \frac{(Y_b - Y_a)}{(X_b - X_a)} \sim \frac{(Y_a - X_a)}{(X - X_a)} = \frac{(Y_b - X_b)}{(Y - X_b)}$$

Xa: Valor del suelo natural fuente 1	Xb: Valor del suelo modificado fuente 1
Ya: Valor del suelo natural fuente 2	Yb: Valor del suelo modificado fuente 2
X: Valor del suelo natural	Y: Variable

Suelo Natural	Suelo estabilizado con concha de abanico	
Xa: 51	Xb: 86	Fuente 1: Fárfan, R. (2015) Fuente 2: Quezada, S. (2017)
Ya: 2	Yb: 10	
X: 35.20	Y: 61.2	





Proyecto: Tesis  
 Elaboración: Anticona Castro, Junior  
 Ubicación: Villa el Salvador

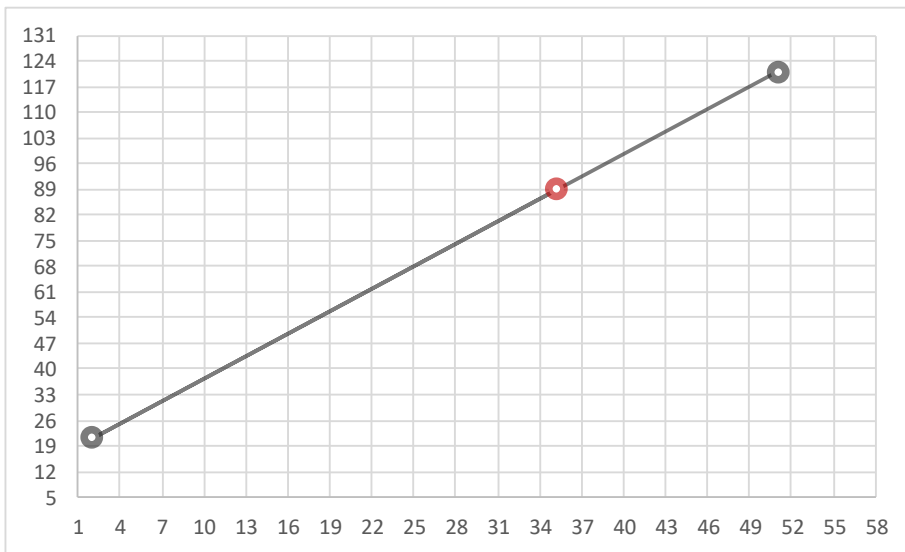
**MÉTODO DE INTERPOLACIÓN PARA EL CBR**

Material: 25% de concha de abanico triturado + 75% de suelo arenoso natural  
 Fecha de evaluación: 25/05/2020

$$Y = Y_a + (X - X_a) \frac{(Y_b - Y_a)}{(X_b - X_a)} \quad \sim \quad \frac{(Y_a - X_a)}{(X - X_a)} = \frac{(Y_b - X_b)}{(Y - X_b)}$$

Xa: Valor del suelo natural fuente 1                      Xb: Valor del suelo modificado fuente 1  
 Ya: Valor del suelo natural fuente 2                      Yb: Valor del suelo modificado fuente 2  
 X: Valor del suelo natural                                      Y: Variable

Suelo Natural	Suelo estabilizado con concha de abanico	
Xa: 51	Xb: 121	Fuente 1: Fárfan, R. (2015) Fuente 2: Quezada, S. (2017)
Ya: 2	Yb: 21	
X: 35.20	Y: 88.8	



Proyecto: Tesis  
 Elaboración: Anticona Castro, Junior  
 Ubicación: Villa el Salvador

