

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



Permeabilidad del suelo con adición del 10% de ceniza de concha de abanico, Carretera Cambio Puente – Cascajal

Tesis para obtener el título profesional de ingeniero civil

Autor

Tolentino Aredo, Marcia Linda

Asesor

Castañeda Gamboa, Rogelio

Chimbote – Perú

2018

PALABRAS CLAVE:

TEMA PERMEABILIDAD DEL SUELO
ESPECIALIDAD GEOTECNIA

KEYWORDS

THEME PERMEABILITY OF THE SOIL
ESPECIALTY GEOTECHNICS

LINEA DE INVESTIGACION:

Código	Línea
1.0	Ingeniería Civil
2.0	Ingeniería y tecnología
3.0	Ingeniería Civil

TITULO

***PERMEABILIDAD DEL SUELO CON ADICION DEL 10% DE CENIZA DE
CONCHA DE ABANICO, CARRETERA CAMBIO PUENTE – CASCAJAL***

RESUMEN

Se llegó a determinar la permeabilidad del suelo del diseño patrón y experimental, dando como resultado “muy baja” siendo favorable ya que contribuye a la resistencia del suelo. Por otro lado, también se determinó la Resistencia a la Compresión no Confinadas, dando como resultado “muy firme” con un promedio de 2.47Kg/cm².

La investigación se realizó con la activación térmica de las conchas de abanico a 900° C transformándose así en un material puzolanico que posea las mismas propiedades que un cemento portland, para ello se realizó el análisis de fluorescencia de rayos X que nos permitió encontrar la composición química dando como resultado al oxido de calcio (CaO 96.613%).Componente principal del cemento.

También se realizó el FRXDE de una muestra de suelo, que nos permitió encontrar la composición química dando como resultado al Dióxido de Silicio (SiO₂ 40.696%).

Los resultados obtenidos en cada ensayo fueron analizados y comparados entre sí para saber si la sustitución es recomendable y beneficiosa para el diseño de carreteras.

ABSTRACT

In the present research project there has been realized the comparison of the cylindrical samples of the essay of Permeability of soils at level of the sub rasante, for the Method of Permeametro of Constant Load where I am added in 10 % of ash of conch of fan. Also there has been realized the comparison of re-molded cylindrical samples of the essay of Resistance to the Compression, shape correspondent 7 and 14 days.

The investigation was realized by the thermal activation of the conches of fan to 900 ° C transforming this way into a material puzolanico that possesses the same properties as a cement portland, for it there was realized the analysis of fluorescence of x-rays that allowed us to find the chemical composition giving like turned out to the oxide of calcium (CaO 96.613 %). Main component of the cement.

Also there was realized the FRXDE of a sample of soil, which allowed us to find the chemical composition giving like turned out to the silicon Dioxide (SiO₂ 40.696 %).

The results obtained in every essay were analyzed and compared between themselves to know if the replacement is advisable and beneficial for the highways design.

INDICE GENERAL

PALABRAS CLAVES	i
TITULO DE INVESTIGACION	ii
RESUMEN	iii
ABSTRACT	iv
INDICE	v
INTRODUCCION	1
METODOLOGIA	19
RESULTADOS	26
ANALISIS Y DISCUSION	32
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	39
AGRADECIMIENTOS	41
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	42
APENDICE Y ANEXOS	43

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Símbolos utilizados para la asignación del tipo de suelo, según la USCS	pag 5
Tabla 2: Valores del Coeficiente de permeabilidad en distintos suelos.....	pag 9
Tabla 3: Permeámetro de Carga Constante.....	pag 10
Tabla 4: Diseño Permeámetro de Carga Constante	pag 13
Tabla 5: Diseño estadístico planteado	pag 19
Tabla 6: Diseño estadístico planteado	pag 20
Tabla 7: Instrumentos de investigación utilizados.....	pag 21
Tabla 8: Resultados obtenidos de FRX de las cenizas de concha de abanico a 800°C por 4 horas	26
Tabla 9: Resultados obtenidos de la prueba de fluorescencia de rayos X del suelo...	pag 27
Tabla 10: Resultados obtenidos de la prueba del pH.....	pag 28
Tabla 11: Clasificación del suelo según el pH.....	Pag 29
Tabla 12: Diseños cilíndricos del ensayo de Permeabilidad por el Método de Permeámetro de Carga Constante patrón y experimental.....	pag 29
Tabla 13: Diseño de Muestras cilíndricas del ensayo de Resistencia a la Compresión no Confinadas patrón y experimentales.....	pag 30
Tabla 14: Resultados de FRX de cenizas de concha de abanico a 800°C por 4h	pag 31
Tabla 15: Características químicas del cemento peruano.....	pag 31
Tabla 16: Calificación del PH.....	pag 33
Tabla 17: Calificación del Grado de Permeabilidad $K(\text{cm/s})$	pag 35
Tabla 18: Compresión no Confinadas en suelos.....	pag 37
Tabla 19: % Grado de concentración de carbonato de calcio en cada muestra dados por Litano M. (2014).	pag 43
Tabla 20: Composición química de las cenizas de concha de abanico a 800° C por 4 horas.....	pag 44

Tabla 21: Clasificación del grado de Permeabilidad, dado por Cisneros C. (2010)	
.....	pag 44
Tabla 22: Resistencia a la Compresión no confinada Norma MTC E 121pag 44
Tabla 23: Resultados obtenidos de la prueba del Ph.....	pag <u>45</u>
Tabla 24: Resultados obtenidos de la prueba de FRX de las cenizas de concha de abanico, UNI (2016).pag 45
Tabla 25: Resultado de FRX del suelo, UNMSM.pag 46

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 : Analisis granulometrico por tamizado.	pag 3
Figura 2: Escala contenido de Humedad	pag 5
Figura 3: Recipiente en forma de capsula para obtener el limite liquido	pag 6
Figura4: Metodos estandarizados por ASTM para pruebas de Permeabilidad en suelos.....	pag 9
Figura 5: Area disponible para el paso del agua, Ley de Darcy.	pag 11
Figura 6: Determinacion de la Resistencia a la Compresion: Esfuerzo y deformacion	pag 13
Figura 7: Diagrama del proceso general para la obtencion de carbonato de calcio a partir de la piedra cal	pag 15
Figura 8: Caparazon de conchas de abanico menor dimension: 8.00x 8.50cm.....	pag 17
Figura 9: Caparazon de conchas de abanico menor dimension: 12.00x 12.50cm.....	pag 17
Figura 10: Resultados obtenidos del ensayo de analisis termogravimetricos TGA de las cenizas de concha de abanico en estado pre quemadorva	25
Figura 11: Resultados obtenidos del ensayo de Ph de las cenizas de concha de abanico.....	pag 32
Figura 12 : Curva del Ensayo de Permeabilidad – Metodo Permeametro de carga Constante patron y experimental	pag 34
Figura 13 :Resultados obtenidos del Ensayo de Permeabilidad – Metodo Permeametro de carga Constante patron y experimental.....	pag 35
Figura 14 :Resultados obtenidos del Ensayo de Resistencia a la Compresion no confinadas patron y experimentales.....	pag 36

INTRODUCCION

Los suelos y las rocas no son sólidos ideales, sino que forman sistemas con 2 o 3 fases: partículas sólidas y gas, partículas sólidas y líquidas, o bien, partículas sólidas, gas y líquido. El líquido es normalmente agua y el gas se manifiesta a través del vapor de agua. Por lo tanto se habla de medios “porosos”. A estos medios se les caracteriza a través de su “porosidad” y a su vez esta propiedad condiciona la permeabilidad del medio o del material en estudio.

Hay muchos trabajos experimentales llevados a cabo para mejorar las propiedades del suelo poniendo nuevos materiales, ya sea natural o reciclado, de manera que se quiere reducir la contaminación en el planeta.

Los antecedentes referidos al estudio de investigación, después de haberse realizado la búsqueda bibliográfica estuvo orientada a determinar a aquellas instituciones o investigadores que han efectuado estudios relacionados con las propiedades de ceniza de concha de abanico (*Argopecten purpuratus*), relacionado con la obtención de Carbonato de Calcio.

Puga, P., (2012) en su investigación, sostiene que trabajó con tres tipos de ensayos de laboratorio, permeámetro de carga constante, ensayo endometrio y ensayo de consolidación con equipo triaxial. Las muestras de suelo fueron sometidas a cargas hidráulicas por medio de diferencias de altura de presión, a tensiones producidas por sobrecargas y tensiones efectivas producto de presión de cámara, así como el estudio en base a densidades relativas sueltas $DR \approx 40\%$ y medianamente densas $DR \approx 75\%$ en arena Bío Bío (BB) proveniente del lecho del río de mismo nombre y arena Bío Bío proveniente del centro de la ciudad de Concepción (BBC).

Del mismo modo Gómez, K., & Camelo, D., (2014), sostiene que obtuvo resultados numéricos del coeficiente de permeabilidad K en suelos arenosos contaminados con diferentes:

Agua aceitosa como gasolina, ACPM y aceite de carro, durante la ejecución diferentes ensayos, se buscó obtener datos precisos y confiables.

Los integrantes del proyecto, mediante la obtención de resultados de permeabilidad, pudo constatar que el ensayo de permeabilidad de cabeza constante, es plenamente funcional y que se ajusta a las necesidades de la comunidad estudiantil de la facultad de Ingenierías del programa de ingeniería civil de la Universidad Católica de Colombia, de manera práctica e innovadora, teniendo la certeza que es una herramienta útil y de fácil manejo.

Del mismo modo Pereyra, E. & Molina, C. (2014), sostiene que el suelo arcilloso clasifica según SUCS, como un CH: “Arcilla de alta plasticidad con arena”, y según AASHTO como A-7-6 (19) “malo”.

Se logró estabilizar el suelo arcilloso mediante la adición del 4%, 8%, 12% y 16% de su peso, con polvo de conchas de abanico activado térmica y mecánicamente.

El índice de plasticidad de suelo arcilloso fue 28% y de las mezclas suelo arcilloso con 4%, 8%, 12% y 16% de polvo de concha de abanico fueron 30%, 25%, 21%, 22% respectivamente.

También la investigación se justifica de manera social porque busca dar una aplicación a los resultados de la búsqueda de nuevos materiales orientados a resolver los problemas de la sociedad en el campo de la Ingeniería Civil.

Al investigar las problemáticas estructurales y medio ambientales generales existentes en nuestra localidad, en búsqueda de la solución factible, se logró investigar que las conchas de abanico son desechadas de manera improductiva, desperdiciando sus propiedades y desconociendo los múltiples usos que se puede dar estos desechos marinos.

Mediante el análisis de cómo se llevan los procesos con respecto a las conchas de abanicos marinos, se llevó a analizar una considerable cantidad de alternativas de cómo aprovechar las materias primas.

Por lo expuesto anteriormente, se planteó el siguiente problema de investigación:

¿Cuál es el efecto de la adición del 10% de ceniza de Concha de abanico, en la mejora de permeabilidad del suelo de la carretera Cambio puente – Cascajal?.

Mecánica de Suelos

Constituye una disciplina fundamental en las enseñanzas técnicas de Ingeniería Civil. La combinación de las clases teóricas con la visualización y realización de sencillos experimentos didácticos de laboratorio facilitan el aprendizaje de dicha materia y la comprensión de los fenómenos complejos de una forma sencilla y amena. (Tomas, 2012).

Clasificación de los Suelos

Para poder clasificar adecuadamente los suelos, se debe conocer su distribución granulométrica. Para la fracción gruesa (material con un tamaño mayor a 0.074mm) se utiliza el análisis granulométrico por tamices y para la parte fina por medio del análisis con hidrómetro.

Granulometría

El análisis granulométrico por tamizado se efectúa tomando una cantidad medida de suelo seco, bien pulverizado y pasándolo a través de una serie de tamices de abertura cada vez más pequeña y con un recipiente en el fondo. Se mide la cantidad de suelo retenido en cada tamiz y se determina el porcentaje acumulado de suelo que pasa a través de cada uno de ellos. El análisis granulométrico por tamizado se realiza de acuerdo a las normas (ASTM D-421-85, 2007).



Figura 1: Análisis Granulométrico por tamizado.

Coefficiente de Uniformidad (Cu)

Como una medida simple de la uniformidad de un suelo, Allen Hazen (Bardet, 1997) propuso el coeficiente de uniformidad (Cu). A medida que D60 se aleja más de D10, aumenta el coeficiente de uniformidad, lo que significa que mejora la graduación del material. Si, por el contrario, son muy parecidas, tenemos un material mal graduado cuya gráfica tiende a una línea vertical. El coeficiente de uniformidad viene dado por la siguiente expresión: $Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}}$

Donde:

D60: Diámetro o tamaño de la partícula por debajo del cual queda el 60% del suelo en peso.

D10: Diámetro o tamaño de la partícula por debajo del cual queda el 10% del suelo en peso. Llamado por Hazen diámetro efectivo.

Los suelos con $Cu < 3$ se consideran suelos uniformes.

Es entre los puntos D60 y D10 el gráfico tiene algunas sinuosidades, por lo que conviene tener una medida intermedia que determina el coeficiente de curvatura.

Coefficiente de Cubertura (Cc)

Es utilizado para definir si la curva granulométrica es cóncava o convexa. La curva granulométrica es cóncava cuando la mayoría de los granos son del mismo tamaño (mal graduado) y convexo cuando los tamaños de las partículas están distribuidos sobre un amplio rango (bien graduado). 10

Si $Cu > 6$ y $1 < Cc < 3$ se consideran suelos bien graduados (W).

Si $Cu < 6$ y/o $Cc < 1$ o $Cc > 3$ se dice que el suelo es mal graduado (P).

$$Cc = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \cdot D_{60}}$$

Sistema Unificado de Clasificación de Suelos USCS

SUCS (ASTM D-2487-06) es el de uso más extendido en la práctica geotécnica. Fue inicialmente propuesto por Arthur Casagrande en 1932, tentativamente adoptado

por el Departamento de ingeniería de los EEUU en 1942 y definitivamente presentado a la ASCE en 1948 (Casagrande 1932, 1948). Está basado en el análisis granulométrico y en los límites de Atterberg. Esta clasificación divide a los suelos en:

- Suelos de grano grueso.
- Suelos de grano fino.
- Suelos orgánicos.

Tabla 01: Símbolos utilizados para la asignación del tipo de suelo según la USCS.

Símbolo	G	S	M	C	H	L	W	P
Descripción	Grava	Arena	Limo	Arcilla	Alta Plasticidad	Baja Plasticidad	Bien Graduado	Mal Graduado

Fuente: SUCS (ASTM D-2487-06)

LIMITES DE ATTERBERG (ASTM D4318)

Los límites de Atterberg, o límites de consistencia, sirven para cuantificar la plasticidad de un suelo y se basan en el concepto de que los suelos finos, presentes en la naturaleza, pueden encontrarse en diferentes estados, dependiendo del contenido de agua.

Los límites propuestos por Atterberg son: **límite líquido (LL)**, **límite plástico (LP)**, **límite de contracción (LC)**, **límite de cohesión** y **límite de pegajosidad**. Estos dos últimos han sido muy poco utilizados universalmente.

La figura siguiente muestra la escala de contenidos de humedad en el suelo, mostrando los límites de Atterberg y la consistencia aproximada de un suelo remoldeado:

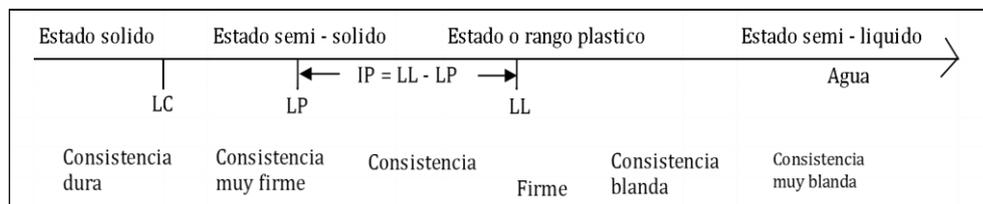


Figura 2: Escala contenido de humedad.

Se ha determinado que tanto el límite líquido como el límite plástico dependen del porcentaje de arcilla presente en el suelo.

Límite líquido (LL): Es el contenido de humedad al cual una masa de suelo húmedo colocada en un recipiente en forma de capsula de bronce, separada en dos por la acción de una herramienta para hacer una ranura y dejarla caer desde una altura de 1cm, después de dejarla caer 25 veces una falla en una longitud de 12.7mm.

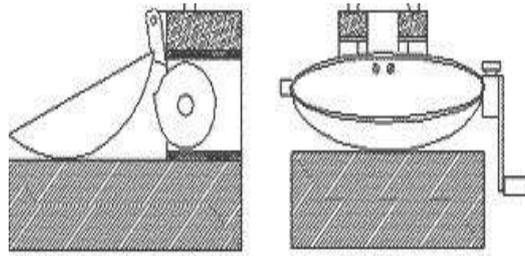


Figura 3: Recipiente en forma de capsula usada para obtener limite líquido.

Límite plástico (LP). Es el contenido de humedad del suelo al cual un cilindro se rompe o se resquebraja cuando se enrolla. Esta prueba es bastante más subjetiva (depende del operador) que el ensayo de límite líquido pues la definición del resquebrajamiento del cilindro de suelo, así como del diámetro de 3 mm están sujetas a la interpretación del operador.

