



FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON ADITIVOS QUÍMICOS PARA DISMINUIR LA INFILTRACIÓN DEL AGUA EN LA CAPA GRANULAR DE UN PAVIMENTO ECONÓMICO

Línea de investigación:

**Desarrollo urbano-rural, catastro, prevención de riesgos, hidráulica y
geotecnia**

Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil

Autora:

Romero Villajuan, Issa Militsa

Asesor:

Pumaricra Padilla, Raul Valentin
(ORCID: 0000-0002-7037-4396)

Jurado:

Tello Malpartida, Omart Demetrio
Aybar Arriola, Gustavo Adolfo
Tabory Malpartida, Gustavo Augusto

Lima - Perú

2022

Referencia:

Romero, I. (2022). *Estabilización de suelos con aditivos químicos para disminuir la infiltración del agua en la capa granular de un pavimento económico*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Federico Villarreal]. Repositorio Institucional UNFV.
<http://repositorio.unfv.edu.pe/handle/UNFV/5727>



Reconocimiento - No comercial - Sin obra derivada (CC BY-NC-ND)

El autor sólo permite que se pueda descargar esta obra y compartirla con otras personas, siempre que se reconozca su autoría, pero no se puede generar obras derivadas ni se puede utilizar comercialmente.

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



Universidad Nacional
Federico Villarreal

VRIN | VICERRECTORADO
DE INVESTIGACIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON ADITIVOS QUÍMICOS
PARA DISMINUIR LA INFILTRACIÓN DEL AGUA EN LA CAPA
GRANULAR DE UN PAVIMENTO ECONÓMICO

Línea de investigación:

Desarrollo urbano-rural, catastro, prevención de riesgos, hidráulica y geotecnia

Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil

Autor(a)

Romero Villajuan, Issa Militsa

Asesor(a)

Pumaricra Padilla, Raul Valentin

(ORCID: 0000-0002-7037-4396)

Jurado

Tello Malpartida, Omart Demetrio

Aybar Arriola, Gustavo Adolfo

Tabory Malpartida, Gustavo Augusto

Lima – Perú

2022

Dedicatoria

A mis padres por su apoyo incondicional y ser un ejemplo de lucha constante. A mi hermano por ser mi motivo para seguir esforzándome y a mi abuela por darme todo su cariño.

Agradecimiento

A Dios por darme salud y permitirme seguir adelante con mis objetivos.

A mis padres, quienes han sido los pilares fundamentales en mi vida y quienes me han brindado su mayor apoyo durante todo este tiempo.

Al Ing. Juan Sánchez Guando, por impartirme sus conocimientos a lo largo de mi carrera universitaria y por sus consejos que me han impulsado a continuar aprendiendo sobre la rama de Mecánica de Suelos y Pavimentos.

Al Ing. Aldo Mucha Mallaupoma, por su tiempo y apoyo durante el desarrollo de los ensayos de laboratorio.

Al Ing. Raúl Pumaricra Padilla, por apoyarme como asesor de tesis y guiarme durante el desarrollo de esta investigación.

A mis amigos quienes me han compartido información que me ha servido de gran ayuda.

ÍNDICE

Resumen.....	13
Abstract.....	14
I. INTRODUCCIÓN.....	15
1.1. Descripción y formulación del problema.....	17
1.1.1. Descripción del problema.....	17
1.1.2. Formulación del problema.....	18
1.2. Antecedentes	18
1.3. Objetivos.....	25
1.3.1. Objetivo general	25
1.3.2. Objetivos específicos.....	25
1.4. Justificación.....	25
1.5. Hipótesis	26
1.5.1. Hipótesis general	26
1.5.2. Hipótesis específicas	26
II. MARCO TEÓRICO	27
2.1. Bases teóricas sobre el tema de investigación.....	27
2.1.1. Redes viales.....	27
2.1.2. Conservación vial	28
2.1.3. Solución Básica	29

2.1.4. Estabilización de suelos.....	35
2.1.5. Tipos de estabilización	36
2.1.6. Estabilización suelo-cemento	38
2.1.7. Estabilización con aditivo químico organosilano	40
2.1.8. Estabilización con aditivo químico aceite sulfonado	43
2.1.9. El agua en la estructura del camino.....	44
2.1.10. El camino como un medio poroso	51
2.1.11. Succión.....	53
2.1.12. Capilaridad.....	55
2.1.13. Método de medición de la absorción del agua por capilaridad en base a la norma UNE-EN 1925	60
2.1.14. Flujo de agua en medio poroso	61
2.1.15. Permeabilidad en suelos.....	64
2.1.16. Método de medición de la conductividad hidráulica con pared flexible....	69
III. MÉTODO.....	71
3.1. Tipo de investigación	71
3.2. Ámbito temporal y espacial	72
3.3. Variables.....	73
3.3.1. Variable dependiente	73
3.3.2. Variable independiente.....	74
3.4. Población y muestra	75

3.4.1. Población	75
3.4.2. Muestra.....	75
3.5. Instrumentos	75
3.5.1. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	75
3.5.2. Validación de los instrumentos por juicio de expertos.....	76
3.6. Procedimientos.....	76
3.6.1. Diseño de ingeniería.....	76
3.6.2. Procedimientos	78
3.6.3. Procesamiento de datos	102
3.7. Análisis de datos	102
IV. RESULTADOS.....	104
4.1 Descripción del caso.....	104
4.1.1 Caracterización del suelo natural.....	104
4.1.2 Estabilización de suelos.....	106
4.1.3 Cantidad de componentes para ensayo de capilaridad	108
4.1.4 Altura capilar del agua	110
4.1.5 Absorción de agua.....	112
4.1.6 Absorción capilar de agua	114
4.1.7 Cantidad de componentes para ensayo de permeabilidad de pared flexible	115
4.1.8 Saturación de la muestra.....	117
4.1.9 Etapa de Consolidación	118

4.1.10	Medición de la conductividad hidráulica	118
V.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	124
VI.	CONCLUSIONES.....	130
VII.	RECOMENDACIONES.....	132
VIII.	REFERENCIAS	133
IX.	ANEXOS	139

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Red vial nacional pavimentada al 2021	21
Figura 2 Estado de las Redes Viales a fines del año 2017	28
Figura 3 Diferenciación entre caminos sin pavimentar y caminos con solución básica	30
Figura 4 Sección transversal de un pavimento económico	32
Figura 5 Proceso de impermeabilización del suelo con aditivo químico organosilano	41
Figura 6 Modelo conceptual de balance hídrico en el pavimento – sistema de terraplén	45
Figura 7 Diagrama esquemático que muestra el ingreso del agua en la capa del pavimento de la vía	46
Figura 8 Modelo conceptual de la relación entre el camino y el agua subterránea	50
Figura 9 Presión del agua en reposo.....	51
Figura 10 Diagrama trifásico de un elemento instaurado de agregados.....	52
Figura 11 Equilibrio mecánico de fuerzas dentro del tubo capilar.....	56
Figura 12 Formación de los meniscos.....	57
Figura 13 Fases de un suelo cuando ocurre la ascensión capilar	58
Figura 14 Ascensión capilar de acuerdo con el radio del menisco	59
Figura 15 Movimiento del agua por capilaridad en diferentes tipos de suelos	60
Figura 16 Trayectoria de las partículas de agua en régimen laminar y turbulento.....	62
Figura 17 Pérdida de carga cuando el agua fluye a través de un medio poroso.....	63
Figura 18 Zona de estudio.....	72
Figura 19 Diseño de ingeniería	76
Figura 20 Muestreo en campo.....	78
Figura 21 Proceso de compactación de la muestra natural	81
Figura 22 Aditivo químico organosilano	84
Figura 23 Aditivo químico aceite sulfonado	84
Figura 24 Cemento portland.....	85

Figura 25 Proceso de mezcla y compactación para suelo – aditivo químico organosilano.....	86
Figura 26 Proceso de mezcla y compactación para suelo – aditivo químico aceite sulfonado	86
Figura 27 Proceso de mezcla y compactación para suelo – cemento portland	89
Figura 28 Ascensión capilar del agua en el suelo natural y estabilizado con aditivo químico	91
Figura 29 Medición de incremento de peso de cada testigo estabilizado.....	93
Figura 30 Medición de altura capilar de cada testigo estabilizado.....	93
Figura 31 Colocación y compactación de la muestra.....	95
Figura 32 Retiro del molde y peso del espécimen compactado	95
Figura 33 Montaje del espécimen en la celda del permeámetro	96
Figura 34 Llenado de agua desairada en la celda del permeámetro	97
Figura 35 Etapa de saturación de la muestra.....	98
Figura 36 Etapa de consolidación de la muestra	100
Figura 37 Medición de la conductividad hidráulica.....	101
Figura 38 Desmontaje de la muestra	102
Figura 39 Curva granulométrica de la muestra C-1	104
Figura 40 Altura de ascensión de agua por capilaridad.....	111
Figura 41 Absorción de agua por cada tipo de estabilización	113
Figura 42 Gráfico de absorción de agua por cada tipo de estabilización	113
Figura 43 Comportamiento de absorción capilar de agua con respecto al tiempo.....	115
Figura 44 Variación de volumen de agua de Contra Presión con respecto al tiempo – Suelo Natural	118
Figura 45 Conductividad hidráulica – Suelo Natural.....	121
Figura 46 Conductividad hidráulica – Suelo cemento	121
Figura 47 Conductividad hidráulica – Suelo aditivo químico organosilano	122
Figura 48 Conductividad hidráulica – Suelo aditivo aceite sulfonado.....	122
Figura 49 Absorción capilar al quinto día.....	126

Figura 50 Alturas de ascensión capilar al quinto día.....	126
Figura 51 Coeficiente de permeabilidad	128
Figura 52 Tamizado de la muestra	142
Figura 53 Ensayo de Análisis granulométrico y lavado de la muestra	143
Figura 54 Ensayo de Límite Líquido y Límite Plástico	144
Figura 55 Ensayo de Proctor Modificado	144
Figura 56 Ensayo de Capilaridad	145
Figura 57 Preparación y compactación de la muestra para Ensayo de Permeabilidad	146
Figura 58 Saturación de la muestra	147
Figura 59 Consolidación de la muestra.....	148
Figura 60 Medición de la conductividad hidráulica.....	148

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Resultados de permeabilidad.....	22
Tabla 2 Capilaridad y permeabilidad con aditivo Con Aid	23
Tabla 3 Especificaciones técnicas de tipos de estabilizadores y parámetros.....	33
Tabla 4 Tipos de estabilizadores y su aplicación según región.....	34
Tabla 5 Clasificación de aditivos no-tradicionales.....	38
Tabla 6 Rango de dosificación para Estabilización Suelo-Cemento	39
Tabla 7 Pérdida Máxima de acuerdo al tipo de suelo.....	40
Tabla 8 Dosificación de componentes para estabilización con aditivo químico organosilano.....	43
Tabla 9 Rango de valores de conductividad hidráulica (cm/s).....	65
Tabla 10 Dosificaciones utilizadas para suelo-aditivo químico	83
Tabla 11 Rango de cemento empleado según la clasificación de suelos.....	88
Tabla 12 Rangos de pérdida de peso de la muestra compactada (Humedecimiento – Secado).	90
Tabla 13 Propiedades índice de las muestras de campo	105
Tabla 14 Proctor modificado y valor de CBR	106
Tabla 15 Resultados de las estabilizaciones con los aditivos químicos	106
Tabla 16 Resultados de compresión simple en la estabilización suelo-cemento.....	107
Tabla 17 Resultados del humedecido-secado en la estabilización suelo-cemento	107
Tabla 18 Datos geométricos del molde	108
Tabla 19 Cantidad de muestra seca para ensayo de capilaridad.....	108
Tabla 20 Cantidad de cemento para ensayo de capilaridad.....	109
Tabla 21 Cantidad de aditivo y agua para ensayo de capilaridad.....	110
Tabla 22 Alturas de ascensión capilar del agua con respecto al tiempo.....	110
Tabla 23 Absorción de agua con respecto al tiempo	112
Tabla 24 Absorción capilar de agua con respecto al tiempo	114

Tabla 25 Datos geométricos del molde	115
Tabla 26 Cantidad de muestra seca para ensayo de permeabilidad.....	116
Tabla 27 Cantidad de cemento para ensayo de permeabilidad.....	116
Tabla 28 Cantidad de aditivo y agua para ensayo de permeabilidad.....	117
Tabla 29 Resultados de parámetro B.....	117
Tabla 30 Conductividad hidráulica y corrección por viscosidad en relación al tiempo: Suelo natural	118
Tabla 31 Conductividad hidráulica y corrección por viscosidad en relación al tiempo: Suelo-cemento	119
Tabla 32 Conductividad hidráulica y corrección por viscosidad en relación al tiempo: Suelo-aditivo químico organosilano	119
Tabla 33 Conductividad hidráulica y corrección por viscosidad en relación al tiempo: Suelo-aditivo químico aceite sulfonado.....	120
Tabla 34 Resultados finales de conductividad hidráulica	123
Tabla 35 Grado de permeabilidad de suelos estabilizados	129

Resumen

En esta investigación se evalúa la variación de la infiltración del agua a través de los métodos de capilaridad y permeabilidad en los materiales estabilizados con aditivos químicos de mayor uso en el país, para la construcción de la capa granular que conforma el pavimento económico. Para el ensayo de capilaridad se tomó como referencia la norma española UNE-EN 1925 “Determinación del coeficiente de absorción de agua por capilaridad”, y en caso del ensayo de permeabilidad se usó la norma ASTM D5084 “Medición de la conductividad hidráulica de poros saturados - Materiales que utilizan un permeámetro de pared flexible”. Asimismo, se empleó la Norma Técnica Peruana (NTP) para determinar las características principales de la muestra. Los resultados obtenidos en el ensayo capilar indican que el aditivo estabilizador que mejor conducta tuvo en el proceso de impermeabilización de los materiales, fueron el cemento y el aditivo químico organosilano; estos lograron reducir la absorción capilar del agua en un 55% y 79% respectivamente en relación con el suelo natural. Por su lado el aditivo aceite sulfonado redujo solo el 3% de la absorción capilar. De manera similar sucede en el ensayo de permeabilidad medido a través del coeficiente de permeabilidad (k); en la estabilización con aditivo químico organosilano; se obtuvo un valor de $K = 8.30E-08$ cm/s, en la estabilización con cemento $K = 1.12E-05$ cm/s y finalmente, en la estabilización con el aditivo químico aceite sulfonado resultó el valor de $K = 6.15E-06$ cm/s. Por lo tanto, se puede afirmar que además de obtener una mayor resistencia, durabilidad y estabilidad en la capa granular estabilizada con cemento o aditivo químico organosilano, esta mejorará sus propiedades de impermeabilización frente al agua.

Palabras clave: capilaridad, permeabilidad, coeficiente de capilaridad, pavimento económico.

Abstract

This research evaluates the variation of water infiltration through capillarity and permeability methods in stabilized materials with chemical additives most widely used in the country, for the construction of the granular layer that makes up the basic pavement. For the capillary test, the Spanish standard UNE-EN 1925 “Determination of the water absorption coefficient by capillarity” was taken as a reference, and in the case of the permeability test, the ASTM D5084 standard “Measurement of the hydraulic conductivity of saturated pores was used. - Materials that use a flexible wall permeameter”. Likewise, the Peruvian Technical Standard (NTP) was used to determine the main characteristics of the sample. The results obtained in the capillary test indicate that the chemical additive with the best performance in the waterproofing process of the materials was cement and the chemical additive organosilane; these managed to reduce the capillary absorption of water by 55% and 79% respectively in relation to natural soil. On the other hand, the anionic chemical additive reduced only 3% of capillary absorption. In a similar way it happens in the permeability test measured through the permeability coefficient (k); in stabilization with organosilane chemical additive; A value of $K = 8.30E-08$ cm / s was obtained, in the stabilization with cement $K = 1.12E-05$ cm / s and finally, in the stabilization with the chemical additive sulfonated oil the value of $K = 6.15E-06$ resulted cm / s. Therefore, it can be stated that in addition to obtaining greater strength, durability and stability in the granular layer stabilized with cement or organosilane chemical additive, it will improve its waterproofing properties against water.

Keywords: capillarity, permeability, capillary coefficient, permeability coefficient, economic pavement.

I. INTRODUCCIÓN

Las carreteras por su longitud entran en contacto con las diferentes formas y lugares en la que se encuentra el agua ya sea por la escorrentía proveniente de las precipitaciones pluviales, aguas internas que se encuentran en el entorno cercano de la carretera o aguas remotas que se encuentran distantes, pero atraviesan las carreteras como ríos o flujos de aguas subterráneas.

Las carreteras no pavimentadas en las zonas más alejadas del Perú, sobre todo en los lugares más lluviosos, se tornan más sensibles a las deformaciones bajo las cargas del tráfico. Es por ello que han surgido diversas técnicas para impedir o tratar de reducir en lo más mínimo posible este suceso. Entre las más empleadas actualmente se encuentra la estabilización, que no solo se encarga de otorgarle a los materiales la mayor resistencia posible para soportar la carga vehicular, sino que también convierte a estos materiales que inicialmente no cumplen con los requerimientos necesarios para ser usados, en materiales con particulares propiedades como el de la impermeabilización.

En el país se ha formado una política por el ministerio encargado para efectos de mantenimiento de carreteras, en el cual ya no se hace uso de afirmados sino se emplea un sistema que consiste en estabilizar capas granulares empleando sustancias químicas, como son el cemento, emulsión asfáltica y productos químicos en estado líquido. Esta nueva estructura toma como nombre solución básica o pavimento económico, diseñado para aumentar la vida útil de la vía, donde se emplean materiales granulares no estandarizados, que serán compactados y formarán la capa granular estabilizada sobre la cual se puede o no aplicar un recubrimiento bituminoso.

Los aditivos estabilizadores empleados en la presente investigación fueron seleccionados por ser comúnmente empleado en diferentes proyectos viales y su eficaz conducta en el aumento de la resistencia de las capas granulares de un pavimento, los cuales son el cemento, como una

sustancia o aditivo químico en estado sólido y los aditivos químicos en estado líquido, como los compuestos por organosilanos y aceites sulfonados. Si bien existe una variedad de información con respecto al mejoramiento y durabilidad de la resistencia de los suelos granulares, no hay mucha investigación, sobre todo en el país, a cerca del comportamiento que los suelos estabilizados presentan cuando entran en contacto con el agua.

Una prueba que permite analizar el transporte del agua capilar a través de la capa granular de un pavimento económico es el de la capilaridad, que es una característica hidráulica de un material poroso para absorber y transferir el agua por succión. La medición de la transmisión del agua viene dada por la absorción capilar y la altura de ascensión capilar.

Adicionalmente se analizó la permeabilidad del material estabilizado cuantificado por medio del parámetro de la conductividad hidráulica. La prueba de permeabilidad se trabajó en estado saturado del suelo condicionado a un permeámetro de pared flexible dentro del cual se aplican presiones dentro de un sistema hidráulico.

Esta investigación se basa principalmente en realizar comparaciones de testigos de un tipo de suelo estabilizado con sustancias químicas frente a un testigo compactado en estado natural, para poder así comparar en qué cantidad o porcentaje los parámetros de medida presentan variaciones, ya que es importante conocer la repercusión que se tiene del flujo del agua dentro de la estructura interna de un pavimento económico, porque nos permite anticiparnos a la posible pérdida de capacidad portante y la generación de hundimientos y/o asentamientos de las carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito.

1.1. Descripción y formulación del problema

1.1.1. Descripción del problema

Con el paso de los años el Estado Peruano a través de Provías Nacional del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) se ha visto en la necesidad de mejorar las vías en mal estado ocasionados por el clima, la temperatura y el incremento del tráfico, para brindar mejores servicios viales a los usuarios.

El principal problema tanto en las zonas alto andinas como en la selva y el norte del país son las altas precipitaciones que existen sobre todo durante épocas de lluvia, en las estaciones de verano aproximadamente entre los meses de enero y marzo; esto conlleva a que se sature la parte interna del pavimento y genere problemas de erosión o inundación sobre las capas granulares de las carreteras ya sea por capilaridad mediante la tensión superficial o la permeabilidad que van a depender principalmente de las características que presente el material, lo que provoca la reducción de la resistencia del pavimento.

Si bien el pavimento básico es una buena alternativa con favorables efectos ambientales y sociales pues no contiene una capa protectora sobre su superficie que asegure totalmente una reducción del impacto del agua, sobre todo si no existe en el proyecto vial un adecuado diseño de drenaje y su buen funcionamiento, pues por naturaleza de los materiales que conforman el terraplén, un incremento de agua ocasionaría el colapso y deformaciones de las vías no asfaltadas.

A medida que iba pasando el tiempo, el estado peruano ha ido incrementando el presupuesto para la ejecución de esta nueva estructura que funciona como solución básica para el mantenimiento de los proyectos viales rurales; sin embargo, hasta el momento no se ha visto muchos estudios sobre acerca del comportamiento que estas alternativas de pavimentación no convencionales tienen frente al impacto del agua.

1.1.2. Formulación del problema

1.1.2.1. Pregunta general

¿En qué medida el uso de agentes estabilizadores reduce la infiltración del agua en la capa granular de un pavimento económico?

1.1.2.2. Preguntas específicas

- ¿El uso de agentes estabilizadores reduce eficazmente la absorción capilar del agua en la capa granular de un pavimento económico?
- ¿El uso de agentes estabilizadores reduce eficazmente la ascensión capilar del agua en la capa granular de un pavimento económico?
- ¿El uso de agentes estabilizadores reduce eficazmente la permeabilidad de la capa granular del pavimento económico?

1.2. Antecedentes

Han pasado muchos años desde que los romanos comenzaron la construcción de sus caminos y que hasta hoy en día existen pruebas de la durabilidad y adecuado sistema de drenaje que estas tuvieron con el paso del tiempo; sin embargo, no se ha llegado a avanzar en cuanto al estudio de los fundamentos que los romanos utilizaron en el proceso constructivo de sus vías. Hasta que, científicos como Terzagui, McAdam, Metcalf y Telford tuvieron importantes aportes en la construcción de carreteras tomando como principio la necesidad de mantener los suelos secos. Las ideas introducidas acerca del drenaje que debe presentar un camino fueron realmente significativos; tal es el caso del ingeniero británico John McAdam, quien introdujo en su sistema de construcción de carreteras la colocación de una capa de material granular triturado sobre su cimiento para asegurar de que el agua fluya correctamente sin alterar la estructura interna del camino. Por su parte el ingeniero Thomas Telford, diseñaba los pavimentos con una ligera

pendiente para que el agua pueda fluir hacia sus bordes. Entre los mencionados también se encuentra el ingeniero Pierre-Marie-Jérôme, quien además de reducir los espesores del pavimento, se encargaba de bombear cada capa considerando como punto más alto el centro del camino (Bañon y Beviá, 2000).

El agua reduce la capacidad de servicio de una carretera; a través de las zanjas, bermas, alcantarillas y terraplenes que resultan dañadas, así como las grietas en la superficie, que pueden facilitar el estancamiento del agua para luego filtrarse hacia la base, saturándolo y debilitando esta la estructura de la vía (Sunley, 1996). Así lo afirma la Berkshire Regional Planning Commission (2001), quienes mencionan que en carreteras sin pavimentar el 80% de los problemas que surgen en las carreteras pueden ser atribuidos a la presencia del agua, aunque no sea mala en su totalidad, este factor aumenta la desintegración y erosión de la superficie, reduce la capacidad de carga y conlleva al depósito de sedimentos.

Nuevas técnicas de mejoramientos de suelos para redes viales tuvieron como pioneros a Estados Unidos y algunos países de Europa, quienes se encargaron de diversos estudios de laboratorio para definir métodos de ensayo y poder establecer las primeras especificaciones técnicas en estabilizaciones de suelos. Durante los años 50, la estabilización de suelos se basaba principalmente en el empleo de suelos granulares con baja cantidad de finos y sin el requerimiento de algún tipo de estabilizador, extendido su uso a vías secundarias o de baja intensidad de tráfico. No es hasta los años 70 que el enfoque se centra en la capacidad de soporte de las explanadas a raíz del crecimiento del tráfico y además se empieza a considerar el medio ambiente. Actualmente, se emplean agentes estabilizadores que además de incrementar las características de resistencia y durabilidad del material, se encargan de su resistencia frente a la acción del agua (Soza y Bustamante, 2003).

La estabilización suelo cemento, una de las más empleadas, tiene una aplicación muy sencilla ya que no se necesita ningún equipo especial de construcción. Además, se puede emplear en la gran mayoría de los suelos, excepto los que presentan alto contenido orgánico. Entre las facultades que otorga al material, además de mejorar su resistencia, es la de impermeabilizar el material, protegiéndolo de la erosión del agua (Huezo y Orellana, 2009)

El aditivo Con-Aid muy empleado en Brasil, fue creado en la década de los 70 con la finalidad de impermeabilizar y aumentar la resistencia al cizallamiento de las partículas de arcilla presentes en el suelo, las cuales son las responsables del cúmulo de agua que influye principalmente en la resistencia del mismo. La función operativa del aditivo en mención es de eliminar el agua adsorbida en la superficie de las partículas de arcilla e impermeabilizarlas (Savage, 2011).

Según Rodríguez (2016), además de la estabilización mecánica, existen nuevas formas de estabilizar un material, empleando aditivos químicos. Según el autor en los últimos años en el mercado existe un producto con mucho auge en varios países como es el Terrasil, basado en estabilización de suelos con nanotecnología que actúa en contacto con el agregado de tal forma que ayuda a repeler el agua evacuándolo en forma de evaporación.

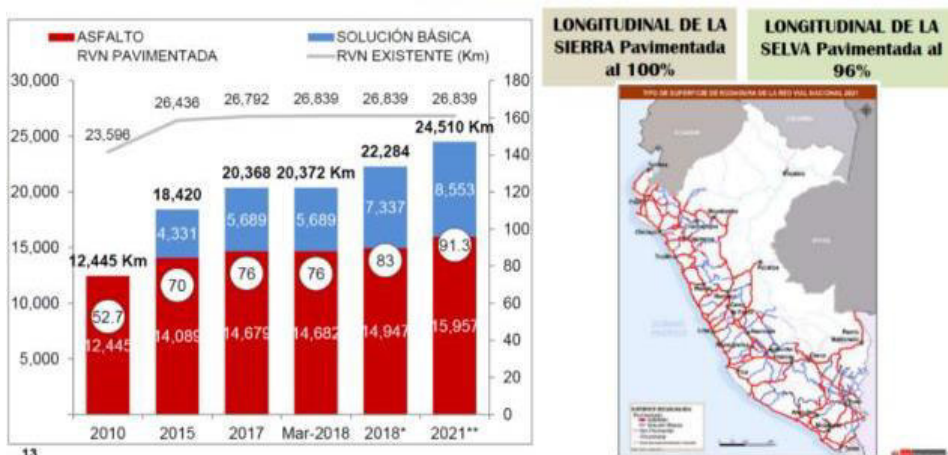
En 2015, en Perú se aprueba el Documento Técnico “Soluciones Básicas en carreteras No Pavimentadas” que tiene como finalidad establecer los procedimientos necesarios y las especificaciones técnicas para la aplicación adecuada de las soluciones básicas en las carreteras no pavimentadas, logrando de esa forma prolongar la vida útil de la vía de 5 a 10 años a través de la estabilización de la capa de afirmado además de la reducción del costo de mantenimiento.

En el informe Visión de Desarrollo de la Infraestructura Vial, se da a conocer el crecimiento de inversión financiera en la conservación de vías y que esta ha ido de la mano con la intervención

de soluciones básicas. El reporte indica que para el año 2021, se proyecta la construcción de 8,553 km de solución básica o pavimento económico (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018).

Figura 1

Red vial nacional pavimentada al 2021



Fuente: Visión de Desarrollo de la Infraestructura Vial (MTC), 2018.

Alarcón y Alva (1999), en la investigación “Ensayos de Permeabilidad de materiales de baja permeabilidad compactados”, tiene como objetivo la evaluación de la conductividad hidráulica de material procedente de sondajes en la cantera Pomacocha, destinados para la construcción de estructuras hidráulicas. En este estudio presentado al XII Congreso Nacional de Ingeniería Civil, se muestran valores de permeabilidad de muestras remoldeadas y ensayadas en un permeámetro de pared flexible. En la tabla 2, se muestra los resultados de permeabilidad para distintos tipos de clasificación de suelos, donde se puede observar que para materiales más finos la conductividad hidráulica (k) es menor que en materiales con partículas más gruesas.

Tabla 1*Resultados de permeabilidad*

CANTERA O SONDAJE	CLASIFICACIÓN SUCS	K (20°C) (cm/s)
CP-1	GC	2.7×10^{-7}
CP-2	CL	1.2×10^{-7}
CP-3	GC	4.6×10^{-7}
CP-4	GC	2.3×10^{-7}
CP-5	GC	4.3×10^{-7}
CP-6	GC	2.7×10^{-7}
CANTERA	SC	1.2×10^{-7}
CANTERA	SC	1.3×10^{-7}

Fuente: Alarcón, Y. y Alva, J. (1999)

Sangama y Morales (2018), en la investigación “Conservación de superficie de rodadura utilizando el aditivo CON-AID SÚPER en la carretera departamental tramo: EMP. SM-100 – Alto Roque – Buena Vista, Km 6+000 al Km 6+800. Distrito de San Martín de Alao – Provincia del Dorado – San Martín”, tiene como objetivo reducir los efectos de plasticidad del material granular que forma parte de la base de la carretera en el cual se apoya esta investigación. Como parte del análisis de mejoramiento de las propiedades del terreno, se realizaron los ensayos de capilaridad y permeabilidad del material granular estabilizado con aditivo químico Con-Aid súper para distintos porcentajes de dosificaciones. En el ensayo de capilaridad se redujo la ascensión capilar hasta un 85% con dosis de cada 0.5% hasta el 2.00%, mientras que en el ensayo de permeabilidad se aplicaron las mismas dosis de aditivo, logrando reducir el coeficiente de permeabilidad del suelo estabilizado hasta 1.12×10^{-9} cm/s.

Tabla 2*Capilaridad y permeabilidad con aditivo Con Aid*

% de aditivo CON AID	Capilaridad (cm)	Permeabilidad (cm/s)
0.00	0.81	1.90×10^{-4}
0.50	0.75	1.56×10^{-7}
1.00	0.60	2.32×10^{-7}
1.50	0.55	2.98×10^{-8}
2.00	0.12	1.12×10^{-9}

Fuente: Sangama, M. y Morales, J. (2018)

Martínez (2019), en la investigación “Estabilización de suelos cohesivos con aditivos organosilanos a nivel de subrasante”, tiene como objetivo evaluar suelos cohesivos que forman parte de una subrasante inadecuada, estabilizados con aditivo organosilano y si este influye significativamente en las propiedades mecánicas del material. En la investigación se concluye que el aditivo organosilano redujo la permeabilidad y expansividad de los suelos cohesivos; los valores de permeabilidad de los testigos fueron disminuyendo a medida que se incrementaba la dosis del aditivo. La permeabilidad en estado natural del suelo cohesivo fue de $2.31\text{E-}6 \pm 7.70\text{E-}8$ cm/s, mientras que con la aplicación de una dosis de 0.5 kg/m³ la permeabilidad resultó igual a $1.80\text{E-}6 \pm 2.70\text{E-}8$ cm/s; para una dosis de 1 kg/m³, fue de $1.23\text{E-}6 \pm 2.50\text{E-}8$ cm/s y para una dosis de 1.5 kg/m³ la permeabilidad resultó igual a $6.29\text{E-}7 \pm 2.20\text{E-}8$ cm/s.

Rodríguez (2016), en la investigación “Análisis comparativo de la compactación y humedad de la subrasante natural y la subrasante utilizando productos químicos biodegradables (Terrasil), de la vía ecológica del cantón Quevedo, Provincia de los Ríos”, tiene como objetivo mejorar el grado de compactación y disminución de la humedad de la subrasante de la vía ecológica utilizando el aditivo químico biodegradable (TERRASIL). Los resultados indican que el aditivo añadido, impermeabilizó el suelo reduciendo su capacidad de absorción en un 27.86% a los 7 días de curado.

Torres (2017), en la investigación “Proyecto de Suelo-Cemento: pruebas de laboratorio y ensayo de especímenes”, se realizaron algunos ensayos para una estabilización suelo-cemento con la finalidad de mejorar las condiciones de los caminos rurales en México; entre ellos están el de la permeabilidad y la absorción capilar. Los testigos para el ensayo de permeabilidad fueron de 10 cm de diámetro y 11 cm de altura, en el que los resultados dieron a conocer que la estabilización con el cemento portland y la adición de cal, otorgaban al suelo la dificultad para la penetración del agua (drenaje pobre). Para determinar la absorción capilar de agua en las muestras, se moldearon testigos de 10 cm diámetro y 5 cm de altura basándose en la norma ASTM C1585 “Standard Test Method for Measurement of Rate of Absorption of Water by Hydraulic Cement Concretes”, la absorción capilar resultó de 35 g/100cm² en un intervalo de 24 horas. Por otro lado, para el ensayo de permeabilidad se elaboraron especímenes de 10 cm de diámetro y 11 cm de altura, con lo cuales se obtuvieron valores de coeficiente de permeabilidad entre 2.1192E-05 a 9.8094E-06 (mm/s).

Sarango (2019), en la investigación “Estabilización de capas granulares para construcción y mantenimiento vial con organosilanos en la vía colectora E182 (Carchi)”, se tiene como objetivo mejorar las condiciones físicas y mecánicas del material volcánoclastico de la Cantera Candela cuyo destino será ser empleado como subbase granular. Para brindarle al suelo propiedades óptimas, se le agregó a la mezcla aditivo organosilano más 1% de cemento; las dosificaciones para el aditivo organosilano fueron: 0.25 kg/m³, 0.35 kg/m³ y 0.50 kg/m³, resultando la más óptima 0.50 kg/m³ más 1% de cemento. Entre los ensayos que se realizaron se encuentran el de permeabilidad y capilaridad, estos tuvieron resultados positivos frente a la humedad; el coeficiente de permeabilidad del suelo (k) disminuyó de 2.00 E-03 a 1.32E-03 en un porcentaje de 34% en comparación con un suelo natural. Por otra parte, en el ensayo de capilaridad se redujo completamente la absorción capilar del agua en el suelo estabilizado.

1.3. Objetivos

1.3.1. *Objetivo general*

Determinar en qué medida el uso de agentes estabilizadores reduce la infiltración del agua en la capa granular de un pavimento económico.

1.3.2. *Objetivos específicos*

- Determinar si el uso de agentes estabilizadores reduce eficazmente la absorción capilar del agua en la capa granular de un pavimento económico.
- Determinar si el uso de agentes estabilizadores reduce eficazmente la ascensión capilar del agua en la capa granular de un pavimento económico.
- Determinar si el uso de agentes estabilizadores reduce eficazmente la permeabilidad de la capa granular de un pavimento económico.

1.4. Justificación

Los estudios acerca de la importancia que tiene la influencia del agua sobre los pavimentos se ha venido dando desde épocas remotas, pues fue y sigue siendo la principal causa del deterioro de la estructura del pavimento y que por mucho tiempo se ha ido viendo la manera de cómo hacer de que este factor no siga generando más fallas y siga atentando contra la seguridad de las poblaciones cuando exista precipitaciones. A lo largo del tiempo se han perfeccionado técnicas de mejoramiento de los suelos para que aumenten su resistencia y su conservación bajo los efectos del cambio de clima. Pues hoy en día se conocen diversos métodos de estabilizaciones que forman una capa protectora, impidiendo que el agua se infiltre dentro de la capa granular y se expandan a causa de la absorción de la misma. En esta investigación se analizarán pruebas de infiltración sobre tres tipos de estabilizadores que son: aditivo químico organosilano, aceite sulfonado y cemento portland, pues se quiere hacer un análisis comparativo; mediante los resultados de los ensayos de

permeabilidad y capilaridad, y el comportamiento que tendría el agua frente a cada tipo de estabilización.

Con este análisis se busca que exista una mayor indagación en cuanto al comportamiento que tiene el agua al momento de ingresar al pavimento económico, sobre todo en este país donde el clima varía muy repentinamente, y se puedan tomar medidas considerando los resultados obtenidos como un parámetro o referencia para que sirva de interpretación en futuros proyectos e investigaciones.

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis general

El uso de agentes estabilizadores reduce significativamente la infiltración del agua en la capa granular de un pavimento económico.

1.5.2. Hipótesis específicas

- Los agentes estabilizadores disminuyen la absorción capilar del material granular que conforma la capa granular del pavimento económico.
- Los agentes estabilizadores disminuyen la ascensión capilar del material granular que conforma la capa granular del pavimento económico.
- Los agentes estabilizadores disminuyen la permeabilidad del material que conforma la capa granular del pavimento económico.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Bases teóricas sobre el tema de investigación

2.1.1. *Redes viales*

Conformadas por las agrupaciones de vías públicas o privadas que pueden ser carreteras, ferrocarriles, puertos aéreos o marítimos, con la finalidad de ser usados como medio de circulación por personas o vehículos de transporte, y en tal medida mejorar el desarrollo económico de la población.

Las redes viales se encuentran bajo poder de los gobiernos ya sean nacionales o provinciales, los cuales además de hacer poner en práctica las leyes de tránsito, son los encargados de realizar modificaciones o ampliaciones de acuerdo a las necesidades que se van presentando en los usuarios. Sin embargo, al paso que la población fue creciendo junto con la economía, la infraestructura vial se fue tornado insuficiente.

Es por eso que algunos gobiernos de América Latina han optado por formar concesiones en infraestructuras de transporte con entidades privadas, con la finalidad de aprovechar la capacidad de gestión por parte del concesionario, fomentar la rentabilidad económica que se obtiene mediante el cobro de peajes y garantizar el buen funcionamiento de la vía (Bull, 2004).

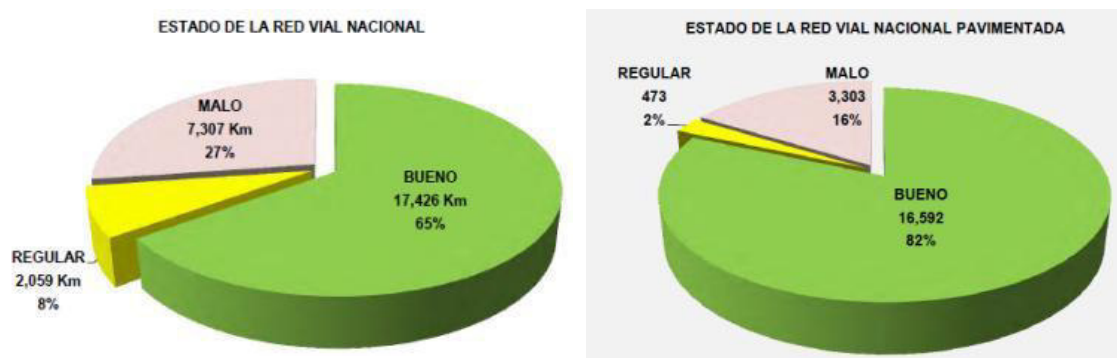
La red vial nacional de país comprende 27 mil kilómetros de longitud aproximadamente y es la base del crecimiento económico del país; conformada por tres ejes longitudinales y veinte ejes transversales que vendrían a ser los ejes principales, adicionalmente a estos se le atribuyen las variantes y los ramales. Las redes viales longitudinales y transversales permiten la conexión con los países vecinos, además de funcionar como elementos receptores de las vías departamentales y rurales.

A causa del fenómeno El Niño ocurrido en el año 2017 entre los meses de febrero y marzo,

las redes viales sufrieron grandes deterioros. A fines de ese año, Provías Nacional dio a conocer el estado de la superficie de rodadura de la Red Vial Nacional, donde solo el 65% (17,426km) se encontraba en buen estado, 8% (2,059 km) en moderado estado y 27% (7,307 km) en mal estado y, con respecto a la Red Vial Nacional Pavimentada el 82% (16, 592 km) presentaba un estado bueno, 2% (473km) en estado moderado y 16% (3,303 km) en mal estado.

Figura 2

Estado de las Redes Viales a fines del año 2017



Fuente: MTC, Provías Nacional. 2017

2.1.2. Conservación vial

También llamado mantenimiento vial, es la acción de mantener funcionando correctamente una vía y sus componentes, a través de un conjunto de trabajos de ingeniería vial e instalaciones, que servirán para prevenir algún daño y si en caso esto ocurriera, poder aplicar las medidas necesarias de corrección en un mínimo de tiempo establecido. Existen dos maneras de dar seguimiento a las fallas que se presentan en los caminos, la primera es de forma rutinaria y puede ser detectable visualmente; denominado así “Conservación rutinaria”, comprende las actividades que se encarguen de las reparaciones de los caminos en forma inmediata. La segunda es la “Conservación periódica”, donde las actividades de reparación no pueden ser aplicables de manera inmediata sino por periodos, además tienen las características de ser ejecutadas de acuerdo al nivel de importancia que se le asigne a cada tramo en base al estudio de campo.

La conservación vial comprende distintas soluciones preventivas o de corrección con la finalidad de garantizar un espacio libre y seguro para quienes hagan uso de los caminos ya sean pavimentadas o no pavimentadas. Las actividades como reparación de baches, limpieza de polvo o retiro de derrumbes a causa del desprendimiento de taludes sobre la calzada, reparación de la señalización, mantener limpios los sistemas de drenaje, etc., vendrían a formar parte del mantenimiento rutinario para conservar el estado funcional y estructural de la vía; caso contrario a las reparaciones realizadas con fallas detectadas en los seguimientos periódicos que requieren de tiempos más duraderos como colocación de un micropavimento, aplicación de sello asfáltico, reparación de terraplenes, etc.