**MÉTODO DE INTERPOLACIÓN PARA EL CBR**

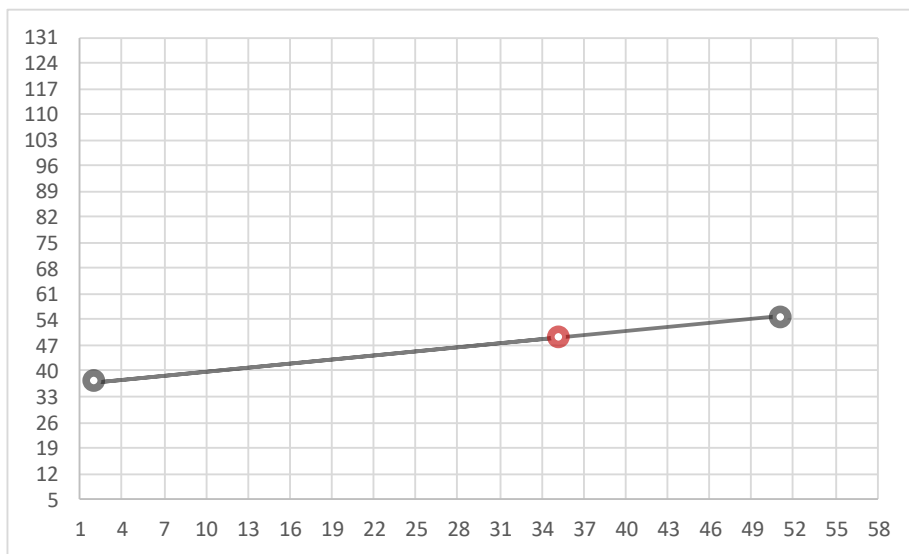
Material: 50% de concha de abanico triturado + 50% de suelo arenoso natural

Fecha de evaluación: 25/05/2020

$$Y = Y_a + (X - X_a) \frac{(Y_b - Y_a)}{(X_b - X_a)} \quad \sim \quad \frac{(Y_a - X_a)}{(X - X_a)} = \frac{(Y_b - X_b)}{(Y - X_b)}$$

Xa: Valor del suelo natural fuente 1                      Xb: Valor del suelo modificado fuente 1  
 Ya: Valor del suelo natural fuente 2                      Yb: Valor del suelo modificado fuente 2  
 X: Valor del suelo natural                                      Y: Variable

Suelo Natural	Suelo estabilizado con concha de abanico	
Xa: 51	Xb: 55	Fuente 1: Fárfan, R. (2015) Fuente 2: Quezada, S. (2017)
Ya: 2	Yb: 37	
X: 35.20	Y: 49.2	



Proyecto: Tesis  
 Elaboración: Anticona Castro, Junior  
 Ubicación: Villa el Salvador

**MÉTODO DE INTERPOLACIÓN PARA EL CBR**

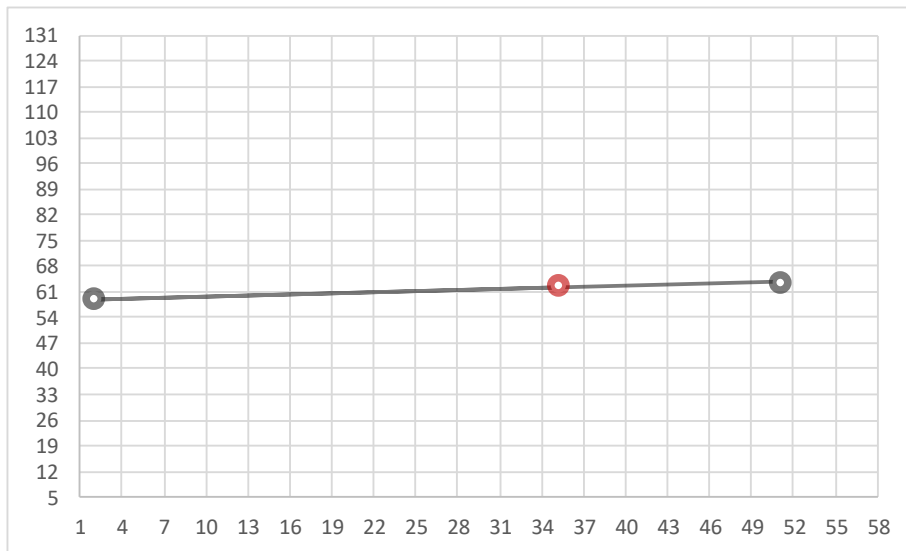
Material: 70% de concha de abanico triturado + 30% de suelo arenoso natural

Fecha de evaluación: 25/05/2020

$$Y = Y_a + (X - X_a) \frac{(Y_b - Y_a)}{(X_b - X_a)} \sim \frac{(Y_a - X_a)}{(X - X_a)} = \frac{(Y_b - X_b)}{(Y - X_b)}$$

Xa: Valor del suelo natural fuente 1                      Xb: Valor del suelo modificado fuente 1  
 Ya: Valor del suelo natural fuente 2                      Yb: Valor del suelo modificado fuente 2  
 X: Valor del suelo natural                                      Y: Variable