Permeabilidad de Suelos

Es la capacidad de un cuerpo (en términos particulares, un suelo) para permitir en su seno el paso de un fluido (en términos particulares, el agua) sin que dicho tránsito altere la estructura interna del cuerpo. Dicha propiedad se determina objetivamente mediante la imposición de un gradiente hidráulico en una sección del cuerpo, y a lo largo de una trayectoria determinada. (Puga, 2012).

La permeabilidad se cuantifica en base al coeficiente de permeabilidad, definido como la velocidad de traslación del agua en el seno del terreno y para un gradiente unitario. El coeficiente de permeabilidad puede ser expresado:

$$k = Q / I A$$

Donde:

- k: coeficiente de permeabilidad o conductividad hidráulica [m/s]
- Q: caudal [m³/s]
- I: gradiente [m/m]
- A: sección [m²] (Torrijo, 2013).

Factores que intervienen en la Permeabilidad en los suelos

La permeabilidad se ve afectada por diversos factores inherentes tanto al suelo como características del fluido circulante. Los principales son:

- Las fuerzas de superficie.
- La porosidad.
- La tortuosidad de los vacíos del suelo.
- La relación de vacíos del suelo.
- La temperatura del fluido y suelo.
- La viscosidad del fluido en movimiento.
- La estructuración del suelo.
- La humedad del suelo.

La relación de vacíos del suelo.

Son materiales sólidos, gases y líquidos que divide al suelo que cubre la tierra. Estos espacios se denominan huecos o poros. La porosidad del suelo es lo mismo que la relación de vacío. (Angelone, & Garibay, & Cauhape, 2006).

La estructura y estratificación del suelo

En un suelo se pueden encontrar diferentes permeabilidades en estado inalterado y remoldeado, aun cuando la relación de vacíos sea la misma en ambos casos; esto

puede ser debido a los cambios en la estructura y estratificación del suelo inalterado o una combinación de los factores.

La permeabilización sufre variaciones debido a que en el remodelo quedan libres algunas partículas del suelo y al fluir el agua, esta las mueve y las reacomoda, tapando los canales o arrastrándolas a la superficie o al exterior de la muestra causando turbidez en el agua. (Angelone, & Garibay, & Cauhape, 2006).

Tamaño de las partículas.

La permeabilidad de un suelo será más baja cuando más pequeñas sean sus partículas y menor serán los vacíos que forman los canales de flujo. En algunos suelos es provocada por arrastre de sus finos, causando filtración. (Angelone, & Garibay, & Cauhape, 2006).

Grado de saturación

Es la relación entre el volumen de agua y el volumen de vacíos de una muestra de suelo; cuan mayor sea el grado de saturación mayor será la permeabilidad, debido a la reducción en los canales disponibles al flujo del agua (Lambe, Pág. 309).

Polaridad

Depende de la movilidad del flujo que rodea a las partículas de suelo y del movimiento del fluido en dirección opuesta al flujo neto, debido al potencial eléctrico generado por la filtración.

En el intercambio catiónico se produce procesos reversibles en partículas sólidas del suelo, se unen a iones de la fase acuosa expulsando cantidades de catión generando un equilibrio y, una compensación de cargas positivas por partes de los aniones que están presentes en la masa del suelo. (Angelone, & Garibay, & Cauhape, 2006).

Densidad del suelo

La densidad relativa es una propiedad índice de los suelos y se emplea

normalmente en gravas y arenas, es decir, en suelos que contienen casi exclusivamente partículas mayores a 0.074 mm (malla #200).

La densidad relativa indica el grado de compacidad (compactación) de un suelo y se puede emplear tanto para suelos en estado natural como para rellenos compactados artificialmente. (Angelone, & Garibay, & Cauhape, 2006).

Peso específico

En un suelo real es normal que los minerales de fracciones muy finas y coloidales tengan su peso específico mayor que los minerales de la fracción más gruesa. (Juárez Badillo, 1980, Pág. 77 tomo 1). A mayor peso específico será menor la permeabilidad.

La Tabla 2.00 muestra las normas ASTM para pruebas de permeabilidad en campo y en laboratorio.

Clave	Libro	Nombre de la Prueba
D4511	04.08	Conductividad hidráulica de turbas saturadas mediante la prueba de carga constante.
D3385	04.08	Tasa de infiltración de suelos (en campo) utilizando la prueba de infiltrometro de doble anillo
D2434	04.08	Permeabilidad de suelos granulares mediante la prueba de carga constante.
D5126	04.09	Comparación de métodos de campo para determinar la conductividad hidráulica en la zona vadosa.
D5024	04.09	Conductividad hidráulica de materiales porosos saturados utilizando la prueba del permeámetro de pared flexible.

Figura 4: Métodos estandarizados por ASTM para pruebas de permeabilidad en suelos.

Valores del coeficiente de permeabilidad en distintos suelos

La tabla 3, expresa valores del coeficiente de permeabilidad y formas de determinarlo, relacionándolo con las condiciones de drenaje y el tipo de suelo.

Tabla 3: Valores de k en cm/seg

	100	10	1	10-1	10-2	10-3	10-4	10-5	10-6	10-7	10-8	10-9
Drenaje	Bueno			Pobre					Prácticamente impermeable			
Tipo de suelo	Grava limpia	Arenas limpias y mezclas limpias de arena y grava			Arenas muy finas, limos orgánicos e inorgánicos, mezclas de arena, limo y arcilla, morenas glaciares, depósitos de arcilla estratificada				Suelos “impermeables”, es decir, arcillas homogéneas situadas por debajo de la zona de descomposición			
Determinación directa de k	Ensayo directo del suelo “in situ” por ensayos de bombeo. Se requiere mucha experiencia, pero bien realizados son bastante exactos.											
Determinación indirecta de k	Permeámetro de carga hidráulica constante. No se requiere mayor experiencia.			Permeámetro de carga hidráulica decreciente. Resultados dudosos. Se requiere mucha experiencia.				Permeámetro de carga hidráulica decreciente. Resultados de regular a bueno. Se requiere mucha experiencia.				
	Por cálculo, partiendo de la curva granulométrica. Sólo aplicable en el caso de arenas y gravas limpias sin cohesión.								Cálculos basados en los ensayos de consolidación. Resultados buenos. Se necesita mucha experiencia			

Fuente: Muestra las normas ASTM para pruebas de permeabilidad en campo y en laboratorio.

Velocidad de filtración, Velocidad Real

En función de la velocidad de descarga a partir de la cual pudo introducirse una descripción del coeficiente de permeabilidad k , se plantean una serie de relaciones que permiten definir la velocidad de filtración y la velocidad real.

Para una mayor comprensión de estos conceptos se realiza un esquema del suelo que permite seguir el desarrollo, en donde se considera una profundidad unitaria de manera que las áreas transversales quedan definidas mediante:

Área total = $A = h \cdot$ unidad de profundidad

Área de vacíos = $A_v = h_v \cdot$ unidad de profundidad

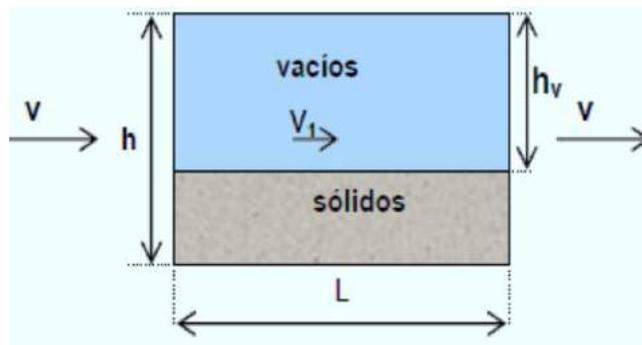


Figura 5 se observa que el área disponible para el paso del agua es el área de vacíos A_v en lugar del área total A propuesta por Darcy.

Métodos para medir el coeficiente de Permeabilidad del Suelo.

El coeficiente de permeabilidad es un dato cuya determinación correcta es de fundamental importancia para la formación del criterio del proyectista y en algunos problemas de mecánica de suelos como el diseño de base de un relleno sanitario con suelos naturales.

Hay varios procedimientos para la determinación de permeabilidad de los suelos: unos "directos", así llamados porque se basan en pruebas cuyo objetivo fundamental es la medición de tal coeficiente; otros "indirectos", proporcionados, en forma secundaria, por pruebas y técnicas que primariamente persiguen otros fines y los

métodos del terreno que permiten identificar la conductividad hidráulica de un suelo en forma directa.

Estos métodos son los siguientes:

a) Directos:

1. Permeámetro de carga constante y carga variable:

El equipo utilizado para este ensayo recibe el nombre de permeámetro, el cual consiste en un cilindro de acrílico, con un diámetro mínimo de aproximadamente 8 a 12 veces el tamaño máximo de las partículas según la norma ASTM (Tabla 7). La norma BS especifica un valor de 12 veces el tamaño máximo de las partículas de la muestra a ser ensayada. Este permeámetro cuenta con dos manómetros con escala métrica utilizados para medir la pérdida de carga.

La norma ASTM recomienda el uso de un resorte en la parte superior entre la tapa del permeámetro y la piedra porosa, para asegurar que la muestra mantenga las condiciones iniciales de densidad durante la saturación de la muestra.

El resorte no debe soportar cargas mayores a 5kg. La norma BS considera el uso de un pistón en vez de un resorte para regular la posición de la piedra porosa superior.

Este procedimiento se realiza bajo la norma (ASTM D-2434, 2006), la cual describe los procesos para determinar el coeficiente de permeabilidad bajo carga constante para flujo laminar a través de suelos granulares, estos son aquellos suelos que no contienen más de un 10% de partículas que pasen por la malla N°200 ASTM.

La norma ASTM recomienda valores de gradiente hidráulico de 0.2 y 0.3 para muestras sueltas y de 0.3 a 0.5 para muestras densa.

La norma británica BS recomienda valores de gradiente hidráulico inicial de alrededor de 0.2 y sugiere ir aumentándolo levemente para suelos finos y densos. Se debe tener especial cuidado con los valores del gradiente hidráulico crítico alrededor de 0.8 y 1.1, ya que en estos valores comenzaría el flujo turbulento. (Puga, 2012).

Tabla 4: Permeámetro de Carga Constante

Diámetro mínimo del permeámetro según (ASTM D-2434, 2006) Tamaño máximo de partícula		Diámetro mínimo del cilindro		
entre aberturas		% retenido <35%		%retenido >35%
de tamices	2.0 mm	9.5 mm	2.0 mm	9.5 mm
2.0 mm y 9.5 mm		75 mm		115 mm
9.5 mm y 19 mm		150 mm		230 mm

Fuente: Norma Británica ASTM D-2434, Puga (2006).

Ensayo de Compresión No Confinada

La determinación de la resistencia a la compresión no confinada de suelos cohesivos, se ejecuta mediante una aplicación de una carga axial con control de deformación. El ensayo se ejecuta sobre muestras inalteradas, remoldeadas o compactadas. Este método de ensayo da un valor aproximado de la resistencia de los suelos cohesivos en términos de esfuerzos totales.

Para determinar la resistencia a la compresión no confinada (q_u), de un cilindro de suelo cohesivo, e indirectamente la resistencia al corte (c), por la expresión: $C = (q_u/2) \times \text{kg/cm}^2$.

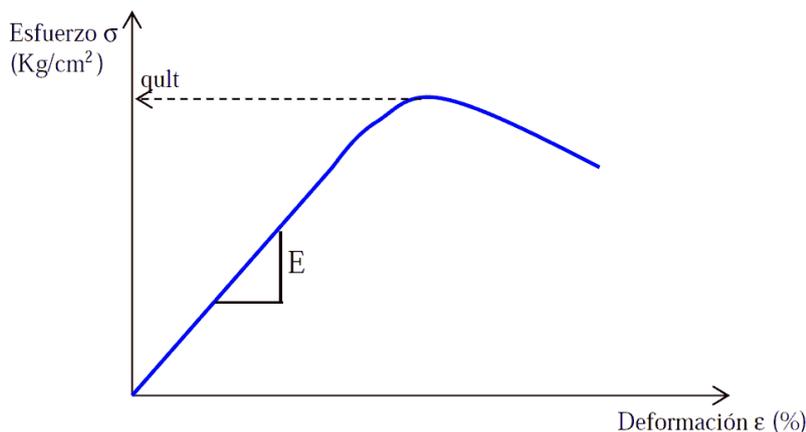


Figura 6: Determinación de la resistencia a la compresión, Esfuerzo $\sigma(\text{kg/cm}^2)$ vs Deformación ϵ (%).

Tecnología de Materiales

Es uno de los pilares fundamentales de cualquier carrera de ingeniería. El **estudio** de las **propiedades de los materiales** y cómo podemos fabricarlos de manera que se adecuen a la finalidad que queremos conseguir, es de **vital importancia** para cualquier rama de la ingeniería. (FGP, 2012).

Agua

El agua se incorpora a la mezcla a fin de alcanzar la humedad y el peso unitario seco especificados en la compactación y de hidratar al suelo, correspondiente a la humedad óptima normalmente es bastante superior a la necesaria para la completa hidratación de la permeabilidad del suelo. Se especifica agua potable o relativamente limpia, sin cantidades nocivas de ácidos, álcalis o materia orgánica. (Serigos, 2009).

Conchas de abanico

La concha de abanico es un molusco filtrador de dos caparazones, conformado por carbonato cálcico, conocida científicamente como *Argopecten Purpuratus*, perteneciente a la familia Pectinidae, la misma que engloba un gran número de especies conocidas internacionalmente como 'Vieiras'.

Propiedades químicas de la concha de abanico

Se establece que las valvas de las conchas de abanico limpias y trituradas, luego de sometidas a procesos de calcinación a 600°C por 4 horas presentan un 95% de carbonato de calcio (CaCO_2), Y luego de ser sometidas por una segunda calcinación de 4 horas adicionales a 800°C, se obtiene:

-92% de óxido de calcio (CaO) a partir del carbonato de calcio.

Las cales aéreas se componen principalmente de óxido e hidróxido de calcio y magnesio, que endurecen lentamente al aire por acción del CO_2 de la atmosfera. No presentan propiedades hidráulicas, es decir no endurecen con el agua y se obtienen a

partir de rocas calizas con contenidos en carbonatos superiores al 95%. Estas cales actúan más eficazmente sobre los elementos arcillosos, por liberar rápidamente más iones Ca^{++} , responsables de la floculación de las partículas de arcilla y por elevar el pH del suelo a valores en torno al 12.5 para producir la reacción puzolánica causante del incremento de la resistencia mecánica a largo plazo. (IECA).

Según las propiedades físicas, químicas, mecánicas de la concha de abanico, asociados a estándares, mejora las características mecánicas del suelo natural (Norma CE 020).

Proceso de obtención de carbonato de calcio inorgánico

El carbonato de calcio es el componente principal de ciertas rocas, conchas y esqueletos de organismos. Actualmente, se obtiene principalmente de la molienda fina o micronización de piedras caliza con pureza superior del 98,5 % de contenido de CaCO_3 . Comercialmente el carbonato de calcio se presenta de dos formas: molido y precipitado.

El carbonato de calcio obtenido por molienda requiere de un proceso menos complejo al obtenido por precipitación ya que solo es necesaria la transformación física de la materia prima.

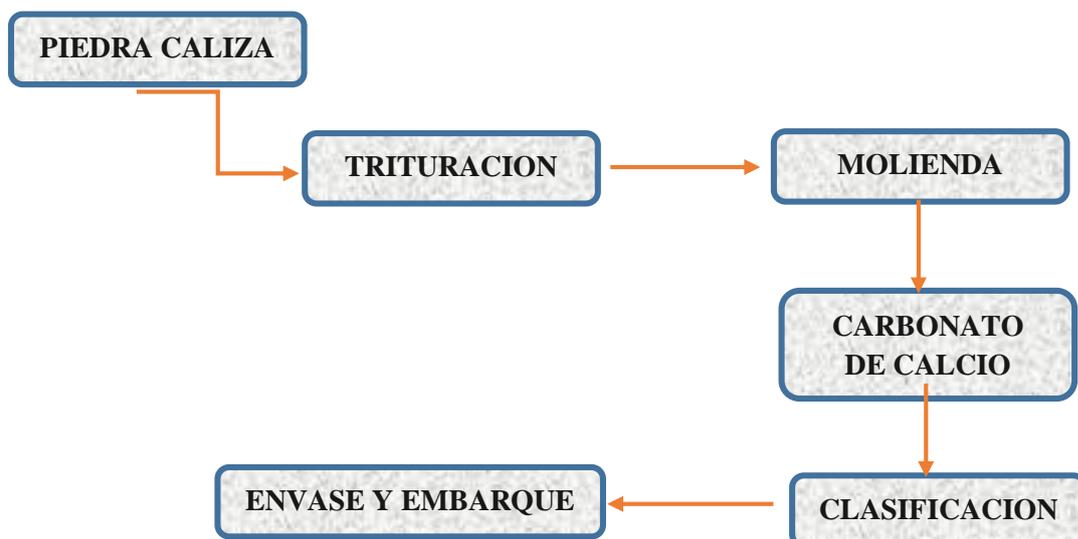


Figura 7: Diagrama del proceso general para la obtención de carbonato de calcio a partir de la piedra cal.