2.1.3. Solución Básica

Con el paso de los años se pudo observar la posibilidad de mejorar los caminos no pavimentados, sin la necesidad de aplicar métodos exigentes ni que demande de mucho dinero. A raíz de esto se ha encontrado la manera de fortalecer la capa granular, utilizando algún tipo de estabilizador en la cual se pueda colocar una capa delgada de asfalto que sirva como protección, y evitar así el surgimiento de polvo. A este proceso de mejoramiento se le ha denominado “solución básica”, otros autores lo denominan “camino económico” o “pavimento económico”; si bien el concepto aún no está definido en las normas peruanas, esta resulta de una buena alternativa, no solo porque mejora las condiciones del material que conforma el camino no pavimentado, sino además porque su empleo trae beneficios económicos, ambientales y sociales que favorecen a la población. Inicialmente, esta técnica es más costosa que un afirmado, debido al uso de estabilizadores al inicio del proyecto; sin embargo, los gastos posteriores de mantenimiento resultan ser reducidos.

Figura 3

Diferenciación entre caminos sin pavimentar y caminos con solución básica



Caminos en ripio

Camino Básico con Bischofita

Camino con Capa Asfáltica

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), 2014.

La solución básica tiene como finalidad mejorar la transitabilidad y serviciabilidad de caminos de bajo y mediano tránsito, a causa de la intensidad del tráfico y de los efectos meteorológicos que terminan afectando a la vía. Esta técnica permite prolongar el periodo de diseño hasta 10 años, doblando la vida útil de un afirmado convencional. Por tanto, es conveniente que se aplique este método de pavimentación en mejoramientos o nuevos proyectos de construcción vial.

2.1.3.1. Tipos de soluciones básicas. Las soluciones básicas se dividen en dos grupos:

- a) Soluciones básicas con capa de protección

Consiste en la aplicación de un recubrimiento bituminoso que tiene la finalidad de proteger la base estabilizada, además de disminuir la rugosidad de la superficie del pavimento.

Entre los tratamientos más utilizados en el país se encuentran: Tratamiento Superficial

(TS), Micropavimento, Mortero asfáltico (MA) o Slurry Seal e Imprimación reforzada (IR).

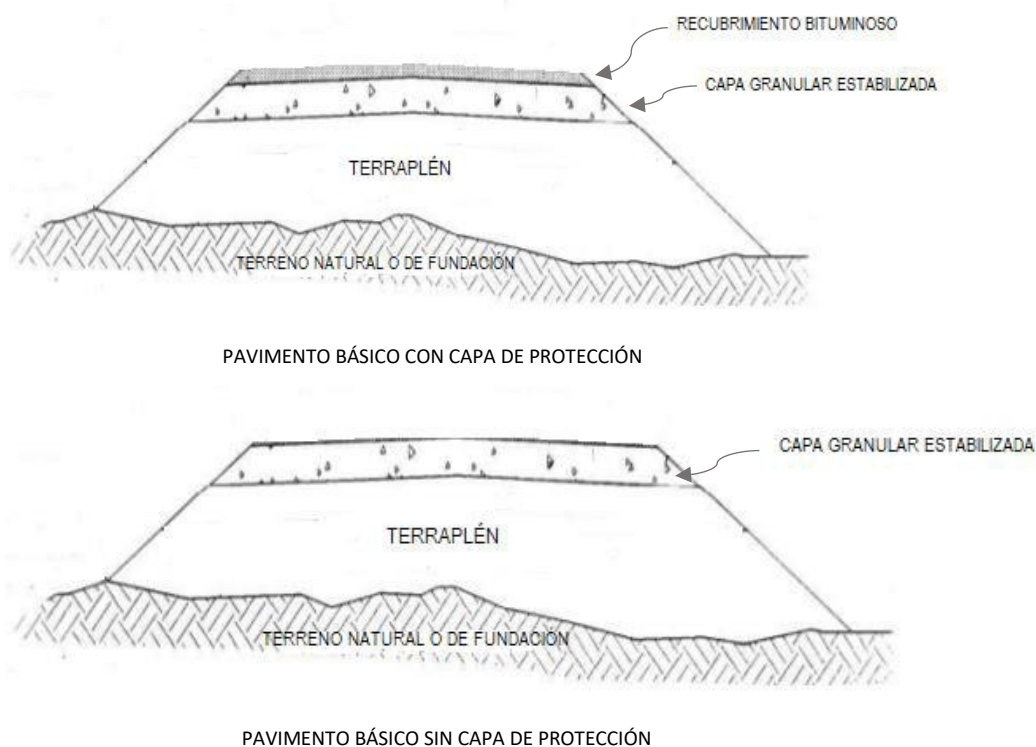
b) Soluciones básicas sin capa de protección

En este caso se emplea solo la capa estabilizada, la cual deberá ser resistente a las deformaciones ocasionadas por el tránsito o a los agentes meteorológicos del cambio climático.

2.1.3.2. Estructura de un pavimento económico. El pavimento económico como parte de la solución básica de caminos no pavimentados, es una estructura formada por una capa granular estabilizada en la que se puede aplicar sobre su superficie un recubrimiento bituminoso, manteniendo el mismo trazado y las características que presente la carretera. Normativamente, no está planteada la solución básica; es decir, el empleo de esta técnica va a obedecer a las características que presente el proyecto; sobre todo, la decisión en la elección del estabilizador químico a emplear.

Figura 4

Sección transversal de un pavimento económico



Fuente: Elaboración propia

A. Capa granular estabilizada. La capa granular, cumple la función de ser el principal elemento de soporte del tránsito, la cual está compuesta por materiales que provengan de una cantera o materiales de la misma vía. Estos materiales serán estabilizados con la finalidad de que no sufran algún tipo de desgaste o deformaciones y tengan la resistencia necesaria para soportar las cargas del tránsito, además el estabilizador que se le aplique debe otorgarle la propiedad de ser impermeable para protegerlo del ingreso del agua. Como se mencionó líneas arriba, no existe un tipo específico de estabilizador que ha de ser utilizado, esto va a depender de las propiedades que tenga el suelo y de los cambios climáticos que afecten a la zona donde se ubique el proyecto. En el Perú a través del Doc. Técnico Soluciones Básicas, se muestran los parámetros técnicos que deberán cumplir los materiales a estabilizar que formarán parte de la capa granular (Ver Tabla 3)

y la aplicación de los tipos de estabilizadores según la región en el que se encuentre ubicado el proyecto (Ver Tabla 4) (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014).

Tabla 3

Especificaciones técnicas de tipos de estabilizadores y parámetros

SUELO ESTABILIZADO CON	PARÁMETROS
Cemento	1. Resistencia a compresión simple = 1.8 Mpa mínimo (MTC E 1103) 2. Humedecimiento-secado (MTC E 1104) -Para suelos A-1; A-2-4; A-2-5; A3 =14% de Pérdida Máxima -Para suelos A-2-6; A-2-7; A-4; A5 =10% de Pérdida Máxima -Para suelos A-6; A-7 =7% de Pérdida Máxima
Emulsión asfáltica	1. Estabilidad Marshall = 230 kg mínimo (MTC E 504) 2. Pérdida de estabilidad después de saturado = 50% máximo 3. Porcentaje de recubrimiento y trabajabilidad de la mezcla debe estar entre 50 y 100%
Cal	1. CBR* =100% mínimo (MTC E 115, MTC E 132) 2. Expansión $\leq 0.5\%$
Sales	1. CBR* = 100% mínimo, CBR no saturado (MTC E 115, MTC E 132)
Productos químicos (aceites sulfonados, ionizadores, polímeros, enzimas, sistemas, etc.)	1. CBR* = 100% mínimo (MTC E 115, MTC E 132) 2. Expansión $\leq 0.5\%$

(*) CBR corresponde a la penetración de 0.1 “

Fuente: MTC, Doc. Técnico Soluciones Básicas. 2014

Como indica la tabla anterior, el valor mínimo de CBR para suelos estabilizados con aditivos químicos debe ser igual a 100%.

Tabla 4*Tipos de estabilizadores y su aplicación según región*

ZONA	MATERIALES O SUELOS PREDOMINANTES	ESTABILIZADOR DE SUELOS APLICABLE
COSTA (Altitud: hasta 500 msnm)	Suelos granulares, de nula a baja plasticidad (Clasificación AASHTO: A-1, A-2, A-3, A-4, A-5)	-Sales -Cemento Portland, Ceniza Volcánica, Puzolana -Emulsión asfáltica -Productos químicos (aceites sulfonados, ionizadores, polímeros, enzimas, sistemas, etc.)
SIERRA (Altitud: entre 500 y 4800 msnm)	Suelos granulares, de nula a plasticidad media (Clasificación AASHTO: A-1, A-2, A-3, A-4, A-5)	-Cemento Portland, Ceniza Volcánica, Puzolana -Emulsión asfáltica -Productos químicos (aceites sulfonados, ionizadores, polímeros, enzimas, sistemas, etc.)
CEJA DE SELVA Y SELVA ALTA (Altitud: entre 400 y 1000 msnm)	Suelos granulares, de nula a plasticidad alta (Clasificación AASHTO: A-1, A-2, A- 3, A-4, A-5, A-6, A-7)	-Cemento Portland, Ceniza Volcánica, Puzolana -Emulsión asfáltica -Cal -Productos químicos (aceites sulfonados, ionizadores, polímeros, enzimas, sistemas, etc.)
SELVA BAJA (Altitud: menor a 400 msnm)	Suelos limo-arcillosos, arcillas, arcillas arenosas y arenas predominantemente finas (Clasificación AASHTO A-2-4, A- 3, A-6, A-7)	-Cemento Portland, Ceniza Volcánica, Puzolana -Emulsión asfáltica -Cal -Productos químicos (aceites sulfonados, ionizadores, polímeros, enzimas, sistemas, etc.)

Fuente: MTC, Doc. Técnico Soluciones Básicas. 2014

B. Capa de protección. En caso de que exista una considerable influencia del tráfico, se deberá aplicar un recubrimiento bituminoso en frío. Esta capa superficial no aporta estructuralmente a la resistencia del pavimento; sin embargo, tiene como principal proteger la capa estabilizada de las infiltraciones.

Los tipos de capas de protección o recubrimiento bituminoso deberán cumplir con las especificaciones establecidas en el Manual de Carreteras vigente.

- Tratamiento Superficiales

Es la mezcla de asfalto, agregados pétreos y/o aditivos que se aplica sobre la superficie de la capa granular imprimada, con la finalidad de actuar como un impermeabilizante y mejorar la resistencia del pavimento. En el país se aplican dos tipos de tratamientos superficiales que son: Tratamiento Superficial Simple (TS) y Tratamiento Superficial Múltiple (TM).

- Micropavimento

Es la mezcla de agregados pétreos, filler, emulsión asfáltica de rotura controlada modificada con polímeros, agua y aditivos en proporciones adecuadas aplicada sobre una vía, con las características de ser impermeable y reducir la rugosidad de la vía; también se puede aplicar como sello en grietas superficiales, resultando un tipo de tratamiento económico.

- Mortero Asfáltico (MA) o “Slurry Seal”

Es la mezcla en frío de agregados pétreos, filler, emulsión de rotura lenta modificada o no con polímeros y agua, tiene la facultad de ser resistente a deslizamientos, impermeable y resulte cómoda para el usuario.

- Imprimación Reforzada (IR)

Consiste en sobreponer encima de la base granular una imprimación asfáltica, seguido del riego de un ligante y finalmente la aplicación de una capa de arena distribuida uniformemente, tiene la ventaja de ser una capa de menor costo que un tratamiento superficial.

2.1.4. Estabilización de suelos

Es una mezcla homogénea entre distintos suelos o añadiendo otro componente con el objetivo principal de conseguir una capa resistente, durable y estable, sin importar si el suelo inicialmente no cumple con el CBR o capacidad portante.

Esto trae ventajas económicas y ambientales como el aprovechamiento de suelos de baja

calidad como el de la subrasante o suelos granulares con alta resistencia, pero de baja estabilidad, sin la necesidad de recurrir a la explotación de otros yacimientos y la reducción del transporte de los materiales (Yepes, 2014).

Otros de los objetivos, son lograr establecer una mayor conexión entre las partículas de los suelos, corregir la gradación, reducir la sensibilidad frente al agua y el potencial de expansividad, evitar el desgaste producidos por la acción de los cambios meteorológicos, etc.

Para poder realizar la estabilización sin inconvenientes tiene que tomarse en consideración las condiciones del lugar, las propiedades de los suelos y las maquinarias o herramientas disponibles para su ejecución.

2.1.5. Tipos de estabilización

2.1.5.1. Estabilización mecánica. La estabilización mecánica consiste en la aplicación de energía a la masa de suelo en un tiempo determinado para lograr alcanzar su máxima densidad sin modificar su composición principal. Esta acción es posibilitada mediante el uso de compactadores, equipos que son empleados con la finalidad de eliminar los vacíos que se encuentra presentes en el suelo y así mejorar su resistencia mecánica.

La compactación es la densificación del suelo mediante el uso de energía mecánica hasta llegar al peso unitario máximo de la muestra, que se logrará dar con el aumento de la humedad. Las partículas en el proceso de compactación con la ayuda del agua se reacomodan hasta llegar a un punto máximo de densificación y la cantidad de agua empleada para llegar a ese punto máximo se denominará óptimo contenido de humedad (Das, 2002).

2.1.5.2. Estabilización física. La estabilización física se puede dar por sustitución, por combinación de suelos o mediante la aplicación de geosintéticos. En la primera involucra la extracción del suelo para ser reemplazado por otro, con las características apropiadas que cumplan

con los requerimientos de las especificaciones técnicas, siempre y cuando el lugar de extracción (cantera) se encuentra a una distancia razonable sin generar exceso de gastos. La segunda forma mediante la combinación de dos o más suelos de gradaciones distintas, originándose un nuevo material, se realiza con la finalidad de mejorar las propiedades de los suelos existentes como su granulométrica, plasticidad, humedad, entre otros; en este caso se tiene que usar las proporciones adecuadas de cada material. Por último, los geosintéticos como los geotextiles, geomallas y geomembranas materiales fabricados a base de polímeros se emplean entre las diferentes capas del pavimento para generar soporte y proveer estabilidad.

2.1.5.3. Estabilización química. Consiste en la reacción química entre el suelo, aditivos y estabilizadores como el cemento, cal, asfalto, polímeros, etc., para poder mejorar las propiedades del suelo y lograr que alcance a soportar las cargas dinámicas a la que será sometido. Entre las características que presentan estos elementos estabilizadores son de impermeabilizar los suelos, crear entre las partículas mayor fuerza y por ende mayor durabilidad, y en el caso de las arcillas, mejorar su resistencia.

Según el uso que se le ha ido dando a lo largo de los años y las características conocidas por quienes los emplean, los estabilizadores químicos se pueden clasificar en aditivos tradicionales o también llamados cementantes y aditivos no-tradicionales.

a) Productos cementantes o tradicionales

Poseen especificaciones técnicas ya establecidas por cada país y su empleo se ha mantenido hasta la actualidad. Esto significa que existe un fundamento que se puede tomar de guía para seguir elaborando eficientemente el proceso de estabilización. Están además los rangos de dosis que influyen en la mezcla, los cambios en las propiedades de los suelos, las condiciones de los usos y el procedimiento de evaluación para verificar los beneficios u otros aspectos que presenten. Entre

ellos encontramos al cemento al asfalto, el cemento, la cal o la mezcla de ceniza con cemento o cal (BID, 2019).

b) Productos no tradicionales

Se encuentran numerosos productos que se han ido descubriendo a lo largo de los años; en este ámbito la mayoría no presentan un documento técnico normalizado que indique las características o especificaciones que deben cumplir los aditivos o los agregados para ser utilizados en el proceso de mezcla (BID, 2019).

Tabla 5

Clasificación de aditivos no-tradicionales

Absorbentes de agua	Derivados del petróleo	No derivados del petróleo	Electroquímicos	Polímeros sintéticos	Aditivos de arcilla
Cloruro de calcio	Emulsión asfáltica	Grasa de animales	Enzimas	Acetato polivinílico	Bentonita
Cloruro de sodio	Líquidos asfálticos	Lignosulfatos	Productos iónicos	Vinil acrílico	Montmorillonita
Cloruro de magnesio	Emulsiones de asfalto modificado	Melaza-azúcar de beterraga	Aceite sulfonatos		
		Emulsiones de aceite de tallos			
		Aceites vegetales			

Fuente: Dirección de Estudios Especiales, MTC.

2.1.6. Estabilización suelo-cemento

La estabilización suelo-cemento se define como una mezcla entre el suelo, muy bien disgregado, al cual se le agrega porcentajes de cemento y agua, para luego ser compactada y curada, lo que proporciona una mayor densidad. Por efecto de la hidratación, la mezcla suelo-cemento se convierte en una mezcla dura.

La eficiente reacción que puede existir entre el suelo y el cemento en cierto modo se ve impedida por el contenido de materia orgánica que se encuentra en el suelo, pues los ácidos

orgánicos que esta posee captan los iones del calcio que se producen en la reacción y evita la aglomeración del cemento con las partículas gruesas. Es por eso que muchos países exigen el porcentaje de materia orgánica de 1 a 2 % de su peso. Otro elemento que resulta perjudicial es el sulfato u otros componentes que contenga el agua que vaya a ser usado en la estabilización, privan de la humedad necesaria al cemento e impiden una adecuada reacción. Los materiales finos también como las arcillas, dificultan la mezcla arcilla cemento; es por eso, que se recomienda en algunos casos hacer uso de la cal, como elemento que facilite un buen manejo y la pulverización de dicha mezcla (Montejo, 2002).

Muy empleado en el mundo por su bajo costo, el Perú no son ajenos a su uso. El tipo de cemento más empleado para la estabilización suelo-cemento es el Portland y la elección de este depende del diseño de la mezcla para la cual se tomará en cuenta los agentes que resulten perjudiciales para la estabilización, como es el caso de los sulfatos.

En la tabla 6 se muestra los rangos de los porcentajes de cemento requerido en relación al tipo de suelo que se encuentran clasificados por la AASHTO.

Tabla 6

Rango de dosificación para Estabilización Suelo-Cemento

Clasificación de suelos AASHTO	Rango usual de cemento requerido Porcentaje del peso de los suelos
A-1-a	3-5
A-1-b	5-8
A-2	5-9
A-3	7-11
A-4	7-12
A-5	8-13
A-6	9-15
A-7	10-16

Fuente: Federal Highway Administration (FHWA)

Todos los tipos de suelos pueden estabilizarse con cemento; sin embargo, existe una mayor conveniencia sobre todo económica de que estos sean suelos granulares, pues además de resultar

más fácil el manejo de la mezcla, se requiere de menor contenido de cemento.

El empleo del agua tiene como finalidad hidratar el cemento para producir la aglutinación con el suelo y lubricar las partículas para una mejor compactación. La cantidad agua para mezclas con suelos finos varía entre 10-20% del peso seco y para suelos granulares es de 10%. Además, el agua debe mantenerse limpia, libre de ácidos, álcalis y materia orgánica. En estabilizaciones con suelos finos, la hidratación del cemento se da a los 43 días y en la estabilización con suelos granulares a 28 días. Para determinar el contenido de agua en el diseño de mezcla se debe tomar en cuenta la trabajabilidad, manejabilidad, reducción de agrietamientos y alcanzar una compactación adecuada.

Para realizar diseño de mezcla se seguirá el método de la Portland Cement Association (PCA), en el cual se tomará como indicador el ensayo de resistencia a compresión simple, donde la resistencia mínima debe ser de 1.8 MPa después de los 7 días de curado. Además de este, se considerará el ensayo de humedecimiento-secado, en la cual la pérdida de peso de la mezcla compactada no debe superar los porcentajes que indica la siguiente tabla, en la que se considera además las diferentes clasificaciones de los suelos en la mezcla (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014).

Tabla 7

Pérdida Máxima de acuerdo al tipo de suelo

SUELO POR ESTABILIZAR	PÉRDIDA MÁXIMA (%)
A-1; A-2-4; A-2-5; A3	14
A-2-6; A-2-7; A-4; A5	10
A-6; A-7	7

Fuente: Especificaciones Técnicas EG-2013, MTC

2.1.7. Estabilización con aditivo químico organosilano

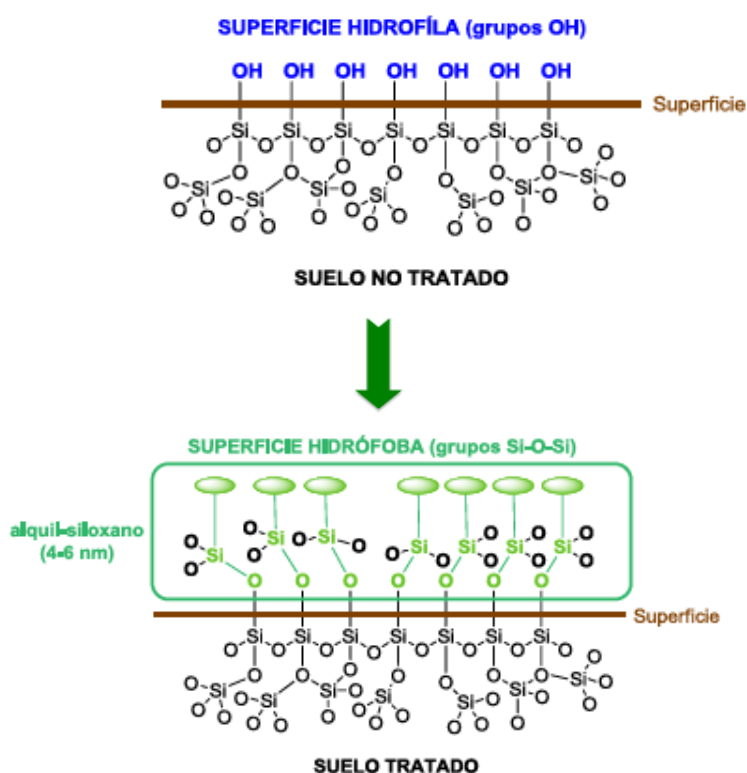
Está compuesto químicamente al cien por ciento por organosilanos iónicos quienes se encargan principalmente de repeler el agua (suelo hidrófobo), eliminar el hinchamiento y la

absorción del suelo, permitiendo así que este se encuentre en estado “seco” y brinde además beneficios como eliminar el índice de plasticidad y mejorar la adherencia del suelo, lo que facilita la aplicación de una capa de rodadura o riegos de imprimación.

La solución formada entre el aditivo y el agua, penetra en el suelo generando una membrana superficial que repele al agua, y además expulsa el vapor del líquido (transpiración) (Ver figura 5). Este proceso produce la impermeabilización molecular del suelo, lo que implica que las estructuras de esta se vuelvan resistentes al agua.

Figura 5

Proceso de impermeabilización del suelo con aditivo químico organosilano



Fuente: Estabilización iónica de suelos. TERRASIL

2.1.7.1. Características del producto. El aditivo químico organosilano, presenta las siguientes características físicas:

- Forma: líquida

- Color: Rojizo pálido
- Punto de inflamación: $> 90^{\circ}\text{C}$ (recipiente cerrado)
- Punto de ebullición: 200°C
- Propiedades explosivas: No explosivo
- Densidad: 1,04 g/ml
- Viscosidad (25°C): 100-500 cps

2.1.7.2. Ventajas. Según la ficha técnica del producto, entre las ventajas adicionales que puede presentar una estabilización eficaz con aditivo químico organosilano, son las siguientes:

- Se logra alcanzar la compactación con menos pasadas del rodillo y menos consumo de agua. El estado óptimo de compactación cumple con las especificaciones requeridas presentes en las normas vigentes y además permite un mejor manejo del suelo para rangos más amplios de humedad.
- Reducción de la expansividad e hinchamiento de suelos, incluso cuando estas no cumplan con la normativa.
- Reduce la capilaridad y permeabilidad, evitando la entrada de agua hacia el interior de la capa estabilizada.
- Mantiene los valores de CBR del suelo en estado seco, aun cuando esta haya estado bajo las condiciones de inmersión.
- Retiene agregados finos, lo que conlleva a que se presenten menos grietas y baches en las vías.
- Aumento en la resistencia de la capa estabilizada.
- Alarga la vida útil del camino y disminución en la frecuencia de la conservación vial.

2.1.7.3. Dosificaciones del aditivo. Antes es necesario mencionar que, con la finalidad de mejorar la resistencia del suelo, se considera agregar a la mezcla cierto porcentaje de cemento, quien tiene la facultad de poseer una mejor reacción con el agua, pero siempre tratando de que este no sobrepase los valores permitidos; de ser así provocaría una falla en el suelo por fragilidad, presentándose fisuras en la capa. Además, en cierta medida se podría considerar que reduce la cantidad de aditivo químico a usar, lo que significa una disminución en el costo.

Para calcular las cantidades de los componentes se puede tomar como referencia el siguiente cuadro:

Tabla 8

Dosificación de componentes para estabilización con aditivo químico organosilano

Componente	TERRASIL (kg/m³)	Cemento (% en peso sobre peso del suelo)
Estabilización ligera	0.2	1-1.5%
Estabilización media	0.5	0.5-1.5%
Estabilización fuerte	1	0.5-1.5%
Estabilización muy fuerte	2	0.5-1%

Fuente: Procedimiento de preparación de muestras y ensayo de laboratorio para Terrasil, Zydex.

2.1.8. Estabilización con aditivo químico aceite sulfonado

Compuesto por aceites sulfonados, que aglutinan especialmente las partículas finas del suelo logrando formar una capa más densa, estable y con mayor resistencia a la carga del tránsito. Además, ayuda a disipar el agua de las partículas de arcillas, reduciendo la expansión y plasticidad de la capa estabilizada.

2.1.8.1. Especificaciones del fabricante. Según la ficha técnica proporcionada por el fabricante las características del aditivo son las siguientes:

- Aumento de CBR con valor mín. de 80%
- Reducción del hinchamiento con valor mínimo de 70%
- Valor de peso específico (25°C) igual a 1.01 ± 0.015

- Es no inflamable
- Es no tóxico
- Su uso es favorable al medio ambiente, pues no es contaminante, no es tóxico y no es inflamable; además de ser seguro en su manipulación.

2.1.8.2. Ventajas. Según la ficha técnica proporcionada por el fabricante las ventajas del uso del aditivo son las siguientes:

- Mejora el proceso de compactación, ya que facilita a trabajabilidad del material.
- Incremento de la capacidad de carga del material, debido a que el aditivo ayuda al acomodo de las partículas de arcilla una vez finalizado el proceso de compactación.
- Reduce las labores de mantenimiento, pudiendo llegar a ser hasta nulas; por ende, se reduce la mano de obra también.
- Reducción de costos de operación y mantenimiento de las vías.
- No requiere equipos especiales para la aplicación del aditivo químico.

2.1.9. El agua en la estructura del camino

El agua en el pavimento puede llegar de diferentes maneras como precipitaciones (lluvias), elevación del nivel freático, riegos o deficiencias en las infraestructuras de drenaje; introduciéndose el agua en la vía por la parte superior, inferior o lateralmente a través de dos mecanismos que son la variación de carga hidráulica y por capilaridad. La infiltración de agua se da por las lluvias, como la mayor causante para que el agua entre al pavimento, esto facilita la aparición de defectos funcionales y estructurales del pavimento (Espinoza, 2005).

2.1.9.1. Balance hídrico. Es la entrada y salida del recurso hídrico, la cual conforma parte de un sistema específico en un tiempo determinado.

En tal sentido, las relaciones cualitativas y cuantitativas que existe entre el agua y el camino

obedecen al balance de agua, y su análisis con respecto a las interacciones de ambos. El agua que fluye a través del camino (entrada y salida) proveniente de las precipitaciones, aguas superficiales o subterráneas, actúa dentro del pavimento. (Erlingsson et al., 2008).

La ecuación general del balance de agua o balance hídrico en el pavimento es la siguiente:

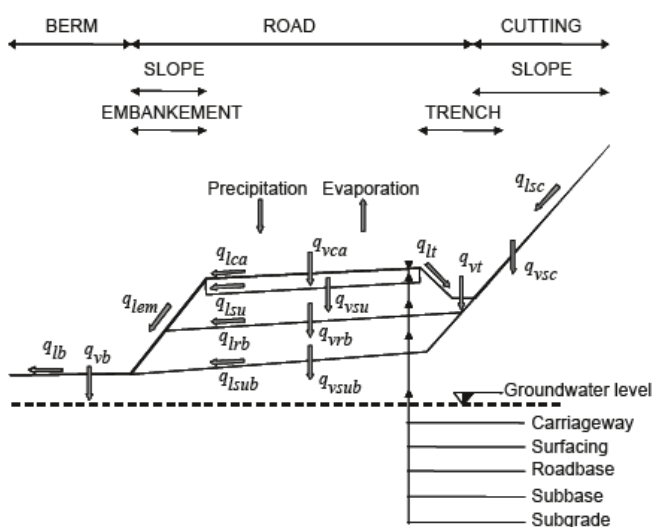
$$P = R - ETR + IR$$

Dónde: P es la precipitación, R es la esorrentía superficial, ETR es la evapotranspiración e IR es la infiltración.

En la figura 6, se muestra una representación en forma general del movimiento del agua (ingreso y salida) en la estructura de la vía.

Figura 6

Modelo conceptual de balance hídrico en el pavimento – sistema de terraplén



Fuente: Erlingsson, Brenčič y Dawson. (2008).
Water Flow Theory for Saturated and Unsaturated Pavement Material.

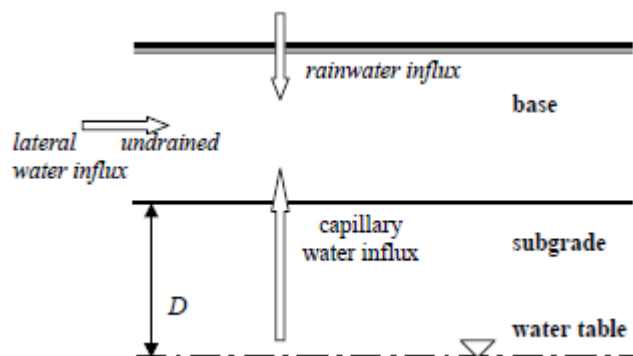
Donde: v = vertical, l = lateral, ca = calzada, su = emerger, rb = base de la carretera, sub = sub – base, sc = pendiente / corte, t = zanja, em = terraplén, b = berma.

En el caso del pavimento básico, la base granular estabilizada que opera en condiciones no saturadas, se encuentra expuesta a entrar en contacto con el agua sobre todo por la acción capilar

ya que esta capa está en comunicación directa con el terraplén, que se ubica muy cerca del nivel freático la cual tiende a elevarse fácilmente más aún en épocas lluviosas; incluso el agua en los bordes de las vías logra infiltrarse a través del suelo, llegando así a la estructura del pavimento.

Figura 7

Diagrama esquemático que muestra el ingreso del agua en la capa del pavimento de la vía



Fuente: Kodikara *et al.*, 2003)

2.1.9.2. Infiltración de agua en el suelo. En el planeta encontramos las denominadas aguas superficiales y subterráneas, la primera se ubica sobre la superficie del terreno, formadas por las precipitaciones y las segundas se forman a causa de las filtraciones en los poros de los suelos por donde el agua fluye desde puntos de alta energía hacia puntos de baja energía.

La infiltración se da producto de la precipitación de las lluvias, en el que el agua que atraviesa el suelo hacia su interior por acción de la gravedad. Cierta porcentaje de la infiltración aumenta el contenido de agua de las zonas no saturadas y otro porcentaje eleva el nivel de saturación del agua subterránea, esto dependerá de la cantidad de agua que exista en el suelo antes de iniciada la precipitación, porque el agua trata de penetrar el suelo formando una capa delgada de saturación y cuando esta se encuentre en equilibrio se formarán las escurrientías y las corrientes de infiltración. Las precipitaciones, la infiltración y las propiedades del suelo darán lugar a las escurrientías superficiales, flujos de aguas subterráneas y las infiltraciones verticales que se dirigen

hacia el nivel freático del suelo (Suarez, s.f.).

Das (1985), afirma que la infiltración es un parámetro físico de medida que permite calcular la cantidad de lámina de agua que atraviesa los poros del suelo en un determinado tiempo. La tasa de infiltración en suelos más gruesos será mayor que en suelos finos, ya que la cantidad de agua que atraviese el suelo depende de los tamaños de los poros que lo conforman. Además, si el suelo presenta mayor humedad, la tasa de infiltración será menor debido a la poca presencia de vacíos.

Existen diferentes métodos para calcular la infiltración en el suelo, entre las que se encuentran las más importantes como el Modelo de Jury y Horton, en la cual presentaron una ecuación empírica para explicar cómo disminuye la capacidad de infiltración con el paso del tiempo; el Modelo de Mein-Larson, muestran un análisis de la alta infiltración que se da inicialmente pero que con el tiempo esta va disminuyendo; y la Ecuación de Green-Ampt, para describir la infiltración del agua estable en un suelo que no se encuentra saturado (Suarez, s.f.)

A. Nivel freático. El nivel freático es un factor que influye a menudo en la estructura del pavimento, las aguas freáticas se relacionan directamente con las precipitaciones; es por eso ello que su profundidad es un dato importante para estudios geotécnicos al momento de proyectar una carretera o algún tipo de cimentación.

La superficie del manto de las aguas freáticas conforma una capa delgada denominada nivel freático, en el cual la presión de poros es igual a cero, lo que indica que la presión en ese punto es igual a la presión atmosférica.

Por encima del nivel freático se encontró el suelo en estado seco o parcialmente saturado. La franja que se ubica más cerca de la superficie del terreno contiene dentro de sus poros en su gran mayoría aire, por lo cual la poca cantidad de agua que pueda existir en esta franja se presenta de forma discontinua; es decir, pequeñas cantidades de gotas de agua que se mantienen separadas

o aisladas. Por otro lado, franja capilar la cual está más cercana al nivel freático, contiene dentro de sus poros mayor porcentaje de agua constante; sin embargo, no quita la posibilidad de que exista zonas con presencia de aire discontinua (Fredlund, 2000).

B. Distribución del agua en el suelo. Existen muchas formas en la que el agua hace presencia en el suelo, esta se puede presentarse superficialmente o dentro de la misma (aguas subterráneas). Es importante realizar estudios previos como el análisis hidrológico sobre todo para para evaluaciones de proyectos viales y tomar las medidas necesarias que estas requieran con el fin de que el agua no se presente como una amenaza que dificulta el libre tránsito o el riesgo de la vida de las personas.

– Agua superficial

Las precipitaciones llegan al terreno, una parte pasa a través del suelo y la otra se queda sobre la superficie, a esta se le denomina agua superficial. Las aguas superficiales se presentan en reposo como en lagos, lagunas y pantanales, o en movimiento como en ríos y arroyos.

– Agua subterránea

Existen diferentes definiciones acerca del agua subterránea en el suelo; unos indican que es el agua que se ubica en una zona saturada; donde el agua ya no baja debido a encontrarse con una capa impermeable y otros mencionan que es toda el agua que se ubica debajo de la superficie del terreno; la que se encuentra en zonas saturadas y no saturadas (Erlingsson et al., 2008).

En la zona no saturada, los poros del suelo se encuentran parcialmente con agua y la dirección del flujo de agua que predomina es la vertical.

En la zona saturada, el agua llega a esta capa o manto permeable o que presenta alta conductividad hidráulica (K) a través del perfil del suelo por medio de la infiltración; en esta zona se forma un flujo de agua paralela a la superficie del suelo, donde su velocidad dependerá del grado

de permeabilidad que esta posee, además de la permanencia interna del agua (Suarez, s.f.).

2.1.9.3. Aguas subterráneas y su relación con los caminos. Según Erlingsson y Brenčič (2008), las regiones de agua subterránea de bajo de la estructura del pavimento se dividen en dos partes; la superior es la zona no saturada o vadosa y la inferior es la zona saturada o freática. En la figura 8, se muestra las dos zonas del suelo ubicado debajo del pavimento divididos de acuerdo con el estado en el que se encuentra el agua. La zona que se ubica sobre el nivel freático se divide en:

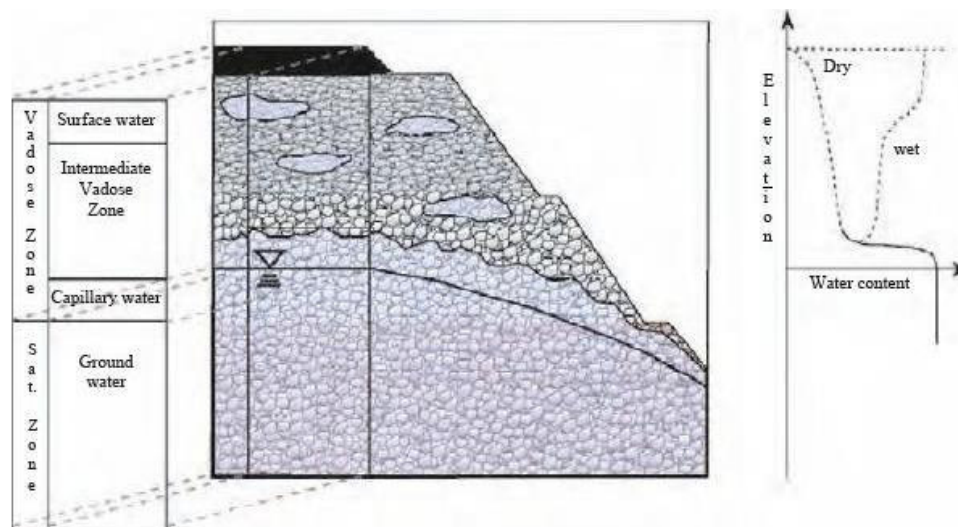
A. Zona capilar. Se ubica sobre el nivel freático; donde el agua asciende por tensión superficial y su capacidad dependerá de las dimensiones de los vacíos del suelo. En esta zona los poros se encuentran ocupados por el agua; sin embargo, la presión del agua es menor que la presión de la atmósfera.

B. Zona vadosa intermedia. El agua se mantiene por acción de las fuerzas capilares. En un pavimento en buenas condiciones, el agua debe mantenerse normalmente estable; sin embargo, en épocas lluviosas o por efectos del deshielo, a través de los bordes de la vía, el agua puede infiltrarse dando como resultado el aumento del nivel de agua. Otro caso es el ingreso del agua por medio de las grietas que se producen en la superficie del pavimento, este hecho permite que el agua logre atravesar su estructura y llegue hacia la zona vadosa intermedia, lo que produciría el aumento de la capacidad de campo estipulado.

C. Zona de aguas superficiales. Del mismo modo sucede en la zona superficial, la capa que se encuentra más cercana al camino. Un pavimento en condiciones óptimas asegura que el nivel del agua se mantenga estable; sin embargo, cuando se producen el aumento de las precipitaciones por cambios climáticos o el ingreso de agua por medio de fallas en la estructura del pavimento, el nivel del agua en esta zona tiende a elevarse.

Figura 8

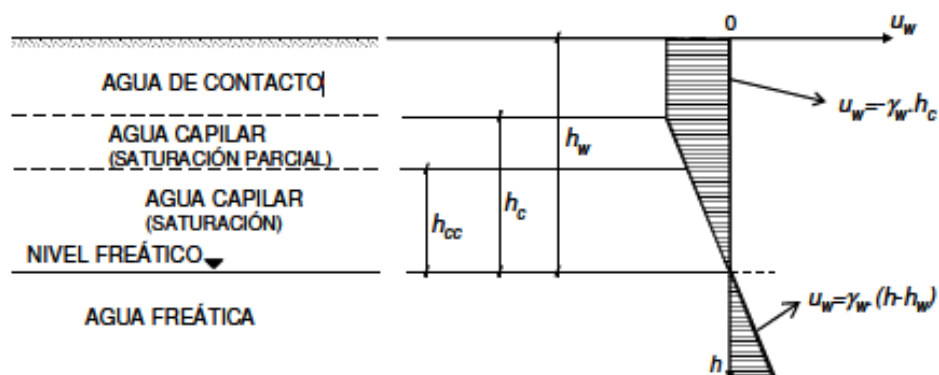
Modelo conceptual de la relación entre el camino y el agua subterránea



Fuente: Erlingsson, Brenčič y Dawson. (2008).

Water Flow Theory for Saturated and Unsaturated Pavement Material.

D. Presión de poros en aguas subterráneas. El agua en los vacíos de los suelos ubicados por debajo del nivel freático, presentan una presión de poros positivas; es decir, las presiones en los poros debido al agua (U_w) ejercen fuerzas positivas en todas las direcciones y de la misma magnitud, a comparación de las aguas que se ubican sobre el nivel freático, las presiones debido al agua que ejercen sobre los poros son negativos, las cuales se consideran menores que la presión atmosférica, en esta franja se rige el fenómeno de capilaridad. (Fredlund, 2000).