Suelo Natural	Suelo estabilizado con concha de abanico	
Xa: 51	Xb: 64	Fuente 1: Fárfan, R. (2015) Fuente 2: Quezada, S. (2017)
Ya: 2	Yb: 59	
X: 35.20	Y: 62.4	



## Anexo 4

### Informe del estudio de suelo (recopilado)

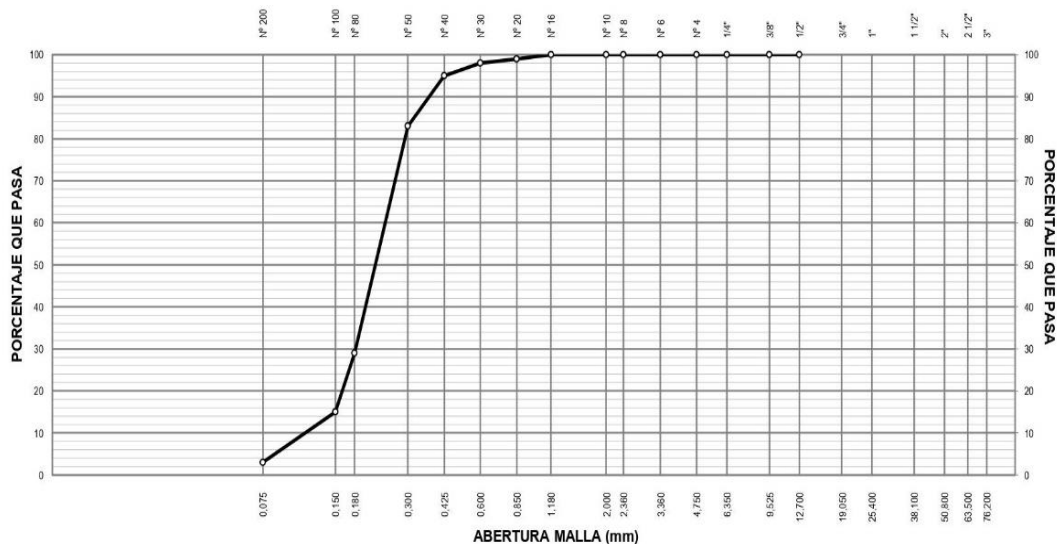
#### REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : Calicata "CPH-01", M - 1 / Prof.: 0.40m - 1.50m      PRESENTACIÓN : 01 Saco de polipropileno  
 CANTIDAD : 65 kg aprox.

#### ASTM D 422-63(2002) MÉTODO DE ENSAYO PARA EL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS					CARACTERIZACIÓN DEL SUELO			
MALLAS		RETENIDO PARCIAL (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PASA (%)	Limite líquido (%)	ASTM D 4318-05	:	NP
SERIE AMERICANA	ABERTURA (mm)							
3"	76.200				Limite plástico (%)	ASTM D 4318-05	:	NP
2 1/2"	63.500				Índice plástico (%)	ASTM D 4318-05	:	NP
2"	50.800				Clasificación SUCS	ASTM D 2487-05	:	SP
1 1/2"	38.100				Clasificación AASHTO	ASTM D 3282-04e1	:	A-3 (0)
1"	25.400				ASTM D 2488 "Descripción e Identificación de suelos"			
3/4"	19.050				Grava (Ret. N°4)	:		--
1/2"	12.700				Arena	:		97.0 %
3/8"	9.525				Fino (Pas. N°200)	:		3.0 %
1/4"	6.350				Cont. de humedad (%)			
N° 4	4.750				ASTM D 2216-05	:		1.0
N° 6	3.360				Descripción de la muestra : Arena pobremente gradada			
N° 8	2.360				OBSERVACIONES:			
N° 10	2.000				- Muestra tomada e identificada por personal de OHL INGENIEROS SAC.			
N° 16	1.180			100				
N° 20	0.850	1	1	99				
N° 30	0.600	1	2	98				
N° 40	0.425	3	5	95				
N° 50	0.300	12	17	83				
N° 80	0.180	54	71	29				
N° 100	0.150	14	85	15				
N° 200	0.075	12	97	3				
-200	ASTM D 1140-00	3	100	-				

CURVA GRANULOMÉTRICA



Referencia: ASTM D 422-63-02 Standard test method for sieve analysis of fine and coarse aggregates.  
 ASTM D 4318-05 Standard test method for liquid limit, plastic limit and plasticity index of soils.  
 ASTM D 2487-05 Standard classification of soils for engineering purposes (Unified soil classification system).  
 ASTM D 2216-05 Standard test methods for laboratory determination of water (moisture) content of soil and rock by mass.