Zonas de Acceso

Habita en zonas costeras que se extiende desde Panamá hasta Coquimbo (Chile), en profundidades que van desde los 5m hasta los 30m, y bajo temperatura entre los 13° y 28°. Actualmente las principales áreas de cultivo se encuentran en las Costas de Ancash, en zonas como Samanco y Guaynama, mientras que, en Lima, sobresale en Pucusana.

Producción de Conchas de Abanico en el Perú

Las conchas de abanico es un molusco filtrador de dos valvas que se encuentran distribuida geográficamente desde las costas de Nicaragua hasta Coquimbo en Chile. Su descripción es la siguiente:

Clase: Mollusca

Orden: Pterioidea

Familia: Pectinidae

Género: *Argopecten*

Especie: *Argopecten Purpuratus*.

Las conchas de abanico habitan en profundidades que van desde los 5m hasta los 30m y entre temperaturas que van desde los 13°C hasta los 28°C. Se alimenta de varios tipos de fitoplancton tales como *Isochysis galbana*, *Chaetoceros*, entre otros.

La producción mundial el año 2009 fue de 32,911 toneladas y año a año la participación peruana ha ido incrementándose, y en el 2009 se llegó al 49%. En el Perú se pueden encontrar las conchas de abanico desde PAITA hasta ILO, sin embargo, la cosecha de conchas de abanico está fuertemente concentrada en las

Regiones de Piura y Ancash. En marzo del 2011, existían aproximadamente 60 empresas dedicadas a la producción de conchas de abanico en unas dos mil hectáreas

de cultivo, quedando disponible aún unas cinco mil hectáreas para el desarrollo de la acuicultura entre Piura y Samanco (Chimbote).

Características físicas de la concha de abanico

Las conchas de abanico adquieren su madurez reproductiva cuando alcanzan la talla de 65mm a los 10 o 12 meses de edad (etapa adulta) desovando de 1 a 10 millones de óvulos.

Etapas de la concha:

- huevo, larva, juvenil y adulto.

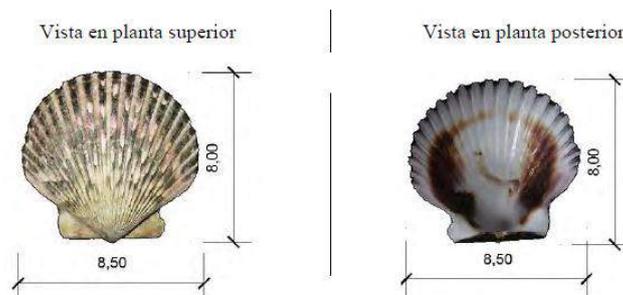


Figura 8: Caparazón de conchas de abanico, menor dimensión: 8.00 x 8.50 cm.



Figura 9: Caparazón de conchas de abanico, menor dimensión: 12.00 x 12.50 cm.

La adición del 10% de ceniza de Concha de abanico mejoraría la permeabilidad a nivel de sub-rasante del suelo de la carretera Cambio puente – Cascajal?

Objetivo General

Mejorar la permeabilidad del suelo adicionando ceniza de concha de abanico en un 10% a nivel de sub-rasante.

Objetivos Específicos

- ✓ Conocer la composición química de las cenizas de concha de abanico, y del suelo mediante un análisis de FRX.
- ✓ Determinar el grado de alcalinidad (pH) de las cenizas de concha de abanico, del suelo y de la mezcla activada térmicamente.
- ✓ Determinar el coeficiente de Permeabilidad del patrón y del experimental adicionando el 10% de cenizas de conchas de abanico activadas térmicamente, por el método de Permeámetro de Carga Constante y comparar resultados.
- ✓ Determinar la resistencia a la compresión no confinadas en las muestras cilíndricas remoldeadas patrón y experimentales a los 7, y 14 días y comparar resultados.

METODOLOGIA

El Tipo de Investigación es Aplicada, Cuantitativa y de nivel explicativo porque analizamos el grado de permeabilidad del suelo, a consecuencia de la adición parcial de 10% de las cenizas de concha de abanico, respectivamente activadas térmicamente.

La investigación es de carácter experimental; para lo cual se propone bajar la permeabilidad de una mezcla de suelo con la adición de las cenizas de concha de abanico en un 10%, respectivamente activadas térmicamente, y comparar los resultados con una muestra de suelos patrón.

El estudio en su mayor parte se concentró en el laboratorio de mecánica de suelos en Cajamarca, para el ensayo de Permeabilidad, donde el investigador estuvo en contacto con los ensayos realizados obteniendo resultados de acuerdo a lo planeado en los objetivos. Y para el ensayo de Compresión no confinadas en muestras cilíndricas remoldeadas, se realizó en el laboratorio de suelos y cerámicos, de la Universidad Nacional de Trujillo.

El diseño es en bloques completo al azar según el siguiente esquema:

Tabla 5: Diseño estadístico planteado

Nº de calicatas	Permeámetro de Carga Constante del suelo por la adición de % de CA	
	Patron	10%
M-1		
M-2		
M-3		

Fuente: "Elaboración propia".

Tabla 6: Diseño estadístico planteado

Muestras cilíndricas	Compresion no Confinadas del suelo por la adición de % de CA	
	Patron	10%
7 días		
14 días		

Fuente: “Elaboración propia”.

Para la investigación propuesta, se tuvo como población al conjunto de muestras cilíndricas remoldeadas, según a la norma de Permeabilidad de suelos establecidas, para la obtención del coeficiente de permeabilidad (Tabla 4). Y para el otro ensayo se tuvo como población al conjunto de muestras cilíndricas remoldeadas, Según a la norma de Compresión no Confinadas (Tabla 5).

El ensayo estuvo constituido por 12 muestras cilíndricas remoldeadas, 06 muestras patrón y 06 muestras cilíndricas remoldeadas para la adición del 10% de cenizas de concha de abanico, según a la Norma NTP 339.167 a la de Compresión no confinadas en Suelos, tiene por finalidad determinar la resistencia de la muestra, mediante una carga axial. (Tabla 5).

Para la elaboración de las unidades de estudios (muestras) las siguientes referencias:

- ✓ Las conchas de abanico se recolecto de un botadero, de la cantera de Samanco; del Distrito de Samanco, Provincia del Santa, Departamento de Ancash, debido a las toneladas de material que contamina el Medio Ambiente, de manera que el material se recolecto usando guantes y mascarilla, se llenó en sacos para ser procesado posteriormente. (Ver foto 1).
- ✓ El suelo para las 3 calicatas de un tramo de 1km fue en la carretera de Cambio Puente – Cascajal. (Ver foto 2).
- ✓ El agua de mezcla fue potable, obtenido del laboratorio de Suelos y Cerámicos, de la Universidad Nacional de Trujillo.

Tabla 7: Instrumentos de investigación utilizados

TECNICA	INSTRUMENTO
Observación	Guía de observación Resumen. Fichas técnicas de las pruebas de laboratorio a realizar.

Fuente: “Elaboración propia”.

Para esto utilizamos como instrumento una guía de observación resumen porque nos permitió elaborar sistemas de organización y clasificación de la información de los diversos ensayos, del coeficiente de Permeabilidad del suelo (Tabla 4), y de la resistencia a la compresión no confinada (Tabla 5).

Para el presente proyecto de investigación el procesamiento de datos fue posterior a los ensayos respectivos, apoyado en una hoja de cálculo Excel.

Para realizar el análisis de los datos se tuvo presente:

- ✓ El cálculo del coeficiente de Permeabilidad, obtenido mediante por el Método de Permeámetro de Carga Constante, tanto para las muestras patrón y de las experimentales.
- ✓ El cálculo de la Resistencia a la Compresión no Confinada, mediante la aplicación de una carga axial con control de Deformación, tanto para las muestras cilíndricas remoldeadas patrón y de las experimentales.
- ✓ La representación con tablas, gráficos, porcentajes, promedios, varianzas y una prueba ANOVA para verificar la hipótesis planteada.
- ✓ Para la fabricación de las muestras patrón y experimentales, pasamos por una serie de actividades, que tuvieron como objetivo recopilar datos para su posterior procesamiento y análisis; dicha serie de actividades están dentro del área de Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimento.

✓ A continuación, detallaremos las actividades realizadas en el proyecto de investigación planteado tanto para la fabricación de las muestras patrón como de las experimentales.

Procesamiento del material adicionado

Para la fabricación de los ensayos experimentales a partir de las cenizas de las conchas de abanico activadas térmicamente, se realizó una serie de actividades, que tienen como objetivo modificar las condiciones de la concha de abanico, como materia prima en el suelo.

✓ **Recopilación**, Se recopiló la mayor cantidad de concha de abanico, de tamaños grandes, en el botadero de la Cantera de Samanco – Chimbote. (Ver foto 3).

✓ **Selección**, La selección del material, fue de talla a partir de 65mm (12 meses de edad) dejada residualmente, ya que a esa edad tuvo más calcio. (Ver foto 4).

✓ **Secado**, Se ha secado al sol de 1 a 2 días las conchas de abanico, se consideró como mínimo 2 días de secado. (Ver foto 4).

✓ **Pre - quemado**, Se sometió a combustión c/fuego durante 3 a 4 horas al aire libre y dejadas enfriar durante 2 a 3 horas.

Previamente se pesó una muestra del material (conchas de abanico) seleccionada y secada; esto permitió proyectar la cantidad de material pre-quemado (Kg) para su posterior calcinación. (Ver foto 5).

✓ **Pesaje**, se pesó las cenizas de concha de abanico dejadas por la materia prima.

✓ **Calcinación**, se activó térmicamente el material pre-quemado, de manera que se calcinó de forma controlada en la mufla del laboratorio de Procesamiento de Materiales de la UNT, a 900°C por 4 horas. Previamente se pesó una muestra del material pre-quemado; esto permitió proyectar la cantidad de material calcinado (Kg) para el proyecto de investigación planteada. (Ver foto 6 y 7).

✓ **Tamizado**, Primero se tamizó por medio de la tela organza y luego por el tamiz N°200, con el fin de pasar por esta malla todo el material pre-seleccionado,

previamente tamizado por la malla organza. (Ver foto 8 y 9).

✓ **Empaquetado**, se empaqueta en bolsas el material, que cuenta con la finura necesaria que tiene la concha de abanico. (Ver foto 10 y 11).

Ensayos planteados del material adicionado

✓ **Ensayo de fluorescencia de rayos X**, se conoció la composición química por óxidos, que contiene el material adicionado para el suelo. (Ver anexos y apéndices. Informe N°1432-16, UNI de Laboratorio de Análisis Químico, consultoría e investigación //Informe N°08-LAQ/2018 de Laboratorio de ARQ.

✓ **Ensayo del pH**, se conoció la medida de acidez o alcalinidad que contiene los materiales adicionados del suelo. (Ver anexos y apéndices. Resultados del análisis de pH de Laboratorio de ensayos clínicos, biológicos e industriales COLECBI).

✓ **Ensayo de Permeabilidad del suelo por el método de Permeámetro Constante patrón y experimental**

Se realizó el ensayo de Permeabilidad del Suelo tanto para las muestras cilíndricas patrón como para las muestras experimentales, en el Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos, Cajamarca. Se tuvo en cuenta el siguiente procedimiento:

✓ **Clasificación de los Suelos**, se clasifico adecuadamente los suelos, mediante tamices.

✓ **Granulometría**, se tomó una cantidad de suelo seco, bien pulverizado y pasándolo a través de una serie de tamices, de abertura cada vez más pequeña. Se midió la cantidad de suelo retenido en cada tamiz y se determinó el porcentaje acumulado de suelo que pasa a través de cada uno de ellos.

• **Ensayo de Permeabilidad del Suelo**, se verifico que la celda esté limpia, seca para determinar su peso, diámetro y altura.

Para la obtención de la permeabilidad de la muestra se preparó, se pesó la muestra, se determinó la humedad. Se colocó una piedra porosa en la base de la muestra y otra en contacto con su cara superior.

Se permitió el paso de agua, abriendo la llave correspondiente, verificando que no quede aire entrampado en las conexiones con cada uno de los tubos.

Se realizó el ensayo propiamente dicho: Permitir el paso del agua a través de la muestra. Cuando el caudal sea uniforme, se inició la recolección de agua en el depósito graduado. Se Cronometro el tiempo de ensayo.

Informe de resultados: El k medido es multiplicado por un factor de corrección que tiene en cuenta la temperatura que permite expresar el coeficiente k a la temperatura normal de 20 °C. Se pesó la muestra, humedad, relación de vacíos, gravedad específica de los sólidos y una descripción de la muestra. (Ver foto 13, 14, 15, y 16).

Ensayo de Compresión no confinadas en muestras cilíndricas remoldeadas patrón y experimentales

Se realizó el ensayo de resistencia a la Compresión no Confinadas tanto en las muestras cilíndricas remoldeadas patrón como experimentales, en el laboratorio de Cerámicos y Suelos en la UNT. Se tuvo en cuenta el siguiente procedimiento.

✓ Se llevó 3 calicatas (2kg) por cada calicata se pesó 3 muestras (7 y 14 días) de muestra patrón y experimental. (Ver foto 17).

✓ Luego se llevó al laboratorio de suelos y cerámicos en la UNT, se colocó la muestra en moldes cilíndricos por 5 capas de 23 golpes, hasta al rasar la muestra. (Ver foto 18 y 19).

✓ Después de desmoldar las muestras del molde cilíndrico, se colocó en un ambiente fresco (Ver foto 20 y 21).

✓ Para cada semana, se hizo la rotura de muestras cilíndricas remoldeadas en la máquina que posee diales que van midiendo la deformación y la carga aplicada a través del tiempo. (Ver foto 22, 23 y 24).

RESULTADOS

En este capítulo se muestra toda la información recopilada a lo largo de esta investigación, de manera que se enfoca en lo expuesto en los objetivos específicos expuestos anteriormente, se ordenó en forma de tablas de manera resumida para una mejor comprensión de las variables que intervinieron en el proceso.

ANÁLISIS TÉRMICO DIFERENCIAL DE LOS MATERIALES ADICIONADOS.

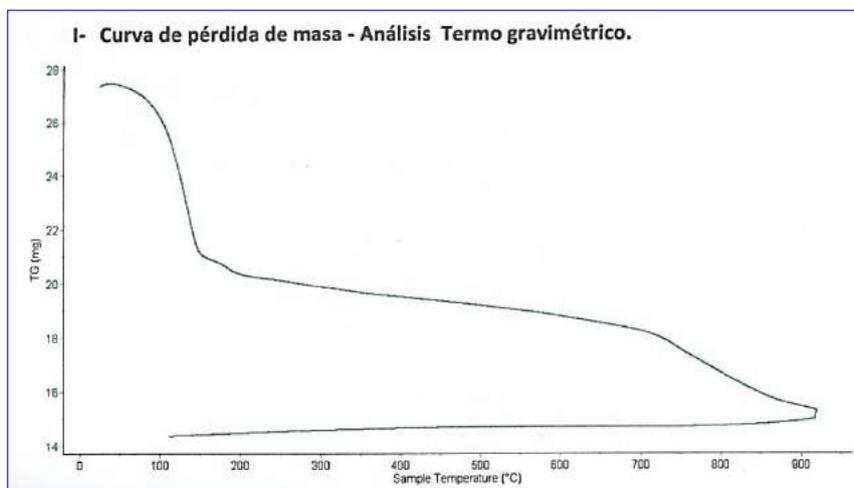


Figura 10: Resultados obtenidos del ensayo de análisis termogravimétrico TGA de las cenizas de concha de abanico en estado pre quemado.

Fuente: “Informe técnico N°108 – UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO”.

Los resultados del análisis termo gravimétrico al que fue sometido una muestra de 5315 gr. de cenizas de concha de abanico en estado de pre quemado sometidas a una velocidad de calentamiento de 900°C/min, muestra una importante pérdida de masa de aprox. 1710 gr (32.80%) a temperaturas altas de 800-900°C.

FLUORESCENCIA DE RAYOS X DEL MATERIAL ADICIONADO

Tabla 8: Resultados obtenidos de la prueba de fluorescencia de rayos X de las cenizas de concha de abanico.

Composición Química	Resultado de cenizas de concha de abanico (%)
Oxido de Calcio (CaO)	96.613
Dióxido de Silicio (SO ₂)	1.045
Trióxido de Hierro (Fe ₂ O ₃)	0.977
Oxido de Estroncio (Sr O)	0.547
Pentóxido de Fosforo (P ₂ O ₅)	0.382
Trióxido de Cromo (Cr ₂ O ₃)	0.325
Trióxido de Azufre (SO ₃)	0.109

Fuente: “Informe técnico N°1432-16-UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA”

Los resultados de FRX de las cenizas de concha de abanico en estado de calcinación, sometidas a 900°C por un tiempo de 4 horas, muestra un alto contenido de CaO dado por un 96.613%, por el contrario, se muestra un bajo contenido de SO₂ con un 1.045%, y Fe₂O₃ con un 0.977%.

Los resultados guardan relación sobre todo por el alto contenido de CaO encontrado y los bajos contenidos de SO₂ con un 1.045%, y Fe₂O₃ con un 0.977%; esto se debe al buen contenido cálcico, y un buen procedimiento de selección y calcinación de las conchas de abanico.