Figura 9*Presión del agua en reposo*

Fuente: El agua en el terreno, Universidad de Cantabria

2.1.10. El camino como un medio poroso

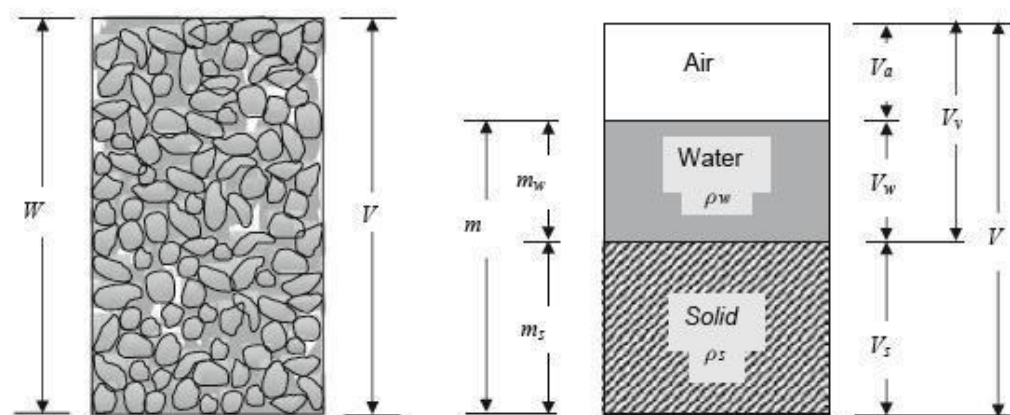
El medio poroso es definido como el material sólido, en este caso el suelo la cual presenta vacíos en su interior, que no necesariamente están interconectados, y que además presentan diferentes tamaños y geometría. Dentro de los vacíos, el agua puede introducirse ocupando todo o cierto porcentaje del volumen total, de ahí los nombres de suelo saturado y suelo no saturado o parcialmente saturado, el segundo medio es el considerado como parte de la estructura de los caminos (figura 10).

Los caminos y terraplenes están conformados por un número limitado de capas, las cuales también funcionan como un medio poroso. Estas capas consisten en la compactación de materiales granulares, que presentan vacíos internos por donde también puede fluir el agua. Con la finalidad de mejorar su resistencia, las capas pueden encontrarse estabilizadas ya sea con materiales asfálticos, cemento, etc., lo que a su vez le otorga la facultad de reducir su permeabilidad. En su gran mayoría la capa de superficie de una carretera, siempre y cuando se presente en buenas condiciones, tienen una baja permeabilidad mientras que las demás son permeables. Las características que presentan los tamaños y distribución de los poros van a ser un factor que

determine el comportamiento del flujo del agua (Erlingsson et al., 2008).

Figura 10

Diagrama trifásico de un elemento instaurado de agregados



Fuente: Erlingsson, Brenčič, y Dawson. (2008).
Water Flow Theory for Saturated and Unsaturated Pavement Material.

Donde:

W : Masa total de la muestra

V : Volumen total de la muestra

m : Masa de agua más sólido

m_w : Masa del agua

m_s : Masa del sólido (suelo seco)

V_w : Volumen del agua

V_s : Volumen del sólido (suelo seco)

– Contenido de agua (h)

Se define como el porcentaje de masa de agua existente, en relación con la masa del sólido:

$$h(\%) = \frac{m_w}{m_s} \cdot 100\%$$

– Absorción de agua (A_b)

$$A_b(\%) = \frac{m - m_s}{m_s} \cdot 100\%$$

- Densidad húmeda (ρ_h)

Se define como la cantidad de masa en un determinado volumen de una masa de suelo y se calcula con la siguiente fórmula:

$$\rho_h = \frac{m}{V}$$

Donde:

ρ_h : Densidad húmeda del suelo ($\frac{gr}{cm^3}$)

- Densidad seca (ρ_s)

La densidad del suelo seco se relaciona con la densidad húmeda mediante la siguiente fórmula:

$$\rho_s = \frac{\rho_h}{1 + h}$$

Donde:

ρ_s : Densidad seca del suelo ($\frac{gr}{cm^3}$)

2.1.11. Succión

Se hace un análisis de la conducta de los suelos en estado no saturado y la presencia de presiones negativas en los poros. Inicialmente este término se utilizó para describir la capacidad de extraer el agua del suelo saturado, es decir por debajo del nivel freático. Como se mencionó anteriormente, no existe un suelo seco totalmente sobre la superficie del nivel freático por lo que es muy probable encontrar agua retenida en los poros del suelo. En otros términos, la succión es la facultad del suelo para la retención de agua tanto como la facultad para la movilización de esta en el interior suelo (Lee y Wray, 1995).

Freudlund (1995), señaló que la succión total presenta dos componentes: la succión matricial (ϕ_m) y la succión osmótica (π), que depende de las características químicas del fluido.

Además, indicó que la succión total se determina mediante la suma de sus dos componentes:

$$\varphi = \varphi_m + \pi$$

El efecto de matriz de succión que ocurre en suelos insaturados está relacionado con la fuerza capilar, que es un fenómeno causado por la tensión superficial y la adsorción de agua en las partículas del suelo. La altura de los capilares depende del tamaño de los poros y la distribución de las partículas del suelo. (Al Haj, 2013).

La succión matricial se puede expresar mediante la diferencia entre la presión del aire (u_a) y la presión de agua en los poros (u_w).

$$\varphi_m = u_a - u_w$$

La succión osmótica(π), depende de componentes que pueden disolverse en el agua como la sal; estas disueltas harán que la presión que ejerce la fase gaseosa por encima de la interfase agua-aire disminuya, lo que puede inferirse que se requiere más energía para eliminar las moléculas de agua. La succión osmótica no depende de la capilaridad del suelo.

Según Freudlund y Rahardjo (1993), la succión osmótica en la Mecánica de Suelos tiene mayor relación con los suelos expansivos; sin embargo, en la práctica no se considera el valor de la succión osmótica, la succión total del suelo vendría a ser la succión matricial.

El agua tiende a fluir desde un suelo con baja succión matricial (suelo húmedo) a un suelo con alta succión matricial (suelo seco) (ASTM International, 2010). Además, la variación de la succión; ya sea cualquier de sus dos componentes, causa el cambio del equilibrio de la masa del suelo.

La succión se encuentra presente en todo suelo ubicado sobre la superficie del nivel freático, ya sean suelos formados naturalmente o artificiales como los rellenos o terraplenes. Según los análisis recientes se ha demostrado que se puede determinar la succión para el análisis de

estabilidad de pendientes y terraplenes (Kovacevic et al., 2001).

Los efectos matriciales que se producen están relacionados a las fuerzas capilares que se producen en los suelos.

2.1.12. Capilaridad

Es el fenómeno de ascensión del agua generada por las fuerzas de cohesión y adhesión, además del fenómeno de tensión superficial que se generan cuando el agua se pone en contacto con cuerpos sólidos.

2.1.12.1. Cohesión y adhesión. Son las fuerzas básicas que conducen la retención y movimiento del agua dentro del suelo. La cohesión significa las fuerzas de atracción entre las mismas moléculas de agua y la adhesión responde a las fuerzas de atracción entre las moléculas de agua con superficies sólidas. La unión de estas fuerzas regula el movimiento del agua dentro del suelo, las moléculas unidas por la fuerza de adhesión permite mantenerlas junto a las moléculas sólidas y se denominan agua adsorbida mientras que las moléculas unidas por las fuerzas de cohesión resultan ser fácilmente removidas. Estas fuerzas influyen en las propiedades de plasticidad de los suelos finos como las arcillas y limos.

2.1.12.2. Tensión superficial (T_s). Es la fuerza por unidad de área necesaria en la interfase líquido-gas para que el área del líquido aumente y las moléculas de la superficie soporten las fuerzas de tensión.

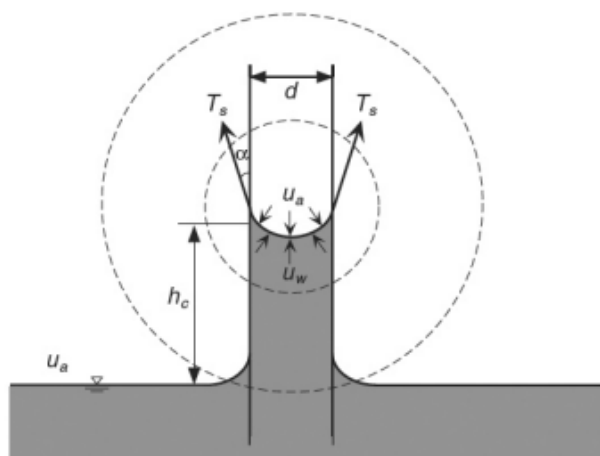
Por otro lado, es responsable de que el líquido tenga resistencia a la penetración en su superficie, que los líquidos tiendan a tomar la forma de gotas esféricas, que el agua llegue a ascender por tubos capilares y de que objetos floten sobre la superficie de un líquido. (Alvarez et al., 2002).

2.1.12.3. Ascensión capilar. La coexistencia de fases líquidas, sólidas y gaseosas en los poros de los suelos da lugar al proceso de capilaridad que vendría a ser la conducción ascendente (sentido contrario a la gravedad) por encima del nivel freático a través de pequeños espacios intersticiales de los suelos. Mientras más finos sean los materiales, la ascensión capilar se producirá con mayor rapidez que en materiales granulares.

2.1.12.4. Altura capilar. La capilaridad puede ser estudiada con un tubo capilar de vidrio (tubo de diámetro pequeño) o entre láminas pequeñas que se introducen en el líquido, para lo cual el líquido tiende a subir hasta una altura llamada altura capilar (h_c), que dependerá de la tensión superficial (T_s). (Figura 11).

Figura 11

Equilibrio mecánico de fuerzas dentro del tubo capilar



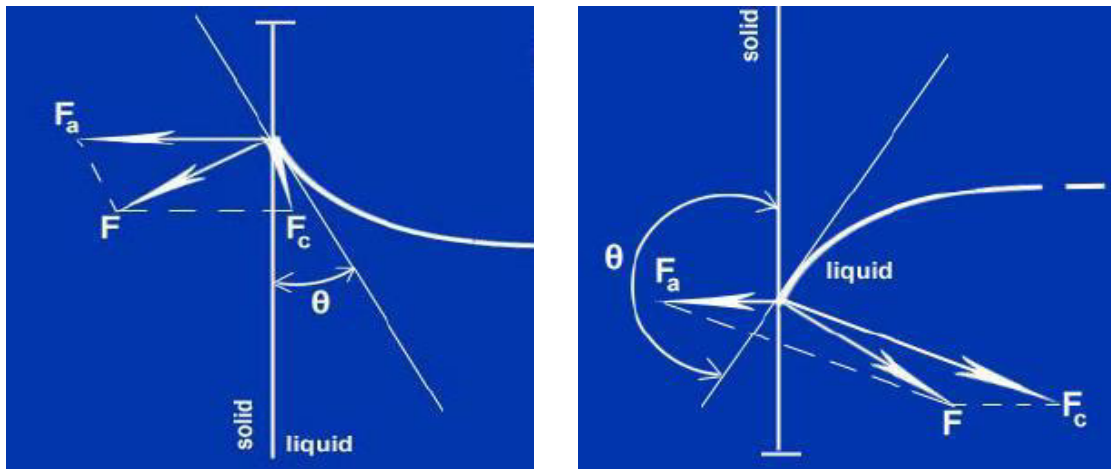
Fuente: Lu y Likos, 2004.

Como se mencionó líneas arriba las moléculas del líquido están solicitadas por dos fuerzas que se generan cuando el líquido abierto se pone en contacto con una pared sólida; estas fuerzas de cohesión (F_c) y adherencia (F_A) formarán una resultante (R) donde su dirección va a depender de quien predomine más, provocando así que la superficie del líquido se curve y se formen los meniscos cóncavos y convexos. El ángulo que forman estos meniscos vendría a ser el denominado

ángulo de contacto (θ); si $\theta < 90^\circ$ el menisco formado será cóncavo y si $\theta > 90^\circ$ el menisco será convexo (Journal of Engineering Science and Technology Review, 2009).

Figura 12

Formación de los meniscos



Fuente: Journal of Engineering Science and Technology Review 2 (1) (2009) 28-32

La presión que actúe en el interior del líquido generará una curvatura en la superficie en forma de un casquete esférico, para la cual se considerará un radio “R” y para el tubo capilar el radio será “r”. Estos dos radios se relacionan en función del ángulo de contacto (θ) de la siguiente manera:

$$r = R \cos \theta$$

Por la Ley de Laplace, se sostiene que se produce una sobrepresión hacia el interior del menisco:

$$P - P_o = \Delta P = \frac{2T_s}{r} \dots \dots (1)$$

Además, de la presión hidrostática se tiene:

$$P - P_o = h_c \rho g \dots \dots (2)$$

Relacionando las ecuaciones (1) y (2), se puede determinar la altura capilar con la siguiente

fórmula:

$$h_c = \frac{2T_s \cos \theta}{\rho r g}$$

Donde:

h_c : Altura capilar

T_s : Tensión superficial

θ : Ángulo de contacto

ρ : Densidad del líquido

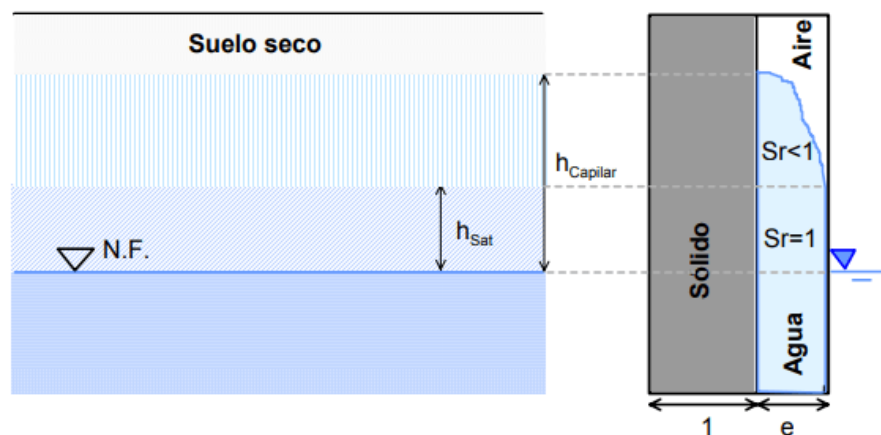
r : Radio del tubo capilar

g : Aceleración de la gravedad

Análogamente la capilaridad se representa en suelos con presencia del nivel freático, el agua tiende a subir por los poros del suelo, originando una altura capilar, en el que el agua ascendente forma una franja capilar; el agua de esta franja presenta presión negativa, aunque el suelo se encuentre saturado (Meza, 2012). En la figura 9 se puede observar un modelo de como el agua asciende a través del suelo formando una zona con diferentes fases debido al grado de saturación, que varía con la altura, ubicándose encima de la superficie del nivel freático.

Figura 13

Fases de un suelo cuando ocurre la ascensión capilar

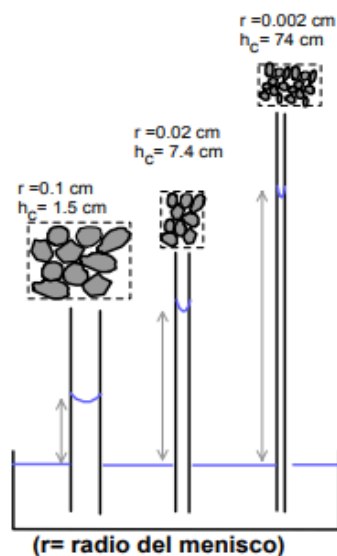


Fuente: Técnicas de medida y control de la succión y equipo experimental. Hoffmann, 2005

Asimismo, los poros interconectados del suelo se asimilan a una red de tubos capilares, en el cual la ascensión capilar del agua dependerá del tamaño de los poros. En otras palabras, un suelo con poros pequeños presentará un diámetro equivalente del tubo capilar también pequeño, sin embargo, la altura de la ascensión del agua será mayor (figura 14).

Figura 14

Ascensión capilar de acuerdo con el radio del menisco

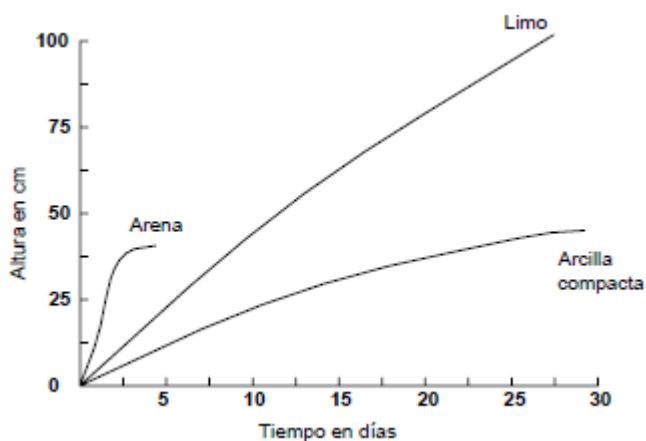


Fuente: Técnicas de medida y control de la succión y equipo experimental. Hoffmann, 2005.

La capilaridad es representada generalmente como una ascensión vertical simple; sin embargo, esto no es así. La corriente del agua cambia debido a los diferentes tamaños de vacíos que puedan presentar los suelos.

Figura 15

Movimiento del agua por capilaridad en diferentes tipos de suelos



Fuente: Alvarez et al., 2002.

En la figura anterior se puede apreciar que la corriente de agua en las arenas resulta más rápido, pero con una menor altura que en los limos donde el agua tiende a ascender en más tiempo, pero formando una altura mucho mayor, esto conlleva a que el limo resulta un medio favorable para el movimiento del agua hacia arriba. En el caso de la arcilla compacta, la ascensión del agua no llega a alcanzar la altura que alcanza el limo debido a que, la primera presenta una mayor reducción en la cantidad de vacíos.

2.1.13. Método de medición de la absorción del agua por capilaridad en base a la norma UNE-EN 1925

Primeramente, la muestra de suelo suelta debe ser compactada mediante el ensayo de Proctor Modificado (ASTM D-1557) a la densidad máxima seca (DMS) y óptimo contenido de humedad (OCH) presentes en el diseño ya sea de la subrasante o capa granular que conforma el pavimento la cual se desea hacer el ensayo.

En caso se le añada algún tipo de aditivo a la muestra; luego de ser compactada, esta deberá mantenerse al ambiente aproximadamente por 7 días, con el objetivo de que el aditivo se adhiera correctamente al suelo.

Luego, el testigo de suelo deberá secarse hasta llegar a una masa constante antes que entre en contacto con el agua y más adelante pasará a ser colocado en un desecador hasta lograr la temperatura ambiente de $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$.

Luego de secar el testigo, se procederá a pesar en una balanza que tenga una exactitud de 0.01 g y se calculará el área de la superficie que se sumergirá.

Más adelante, después de tomar como registro el peso seco (m_d), el testigo se colocará en un tanque con agua a presión atmosférica, apoyados sobre un disco poroso que facilitará el flujo del agua hacia la muestra.

Después de poner los testigos en contacto con el agua, se comenzará a controlar el tiempo; el testigo se sacará de la bandeja, se secará la base con un trapo húmedo y pasará a ser pesado en la balanza. Este proceso se repetirá cada cierto intervalo de tiempo hasta que el peso de la muestra sea mantenga constante.

De ese modo se puede calcular la absorción capilar de cada testigo, que se calcula como la el agua que es absorbida por la masa de suelo en un tiempo determinado sobre el área de la sección del testigo:

$$\frac{\Delta M_i}{S} = \frac{M_i - M_0}{S} \left(\frac{g}{cm^2} \right)$$

Donde:

M_i : Peso en el tiempo t_i (g)

M_0 : Peso seco (g)

S : Superficie de absorción (cm^2)

2.1.14. Flujo de agua en medio poroso

Se consideran los siguientes flujos de agua: flujo laminar, donde las moléculas de agua presentan un movimiento paralelo, y flujo turbulento, cuando se mueven tomando diferentes

sentidos. El cambio de estas dos va a depender de la velocidad a la que se mueve el agua; el flujo es laminar cuando su velocidad es relativamente baja, si esta aumenta se convierte en flujo turbulento; en caso contrario suceda que la velocidad del flujo turbulento disminuya, no llegará a tener la misma velocidad del flujo laminar que inicialmente cambió a turbulento. Existe una velocidad donde el flujo siempre será laminar y esta se denomina “velocidad crítica”. Además, existe una velocidad donde el flujo siempre será turbulento y esta es 6.5 veces a la velocidad crítica (Flores, 2000).

Figura 16

Trayectoria de las partículas de agua en régimen laminar y turbulento



Fuente: Flujo de agua a través de los suelos. Flores (2000).

2.1.14.1. Ecuación de Bernoulli. El comportamiento que tiene un fluido en una masa de suelo avanza desde un punto con mayor elevación a otro con menor elevación; debido a la diferencia de energía en existente en esos dos puntos. Bernoulli, presentó una ecuación para determinar la altura total de un punto en agua en movimiento denominada “Ecuación de Bernoulli” (Das, 2013).

$$h = \frac{u}{\rho_w g} + \frac{v^2}{2g} + z$$

Donde:

h : Carga total

u : Presión de agua

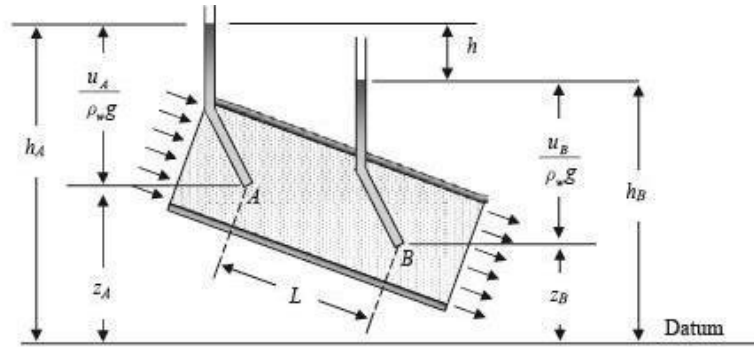
v : Velocidad

g : Aceleración debido a la gravedad

γ_w : Peso unitario del agua

Figura 17

Pérdida de carga cuando el agua fluye a través de un medio poroso



Fuente: Erlingsson, Brenčič, y Dawson. (2008).
Water Flow Theory for Saturated and Unsaturated Pavement Material.

En la figura 18, se esquematiza la circulación del agua entre dos puntos. Los tubos puestos en cada punto se denominan piezómetros, estos pueden indicarte el valor de presión de carga, a través de la altura vertical de agua a la que llega cada tubo. A la diferencia de alturas se le denomina pérdida de carga (h) y se determina mediante la siguiente expresión:

$$h_A = h_B + h = \frac{u_A}{\rho_w g} + \frac{v_A^2}{2g} + z_A = \frac{u_B}{\rho_w g} + \frac{v_B^2}{2g} + z_B + h$$

Como la velocidad del flujo de agua que atraviesa un medio poroso es pequeña, esta se puede despreciar quedando expresada de la siguiente forma:

$$h = \left(\frac{u_A}{\rho_w g} + z_A \right) - \left(\frac{u_B}{\rho_w g} + z_B \right)$$

2.1.14.2. Gradiente hidráulico. Se define como la pérdida de carga hidráulica por unidad de longitud que recorre el agua y se considera positivo en sentido del flujo del agua. Se representa con la siguiente fórmula:

$$i = \frac{\Delta h}{L}$$

Donde:

i : Gradiente hidráulico

L : Distancia entre los puntos en el cual ocurre la pérdida de carga

2.1.15. Permeabilidad en suelos

El suelo debido a que presenta vacíos en su estructura interna permite el paso del fluido a través de la misma. Esta capacidad se mide con la presencia de un gradiente hidráulico en una sección y longitud de suelo establecida. Además, la permeabilidad del suelo dependerá de la cantidad de vacíos; en un suelo donde el agua fluya con facilidad, significará que el porcentaje de vacíos es alto, por lo tanto, el suelo es permeable, caso contrario sucede cuando el agua no logra atravesar el suelo, esto significará que tiene la característica de ser impermeable (Whitlow, 1994).

Para Das (1985), la permeabilidad se diferencia de la infiltración, puesto que la primera depende del grado de saturación del suelo y se mide además a través de la permeabilidad del agua (K); más adelante se explicará mejor este concepto. La permeabilidad tendrá un mayor valor cuando el suelo se encuentre saturado, ya que dentro del suelo todos los espacios vacíos se encuentran llenos de agua lo que facilita que el agua que siga ingresando fluya con mayor facilidad.

$$q = k \cdot A \cdot \frac{(\Delta h)}{L} \dots (1)$$

Gradiente hidráulico:

$$i = \frac{\Delta h}{L} \dots (2)$$

Según la ecuación de continuidad:

$$v = \frac{q}{A} \dots (3)$$

Relacionando las ecuaciones 1,2 y 3 se llega a la siguiente expresión, denominada como la

Ley de Darcy.

$$v = k \cdot i$$

Dónde:

k : Coeficiente de permeabilidad (cm/s)

i : Gradiente hidráulico

v : Velocidad de descarga (cm/s)

El valor de la conductividad hidráulica resulta distinto para diferentes tipos de suelos, desde materiales finos a materiales gruesos; por lo que este valor se considera variable.

Tabla 9

Rango de valores de conductividad hidráulica (cm/s)

Conductividad hidráulica cm/s	Tipo de suelo	Grado de drenaje
10 ² 10 ¹ 10 ⁰ 10 ⁻¹	Gravas limpias	Muy buen drenaje
10 ⁻² 10 ⁻³ 10 ⁻⁴	Arenas limpias Mezclas grava-arena	Buen drenaje
10 ⁻⁵ 10 ⁻⁶	Arenas muy finas Limos y arenas limosas	Mal drenaje
10 ⁻⁷ 10 ⁻⁸ 10 ⁻⁹	Limos arcillosos (>20% arcilla) Arcillas sin fisuras	Prácticamente impermeable

Fuente: Whitlow, R. (1994). Basic Soil Mechanics

2.1.15.1. Limitaciones de la “Ley de Darcy”. En cuanto a la característica del flujo del agua, la “Ley de Darcy” tiene ciertas limitaciones que son definidas en función del número de Reynolds. Esto indica que, para medios porosos cuando el factor en mención es mayor, el régimen es turbulento y a menor valor el régimen es laminar; en otras palabras, para $R < 1$ el flujo del agua

será laminar, para $R > 10$ el flujo será turbulento y para R que tome los valores entre 1 y 10 el flujo del agua puede tomar ambas características.

Generalmente el paso del agua en los suelos es lento, lo que quiere decir que presentan un flujo laminar. Por tanto, se ha podido demostrar que la “Ley de Darcy” no es válida para flujos turbulentos.

A. Medio permeable continuo. Estudiado a nivel macroscópico, el medio permeable no debe presentar discontinuidades entre sus partículas.

B. Medio permeable saturado. La “Ley de Darcy” se desarrolló para la presencia de un solo fluido. Si en caso ocurriera que el medio poroso presente la condición de multifase, como pasa en un suelo parcialmente saturado (sólido, agua y aire), el aire dificultaría el libre movimiento del agua; lo que provocaría la reducción de la permeabilidad. Por tanto, la principal acción que se debe tomar es la eliminación del aire dentro del agua por ebullición o por acción del vacío.

C. Medio isotrópico y homogéneo. La permeabilidad funciona para medios porosos isotrópicos y homogéneos, con la finalidad de analizar un flujo unidireccional; sin embargo, en caso de que exista más de una capa permeable, se analiza la anisotropía del medio y se definen por separado las permeabilidades en sentido horizontal y vertical.

2.1.15.2. Factores que influyen en el coeficiente de permeabilidad. La permeabilidad depende de la viscosidad que puede presentar un líquido, la distribución granulométrica de los suelos, la distribución de las dimensiones variables de los poros, la rugosidad de las partículas del suelo, la relación de vacíos y el grado de saturación del suelo (Das, 2013).

A. Viscosidad del fluido afectado por la temperatura. En efecto, la conductividad hidráulica no solo depende del medio permeable sino también de las propiedades del fluido como es su viscosidad. La relación entre la permeabilidad y la viscosidad del fluido se da a través de la

siguiente fórmula:

$$K = k \frac{\gamma}{\mu} = k \frac{g}{v}$$

Donde:

K : Conductividad hidráulica (cm/seg)

k : Permeabilidad intrínseca (cm^2)

γ : Peso específico del fluido ($= \rho \cdot g$) (N/m^3)

g : Aceleración de la gravedad (m/seg^2)

μ : Viscosidad dinámica del fluido ($= v \cdot \rho$) ($N \cdot s/m^2$)

v : Viscosidad cinemática del fluido (m^2/seg)

De la ecuación anterior, se deduce que el valor de la permeabilidad se relaciona con el peso específico y viscosidad cinemática del fluido, la cual esta última depende de la temperatura. La relación se expresa de la siguiente manera:

$$\frac{K_1}{K_2} = \frac{v_{T2}}{v_{T1}} \cdot \frac{\gamma_{T1}}{\gamma_{T2}}$$

Considerando que en el caso del agua el peso específico no varía, la ecuación queda comprendida en función de la viscosidad cinemática. De ese modo si se quiere conocer la permeabilidad a una temperatura t , se utiliza la siguiente ecuación donde se relaciona con la permeabilidad calculada en laboratorio, normalmente a una temperatura de $20^\circ C$.

$$K_t = K_{20} \frac{v_{20}}{v_t}$$

B. Distribución granulométrica. A menor tamaño de las partículas, la permeabilidad disminuye, lo que no sucede con los materiales de mayor tamaño sobre todo con una mejor gradación.

C. Relación de vacíos. Como un factor que es necesario para la determinación de la

permeabilidad, porque si se compacta una determinada cantidad de suelo, el volumen de las partículas sólidas no cambia; sin embargo, lo que se reduce es el volumen de vacíos y lo que produce al mismo tiempo la disminución de la permeabilidad.

D. Grado de saturación. Una muestra que no se encuentre completamente saturada; es decir que en su interior existan burbujas de aire producto de la tensión superficial, reduce el valor de la permeabilidad, debido a que estas burbujas de aire obstruyen el libre paso del agua a través del medio permeable.

2.1.15.3. Métodos para determinar el coeficiente de permeabilidad. La permeabilidad puede ser medida en laboratorio o en el terreno. En el primero, se tiene dos métodos las cuales se emplean de acuerdo con el tamaño de las partículas que presente la muestra de suelo; es decir para materiales gruesos se emplea el permeámetro de carga constante o pared rígida y para suelos más finos se emplea la carga variable o de pared flexible. El ensayo en el terreno o in situ, generalmente se realiza debido a la dificultad que se tiene de obtener una muestra representativa de suelo. Todos estos métodos obedecen a la condición de flujo gravitacional.

Si se tienen conductividades hidráulicas más bajas, es necesario aplicar mayor presión que fuercen el flujo del agua contra las fuerzas de adsorción, para esto se necesita de la aplicación de fuerzas mecánica o eléctrica (Romaña, 2014).

Los procedimientos para determinar la conductividad hidráulica se dividen en dos métodos: directos e indirectos. Los primeros, tienen como finalidad determinar el coeficiente de permeabilidad, mientras los segundos también otorgan el valor del coeficiente de permeabilidad, pero de manera mediata usando fórmulas derivadas de técnicas que poseen otros fines.

A. Métodos directos

- Prueba directa in situ

- Permeámetro de carga constante
- Permeámetro de carga variable

B. Métodos indirectos

- Cálculo a partir de la curva granulométrica
- Cálculo a partir de la prueba de consolidación
- Cálculo con la prueba horizontal de capilaridad

2.1.16. Método de medición de la conductividad hidráulica con pared flexible

Basado en la ASTM D 5084, esta prueba se realiza en suelos finos o altamente impermeables. La ventaja que tiene el permeámetro de pared flexible es la saturación total del espécimen mediante la aplicación de presiones laterales y axiales a la muestra. Con el ensayo se determina el parámetro de conductividad hidráulica o más conocido como coeficiente de permeabilidad K , puede ser calculado en muestras inalteradas o compactadas con una velocidad menos de $1 \times 10^{-3} \text{ cm/s}$ o incluso igual. La conductividad hidráulica de un permeámetro de pared rígida (ASTM D 2434) debe ser mayor que $1 \times 10^{-3} \text{ cm/s}$.

Los pasos a realizar son parecidos al ensayo triaxial, una vez preparada la muestra pasa a ser colocada en la cámara del permeámetro con dos discos porosos, superior e inferior; los cuales estarán conectados al sistema de drenaje, además de una membrana de látex que se utiliza para cubrir el espécimen. Se aplica la presión exterior o también llamado presión de confinamiento para llenar la celda, luego se aplica la presión interior o presión de saturación a través de las válvulas de drenaje inferior con el propósito de saturar la muestra. Dentro de la variación de presiones, la presión exterior debe ser menor que la interior para que la muestra no llegue a estallar. Se llega a la saturación completa cuando el parámetro B de Skempton es mayor o igual a 0.95.

$$B = \frac{\Delta u}{\Delta \sigma_c}$$

Donde:

Δu : aumento d la presión de poros

$\Delta \sigma_c$: Aumento de la presión de confinamiento

Luego de haber confirmado la saturación total de la muestra, se deja pasar el flujo de agua a través del espécimen y finalmente se determina el coeficiente de permeabilidad k (cm/s):

$$k = \frac{aL}{A(t_2 - t_1)} \ln\left(\frac{h_1}{h_2}\right)$$

Donde:

a : área de la bureta (cm²)

a : longitud de la muestra bureta (cm)

A : área de la muestra

h_i : carga hidráulica en el tiempo t_i

III. MÉTODO

3.1. Tipo de investigación

Según Hernández y Fernández (2014), la investigación es la agrupación de distintos procesos sistemáticos, críticos y empíricos aplicados al estudio de un fenómeno; también señalan que debido a las diferentes hipótesis planteadas por diferentes escuelas de pensamiento que han surgido a lo largo de la historia, dos perspectivas de análisis principales de investigación: cuantitativo y cualitativo.

El enfoque de la presente investigación es cuantitativo, ya que se utiliza la recolección de datos numéricos que posteriormente serán analizados mediante herramientas matemáticas y estadísticas para responder la formulación de las preguntas y probar las hipótesis planteadas previamente.

El propósito es aplicado, ya que se encarga en resolver el problema específico de la infiltración de agua en carreteras de bajo volumen de tránsito que presentan soluciones básicas. En esta investigación se utilizan teorías existentes que son aplicados a la realidad.

La investigación tiene un alcance explicativo, ya que se explican las causas del fenómeno producto de las relaciones entre las variables. En la investigación se emplearon tres tipos de estabilizadores químicos con la finalidad de determinar cuál o cuáles de las alternativas, presentan un comportamiento efectivo en cuanto a la impermeabilización del material que forma parte del pavimento económico.

El diseño de esta investigación es cuasi experimental, ya que la población, en este caso el material de la cantera, debe presentar ciertas características que cumplan con las especificaciones técnicas de estabilización. Asimismo, las muestras se seleccionaron de forma no aleatoria siguiendo la normativa donde se establece la cantidad de exploraciones que se deben realizar

dependiendo del propósito del estudio.

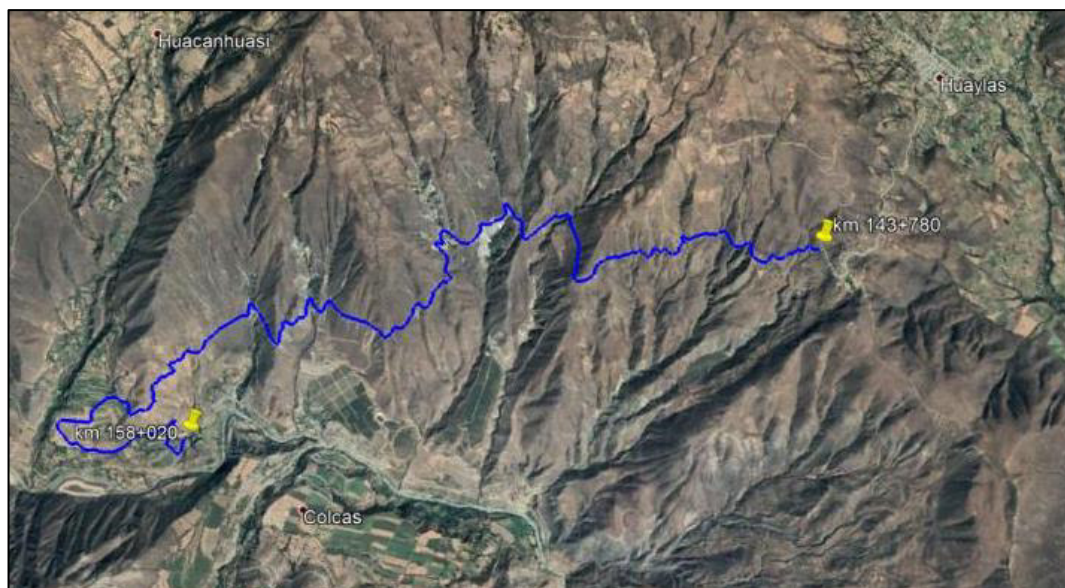
3.2. **Ámbito temporal y espacial**

La presente tesis tiene como ámbito espacial la carretera Emp. PE. 1NQ (Dv. Lacramarca) – La Aguada – Las Cruces – Lacramarca – Santa Ana – Quitacocha – Huaylas – Emp. PE-3N (San Diego), entre las progresivas km 143+780 al km 158+020 ubicado en el distrito de Huaylas, provincia de Huaylas y departamento de Ancash.

Los ensayos de la calidad del agregado y el de capilaridad, así como los trabajos en gabinete se realizaron en el año 2019 en el laboratorio JBO Ingenieros SAC, mientras que los ensayos de permeabilidad se realizaron en el año 2020 en el laboratorio LEDEMAC (Laboratorio de ensayos Dinámicos y Estáticos para Materiales de Construcción).

Figura 18

Zona de estudio



Fuente: Elaboración propia

3.3. Variables

3.3.1. *Variable dependiente*

Infiltración del agua en suelos que forman parte de la capa granular de un pavimento económico.

3.3.1.1. Dimensión de la variable dependiente

X1: Absorción capilar de agua en suelo estabilizado

X2: Ascensión capilar de agua en suelo estabilizado

X3: Permeabilidad del suelo estabilizado

3.3.1.2. Indicador de la variable dependiente

A. Indicador de la dimensión de la variable X1

- Peso del agua absorbida (gr)
- Absorción de agua (% absorción)
- Succión capilar (gr/cm²)
- Absorción capilar (gr/cm²)

B. Indicador de la dimensión de la variable X2

- Altura de ascensión capilar (cm)

C. Indicador de la dimensión de la variable X3

- Saturación de la muestra (% saturación)
- Volumen de bureta (cm³)
- Presión de confinamiento (KPa)
- Presión de poros (KPa)
- Tiempo (s)
- Temperatura (°C)

- Coeficiente de permeabilidad (cm/s)

3.3.2. *Variable independiente*

Estabilización de suelos con aditivos químicos

3.3.2.1. Dimensión de la variable independiente

Y1: Dosificación del estabilizador químico

Y2: Propiedades índice del material a estabilizar

3.3.2.2. Indicador de las variables independientes

A. Indicador de la dimensión de la variable Y1

- Porcentaje de cemento (%)
- Dosis de aditivo químico (kg/m³)

B. Indicador de la dimensión de la variable Y2

- Granulometría (% que pasa el tamiz)
- Contenido de humedad (% de humedad)
- Cantidad de material que pasa por la malla N°200 (% finos)
- Límites de consistencia (% humedad)
- Máxima densidad seca (gr/cm³)
- Optimo contenido de humedad (%humedad)
- CBR (%)

3.4. Población y muestra

3.4.1. Población

Se considera como población a la cantera La Torre, ubicada en la provincia de Huaylas del departamento de Ancash. La elección de la población se dio mediante un análisis previo, donde se evaluó la ubicación, el área y las características del material que lo conforma.

3.4.2. Muestra

El método de selección de la muestra fue no probabilístico, ya que se tiene objetivos específicos, por ende; las muestras seleccionadas deben cumplir con los criterios de la investigación. Según los requerimientos se realizaron 11 muestreos (9 calicatas y 2 trincheras) a lo largo del área de la cantera.

Para la conformación de los especímenes, el material se compactó en capas según lo indicado por cada norma de ensayo, con la adición de tres estabilizadores químicos como el cemento, el aditivo químico organosilano y el aditivo químico aceite sulfonado, bajo el cumplimiento del Documento Técnico: Soluciones Básicas en Carreteras No pavimentadas del MTC (Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú).

3.5. Instrumentos

3.5.1. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La técnica empleada para la recolección de datos iniciales fue la observación directa en campo, bajo el análisis de un especialista quien fue el encargado de analizar las características del material para una correcta aplicación en la investigación.

Como instrumentos se emplearon las fichas técnicas que ayudaron a sintetizar la información correspondiente a los indicadores de estudio. En estas fichas se recolectaron información de los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio, bajo la normativa de

procedimientos de ensayos y manuales correspondientes.

3.5.2. Validación de los instrumentos por juicio de expertos

La validación de los instrumentos permite medir las dimensiones de las variables, con la finalidad de garantizar la correcta obtención de los datos. En este caso la validación de instrumentos se realizó a través del juicio de expertos en el área.

Las fichas técnicas fueron evaluadas mediante el Formato de Validación por Expertos, en el cual se encuentran los indicadores de evaluación del instrumento, estas pueden encontrarse de muy malo (valor de 1) a muy bueno (valor de 5). Adicionalmente, el formato de validación presenta una valoración cuantitativa, cuyos puntajes son: 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 y 1, siendo este último considerado como válido a aplicar.