Fuente. MARQUEZ, R. (2016).

---

**REFERENCIAS DE LA MUESTRA**

IDENTIFICACIÓN : Calicata "CPH-01", M - 1 / Prof.: 0.40m - 1.50m

PRESENTACIÓN : 01 Saco de polipropileno

DESCRIPCIÓN : Arena pobremente gradada

CANTIDAD : 65 kg aprox.

<b>ASTM D 2216-05</b>	<b>MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO</b>
-----------------------	---

DENOMINACIÓN		CONTENIDO DE HUMEDAD
Cápsula N°		17
Peso cápsula + suelo húmedo	(g)	453.7
Peso cápsula + suelo seco	(g)	450.1
Peso del Agua	(g)	3.6
Peso de la cápsula	(g)	93.6
Peso del suelo seco	(g)	356.5
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>	<b>(%)</b>	<b>1.0</b>

Referencia:

ASTM D 2216-05 Standard test methods for laboratory determination of water (moisture) content of soil and rock by mass.

OBSERVACIONES:

- Muestra tomada e identificada por personal de OHL INGENIEROS SAC.

**Fuente.** MARQUEZ, R. (2016).

**REFERENCIAS DE LA MUESTRA**

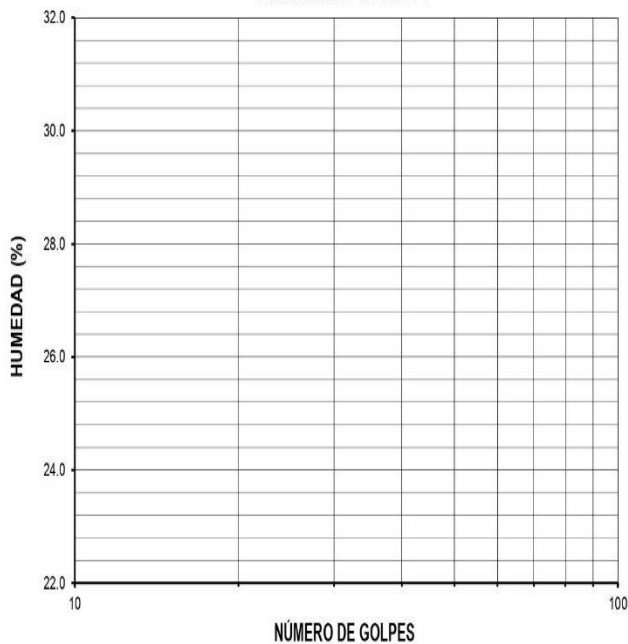
IDENTIFICACIÓN : Calicata "CPH-01", M - 1 / Prof.: 0.40m - 1.50m PRESENTACIÓN : 01 Saco de polipropileno

DESCRIPCIÓN : Arena pobremente gradada CANTIDAD : 65 kg aprox.

**ASTM D 4318-05 MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO, E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS**

DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO				LÍMITE PLÁSTICO	
	1	2	3	4	1	2
Ensayo N°	--	--	--	--	--	--
Cápsula N°	--	--	--	--	--	--
Peso cápsula + suelo húmedo (g)	--	--	--	--	--	--
Peso cápsula + suelo seco (g)	--	--	--	--	--	--
Peso del Agua (g)	--	--	--	--	--	--
Peso de la cápsula (g)	--	--	--	--	--	--
Peso del suelo seco (g)	--	--	--	--	--	--
Contenido de humedad (%)	--	--	--	--	--	--
Número de golpes	--	--	--	--	--	--

**DIAGRAMA DE FLUIDEZ**



RESULTADOS DE ENSAYOS	
LÍMITE LÍQUIDO (%)	NP
LÍMITE PLÁSTICO (%)	NP
ÍND. PLASTICIDAD (%)	NP

**OBSERVACIONES:**

- Ensayo efectuado al material pasante la malla N° 40.
- La muestra se desliza en la copa de Casagrande.
- El Límite Líquido no se puede determinar.
- El límite plástico no se puede determinar.
- Muestra tomada e identificada por personal de OHL INGENIEROS SAC.

Referencia:

ASTM D 4318-05 Standard test method for liquid limit, plastic limit and plasticity index of soils.