Luego, las cales aéreas se componen principalmente de óxido e hidróxido de calcio y magnesio, los cuales endurecen lentamente al aire por acción del CO₂ de la atmosfera, y se obtienen a partir de rocas calizas con contenidos en carbonatos superiores al 95%. Estas cales actúan más eficazmente sobre los elementos arcillosos, por liberar rápidamente más iones Ca⁺⁺, responsables de la floculación de las partículas de arcillas y por elevar el pH del suelo a valores en torno al 12.5. (IECA).

Por lo tanto, de acuerdo a los porcentajes de CaO propuesto por la norma, el resultado obtenido del componente es de 96.613% de manera que cumple con el requerimiento químico propuesto a la norma.

FLUORESCENCIA DE FRXDE DEL SUELO

Tabla 9: Resultados de FRX de la muestra (suelo).

Oxido	% masa
Al ₂ O ₃	12.730
SiO ₂	40.696
SO ₂	0.460
Cl O ₂	0.712
K ₂ O	1.368
CaO	2.479
Ti O ₂	0.500
V ₂ O ₅	0.019
Cr ₂ O ₃	0.020
Mn O	0.106
Fe ₂ O ₃	5.083
Ni ₂ O ₃	0.006
Cu O	0.011
Zn O	0.019
Sr O	0.021
Zr O ₂	0.018
Br O ₂	0.005
Ba O	0.085
Total	64.336

Fuente: “Análisis del Suelo por FRXDE, Informe N°08- LAQ/2018. UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Los resultados de FRXDE del suelo muestran un alto contenido de SiO₂ dado por un 40.696 %, Al₂O₃ con 12.730%, por el contrario, se muestra un bajo contenido de BrO₂ con un 0.005%, y Ni₂O₃ con un 0.006%.

Los resultados guardan relación sobre todo por el alto contenido de SiO₂ dando como resultado que este suelo su reacción ocurre con el sílice (Si O₂) y alúmina disponible (Al₂O₃) formando un material cementante con las cenizas de

concha de abanico (efecto puzolánicos), ganando resistencia a la Compresión progresivamente obtenido del componente es de 40.696 % de manera que cumple con el requerimiento químico propuesto a la norma (ASTM D- 6276).

PRUEBA DEL PH DEL MATERIAL ADICIONADO.

Tabla 10: Resultados obtenidos de la prueba del pH.

Ítem	Muestra	Ensayos
		pH
1	Cenizas de Concha de abanico	12.94
2	Suelo	8.27
3	90 % suelo+ 10% cenizas de concha de abanico	12.54

Fuente: “Informe técnico pH – LABORATORIO DE ENSAYOS CLINICOS, BIOLOGICOS E INDUSTRIALES”.

Los resultados obtenidos del análisis de pH, realizados en el Laboratorio de Análisis Clínicos, Biológicos e Industriales - Chimbote, muestran el pH de los elementos investigados:

El pH de las cenizas de concha de abanico es de 12.94, y el pH del suelo es de 8.27, siendo éste menor al pH de cenizas de concha de abanico, de forma que ambos son muy alcalinos. El pH de la mezcla del suelo + 10% de ceniza de concha de abanico es de 12.54, teniendo como resultado que ambos son muy alcalinos.

Cuando se agregan las cantidades adecuadas de cal y agua, el pH del suelo rápidamente se incrementa, siendo favorable para la formación de silicatos y aluminatos de calcio.

Tabla 11: Calificación del Suelo según el pH.

Suelos Neutros	Suelos ácidos	Suelos Alcalinos
pH	pH	pH
6,8 - 7,2	6,5 - 6,8	7,2 - 7,5
	5,5 - 6,5	7,5 - 8,5
	4,5 - 5,5	8,5 - 9,5
	< 4,5	< 9,5

Fuente: “<https://es.scribd.com/doc/250439043/Clasificacion-de-Los-Suelos-Segun-El-Ph>”.

COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD PATRON Y EXPERIMENTALES

Tabla 12. Tabla elaborada, en base a los diseños de muestras cilíndricas del ensayo de Permeabilidad por el Método de Permeámetro de Carga Constante patrón y experimental.

Descripción	Muestras patrón			Muestras Experimentales con la combinación al 10%		
	C-1	C-2	C-3	C-1	C-2	C-3
Altura columna de agua: H(cm)	30.00	30.00	30.00	32.00	32.00	32.00
Diámetro de muestra a ensayar: D (cm)	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
Altura de muestra a ensayar: L (cm)	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
Tiempo de Descarga: t (seg.)	75.15	75.15	75.15	75.15	75.15	75.15
Volumen de agua descargada: V (cm ³)	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00
Sección Transversal de muestra: A (cm ²)	78.54	78.54	78.54	78.54	78.54	78.54
Caudal aforado: Q (cm ³ /seg.)	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
Gradiente Hidráulico	0.33	0.35	0.34	0.70	0.98	1.25
Coefficiente de Permeabilidad: K (cm/seg.)	1.01 E-04	1.04 E-04	1.08 E-04	1.26 E-05	1.35 E-06	1.48 E-06

Fuente: “Informe técnico ENSAYO DE PERMEABILIDAD- METODO PERMEAMETRO DE CARGA CONSTANTE PATRÓN Y EXPERIMENTALES – LABORATORIO CAJAMARCA”

Los resultados obtenidos del ensayo del Coeficiente de Permeabilidad de las muestras cilíndricas, realizados en el laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos – Cajamarca, muestran que las muestras cilíndricas patrón tienen un Coeficiente de Permeabilidad promedio de 1.04 E^{-04} , mientras que las muestras

cilíndricas experimentales tienen un Coeficiente de Permeabilidad promedio de 1.36×10^{-6} , de manera que el Coeficiente es “muy baja” con respecto a los del patrón.

RESISTENCIA A LA COMPRESION NO CONFINADAS PATRON Y EXPERIMENTALES

Tabla 13. Tabla elaborada, en base a los diseños de muestras cilíndricas remoldeadas del ensayo de Resistencia a la Compresión no Confinadas patrón y experimentales.

Edad	Descripción	Resistencia a la Compresión No Confinadas - Patrón		Resistencia a la Compresión No Confinadas - Experimental	
		Esfuerzo (Kg/cm2)	Deformación (%)	Esfuerzo (Kg/cm2)	Deformación (%)
7 días	M-1	0.69	0.73	1.76	3.65
	M-2	0.85	0.62	1.79	3.54
	M-3	0.63	0.58	1.65	3.49
	Promedio (%)	0.72	0.64	1.73	3.56
14 días	M-1	0.63	0.82	3.28	3.70
	M-2	0.82	0.62	3.45	3.52
	M-3	0.52	0.58	2.88	3.49
	Promedio (%)	0.66	0.67	3.20	3.57

Fuente: “Informe técnico ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION NO CONFINADAS PATRÓN Y EXPERIMENTALES – LABORATORIO DE SUELOS Y CERÁMICOS, DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO”.

Los resultados obtenidos del ensayo de Compresión no Confinadas – Trujillo, muestran que las muestras cilíndricas remoldeadas patrón tienen una resistencia a la Compresión promedio total es de 0.70 Kg/cm², mientras que las muestras cilíndricas experimentales tienen una Resistencia con promedio de 3.57 Kg/cm², de manera que la Resistencia se ha incrementado con respecto a los del patrón.

De acuerdo a la norma NORMA MTC E 121, la Resistencia a la Compresión No Confinada, se cumple nuestro diseño ya que comprende nuestros resultados dentro del rango de 3,00 - 4,00 kg/cm², dando como resultado la muestra muy firme.

ANÁLISIS Y DISCUSION

En este capítulo se analizó cada uno de los resultados obtenidos para la elaboración de las muestras patrón y experimentales, así también como las características y el comportamiento de las cenizas de conchas de abanico activadas térmicamente adicionando al 10% al suelo en base a lo expuesto en los objetivos específicos.

EVALUACIÓN DE LA COMPOSICION QUIMICA DEL MATERIAL ADICIONADO POR MEDIO DE FRX.

Tabla 14: Resultados de FRX de cenizas de concha de abanico a 800°C por 4 horas.

Composición Química	Resultado de cenizas de concha de abanico (%)
Oxido de Calcio (CaO)	92.00
Dióxido de Silicio (SO ₂)	0.52

Fuente: “Efecto del polvo de *Argopecten Purpuratus* “concha de abanico” en la máxima densidad seca y resistencia al corte de un suelo arcilloso procedente de la Ciudad de Bagua cercado, Provincia de Bagua. Pereyra, E. & Molina, c. (2014).

Los resultados de FRX de las cenizas de conchas de abanico activadas térmicamente, sometidas a 800°C por un tiempo de 4 horas, muestran como elemento predominante al (CaO) dado por 92.00 %, por el contrario en un estudio reciente que se hizo por el mismo autor de la tesis presentada **“Permeabilidad del Suelo con adición de ceniza de concha de abanico, carretera Cambio Puente – Cascajal ”. Tolentino Aredo, M. (2016)**, este mismo material fue sometido a 800°C por 4 horas, presentando como elemento predominante al (CaO) dado por 96.613%.

Tabla 15: Características químicas del cemento peruano.

CARACTERISTICAS QUIMICAS DEL CEMENTO	
Oxido de Calcio (CaO)	63.20
Oxido de Silicio (SiO ₂)	21.00
Oxido de Aluminio (Al ₂ O ₃)	7.00
Oxido de Ferrico (Fe ₂ O ₃)	3.00
Oxido de Magnesio (MgO)	1.50

Fuente: “Tópicos de la Tecnología del Concreto en el Perú”. Pasquel Enrique. (1998).

EVALUACIÓN DEL GRADO DE ALCALINIDAD (PH) DEL MATERIAL ADICIONADO.

Los resultados obtenidos del análisis de PH, realizados en el Laboratorio de Ensayos Clínicos, Biológicos e Industriales – CHIMBOTE, muestra el PH de la mezcla del 90% suelo + 10% de cenizas de concha de abanico con un 12.54, por el contrario, el PH del suelo es de 8.27, menor al PH de las cenizas de concha de abanico con un 12. Así todas las muestras son muy alcalinas, ya que sus PH son mayores a 8.

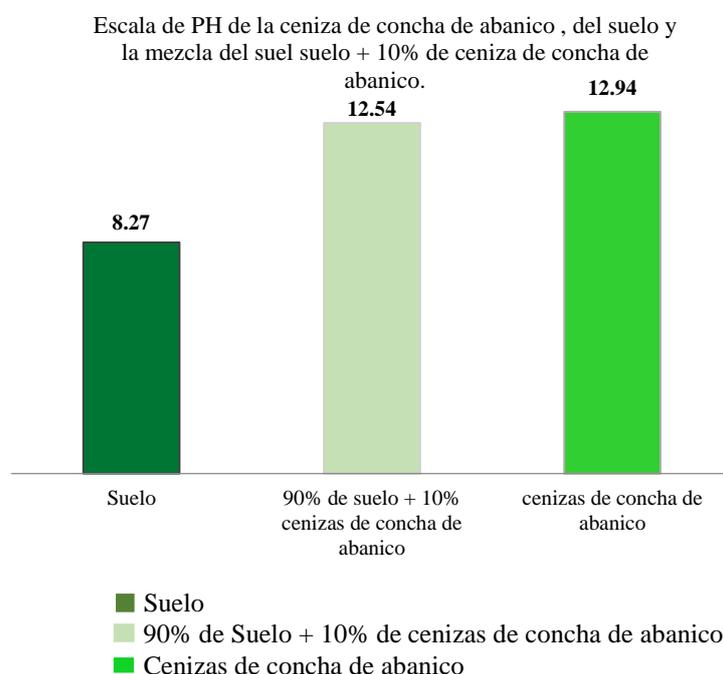


Figura 11: Resultados obtenidos del ensayo de PH de las cenizas de concha de abanico.

Fuente: “Informe técnico PH – LABORATORIO DE ENSAYOS CLINICOS, BIOLOGICOS E INDUSTRIALES”.

El objetivo de esta prueba era obtener un PH mayor al de la cal o cemento, cuando se agregan las cantidades adecuadas de cal y agua, el PH del suelo rápidamente se incrementa, siendo favorable para la formación de silicatos y aluminatos de calcio.

El óxido de Calcio tiene las mismas características de la cal, que es utilizada para estabilizar y fortalecer las sub-bases y bases debajo del pavimento.

Tabla 16: Calificación del suelo según el pH.

Suelos Neutros	Suelos ácidos	Suelos Alcalinos
pH	pH	pH
6,8 - 7,2	6,5 - 6,8	7,2 - 7,5
	5,5 - 6,5	7,5 - 8,5
	4,5 - 5,5	8,5 - 9,5
	< 4,5	< 9,5

Fuente: “<https://es.scribd.com/doc/250439043/Clasificacion-de-Los-Suelos-Segun-El-pH>”.

EVALUACION DEL COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD PATRON E EXPERIMENTALES

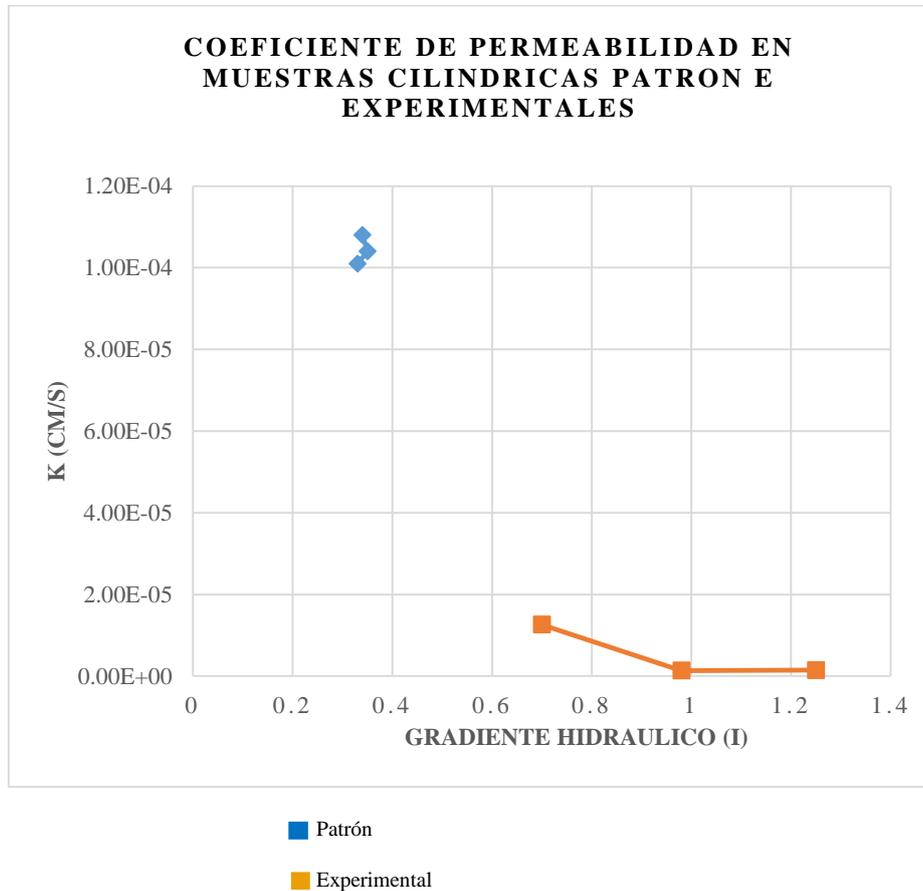


Figura 12: Curva del ensayo de Permeabilidad por el método de Permeámetro de Carga Constante patrón y experimental.

Fuente: “Informe técnico ENSAYO DE PERMEABILIDAD- METODO PERMEAMETRO DE CARGA CONSTANTE PATRÓN Y EXPERIMENTALES – LABORATORIO CAJAMARCA”.

Los resultados obtenidos del ensayo del Coeficiente de Permeabilidad de las muestras cilíndricas patrón, muestran un Coeficiente (K) promedio de 1.04 E^{-04} , mientras que las muestras cilíndricas experimentales tienen un Coeficiente de Permeabilidad promedio de 1.36 E^{-06} , de manera que el Coeficiente es “muy baja”

con respecto a los del patrón, alcanzando un avance de 65.85%, estando aproximado dentro del Grado de Permeabilidad.

Tabla 17: Calificación del Grado de Permeabilidad $K(\text{cm/s})$

Grado de Permeabilidad	Valor de k (cm/s)
Elevada	Superior a 10^{-1}
Media	10^{-1} a 10^{-3}
Baja	10^{-3} a 10^{-5}
Muy baja	10^{-5} a 10^{-7}
Prácticamente impermeable	Menor de 10^{-7}

Fuente: “Permeabilidad del suelo con adición del 10% de ceniza de concha de abanico, carretera cambio puente - cascajal”. Tolentino Aredo, M. (2017).