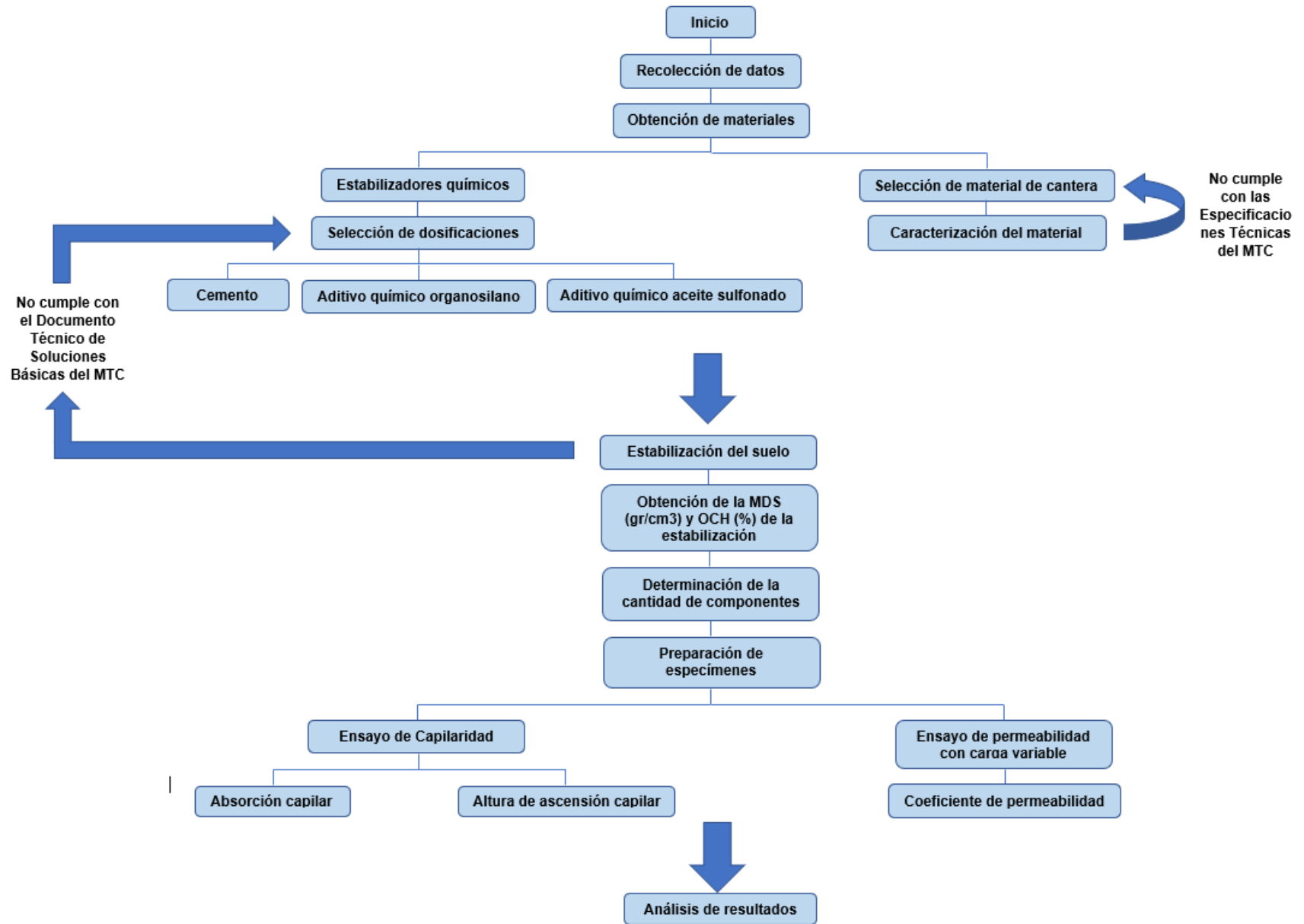
Las fichas utilizadas en la presente investigación fueron evaluadas por ingenieros civiles con experiencia en la rama de Mecánica de suelos y Geotecnia, quienes señalaron que las fichas como instrumentos, son válidas para aplicarse en la presente investigación. Los formatos de validación de expertos se encuentran en el Anexo D.

3.6. Procedimientos

3.6.1. Diseño de ingeniería

Figura 19

Diseño de ingeniería



Fuente: Elaboración propia

3.6.2. Procedimientos

3.7.2.1. Toma de muestras. Se realizaron once muestreos en toda la cantera, de las cuales se ejecutaron nueve calicatas y dos muestreos en el talud. En el siguiente cuadro se puede observar imágenes de algunos puntos de muestreo.

Figura 20

Muestreo en campo



Fuente: Elaboración propia

3.7.2.2. Ensayos de laboratorio. Antes de realizar los ensayos de capilaridad y permeabilidad, se determinaron las características principales de todas las muestras tomadas en

campo a través de los ensayos de laboratorio cuyos procedimientos se encuentran en el Manual de Ensayos de Materiales. Cabe señalar que cada ensayo presentado tiene su respectivo certificado de laboratorio, las cuales se encuentran en el Anexo E.

A. Análisis Granulométrico de Agregados. En base a la Norma Técnica Peruana 400.012 realizó el ensayo de análisis granulométrico del material previamente lavado por la malla N°200 para determinar el porcentaje de material fino de la muestra. Se lleva el material limpio al horno para secar por aproximadamente por 16 horas, luego se realiza el tamizado del material separado en grueso y fino a través de tamices de diferentes tamaños y con la ayuda de una balanza se registra el peso retenido en cada tamiz. Luego de obtener los pesos, se calculó el porcentaje de suelo pasante en cada tamiz; valores que permitan graficar la curva granulométrica.

B. Límites de consistencia. Por otro lado, para poder determinar los límites de consistencia de las muestras; como indica la norma, el suelo debe ser tamizado previamente por la malla N° 40, con una cantidad de 200 gr aproximadamente.

En la ejecución del límite líquido, el procedimiento consistió en tomar la mitad de la muestra tamizada y luego saturarla con agua destilada. De la muestra saturada, se tomó aproximadamente 20 g. con la ayuda de una espátula y colocó en el aparato denominado copa Casagrande. Posteriormente, utilizando un ranurador se separó el suelo por la mitad y se iniciaron los golpes dejando caer la copa a una altura de 1 cm, contabilizando en total 25 golpes. Hasta haber logrado el cierre de la abertura del suelo de 1 cm aproximadamente, la parte que no se serró completamente fue llevada al horno para determinar la humedad, este valor representa el límite líquido.

Para la determinación del límite plástico, se tomó la otra mitad del suelo y se agregó cierta cantidad de agua hasta que se puedan formar rollitos de hasta 3.2 mm de diámetro, enrolladas sobre una superficie lisa hasta reunir 6 g de muestra, la cual fue llevado al horno a una temperatura de

$110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ por aproximadamente 16 horas.

De los datos anteriores se determinó el índice plástico, mediante una simple resta entre los límites calculados anteriormente.

C. Proctor Modificado del suelo natural (ASTM D 1557, MTC E 115). El método se emplea para determinar la máxima densidad seca y el óptimo contenido de humedad del suelo, y la relación que presentan ambos parámetros. Como ya se mencionó la muestra seleccionada para el ensayo fue la más cercana al promedio, la cual fue la calicata C-1. Se inició con el tamizado de la muestra, los porcentajes de los pesos retenidos se compararon con lo especificado en cada método que presenta la norma, cumpliendo en este caso con el método “C”. Luego, se prepararon 4 muestras que representan cuatro puntos en la curva de compactación, a cada una de ellas se le realizó el proceso de compactación lo cual consiste en dividir el suelo en 5 partes, previamente habiendo agregado o retirado agua del suelo, dependiendo de las condiciones de humedad en la que esta se encuentre inicialmente, cada una de las partes divididas del suelo fueron colocados en capas dentro del molde de 6 pulg. de diámetro con un papel de filtro ubicado en la base de esta. A cada capa se le aplicó 25 golpes con la ayuda de un pisón o martillo que en este caso fue operado mecánicamente. Posteriormente se prosiguió a pesar el molde con la finalidad de obtener el valor que servirá como dato para graficar la curva de compactación junto con la humedad del suelo compactado.

Figura 21*Proceso de compactación de la muestra natural*

Fuente: Elaboración propia

D. Ensayo CBR (ASTM D 1883, MTC E 132). Previamente se realiza la compactación de la muestra de suelo al valor del contenido óptimo de humedad y máxima densidad seca.

Primero se pesa el molde de 6 pulg. de diámetro y la base. Luego se coloca el collar, el disco espaciador donde irá un papel filtro grueso. Luego se añade cierta cantidad de agua con la que se llega al óptimo contenido de humedad y se procede con la compactación del suelo en su interior hasta completar las 5 capas. La norma indica que para suelos granulares se realiza una serie de 55, 26 y 12 golpes por capa, por ello, se tendrá 3 curvas correspondientes a la cantidad de golpes aplicados.

Después de haber culminado la compactación, se retira el collar y se enrasa para nivelar la superficie llenando los vacíos con material fino.

Se desmonta el espécimen para retirar el disco espaciador y se vuelve montar nuevamente en forma invertida, colocando en su base otro papel de filtro.

Se procede a la inmersión del espécimen; si bien se desea conocer la resistencia del suelo en el estado natural en que se encuentra la capa del pavimento, la norma indica que el material deberá presentar las condiciones críticas de humedad (más desfavorable); es decir en condiciones saturadas. Es por eso que se plantea sumergir la muestra confinada en el molde, durante 4 días antes de realizar el ensayo de penetración. Previo a esto se coloca sobre la superficie una sobrecarga que simula aproximadamente la presión aplicada por las demás capas que se encuentran encima del material. Adicionalmente se coloca un deformímetro en forma de trípode graduado a cero al inicio del sumergimiento.

Cumplido el tiempo se retira el molde sumergido, la sobrecarga y se toma la lectura del hinchamiento. Después se deja escurrir durante 15 min.

Para terminar, sobre el pistón de penetración se aplica carga a una velocidad de penetración de 1.27 mm (0.05”) por minuto y se toma las lecturas de penetración. Usando los datos de lectura se determina el valor de CBR o también llamado resistencia del material.

3.7.2.3. Determinación de las cantidades de los aditivos químicos. Para determinar la dosis óptima del aditivo se realizaron varias mezclas entre el material de la cantera La Torre con las diferentes dosificaciones; tomando en cuenta la metodología recomendada por los fabricantes de los aditivos y como referencia los diferentes proyectos desarrollados a nivel nacional.

A. Aditivo químico en estado líquido. Para la estabilización del suelo, se emplearon dos aditivos químicos en estado líquido, las cuales se muestran en la tabla 10, junto a sus composiciones químicas y sus dosificaciones correspondientes.

Tabla 10*Dosificaciones utilizadas para suelo-aditivo químico*

NOMBRE COMERCIAL	COMPOSICIÓN QUÍMICA	DOSIFICACIÓN
Terrasil	Organosilano	0.75 kg/m ³
CON-AID	Aceite Sulfonado	0.35 kg/m ³

Fuente: Elaboración propia

Así mismo, se añadió una dosis de cemento portland a cada mezcla con la finalidad de mejorar su resistencia (valor de CBR):

- 0.75 kg/m³ aditivo organosilano + 1% cemento portland
- 0.35 kg/m³ aditivo sulfonado + 1% cemento portland

Se utilizó 6000 g de suelo natural, requeridos para la estabilización. Debido a que el suelo no debe presentar humedad, se determina el peso del suelo seco a través de la siguiente fórmula:

$$P_s = \left(\frac{P_h}{1 + \frac{W}{100}} \right)$$

Con el valor obtenido y la densidad máxima seca (MDS) del suelo, se determina el volumen de suelo.

$$V_s = \frac{P_s}{MDS}$$

Luego, con el volumen de suelo seco y la dosis del aditivo químico ya mencionado se pudo determinar la cantidad de aditivo en gramos.

$$P_{aditivo} = V_s \cdot dosificación (g)$$

En cuanto a la cantidad del cemento simplemente se calculó el 1% del peso seco del suelo.

$$P_{cemento} = \frac{1}{100} P_s$$

Ahora, se determina la cantidad de agua que fue añadida a la mezcla total, con la siguiente

fórmula.

$$P_{agua} = \left(\frac{|OCH|}{100 + W} \right) (P_s + P_{cemento}) (g)$$

En las figuras 23 y 24 se observa la mezcla del aditivo químico organosilano y aditivo químico sulfonado respectivamente.

Figura 22

Aditivo químico organosilano



Fuente: Elaboración propia

Figura 23

Aditivo químico aceite sulfonado



Fuente: Elaboración propia

B. Aditivo químico – cemento. En el caso del cemento portland se utilizó como dosis

óptima el 5% del peso seco de la muestra, como producto de la evaluación de distintos proyectos donde indican que ese valor es el que mejor comportamiento tiene al momento de mezclarse con el suelo natural.

$$P_{\text{cemento}} = \frac{5}{100} \cdot P_s$$

Figura 24

Cemento portland



Fuente: Elaboración propia

3.7.2.4. Estabilización de suelos

A. Estabilización con aditivo químico (EAQ). Se ha considerado los requerimientos técnicos que deben cumplir cada tipo de estabilización con sus respectivos parámetros máximos y/o mínimos presentes en el Documento Técnico – Soluciones Básicas en Carreteras No Pavimentadas.

Los requerimientos para suelo estabilizado con Productos químicos son los siguientes:

1. CBR* = 100% mínimo (MTC E 115, MTC E 132)
2. Expansión ≤ 0.5 %

(*) CBR corresponde a la penetración de 0.1”

B. Ensayo CBR del material estabilizado. Una vez establecidas las dosificaciones de los

aditivos, se pasó a realizar las mezclas. Primeramente, se hizo el ensayo de Proctor Modificado (MTC E 115-2016), para obtener los valores de densidades máximas y el óptimo contenido de humedad de cada mezcla. El proceso de mezcla y compactación se muestra en el siguiente cuadro de imágenes.

Figura 25

Proceso de mezcla y compactación para suelo – aditivo químico organosilano



Fuente: Elaboración propia

Figura 26

Proceso de mezcla y compactación para suelo – aditivo químico aceite sulfonado



Fuente: Elaboración propia

Luego, cada testigo se dejó al ambiente por 7 días para que completen el proceso de curado con el aditivo y se procedió a realizar el ensayo de CBR.

C. Estabilización con cemento portland (ECP). Para la ejecución de la estabilización suelo-cemento, se empleó el Soil-Cement, Laboratory Handbook de la Portland Cement Association (PCA).

Se ha considerado los requerimientos técnicos que debe cumplir la estabilización suelo-cemento con sus respectivos parámetros máximos y/o mínimos presentes en el Documento Técnico – Soluciones Básicas en Carreteras No Pavimentadas.

Los requerimientos para suelo estabilizado con Cemento Portland son los siguientes:

1. Resistencia a compresión simple = 1.8 MPa mínimo (MTC E 1103)

2. Humedecimiento-secado (MTC E 1104):

- Para suelos A-1; A-2-4; A-2-5; A3 = 14% de Pérdida Máxima
- Para suelos A-2-6; A-2-7; A-4; A5 = 10% de Pérdida Máxima
- Para suelos A-6; A-7 = 7% de Pérdida Máxima

Se tomó como referencia el valor de la máxima densidad seca del suelo en estado natural para determinar el peso del cemento que fue agregado al suelo antes de realizar el ensayo de Proctor Modificado del suelo estabilizado.

Así pues, se realizó el ensayo de Proctor con la finalidad de determinar el OCH por cada dosis de cemento portland tipo I, respecto del peso de los agregados secos que fueron tomados como referencia del rango de cementos requeridos según la clasificación de los suelos, presentados por la Federal Highway Administration (FHWA):

Tabla 11

Rango de cemento empleado según la clasificación de suelos.

Clasificación de Suelos AASHTO	Rango usual de cemento requerido % del Peso de Suelos
A-1-a	3 - 5
A-1-b	5 - 8
A-2	5 - 9
A-3	7 - 11
A-4	7 - 12
A-5	8 - 13
A-6	9 - 15
A-7	10 - 16

Fuente: Federal Highway Administration (FHWA):

Se utilizaron las dosificaciones de 3%, 5% y 7% para analizar el comportamiento del cemento portland tipo I, aplicado al suelo natural.

Finalmente se moldearon los testigos con el agua óptima obtenida del ensayo de Proctor Modificado y la dosis de cemento correspondiente.

Para el diseño de la mezcla suelo-cemento portland, los testigos moldeados se curaron a medio ambiente durante 7 días. Luego estas probetas fueron ensayadas a compresión simple no confinada (ASTM D 1633).

En el siguiente cuadro de imágenes, se muestra el proceso de mezcla y compactación de la estabilización suelo-cemento portland.

Figura 27

Proceso de mezcla y compactación para suelo – cemento portland



Fuente: Elaboración propia

Además, se verificó la pérdida de peso de la mezcla compactada que, al ser sometida al ensayo de durabilidad, Humedecimiento – Secado (MTC E 1104), no sobrepase los límites de acuerdo a la clasificación que presente el suelo, según el Documento Técnico – Soluciones Básicas No Pavimentadas y las Especificaciones Técnicas EG-2013 del MTC (Sección 301.A).

Tabla 12

Rangos de pérdida de peso de la muestra compactada (Humedecimiento – Secado).

SUELO POR ESTABILIZAR	PÉRDIDA MÁXIMA (%)
A-1;A-2-4;A-2-5;A3	14
A-2-6;A-2-7;A-4:A5	10
A-6;A-7	7

Fuentes: EG-2013 (MTC)

3.7.2.5. Ensayo de ascensión capilar (capilaridad). Para determinar la cantidad de agua que se introduce en el pavimento económico por el fenómeno de ascensión capilar provenientes del nivel freático de la zona, se ha tomado como fundamento direccionado a esta investigación, la norma UNE-EN13755-2008 “Métodos de ensayo para piedra natural – Determinación de la absorción de agua a presión atmosférica”.

El ensayo fue realizado en suelos estabilizados con los siguientes elementos:

- Estabilización con aditivo químico organosilano
- Estabilización con aditivo químico aceite sulfonado
- Estabilización con cemento portland

Las muestras han sido moldeadas a la densidad máxima seca y óptimo contenido de humedad. Los testigos, tiene 10 cm de diámetro y 11.6 cm de altura que fueron colocados sobre unas piedras porosas cada uno para evitan el contacto directo del suelo con el agua que se encuentra en la bandeja; estas piedras porosas presentan poros uniformes que facilitan el flujo del agua en forma ascendente, llegando así a la base del testigo sin alterar la estructura interna del suelo.

El tiempo que los testigos estuvieron en contacto con el agua fueron durante 5 días; los registros fueron evaluados a diario a través del incremento de peso en cada testigo y las medidas de las alturas alcanzadas por el agua. Los tiempos de medidas fueron 1 h, 2 h, 3 h, 4 h, 5 h, 6 h, 1 día, 2 días, 3 días, 4 días y 5 días respectivamente, basados en el formato empleado por el

laboratorio JBO Ingenieros S.A.C.

Las siguientes imágenes muestran la ascensión capilar del suelo estabilizado para cada intervalo de tiempo ya mencionado.

Figura 28

Ascensión capilar del agua en el suelo natural y estabilizado con aditivo químico



Suelo+Aditivo aniónico (0.35 l/m³), Suelo+Aditivo organosilano (0.75 l/m³), Suelo+Cemento (5% respecto del peso seco) y Suelo Natural (1 y 2 horas)



Suelo+Aditivo eniónico (0.35 l/m³), Suelo+Aditivo organosilano (0.75 l/m³), Suelo+Cemento (5% respecto del peso seco) y Suelo Natural (3 y 4 horas)



Suelo+Aditivo aniónico (0.35 l/m³), Suelo+Aditivo organosilano (0.75 l/m³), Suelo+Cemento (5% respecto del peso seco) y Suelo Natural (5 y 6 horas)



Suelo+Aditivo aniónico (0.35 l/m³), Suelo+Aditivo organosilano (0.75 l/m³), Suelo+Cemento (5% respecto del peso seco) y Suelo Natural (1 y 2 días)



Suelo+Aditivo aniónico (0.35 l/m³), Suelo+Aditivo organosilano (0.75 l/m³), Suelo+Cemento (5% respecto del peso seco) y Suelo Natural (3 y 4 días)



Suelo+Aditivo enzimático (0.05 l/m³), Suelo+Aditivo organosilano (0.75 l/m³), Suelo+Cemento (5% respecto del peso seco) y Suelo Natural (5 días)

Fuente: Elaboración propia

En la figura 30 se presenta la forma adecuada de la medición de los pesos de cada testigo.

Antes de pesar estos testigos en la balanza, se recomienda secar la base de estos con un trapo seco

para no alterar el peso real y se pueda tener un dato más preciso de la absorción del agua.

Figura 29

Medición de incremento de peso de cada testigo estabilizado



Fuente: Elaboración propia

En cuanto a la medición de la altura alcanzada por el agua, se utilizó una wincha simple y se midió a partir de la base del testigo hasta la línea que diferencia el cambio de color en el molde; cabe señalar que este procedimiento conlleva cierto grado de inspección visual y dependerá además de la precisión que se tenga al momento de realizar las mediciones.

Figura 30

Medición de altura capilar de cada testigo estabilizado



Fuente: Elaboración propia

Todos los valores provenientes de las mediciones se anotaron en una plantilla u hoja de apuntes (Anexo C), distribuida convenientemente de acuerdo con los intervalos de tiempos implantados. Una vez llenada la plantilla, se procesaron los datos en gabinete para poder hacer el análisis correspondiente.

3.7.2.6. Ensayo de permeabilidad de carga variable. El ensayo de permeabilidad se realiza siguiendo el procedimiento que indica la norma ASTM D 5084.

Para determinar las medidas del espécimen, se tendrá en cuenta lo siguiente: el diámetro y la altura deberá ser al menos 6 veces mayor que el tamaño de la partícula más grande dentro de la muestra.

A. Preparación de la muestra. Se procede a la preparación de la muestra tomando en cuenta las medidas del molde ya determinados de 7.1 mm de diámetro y 14.1 mm de altura, la máxima densidad seca (MDS) y el óptimo contenido de humedad (OCH) del material, obtenidos en laboratorio. Los pesos de la muestra y la cantidad de agua a emplear se calcularán a través de las siguientes fórmulas:

$$P_{seco} = MDS \times V_{molde}$$

$$P_{agua} = OCH \times P_{seco}$$

B. Moldeado de espécimen. Una vez preparada la muestra se procede a colocarlo dentro del molde dividido en 5 capas para luego compactarlo (procedimiento parecido al ensayo del Proctor modificado). La norma no indica que se tenga que compactar en capas; sin embargo, esto se realiza para tener la seguridad de una adecuada compactación de la muestra. Lo que si indica la norma es que, si en caso se hiciera este procedimiento, el lado que entrara en contacto con la siguiente capa deberá ser ligeramente escarificada con un tenedor u otro objeto que permita tener una superficie rugosa.

Figura 31

Colocación y compactación de la muestra



Fuente: Elaboración propia

Seguidamente, se retira el molde con la ayuda de una espátula y se pesa el espécimen en una balanza de 0.1 gr de precisión.

Figura 32

Retiro del molde y peso del espécimen compactado



Fuente: Elaboración propia

C. Saturación de la muestra. Antes de la colocación de la muestra dentro de la cámara

triaxial, se remojan dos hojas de papel filtro en un recipiente con agua junto con las piedras porosas. Estas irán en ambos extremos del espécimen para lo cual deberán tener las medidas de la sección transversal de la misma.

Se ubica la muestra y luego se coloca la membrana, el cual es una fina capa de grasa de silicona con una gran cantidad de vacíos en toda su superficie con la ayuda de un expansor de membrana.

En los extremos de la muestra se colocan una o más juntas para sellar la membrana a la base; de la misma forma en la parte superior para ajustar la membrana en el tubo de flujos de agua.

Figura 33

Montaje del espécimen en la celda del permeámetro



Fuente: Elaboración propia

Posteriormente, se ensambla la celda del permeámetro y se llena con agua permeante desairada. Se aplicará una presión de confinamiento de 7 a 35 KPa (1 a 5 psi) para ir eliminando el aire dentro de la celda. Luego de verificar que no exista aire visible dentro de las líneas de flujo de agua se cierra las válvulas de control.

Figura 34

Llenado de agua desairada en la celda del permeámetro



Fuente: Elaboración propia

Se carga la presión de confinamiento a 50 KPa (7 psi) y se abre la válvula de presión de cámara hasta estabilizar. Luego se toma lectura de la presión de poros y se cierra la válvula de presión de cámara. Se calcula el porcentaje de saturación con el parámetro B de Skempton.

$$B = \frac{\Delta_u}{\Delta_{\sigma c}}$$

Donde:

Δ_u = aumento de la presión de poros

$\Delta_{\sigma c}$ = aumento de la presión de confinamiento

Luego se carga la contrapresión a 45 KPa (6.5 psi) y se abren las válvulas de presión de cámara y contrapresión.

Después de 24 horas aproximadamente, se continúa con el mismo procedimiento; se mide la presión de poros y se cierran las válvulas de presión de cámara y contrapresión. Se aumenta la presión de cámara a 100 KPa (14.5 psi) y se abre la válvula de presión de cámara hasta estabilizar

Luego se toma lectura de la presión de poros y se cierra la válvula de presión de cámara. Se calcula el porcentaje de saturación con el parámetro B ya mencionado, y nuevamente se carga la contrapresión aumentada a 95 KPa (13.7 psi) y se abren las válvulas de cámara y contrapresión.

El mismo procedimiento se mantendrá hasta que el parámetro B tenga como valor mínimo de 0.95.

Figura 35

Etapas de saturación de la muestra



Fuente: Elaboración propia

D. Consolidación. Para el proceso de consolidación de la muestra se cerrarán todas las válvulas. Se mantendrá el valor de contrapresión con el cual se llegó a la saturación de la muestra. Luego para determinar la presión de consolidación se sumó la presión de esfuerzos efectivos de 50 KPa.

$$P_c = CP + E_e$$

Donde:

P_c = Presión de consolidación (KPa)

CP = Contrapresión de saturación (KPa)

E_e = Presión de esfuerzo efectivo

Luego se determina la presión de entrada de poros en la muestra siguiendo la ecuación de Bernoulli:

$$i \times L = \frac{P_E}{\delta} + \frac{V_E}{a} - \frac{P_s}{\delta} - \frac{V_s}{a}$$

$$P_s = CP = \text{Contrapresión}$$

$$P_E = i \times L \times \delta + P_s$$

Donde:

P_E = Presión de entrada (KPa)

P_s = Presión de salida (KPa)

i = Gradiente hidráulico

δ = Peso específico del agua (N/m³)

L = Longitud de la muestra (m)

Se va tomando lectura de la presión de poros cada minuto hasta llegar un valor constante, lo que indica que la muestra llegó a alcanzar su consolidación.

Figura 36

Etapa de consolidación de la muestra



Fuente: Elaboración propia

E. Medición de la conductividad hidráulica. Se realiza la medición de la conductividad hidráulica de la muestra una vez esta se encuentre saturada y consolidada. Para ello se considerará la variación de los volúmenes de agua de las probetas la cuales se encuentran conectadas a la presión de poros y contrapresión. Se toma lectura de estos volúmenes cada cierto intervalo de tiempo; en este caso se tomó lectura a los 30 s, 1 min, 2 min, 3 min, etc. hasta aproximadamente 9 min, tiempo suficiente para poder determinar la conductividad hidráulica de la muestra.

Figura 37

Medición de la conductividad hidráulica



Fuente: Elaboración propia

F. Desmontaje de la muestra. Para finalizar se desmonta la muestra de la celda del permeámetro, retirando la membrana cuidadosamente para tratar de mantener intacta la muestra. Esta se pesa, se lleva al horno y se toma la medida del peso seco en caso se quiera conocer la cantidad de agua que ingresó dentro de la muestra.

Figura 38*Desmontaje de la muestra*

Fuente: Elaboración propia

3.6.3. Procesamiento de datos

Se procesaron los datos provenientes de los ensayos de laboratorio, con la finalidad de poder generar resultados que puedan ser comparados con el planteamiento de la hipótesis y así poder emitir una afirmación sustentada. Para esto se utilizaron hojas de cálculo como el Excel, empleando un análisis cuantitativo de los datos recolectados a través de tabulaciones, así mismo; se elaboraron tablas, gráficos, cuadros, entre otros. De esa manera se tiene un estudio más preciso del comportamiento de las variables en estudio. Además, se recalca que las conclusiones que se tomaron están basadas en los resultados alcanzados, así como las recomendaciones correspondientes.

No está demás mencionar que los procedimientos aplicados cumplen con las normas técnicas y sus adaptaciones competentes a cada ensayo.

3.7. Análisis de datos

Culminada con las etapas de recolección y procesamiento de datos se pasó a realizar el

análisis de los resultados, plasmados en gráficos, tablas y demás herramientas estadísticas que ayudan a la organización e interpretación de la información. Se puede así entonces extraer conclusiones verídicas que posibiliten la toma de decisiones, además de contribuir con la implementación de recomendaciones.

IV. RESULTADOS

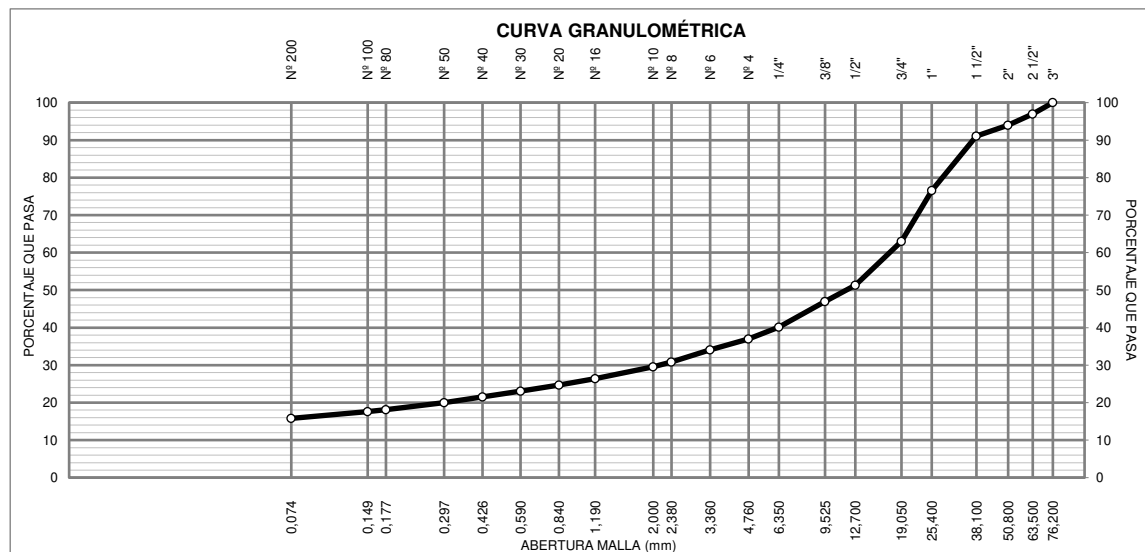
4.1 Descripción del caso

4.1.1 Caracterización del suelo natural

Es necesario conocer las características principales de la muestra obtenida en campo. Es por eso que, se procedió a determinar la clasificación del material a través del ensayo de granulometría, con el cual se obtiene la curva granulométrica en base a los porcentajes de material que pasa por cada malla.

Figura 39

Curva granulométrica de la muestra C-1



Fuente: Elaboración propia

Además de la granulometría, es necesario determinar los límites de consistencia y humedad para conocer la clasificación del material. En el siguiente cuadro se puede observar a modo de resumen, los resultados obtenidos de los ensayos principales ya mencionados para determinar las propiedades índice de la muestra.

Tabla 13*Propiedades índice de las muestras de campo*

IDENTIFICACIÓN	GRANULOMETRÍA (% QUE PASA)								CONT. DE HUMEDAD (%)	LÍMITES DE CONSISTENCIA (PASANTE N° 40)		CLASIFICACIÓN DE SUELOS	
	2"	1"	3/4"	3/8"	N° 4	N° 10	N° 40	N° 200		L.L.	I.P.	SUCS	AASHTO
CANtera LA TORRE, C-1/M-1	94.0	76.6	63.0	47.0	37.0	29.6	21.5	15.8	4.0	23 %	8 %	GC	A-2-4 (0)
CANtera LA TORRE, C-2/M-1	93.3	75.7	62.5	46.7	37.2	29.9	21.2	16.1	4.7	33 %	11 %	GC	A-2-6 (0)
CANtera LA TORRE, C-3/M-1	94.3	75.6	61.9	46.5	36.9	31.0	23.4	17.0	5.9	33 %	10 %	GC	A-2-4 (0)
CANtera LA TORRE, C-4/M-1	94.5	77.2	63.3	47.1	37.2	30.5	19.4	12.5	4.9	29.0 %	9.0 %	GC	A-2-4 (0)
CANtera LA TORRE, C-5/M-1	93.4	74.8	61.9	45.6	35.7	29.5	21.8	15.8	6.8	19.0 %	8.0 %	GC	A-2-4 (0)
CANtera LA TORRE, C-6/M-1	95.4	77.5	64.0	46.7	37.0	31.4	23.2	18.5	4.2	24.0 %	9.0 %	GC	A-2-4 (0)
CANtera LA TORRE, C-7/M-1	95.2	77.1	63.6	47.2	38.1	30.9	20.7	14.6	6.3	33.0 %	10.0 %	GC	A-2-4 (0)
CANtera LA TORRE, C-8/M-1	92.9	75.8	62.0	44.5	33.5	25.5	17.8	13.3	5.5	28 %	12 %	GC	A-2-6 (0)
CANtera LA TORRE, C-9/M-1	94.0	77.4	63.6	47.5	37.6	31.1	22.2	16.0	3.8	32.0 %	10.0 %	GC	A-2-4 (0)
CANtera LA TORRE, T-1/M-1	93.0	74.3	61.4	45.4	37.0	29.8	22.2	14.1	5.5	28.0 %	10.0 %	GC	A-2-4 (0)
CANtera LA TORRE, T-2/M-1	94.7	77.0	62.9	46.5	36.6	29.3	20.1	13.9	6.7	23 %	8 %	GC	A-2-4 (0)

Fuente: Elaboración propia

De todas las muestras presentadas en el cuadro anterior, se eligió solo una para poder facilitar la ejecución de los ensayos de capilaridad y permeabilidad. En este caso se escogió la muestra que se encuentra más cercana al promedio total; este promedio significa la muestra representativa de toda la cantera.

Seguidamente, se determinó los valores de Máxima densidad seca (MDS) y el óptimo contenido de humedad (OCH), necesarios para poder realizar las estabilizaciones y posteriormente los ensayos de capilaridad y permeabilidad

Tabla 14

Proctor modificado y valor de CBR

IDENT.	CONT. DE HUME DAD (%)	LÍMITES DE CONSISTEN CIA (PASANTE N° 40)		CLASIFICACI ÓN DE SUELOS		PROCTOR MODIFICADO		CBR (0.01")
		L.L.	I.P.	SUC S	AASHT O	MDS (gr/cm3)	OCH (%)	
C-1/M-1	1.2	23.0	8.0	GC	A-2-4 (0)	2.243	5.9	58.0

Fuente: Elaboración propia

4.1.2 Estabilización de suelos

A. Estabilización suelo-aditivo químico líquido

Tabla 15

Resultados de las estabilizaciones con los aditivos químicos

ADITIVO QUÍMICO	CLA SIFI CACI ÓN SUCS	LL (%)	IP (%)	PAS N°200	ENSAYO DE CBR (MTC E 132-2016)			
					SUELO NATURAL		ADITIVO+CEMENTO	
					CBR (%) (100% MDS, 0.01")	EXPA NSIÓN (%)	CBR (%) (100% MDS, 0.01")	EXPANSI ÓN (%)
Organosilan o	GC	23	8	15.8	58	S/E	125	S/E
Sulfonado							120	S/E

Fuente: Elaboración propia

Según el manual de estabilizaciones del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), el valor de CBR para suelos estabilizados con aditivo químico es de mínimo 100%, por lo cual, según el cuadro mostrado para cada estabilización, los resultados obtenidos cumplen con el requerimiento de manual.

B. Estabilización suelo-cemento

Los resultados del ensayo de compresión simple fueron los siguientes:

Tabla 16

Resultados de compresión simple en la estabilización suelo-cemento

IDENTIFICACIÓN	CLASIFICACIÓN	ESTABILIZACIÓN CON CEMENTO		
		MTC E 1103		
		COMPRESIÓN SIMPLE A 7 DÍAS		
		(18.35 KG/CM2 MIN)		
		DOSF.: 3% EN PESO	DOSF.: 5% EN PESO	DOSF.: 7% EN PESO
C-1	A-2-4 (0)	30.9	47.2	67.3

Fuente: Elaboración propia

Las tres dosificaciones empleadas garantizan el cumplimiento de los 18.35 kg/cm² que solicita las especificaciones técnicas vigentes.

Luego se realizó el ensayo de humedecido-secado y los resultados fueron los siguientes.

Tabla 17

Resultados del humedecido-secado en la estabilización suelo-cemento

IDENTIFICACIÓN	CLASIFICACIÓN	PÉRDIDA MÁXIMA SEGÚN SECCIÓN 301.A EG-2013 DEL MTC	ESTABILIZACIÓN CON CEMENTO		
			MTC E 1103		
			PÉRDIDA POR HUMEDECIMIENTO - SECADO		
			DOSF.: 3% en Peso	DOSF.: 5% en Peso	DOSF.: 7% en Peso
C-1	A-2-4 (0)	14	15	13.2	10.7

Fuente: Elaboración propia

Como se puede verificar de la tabla 18, las dosificaciones que resultaron menores a la pérdida máxima que indica la norma fueron 5% y 7%.

Por lo tanto, haciendo un análisis comparativo entre las tablas 18 y 19, se puede llegar a la conclusión de que la dosis adecuada que garantiza el mejoramiento de la resistencia del suelo aplicando cemento, es la del 5 %.

4.1.3 Cantidad de componentes para ensayo de capilaridad

Antes de calcular la cantidad de componentes, se debe tener los datos de las medidas del molde en el que se moldeará el testigo.

Tabla 18

Datos geométricos del molde

Diámetro del molde (cm)	Altura del molde (cm)	Volumen del molde (cm³)
15.24	11.64	2123

Fuente: Elaboración propia

Siguiendo el procedimiento ya señalado, se pudo determinar las cantidades de los componentes que formaron parte de la mezcla que fue añadida al suelo natural para poder realizar el ensayo de capilaridad, se debe tener en cuenta los valores de MDS y OCH.

Cabe señalar que todos los componentes se calcularon en base a las dosificaciones correspondientes de cada aditivo.

Tabla 19

Cantidad de muestra seca para ensayo de capilaridad

Material	MDS (gr/cm³)	OCH (%)	Peso total de suelo húmedo	Cantidad de suelo seco (gr)
Suelo natural	2.120	8.4	6000.00	5928.854

Material	MDS (gr/cm ³)	OCH (%)	Peso total de suelo húmedo	Cantidad de suelo seco (gr)
Suelo natural + 5% cemento	2.282	6.5	6000.00	5928.854
Suelo natural + aditivo químico organosilano + 1% cemento	2.294	6.2	6000.00	5928.854
Suelo natural + aditivo químico sulfonado + 1% cemento	2.243	5.9	6000.00	5928.854

Fuente: Elaboración propia

Como se sabe, se utilizó la dosificación de 5% de cemento para la estabilización suelo-cemento y 1% para las estabilizaciones de suelo-aditivo químico en estado líquido. Los pesos de los componentes se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 20

Cantidad de cemento para ensayo de capilaridad

Material	Cantidad de suelo seco (gr)	Cantidad de cemento	
		1%	5%
Suelo natural	5928.854	-	-
Suelo natural + 5% cemento	5928.854	-	296.443
Suelo natural + aditivo químico organosilano + 1% cemento	5928.854	59.289	-
Suelo natural + aditivo químico sulfonado + 1% cemento	5928.854	59.289	-

Fuente: Elaboración propia

Seguidamente, se procede a determinar la cantidad de aditivo químico en estado líquido considerando la dosificación del mismo. En cuanto a la cantidad de agua para la mezcla, se debe considerar además del peso del suelo en estado seco, la cantidad de cemento obtenido en la tabla anterior.

Tabla 21*Cantidad de aditivo y agua para ensayo de capilaridad*

Material	Dosificación del aditivo (kg/m3)	OCH (%)	Cantidad de suelos seco (gr)	Volumen del suelo seco (cm3)	Cantidad de cemento (gr)	Cantidad de aditivo (gr)	Peso de agua (gr)
Suelo natural	-	8.4	5928.854	-	-	-	498.024
Suelo natural + cemento	-	6.5	5928.854	-	296.443	-	404.644
Suelo natural + aditivo químico organosilano	0.75	6.2	5928.854	2584.505	59.289	1.938	299.372
Suelo natural + aditivo químico sulfonado	0.35	5.9	5928.854	2643.270	59.289	0.925	281.410

Fuente: Elaboración propia

4.1.4 Altura capilar del agua

A continuación, se muestran los valores de las alturas que fue alcanzando el agua debido al fenómeno de capilaridad en relación del tiempo.