**Fuente.** MARQUEZ, R. (2016).

## REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN	: Calicata "CPH-01", M - 1 / Prof.: 0.40m - 1.50m	PRESENTACIÓN	: 01 Saco de polipropeleno.
DESCRIPCIÓN	: Arena pobremente gradada	CANTIDAD	: 70 Kg aprox.

## CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LA MUESTRA DE ENSAYO

## Granulometría de la Muestra (ASTM D-422/ASTM D-1140)

Serie Americana	Ret. Parcial (%)	Pasa (%)
2"		
3/4"		
3/8"		
N°4		100
N°200	97	3
< N°200	3	

## Límites de Atterberg (ASTM D-4318)

Límite Líquido	: NP
Índice Plástico	: NP

## Clasificación de Suelos

SUCS (ASTM D-2487)	: SP
Vías Transporte (ASTM D-3282)	: A-3 (0)

## CARACTERÍSTICAS DE LOS ESPÉCIMENES DE ENSAYO

Descripción		Especimen N° 1	Especimen N° 2	Especimen N° 3
Energía de Compactación	(kg-cm/cm <sup>3</sup> )	27.4	12.2	6.1
Densidad Seca Antes del Remojo	(g/cm <sup>3</sup> )	1.655	1.614	1.562
Humedad de Compactación	(%)	18.8	18.8	18.8
Humedad de Penetración	(%)	19.3	19.9	20.2
Absorción	(%)	0.5	1.1	1.4
Expansión	(%)	S/E	S/E	S/E
Tiempo de Embebido	(días)	4	4	4
Sobrecarga	(kg)	4.5	4.5	4.5

## RESUMEN DE RESULTADOS DE ENSAYOS

## Proctor Modificado (ASTM D 1557-02) (\*)

Método de Compactación		: A
Máxima Densidad Seca	(g/cm <sup>3</sup> )	: 1.655
Óptimo Contenido de Humedad	(%)	: 18.8
Gravedad Específica del Agregado Global (ASTM C 127-04) "APENDICE X1"		:-

## C.B.R. a 2,5 mm de Penetración (ASTM D 1883-05)

C.B.R. al 100 % de la M.D.S.	: 35.2 %
C.B.R. al 95 % de la M.D.S.	: 21.3 %

## C.B.R. a 5,0 mm de Penetración (ASTM D 1883-05)

C.B.R. al 100 % de la M.D.S.	: 44.2 %
C.B.R. al 95 % de la M.D.S.	: 26.5 %

Condiciones del Ensayo : Embebido

## OBSERVACIONES :

- La muestra tomada e identificada por personal de OHL INGENIEROS SAC

## REFERENCIA :

ASTM D 1883-05 Standard test method for CBR (California Bearing Ratio) of laboratory-compacted soils

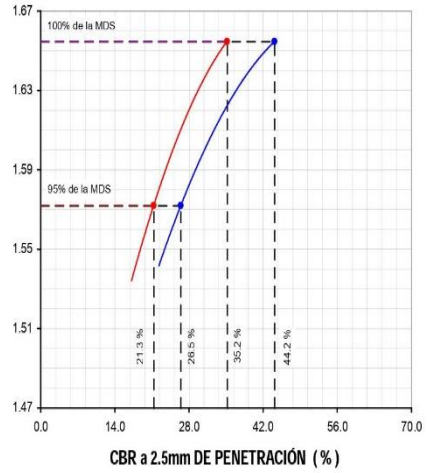
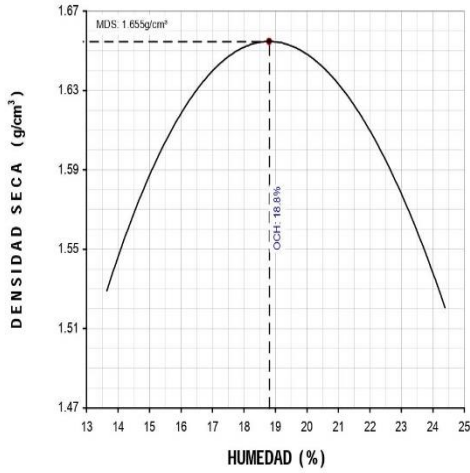
ASTM D 1557-02 Standard test methods for laboratory compaction characteristics of soil using modified effort - 56000 ft-lbf/ft<sup>3</sup> (2700 kN-m/m<sup>3</sup>)

Fuente. MARQUEZ, R. (2016).