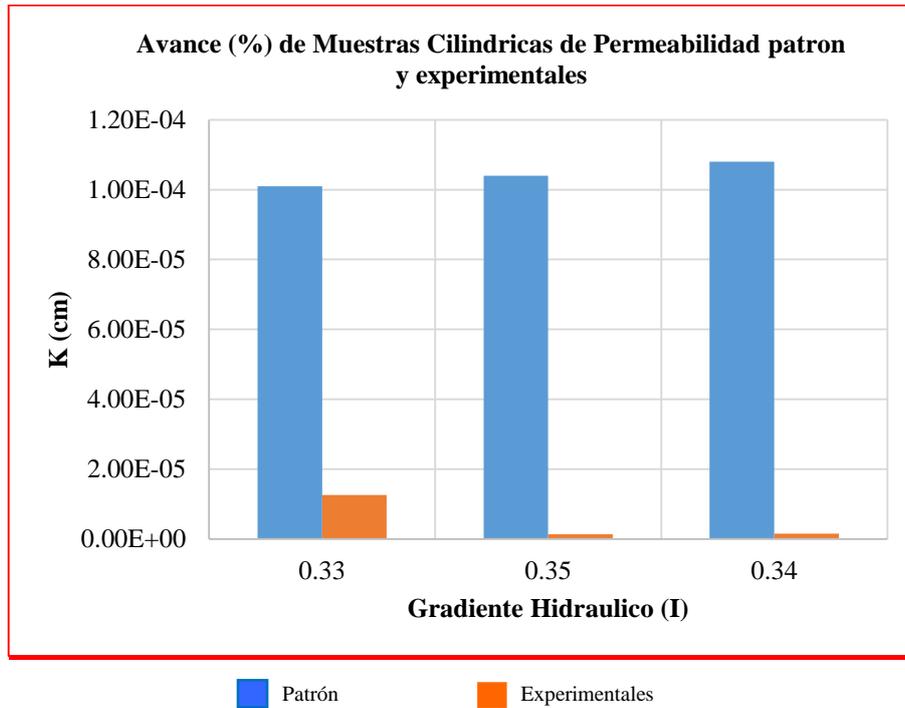


Figura 13: Resultados obtenidos del ensayo de Permeabilidad por el método de Permeámetro de Carga Constante patrón y experimentales.

Fuente: “Informe técnico ENSAYO DE PERMEABILIDAD DE MUESTRAS CILINDRICAS PATRÓN E EXPERIMENTALES – LABORATORIO CAJAMARCA”.

Por otro lado, los resultados obtenidos del ensayo de Permeabilidad de las muestras cilíndricas patrón, se muestra con un grado de permeabilidad “buena”, por lo contrario, en las muestras cilíndricas experimentales, de acuerdo al grado de Permeabilidad es “muy baja”, como resultado es EXCELENTE, porque eso es lo que se busca obtener en este ensayo para el diseño en carreteras.

Todas estas observaciones realizadas hacen que las probetas experimentales no superen a las probetas patrón, y a la vez se ha comprobado durante la fabricación de las mismas.

EVALUACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION NO CONFINADAS PATRON Y EXPERIMENTALES

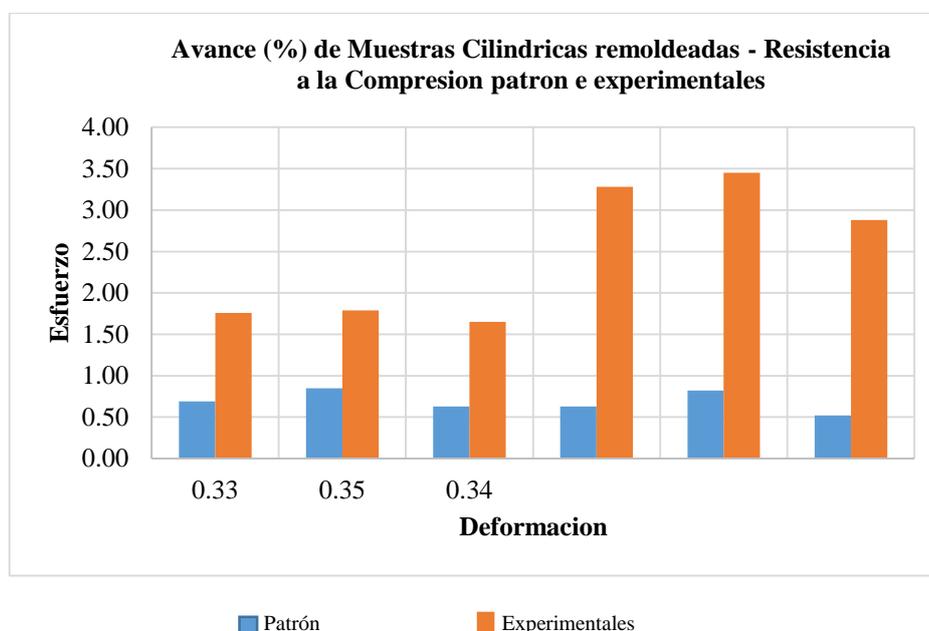


Figura 14: Resultados obtenidos del ensayo de Resistencia a la Compresión no confinadas patrón y experimentales.

Fuente: “Informe técnico ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION NO CONFINADAS PATRÓN Y EXPERIMENTALES – LABORATORIO DE SUELOS Y CERÁMICOS, DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO”.

Los resultados obtenidos del ensayo de Resistencia a la Compresión de las muestras cilíndricas remoldeadas patrón de 7 y 14 días, se muestra con un promedio de 0.69 Kg/cm² “mediana”, por lo contrario, en las muestras cilíndricas experimentales a los 7 y 14 días, se

muestra con un promedio de 2.47 Kg/ cm² de acuerdo a la Resistencia es “muy firme”, como resultado es muy FIRME LA CONSISTENCIA DEL SUELO, según los rangos definidos de acuerdo a la Norma MTC E 121 (Kg/cm²/ (%)).

Tabla 18: Compresión no Confinadas en suelos.

Consistencia del Suelo	Resistencia a la Compresión no confinada	
	(kg /cm ²)	(k Pa)
Muy blanda	< 0,25	(< 25)
Blanda	0,25 - 0,50	(25 - 50)
Mediana	0,50 - 1,00	(50 - 100)
Firme	1,00 - 2,00	(100 - 200)
Muy firme	2,00 - 4,00	(200 - 400)
Dura	> 4,00	(> 400)

Fuente: Norma MTC E 121 – Resistencia a la Compresión no confinadas.

Finalmente, los resultados obtenidos del ensayo a la resistencia a la Compresión de las muestras cilíndricas remoldeadas experimentales a los 7 días y 14 días muestran una variación del 13.54% con respecto a la del patrón, a los 7 y 14 días muestran una variación del 8.56%, no superando la resistencia a la compresión promedio de las muestras cilíndricas remoldeadas patrón.

Todas estas observaciones realizadas hacen que las muestras cilíndricas remoldeadas experimentales no superen a las muestras cilíndricas patrón, y a la vez se ha comprobado durante la fabricación de las mismas.

CONCLUSIONES

El componente predominante de la composición química es de 96.613% de Oxido de Calcio (CaO) presentado en las cenizas de concha de abanico, sobrepasando de acuerdo a la norma ASTM C618 el Óxido de Calcio (CaO) con 63.20%, presentado por el cemento y la cal.

El pH de la combinación del suelo + 10% de ceniza de conchas de abanico es de 12.54 es muy similar al pH del cemento, con esto se garantiza de la mezcla suelo + Oxido de Calcio se incrementa siendo favorable para la formación de Silicatos y aluminatos de Calcio.

De acuerdo a los resultados obtenidos del ensayo del Coeficiente de Permeabilidad de las muestras ha alcanzado un avance de 65.85%, calificando dentro del rango de 1.04 E^{-04} a 1.36 E^{-06} , siendo favorable ya que estos compuestos forman una matriz que contribuye a la resistencia del suelo, que es transformado de su alta expansividad, de un estado natural indeseable a mas granular, a un material relativamente impermeable, durable, resistente a los agrietamientos.

Se concluye que las muestras cilíndricas remoldeadas experimentales no superan a las muestras cilíndricas patrón, a los 7 y 14 días, se muestra con un promedio de 0.69 Kg/cm² “mediana”, por lo contrario, en las muestras cilíndricas remoldeadas experimentales a los 7 y 14 días, se muestra con un promedio de 2.47 Kg/ cm² de acuerdo a la Resistencia es “muy firme”, como resultado es muy FIRME LA CONSISTENCIA DEL SUELO, según los rangos definidos de acuerdo a la Norma MTC E 121 (Kg/cm²/ (%)) – RESISTENCIA A LA COMPRESION NO CONFINADAS.

El porcentaje del 10% de adición de las cenizas de conchas de abanico se justifica, ya que según la norma NTP 334.090 CEMENTOS. Cementos Portland adicionados. Requisitos. 7. MATERIALES Y FABRICACION. Los cementos portland puzolánicos modificados, producto de la mezcla de cemento portland y puzolana, éste último debe estar presente en no más del 20%.

RECOMENDACIONES

Utilizar la materia prima de los alrededores de la Cantera de Samanco, ciudad de Chimbote y desarrollar una mayor variedad de temperatura de calcinación, ya que se piensa que, a mayor temperatura de activación, aumenta el porcentaje SiO₂ y CaO, al activarse a la temperatura adecuada.

Se recomienda buscar un material o materiales que pueda tener resultados óptimos conforme a la norma ASTM C618, de manera que sea cementico por sí mismo y que su pH suba al aumentar su (%) de adición de manera que sea súper alcalino sobrepasando el pH del cemento como por ejemplo las cenizas de conchas de abanico escorias, conchas marinas, mármol, escorias de cobre, fuentes de materias primas mencionadas anteriormente.

Agregar un nuevo material que al mezclarse con los materiales en estudio aporte CaO en porcentaje similar al de la cal y del cemento, ya que se presentó como elemento predominante en este estudio con CaO presentado por la adición al 10% de las cenizas de conchas de abanico, aportaría resistencia a la compresión a edades tempranas.

Desarrollar adecuadamente las cantidades de CaO y agua, para observar la tendencia de la resistencia a la compresión del Suelo (muestra) experimental con respecto a la del patrón.

Aumentar el número de muestras cilíndricas remoldeadas fabricadas, para obtener un control estadístico más preciso y confiable para el ensayo de Compresión No Confinadas.

En el futuro, se recomienda seguir utilizando como materia prima este material, ya que produce un efecto de impermeabilidad, en el tipo de suelos mezclas grava y arena (arcillas fisuradas y alteradas).

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, doy gracias a Dios, por darme el aliento de vida, por brindarme la fortaleza y voluntad, para sacar adelante esta meta culminada, así mismo a mi hermosa madre Lucia Aredo Quincho, mi padre Celestino U. Vega y a familia quien ha estado allí a mi lado brindándome con su apoyo incondicional durante este periodo profesional.

A mi querido novio Engels Vega Villarreal, a la hermosa Teresita Villarreal quienes también me apoyaron durante este transcurso universitario.

A mi asesor el Ing. Rogelio Castañeda Gamboa, y mi jurado evaluador el Ing. Miguel Solar Jara por la motivación durante este proyecto, que compartió sus conocimientos técnicos y experiencias durante el curso de titulación.

A las instituciones que me brindaron su ayuda en diferentes actividades realizadas como son: Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos - Cajamarca, Laboratorio de Suelos y Cerámicos - UNT, Laboratorio ensayos clínicos, biológicos e industriales – CHIMBOTE y Laboratorio de Archeometría de la Facultad de Ciencias Físicas – UNMSM.

Finalmente agradezco a quien lee este apartado y más de mi tesis, por permitir a mis experiencias, investigaciones y conocimientos, incurrir dentro de su repertorio de información mental.

Referencias Bibliográficas

- ASTM D-2434. (2006). Procedimiento, equipo y materiales utilizados para el ensayo de Permeabilidad a Carga Constante.
- Garibay, T. & Cauhape, M. (2006). Permeabilidad de Suelos. (Geología y Geotecnia). Universidad Nacional de Rosario, Argentina.
- Gómez, K., & Camelo, D. (2014). Estudio de la permeabilidad en suelos arenosos contaminados con aguas aceitosas en una estratificación de mediante un modelo físico a una escala reducida (Tesis). Universidad Católica de Colombia, Colombia.
- López, Q. (2011). Determinación de la cantidad y el tamaño de larvas de concha de abanico. Pontificia Universidad Católica del Perú, Perú.
- MTC E-121 (2016). Determinación de Compresión no Confinadas en muestras de Suelos.
- Pereyra, E. & Molina, C. (2014). Efecto del polvo de *Argopecten Purpuratus* “concha de abanico” en la máxima densidad seca y resistencia al corte de un suelo arcilloso procedente de la Ciudad de Bagua cercado, Provincia de Bagua (Tesis). Universidad San Pedro de Chimbote, Perú.
- Puga, P. (2012). Estudio Experimental del coeficiente de permeabilidad en arenas (Tesis). Universidad Católica de la Santísima Concepción, México.
- Valenciano, M. (2012). Prueba de Permeabilidad: Carga Constante (Tesis). Instituto Tecnología de Costa Rica, Cartago.
- Villanueva, J. (2014). Ensayo de Permeabilidad, Método de la Carga Constante. Universidad de Chile, Chile.

APÉNDICE Y ANEXOS

En este capítulo, se adjuntó material valioso como resultados de los últimos antecedentes, tablas de diseño, informes técnicos realizados y el diseño de mezcla detallado de las muestras cilíndricas patrón y experimentales.

Además, se detalló por medio del panel fotográfico el tratamiento de la materia prima, ensayos del material adicionado, ensayos de las muestras cilíndricas, elaboración y de muestras cilíndricas patrón y experimentales en base a lo expuesto en la metodología del trabajo.

Tabla 19: % Grado de Concentración de carbonato de Calcio en cada muestra dados por Litano M. (2014).

ENSAYO 01	RESULTADOS		
	Tiempo: 60 min.	Tiempo: 90 min.	Tiempo: 120 min.
Concentración de Carbonato de Calcio a 400 °C (%)	70.22	77.06	81.51

ENSAYO 01	RESULTADOS		
	Tiempo: 60 min.	Tiempo: 90 min.	Tiempo: 120 min.
Concentración de Carbonato de Calcio a 500 °C (%)	95.76	96.15	97.06

ENSAYO 01	RESULTADOS		
	Tiempo: 60 min.	Tiempo: 90 min.	Tiempo: 120 min.
Concentración de Carbonato de Calcio a 600 °C (%)	96.89	97.12	97.38

Fuente: “Cenizas de Conchas de abanico para su uso como Puzolana”. Litano Mendoza (2014).

Tabla 20: Composición Química de las cenizas de concha de abanico a 800°C por 4 horas.

Composición Química	Resultado de cenizas de concha de abanico (%)
Oxido de Calcio (CaO)	92.00
Dióxido de Silicio (SO ₂)	0.52

Fuente: “Efecto del polvo de *Argopecten Purpuratus* “concha de abanico” en la máxima densidad seca y resistencia al corte de un suelo arcilloso procedente de la Ciudad de Bagua cercado, Provincia de Bagua. Pereyra, E. & Molina, c. (2014).

Tabla 21: Calificación del Grado de Permeabilidad K(cm/s)

Grado de Permeabilidad	Valor de k (cm/s)
Elevada	Superior a 10^{-1}
Media	10^{-1} a 10^{-3}
Baja	10^{-3} a 10^{-5}
Muy baja	10^{-5} a 10^{-7}
Prácticamente impermeable	Menor de 10^{-7}

Fuente: Tabla simplificada de Cisneros Carabay. (2010).

Tabla 22: Compresión no Confinadas en suelos.

Consistencia del Suelo	Resistencia a la Compresión no confinada	
	(kg /cm ²)	(k Pa)
Muy blanda	< 0,25	(< 25)
Blanda	0,25 - 0,50	(25 - 50)
Mediana	0,50 - 1,00	(50 - 100)
Firme	1,00 - 2,00	(100 - 200)
Muy firme	2,00 - 4,00	(200 - 400)
Dura	> 4,00	(> 400)

Fuente: Norma MTC E 121 – Resistencia a la Compresión no confinadas

Tabla 23: Resultados obtenidos de la prueba del PH.

Ítem	Muestra	Ensayos
		PH
1	Cenizas de Concha de abanico	12.94
2	Suelo	8.27
3	90 % suelo+ 10% cenizas de concha de abanico	12.54

Fuente: “Informe técnico PH – LABORATORIO DE ENSAYOS CLINICOS, BIOLOGICOOS E INDUSTRIALES”.

Tabla 24: Resultados obtenidos de la prueba de fluorescencia de rayos X de las cenizas de concha de abanico.

Composición Química	Resultado de cenizas de concha de abanico (%)
Oxido de Calcio (CaO)	96.613
Dióxido de Silicio (SO ₂)	1.045
Trióxido de Hierro (Fe ₂ O ₃)	0.977
Oxido de Estroncio (Sr O)	0.547
Pentoxido de Fosforo (P ₂ O ₅)	0.382
Trióxido de Cromo (Cr ₂ O ₃)	0.325
Trióxido de Azufre (SO ₃)	0.109

Fuente: “Informe técnico N°1432-16-UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Tabla 25: Resultados de FRX de la muestra (suelo).

Oxido	% masa
Al ₂ O ₃	12.730
Si O ₂	40.696
SO ₂	0.460
Cl O ₂	0.712
K ₂ O	1.368
CaO	2.479
Ti O ₂	0.500
V ₂ O ₅	0.019
Cr ₂ O ₃	0.020
Mn O	0.106
Fe ₂ O ₃	5.083
Ni ₂ O ₃	0.006
Cu O	0.011
Zn O	0.019
Sr O	0.021
Zr O ₂	0.018
Br O ₂	0.005
Ba O	0.085
Total	64.336

Fuente: “Análisis del Suelo por FRXDE, Informe N°08- LAQ/2018. UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS.