Tabla 22*Alturas de ascensión capilar del agua con respecto al tiempo*

TIEMPO	SUELO NATURAL (cm)	ADITIVO ORGANOSILANO + CEMENTO (cm)	ADITIVO SULFONADO + CEMENTO (cm)	CEMENTO (cm)
		0.75 l/m3 + 1.0 % Cemento	0.35 l/m3 + 1.0 % Cemento	5% respecto del peso seco
1 hora	4.0	0.0	0.0	6.0
2 horas	4.5	0.0	0.0	7.0
3 horas	4.8	0.0	2.0	8.0

TIEMPO	SUELO NATURAL (cm)	ADITIVO ORGANOSILANO + CEMENTO (cm)	ADITIVO SULFONADO + CEMENTO (cm)	CEMENTO (cm)
		0.75 l/m3 + 1.0 % Cemento	0.35 l/m3 + 1.0 % Cemento	5% respecto del peso seco
4 horas	6.0	0.0	3.0	10.0
5 horas	6.7	0.0	4.0	11.6
6 horas	7.0	0.0	5.0	11.6
12 horas	9.3	0.0	6.0	11.6
1 día	11.6	0.0	7.0	11.6
2 días	11.6	0.0	10.5	11.6
3 días	11.6	0.0	11.5	11.6
4 días	11.6	0.0	11.6	11.6
5 días	11.6	0.0	11.6	11.6

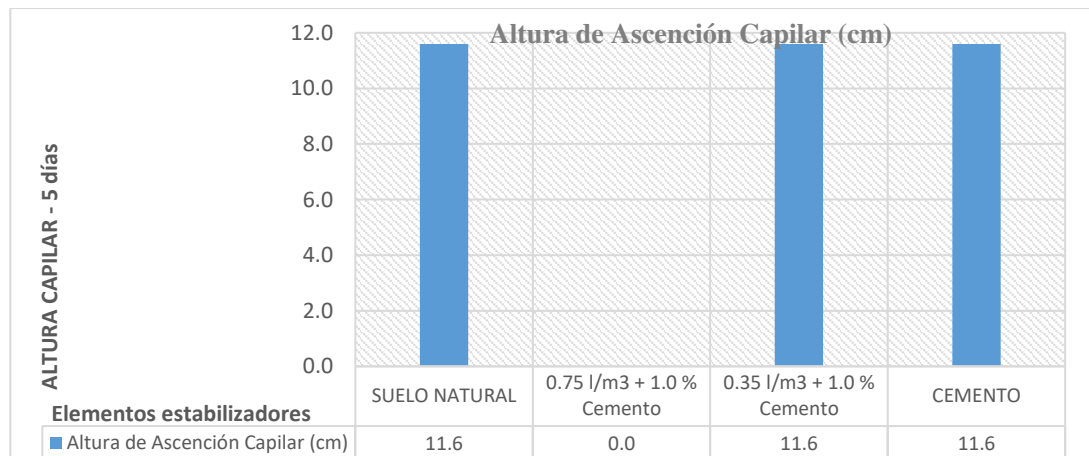
Fuente: Elaboración propia

Es importante mencionar que se culminó el ensayo de capilaridad a los 5 días, ya que se pudo observar que la altura capilar del agua se mantenía constante.

En la siguiente figura se observa gráficamente las alturas alcanzadas por el agua en la medición de la ascensión capilar.

Figura 40

Altura de ascensión de agua por capilaridad



Fuente: Elaboración propia

4.1.5 Absorción de agua

En el siguiente cuadro se observa la absorción de agua para cada tipo de muestra que varía con respecto al tiempo:

Tabla 23

Absorción de agua con respecto al tiempo

TIEMPO	SUELO NATURAL (%)	ADITIVO ORGANOSILANO + CEMENTO (%)	ADITIVO SULFONADO + CEMENTO (%)	CEMENTO (%)
		0.75 l/m3 + 1.0 % Cemento	0.35 l/m3 + 1.0 % Cemento	5% respecto del peso seco
1 hora	1.5	0.4	1.0	2.1
2 horas	2.5	0.5	1.8	2.5
3 horas	2.9	0.6	2.4	3.4
4 horas	3.6	0.7	3.6	3.9
5 horas	4.1	0.7	4.1	4.4
6 horas	4.5	0.7	4.7	4.6
12 horas	5.6	0.9	5.6	4.6
1 día	9.2	1.0	10.0	4.6
2 días	9.6	1.1	10.1	4.6
3 días	9.9	1.6	10.2	4.6
4 días	9.9	1.9	10.3	4.6
5 días	10.0	2.2	10.5	4.6

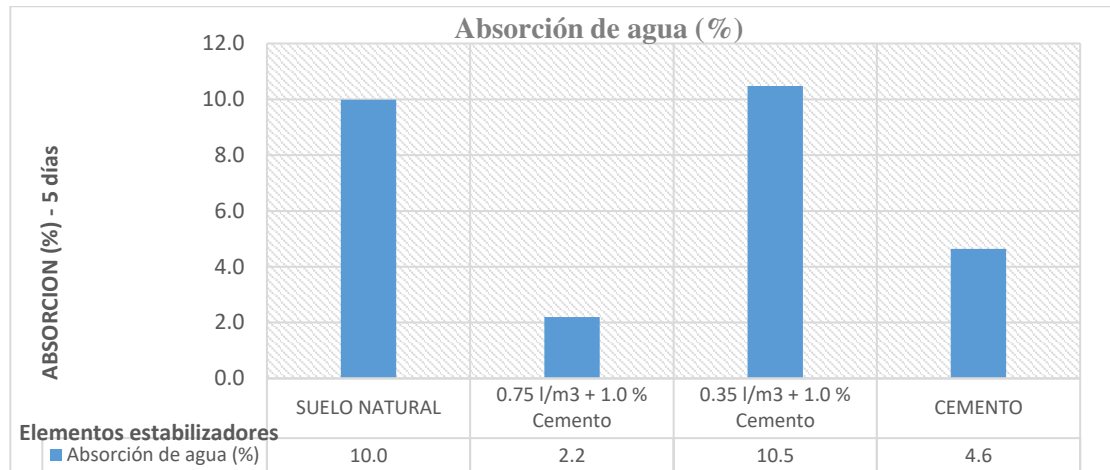
Fuente: Elaboración propia

De igual forma se decidió culminar el ensayo a los 5 días, ya que la absorción del agua se mantiene constante.

En el siguiente gráfico se detalla las absorciones de agua alcanzadas para cada muestra.

Figura 41

Absorción de agua por cada tipo de estabilización

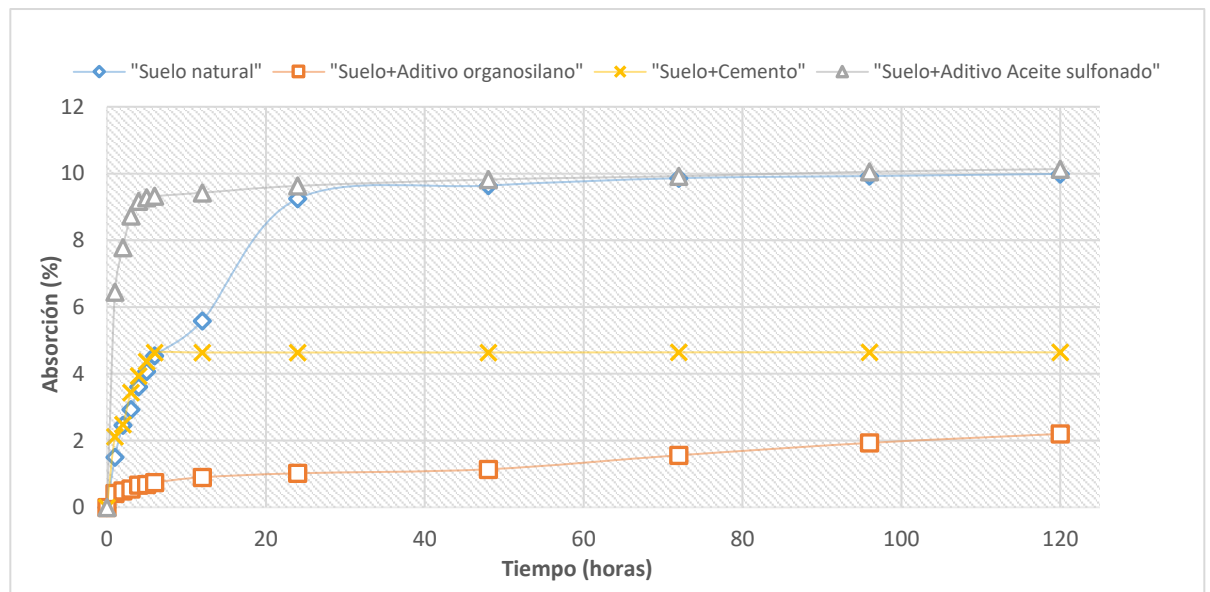


Fuente: Elaboración propia

En el siguiente gráfico se puede observar el comportamiento que tiene la absorción del agua para cada tipo de muestra con relación al tiempo.

Figura 42

Gráfico de absorción de agua por cada tipo de estabilización



Fuente: Elaboración propia

4.1.6 Absorción capilar de agua

En la siguiente tabla se presenta los valores de la absorción capilar del agua en relación a la raíz cuadrada del tiempo.

Tabla 24

Absorción capilar de agua con respecto al tiempo

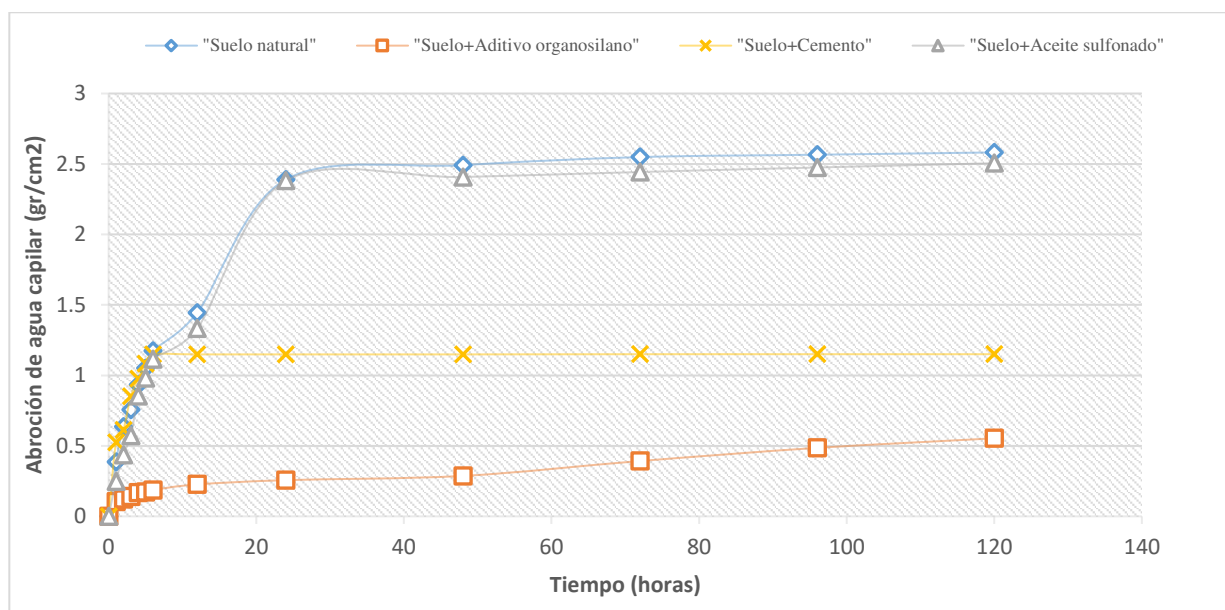
TIEMPO (HORAS)	SUELO NATURAL	ADITIVO ORGANOSILANO + CEMENTO	ADITIVO SULFONADO + CEMENTO	CEMENTO
		0.75 l/m ³ + 1.0 % Cemento	0.35 l/m ³ + 1.0 % Cemento	5% respecto del peso seco
0	0.39	0.10	0.25	0.52
1	0.64	0.12	0.44	0.61
2	0.76	0.14	0.57	0.85
3	0.93	0.17	0.85	0.98
4	1.05	0.17	0.98	1.08
5	1.17	0.19	1.12	1.15
6	1.44	0.23	1.13	1.15
12	2.39	0.26	2.38	1.15
24	2.49	0.29	2.41	1.15
48	2.55	0.39	2.44	1.15
72	2.57	0.49	2.48	1.15
96	2.58	0.55	2.51	1.15

Fuente: Elaboración propia

El siguiente gráfico representa la curva de absorción capilar del agua de cada muestra con relación al tiempo.

Figura 43

Comportamiento de absorción capilar de agua con respecto al tiempo



Fuente: Elaboración propia

4.1.7 Cantidad de componentes para ensayo de permeabilidad de pared flexible

Antes de calcular la cantidad de componentes, se debe tener los datos de las medidas del molde en el que se moldeará el testigo, así también como la densidad y humedad a la cual se compactará la muestra.

Tabla 25

Datos geométricos del molde

Diámetro del molde (cm)	Altura del molde (cm)	Volumen del molde (cm³)
7.1	4.1	558.246

Fuente: Elaboración propia

La cantidad de componentes se calcula en base a la densidad húmeda del suelo obtenido de la fórmula que lo relaciona con la máxima densidad seca y el óptimo contenido de humedad del material, datos que se obtuvieron de los ensayos de Proctor Modificado.

Tabla 26*Cantidad de muestra seca para ensayo de permeabilidad*

Material	MDS (gr/cm³)	OCH (%)	Cantidad total de suelo húmedo	Cantidad de suelo seco (gr)
Suelo natural	2.120	8.4	3000.000	2964.427
Suelo natural + 5 % cemento	2.282	6.5	3000.000	2964.427
Suelo natural + aditivo químico organosilano + 1% cemento	2.294	6.2	3000.000	2964.427
Suelo natural + aditivo químico sulfonado + 1% cemento	2.243	5.9	3000.000	2964.427

Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, la cantidad de cemento a agregar a la mezcla debe ser el porcentaje indicado con respecto a la muestra en condición seca.

Tabla 27*Cantidad de cemento para ensayo de permeabilidad*

Material	Cantidad de suelo seco (gr)	Cantidad de cemento	
		1%	5%
Suelo natural	2964.427	-	-
Suelo natural + 5% cemento	2964.427	-	148.221
Suelo natural + aditivo químico organosilano + 1% cemento	2964.427	29.644	-
Suelo natural + aditivo químico sulfonado + 1% cemento	2964.427	29.644	-

Fuente: Elaboración propia

Asimismo, se procede a determinar la cantidad de aditivo químico en estado líquido, para ello es necesario tener el dato de a dosificación del mismo. En cuanto a la cantidad de agua que ingrese en la mezcla, se debe considerar además del peso del suelo en estado seco, la cantidad de

cemento ya obtenido en la tabla anterior.

Tabla 28

Cantidad de aditivo y agua para ensayo de permeabilidad

Material	Dosificación del aditivo (kg/m ³)	OCH (%)	Cantidad de suelos seco (gr)	Volumen del suelo seco (cm ³)	Cantidad de cemento (gr)	Cantidad de aditivo (gr)	Peso de agua (gr)
Suelo natural	-	8.4	2964.27	-	-	-	249.012
Suelo natural + 5% cemento	-	6.5	2964.27	-	148.221	-	202.322
Suelo natural + aditivo químico organosilano + 1% cemento	0.75	6.2	2964.427	1292.252	29.644	0.969	148.269
Suelo natural + aditivo químico sulfonado + 1% cemento	0.35	5.9	2964.427	1321.635	29.644	0.463	139.350

Fuente: Elaboración propia

4.1.8 Saturación de la muestra

A continuación, como verificación de la saturación de la muestra se presentan los valores del parámetro B.

Tabla 29

Resultados de parámetro B

Material	Parámetro B (%)	Tiempo (días)
Suelo natural	95	04
Suelo-cemento	99	08
Suelo-aditivo organosilano	95	08
Suelo-aditivo aceite sulfonado	95	07

Fuente: Elaboración propia

4.1.9 Etapa de Consolidación

El siguiente gráfico se muestra la variación de volumen de agua en relación al tiempo.

Figura 44

Variación de volumen de agua de Contra Presión con respecto al tiempo – Suelo Natural



Fuente: Elaboración propia

Esta etapa concluye cuando la variación de volumen de agua que ingresa a la muestra se mantiene constante.

4.1.10 Medición de la conductividad hidráulica

Se procedió a la medición de los flujos entrantes y salientes de las buretas, iniciando en los primeros 30 s y luego cada 60 s. A continuación, se presentan las mediciones de las conductividades hidráulicas y las correcciones por viscosidad que dependen de la temperatura.

Tabla 30

Conductividad hidráulica y corrección por viscosidad en relación al tiempo: Suelo natural

K (cm/s)	K_{20} (cm/s)
5.25E-05	4.83E-05

K (cm/s)	K_{20} (cm/s)
4.60E-05	4.23E-05
4.20E-05	3.87E-05
4.06E-05	3.73E-05
3.95E-05	3.63E-05
3.87E-05	3.56E-05
3.83E-05	3.58E-05
3.79E-05	3.55E-05
3.62E-05	3.39E-05
3.83E-05	3.59E-05

Fuente: Elaboración propia

Tabla 31

Conductividad hidráulica y corrección por viscosidad en relación al tiempo: Suelo-cemento

K (cm/s)	K_{20} (cm/s)
5.31E-06	4.51E-06
1.86E-05	1.58E-05
1.49E-05	1.27E-05
1.40E-05	1.19E-05
1.31E-05	1.11E-05
1.28E-05	1.08E-05
1.26E-05	1.07E-05
1.21E-05	1.03E-05
1.20E-05	1.01E-05
1.19E-05	1.01E-05
1.19E-05	1.01E-05
1.16E-05	9.83E-06

Fuente: Elaboración propia

Tabla 32

Conductividad hidráulica y corrección por viscosidad en relación al tiempo: Suelo-aditivo químico organosilano

K (cm/s)	K_{20} (cm/s)
9.73E-06	9.95E-06

K (cm/s)	K₂₀ (cm/s)
3.89E-06	3.98E-06
1.46E-06	1.49E-06
6.49E-07	6.64E-07
2.43E-07	2.49E-07
0.00E+00	0.00E+00
1.62E-07	1.66E-07
2.78E-07	2.85E-07
2.44E-07	2.51E-07
4.33E-07	4.47E-07
3.90E-07	4.02E-07
5.32E-07	5.49E-07
4.88E-07	5.03E-07
6.00E-07	6.19E-07
5.57E-07	5.75E-07
7.03E-07	7.25E-07
6.71E-07	6.92E-07
6.89E-07	7.11E-07
6.73E-07	6.94E-07
7.20E-07	7.42E-07

Fuente: Elaboración propia

Tabla 33

Conductividad hidráulica y corrección por viscosidad en relación al tiempo: Suelo-aditivo químico aceite sulfonado

K (cm/s)	K₂₀ (cm/s)
1.15E-05	9.85E-06
8.65E-06	7.39E-06
6.74E-06	5.75E-06
5.78E-06	4.93E-06
5.30E-06	4.53E-06
5.21E-06	4.45E-06
4.99E-06	4.26E-06
4.83E-06	4.12E-06
4.59E-06	3.92E-06
4.62E-06	3.95E-06

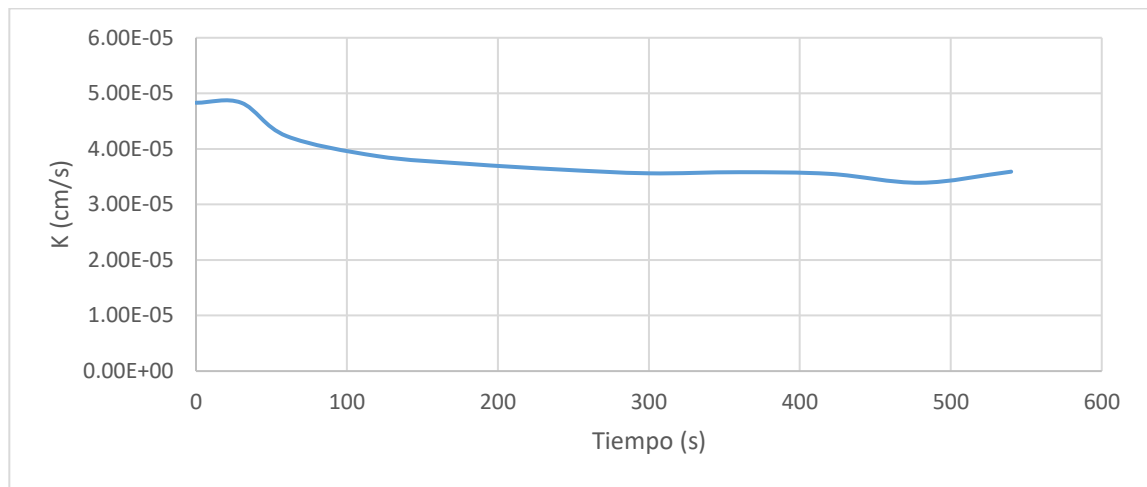
K (cm/s)	K_{20} (cm/s)
7.10E-06	6.06E-06
6.90E-06	5.89E-06

Fuente: Elaboración propia

En los siguientes gráficos se observa el comportamiento que tiene la conductividad hidráulica en la muestra.

Figura 45

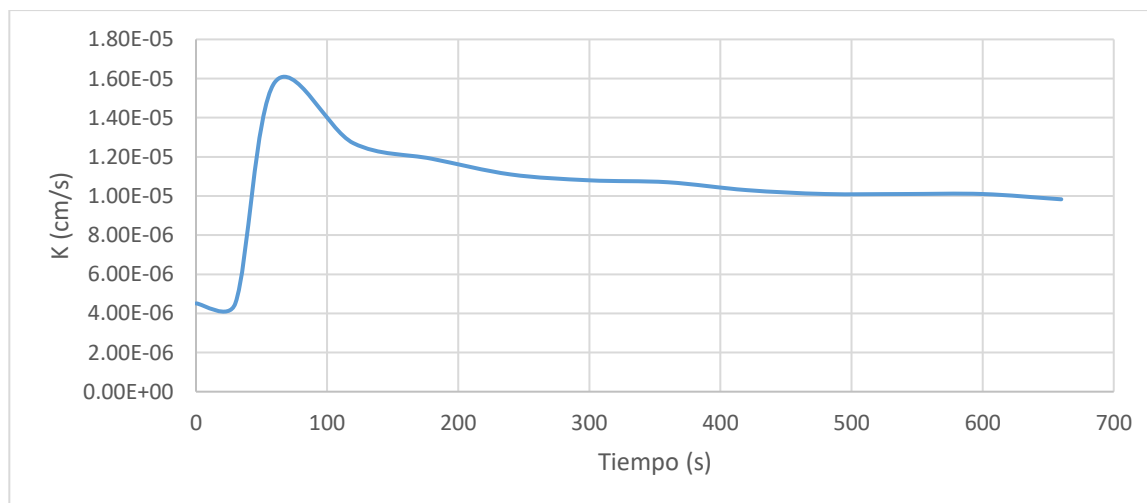
Conductividad hidráulica – Suelo Natural



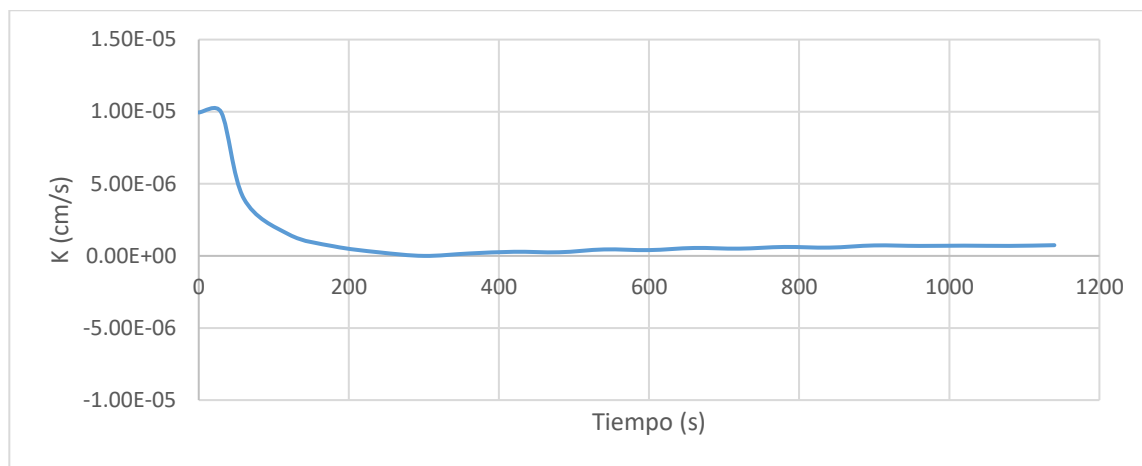
Fuente: Elaboración propia

Figura 46

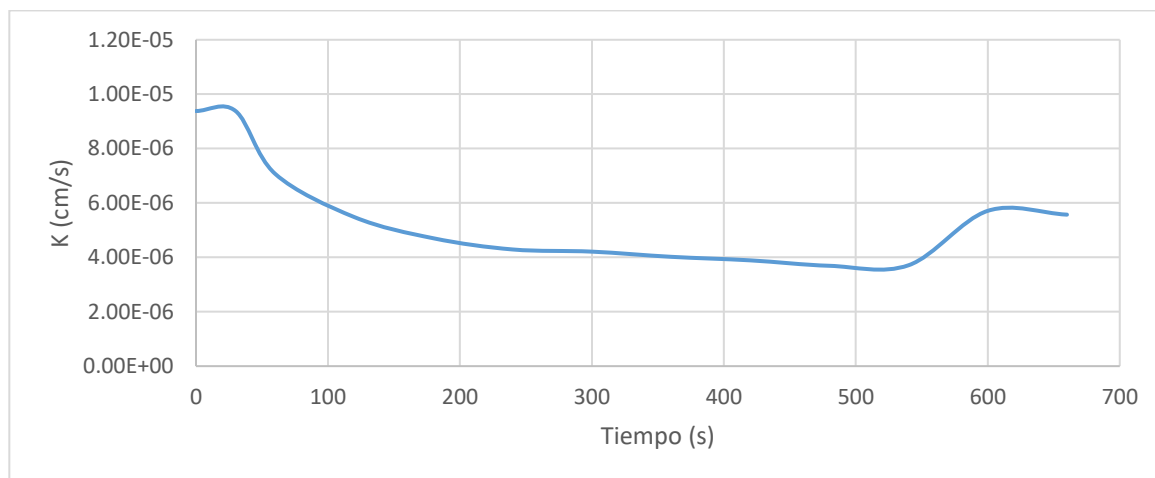
Conductividad hidráulica – Suelo cemento



Fuente: Elaboración propia

Figura 47*Conductividad hidráulica – Suelo aditivo químico organosilano*

Fuente: Elaboración propia

Figura 48*Conductividad hidráulica – Suelo aditivo aceite sulfonado*

Fuente: Elaboración propia

Para cada caso, se considerará el promedio de las medidas de conductividad hidráulica que se encuentren en el intervalo en el que la relación de flujo de salida y flujo de entrada sea de 0.75 y 1.25. Ver anexo E.

A continuación, se presenta el resumen de los valores obtenidos en la etapa final de

medición de la conductividad hidráulica de pared flexible.

Tabla 34

Resultados finales de conductividad hidráulica

Material	K20 (cm/s)
Suelo Natural	3.80E-05 cm/s
Suelo-cemento	1.12E-05 cm/s
Suelo-aditivo organosilano	8.30E-08 cm/s
Suelo – aceite sulfonado	6.15E-06 cm/s

Fuente: Elaboración propia

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En esta etapa se discutirá los resultados que se obtuvieron de los ensayos realizados en la muestra, permitiéndonos confirmar o negar las hipótesis planteadas. Asimismo, se podrá llegar a la conclusión si se cumple o no con los objetivos de la presente investigación.

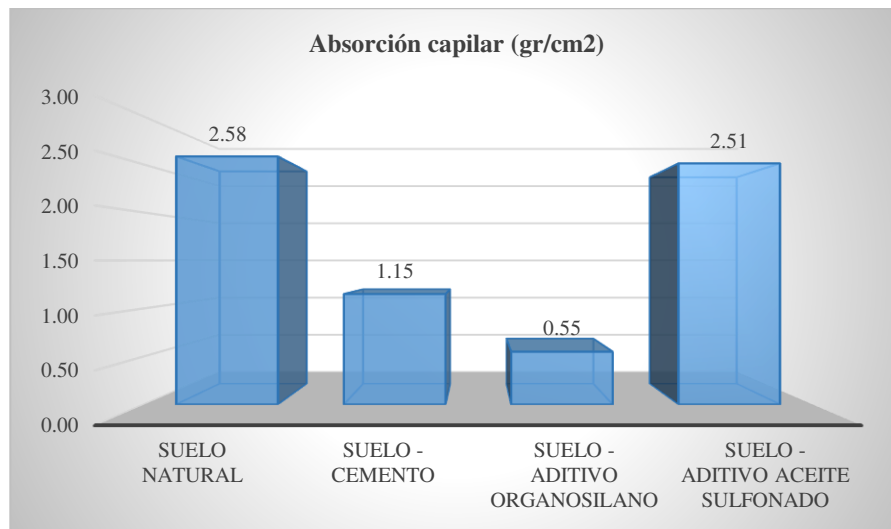
Como ya se mencionó, se compactó el material de cantera agregando la dosis correspondiente de cada estabilizador químico. Posteriormente, se evaluó el comportamiento del agua en los especímenes, por ascensión capilar bajo la norma española UNE-EN 1925 “Determinación del coeficiente de absorción de agua por capilaridad” y la permeabilidad bajo la norma ASTM D5084 “Medición de la conductividad hidráulica de poros saturados - Materiales que utilizan un permeámetro de pared flexible”, cuyos resultados serán discutidos en el presente capítulo.

Para el caso de la muestra estabilizada con cemento portland, la absorción capilar se redujo en total en un 55% con respecto al espécimen compactado de suelo natural durante los 5 días de ensayo (Ver figura 49). Sin embargo, durante las primeras 24 horas el agua ya había alcanzado su nivel máximo de absorción capilar de 1.15 gr/cm², los días posteriores se mantuvo constante; resultados que presentan concordancia con lo expuesto por Torres (2017), en su investigación obtuvo que durante las primeras 24 horas se dio la absorción máxima capilar de 0.35g/cm². Esto indica que el agua en materiales granulares estabilizados con cemento ascienden rápidamente durante las primeras horas, pues debido a que el cemento por ser un material fino reduce los vacíos de la muestra compactada, pero que sin embargo presenta un límite de absorción, que tiende a ser menor que la del suelo en estado natural.

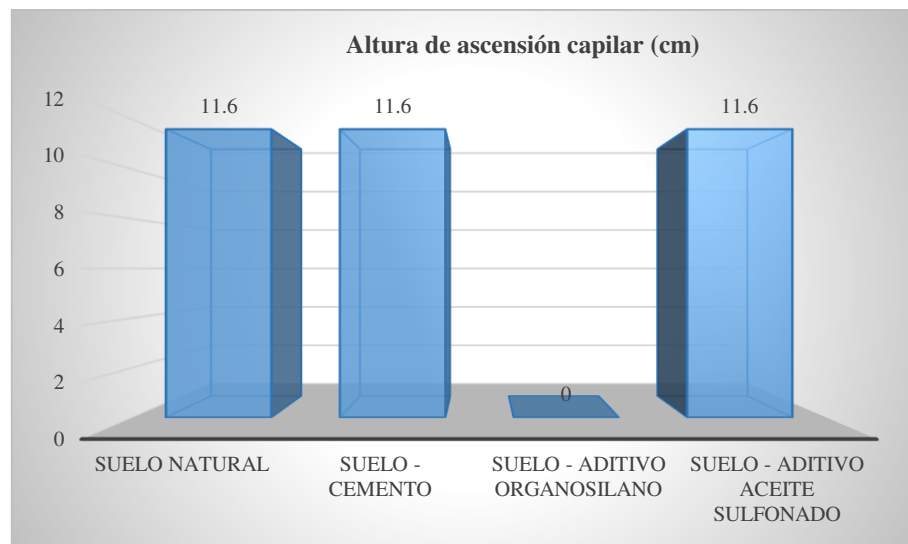
Del mismo modo se analizó el espécimen de suelo estabilizado con 0.75 kg/m³ de aditivo químico organosilano + 1 % cemento. En la Figura N°49 se puede observar que la absorción capilar de agua llegó a ser 0.55 gr/cm² a los 5 días de ensayo y la ascensión capilar fue 0 cm (medido de

forma visual) como se puede observar en la figura N° 50. Según Sarango (2019), en su investigación empleó una dosis de aditivo químico organosilano + 1% de cemento para estabilizar un material extraído de cantera, donde tuvo como resultado que la dosificación empleada pudo reducir la capilaridad del agua en casi su totalidad. En ambos casos se pudo demostrar que el aditivo químico organosilano presenta muy buenos resultados en cuanto se refiera a la protección de la capa granular estabilizada, además que su función no se ve afectada cuando entra en contacto con una dosis baja de cemento.

Los resultados de absorción capilar en el espécimen estabilizado con aceite sulfonado fue de 2.51 gr/cm² (reducción de 3% con respecto al suelo natural), como se observa en la figura 49, mientras que, con respecto a la altura capilar, visualmente el agua llegó a ascender la altura total del espécimen de 11.6 cm. (Ver figura 50). Según Sangama y Morales (2018), en su investigación analizaron la ascensión capilar en suelos granulares estabilizados con aditivo químico aceite sulfonado (CON-IAD), ellos muestran diferentes dosificaciones cada 0.5% hasta llegar a una dosificación de 0.50 %, donde la altura capilar se redujo de 0.81 cm a 0.75 cm. Además, muestran que con las primeras dosificaciones el agua no descendió considerablemente, sino es hasta el 2% de aditivo que la altura capilar tuvo un descenso brusco. Observando los resultados en la presente investigación se ve que la dosis no fue suficiente para disminuir en mayor porcentaje el agua absorbida. Pues bien, la dosis empleada mejora la resistencia del suelo estabilizado, pero se necesitaría aplicar mayor cantidad de aditivo para poder lograr que la absorción de agua sea menor.

Figura 49*Absorción capilar al quinto día*

Fuente: Elaboración propia

Figura 50*Alturas de ascensión capilar al quinto día*

Según se observa en las figura N° 49 y N° 50, aparentemente se presenta una discordancia entre los resultados de absorción y ascensión capilar, pues en el espécimen de suelo estabilizado con cemento, la absorción capilar no llega al 100% respecto al espécimen de suelo no mejorado; mientras que la ascensión capilar si llegó a ascender a lo largo de todo el testigo. El mismo

fenómeno ocurre en el espécimen de suelo estabilizado con aditivo químico organosilano, aunque no se visualice agua ascendida, no implica que no haya ingresado al menos una mínima cantidad ya que, los resultados indican que presenta 0.55 gr/cm² de agua absorbida. Esto puede entenderse en el sentido de que, si bien el agua ha ido ascendiendo a lo largo de todo el testigo, no significa que el agua esté ocupando todos los vacíos en la muestra; de tal forma que nos encontraríamos con capas granulares parcialmente saturadas.

Luego del ensayo de capilaridad, se procedió a analizar la permeabilidad en los testigos. En la estabilización de suelo cemento, el coeficiente de permeabilidad que se obtuvo fue de 1.12E-05 cm/s, reduciéndose en un 70% la permeabilidad, tal y como se observa en la figura N°51. Por su parte Torres (2017), indica que para muestras estabilizadas con cemento los valores de coeficiente de permeabilidad varían entre 2.1192E-04 a 9.8094E-05 cm/s; el resultado obtenido se encuentra muy cerca al rango mencionado por el autor, incluso en esta investigación resultó aún más favorable.

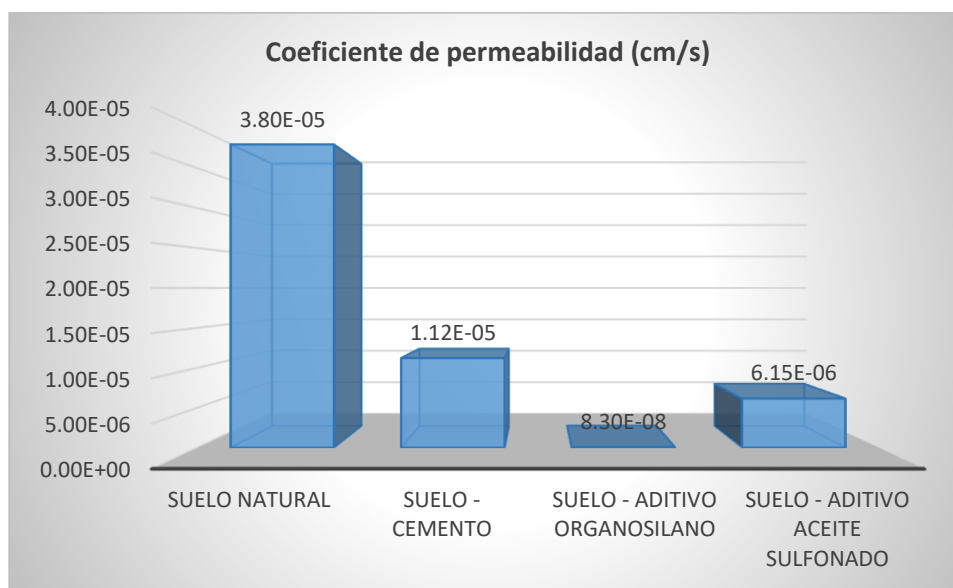
El coeficiente de permeabilidad del espécimen de suelo estabilizado con aditivo químico organosilano fue de 8.30E-08 cm/s, reduciéndose casi el 100% de la permeabilidad; este resultado tiene cierto grado de concordancia con la investigación realizada por Sarango (2019), donde la permeabilidad del agregado se llegó a reducir hasta un 34%. Puesto que, según la ficha técnica del aditivo químico, este actúa como una capa protectora hidrófoba que se forma en toda la superficie del testigo; es por ello que los resultados, siempre resultan favorables en cuanto se trata de impermeabilizar el material.

Por el lado de la estabilización de suelo aditivo químico aceite sulfonado, la figura N° 51 registra un resultado de 6.15 E-06 cm/s de coeficiente de permeabilidad; es decir, se redujo en 83.82% respecto del suelo no estabilizado. En la investigación presentada por Sangama y Morales (2018), quienes emplearon aditivo químico aceite sulfonado con

dosificaciones entre 0.00 a 2.00 %, el coeficiente de permeabilidad ensayado en el espécimen estabilizado se redujo hasta un 92%. Si bien en el ensayo de capilaridad, no se obtuvieron resultados muy favorable, al parecer cuando se realiza el ensayo de permeabilidad, el aditivo químico impermeabiliza de forma efectiva al material.

Figura 51

Coeficiente de permeabilidad



Fuente: Elaboración propia

Según Whitlow (1994), los suelos con conductividades hidráulicas (k) por debajo de 10^{-6} (cm/s), son materiales prácticamente impermeables. Tomando en cuenta los resultados de esta investigación, los aditivos que logran el grado de impermeabilización son los aditivos químicos organosilano y aceite sulfonado, al obtenerse valores de 8.30×10^{-8} y 6.15×10^{-6} respectivamente; mientras que en los especímenes de suelo estabilizados con cemento los resultados tampoco se considerarían desfavorables, ya que el coeficiente de permeabilidad k resulta igual a 1.12×10^{-5} cm/s, obteniéndose un grado de drenaje malo o de baja permeabilidad (ver Tabla 35).

Tabla 35*Grado de permeabilidad de suelos estabilizados*

Tipo de estabilización	Coefficiente de permeabilidad	Grado de drenaje
Suelo-cemento	1.12E-05 cm/s	Malo a bajo
Suelo-aditivo organosilano	8.30E-08 cm/s	Impermeable
Suelo – aceite sulfonado	6.15E-06 cm/s	Impermeabe

Fuente: Elaboración propia

VI. CONCLUSIONES

- 6.1 Se determinó que los agentes estabilizadores sí pueden reducir la infiltración del agua en la capa granular estabilizada de un pavimento económico, siempre y cuando se aplique la dosificación adecuada.
- 6.2 Se determinaron las absorciones capilares para cada tipo de estabilización aplicando el método de ensayo “Determinación del coeficiente de absorción de agua por capilaridad” (UNE-EN 1925), las cuales se presentan con mayor rapidez durante las primeras 24 horas, y a medida que el tiempo avanza, estas se van incrementado con menor magnitud hasta mantenerse constantes, valores que según el análisis se encuentran por debajo de los resultados del suelo natural (ver Figura 49) ; de manera que, se puede afirmar que los agentes estabilizador logran reducir la absorción capilar en la capa granular de un pavimento económico; el valor que alcance va a depender del tipo de estabilizador y de la dosificación que se le aplique.
- 6.3 Se determinaron las alturas capilares para cada tipo de estabilización solo en el testigo suelo - aditivo químico organosilano, el agua no llegó a ascender a través del todo el testigo estabilizado, mientras que en los demás casos la ascensión del agua alcanzó la altura máxima de 11.6 cm. Se afirma que no todos los agentes estabilizadores disminuyen la altura de ascensión capilar, va a depender del tipo de estabilizador que se emplee.
- 6.4 Con respecto al coeficiente de permeabilidad, se determinaron los resultados aplicando el método de ensayo de la norma ASTM 5084 “Medición de la conductividad hidráulica de poros saturados - Materiales que utilizan un permeámetro de pared flexible”, los cuales se encuentran dentro del rango de drenaje de malo a impermeable, este último se dio mediante las estabilizaciones con aditivo químico organosilano y

aceite sulfonado, mientras que el grado de mal drenaje, con la estabilización suelo-cemento (ver Tabla 35); por lo que se deduce que los agentes estabilizadores logran reducir la permeabilidad de la capa granular de un pavimento económico, en algunos casos unos mejor que otros.

VII. RECOMENDACIONES

- 7.1 El ensayo de capilaridad se deberá culminar cuando los valores de absorción capilar y ascensión capilar del agua se mantengan constantes.
- 7.2 Para ensayos de permeabilidad empleando aditivos químicos, es recomendable emplear el permeámetro de carga variable ya que los materiales estabilizados presentan bajo coeficiente de permeabilidad.
- 7.3 Es recomendable no realizar los ensayos de capilaridad y permeabilidad seguidamente de la estabilización, por lo menos debe dejarse al ambiente durante 7 días como parte del proceso de curado.
- 7.4 En el proceso de la medición de la conductividad hidráulica, se recomienda tener precisión y concentración al momento de leer los volúmenes de las buretas, los valores deben ser lo más exacto posible.
- 7.5 Es importante realizar las verificaciones a través de los ensayos que garanticen el adecuado funcionamiento de los agentes estabilizadores.
- 7.6 Además del enfoque que se da en la resistencia de una carretera, sobre todo sin pavimentar, deberíamos tomar en cuenta también los riesgos que se presentan con respecto a los daños que ocasiona el factor agua.