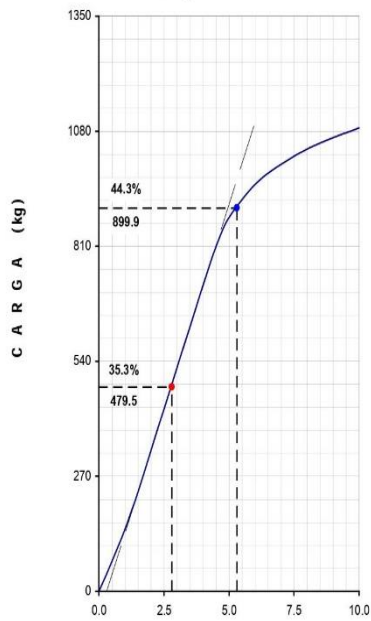
REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : Calicata "CPH-01", M - 1 / Prof.: 0.40m - 1.50m  
 DESCRIPCIÓN : Arena pobremente gradada

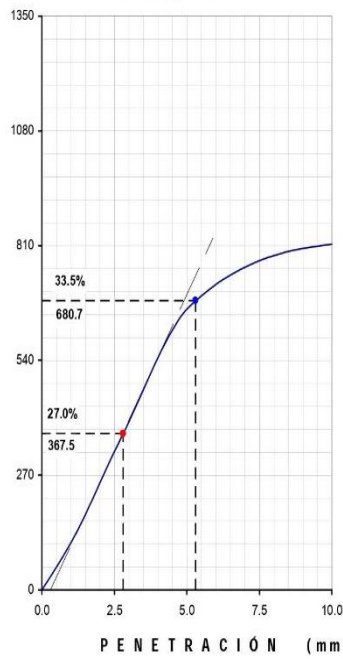
PRESENTACIÓN : 01 Saco de polipropeleno.  
 CANTIDAD : 70 kg aprox.



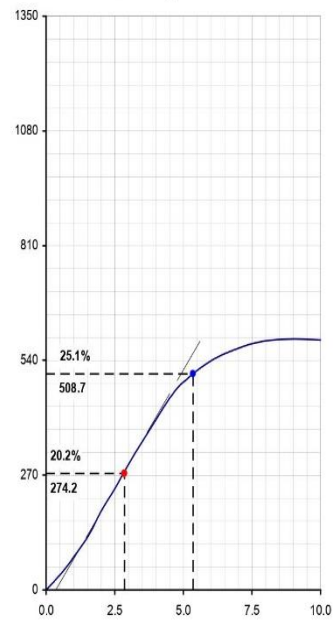
Ec. = 27,4 kg-cm/cm³



Ec. = 12,2 kg-cm/cm³



Ec. = 6,1 kg-cm/cm³



OBSERVACIONE

- La muestra tomada e identificada por personal de OHL INGENIEROS SAC

REFERENCIA :

ASTM D 1883-05 Standard test method for CBR (California Bearing Ratio) of laboratory-compacted soils

ASTM D 1557-02 Standard test methods for laboratory compaction characteristics of soil using modified effort - 56000 ft-lb/m³ (2700 kN-m/m³)

Fuente. MARQUEZ, R. (2016).



## Anexo 5

### Resumen de los resultados del límite de Atterberg, Proctor modificado y Capacidad de soporte

RESUMEN GENERAL DE FUENTES ESTUDIADOS Y RESULTADOS OBTENIDOS								
Autor	Tamaño de concha de abanico empleado	% Adic	Límite de Atterberg			CBR		
			LL	LP	IP	Máx. Den seca (gr/cm <sup>2</sup> )	Hum Ópt. (%)	CBR a 0.1"
Farfán, R. (2015)	0.85 a 9.53 mm	SN	NP	NP	NP	1.87	9.8	51
		20%				1.96	7.4	86
		45%				2.03	6	121
		65%				1.96	4.6	55
		80%				1.84	2.5	64
Quezada, S. (2017)	0.075 a 4.75 mm	SN	37	23	14	1.69	16.4	2
		20%	35	22	13	1.73	15.5	10
		40%	32	21	11	1.77	14.3	21
		60%	28	20	8	1.83	12.7	37
		80%	21	19	2	1.85	11.2	59
Presente estudio (2020)	2 a 19.1 mm	SN	NP	NP	NP	1.66	18.8	35.2
		10%				1.69	18.4	61.5
		25%				1.72	17.3	88.8
		50%				1.80	15.6	49.2
		70%				1.85	14.4	62.4

**Fuente.** Farfán, R. (2015), Quezada, S. (2017), y Presente Investigación (2020)