ANEXO N°01

**ANALISIS DE COMPOSICION QUIMICA DE LAS CENIZA DE CONCHA
DE ABANICO.**



ANALISIS DE LABORATORIO

SOLICITADO POR : MARCIA LINDA TOLENTINO AREDO
ASUNTO : Calcinación de Muestra
CANTIDAD DE MUESTRAS: 01
PROCEDENCIA : Ancash
FECHA DE RECEPCION : 27/09/2016
FECHA DE ENTREGA : 30/09/2016

CÓDIGO MUESTRA	Temperatura (°C)	Tiempo (horas)	Peso Inicial (gramos)	Peso Final (gramos)
PULVERIZADO DE CONCHAS DE ABANICO	900	4	5315	3605

Trujillo, 30 de Septiembre de 2016




Ing. Juan Vega González
Jefe de Laboratorio
CIP 79515



INFORME TÉCNICO N° 1432 – 16 – LAB. 12

- 1. DATOS DEL SOLICITANTE**
 - 1.1 NOMBRE DEL SOLICITANTE : TOLENTINO AREDO MARCIA
 - 1.2 DNI : 47900511
- 2 CRONOGRAMA DE FECHAS**
 - 2.1 FECHA DE RECEPCIÓN : 03 / 10 / 2016
 - 2.2 FECHA DE ENSAYO : 03 / 10 / 2016
 - 2.3 FECHA DE EMISIÓN : 03 / 10 / 2016
- 3 ANÁLISIS SOLICITADO** : ANÁLISIS DE COMPOSICIÓN QUÍMICA
- 4 DATOS REFERENCIALES DE LA MUESTRA**
 - 4.1 DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA : 01 MUESTRA DE CONCHA DE ABANICO PULVERIZADA
 - 4.2 TESIS : "CAPACIDAD DE PERMEABILIDAD EN SUELOS, ADICIONANDO CONCHAS DE AVANICO PULVERIZADO EN 8% CASCAJAL-CHIMBOTE"
- 5 LUGAR DE RECEPCIÓN** : LABORATORIO N°12 - FACULTAD DE CIENCIAS
- 6 CONDICIONES AMBIENTALES** : Temperatura: 23 °C; Humedad relativa: 65%
- 7 EQUIPO UTILIZADO** : Espectrómetro de Fluorescencia de Rayos X. SHIMADZU, EDX 800-HS.
- 8 RESULTADOS**
 - 8.1 COMPOSICIÓN QUÍMICA EXPRESADA COMO ÓXIDOS**

COMPOSICIÓN QUÍMICA	RESULTADO (%)	MÉTODO UTILIZADO
Óxido de Calcio (CaO)	96.613	Espectrometría de Fluorescencia de Rayos X
Dióxido de Silicio (SiO ₂)	1.045	
Trióxido de Hierro (Fe ₂ O ₃)	0.977	
Óxido de Estroncio (SrO)	0.547	
Pentóxido de Fósforo (P ₂ O ₅)	0.382	
Trióxido de Cromo (Cr ₂ O ₃)	0.325	
Trióxido de Azufre (SO ₃)	0.109	

*El porcentaje de error del equipo es de ±0.02

Otilia Pacheco



8.2 COMPOSICIÓN QUÍMICA EXPRESADA COMO ELEMENTOS

COMPOSICIÓN QUÍMICA	RESULTADO (%)	MÉTODO UTILIZADO
Calcio, Ca	97.641	Espectrometría de Fluorescencia de Rayos X
Estroncio, Sr	0.643	
Silicio, Si	0.612	
Hierro, Fe	0.531	
Azufre, S	0.432	
Cromo, Cr	0.201	
Fósforo, P	0.120	

* El porcentaje de error del equipo es de $\pm 0.02\%$

9 VALIDEZ DEL INFORME TÉCNICO

Los resultados de este Informe técnico son válido solo para la muestra proporcionada por el solicitante del servicio en las condiciones indicadas del presente informe técnico.



Bach. Fiorella Meoño Barturén
Analista Químico
LABICER - UNI



M.Sc. Otilia Asca de la Cruz
Jefa de Laboratorio
Responsable del análisis
CQP 202

(*) El Laboratorio no se responsabiliza del muestreo ni de la procedencia de la muestra.

ANEXO N°02

ANALISIS DE LA MUESTRA DE SUELO POR FRXDE



Informe N°08-LAQ/2018

Análisis de una mezcla de suelo por FRXDE

Introducción.

Se analizó por fluorescencia de rayos-X dispersiva en energía (FRXDE) de una muestra de suelo procedente de Cascajal a pedido de la Bach. **Tolentino Aredo, Marcia**, egresada de la Universidad San Pedro, sede Chimbote, y como parte de su proyecto de tesis titulada:

**“Permeabilidad del Suelo con Adición del 10% de Ceniza de Concha de Abanico,
Carretera Cambio Puente - Cascajal.”**

La muestra está en forma de grano fino de color marrón.

Arreglo experimental.

Se utilizó un espectrómetro de FRXDE marca Amptek con ánodo de oro que operó a un voltaje de 30 kV y una corriente de 15 μ A. Los espectros se acumularon durante un intervalo neto de 300 s utilizando 2048 canales, con ángulos de incidencia y salida de alrededor de 45°; distancia muestra a fuente de rayos-X de 4 cm y distancia de muestra a detector de 2 cm aprox. La tasa de conteo, la cual depende de la geometría del arreglo experimental y de la composición elemental de la muestra, fue de alrededor de 4800 cts/s

Esta técnica permite detectar la presencia de elementos químicos de número atómico Z igual y mayor que 13 mediante la detección de los rayos-X característicos que emiten los átomos. Las energías de estos rayos-X característicos aumentan con el valor de Z y pueden ser detectados siempre y cuando posean suficiente energía para poder penetrar la ventana del detector. Por esta limitación los picos de Mg (Z=12) no pueden ser registrados en el espectro.

La fuente de rayos-X utilizada emite rayos-X en dos componentes: un espectro con una distribución continua de 0 a 30 keV, y la otra que contiene los rayos-X característicos del tipo L y M de oro que se producen por el bombardeo del ánodo por electrones energéticos. Como consecuencia de esto, los espectros de FRXDE poseen tres componentes principales: una componente continua que es consecuencia de la dispersión por la muestra de los rayos-X de la



componente continua de la fuente, un espectro discreto producido por la dispersión en la muestra de los rayos-X característicos de oro de la fuente, y el espectro discreto de los rayos-X característicos emitidos por la muestra de acuerdo a los elementos que contiene..

La presencia en el espectro de los rayos-X de oro dispersados por la muestra interfiere con la detección de los rayos-X característicos de elementos como germanio y selenio, a menos que se encuentren en altas concentraciones.

El análisis elemental de la muestra se hace primero de manera cualitativa para identificar la presencia de elementos en la muestra. Para el análisis cuantitativo se utiliza un programa que se basa en el método de parámetros fundamentales y simula todo el arreglo experimental incluyendo: composición elemental de la muestra, geometría experimental, distribución espectral de los rayos-X que emite la fuente y su interacción con la muestra y el proceso de detección. En esta etapa se puede identificar la presencia de picos de rayos-X característicos que pudieron haber pasado inadvertidos en la parte cualitativa por superponerse a picos más intensos. Este programa se calibra usando una muestra de referencia certificada denominada "Suelo de San Joaquín" adquirida de la NIST.

Resultados.

En la Figura 1 se muestra el espectro de FRXDE de esta mezcla de suelo procedente de Cascajal. La línea roja representa el espectro experimental y la línea azul el espectro calculado. Cubre el rango de energías de 1 a 18 keV que es el rango de interés en este estudio. En el espectro se puede observar la presencia del pico de argón, que es un gas inerte presente en el aire que respiramos. En general, cada pico identifica un elemento químico, comenzando por la izquierda con el pico de Al, seguido del pico de Si y así sucesivamente a medida que aumentan el número atómico y la energía.

La Tabla 1 muestra los resultados del análisis elemental de esta muestra. Las concentraciones están dadas en % de la masa total en términos de los óxidos más estables que se pueden formar en el proceso de calcinación y luego se normalizan para dar un total de 100%. Debe



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS
Laboratorio de Arqueometría

recalcarse que la técnica da directamente la concentración de los elementos químicos. Estos resultados se utilizan luego para determinar la concentración de los óxidos.

Tabla 1. Composición elemental de la muestra de suelo procedente de Cascajal en % de masa.

Óxido	% masa	Normalizado
Al ₂ O ₃	12.730	19.787
SiO ₂	40.696	63.255
SO ₂	0.460	0.715
ClO ₂	0.712	1.106
K ₂ O	1.368	2.126
CaO	2.479	3.853
TiO ₂	0.500	0.777
V ₂ O ₅	0.019	0.030
Cr ₂ O ₃	0.020	0.030
MnO	0.106	0.165
Fe ₂ O ₃	5.083	7.900
Ni ₂ O ₃	0.006	0.009
CuO	0.011	0.017
ZnO	0.019	0.029
SrO	0.021	0.032
ZrO ₂	0.018	0.028
BrO ₂	0.005	0.108
BaO	0.085	0.137
Totales	64.336	100.00

La suma en términos de contenido de óxidos es menor que 100%. Es probable que la muestra esté constituida en parte por compuestos que contienen Na y Mg que esta técnica no puede detectar, y/u diferentes que óxidos y/o hay una deficiencia en la calibración del instrumento. Para mayores detalles sobre la composición estructural de la muestra se sugiere hacer un



análisis por difracción de rayos-X para determinar los compuestos que contiene la muestra con mayor precisión.

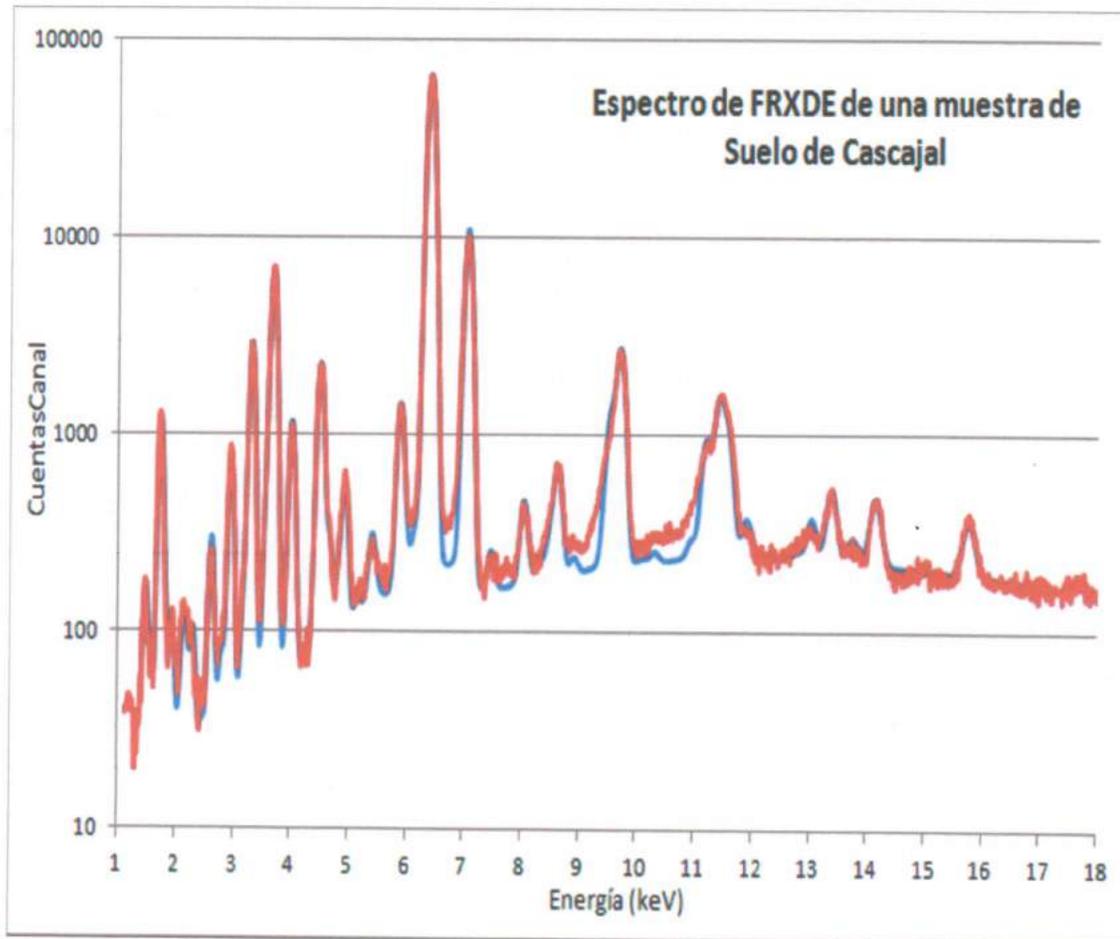


Figura 1. Espectro de FRXDE de una muestra de suelo de Cascajal en escala semi logarítmica. Incluye el pico de Ar del aire y los picos de rayos-X de Au dispersados por la muestra. La curva en azul muestra el espectro simulado

Investigador Responsable:

Dr. Jorge A. Bravo Cabrejos
Laboratorio de Arqueometría



Lima, 31 de enero del 2018

ANEXO N°03

**ENSAYO DE PERMEABILIDAD – METODO PERMEAMETRO DE CARGA
CONSTANTE.**



Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos.

Estudios Geológicos, Hidrológicos, Hidrogeológicos, Geotécnicos, de Impacto Ambiental y Análisis Químicos.

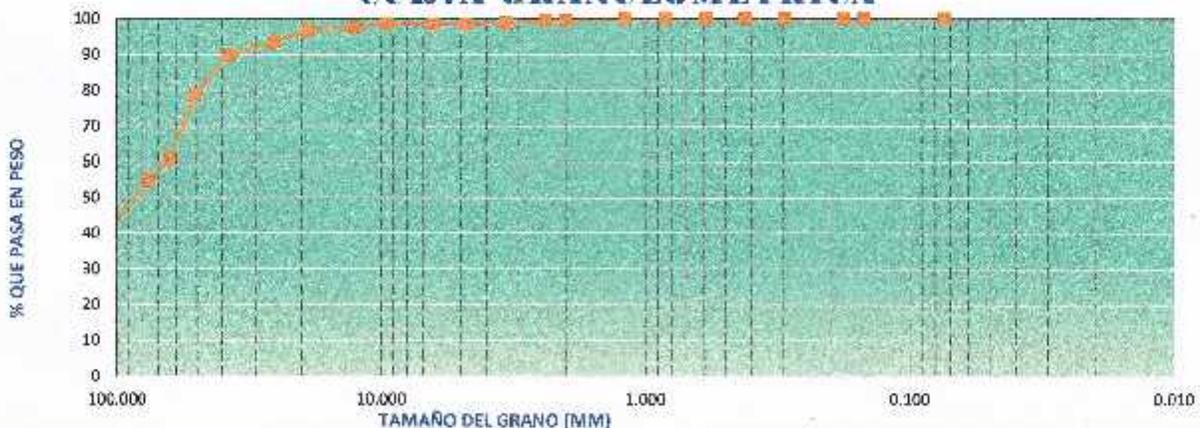
Resolución N° 014751 - 2005/OSD - INDECOPI
 M. Sc. WILFREDO R. FERNÁNDEZ MUÑOZ
 Ing. Civil C.I.P. 26682 Reg. de Conulfor N° C2755.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (AASHTO T-27 ASTM D 422)

TESIS	: PERMEABILIDAD DEL SUELO CON ADICION DEL 10% DE CENIZA DE CONCHA DE ABANICO, CARRETERA CAMBIO PUENTE- CASCAJAL	
UBICACIÓN	: DISTRITO CHIMBOTE, PROVINCIA CHIMBOTE, DEPARTAMENTO ANCASH	
CALICATA	: N°	PROFUNDIDAD : 60 cm
SOLICITANTE	: TOLENTINO AREDO MARCIA	
FECHA	: JUNIO DEL 2017	

MALLAS SIEVES AMERICAN A	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - ASTM 422						CONTENIDO DE HUMEDAD		
	ABERTURA (mm)	PESO HIST. (GRAMOS)	RET. PARCIAL (%)	RET. ACUMULADA (%)	PASA (g)	ESPECÍFICA CINIFES			
4"	101,6				100		Numero de la Tara	5/N	
3"	76,200				100,0		Peso de la Tara	8,8	
2 1/2"	63,500				100,0		Tara + Suelo Humedo	391,3	
2"	50,800				100,0		Tara + Suelo Seco	349,5	
1 1/2"	38,100				100,0		Peso del agua	41,8	
1"	25,400				100,0		Peso del suelo seco	348,7	
3/4"	19,050				100,0		% de Humedad	12,27	
1/2"	12,700				100,0				
3/8"	9,525	3,9	0,4	0,4	96,6		RESULTADOS DE ENSAYOS		
1/4"	6,350			0,4	95,6		LIMITE LIQUIDO (%)	:	20,63
Nº 4	4,760	7,3	0,8	1,2	98,8		LIMITE PLASTICO (%)	:	16,95
Nº 6	3,360						INDICE DE PLASTICIDAD (%)	:	11,68
Nº 8	2,380						CLASIFICACION SUCS	:	SC
Nº 10	2,000	2,1	0,2	1,4	98,6		CLASIFICACION AASHTO	:	A-6 (2)
Nº 16	1,190								
Nº 20	0,840	19,2	2,0	3,4	96,6		DATOS DE LA MUESTRA		
Nº 30	0,590	30,3	3,2	6,6	93,4		PESO TOTAL (gr)	: 950,0	100,0 %
Nº 40	0,426	36,2	3,8	10,4	89,6		PESO GRAVA (gr)	: 11,2	1,2 %
Nº 50	0,297						PESO ARENA (gr)	: 938,8	98,8 %
Nº 80	0,177	216,6	22,8	39,5	60,5		PESO FRACCION (gr)		
Nº 100	0,149	54,3	5,7	45,3	54,7				
Nº 200	0,074	112,2	11,8	57,1	42,9				
-200		407,9	42,9						

CURVA GRANULOMETRICA



NOTA: LAS MUESTRAS FUERON ALCANZADAS POR EL INTERESADO

Wilfredo R. Fernandez Muñoz
 Dr. Wilfredo R. Fernandez Muñoz
 INGENIERO CIVIL
 CIP 26682



Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos.