VIII. REFERENCIAS

- Alarcón, Y., Vásquez, D. y Alva, J. (2011). *Ensayo de permeabilidad usando el permeámetro de pared flexible* (ASTM D5084.90). <https://docplayer.es/51172222-Ensayos-de-permeabilidad-usando-el-permeametro-de-pared-flexible-astm-d.html>
- Alarcón, Y. y Alva, J. (16 de noviembre de 1999). Ensayo de permeabilidad en materiales de baja de permeabilidad compactados [conferencia]. *XII Congreso Nacional de Ingeniería Civil*, Huánuco, Perú. https://www.jorgealvahurtado.com/files/labgeo15_a.pdf
- Angelone, S., Garibay, M. y Cauhapé, M. (2006). *Geología y geotecnia: Permeabilidad de suelos*. <https://www.fceia.unr.edu.ar/geologiaygeotecnia/Permeabilidad%20en%20Suelos.pdf>
- ASTM International (2000). *Standard Test Methods for Measurement of Hydraulic Conductivity of Saturated Porous Materials Using a Flexible Wall Permeameter* (ASTM D5084-00). <https://www.astm.org/d5084-00e01.html>
- Bañon, L. y Beví J. (2000). *Manual de Carreteras: construcción y mantenimiento*. https://ingeniatte.es/wp-content/uploads/2019/08/Manual-Carreteras-Antecedentes-Historicos_Tomo_2.pdf
- Bear, J. (1972). *Dynamics of Fluids in Porous Media*. Dover.
- Camargo, D. (2015). *Diseño de un sistema para la obtención de la permeabilidad de suelos con cámara horizontal, orientado a pruebas de laboratorio*. [Tesis de pre grado, Universidad Nacional Católica de Colombia]. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional Católica de Colombia. <https://repository.ucatolica.edu.co/handle/10983/2932>.
- Castro, D. y Rodríguez, J. (2014). *Análisis de la infiltración de agua en firmes permeables con superficies de adoquines y aglomerantes porosos para el control en origen de inundaciones*. [Tesis doctoral, Universidad de Cantabria]. Repositorio Institucional de

- la Universidad de Cantabria. <https://repositorio.unican.es/xmlui/handle/10902/5053>
- Castaño, F., Herrera, J., Gómez, J. y Reyes, F. (2012). Análisis cualitativo del flujo de agua de infiltración para el control de drenaje de una estructura de pavimento flexible en la ciudad de Bogotá D.C. *Infraestructura vial*, 11(22), pp. 20-25. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/vial/article/view/1730/1703>
- Das, B (2013). *Fundamentos de la ingeniería geotécnica*. Cengage Learning.
- Dawson, A. (2008) *Water in road structures: Movement, drainage and effects*. Springer.
- Espinoza, J. (2005). Simulación de la infiltración del agua a partir de un daño en la carpeta de pavimento. *Ingeniería Hidráulica en México*, 20(4), pp. 77-95. <http://revistatyca.org.mx/ojs/index.php/tyca/article/view/1018>.
- Filotenkovas, V. y Vaitkus, A. (2019). Effect of Compaction and Hydraulic Gradient on Subbase Layer Permeability. *Coatings*, 9(10), pp. 641-646. <https://www.mdpi.com/2079-6412/9/10/641>
- Flores, R. (2000). *Flujo de agua a través de suelos*. AMH.
- Hernández, L., Santamarta, J., Tomás, R., Cano, M., García, J., y Piñero, A. (2013). *Determinación del coeficiente de absorción de agua por capilaridad de la piedra natural. Prácticas de Ingeniería del Terreno*. Universidad de Alicante. <https://web.ua.es/es/ginter/biblioteca-de-ensayos.html>
- Huezo, H. y Orellana, A. (2009). *Guía básica para estabilización de suelos con cal en caminos de baja intensidad vehicular en El Salvador*. [Tesis de pre grado, Universidad de El Salvador]. Repositorio Institucional de la Universidad de El Salvador. <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/2138/>
- Juárez, E. y Rico, A. (2005). *Mecánica de suelos I: Fundamentos de la Mecánica de suelos*. Limusa

- Martinez, E. (2019). *Estabilización de suelos cohesivos con aditivo organosilanos a nivel de subrante*. [Tesis de pre grado, Universidad Peruana de Los Andes]. Repositorio Institucional de la Universidad Peruana de Los Andes. <https://repositorio.upla.edu.pe/handle/20.500.12848/1366>
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2013). *Manual de Carreteras: especificaciones técnicas generales para construcción (EG-2013)*. https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/manuales.html
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2014). *Documento Técnico: soluciones básicas en carreteras no pavimentadas*. https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/manuales.html
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2014). *Manual de Carreteras: Hidrología, Hidráulica y Drenaje*. https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/manuales.html
- Ministerio de Economía y Finanzas (2015). *Pautas metodológicas para el desarrollo de alternativas de pavimentos en la formulación y evaluación social de proyectos de inversión pública de carreteras*. https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv_publica/docs/normas/normasv/2015/RD003-2015/Pautas_Pavimentos.pdf
- Mitropoulos, A. (2009). Capillarity. *Journal of Engineering Science and Technology Review*, 2(1), 28-32. <http://www.jestr.org/downloads/volume2/fulltext609.pdf>
- Montejo, A. (2002). *Ingeniería de Pavimentos. Fundamentos, estudios básicos y diseño*.
- Oquendo, A. (2003). *Influência da drenagem subsuperficial no desempenho de pavimentos asfálticos* [Tesis de maestría, Universidad de São Paulo]. Biblioteca Digital de la Universidad de São Paulo. <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3138/tde->

27062007-191216/pt-br.php

Portland Cement Association. (1979). *Soil-cement construction handbook*.

https://www.cement.org/docs/default-source/th-paving-pdfs/soil_cement/eb003.pdf?sfvrsn=2

Rakipaj, E. (2019). *Análisis de permeabilidad de suelos granulares mediante diferentes ensayos de laboratorio y formulaciones experimentales* [Tesis de pregrado, Universidad Politécnica de Cartagena]. Repositorio Institucional de la Universidad Politécnica de Cartagena.

https://repositorio.upct.es/bitstream/handle/10317/7865/tfg_rak_ana.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Rodríguez, D. (2016). *Análisis comparativo de la compactación y humedad de la subrasante natural y la subrasante utilizando productos químicos biodegradables (Terrasil), de la vía ecológica del Cantón Quevedo, provincia de Los Ríos* [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Ambato]. Repositorio Institucional de la Universidad Técnica de Ambato. <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/23558>

Ruiz de Argandoña, V., Calleja, L., Suárez del Río, L., Celorio, C. y Rodríguez-Rey, A. (2004). Cinética de la ascensión del agua por capilaridad en la Arenisca de La Marina (Jurásico superior de Asturias). *Trabajos de geología*, 24(1) 177-184. <https://docplayer.es/35293704-Cinetica-de-la-ascension-del-agua-por-capilaridad-en-la-arenisca-de-la-marina-jurasico-superior-de-asturias.html>

Salas, D. (2017). *Estabilización de suelos con aditivo de cemento y aditivo terrasil para el mejoramiento de la base del Km 11+000 al Km 9+000 de la carretera Puno-Tiquillaca-Mañazo* [Tesis de pregrado, Universidad Andina Nestor Cáceres Velásquez]. Repositorio Institucional de la Universidad Andina Nestor Cáceres Velásquez.

<http://repositorio.uancv.edu.pe/handle/UANCV/1378>

Sangama, M. y Morales, J. (2018). *Conservación de superficie de rodadura utilizando el aditivo CON.AID súper en la carretera departamental Tramo: EMP.SM-100 – Alto Roque – Buena Vista, Km 6+000 al Km 6+800, Distrito de San Martín de Alao – Proviincia Del Dorado – San Martin*. [Tesis de pre grado, Universidad Nacional de San Martín]. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de San Martín.

<http://repositorio.unsm.edu.pe/handle/11458/3035>

Sarango, G. (2019). *Estabilización de capas granulares para construcción y mantenimiento vial con organosilanos en la vía colectora E 182 (Carchi)* [Tesis de maestría, Universidad Central del Ecuador]. Repositorio Institucional de la Universidad Central del Ecuador.

<http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/20242>

Ruon, F. (2018). *Análisis da influencia do aditivo químico estabilizante CON-AID ® CBR-PLUS ® nas propriedades de um solo residual de gnaisse utilizado como subleito de vías permanentes*. [Tesis de pre grado, Universidad Federal de Santa Catarina]. Repositorio Institucional de la Universidad Federal de Santa Catarina.

Suárez, J. (2009). *Deslizamientos: Análisis Geotécnico*.

Sunley, W. (1996). Water-Road's Number one enemy. *Illinois Municipal Review*, 64(5), pp. 23-

24. <https://www.lib.niu.edu/1996/im960523.html>

Terzaghi, K. y Peck, R. (1967). *Soil mechanics in engineering practice*. John Wiley & Sons.

Torres, R. (2017). *Proyecto de Suelo-Cemento: pruebas de laboratorio y ensayo de especímenes* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Autónoma de México]. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional Autónoma de México.

<http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/handle/132.248.52.100/12507>

Villegas, R. y Ontiveros, E. (1998). Programa de normalización de estudios previos y control

de calidad en las intervenciones: Propiedades Hídricas, I parte. *PH: Boletín del instituto Andaluz del Patrimonio Histórico*, 6 (22), pp. 45-49.

<https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/32177/609-609-1-PB.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Whitlow, R. (1999). *Fundamentos de Mecánica de Suelos*. CECSA.

IX. ANEXOS

ANEXO A

MATRIZ DE CONSISTENCIA

"ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON ADITIVOS QUÍMICOS PARA DISMINUIR LA INFILTRACIÓN DEL AGUA EN LA CAPA GRANULAR DE UN PAVIMENTO ECONÓMICO"

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIÓN	INDICADORES
PROBLEMA GENERAL ¿En qué medida el uso de agentes estabilizadores reduce la infiltración del agua en la capa granular de un pavimento económico?	OBJETIVO GENERAL Determinar en qué medida el uso de agentes estabilizadores reduce la infiltración del agua en la capa granular de un pavimento económico.	HIPÓTESIS GENERAL El uso de agentes estabilizadores reduce significativamente la infiltración del agua en la capa granular de un pavimento económico.	VARIABLES Variables Independientes: Estabilización de suelos con aditivos químicos Variables Dependientes: Infiltración del agua en suelos estabilizados que forman parte de la capa granular de un pavimento económico.	Dimensión de la variable Independiente -Dosis del estabilizador químico -Propiedades índice del material a estabilizar Dimensión de la variable dependiente -Absorción capilar del agua en suelo estabilizado -Ascensión capilar del agua en suelo estabilizado -Permeabilidad del suelo estabilizado	Indicador de la variable Independiente Porcentaje de cemento (%) Dosis de aditivo químico (kg/m ³) Granulometría (% que pasa el tamiz) Contenido de humedad (% de humedad) Cantidad de material que pasa por la malla N°200 (% finos) Límites de consistencia (% humedad) Indicador de la variable dependiente Peso del agua absorbida (gr) Absorción de agua (% absorción) Succión capilar (gr/cm ²) Altura de ascensión capilar (cm) Absorción capilar (gr/cm ²) Saturación de la muestra (% saturación) Volumen de bureta (cm ³) Presión de confinamiento (KPa) Presión de poros (KPa) Tiempo (s) Temperatura (°C) Coeficiente de permeabilidad (cm/s) Máxima densidad seca (gr/cm ³) Óptimo contenido de humedad (% humedad) CBR (%)
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS			
1) ¿El uso de agentes estabilizadores reduce la absorción capilar del agua en la capa granular de un pavimento económico?	Determinar si el uso de agentes estabilizadores reduce eficazmente la absorción capilar del agua en la capa granular de un pavimento económico.	1) Los agentes estabilizadores disminuyen la absorción capilar del material granular que conforma la capa granular de un pavimento económico.			
2) ¿El uso de agentes estabilizadores reduce la ascensión capilar del agua en la capa granular de un pavimento económico?	Determinar si el uso de agentes estabilizadores reduce eficazmente la ascensión capilar del agua en la capa granular de un pavimento económico.	2) Los agentes estabilizadores disminuyen la ascensión capilar del material granular que conforma la capa granular de un pavimento económico.			
3) ¿El uso de agentes estabilizadores reduce la permeabilidad de la capa granular de un pavimento económico?	Determinar si el uso de agentes estabilizadores reduce eficazmente la permeabilidad de la capa granular de un pavimento económico.	3) Los agentes estabilizadores disminuyen la permeabilidad del material que conforma la capa granular del pavimento granular de un pavimento económico.			

Fuente: Elaboración propia

ANEXO B

PANEL FOTOGRÁFICO

Figura 52

Tamizado de la muestra



Fuente: Elaboración propia

Figura 53

Ensayo de Análisis granulométrico y lavado de la muestra



Fuente: Elaboración propia

Figura 54*Ensayo de Límite Líquido y Límite Plástico*

Fuente: Elaboración propia

Figura 55*Ensayo de Proctor Modificado*

Fuente: Elaboración propia

Figura 56*Ensayo de Capilaridad*

Fuente: Elaboración propia

Figura 57

Preparación y compactación de la muestra para Ensayo de Permeabilidad



Fuente: Elaboración propia

Figura 58

Saturación de la muestra



Fuente: Elaboración propia

Figura 59

Consolidación de la muestra



Fuente: Elaboración propia

Figura 60

Medición de la conductividad hidráulica



Fuente: Elaboración propia

ANEXO C

FICHAS TÉCNICAS

A. Dosificaciones para la estabilización de los materiales

Ficha N°1: Formato de dosificaciones de aditivos

NOMBRE COMERCIAL	COMPOSICIÓN QUÍMICA	DOSIFICACIÓN (kg/m ³)	DOSIFICACIÓN (kg)

Fuente: Elaboración propia

B. Propiedades índice del material

Ficha N°2: Formato de análisis granulométrico

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS					
MALLAS		PESO RETENIDO (gr)	RETENIDO PARCIAL (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PASA (%)
SERIE AMERICANA	ABERTURA (mm)				
3"	75				
2 1/2"	62.5				
2"	50				
1 1/2"	37.5				
1"	25				
3/4"	74				
1/2"	12.5				
3/8"	9.5				
1/4"	6.25				
N° 4	4.75				
N° 6	3.35				
N° 8	2.36				
N° 10	2				
N° 16	1.18				
N° 20	0.85				
N° 30	0.6				
N° 40	0.425				
N° 50	0.3				
N° 80	0.177				
N° 100	0.15				
N° 200	0.075				
-200	MTC E 202				

Fuente: Elaboración propia

Ficha N°3: Formato de Límites de consistencia

DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO				LÍMITE PLÁSTICO	
ENSAYO No.	1	2	3	4	1	2
CÁPSULA No.						
PESO CÁPSULA + SUELO HÚMEDO, g						
PESO CÁPSULA + SUELO SECO, g						
PESO AGUA, g						
PESO DE LA CÁPSULA, g						
PESO SUELO SECO, g						

DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO				LÍMITE PLÁSTICO	
ENSAYO No.	1	2	3	4	1	2
CONTENIDO DE HUMEDAD, %						
NÚMERO DE GOLPES						

Fuente: Elaboración propia

Ficha N°4: Formato de contenido de humedad

Peso del suelo húmedo (g) (A)	
Peso del suelo seco (g) (B)	
Peso de la tara (g) (C)	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%) $((B-C)*100/(C-A))$	

Fuente: Elaboración propia

Ficha N°5: Formato de Ensayo de Proctor Modificado

N.º de Capas:	Altura de caída del pisón:	Peso del pisón:		Volumen del Molde:			
Energía de Compactación Modificada:				Número de Golpes / capa:			
Peso Suelo Húmedo + Molde (g)							
Peso del Molde (g)							
Peso Suelo Húmedo (g)							
Volumen del Molde (cm³)							
Densidad Suelo Húmedo (g/cm³)							
Tarro N°							
Peso suelo húmedo + tarro (g)							
Peso suelo seco + tarro (g)							
Peso del agua (g)							
Peso del tarro (g)							
Peso suelo seco (g)							
Contenido de Humedad (%)							
Promedio de Humedad (%)							
Densidad del Suelo Seco (g/cm³)							

Fuente: Elaboración propia

Ficha N°6: Formato de Ensayo CBR

VOL. MOLDE:	N° DE CAPAS: 5	CAP. DEL ANILLO: 4.5Ton.	CERT. DE CALIBRACIÓN:					
N° DE MOLDE		N° MOLDE	18 (56 Golpes)		16 (25 Golpes)		15 (13 Golpes)	
N° DE GOLPES		PEN. (mm)	CARGA(N)	CARGA (kg)	CARGA(N)	CARGA (kg)	CARGA(N)	CARGA (kg)
VOLUMEN DE MOLDE (cm ³)								
P. MOLDE + S. HÚMEDO (g)								
PESO MOLDE (g)								
PESO SUELO HÚMEDO (g)								
N° TARRO								
P. TARRO + S. HÚMEDO (g)								
P. TARRO + S. SECO (g)								
PESO DE AGUA (g)								
PESO DE TARRO (g)								
PESO SUELO SECO (g)								
CONTENIDO DE HUMEDAD (g)								
DENSIDAD HÚMEDA (g/cm ³)								
DENSIDAD SECA (g/cm ³)								

ANEXO D

FORMATOS DE VALIDACIÓN POR EXPERTOS



UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
Facultad de Ingeniería Civil
Formato de Validación por Expertos



INFORME DE OPINIÓN DE EXPERTOS DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y nombres del informante (Experto): SÁNCHEZ GUANDO JUAN SERGIO
- 1.2. Grado Académico: INGENIERO
- 1.3. Profesión: INGENIERO CIVIL
- 1.4. Institución donde labora: JBO INGENIEROS S.A.C.
- 1.5. Cargo que desempeña: GERENTE TÉCNICO
- 1.6. Denominación del Instrumento:

- A. Dosificaciones para la estabilización de los materiales (Fichas Técnicas N° 1)
- B. Resumen de resultados de los propiedades índice de los materiales (Fichas Técnicas N° 2,3,4,5,6)
- C. Resumen de resultados del ensayo de capilaridad (Fichas Técnicas N° 7)
- C. Resumen de resultados del ensayo de permeabilidad (Fichas Técnicas N° 8)

- 1.7. Autor del instrumento: ISSA MILITSA ROMERO VILLAJUAN

II. VALIDACIÓN

INDICADORES DE EVALUACIÓN DEL INSTRUMENTO	CRITERIOS Sobre los ítems del instrumento	EVALUACIÓN				
		Muy malo	Malo	Regular	Bueno	Muy bueno
		1	2	3	4	5
CLARIDAD	Están formulados con lenguaje apropiado que facilita su comprensión.				X	
OBJETIVIDAD	Están expresados en datos medibles u observables.					X
CONSISTENCIA	Existe una organización lógica en los contenidos y relación con la teoría.					X
COHERENCIA	Existe relación del contenido con los indicadores de la variable.					X
PERTINENCIA	Las categorías de respuestas y sus valores son apropiados.				X	
SUFICIENCIA	Son suficientes la cantidad y calidad de ítems presentados en el instrumento.					X
SUMATORIA PARCIAL					8	20
SUMATORIA TOTAL		28				



UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
Facultad de Ingeniería Civil
Formato de Validación por Expertos



III. RESULTADOS DE LA VALIDACIÓN

3.1. Puntuación

Rango	Descripción	Puntaje
0 - 6	-	0,2
6 - 12	No válido, reformular	0,4
12 - 18	No válido, modificar	0,6
18 - 24	Válido, mejorar	0,8
24 - 30	Válido, aplicar	1,0

3.2. Valoración total cuantitativa: 1,0

3.3. Observaciones: LOS INSTRUMENTOS PRESENTADOS TIENEN INDICADORES
QUE CALIFICAN ENTRE "BUENO" Y "MUY BUENO", POR LO QUE
CONSIDERO PUEDEN EMPLEARSE EN PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN.

Lima, 15 de ABRIL del 2021.


 Firma


JUAN SERGIO SANCHEZ GUANDO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 59781



UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
Facultad de Ingeniería Civil
Formato de Validación por Expertos



INFORME DE OPINIÓN DE EXPERTOS DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y nombres del informante (Experto): MORENO FLORES MARCO ANTONIO
- 1.2. Grado Académico: INGENIERO
- 1.3. Profesión: INGENIERO CIVIL
- 1.4. Institución donde labora: JBO INGENIEROS S.A.C.
- 1.5. Cargo que desempeña: JEFE DE LABORATORIO
- 1.6. Denominación del Instrumento:
- A. Dosificaciones para la estabilización de los materiales (Fichas Técnicas N° 1)
- B. Resumen de resultados de los propiedades índice de los materiales (Fichas Técnicas N° 2,3,4,5,6)
- C. Resumen de resultados del ensayo de capilaridad (Fichas Técnicas N° 7)
- C. Resumen de resultados del ensayo de permeabilidad (Fichas Técnicas N° 8)
- 1.7. Autor del instrumento: ISSA MILITSA ROMERO VILLAJUAN

II. VALIDACIÓN

INDICADORES DE EVALUACIÓN DEL INSTRUMENTO	CRITERIOS Sobre los ítems del instrumento	EVALUACIÓN				
		Muy malo	Malo	Regular	Bueno	Muy bueno
		1	2	3	4	5
CLARIDAD	Están formulados con lenguaje apropiado que facilita su comprensión.				X	
OBJETIVIDAD	Están expresados en datos medibles u observables.					X
CONSISTENCIA	Existe una organización lógica en los contenidos y relación con la teoría.				X	
COHERENCIA	Existe relación del contenido con los indicadores de la variable.					X
PERTINENCIA	Las categorías de respuestas y sus valores son apropiados.					X
SUFICIENCIA	Son suficientes la cantidad y calidad de ítems presentados en el instrumento.				X	
SUMATORIA PARCIAL					12	15
SUMATORIA TOTAL					27	



UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
Facultad de Ingeniería Civil
Formato de Validación por Expertos



III. RESULTADOS DE LA VALIDACIÓN

3.1. Puntuación

Rango	Descripción	Puntaje
0 - 6	-	0,2
6 - 12	No válido, reformular	0,4
12 - 18	No válido, modificar	0,6
18 - 24	Válido, mejorar	0,8
24 - 30	Válido, aplicar	1,0

3.2. Valoración total cuantitativa: 1.0

3.3. Observaciones: Muy bien, excelente trabajo, recomiendo presentar su
trabajo de investigación en congresos de Geotecnia y Pavimentos

Lima, 17 de Abril del 2021.

 Firma

MARCO ANTONIO
 MORENO FLORES
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 176318



UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
Facultad de Ingeniería Civil
Formato de Validación por Expertos



INFORME DE OPINIÓN DE EXPERTOS DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y nombres del informante (Experto): Gutierrez Rosales, Jessica Milagros
 1.2. Grado Académico: Ingeniero
 1.3. Profesión: Ingeniera civil
 1.4. Institución donde labora: IBO Ingenieros S.A.C
 1.5. Cargo que desempeña: Ingeniera de gabinete
 1.6. Denominación del Instrumento:

- A. Dosificaciones para la estabilización de los materiales (Fichas Técnicas N° 1)
 B. Resumen de resultados de los propiedades índice de los materiales (Fichas Técnicas N° 2,3,4,5,6)
 C. Resumen de resultados del ensayo de capilaridad (Fichas Técnicas N° 7)
 C. Resumen de resultados del ensayo de permeabilidad (Fichas Técnicas N° 8)

1.7. Autor del instrumento: Issa Militsa Romero Villaguan

II. VALIDACIÓN

INDICADORES DE EVALUACIÓN DEL INSTRUMENTO	CRITERIOS Sobre los ítems del instrumento	EVALUACIÓN				
		Muy malo	Malo	Regular	Bueno	Muy bueno
		1	2	3	4	5
CLARIDAD	Están formulados con lenguaje apropiado que facilita su comprensión.				X	
OBJETIVIDAD	Están expresados en datos medibles u observables.				X	
CONSISTENCIA	Existe una organización lógica en los contenidos y relación con la teoría.					X
COHERENCIA	Existe relación del contenido con los indicadores de la variable.				X	
PERTINENCIA	Las categorías de respuestas y sus valores son apropiados.					X
SUFICIENCIA	Son suficientes la cantidad y calidad de ítems presentados en el instrumento.					X
SUMATORIA PARCIAL					12	15
SUMATORIA TOTAL		27				



UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
Facultad de Ingeniería Civil
Formato de Validación por Expertos



III. RESULTADOS DE LA VALIDACIÓN

3.1. Puntuación

Rango	Descripción	Puntaje
0 - 6	-	0,2
6 - 12	No válido, reformular	0,4
12 - 18	No válido, modificar	0,6
18 - 24	Válido, mejorar	0,8
24 - 30	Válido, aplicar	1,0

3.2. Valoración total cuantitativa: 1,0

3.3. Observaciones: se tienen indicadores de evaluación "bueno" y "muy bueno", los cuales son válidos para aplicarlos en este proyecto de investigación

Lima, 21 de Abril del 2021.

 Firma

JESSICA MILAGROS
GUTIERREZ ROSALES
 Ingeniera Civil
 CIP N° 258121

ANEXO E

CERTIFICADO DE ENSAYOS DE LABORATORIO



Ingenieros S.A.C.
Calle Valadoid 142
Urb. Mayorazgo II Etapa Ate
Lima, Perú
Teléfono 01-683-0473 / 683-0476
E-mail: informes@jboingenieros.com

INFORME DE ENSAYO

EXPEDIENTE N° 062-2019-JBO

SOLICITANTE
DIRECCIÓN

CONSORCIO SACRY
Cal Desn Valdivia Nro. 148 Int. 1301 (Edif. Platinum Plaza, Torre 1) Lima - Lima -
San Isidro

PROYECTO

Mejoramiento y Rehabilitación de la Infraestructura
Vial Paquete 05 - Ancash Tramo I Emp. PE - 1N2
(Div. Lacramarca) - La Aguada - Las Cruces -
Lacramarca - Santa Ana - Qutaococha - Huaylas -
Emp. PE - 3N (San Diego)

REFERENCIA

Solicitud de Servicio N° 062-2019-JBO

UBICACIÓN

Ancash

FECHA DE RECEPCIÓN

Lima, 15 de Abril del 2019

FECHA DE INICIO

Lima, 15 de Abril del 2019

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS MTC E 204 - 2016

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN

Cantera La Torre, C-1M-1, Prof. 0.20 - 3.00 m

PRESENTACIÓN : 03 Sacos de polipropileno.

CANTIDAD : 100 kg aprox.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS					
SERIE AMERICANA	MALLAS ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (g)	RETENIDO PARCIAL (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PASA (%)
3"	75.000				100.0
2 1/2"	62.500	153.3	3.0	3.0	97.0
2"	50.000	153.3	3.0	6.0	94.0
1 1/2"	37.500	148.2	2.9	8.9	91.1
1"	25.000	741.1	14.5	23.4	76.6
3/4"	19.000	695.1	13.6	37.0	63.0
1/2"	12.500	598.0	11.7	48.7	51.3
3/8"	9.500	219.8	4.3	53.0	47.0
1/4"	6.250	352.7	6.9	59.9	40.1
N° 4	4.750	158.4	3.1	63.0	37.0
N° 6	3.350	148.2	2.9	65.9	34.1
N° 8	2.360	168.7	3.3	69.2	30.8
N° 10	2.000	81.3	1.2	70.4	29.6
N° 16	1.180	163.8	3.2	73.6	26.4
N° 20	0.850	86.9	1.7	75.3	24.7
N° 30	0.600	81.8	1.6	76.9	23.1
N° 40	0.425	81.8	1.6	78.5	21.5
N° 50	0.300	76.7	1.5	80.0	20.0
N° 60	0.250	97.1	1.9	81.9	18.1
N° 100	0.150	25.6	0.5	82.4	17.6
N° 200	0.075	92.0	1.8	84.2	15.8
-200	MTC E 202	807.8	15.8	100.0	-

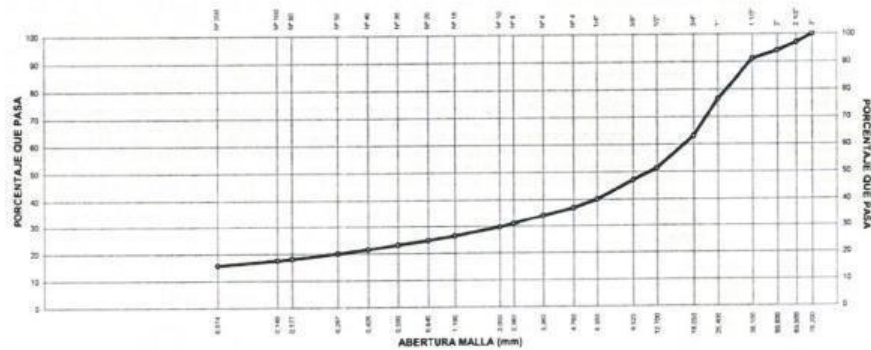
CARACTERIZACIÓN DEL SUELO			
Límite líquido (%)	(MTC E 110 - 2016)	:	23.0
Límite plástico (%)	(MTC E 111 - 2016)	:	15.0
Índice plástico (%)	(MTC E 111 - 2016)	:	8.0
Clasificación SUCS	(ASTM D 2487-11)	:	GC
Clasif. para el uso en vías barriales	(ASTM D 1282-08)	:	A-2-4 (3)

Descripción de la muestra : Grava arcillosa con arena

OBSERVACIONES:

Muestra tomada e identificada por personal técnico de JBO Ingenieros S.A.C.

CURVA GRANULOMÉTRICA



Referencias:

- NTP 400 012 / ASTM C 136. AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global
- NTP 335 129 / ASTM D 4318. SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad de suelos
- ASTM D 2487. Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System)
- ASTM D 1282. Standard Practice for Classification of Soils and Soil-Aggregate Mixtures for Highway Construction Purposes
- NTP 400 018 / ASTM C 117. AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado 75 µm (N° 200) por lavado de agregados

Equipos usados:

- Balanza BAL-17. SCM LM-20051832 (20-11-18)
- Homo HCR-03. SCM LT-30031816 (02-03-18)
- Homo HCR-02. SCM LT-30031816 (02-03-18)

Personal:
- Tec. E.E.A.
- Rev. M.M.F.

CONSORCIO SACRY

Ing. Karl Wilfredo Ríos Asmal
Reg. CIP N° 53750
Jefe de Estudio

Fecha de emisión: Lima, 10 de Mayo del 2019

El uso de la información contenida en este documento es de exclusiva responsabilidad del solicitante.

CONSORCIO SACRY

Ing. Juan Sergio Sánchez Guando
Reg. CIP N° 59761

Representante Legal

CONSORCIO SACRY

CARLOS MARTÍNEZ-ALMEIDA LOPEZ
Representante Legal

MARCO ANTONIO
MORENO FLORES
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 176315



Ingenieros S.A.C.
Calle Valadillo 149
Urb. Mayorazgo II Etapa Ate
Lima, Perú
Teléfono 01-683-0473 / 683-0475
E-mail: informes@jboingenieros.com

EXPEDIENTE N° 062-2019-JBO

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : CONSORCIO SACYR PROYECTO : Mejoramiento y Rehabilitación de la
Infraestructura Vial Paquete 05 - Ancash
DIRECCIÓN : Cal. Dean Valdivia Nro. 148 Int. 1301 (Edif. Platinum Plaza, Torre 1) Lima - Lima - San Isidro La Aguada - Las Cruces - Lacramarca - Santa Ana - Quitacocha - Huaylas - Emp. PE - 3N (San Diego)

REFERENCIA : Solicitud de Servicio N° 062-2019-JBO UBICACIÓN : Ancash
FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 15 de Abril del 2019 FECHA INICIO : Lima, 15 de Abril del 2019

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE SUELOS

MTC E 110 - 2016

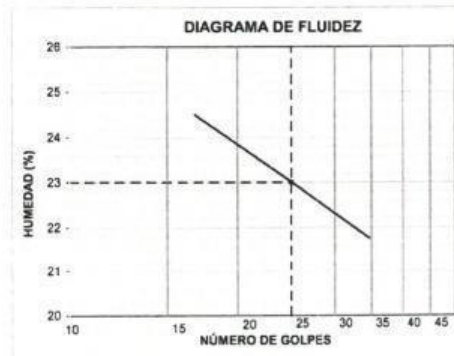
DETERMINACIÓN DEL LÍMITE PLÁSTICO (L.P.) DE LOS SUELOS E ÍNDICE DE PLASTICIDAD (I.P.)

MTC E 111 - 2016

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : Cantera La Torre, C-1/M-1, Prof.: 0.20 - 3.00 m PRESENTACIÓN : 03 Bolsa de polietileno
DESCRIPCIÓN : Grava arcillosa con arena CANTIDAD : 02 kg aprox.

DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO				LÍMITE PLÁSTICO	
ENSAYO No.	1	2	3	4	1	2
CÁPSULA No.	T129	T144	T142	T115	T38	T52
PESO CÁPSULA + SUELO HÚMEDO, g	29.40	28.68	30.19	29.88	20.76	22.06
PESO CÁPSULA + SUELO SECO, g	26.70	26.33	27.52	27.23	19.76	21.14
PESO AGUA, g	2.70	2.35	2.67	2.65	1.00	0.92
PESO DE LA CÁPSULA, g	15.52	16.32	15.78	15.24	13.01	15.11
PESO SUELO SECO, g	11.18	10.01	11.74	11.99	6.75	6.03
CONTENIDO DE HUMEDAD, %	24.15	23.48	22.74	22.10	14.81	15.24
NÚMERO DE GOLPES	18	23	27	31		



RESULTADOS DE ENSAYOS	
LÍMITE LÍQUIDO (%)	23
LÍMITE PLÁSTICO (%)	15
ÍND. PLASTICIDAD (%)	8

OBSERVACIONES:

- Ensayo efectuado al material pasante la malla N° 40.
- Muestra tomada e identificada por personal técnico de JBO Ingenieros S.A.C.

Referencia:

- NTP 339.129 / ASTM D 4318: SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad de suelos

Equipos usados:

- Balanza BAL-17. SCM LM-20051832 (20-11-18)
- Horno HOR-02: SCM LT-30031816 (30-10-18)

Personal:

- Tec.: E.E.A.
- Rev.: M.M.F.

CONSORCIO SACYR

CARLOS MARTÍNEZ-ALMEIDA LOPEZ
Representante Legal

VF-002 (01-02-18)

Fecha de emisión: Lima, 10 de Mayo del 2019

El uso de la información contenida en este documento es responsabilidad del solicitante.

CONSORCIO SACYR

Ing. Karl Wilfredo Ríos Asmat
Reg. CIP N° 53750
Jefe de Estudio

CONSORCIO SACYR

Ing. Juan Sergio Sánchez Guando
Reg. CIP N° 59761
Especialista en Suelos y Pavimentos

MARCO ANTONIO
MORENO FLORES
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 175311



Ingenieros S.A.C.
 Calle Viterbo 119
 Urb. Miraflores I Etapa Ate
 Lima, Perú
 Teléfono: 01-683-0471 / 683-0472
 E-mail: inform@jboingenieros.com

EXPEDIENTE N° 062-2019-JBO

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE	: CONSORCIO SACYR	PROYECTO	: Mejoramiento y Rehabilitación de la Infraestructura Vial Pequeño 05 - Ancash Tramo I: Emp. PE - 1NQ (Dv. Lacramarca) - La Aguada - Las Cruces - Lacramarca - Santa Ana - Quilacocha - Huaylas - Emp. PE - 3N (San Diego)
DIRECCIÓN	: Cal. Dean Valdivia Nro. 148 Int. 1301 (Edif. Platinum Plaza, Torre 1) Lima - Lima - San Isidro		
REFERENCIA	: Solicitud de Servicio N° 062-2019-JBO	UBICACIÓN	: Ancash
FECHA DE RECEPCIÓN	: Lima, 15 de Abril del 2019	FECHA DE INICIO	: Lima, 15 de Abril del 2019

MÉTODO DE ENSAYO PARA CONTENIDO DE HUMEDAD TOTAL DE LOS AGREGADOS POR SECADO MTC E 215 - 2016

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN	: Cantera La Torre, C-1/M-1, Prof.: 0.20 - 3.00 m	PRESENTACIÓN	: 01 Bolsa de polietileno
DESCRIPCIÓN	: Grava arcillosa con arena	CANTIDAD	: 05 kg aprox.

IDENTIFICACIÓN	Cantera La Torre, C-1/M-1, Prof.: 0.20 - 3.00 m
Peso del suelo húmedo (g)	5317.2
Peso del suelo seco (g)	5111.1
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	1.2

OBSERVACIONES:

- Muestra tomada e identificada por personal técnico de JBO Ingenieros S.A.C.

REFERENCIA:

- NTP 339.185 / ASTM C 566: AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado

Equipos usados:

- Balanza BAL-17: SCM LM-20051832 (20-11-18)
 - Horno HOR-02: SCM LT-30031816 (30-10-18)

Personal:

Téc.: E.E.A.

Rev.: M.M.F.

VF-002 (01-02-18)

Fecha de emisión: Lima, 10 de Mayo del 2019

El uso de la información contenida en este documento es responsabilidad del solicitante.

CONSORCIO SACYR

CARLOS MARTÍNEZ-ALMEIDA LOPEZ
 Representante Legal

CONSORCIO SACYR

Ing. Karol Wilfredo Roca Asmat
 Reg. CIP N° 53750
 Jefe de Estudios

CONSORCIO SACYR

Ing. Juan Sergio Sánchez Gutiérrez
 Reg. CIP N° 55761
 Especialista en Suelos y Pavimentos

MARCO ANTONIO
 MORENO FLORES
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 176318



Ingenieros S.A.C.
 Calle Valadillo 149
 Urb. Mayoreazgo II Etapa, Ate
 Lima - Perú
 Teléfono: 01-683-0473 / 683-0478
 E-mail: informes@jboingenieros.com

EXPEDIENTE N° 062-2019-JBO

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE	: CONSORCIO SACYR	PROYECTO	: Mejoramiento y Rehabilitación de la Infraestructura Vial Paquete 05 – Ancash Tramo I: Emp. PE – 1NQ (Dv. Lacramarca) – La Aguada – Las Cruces – Lacramarca – Santa Ana – Quitacocha – Huaylas – Emp. PE – 3N (San Diego)
DIRECCIÓN	: Cal. Dean Valdivia Nro. 148 Int. 1301 (Edif. Platinum Plaza, Torre 1) Lima - Lima - San Isidro		
REFERENCIA	: Solicitud de Servicio N° 062-2019-JBO	UBICACIÓN	: Ancash
FECHA DE RECEPCIÓN	: Lima, 15 de Abril del 2019	FECHA DE INICIO	: Lima, 15 de Abril del 2019

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN	: Cantera La Torre, C-1/M-1, Prof.: 0.20 - 3.00 m	PRESENTACIÓN	: 03 Sacos de polipropileno.
DESCRIPCIÓN	: Grava arcillosa con arena	CANTIDAD	: 100 kg aprox.

CANTIDAD DE MATERIAL FINO QUE PASA EL TAMIZ DE 75 µm (N° 200) POR LAVADO MTC E 202 - 2016

DESCRIPCIÓN	RESULTADOS
Identificación	Cantera La Torre, C-1/M-1, Prof.: 0.20 - 3.00 m
Peso del recipiente + suelo seco (sin lavar) (g)	5243,9
Peso del recipiente + suelo seco (lavado) (g)	4546,5
Peso del recipiente (g)	132,8
Porcentaje de suelo más fino que el tamiz N° 200 (%)	15,8

OBSERVACIONES:

- Muestra tomada e identificada por personal técnico de JBO Ingenieros S.A.C.

Referencia:

- NTP 400.018 / ASTM C 117: AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado 75 µm (N° 200) por lavado de agregados

Equipos usados:

- Balanza BAL-17: SCM LM-20051832 (20-11-18)
 - Horno HOR-02: SCM LT-30031816 (30-10-18)

Téc.: E.E.A.

Rev.: M.M.F.

VF-002 (01-02-18)

Fecha de emisión: Lima, 10 de Mayo del 2019

El uso de la información contenida en este documento es de exclusiva responsabilidad del solicitante.