Estudios Geológicos, Hidrológicos, Hidrogeológicos, Geotécnicos, de Impacto Ambiental y Análisis Químicos.

Resolución N° 014751 - 2005/OSD - INDECOP
 M. Sc. WILFREDO R. FERNÁNDEZ MUÑOZ
 Ing. Civil C.I.P. 26682 Reg. de Consultor N° C2755

LIMITES DE CONSISTENCIA (NORMA AASHTO T - 90 - ASTM D 4318)

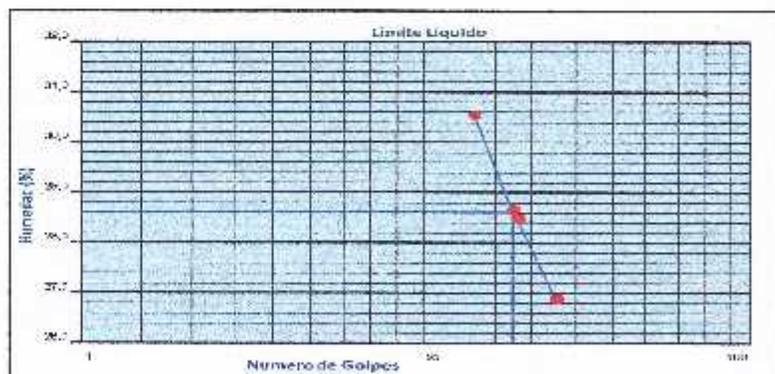
TESIS	: PERMEABILIDAD DEL SUELO CON ADICION DEL 10% DE CENIZA DE CONCHA DE ABANICO, CARRETERA CAMBIO PUENTE- CASCAJAL		
UBICACIÓN	: DISTRITO CHIMBOTE, PROVINCIA CHIMBOTE, DEPARTAMENTO ANCASH		
CALICATA	: N°	: PROFUNDIDAD : 50 cm	
SOLICITANTE	: TOLENTINO AREDO MARCIA		
FECHA	: JUNIO DEL 2017		

LIMITE LIQUIDO ASTM D-423

TARA N°			
N° DE GOLPES			
TARA+SUELO HUMEDO			
TARA+SUELO SECO			
PESO DEL AGUA			
PESO DE LA TARA			
PESO DEL SUELO SECO			
HUMEDAD (%)			

LIMITE PLASTICO ASTM D-424

TARA N°			
TARA+SUELO HUMEDO			
TARA+SUELO SECO			
PESO DEL AGUA			
PESO DE LA TARA			
PESO DEL SUELO SECO			
HUMEDAD (%)			
HUMEDAD PROMEDIO(%)			



Límites de Consistencia	
Límite Líquido	28,63
Límite Plástico	16,95
Índice Plástico	11,68

Observaciones	

Wilfredo R. Fernández Muñoz
 Dr. Wilfredo R. Fernández Muñoz
 INGENIERO CIVIL
 CIP 26682



Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos.

Estudios Geológicos, Hidrológicos, Hidrogeológicos, Geotécnicos, de Impacto Ambiental y Análisis Químicos.

Resolución N° 014751 - 2005/DSD - INDECOPI
 M. Sc. WILFREDO R. FERNÁNDEZ MUÑOZ
 Ing. Civil C.I.P. 26682 Reg. de Conutor N° C2755.

REGISTRO DE EXCAVACION: CALICATA DE PLATAFORMA

TESIS	: PERMEABILIDAD DEL SUELO CON ADICION DEL 10% DE CENIZA DE CONCHA DE ABANCO, CARRETERA CAMBIO PUENTE - CASCAJAL		
UBICACIÓN	: DISTRITO CHIMBOTE, PROVINCIA CHIMBOTE, DEPARTAMENTO ANCASH		
CALICATA	: N°	PROFUNDIDAD	: 50 cm
FECHA	: JUNIO DEL 2017		

PERFORACIONAL TIPO (F) O ABERTO	CALICATA		SIMBOLOGIA	CLASIF.		CONSTANTES FISICAS			% PASA MALLA N° 200
	MUESTRA	DESCRIPCION		AASHTO	SUCS	L-L	LP	IP	
0.20									
0.40									
0.60		MUESTRA EXTRAIDA							
0.70									
0.80									
0.90		Presenta arenas arcillosas limosas mezclas mal graduadas de arena, limo y arcilla de color marrón, de clasificación SUCS (SC) estos suelos son permeables a impermeable resistencia al cortante de alta a media, la compresibilidad es baja manejabilidad buena a correcta.		A-6 (2)	SC	29.59	16.85	11.68	98.8
1.00									
1.10									
1.30									
1.50									
1.60									

Wilfredo R. Fernández Muñoz
 Dr. Wilfredo R. Fernández Muñoz
 INGENIERO CIVIL
 CIP 26682



Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos.

Estudios Geológicos, Hidrológicos, Hidrogeológicos, Geotécnicos, de Impacto Ambiental y Análisis Químicos.

Resolución N° 014751 - 2005/OSD - INDECOPI
M. Sc. WILFREDO R. FERNÁNDEZ MUÑOZ
Ing. Civil C.I.P. 26682 Reg. de Consultor N° 02755.

ENSAYO DE PERMEABILIDAD - METODO PERMEAMETRO DE CARGA CONSTANTE

TESIS	: PERMEABILIDAD DEL SUELO CON ADICION DEL 10% DE CENIZA DE CONCHA DE ABANICO, CARRETERA CAMBIO PUENTE - CASCAJAL		
UBICACIÓN	: DISTRITO CHIMBOTE, PROVINCIA CHIMBOTE, DEPARTAMENTO ANCASH		
CALICATA	: 1- M - 1	PROFUNDIDAD	: 50 cm
FECHA	: JUNIO DEL 2017	PATRON	

CALICATAS	N° 01	
NUMERO DE ENSAYO	1	
Altura columna de agua : H (cm)	30,00	
Diámetro de muestra a ensayar : D (cm)	10,00	
Altura de muestra a ensayar : L (cm)	10,00	
Tiempo de descarga : t(seg)	75,15	
Volumen de agua descargada : V(cm ³)	15,00	

CALCULOS:

Sección transversal de muestra : A (cm ²)	78,54	
Caudal aforado : Q (cm ³ /seg)	0,20	
Gradiente hidráulico	0,33	
Coefficiente de Permeabilidad: K (cm/seg)	1,01E-04	


Dr. Wilfredo R. Fernández Muñoz
INGENIERO CIVIL
CIP 26682



Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos.

Estudios Geológicos, Hidrológicos, Hidrogeológicos, Geotécnicos, de Impacto Ambiental y Análisis Químicos.

Resolución N° 014751 - 2005/OSD - INDECOPI
M. Sc. WILFREDO R. FERNÁNDEZ MUÑOZ
Ing. Civil C.I.P. 26682 Reg. de Consultor N° C2755.

ENSAYO DE PERMEABILIDAD - METODO PERMEAMETRO DE CARGA CONSTANTE

TESES	: PERMEABILIDAD DEL SUELO CON ADICION DEL 10% DE CENIZA DE CONCHA DE ABANICO, CARRETERA CAMBIO PUENTE - CASCAJAL		
UBICACIÓN	: DISTRITO CHIMBOTE, PROVINCIA CHIMBOTE, DEPARTAMENTO ANCASH		
CALICATA	: 2- M - 2	PROFUNDIDAD	: 50 cm
FECHA	: JUNIO DEL 2017	PATRON	

CALICATAS	N° 02	
NUMERO DE ENSAYO	2	
Altura columna de agua : H (cm)	30,00	
Diametro de muestra a ensayar : D (cm)	10,00	
Altura de muestra a ensayar : L (cm)	10,00	
Tiempo de descarga : t(seg)	75,15	
Volumen de agua descargada : V(cm3)	15,00	

CALCULOS:

Sección transversal de muestra : A (cm ²)	78,54	
Caudal aforado : Q (cm ³ /seg)	0,20	
Gradiente hidráulico	0,35	
Coefficiente de Permeabilidad: K (cm/seg)	1,04E-04	


Dr. Wilfredo R. Fernández Muñoz
INGENIERO CIVIL
CIP 26682



Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos.

Estudios Geológicos, Hidrológicos, Hidrogeológicos, Geotécnicos, de Impacto Ambiental y Análisis Químicos.

Resolución N° 014751 - 2005/OSD - INDECOPI
M. Sc. WILFREDO R. FERNÁNDEZ MUÑOZ
Ing. Civil C.I.P. 26682 Reg. de Consultor N° C2755.

ENSAYO DE PERMEABILIDAD - METODO PERMEAMETRO DE CARGA CONSTANTE

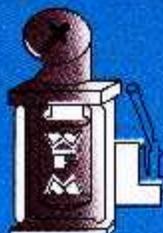
TESIS	: PERMEABILIDAD DEL SUELO CON ADICION DEL 10% DE CENIZA DE CONCHA DE ABANICO, CARRETERA CAMBIO PUENTE - CASCAJAL		
UBICACIÓN	: DISTRITO CHIMBOTE, PROVINCIA CHIMBOTE, DEPARTAMENTO ANCASH		
CALICATA	: 3- M - 3	PROFUNDIDAD	: 50 cm
FECHA	: JUNIO DEL 2017	PATRON	

CALICATAS	N° 03	
NUMERO DE ENSAYO	3	
Altura columna de agua : H (cm)	30,00	
Diámetro de muestra a ensayar : D (cm)	10,00	
Altura de muestra a ensayar : L (cm)	10,00	
Tiempo de descarga : t(seg).	75,15	
Volumen de agua descargada : V(cm3)	15,00	

CALCULOS:

Sección transversal de muestra : A (cm ²)	78,54	
Caudal aforado: Q (cm ³ /seg).	0,20	
Gradiente hidráulico	0,34	
Coefficiente de Permeabilidad: K (cm/seg)	1,08E-04	


Dr. Wilfredo R. Fernández Muñoz
INGENIERO CIVIL
CIP 26682



Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos.

Estudios Geológicos, Hidrológicos, Hidrogeológicos, Geotécnicos, de Impacto Ambiental y Análisis Químicos.

Resolución N° 014751 - 2005/OSD - INDECOPI
M. Sc. WILFREDO R. FERNÁNDEZ MUÑOZ
Ing. Civil C.I.P. 26682 Reg. de Consultor N° C2755.

ENSAYO DE PERMEABILIDAD - METODO PERMEAMETRO DE CARGA CONSTANTE

TESIS	: PERMEABILIDAD DEL SUELO CON ADICION DEL 10% DE CENIZA DE CONCHA DE ABANICO, CARRETERA CAMBIO PUENTE - CASCAJAL		
UBICACIÓN	: DISTRITO CHIMBOTE, PROVINCIA CHIMBOTE, DEPARTAMENTO ANCASH		
CALICATA	: 1- M - 1	PROFUNDIDAD	: 50 cm
FECHA	: JUNIO DEL 2017		EXPERIMENTAL

CALICATAS	N° 01	
NUMERO DE ENSAYO	1	
Altura columna de agua : H (cm)	30.00	
Diametro de muestra a ensayar : D (cm)	10.00	
Altura de muestra a ensayar : L (cm)	10.00	
Tiempo de descarga : t(seg).	75.15	
Volumen de agua descargada : V(cm ³)	15.00	

CALCULOS:

Seccion transversal de muestra : A (cm ²)	78.54	
Caudal observado: Q (cm ³ /seg).	0.20	
Gradiente hidraulico	0.70	
Coefficiente de Permeabilidad: K (cm/seg)	1.26E-05	


 Dr. Wilfredo R. Fernandez Muñoz
 INGENIERO CIVIL
 CIP 26682



Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos.

Estudios Geológicos, Hidrológicos, Hidrogeológicos, Geotécnicos, de Impacto Ambiental y Análisis Químicos.

Resolución N° 014751 - 2005/OSD - INDECOPI
M. Sc. WILFREDO R. FERNANDEZ MUÑOZ
Ing. Civil C.I.P. 26682 Reg. de Consultor N° C2755.

ENSAYO DE PERMEABILIDAD - METODO PERMEAMETRO DE CARGA CONSTANTE

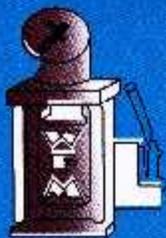
TESIS	: PERMEABILIDAD DEL SUELO CON ADICION DEL 10% DE CENIZA DE CONCHA DE ABANICO, CARRETERA CAMBIO PUENTE- CASCAJAL		
UBICACIÓN	: DISTRITO CHIMBOTE, PROVINCIA CHIMBOTE, DEPARTAMENTO ANCASH		
CALICATA	: 2- M - 2	PROFUNDIDAD	: 50 cm
FECHA	: JUNIO DEL 2017		EXPERIMENTAL

CALICATAS	N° 02	
NUMERO DE ENSAYO	2	
Altura columna de agua : H (cm)	30,00	
Diametro de muestra a ensayar : D (cm)	10,00	
Altura de muestra a ensayar : L (cm)	10,00	
Tiempo de descarga : t(seg)	75,15	
Volumen de agua descargada : V(cm ³)	15,00	

CALCULOS:

Sección transversal de muestra : A (cm ²)	78,54	
Caudal aforado: Q (cm ³ /seg)	0,20	
Gradiente hidráulico	0,88	
Coefficiente de Permeabilidad: K (cm/seg)	1,36E-06	


Dr. Wilfredo R. Fernandez Muñoz
INGENIERO CIVIL
CIP 26682



Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos.

Estudios Geológicos, Hidrológicos, Hidrogeológicos, Geotécnicos, de Impacto Ambiental y Análisis Químicos.

Resolución N° 014751 - 2005/OSD - INDECOPI
M. Sc. WILFREDO R. FERNÁNDEZ MUÑOZ
Ing. Civil C.I.P. 26682 Reg. de Consultor N° C2755.

ENSAYO DE PERMEABILIDAD - METODO PERMEAMETRO DE CARGA CONSTANTE

TESIS	: PERMEABILIDAD DEL SUELO CON ADICION DEL 10% DE CENIZA DE CONCHA DE ABANICO, CARRETERA CAMBIO PUENTE- CASCAJAL		
UBICACIÓN	: DISTRITO CHIMBOTE, PROVINCIA CHIMBOTE, DEPARTAMENTO ANCASH		
CALICATA	: 3- M - 3	PROFUNDIDAD	: 50 cm
FECHA	: JUNIO DEL 2017		EXPERIMENTAL

CALICATAS	N° 03	
NUMERO DE ENSAYO	3	
Altura columna de agua : H (cm)	30,00	
Diámetro de muestra a ensayar : D (cm)	10,00	
Altura de muestra a ensayar : L (cm)	10,00	
Tiempo de descarga : t(seg)	75,15	
Volumen de agua descargada : V(cm ³)	15,00	

CALCULOS:

Sección transversal de muestra : A (cm ²)	78,54	
Caudal aforado: Q (cm ³ /seg)	0,20	
Gradiente hidráulico	1,25	
Coefficiente de Permeabilidad: K (cm/seg)	1,48E-06	


Dr. Wilfredo R. Fernández Muñoz
INGENIERO CIVIL
CIP 26682

ANEXO N°04

ENSAYO DE COMPRESION NO CONFINADA

ENSAYO DE COMPRESION NO CONFINADA

TESIS: "PERMEABILIDAD DEL SUELO CON ADICION DEL 10% DE CENIZA DE CONCHA DE ABANICO, CARRETERA CAMBIO PUENTE – CASCAJAL".