CONSORCIO SACYR

Ing. Karl Wilfredo Ríos Asmat
 Reg. CIP N° 53750
 Jefe de Estudio

CONSORCIO SACYR

Ing. Juan Serpio Sánchez Cuanco
 Reg. CIP N° 55761
 Especialista en Suelos y Pavimentos

CONSORCIO SACYR

CARLOS MARTÍNEZ-ALMEIDA LOPEZ
 Representante Legal

MARCO ANTONIO
 MORENO FLORES
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 178318



Ingenieros S.A.C.
 Calle Vía a la 149
 Urb. Mayocajazo II Etapa Ate
 Lima - Perú
 Teléfono: 01-658-0473 / 658-0475
 E-mail: informes@jboingenieros.com

EXPEDIENTE N° 062-2019-JBO

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : CONSORCIO SACYR **PROYECTO** : Mejoramiento y Rehabilitación de la Infraestructura Vial Paquete 05 - Ancash Tramo I. Emp. PE - 1NQ (Dv. Lacramarca) - La Aguada - Las Cruces - Lacramarca - Santa Ana - Quilacocha - Huaylas - Emp. PE - 3N (San Diego)

DIRECCIÓN : Cal Dean Valdivia Nro. 148 Int. 1301 (Edif. Platinum Plaza, Torre 1) Lima - Lima - San Isidro

REFERENCIA : Solicitud de Servicio N° 062-2019-JBO **UBICACIÓN** : Ancash

FECHA RECEPCIÓN : Lima, 15 de abril del 2019 **FECHA INICIO** : Lima, 15 de abril del 2019

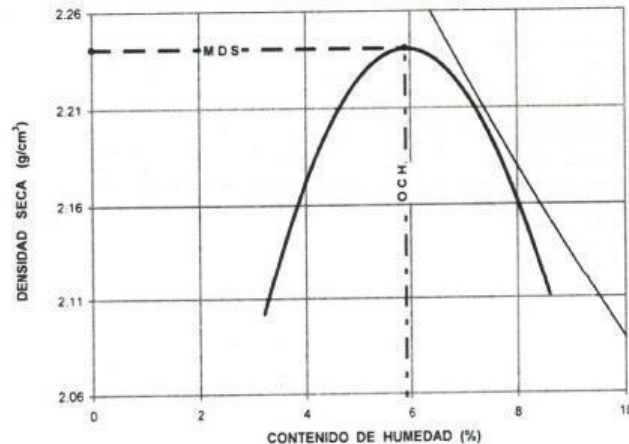
REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : Cantera La Torre, C-1/M-1, Prof. 0.20 - 3.00 m **PRESENTACIÓN** : 03 Sacos de polipropileno

DESCRIPCIÓN : Grava arcillosa con arena **CANTIDAD** : 100 kg aprox.

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO (MTC E 115 - 2016)

N° de Capas	5	Altura de caída del pistón	45.72 cm	Peso del pistón	4.54 Kg	Volumen del Molde	2107 g/cm³
Energía de Compactación	Modificada	27.4 kg-cm/cm³				Número de Golpes / capa	56 Golpes
Peso Suelo Humedo + Molde	(g)	7296	7547	7618	7480		
Peso del Molde	(g)	2601	2601	2601	2601		
Peso Suelo Humedo	(g)	4695	4946	5017	4879		
Volumen del Molde	(cm³)	2107	2107	2107	2107		
Densidad Suelo Humedo	(g/cm³)	2.228	2.347	2.381	2.316		
Tarro N°		8	347	443	419	302	215
Peso suelo humedo + tarro	(g)	480.8	390.6	354.8	496.5	344.5	440.6
Peso suelo seco + tarro	(g)	466.6	379.2	341.3	465.6	326.8	416.6
Peso del agua	(g)	14.2	11.4	13.5	20.9	17.7	24.0
Peso del tarro	(g)	67.4	67.4	83.5	60.4	64.1	66.8
Peso suelo seco	(g)	379.2	311.8	257.8	405.2	262.7	349.8
Contenido de Humedad	(%)	3.7	3.7	5.2	5.2	6.7	6.9
Promedio de Humedad	(%)	3.7	5.2	6.8	8.3		
Densidad del Suelo Seco	(g/cm³)	2.149	2.231	2.229	2.139		



PREPARACIÓN DE LA MUESTRA		
Serie Americana	Ret. Parc. (%)	Pasa (%)
2 1/2"	-	100
2"	12	88
3/4"	31	57
3/8"	16	41
N°4	10	31
<N°4	31	-
MÉTODO		"C"

MDS	2.243 g/cm³
OCH	5.9%

OBSERVACIONES

Muestra tomada e identificada por personal técnico de JBO Ingenieros S.A.C.

Referencia:

ASTM D 1557-02. Standard test methods for laboratory compaction characteristics of soil using modified effort - 56000 ft-lbf/ft³ (2700 kN-m/m³)

Equipos usados:

- Balanza BAL-17: SCM LM-20111803 (20-11-18)
 - Horno HOR-02: SCM LT-08051525 (08-05-19)

CONSORCIO SACYR

CARLOS MARTÍNEZ-ALMEIDA LÓPEZ
 Representante Legal

CONSORCIO SACYR

Ing. Karl Wilfredo Ríos Asmat
 Reg. CIP N° 53750
 Jefe de Estudio

Fecha de Emisión: Lima, 17 de mayo del 2019
 El uso de la información contenida en este informe es de exclusiva responsabilidad del solicitante

Ing. Juan Sergio Sánchez Guando
 Reg. CIP N° 59781
 Especialista en Suelos y Pavimentos

MARCO ANTONIO MORENO FLORES
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 176318



Ingenieros S.A.C.
 Calle Vía Andina 143
 Urb. Majaz del Estadio
 Lima, Perú
 Teléfono: 011-653-0473 - 653-0474
 E-mail: informes@jboingenieros.com

EXPEDIENTE N° 062-2019-JBO

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : CONSORCIO SACYR PROYECTO : Mejoramiento y Rehabilitación de la Infraestructura Vial Paquete 05 - Ancash Tramo I: Emp. PE - INQ (Dv. Lacramarca) - La Aguada - Las Cruces - Lacramarca - Santa Ana - Quitacocha - Huaylas - Emp. PE - 3N (San Diego)

DIRECCIÓN : Cal. Dean Valdivia Nro. 148 Int. 1301 (Edif. Platinum Plaza, Torre 1) Lima - Lima - San Isidro

REFERENCIA : Solicitud de Servicio N° 062-2019-JBO UBICACIÓN : Ancash

FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 15 de abril del 2019 FECHA DE INICIO : Lima, 15 de abril del 2019

CBR DE SUELOS COMPACTADOS EN LABORATORIO (MTC E 132 - 2016)

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : Cantera La Torre, C-1/M-1, Prof.: 0.20 - 3.00 m PRESENTACIÓN : 03 Sacos de polipropileno.

DESCRIPCIÓN : Grava arcillosa con arena CANTIDAD : 100 Kg aprox.

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LA MUESTRA DE ENSAYO

Granulometría de la Muestra (MTC E 107 - MTC E 202)

Serie Americana	Ret. Parcial (%)	Pasa (%)
2"	6	94
3/4"	31	63
3/8"	16	47
N°4	10	37
N°200	21	16
< N°200	16	--

Límites de Atterberg (MTC E 110 - MTC E 111)

Límite Líquido	: 23.0 %
Índice Plástico	: 08.0 %

Clasificación de Suelos

SUCS (ASTM D-2487)	: GC
Vías Transporte (ASTM D-3282)	: A-2-4 (0)

CARACTERÍSTICAS DE LOS ESPÉCIMENES DE ENSAYO

Descripción		Especimen N° 1	Especimen N° 2	Especimen N° 3
Energía de Compactación	(kg-cm/cm³)	27.4	12.2	6.1
Densidad Seca Antes del Remojo	(g/cm³)	2.244	2.163	2.132
Humedad de Compactación	(%)	5.9	5.9	5.9
Humedad de Penetración	(%)	7.7	9.0	10.4
Absorción	(%)	1.8	3.1	4.5
Expansión	(%)	2.16	3.41	4.31
Tiempo de Embebido	(días)	4	4	4
Sobrecarga	(kg)	4.5	4.5	4.5

RESUMEN DE RESULTADOS DE ENSAYOS

Proctor Modificado (MTC E 115 - 2016)

Método de Compactación	: C
Máxima Densidad Seca	(g/cm³) : 2.243
Óptimo Contenido de Humedad	(%) : 5.9

C.B.R. a 2.5 mm de Penetración (MTC E 132 - 2016)

C.B.R. al 100 % de la M.D.S.	: 58.3 %
C.B.R. al 95 % de la M.D.S.	: 28.9 %

C.B.R. a 5,0 mm de Penetración (MTC E 132 - 2016)

C.B.R. al 100 % de la M.D.S.	: 68.2 %
C.B.R. al 95 % de la M.D.S.	: 33.8 %
Condiciones del Ensayo	: Embebido *

OBSERVACIONES:

- Muestra tomada e identificada por personal técnico de JBO Ingenieros S.A.C.
- La muestra compactada se saturó por 4 días, posteriormente se realizó el ensayo de penetración.

REFERENCIA:

ASTM D 1883: Standard test method for CBR (California Bearing Ratio) of laboratory-compacted soils.
 ASTM D 1557: Standard test methods for laboratory compaction characteristics of soil using modified effort - 56000 ft-lbf/ft³ (2700 kN-m/m³)

CONSORCIO SACYR

Ing. Karl Wilfredo Ríos Asmat
 Reg. CIP N° 53750
 Jefe de Estudio

Fecha de Emisión: 15 de mayo del 2019

El uso de la información contenida en este documento es de exclusiva responsabilidad del solicitante

Ing. Juan Sergio Sánchez Guando

Reg. CIP N° 59741

Especialista en Suelos y Pavimentos

Equipos usados:

- Balanza BAL-17: SCM LM-20111803 (20-11-18)
- Horno HOR-02: SCM LT-08051925 (08-05-19)
- Prensa CBR PMR-02: SCM LF-01951960

CONSORCIO SACYR

CARLOS MARTÍNEZ ALMEIDA LOPEZ
 Representante Legal

Personal:

- Tec. E.E.A.
- Rev. M.M.F.

MARC ANTONIO
 MORENO FLORES
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 176318



Ingenieros S.A.C.
Dre. Valdivia 149
Urb. Mayazgo II Etapa Ate
Lima, Perú
Teléfono: 01-683-0473 - 683-0478
E-mail: info@jboingenieros.com

INFORME DE ENSAYO

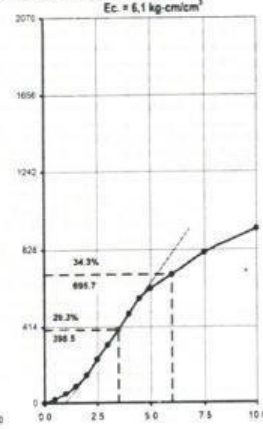
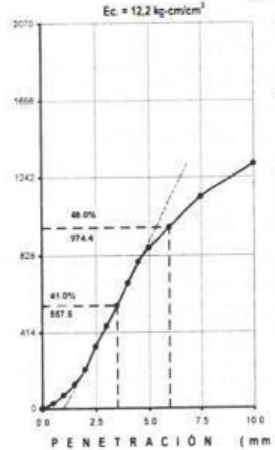
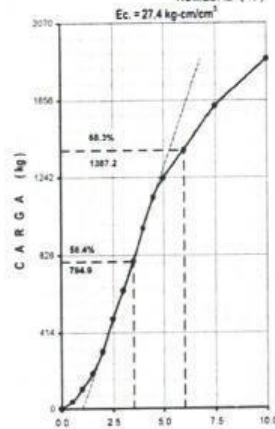
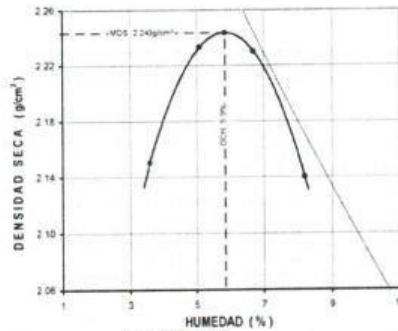
EXPEDIENTE N° 062-2019-JBO

SOLICITANTE	CONSORCIO SACYR	PROYECTO	Mejoramiento y Rehabilitación de la Infraestructura Vial Paquete 05 - Ancash Tramo I: Emp. PE - 1NQ (Dv. Lacramarca) - La Aguada - Las Cruces - Lacramarca - Santa Ana - Quitacocha - Huaylas - Emp. PE - 3N (San Diego)
DIRECCIÓN	Cal Dean Valdivia No. 148 Int. 1301 (Edif. Platinum Plaza Torre 1) Lima - Lima - San Isidro	UBICACIÓN	Ancash
REFERENCIA	Solicitud de Servicio N° 062-2019-JBO	FECHA DE INICIO	Lima, 15 de abril del 2019
FECHA DE RECEPCIÓN	Lima, 15 de abril del 2019		

CBR DE SUELOS COMPACTADOS EN LABORATORIO (MTC E 132 - 2016)

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN	Cantera La Torre, C-1M-1, Prof. 0.20 - 0.30 m	PRESENTACIÓN	03 Sacos de polipropileno
DESCRIPCIÓN	Grava arcillosa con arena	CANTIDAD	100 kg aprox.



OBSERVACIONES

- Muestra tomada e identificada por personal técnico de JBO Ingenieros S.A.C.
- La muestra compactada se saturó por 4 días, posteriormente se realizó el ensayo de penetración.

Referencia

ASTM D 1557 Standard test method for CBR (California Bearing Ratio) of laboratory-compacted soils.
ASTM D 1557 Standard test methods for laboratory compaction characteristics of soil using modified effort - 56000 ft-lbf/ft³ (2700 kN-m/m³)

Equipos usados

- Balanza BAL-17, SCM LM-20-11803 (20-11-18)
- Horno HQR-02, SCM LT-08051925 (08-05-19)
- Prensa CBR PMR-02, SCM LF-07061907 (07-06-19)

Fecha de Emisión: Lima, 17 de mayo del 2019

El uso de la información contenida en este documento es de exclusiva responsabilidad del solicitante

CONSORCIO SACYR

Ing. Karl Wilfredo Ríos Asmat
Reg. CIP N° 53750
Jefe de Estudio

CONSORCIO SACYR

Ing. Juan Sergio Sánchez Guando
Reg. CIP N° 59781
Especialista en Suelos y Pavimentos

CONSORCIO SACYR

CARLOS MARTÍNEZ-ALMEIDA LÓPEZ
Representante Legal

MARGO ANTONIO
MORENO FLORES
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 176315



Ingenieros S.A.C.
Calle Valladolid 149
Urb. Mayrazgo II Etapa, Are.
Lima - Perú
Teléfono: 01-683-0473 / 683-0476
E-mail: informes@jboingenieros.com

INFORME DE ENSAYO

EXPEDIENTE N° 062-2019-JBO

SOLICITANTE: CONSORCIO SACRY
DIRECCIÓN: Cal. Dean Valdivia Nro. 148 Int. 1301 (Edif. Platinum Plaza, Torre 1) Lima - Lima - San Isidro

PROYECTO: Mejoramiento y Rehabilitación de la Infraestructura Vial Paquete 05 - Ancash Tramo I: Eno PE - 1NQ (Div. Lacermarca) - La Aguada - Las Cruces - Lacermarca - Santa Ana - Quilacocha - Huaylas - Eno PE - 3N (San Diego)

REFERENCIA: Solicitud de Servicio N° 062-2019-JBO
FECHA DE RECEPCIÓN: Lima, 15 de Abril del 2019

UBICACIÓN: Ancash
FECHA DE INICIO: Lima, 15 de Abril del 2019

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS MTC E 204 - 2016

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN: Carretera La Torre, C-2M-1, Prof. 0.20 - 3.00 m

PRESENTACIÓN: 03 Sacos de polipropileno

CANTIDAD: 100 kg aprox.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS					
SERIE AMERICANA	MALLAS ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (g)	RETENIDO PARCIAL (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PASA (%)
3"	75.000				100.0
2 1/2"	62.500	185.7	3.6	3.6	96.4
2"	50.000	159.9	3.1	6.7	93.3
1 1/2"	37.500	134.1	2.6	9.3	90.7
1"	25.000	773.8	15.0	24.3	75.7
3/4"	19.000	681.0	13.2	37.5	62.5
1/2"	12.500	562.9	11.3	48.8	51.2
3/8"	9.500	232.1	4.5	53.3	46.7
1/4"	6.250	335.3	6.5	59.8	40.2
N° 4	4.750	154.8	3.0	62.8	37.2
N° 6	3.350	165.1	3.2	66.0	34.0
N° 8	2.360	123.8	2.4	68.4	31.6
N° 10	2.000	87.7	1.7	70.1	29.9
N° 16	1.180	170.2	3.3	73.4	26.6
N° 20	0.850	134.1	2.6	76.0	24.0
N° 30	0.600	36.1	0.7	76.7	23.3
N° 40	0.425	108.3	2.1	78.8	21.2
N° 50	0.300	41.3	0.8	79.6	20.4
N° 60	0.250	103.2	2.0	81.6	18.4
N° 100	0.150	67.1	1.3	82.9	17.1
N° 200	0.075	51.6	1.0	83.9	16.1
200	MTC E 202	830.6	16.1	100.0	-

CARACTERIZACIÓN DEL SUELO

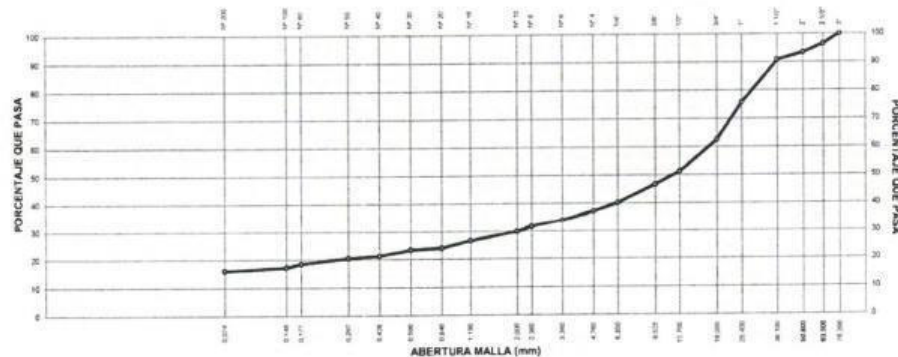
Limite líquido (%)	(MTC E 110 - 2016)	33.0
Limite plástico (%)	(MTC E 111 - 2016)	22.0
Índice plástico (%)	(MTC E 111 - 2016)	11.0
Clasificación SUCS	(ASTM D 2487-11)	GC
Clasif. para el uso en vías transporte	(ASTM D 3282-08)	A-2.4 (0)

Descripción de la muestra: Grava arcillosa con arena

OBSERVACIONES:

- Muestra tomada e identificada por personal técnico de JBO Ingenieros S.A.C.

CURVA GRANULOMÉTRICA



Referencia:

- NTP 400 012 / ASTM C 136: AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global
- NTP 339 129 / ASTM D 4318: SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad de suelos
- ASTM D 2487: Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System)
- ASTM D 3282: Standard Practice for Classification of Soils and Soil-Aggregate Mixtures for Highway Construction Purposes
- NTP 400 018 / ASTM C 117: AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado 75 µm (N° 200) por lavado de agregados

Equipos usados:

- Balanza BAL-17, SCM LM-20051832 (20-11-18)
- Homo HCR-03, SCM L1-30031816 (30-10-18)
- Homo HCR-02, SCM L1-30031816 (30-10-18)

CONSORCIO SACRY

CARLOS MARTÍNEZ-ALMEIDA LOPEZ
Representante Legal

Personal:
- Tec. E.E.A.
- Rev. M.M.F.

Fecha de emisión: Lima, 10 de Mayo del 2019

El uso de la información contenida en este documento es de exclusiva responsabilidad del solicitante.

CONSORCIO SACRY

Ing. Juan Sergio Sánchez Guando
Reg. CIP N° 59781
Especialista en Suelos y Pavimentos

MARCO ANTONIO
MORENO FLORES
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 176318

CONSORCIO SACRY

Ing. Karl Wilfredo Ríos Aguiar
Reg. CIP N° 53750
Jefe de Estudio



Ingenieros S.A.C.
 Calle Valdepolo 149
 Urb. Mayorazgo II Etapa Ate
 Lima, Perú
 Teléfono: 01-683-0473 / 683-0476
 Email: informes@jboingenieros.com

EXPEDIENTE N° 062-2019-JBO

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : CONSORCIO SACYR
DIRECCIÓN : Cal. Dean Valdivia Nro. 148 Int. 1301 (Edif. Platinum Plaza, Torre 1) Lima - Lima - San Isidro
PROYECTO : Mejoramiento y Rehabilitación de la Infraestructura Vial Paquete 05 - Ancash Tramo I: Emp. PE - INQ (Dv. Lacramarca) - La Aguada - Las Cruces - Lacramarca - Santa Ana - Quitacocha - Huaylas - Emp. PE - 3N (San Diego)
REFERENCIA : Solicitud de Servicio N° 062-2019-JBO
UBICACIÓN : Ancash
FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 15 de Abril del 2019
FECHA INICIO : Lima, 15 de Abril del 2019

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE SUELOS

MTC E 110 - 2016

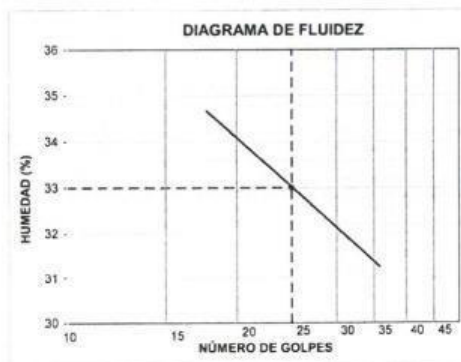
DETERMINACIÓN DEL LÍMITE PLÁSTICO (L.P.) DE LOS SUELOS E ÍNDICE DE PLASTICIDAD (I.P.)

MTC E 111 - 2016

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : Cantera La Torre, C-2M-1, Prof.: 0.20 - 3.00 m
PRESENTACIÓN : 03 Bolsa de polietileno
DESCRIPCIÓN : Grava arcillosa con arena
CANTIDAD : 02 kg aprox.

DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO				LÍMITE PLÁSTICO	
	1	2	3	4	1	2
ENSAYO No.						
CÁPSULA No.	T129	T144	T142	T115	T38	T52
PESO CÁPSULA + SUELO HÚMEDO, g	30.53	29.67	31.33	31.04	21.24	22.47
PESO CÁPSULA + SUELO SECO, g	26.70	26.33	27.52	27.23	19.76	21.14
PESO AGUA, g	3.83	3.34	3.81	3.81	1.48	1.33
PESO DE LA CÁPSULA, g	15.52	16.32	15.78	15.24	13.01	15.11
PESO SUELO SECO, g	11.18	10.01	11.74	11.99	6.75	6.03
CONTENIDO DE HUMEDAD, %	34.26	33.37	32.45	31.78	21.93	22.04
NÚMERO DE GOLPES	19	24	28	32		



RESULTADOS DE ENSAYOS

LÍMITE LÍQUIDO (%)	33
LÍMITE PLÁSTICO (%)	22
ÍND. PLASTICIDAD (%)	11

OBSERVACIONES:

- Ensayo efectuado al material pasante la malla N° 40
 - Muestra tomada e identificada por personal técnico de JBO Ingenieros S.A.C.

Referencia:

- NTP 339.129 / ASTM D 4318: SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad de suelos

Equipos usados:

- Balanza BAL-17: SCM LM-20051632 (20-11-18)
 - Homo HOR-02: SCM LT-30031616 (30-10-18)

Personal:

- Téc.: E.E.A.
 - Rev.: M.M.F.

CONSORCIO SACYR

CARLOS MARTÍNEZ-ALMEIDA LÓPEZ
 Representante Legal

VF-002 (01-02-18)

Fecha de emisión: Lima, 10 de Mayo del 2019

El uso de la información contenida en este documento es responsabilidad del solicitante.

CONSORCIO SACYR

Ing. Karol Wilfredo Ríos Asmat
 Reg. CIP N° 53750
 Jefe de Estudio

CONSORCIO SACYR

Ing. Juan Sergio Sánchez Guando
 Reg. CIP N° 59781
 Especialista en Suelos y Pavimentos

MARCO ANTONIO
 MORENO FLORES
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 176318



Ingenieros S.A.C.
 Calle Valledor 149
 Urb. Mayrazgo II Etapa - Ate
 Lima, Perú
 Teléfono: 01-683-0473 / 683-0476
 E-mail: informes@jboingenieros.com

EXPEDIENTE N° 062-2019-JBO

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : CONSORCIO SACYR **PROYECTO** : Mejoramiento y Rehabilitación de la Infraestructura Vial Paquete 05 – Ancash Tramo I: Emp. PE – 1NQ (Dv. Lacramarca) – La Aguada – Las Cruces – Lacramarca – Santa Ana – Quitacocha – Huaylas – Emp. PE – 3N (San Diego)

DIRECCIÓN : Cal. Dean Valdivia Nro. 148 Int. 1301 (Edif Platinum Plaza, Torre 1) Lima - Lima - San Isidro

REFERENCIA : Solicitud de Servicio N° 062-2019-JBO **UBICACIÓN** : Ancash

FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 15 de Abril del 2019 **FECHA DE INICIO** : Lima, 15 de Abril del 2019

MÉTODO DE ENSAYO PARA CONTENIDO DE HUMEDAD TOTAL DE LOS AGREGADOS POR SECADO MTC E 215 - 2016

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : Cantera La Torre, C-2/M-1, Prof.: 0.20 - 3.00 m **PRESENTACIÓN** : 01 Bolsa de polietileno

DESCRIPCIÓN : Grava arcillosa con arena **CANTIDAD** : 05 kg aprox.

IDENTIFICACIÓN	Cantera La Torre, C-2/M-1, Prof.: 0.20 - 3.00 m
Peso del suelo húmedo (g)	5403.8
Peso del suelo seco (g)	5158.8
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	4.75

OBSERVACIONES:

- Muestra tomada e identificada por personal técnico de JBO Ingenieros S.A.C.

REFERENCIA:

- NTP 339.185 / ASTM C 566: AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado

Equipos usados:

- Balanza BAL-17: SCM LM-20051832 (20-11-18)
 - Horno HOR-02: SCM LT-30031816 (30-10-18)

Personal:

Téc.: E.E.A.
 Rev.: M.M.F.

VF-002 (01-02-18)

Fecha de emisión : Lima, 10 de Mayo del 2019

El uso de la información contenida en este documento es responsabilidad del solicitante.

CONSORCIO SACYR

CARLOS MARTÍNEZ-ALMEIDA LÓPEZ
 Representante Legal

CONSORCIO SACYR

Ing. Karl Wilfredo Ríos Asmat
 Reg. CIP N° 53750
 Jefe de Estudio

CONSORCIO SACYR

Ing. Juan Sergio Sánchez Guando
 Reg. CIP N° 59781
 Especialista en Suelos y Pavimentos

MARCO ANTONIO
 MORENO FLORES
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 176318



Ingenieros S.A.C.
Calle Vallesora 149
Urb. Mayorazgo II Etapa, Ate
Lima - Perú
Teléfono: 01-683-0473 / 683-0476
E-mail: informes@jboingenieros.com

INFORME DE ENSAYO

EXPEDIENTE N° 062-2019-JBO

SOLICITANTE
DIRECCIÓN

CONSORCIO SACYR
Cal Dean Valdivia Nro. 148 Int. 1301 (Edif. Platinum Plaza, Torre 1) Lima - Lima -
San Isidro

PROYECTO

Mejoramiento y Rehabilitación de la Infraestructura
Vial Paquete 05 - Ancash Tramo I: Emp. PE - 1N2
(Dv. Lacramarca) - La Aguada - Las Cruces -
Lacramarca - Santa Ana - Quilacocha - Huaylas -
Emp. PE - 3N (San Diego)

REFERENCIA

Solicitud de Servicio N° 062-2019-JBO

UBICACIÓN

Ancash

FECHA DE RECEPCIÓN

Lima, 15 de Abril del 2019

FECHA DE INICIO

Lima, 15 de Abril del 2019

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS MTC E 204 - 2016

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN: Canteras La Torre, C-3M-1, Prof. 0.20 - 3.00 m

PRESENTACIÓN

03 Sacos de polipropileno

CANTIDAD

100 kg aprox.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS					
SERIE AMERICANA	MALLAS	PESO RETENIDO (g)	RETENIDO PARCIAL (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PASA (%)
	ABERTURA (mm)				
2 1/2"	62.500	112.2	2.1	2.1	97.9
2"	50.500	192.3	3.6	5.7	94.3
1 1/2"	37.500	197.6	3.7	9.4	90.6
1"	25.000	801.1	15.0	24.4	75.6
3/4"	19.000	731.7	13.7	38.1	61.9
1/2"	12.500	640.9	12.0	50.1	49.9
3/8"	9.500	181.6	3.4	53.5	46.5
1/4"	6.250	379.2	7.1	60.6	39.4
N° 4	4.750	133.5	2.5	63.1	36.9
N° 6	3.350	144.2	2.7	65.8	34.2
N° 8	2.360	154.9	2.9	68.7	31.3
N° 10	2.000	16.0	0.3	69.0	31.0
N° 16	1.180	202.9	3.8	72.8	27.2
N° 20	0.850	42.7	0.8	73.6	26.4
N° 30	0.600	74.8	1.4	75.0	25.0
N° 40	0.425	85.5	1.6	76.6	23.4
N° 50	0.300	117.5	2.2	78.8	21.2
N° 60	0.177	74.8	1.4	80.2	19.8
N° 100	0.150	74.8	1.4	81.6	18.4
N° 200	0.075	74.8	1.4	83.0	17.0
200	MTC E 202	907.9	17.0	100.0	-

CARACTERIZACIÓN DEL SUELO

Límite líquido (%)	(MTC E 119 - 2016)	33.0
Límite plástico (%)	(MTC E 111 - 2016)	23.0
Índice plástico (%)	(MTC E 111 - 2016)	10.0
Clasificación SUCS	(ASTM D 2487-11)	GC
Clasif. para el uso en vías de transporte	(ASTM D 3282-09)	A-2-4 (0)

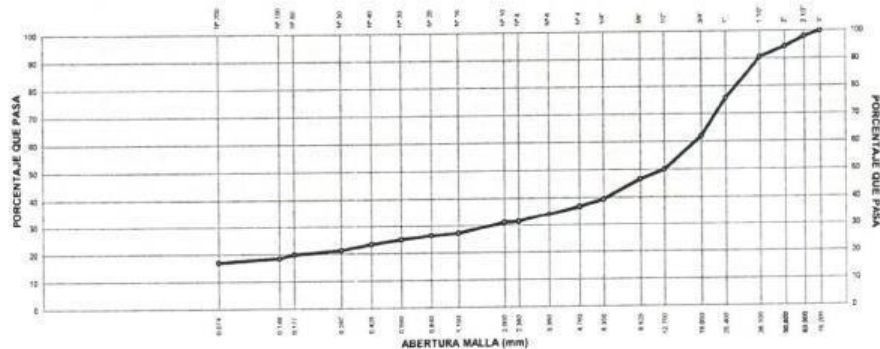
Descripción de la muestra:

Grava arcillosa con arena

OBSERVACIONES:

Muestra tomada e identificada por personal técnico de JBO Ingenieros S.A.C.

CURVA GRANULOMÉTRICA



Referencias:

- NTP 430.012 / ASTM C 136: AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global.
- NTP 339.120 / ASTM D 4318: SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad de suelos.
- ASTM D 2487: Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System).
- ASTM D 3282: Standard Practice for Classification of Soils and Soil-Aggregate Mixtures for Highway Construction Purposes.
- NTP 430.018 / ASTM C 117: AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado 75 µm (N° 200) por lavado de agregados.

Equipos usados:

- Balanza BAL-17: SCM LM-20051832 (20-11-18)
- Homo HCR-03: SCM LT-30031816 (13-03-18)
- Homo HCR-02: SCM LT-30031816 (13-03-18)

CONSORCIO SACYR
CARLOS MARTÍNEZ ALMEIDA LÓPEZ
Representante Legal

Personal:
- Téc.: E.E.A.
- Rev.: M.M.F.

CONSORCIO SACYR

Ing. Karl Villalón Ríos Asmat
Reg. CIP N° 53750
Jefe de Estudio

Fecha de emisión: Lima, 10 de Mayo del 2019

El uso de la información contenida en este documento es de exclusiva responsabilidad del solicitante.

CONSORCIO SACYR

Ing. Juan Sergio Sánchez Guando
Reg. CIP N° 59781
Especialista en Suelos y Pavimentos

MARCO ANTONIO
MORENO FLORES
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 176319



Ingenieros S.A.C.
 Calle Valeriano 143
 Urb. Mayrazgo II Etapa, Ate
 Lima, Perú
 Teléfono: 01-683-0473 / 683-0475
 E-mail: informes@jboingenieros.com

EXPEDIENTE N° 062-2019-JBO

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : CONSORCIO SACYR
DIRECCIÓN : Cal Dean Valdivia No. 148 Int. 1301 (Edif Platinum Plaza, Torre 1) Lima - Lima - San Isidro
PROYECTO : Mejoramiento y Rehabilitación de la Infraestructura Vial Paquete 05 - Ancash Tramo I: Emp. PE - 1NQ (Dv. Lacramarca) - La Aguada - Las Cruces - Lacramarca - Santa Ana - Quitacocha - Huaylas - Emp. PE - 3N (San Diego)
REFERENCIA : Solicitud de Servicio N° 062-2019-JBO
UBICACIÓN : Ancash
FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 15 de Abril del 2019
FECHA INICIO : Lima, 15 de Abril del 2019

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE SUELOS

MT C 110 - 2016

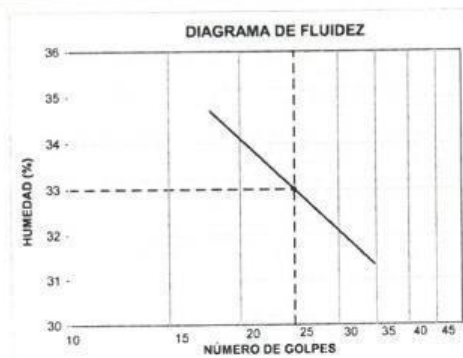
DETERMINACIÓN DEL LÍMITE PLÁSTICO (L.P.) DE LOS SUELOS E ÍNDICE DE PLASTICIDAD (I.P.)

MT C 111 - 2016

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : Cantera La Torre, C-3/M-1, Prof.: 0.20 - 3.00 m
PRESENTACIÓN : 03 Bolsa de polietileno
DESCRIPCIÓN : Grava arcillosa con arena
CANTIDAD : 02 kg aprox.

DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO				LÍMITE PLÁSTICO	
	1	2	3	4	1	2
ENSAYO No.	T129	T144	T142	T115	T38	T52
CÁPSULA No.						
PESO CÁPSULA + SUELO HUMEDO, g	30.53	29.69	31.33	31.05	21.30	22.54
PESO CÁPSULA + SUELO SECO, g	26.70	26.33	27.52	27.23	19.76	21.14
PESO AGUA, g	3.83	3.36	3.81	3.82	1.54	1.40
PESO DE LA CÁPSULA, g	15.52	16.32	15.78	15.24	13.01	15.11
PESO SUELO SECO, g	11.18	10.01	11.74	11.99	6.75	6.03
CONTENIDO DE HUMEDAD, %	34.26	33.57	32.45	31.86	22.81	23.20
NÚMERO DE GOLPES	19	23	28	31		



RESULTADOS DE ENSAYOS

LÍMITE LÍQUIDO (%)	33
LÍMITE PLÁSTICO (%)	23
IND. PLASTICIDAD (%)	10

OBSERVACIONES:

- Ensayo efectuado al material pasante la malla N° 40.
 - Muestra tomada e identificada por personal técnico de JBO Ingenieros S.A.C.

Referencia:

- NTP 339.129 / ASTM D 4318: SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad de suelos

Equipos usados:

- Balanza BAL-17: SCM LM-20051832 (20-11-18)
 - Horno HOR-02: SCM LT-30031816 (30-10-18)

Personal:

- Tec.: E.E.A.
 - Rev.: M.M.F.

CONSORCIO SACYR

CARLOS MARTÍNEZ-ALMEIDA LÓPEZ
 Representante Legal

VF-002 (01-02-18)

Fecha de emisión: Lima, 10 de Mayo del 2019.

El uso de la información contenida en este documento es responsabilidad del solicitante.

CONSORCIO SACYR

Ing. Karl Wilfredo Ríos Asmat
 Reg. CIP N° 53750
 Jefe de Estudio

CONSORCIO SACYR

Ing. Juan Sergio Sánchez Guando
 Reg. CIP N° 59781
 Especialista en Suelos y Pavimentos

MARCE ANTONIO MORENO FLORES
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 176319



Ingenieros S.A.C.
 Calle Valadillo 149
 Urb. Mayrazgo II Etapa, Ate
 Lima, Perú
 Teléfono: 01-683-0473 / 683-0476
 E-mail: informes@jboingenieros.com

EXPEDIENTE N° 062-2019-JBO

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : CONSORCIO SACYR PROYECTO : Mejoramiento y Rehabilitación de la Infraestructura Vial Paquete 05 - Ancash Tramo I: Emp. PE - 1NQ (Dv. Lacramarca) - La Aguada - Las Cruces - Lacramarca - Santa Ana - Quitacocha - Huaylas - Emp. PE - 3N (San Diego)

DIRECCIÓN : Cal. Dean Valdivia Nro. 148 Int. 1301 (Edif Platinum Plaza, Torre 1) Lima - Lima - San Isidro

REFERENCIA : Solicitud de Servicio N° 062-2019-JBO UBICACIÓN : Ancash

FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 15 de Abril del 2019 FECHA DE INICIO : Lima, 15 de Abril del 2019

MÉTODO DE ENSAYO PARA CONTENIDO DE HUMEDAD TOTAL DE LOS AGREGADOS POR SECADO MTC E 215 - 2016

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : Cantera La Torre, C-3/M-1, Prof.: 0.20 - 3.00 m PRESENTACIÓN : 01 Bolsa de polietileno

DESCRIPCIÓN : Grava arcillosa con arena CANTIDAD : 05 kg aprox.

IDENTIFICACIÓN	Cantera La Torre, C-3/M-1, Prof.: 0.20 - 3.00 m
Peso del suelo húmedo (g)	5655,2
Peso del suelo seco (g)	5340,7
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	5,89

OBSERVACIONES:

- Muestra tomada e identificada por personal técnico de JBO Ingenieros S.A.C.

REFERENCIA:

- NTP 339.185 / ASTM C 566: AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado

Equipos usados:

- Balanza BAL-17: SCM LM-20051832 (20-11-18)
 - Horno HOR-02: SCM LT-30031816 (30-10-18)

Personal:

Téc.: E.E.A.

Rev.: M.M.F.

VF-002 (01-02-18)

Fecha de emisión : Lima, 10 de Mayo del 2019

El uso de la información contenida en este documento es responsabilidad del solicitante.

CONSORCIO SACYR

Ing. Karl Wilfredo Ríos Asmat
 Reg. CIP N° 53750
 Jefe de Estudio

CONSORCIO SACYR

Ing. Juan Sergio Sánchez Guando
 Reg. CIP N° 59781
 Especialista en Suelos y Pavimentos

CONSORCIO SACYR

CARLOS MARTÍNEZ-ALMEIDA LOPEZ
 Representante Legal

MARCO ANTONIO
 MORENO FLORES
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 176318



Ingenieros S.A.C.
Calle Varadero 149
Urb. Mayorazgo II Etapa, Ate.
Lima, Perú
Teléfono: 01-683-0473 / 683-0476
E-mail: informes@ingenieros.com

INFORME DE ENSAYO

EXPEDIENTE N° 062-2019-JBO

SOLICITANTE
DIRECCIÓN

Cal Dean Vaidia Nro. 145 Int. 1301 (Edif. Platinum Plaza, Torre 1) Lima - Lima -
San Isidro

PROYECTO

Mejoramiento y Rehabilitación de la Infraestructura
Vial Paquete 05 – Ancash Trans I Eno. PE – 1NQ
(Dv. Lacramarca) – La Aguada – Las Cruces –
Lacramarca – Santa Ana – Quitacocha – Huaylas –
Eno. PE – 3N (San Diego)

REFERENCIA

Solicitud de Servicio N° 062-2019-JBO

UBICACIÓN

Ancash

FECHA DE RECEPCIÓN

Lima, 15 de Abril del 2019

FECHA DE INICIO

Lima, 15 de Abril del 2019

ANALISIS GRANULOMETRICO DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS
MTC E 204 - 2016

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : Cansera La Torre, C-4M-1, Prof. 0.20 - 2.00 m.