SOLICITANTE: MARCIA TOLENTINO AREDO

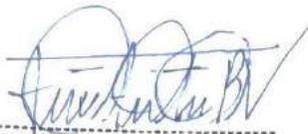
N° DE MUESTRAS: 15 MUESTRAS CILINDRICAS REMOLDEADAS - PATRON

TABLA 1. Resultados de muestras patrón a 7 días de conformado

CODIGO	ESFUERZO (Kg/cm ²)	DEFORMACION (%)
PATRON 1	0.69	0.73
PATRON 2	0.85	0.62
PATRON 3	0.63	0.58

TABLA 2. Resultados de muestras patrón a 14 días de conformado

CODIGO	ESFUERZO (Kg/cm ²)	DEFORMACION (%)
PATRON 1	0.63	0.82
PATRON 2	0.82	0.62
PATRON 3	0.52	0.58



Jorge Alejandro Barrantes Villanueva
ING. DE MATERIALES
R. CIP. N° 197384

N° DE MUESTRAS: 15 MUESTRAS CILINDRICAS REMOLDEADAS - EXPERIMENTALES

TABLA 3. Resultados de muestras experimentales a 7 días de conformado

CODIGO	ESFUERZO (Kg/cm2)	DESPLAZAMIENTO (%)
EXP 1	1.76	3.65
EXP 2	1.79	3.54
EXP 3	1.65	3.49

TABLA 4. Resultados de muestras experimentales a 14 días de conformado

CODIGO	ESFUERZA (Kg/cm2)	DESPLAZAMIENTO (%)
EXP 1	3.28	3.70
EXP 2	3.45	3.52
EXP 3	2.88	3.49



Jorge Alejandro Barrantes Villanueva
ING. DE MATERIALES
R. CIP. N° 197384

ANEXO N°05

ENSAYO DEL PH



**CORPORACIÓN DE LABORATORIOS DE ENSAYOS
CLÍNICOS, BIOLÓGICOS E INDUSTRIALES**

“COLECBI” S.A.C.

REGISTRADO EN LA DIRECCIÓN GENERAL DE POLÍTICAS Y DESARROLLO PESQUERO - PRODUCE

INFORME DE ENSAYO N° 3360-16

Pág. 1 de 1

SOLICITADO POR : **MARCIA TOLENTINO AREDO.**
DIRECCIÓN : **AA.HH. Los Angeles Santa.**
PRODUCTO DECLARADO : **ABAJO INDICADOS.**
CANTIDAD DE MUESTRA : **01 muestra**
PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA : **En bolsa de papel cerrada.**
FECHA DE RECEPCIÓN : **2016-10-25**
FECHA DE INICIO DEL ENSAYO : **2016-10-25**
FECHA DE TERMINO DEL ENSAYO : **2016-10-26**
CONDICIÓN DE LA MUESTRA : **En buen estado.**
ENSAYOS REALIZADOS EN : **Laboratorio de Físico Químico.**
CÓDIGO COLECBI : **SS 001876-16**

RESULTADOS

MUESTRA	ENSAYOS
	pH
Cenizas de Concha de Abanico	12,94

METODOLOGÍA EMPLEADA

pH : Potenciométrico.

NOTA:

- Informe de ensayo emitido en base a resultados realizados por COLECBI S.A.C.
- Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra ensayada.
- Estos resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce

Fecha de Emisión : **Nuevo Chimbote, Octubre 27 del 2016.**

DVY/jms

Denis M. Vargas Yepéz
Jefe de Laboratorio
Físico Químico
COLECBI S.A.C.



LC-MP-HRIE
Rev. 04
Fecha 2015-11-30

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE INFORME
SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DE COLECBI S.A.C.

Urb. Buenos Aires Mz. A - Lt. 7 | Etapa - Nuevo Chimbote - Telefax: 043-310752

Nextel: 839*2893 - RPM # 902995 - Apartado 127

e-mail: colecbi@speedy.com.pe / medioambiente_colecbi@speedy.com.pe

Web: www.colecbi.com



CORPORACIÓN DE LABORATORIOS DE ENSAYOS CLÍNICOS, BIOLÓGICOS E INDUSTRIALES

“COLECBI” S.A.C.

REGISTRADO EN LA DIRECCIÓN GENERAL DE POLÍTICAS Y DESARROLLO PESQUERO - PRODUCE

INFORME DE ENSAYO N° 3884-16

Pág. 1 de 1

SOLICITADO POR : MARCIA TOLENTINO AREDO.
DIRECCIÓN : Los Angeles S/N Santa.
PRODUCTO DECLARADO : ABAJO INDICADO
CANTIDAD DE MUESTRA : 02 muestras
PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA : En bolsa de polietileno.
FECHA DE RECEPCIÓN : 2016-11-28
FECHA DE INICIO DEL ENSAYO : 2016-11-28
FECHA DE TERMINO DEL ENSAYO : 2016-11-28
CONDICIÓN DE LA MUESTRA : En buen estado.
ENSAYOS REALIZADOS EN : Laboratorio de Físico Químico.
CÓDIGO COLECBI : SS 002144-16

RESULTADOS

MUESTRA	ENSAYOS
	pH
Concha de Abanico 8% + Suelo 92%	12,54
Suelo	8,27

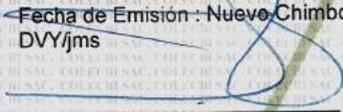
METODOLOGÍA EMPLEADA

pH : Potenciométrico.

NOTA:

- Informe de ensayo emitido en base a resultados realizados por COLECBI S.A.C.
- Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra ensayada.
- Estos resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce

Fecha de Emisión : Nuevo Chimbote, Noviembre 29 del 2016.
D.V.Y./jms


Denis M. Vargas Yepéz
Jefe de Laboratorio
Físico Químico
COLECBI S.A.C.



LC-MP-HRIE
Rev. 04
Fecha 2015-11-30

PROHIBIDA LA REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL DE ESTE INFORME
SIN LA AUTORIZACION ESCRITA DE COLECBI S.A.C.

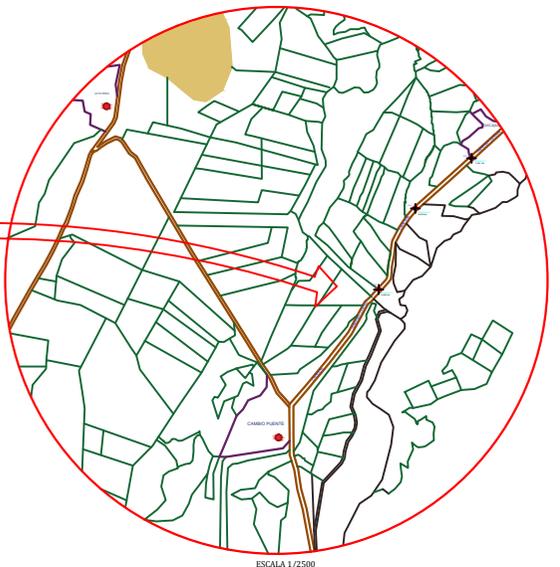
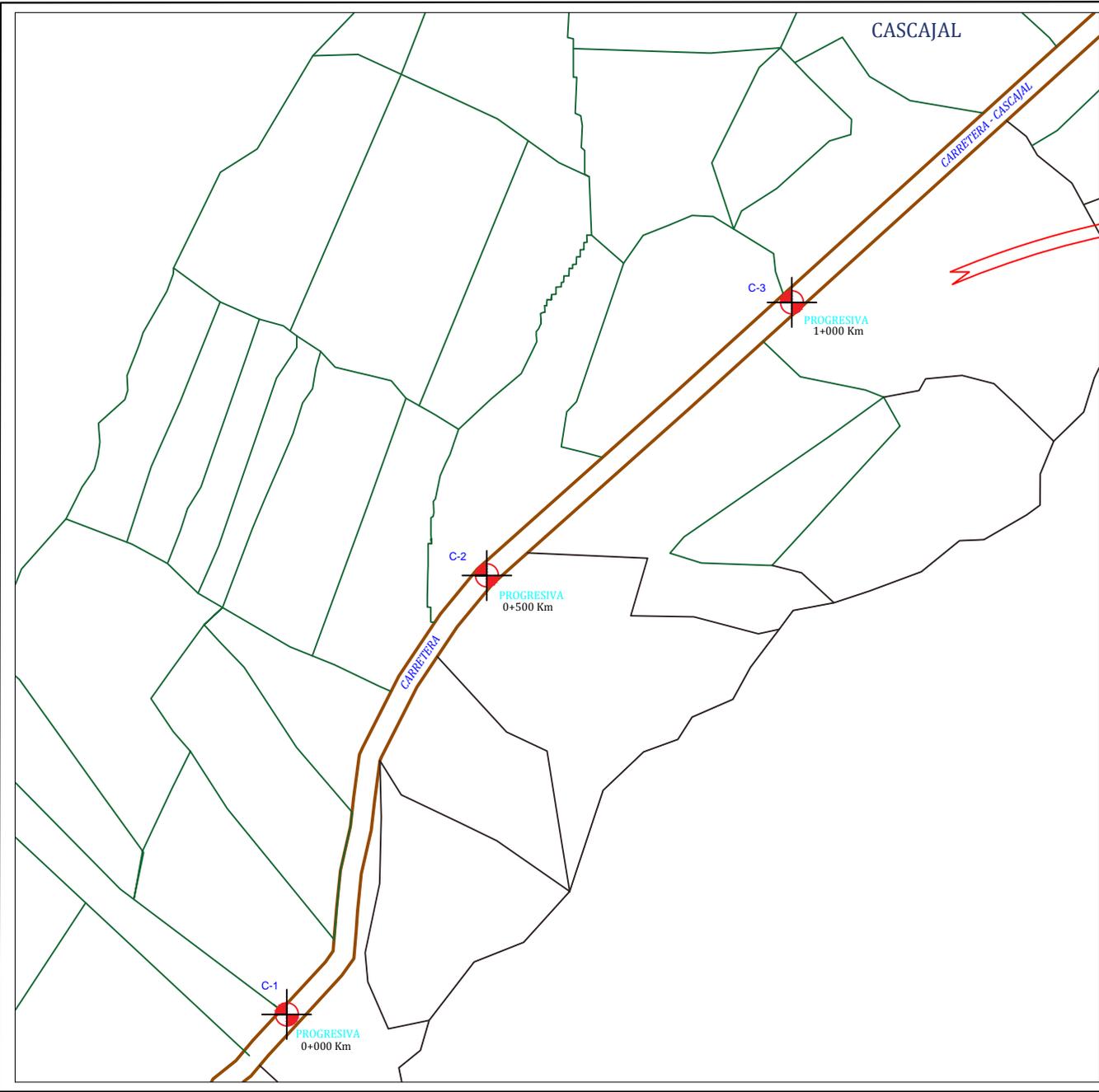
Urb. Buenos Aires Mz. A - Lt. 7 | Etapa - Nuevo Chimbote - Telefax: 043-310752

Nextel: 839*2893 - RPM # 902995 - Apartado 127

e-mail: colecbi@speedy.com.pe/ medioambiente colecbi@speedy.com.pe

ANEXO N°06

UBICACION



ESCALA 1/2500



TITULO: PERMEABILIDAD DEL SUELO CON ADICION DEL 10% DE CENIZA DE CONCHA DE ABANICO, CARRERA CAMBIO PUENTE - CASCAJAL".		
PLANO: UBICACION - CALICATA (1Km)	DEPARTAMENTO: ANCASH	Nº DE LAMINA
ASESOR: ING. ROGELIO CASTAÑEDA CAMPOS	PROVINCIA: DEL SANTA	1
AUTOR: BACH. MARCIA TOLENTINO AREDO	DISTRITO: CHIMBOTE	
FECHA: FEBRERO - 2018	ESCALA: 1/150	UBICACION: CARRERA CAMBIO PUENTE - CASCAJAL

ANEXO N°07

PANEL FOTOGRAFICO

Tratamiento de las materias primas



Foto 1. Se muestra las materias primas, recolectadas de la cantera de Samanco.



Foto 2. Se observa la calicata, donde se recogió la muestra para los ensayos.



Foto 3. Se muestra la recopilación de las conchas de abanico.



Foto 4. Se muestra las conchas de abanico seleccionadas.



Foto 5. Se observa el pre- quemado de las conchas de abanico, en briqueta.



Foto 6. Se muestra los resultados de la pre-calcinación, de las conchas de abanico.



Foto 7. Se observa el traslado de las cenizas de las conchas de abanico, a 900°C por 4h en la mufla de la UNT.



Foto 8. El siguiente paso se observa, el tamizado por medio de la tela organza.



Foto 9. Se observa el tamizado de las cenizas con la malla #200, en el laboratorio de la USP.



Foto 10. Observamos el empaquetado de las cenizas de concha de abanico.



Foto 11. Se observa las cenizas de concha de abanico, convertido en Oxido de Calcio, como último paso se procedió a pesar.



Foto 12. Se observa las calicatas de la carretera de Cascajal.

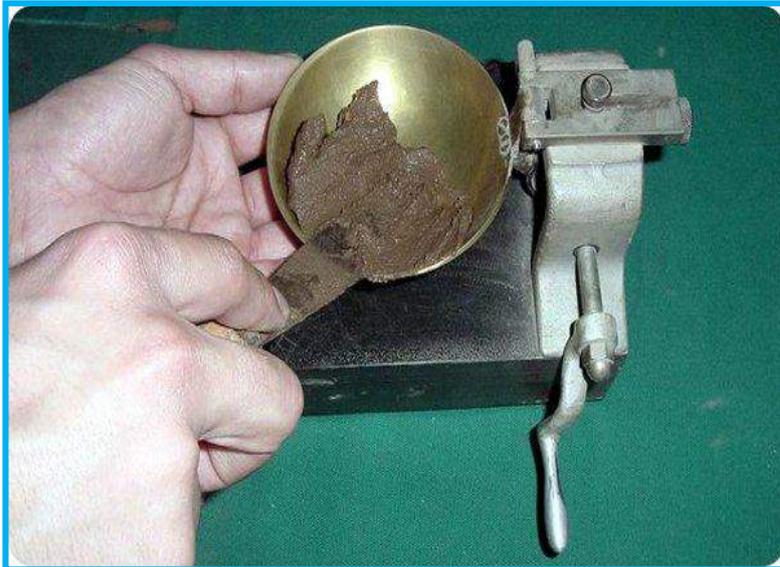


Foto 13. Se muestra el ensayo de Limite Liquido para el ensayo de Permeabilidad por el método de Permeámetro de Carga Constante



Foto 14. Se observa el ensayo Plástico realizado en el laboratorio de Suelos- Cajamarca.

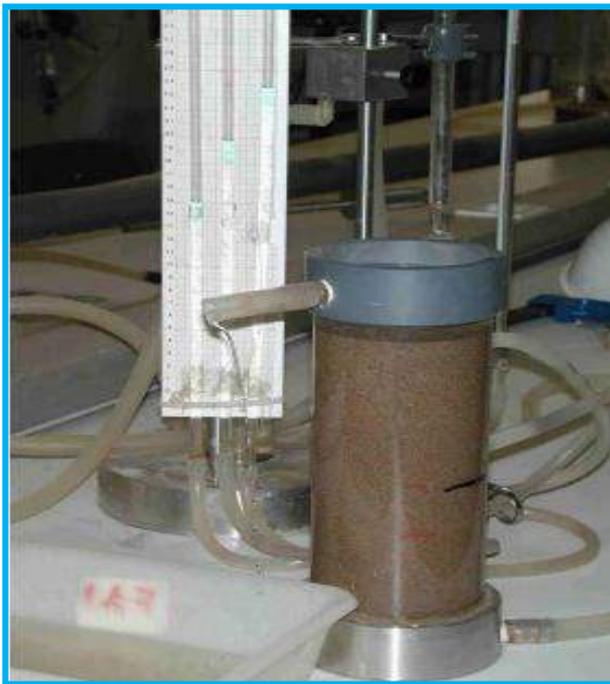


Foto 15. Se realizó el ensayo de Permeabilidad por el Método de Permeámetro de Carga Constante - Cajamarca, como en la imagen que se observa.



Foto 16. Se observa al Ing. Wilfredo Fernández Muñoz, en el laboratorio de Mecánica de suelos, Concreto y Pavimentos –Cajamarca, y la presencia de mi persona Bach. Marcia Tolentino Aredo. Para la realización del ensayo de Permeámetro de Carga Constante en suelos.



Foto 17. Se observa las calicatas para sus respectivos ensayos.



Foto 18. Se muestra el secado y peso de las muestras en las taras, para el ensayo de Paredes No Confinadas, en el laboratorio de Cerámicos y Suelos en la UNT.



Foto 19. Se observa el pesaje de las taras, y golpes de las muestras cilíndricas - Ensayo de Paredes no confinadas, en el laboratorio de Cerámicos y Suelos.



Foto 20. Se observa las muestras cilíndricas remoldeadas - Ensayo Compresion no confinadas.



Foto21. Se observa la muestra Cilíndrica a los 7 y 14 días desmoldadas.



Foto 22. Se observa la muestra cilíndrica remodelada, en el cual consiste en comprimir la muestra, que va midiendo la deformación y la carga aplicada a través del tiempo.



Foto 23. Se observa la rotura de las muestras cilíndricas remoldeadas, para ver los resultados de esfuerzo y desplazamiento por el método de Paredes No confinadas.



Foto 24. Se observa al Ing. Jorge Barrantes Villanueva, y mi persona Marcia Tolentino A., en el laboratorio de Cerámicos y Suelos, UNT encargado del laboratorio, con su ayuda se realizó las roturas para cada probeta cilíndrica de los 7 y 14 días, por el método de Paredes no Confinadas.