PRESENTACIÓN

03 Sacs de polypropilène

CANTIDAD

100 kg астрох

MALLAS		PESO RETENIDO	RETENIDO PARCIAL	RETENIDO ACUMULADO	PASA (%)
SERIE AMERICANA	ABERTURA (mm)	(g)	(%)	(%)	
3"	75.000				100.0
2 1/2"	62.500	146.2	2.9	2.9	97.1
2"	50.000	132.9	2.6	5.5	94.5
1 1/2"	37.500	127.8	2.5	8.0	92.0
1"	25.000	756.4	14.8	22.8	77.2
3/4"	19.000	710.4	13.9	36.7	63.3
1/2"	12.500	587.8	11.5	48.2	51.8
3/8"	9.500	240.2	4.7	52.9	47.1
1/4"	6.250	311.8	6.1	59.0	41.0
N° 4	4.750	194.2	3.8	62.8	37.2
N° 6	3.350	122.7	2.4	65.2	34.8
N° 8	2.360	163.6	3.2	68.4	31.6
N° 10	2.000	56.2	1.1	69.5	30.5
N° 16	1.180	204.4	4.0	73.5	26.5
N° 20	0.850	127.8	2.5	76.0	24.0
N° 30	0.600	117.6	2.3	78.3	21.7
N° 40	0.425	117.6	2.3	80.6	19.4
N° 50	0.300	61.3	1.2	81.8	18.2
N° 60	0.177	138.0	2.7	84.5	15.5
N° 100	0.150	66.4	1.3	85.8	14.2
N° 200	0.075	86.9	1.7	87.5	12.5
-200	MTC E 212	638.9	12.5	100.0	-

CARACTERIZACIÓN DEL SUELO

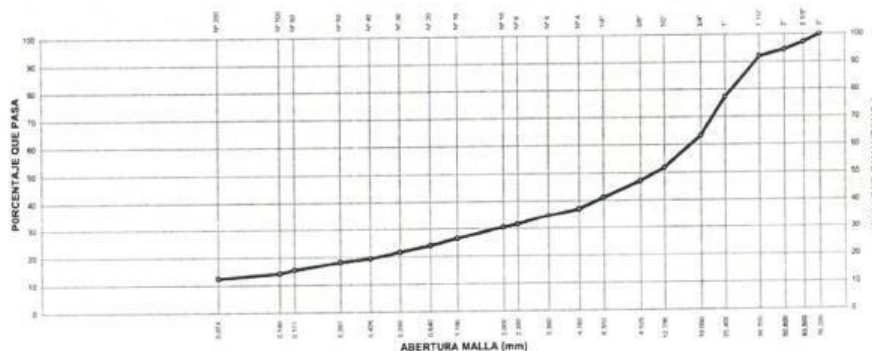
Límite líquido	(%)	(MTC E 110 - 2016)	25.0
Límite plástico	(%)	(MTC E 111 - 2016)	20.0
Índice plástico	(%)	(MTC E 111 - 2016)	9.0
Clasificación SUCS		(ASTM D 2487-11)	GC
Clasif. para el uso en vías ferroviarias		(ASTM D 3282-09)	A-2.4 (D)

Descripción de la muestra :	Grava arcillosa con arena
-----------------------------	---------------------------

OBSERVACIONES:

- Muestra tomada e identificada por personal técnico de JBO Ingenieros S.A.C

CURVA GRANULOMÉTRICA



Referencia

- NTP 400 042 / ASTM C 136. AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global
- NTP 330 129 / ASTM C 4318. SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad de suelos.
- ASTM C 2487. Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System)
- ASTM C 2262. Standard Practice for Classification of Soils and Soil-Aggregate Mixtures for Highway Construction Purposes
- NTP 400 018 / ASTM C 117. AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado 75 µm (N° 200) por lavado de agregados

Equipe vencedora:

- Balanza BAL-17. SCM LM-20051832 (20-11-18)
- Horno HOR-63. SCM LT-30031816 (30-10-18)
- Horno HOR-62. SCM LT-30031816 (30-10-18)

CONSORCIO SACYR
CARLOS MARTINEZ-ALMEIDA LOPEZ
Representante Legal

Personal:
- Tec. EEA
- Rqv. M.M.F.

CONSORCIO SACYR

Ing. Karl Wilfredo Rios Asmat
Reg. CIP N° 53750
Jefe de Estudio

Fecha de emisión : Lima, 10 de Mayo del 2019

El uso de la información contenida en este documento es de exclusiva responsabilidad del solicitante

CONSORCIO SACYR

Ing. Juan Sergio Sánchez Guando
Reg. CIP N° 59781
Especialista en Suelos y Pavimentos

MARCO ANTONIO
MORENO FLORES
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 176318



Ingenieros S.A.C.
 Calle Valdearroyo 143
 Urb. Mayraza II Etapa, Ate.
 Lima, Perú
 Teléfono: 01-683-0473 / 683-0476
 E-mail: informes@jboingenieros.com

EXPEDIENTE N° 062-2019-JBO

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE: CONSORCIO SACYR
DIRECCIÓN: Cal Dean Valdivia Nro. 148 Int. 1301 (Edif. Platinum Plaza, Torre 1) Lima - Lima - San Isidro
PROYECTO: Mejoramiento y Rehabilitación de la Infraestructura Vial Paquete 05 - Ancash Tramo i. Emp. PE - 1NQ (Dv. Lacramarca) - La Aguada - Las Cruces - Lacramarca - Santa Ana - Quitarcocha - Huaylas - Emp. PE - 3N (San Diego)
REFERENCIA: Solicitud de Servicio N° 062-2019-JBO
UBICACIÓN: Ancash
FECHA DE RECEPCIÓN: Lima, 15 de Abril del 2019
FECHA INICIO: Lima, 15 de Abril del 2019

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE SUELOS

MT C E 110 - 2016

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE PLÁSTICO (L.P.) DE LOS SUELOS E ÍNDICE DE PLASTICIDAD (I.P.)

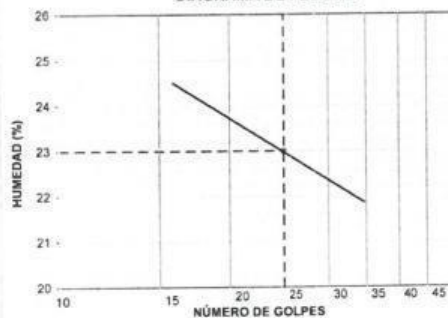
MT C E 111 - 2016

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN: Cantera La Torre, C-4/M-1, Prof.: 0.20 - 2.00 m
PRESENTACIÓN: 03 Bolsa de polietileno
DESCRIPCIÓN: Grava arcillosa con arena
CANTIDAD: 02 kg aprox.

DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO				LÍMITE PLÁSTICO	
	1	2	3	4	1	2
ENSAYO No.	T129	T144	T142	T115	T38	T52
CÁPSULA No.						
PESO CÁPSULA + SUELO HÚMEDO, g	29.40	28.68	30.19	29.88	20.76	22.06
PESO CÁPSULA + SUELO SECO, g	26.70	26.33	27.52	27.23	19.76	21.14
PESO AGUA, g	2.70	2.35	2.67	2.65	1.00	0.92
PESO DE LA CÁPSULA, g	15.52	16.32	15.78	15.24	13.01	15.11
PESO SUELO SECO, g	11.18	10.01	11.74	11.99	6.75	6.03
CONTENIDO DE HUMEDAD, %	24.15	23.48	22.74	22.10	14.81	15.24
NÚMERO DE GOLPES	17	23	27	31		

DIAGRAMA DE FLUIDEZ



RESULTADOS DE ENSAYOS

LÍMITE LÍQUIDO (%)	29
LÍMITE PLÁSTICO (%)	20
ÍND. PLASTICIDAD (%)	9

OBSERVACIONES:

- Ensayo efectuado al material pasando la malla N° 40.
 - Muestra tomada e identificada por personal técnico de JBO Ingenieros S.A.C.

Referencia

- NTP 339.129 / ASTM D 4318: SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad de suelos

Equipos usados:

- Balanza BAL-17: SCM LM-20051832 (20-11-18)
 - Horno HOR-02: SCM LT-30031816 (30-10-18)

Personal:

- Téc.: E.E.A.
 - Rev.: M.M.F.

CONSORCIO SACYR

CARLOS MARTÍNEZ-ALMEIDA LÓPEZ
 Representante Legal

VF-002 (01-02-18)

Fecha de emisión: Lima, 10 de Mayo del 2019.

El uso de la información contenida en este documento es responsabilidad del solicitante.

CONSORCIO SACYR

Ing. Karl Wilfredo Ríos Asmat
 Reg. CIP N° 53750
 Jefe de Estudio

CONSORCIO SACYR

Ing. Juan Sergio Sánchez Guando
 Reg. CIP N° 59781
 Especialista en Suelos y Pavimentos

MARCO ANTONIO
 MORENO FLORES
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 176318



Ingenieros S.A.C.
 Calle Valdivia 149
 Urb. Mejorazgo II Etapa. Ate
 Lima, Perú
 Teléfono: 01-683-0473 / 683-0476
 E-mail: informes@jboingenieros.com

EXPEDIENTE N° 062-2019-JBO

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : CONSORCIO SACYR PROYECTO : Mejoramiento y Rehabilitación de la Infraestructura Vial Paquete 05 – Ancash Tramo I: Emp. PE – 1NQ (Dv. Lacramarca) – La Aguada – Las Cruces – Lacramarca – Santa Ana – Quilacocha – Huaylas – Emp. PE – 3N (San Diego)

DIRECCIÓN : Cal. Dean Valdivia Nro. 148 Int. 1301 (Edif Platinum Plaza, Torre 1) Lima - Lima - San Isidro

REFERENCIA : Solicitud de Servicio N° 062-2019-JBO UBICACIÓN : Ancash

FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 15 de Abril del 2019 FECHA DE INICIO : Lima, 15 de Abril del 2019

MÉTODO DE ENSAYO PARA CONTENIDO DE HUMEDAD TOTAL DE LOS AGREGADOS POR SECADO MTC E 215 - 2016

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : Cantera La Torre, C-4/M-1, Prof.: 0.20 - 2.00 m PRESENTACIÓN : 01 Bolsa de polietileno

DESCRIPCIÓN : Grava arcillosa con arena CANTIDAD : 05 kg aprox.

IDENTIFICACIÓN	Cantera La Torre, C-4/M-1, Prof.: 0.20 - 2.00 m
Peso del suelo húmedo (g)	5359,0
Peso del suelo seco (g)	5111,1
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	4,85

OBSERVACIONES:

- Muestra tomada e identificada por personal técnico de JBO Ingenieros S.A.C.

REFERENCIA:

- NTP 339.185 / ASTM C 566: AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado

Equipos usados:

- Balanza BAL-17: SCM LM-20051832 (20-11-18)
 - Horno HOR-02: SCM LT-30031816 (30-10-18)

Personal:

Téc.: E.E.A.
 Rev.: M.M.F.

VF-002 (01-02-18)

Fecha de emisión : Lima, 10 de Mayo del 2019

El uso de la información contenida en este documento es responsabilidad del solicitante.

CONSORCIO SACYR

CARLOS MARTÍNEZ-ALMEIDA LÓPEZ
 Representante Legal

CONSORCIO SACYR

Ing. Karl Wilfredo Ríos Asmat
 Reg. CIP N° 53750
 Jefe de Estudio

CONSORCIO SACYR

Ing. Juan Sergio Sánchez Guando
 Reg. CIP N° 59781
 Especialista en Suelos y Pavimentos

MARCO ANTONIO
 MORENO FLORES
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 176318



Ingenieros S.A.C.
 Calle Valaborda 149
 Urb. Mayorazgo II Etapa, Ate
 Lima, Perú
 Teléfono: 01-683-0473 / 683-0475
 E-mail: informes@jboingenieros.com

INFORME DE ENSAYO

EXPEDIENTE N° 062-2019-JBO

SOLICITANTE
 DIRECCIÓN

CONSORCIO SACYR
 Cal Dean Valdivia Nro. 148 Int. 1301 (Edif. Platinum Plaza, Torre 1) Lima - Lima -
 San Isidro

PROYECTO

Mejoramiento y Rehabilitación de la Infraestructura
 Vial Paquete 05 - Ancash Tramo I Emp. PE - 1N2
 (Dv. Llacramarca) - La Aguada - Las Cruces -
 Llacramarca - Santa Ana - Quacocha - Huayra -
 Emp. PE - 3N (San Diego)

REFERENCIA

Solicitud de Servicio N° 062-2019-JBO

UBICACIÓN

Ancash

FECHA DE RECEPCIÓN

Lima, 15 de Abril del 2019

FECHA DE INICIO

Lima, 15 de Abril del 2019

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS MTC E 204 - 2016

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : Cantera La Torre, C-5M-1, Prof. 0.20 - 2.00 m

PRESENTACIÓN

03 Sacos de polipropileno

CANTIDAD

100 kg aprox.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS					
SERIE AMERICANA	MALLAS ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (g)	RETENIDO PARCIAL (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PASA (%)
2"	75.000				100.0
2 1/2"	62.500	198.6	3.9	3.9	96.1
2"	50.000	137.5	2.7	6.6	93.4
1 1/2"	37.500	188.5	3.7	10.3	89.7
1"	25.000	258.9	14.9	25.2	74.8
3/4"	19.000	657.0	12.9	38.1	61.9
1/2"	12.500	636.7	12.5	50.6	49.4
3/8"	9.500	193.5	3.8	54.4	45.6
1/4"	6.250	376.9	7.4	61.8	38.2
N° 4	4.750	127.3	2.5	64.3	35.7
N° 6	3.350	147.7	2.9	67.2	32.8
N° 8	2.360	147.7	2.9	70.1	29.9
N° 10	2.000	20.4	0.4	70.5	29.5
N° 16	1.180	183.4	3.6	74.1	25.9
N° 20	0.850	56.0	1.1	75.2	24.8
N° 30	0.600	117.1	2.3	77.5	22.5
N° 40	0.425	35.7	0.7	78.2	21.8
N° 50	0.300	96.8	1.9	80.1	19.9
N° 60	0.177	96.8	1.9	82.0	18.0
N° 100	0.150	61.1	1.2	83.2	16.8
N° 200	0.075	50.9	1.0	84.2	15.8
-200	MTC E 212	804.7	15.8	100.0	-

CARACTERIZACIÓN DEL SUELO

Límite líquido (%)	(MTC E 110 - 2016)	19.0
Límite plástico (%)	(MTC E 111 - 2016)	11.0
Índice plástico (%)	(MTC E 111 - 2016)	8.0
Clasificación SUCS	(ASTM D 2487-11)	GC
Clasif. para el uso en vías de transporte	(ASTM D 3292-09)	A-2.4 (9)

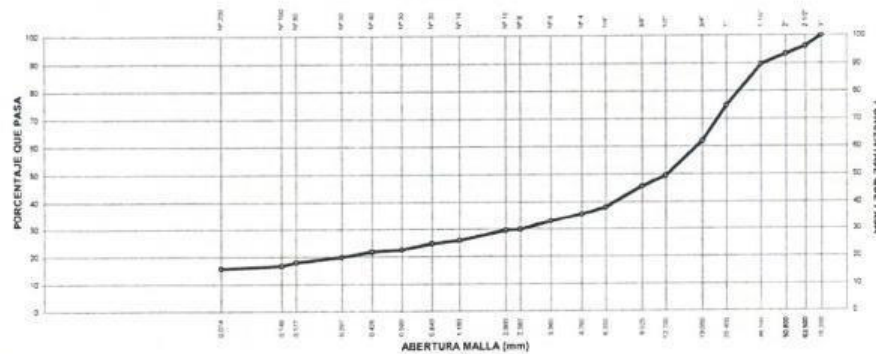
Descripción de la muestra :

Grava arcillosa con arena

OBSERVACIONES:

Muestra tomada e identificada por personal técnico de JBO Ingenieros S.A.C.
 El agregado fue procesado en los laboratorios de JBO Ingenieros S.A.C.

CURVA GRANULOMÉTRICA



Referencia:

- NTP 400 013 / ASTM C 136 AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global
- NTP 339 129 / ASTM D 4219. SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad de suelos
- ASTM D 2487. Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System)
- ASTM D 3282. Standard Practice for Classification of Soils and Soil-Aggregate Mixtures for Highway Construction Purposes
- NTP 400 016 / ASTM C 117. AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar a materiales más finos que pasar por el tamiz normalizado 75 µm (N° 200) por lavado de agregado

Equipos usados:

- Balanza BAL-17. SCM LM-20051832 (20-11-18)
- Horno HOR-03. SCM LT-30031816 (20-10-18)
- Horno HOR-02. SCM LT-30031816 (20-10-18)

CONSORCIO SACYR
 CARLOS MARTÍNEZ-ALMEIDA LOPEZ
 Representante Legal

Personal:
 -Téc. EEA
 -Rev. M.M.F.

CONSORCIO SACYR

Ing. Karo Wilfredo Ríos Asmat
 Reg. CIP N° 53750
 Jefe de Estudio

Fecha de emisión: Lima, 10 de Mayo del 2019

El uso de la información contenida en este documento es de exclusiva responsabilidad del solicitante.

CONSORCIO SACYR

Ing. Juan Sergio Sánchez Guando
 Reg. CIP N° 59781
 Especialista en Suelos y Pavimentos

MARCO ANTONIO
 MORENO DE LORES
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 176315



Ingenieros S.A.C.
 Os e Valado 149
 Urb. Maydrazpoli Etapa 4A
 Lima, Perú
 Teléfono: 01683-0473 / 683-0475
 E-mail: informes@jboingenieros.com

EXPEDIENTE N° 062-2019-JBO

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE: CONSORCIO SACYR
DIRECCIÓN: Cal Dean Valdivia Nro. 148 Int. 1301 (Edif. Platinum Plaza, Torre 1) Lima - Lima - San Isidro
PROYECTO: Mejoramiento y Rehabilitación de la Infraestructura Vial Paquete 05 - Ancash Tramo I: Emp. PE - INQ (Dv. Lacramarca) - La Aguada - Las Cruces - Lacramarca - Santa Ana - Quitacocha - Huaylas - Emp. PE - 3N (San Diego)
REFERENCIA: Solicitud de Servicio N° 062-2019-JBO
UBICACIÓN: Ancash
FECHA DE RECEPCIÓN: Lima, 15 de Abril del 2019
FECHA INICIO: Lima, 15 de Abril del 2019

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE SUELOS

MTC E 110 - 2016

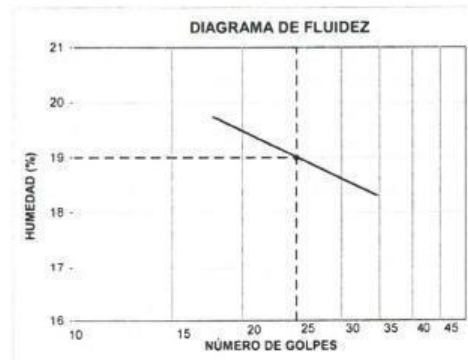
DETERMINACIÓN DEL LÍMITE PLÁSTICO (L.P.) DE LOS SUELOS E ÍNDICE DE PLASTICIDAD (I.P.)

MTC E 111 - 2016

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN: Cantera La Torre, C-S/M-1, Prof.: 0.20 - 2.00 m
PRESENTACIÓN: 03 Bolsa de polietileno
DESCRIPCIÓN: Grava arcillosa con arena
CANTIDAD: 02 kg aprox.

DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO				LÍMITE PLÁSTICO	
ENSAYO No.	1	2	3	4	1	2
CÁPSULA No.	T117	T137	T64	T104	T2	T34
PESO CÁPSULA + SUELO HÚMEDO, g	28.28	30.15	29.98	30.69	23.60	22.49
PESO CÁPSULA + SUELO SECO, g	26.15	27.80	27.77	28.28	22.79	21.74
PESO AGUA, g	2.13	2.35	2.21	2.41	0.81	0.75
PESO DE LA CÁPSULA, g	15.28	15.68	15.89	15.39	15.46	14.88
PESO SUELO SECO, g	10.87	12.12	11.88	12.89	7.33	6.86
CONTENIDO DE HUMEDAD, %	19.60	19.39	18.60	18.70	11.05	10.93
NÚMERO DE GOLPES	19	22	27	31		



RESULTADOS DE ENSAYOS

LÍMITE LÍQUIDO (%)	19
LÍMITE PLÁSTICO (%)	11
IND. PLASTICIDAD (%)	8

OBSERVACIONES:

- Ensayo efectuado al material pasando la malla N° 40
 - Muestra tomada e identificada por personal técnico de JBO Ingenieros S.A.C.

Referencia:

- NTP 339.129 / ASTM D 4318: SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad de suelos

Equipos usados:

- Balanza BAL-17: SCM LM-20051832 (20-11-18)
 - Horno HOR-02: SCM LT-30031816 (30-10-18)

Personal:

- Tec.: E.E.A.
 - Rev.: M.M.F.

CONSORCIO SACYR

CARLOS MARTÍNEZ-ALMEIDA LÓPEZ
 Representante Legal

VF-002 (01-02-18)

Fecha de emisión: Lima, 10 de Mayo del 2019

El uso de la información contenida en este documento es responsabilidad del solicitante.

CONSORCIO SACYR

Ing. Karli Wilfredo Ríos Asmat
 Reg. CIP N° 53750
 Jefe de Estudio

CONSORCIO SACYR

Ing. Juan Sergio Sánchez Guando
 Reg. CIP N° 59781
 Especialista en Suelos y Pavimentos

MARCOS FLORES
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 176315



Ingenieros S.A.C.
 Calle Valado, 149
 Urb. Maynasgo II Etapa, Ate
 Lima, Perú
 Teléfono: 016883-0473 / 683-0478
 E-mail: informes@jboingenieros.com

EXPEDIENTE N° 062-2019-JBO

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : CONSORCIO SACYR PROYECTO : Mejoramiento y Rehabilitación de la Infraestructura Vial Paquete 05 – Ancash Tramo I: Emp. PE – 1NQ (Dv. Lacramarca) – La Aguada – Las Cruces – Lacramarca – Santa Ana – Quitacocha – Huaylas – Emp. PE – 3N (San Diego)

DIRECCIÓN : Cal. Dean Valdivia Nro. 148 Int. 1301 (Edif. Platinum Plaza, Torre 1) Lima - Lima - San Isidro

REFERENCIA : Solicitud de Servicio N° 062-2019-JBO UBICACIÓN : Ancash

FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 15 de Abril del 2019 FECHA DE INICIO : Lima, 15 de Abril del 2019

MÉTODO DE ENSAYO PARA CONTENIDO DE HUMEDAD TOTAL DE LOS AGREGADOS POR SECADO MTC E 215 - 2016

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : Cantera La Torre, C-5/M-1, Prof.: 0.20 - 2.00 m PRESENTACIÓN : 01 Bolsa de polietileno

DESCRIPCIÓN : Agregados procesados CANTIDAD : 05 kg aprox.

IDENTIFICACIÓN	Cantera La Torre, C-5/M-1, Prof.: 0.20 - 2.00 m
Peso del suelo húmedo (g)	5441,7
Peso del suelo seco (g)	5093,3
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	6,84

OBSERVACIONES:

- Muestra tomada e identificada por personal técnico de JBO Ingenieros S.A.C.

REFERENCIA:

- NTP 339.185 / ASTM C 566: AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado

Equipos usados:

- Balanza BAL-17: SCM LM-20051832 (20-11-18)
 - Horno HOR-02: SCM LT-30031816 (30-10-18)

Personal:

Téc.: E.E.A.
 Rev.: M.M.F.

VF-002 (01-02-18)

Fecha de emisión : Lima, 10 de Mayo del 2019

El uso de la información contenida en este documento es responsabilidad del solicitante.

CONSORCIO SACYR

CARLOS MARTÍNEZ-ALMEIDA LOPEZ
 Representante Legal

CONSORCIO SACYR

Ing. Karl Wilfredo Ríos Asmat
 Reg. CIP N° 53750
 Jefe de Estudio

CONSORCIO SACYR

Ing. Juan Sergio Sánchez Guando
 Reg. CIP N° 59781
 Especialista en Suelos y Pavimentos

MARCO ANTONIO
 MORENO FLORES
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 176318



Ingenieros S.A.C.
 Calle Valdearroyo 149
 Urb. Mayordazgo II 51808-A06
 Lima, Perú
 Teléfono: 01-683-0473 / 683-0476
 Email: informes@jboingenieros.com

INFORME DE ENSAYO

EXPEDIENTE N° 062-2019-JBO

SOLICITANTE: CONSORCIO SACYR
DIRECCIÓN: Cal. Dean Valdivia Nro. 148 Int. 1301 (Edif. Platinum Plaza, Torre 1) Lima - Lima - San Isidro
PROYECTO: Mejoramiento y Rehabilitación de la Infraestructura Vial Paquete 03 - Ancash Tramo I: Emp. PE - 1N2 (Dv. Llacramarca) - La Aguada - 1.86 Cruces - Llacramarca - Santa Ana - Quilacocha - Hualyas - Emp. PE - 3N (San Diego)
REFERENCIA: Solitud de Servicio N° 062-2019-JBO
UBICACIÓN: Ancash
FECHA DE RECEPCIÓN: Lima, 15 de Abril del 2019
FECHA DE INICIO: Lima, 15 de Abril del 2019

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS MTC E 204 - 2016

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN: Carretera La Torre, C-6M-1, Prof. 0.20 - 3.00 m

PRESENTACIÓN: 03 Sacos de polipropileno
CANTIDAD: 100 kg aprox.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS					
SERIE AMERICANA	MALLAS ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (g)	RETENIDO PARCIAL (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PASA (%)
3"	75.000				100.0
2 1/2"	62.500	106.2	2.1	2.1	97.9
2"	50.000	130.0	2.5	4.6	95.4
1 1/2"	37.500	202.8	3.9	8.5	91.5
1"	25.000	728.1	14.0	22.5	77.5
3/4"	19.000	702.1	13.5	36.0	64.0
1/2"	12.500	634.5	12.2	48.2	51.8
3/8"	9.500	265.2	5.1	53.3	46.7
1/4"	6.250	338.1	6.5	59.8	40.2
N° 4	4.750	166.4	3.2	63.0	37.0
N° 5	3.350	119.6	2.3	65.3	34.7
N° 8	2.360	140.4	2.7	68.0	32.0
N° 10	2.000	31.2	0.6	68.6	31.4
N° 16	1.180	187.2	3.6	72.2	27.8
N° 20	0.850	109.2	2.1	74.3	25.7
N° 30	0.600	62.4	1.2	75.5	24.5
N° 40	0.425	67.6	1.3	76.8	23.2
N° 50	0.300	46.8	0.9	77.7	22.3
N° 80	0.177	88.4	1.7	79.4	20.6
N° 100	0.150	31.2	0.6	80.0	20.0
N° 200	0.075	78.0	1.5	81.5	18.5
-200	MTC E 202	962.2	18.5	100.0	-

CARACTERIZACIÓN DEL SUELO

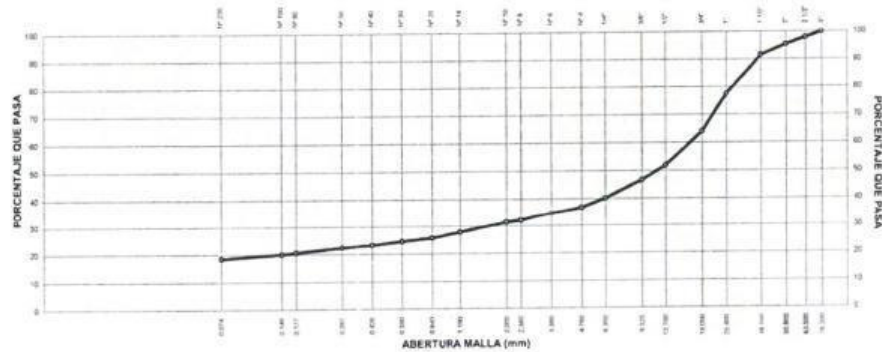
Límite líquido (%)	(MTC E 110 - 2016)	24.0
Límite plástico (%)	(MTC E 111 - 2016)	15.0
Índice plástico (%)	(MTC E 111 - 2016)	9.0
Clasificación SUCS	(ASTM D 2487-11)	GC
Clasif. para el uso en vías de transporte	(ASTM D 3282-09)	A-2.4 (0)

Descripción de la muestra: Grava arcillosa con arena

OBSERVACIONES:

Muestra tomada e identificada por personal técnico de JBO Ingenieros S.A.C.

CURVA GRANULOMÉTRICA



Referencia:

- NTP 400.012 / ASTM C 136. AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y grimal
- NTP 339.129 / ASTM D 4318. SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad de suelos
- ASTM D 2487. Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System)
- ASTM D 3282. Standard Practice for Classification of Soils and Soil Aggregate Mixtures for Highway Construction Purposes
- NTP 400.018 / ASTM C 117. AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar los máximos más finos que pasan por el tamiz normalizado 75 µm (N° 200) por lavado de agregados

Equipos usados:

- Balanza BAL-17. SCM USA-20051832 (20-11-18)
- Horno HOR-03. SCM LT-30031816 (10-10-18)
- Horno HOR-02. SCM LT-30031816 (10-10-18)

CONSORCIO SACYR
CARLOS MARTÍNEZ-ALMEIDA LÓPEZ
 Representante Legal

Personal:
 - Tec. E.E.A.
 - Rev. M.M.F.

CONSORCIO SACYR

Ing. Karl Wilfredo Ríos Asmat
 Reg. CIP N° 53750
 Jefe de Estudio

Fecha de emisión: Lima, 10 de Mayo del 2019
 El uso de la información contenida en este informe es responsabilidad del solicitante

CONSORCIO SACYR
 Ing. Juan Sergio Sánchez Guando
 Reg. CIP N° 59781
 Especialista en Suelos y Pavimentos

MARCO ANTONIO MORENO FLORES
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 176318



Ingenieros S.A.C.
 Calle Valdivia 149
 Urb. Mayorazgo II Etapa, Ate.
 Lima, Perú
 Teléfono: 01-683-0473 / 683-0476
 E-mail: informes@jboingenieros.com

EXPEDIENTE N° 062-2019-JBO

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE: CONSORCIO SACYR
DIRECCIÓN: Cal Dean Valdivia Nro. 148 Int. 1301 (Edif. Platinum Plaza, Torre 1) Lima - Lima - San Isidro
PROYECTO: Mejoramiento y Rehabilitación de la Infraestructura Vial Paquete 05 - Ancash Tramo I: Emp. PE - 1NO (Dv. Lacramarca) - La Aguada - Las Cruces - Lacramarca - Santa Ana - Quitacocha - Huaylas - Emp. PE - 3N (San Diego)
REFERENCIA: Solicitud de Servicio N° 062-2019-JBO
UBICACIÓN: Ancash
FECHA DE RECEPCIÓN: Lima, 15 de Abril del 2019
FECHA INICIO: Lima, 15 de Abril del 2019

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE SUELOS

MT C E 110 - 2016

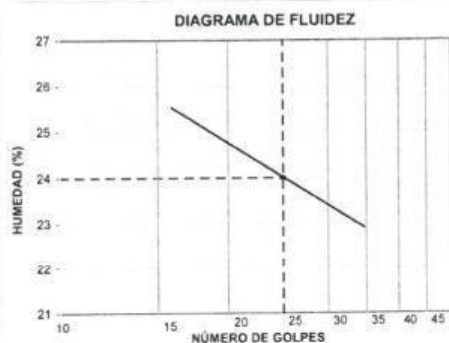
DETERMINACIÓN DEL LÍMITE PLÁSTICO (L.P.) DE LOS SUELOS E ÍNDICE DE PLASTICIDAD (I.P.)

MT C E 111 - 2016

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN: Cantera La Torre, C-6/M-1, Prof.: 0.20 - 3.00 m
PRESENTACIÓN: 03 Bolsa de polietileno
DESCRIPCIÓN: Grava arenosa con arena
CANTIDAD: 02 kg aprox.

DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO				LÍMITE PLÁSTICO	
	1	2	3	4	1	2
ENSAYO No.						
CÁPSULA No.	T37	T59	T24	T94	T38	T52
PESO CÁPSULA + SUELO HÚMEDO, g	27.53	29.81	28.65	28.19	20.76	22.06
PESO CÁPSULA + SUELO SECO, g	24.98	26.99	26.10	25.76	19.76	21.14
PESO AGUA, g	2.55	2.82	2.55	2.43	1.00	0.92
PESO DE LA CÁPSULA, g	14.95	15.38	15.35	15.38	13.01	15.11
PESO SUELO SECO, g	10.03	11.61	10.75	10.38	6.75	6.03
CONTENIDO DE HUMEDAD, %	25.42	24.25	23.72	23.41	14.81	15.24
NÚMERO DE GOLPES	17	22	27	31		



RESULTADOS DE ENSAYOS

LÍMITE LÍQUIDO (%)	24
LÍMITE PLÁSTICO (%)	15
ÍND. PLASTICIDAD (%)	9

OBSERVACIONES:

- Ensayo efectuado al material pasando la malla N° 40
 - Muestra tomada e identificada por personal técnico de JBO Ingenieros S.A.C.

Referencia

- NTP 339.129 / ASTM D 4318. SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad de suelos

Equipos usados

- Balanza BAL-17: SCM LM-20051832 (20-11-18)
 - Homo HOR-02: SCM LT-30031816 (30-10-18)

Personal:

- Tec.: E.E.A.
 - Rev.: M.M.F.

CONSORCIO SACYR

CARLOS MARTÍNEZ-ALMEIDA LOPEZ
 Representante Legal

VF-002 (01-02-18)

Fecha de emisión: Lima, 10 de Mayo del 2019

El uso de la información contenida en este documento es responsabilidad del solicitante.

CONSORCIO SACYR

Ing. Karl Wilfredo Ríos Asmat
 Reg. CIP N° 53750
 Jefe de Estudio

CONSORCIO SACYR

Ing. Juan Sergio Sánchez Guando
 Reg. CIP N° 59781
 Especialista en Suelos y Pavimentos

MARCO ANTONIO MORENO FLORES
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 176319



Ingenieros S.A.C.
 Calle Valado 149
 Urb. Mayorazgo II Etapa. Ate
 Lima, Perú
 Teléfono: 01-683-0473 / 683-0476
 Email: informes@jboingenieros.com

EXPEDIENTE N° 062-2019-JBO

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : CONSORCIO SACYR PROYECTO : Mejoramiento y Rehabilitación de la Infraestructura Vial Paquete 05 – Ancash Tramo I: Emp. PE – 1NQ (Dv. Lacramarca) – La Aguada – Las Cruces – Lacramarca – Santa Ana – Quitacocha – Huaylas – Emp. PE – 3N (San Diego)

DIRECCIÓN : Cal. Dean Valdivia Nro. 148 Int. 1301 (Edif Platinum Plaza, Torre 1) Lima - Lima - San Isidro

REFERENCIA : Solicitud de Servicio N° 062-2019-JBO UBICACIÓN : Ancash

FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 15 de Abril del 2019 FECHA DE INICIO : Lima, 15 de Abril del 2019

MÉTODO DE ENSAYO PARA CONTENIDO DE HUMEDAD TOTAL DE LOS AGREGADOS POR SECADO MTC E 215 - 2016

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : Cantera La Torre, C-6/M-1, Prof.: 0.20 - 3.00 m PRESENTACIÓN : 01 Bolsa de polietileno

DESCRIPCIÓN : Grava arcillosa con arena CANTIDAD : 05 kg aprox.

IDENTIFICACIÓN	Cantera La Torre, C-6/M-1, Prof.: 0.20 - 3.00 m
Peso del suelo húmedo (g)	5421.0
Peso del suelo seco (g)	5201.0
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	4.23

OBSERVACIONES:

- Muestra tomada e identificada por personal técnico de JBO Ingenieros S.A.C.

REFERENCIA:

- NTP 339.185 / ASTM C 566: AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado.

Equipos usados:

- Balanza BAL-17: SCM LM-20051832 (20-11-18)
 - Horno HOR-02: SCM LT-30031816 (30-10-18)

Personal:

Téc.: E.E.A.
 Rev.: M.M.F.

VF-002 (01-02-18)

Fecha de emisión : Lima, 10 de Mayo del 2019

El uso de la información contenida en este documento es responsabilidad del solicitante.

CONSORCIO SACYR

Ing. Karl Wilfredo Ríos Asmat
 Reg. CIP N° 53750
 Jefe de Estudio

CONSORCIO SACYR

Ing. Juan Sergio Sánchez Guando
 Reg. CIP N° 59781
 Especialista en Suelos y Pavimentos

CONSORCIO SACYR

CARLOS MARTÍNEZ-ALMEIDA LÓPEZ
 Representante Legal

MARCO ANTONIO
 MORENO FLORES
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 176318



Ingenieros S.A.C.
 Calle Valdepol 149
 Urb. Mayordazgo II Etapa Ate
 Lima, Perú
 Teléfono: 01-683-0473 / 683-0476
 E-mail: informes@jboingenieros.com

INFORME DE ENSAYO

EXPEDIENTE N° 062-2019-JBO

SOLICITANTE
 DIRECCIÓN

CONSORCIO SACYR
 Cal Dean Valdivia Nro. 148 Int. 1301 (Edif. Platinum Plaza, Torre 1) Lima - Lima
 San Isidro

PROYECTO

Mejoramiento y Rehabilitación de la Infraestructura
 Vial Paqueta 05 - Ancash Tramo I. Ene. PE - 110Q
 (Dv. Llacmarca) - La Aguada - Las Cruces -
 Llacmarca - Santa Ana - Quilacocha - Huaylla -
 Ene. PE - 2N (San Diego)

REFERENCIA

Solicitud de Servicio N° 062-2019-JBO

UBICACIÓN

Ancash

FECHA DE RECEPCIÓN

Lima, 15 de Abril del 2019

FECHA DE INICIO

Lima, 15 de Abril del 2019

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS MTC E 204 - 2016

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : Cantería La Torre C-7M-1, Prof: 0.20 - 3.00 m

PRESENTACIÓN

03 Sacos de polipropileno

CANTIDAD

100 kg aprox.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS					
SERIE	MALLAS	PESO	RETENIDO	RETENIDO	PASA
AMERICANA	ABERTURA	RETENIDO	PARCIAL	ACUMULADO	(%)
(mm)		(g)	(%)	(%)	
3"	75.000				100.0
2 1/2"	62.500	127.8	2.5	2.5	97.5
2"	50.000	117.6	2.3	4.8	95.2
1 1/2"	37.500	194.2	3.8	8.6	91.4
1"	25.000	730.9	14.3	22.9	77.1
3/4"	19.000	690.0	13.5	36.4	63.6
1/2"	12.500	613.3	12.0	48.4	51.6
3/8"	9.500	224.9	4.4	52.8	47.2
1/4"	6.250	332.2	6.5	59.3	40.7
N° 4	4.750	132.9	2.6	61.9	38.1
N° 6	3.350	97.1	1.9	63.8	36.2
N° 8	2.360	163.6	3.2	67.0	33.0
N° 10	2.000	107.3	2.1	69.1	30.9
N° 16	1.180	204.4	4.0	73.1	26.9
N° 20	0.850	107.3	2.1	75.2	24.8
N° 30	0.600	117.6	2.3	77.5	22.5
N° 40	0.425	92.0	1.8	79.3	20.7
N° 50	0.300	107.3	2.1	81.4	18.6
N° 60	0.177	86.9	1.7	83.1	16.9
N° 100	0.150	35.8	0.7	83.8	16.2
N° 200	0.075	81.8	1.6	85.4	14.6
-200	MTC E 202	746.2	14.6	100.0	—

CARACTERIZACIÓN DEL SUELO

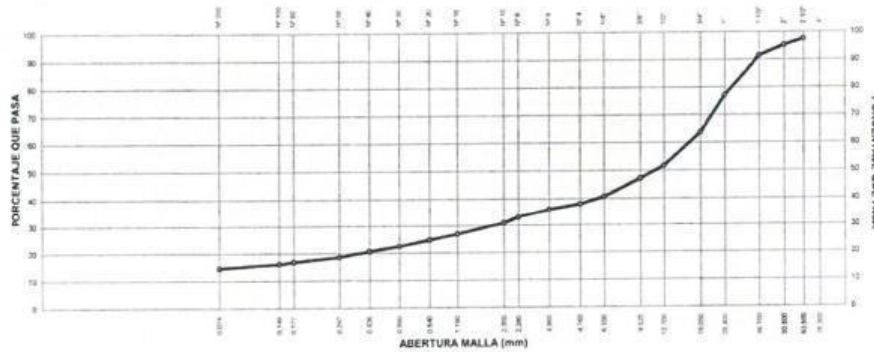
Límite líquido (%)	(MTC E 110 - 2016)	33.0
Límite plástico (%)	(MTC E 111 - 2016)	23.0
Índice plástico (%)	(MTC E 111 - 2016)	10.0
Clasificación SUCS	(ASTM D 2487-11)	GC
Clasif. para el uso en vías de transporte	(ASTM D 3282-09)	A-2-4 (2)

Descripción de la muestra : Grava arcillosa con arena

OBSERVACIONES:

- Muestra tomada e identificada por personal técnico de JBO Ingenieros S.A.C.

CURVA GRANULOMÉTRICA



Referencia:

- NTP 400 012 / ASTM C 136. AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global
- NTP 339 019 / ASTM D 4318. SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, el índice de plasticidad de suelos
- ASTM D 2487. Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System)
- ASTM D 3282. Standard Practice for Classification of Soils and Soil-Aggregate Mixtures for Highway Construction Purposes
- NTP 400 015 / ASTM C 117. AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado 75 µm (N° 200) por lavado de agregados

Equipos usados:

- Balanza BAL-17, SCM (M-20051832 (20-11-18))
- Horno HOR-03, SCM (L-30051819 (20-11-18))
- Horno HOR-02, SCM (L-30051815 (20-10-18))

CONSORCIO SACYR
 CARLOS MARTINEZ-ALMEIDA LOPEZ
 Representante Legal

Personal:
 - Tec. E.E.A.
 - Rev. M.M.F.

CONSORCIO SACYR

Ing. Karín Wilfredo Ríos Asmat
 Reg. CIP N° 53750
 Jefe de Estudio

Fecha de emisión : Lima, 10 de Mayo del 2019

El uso de la información contenida en este documento es de exclusiva responsabilidad del solicitante

CONSORCIO SACYR

Ing. Juan Sergio Sánchez Guando
 Reg. CIP N° 59781
 Especialista en Suelos y Pavimentos

MARCO ANTONIO
 MORENO FLORES
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 176319



Ingenieros S.A.C.
Calle Valasco 149
Urb. Mayorazgo II Etapa, Ate
Lima, Perú
Teléfono: 01-683-0473 / 853-0475
E-mail: informes@jboingenieros.com

EXPEDIENTE N° 062-2019-JBO

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : CONSORCIO SACYR
DIRECCIÓN : Cal. Dean Valdivia Nro. 148 Int. 1301 (Edif. Platinum Plaza, Torre 1) Lima - Lima - San Isidro
PROYECTO : Mejoramiento y Rehabilitación de la Infraestructura Vial Paquete 05 - Ancash Tramo I: Emp. PE - 1NQ (Dv. Lacramarca) - La Aguada - Las Cruces - Lacramarca - Santa Ana - Quitacocha - Huaylas - Emp. PE - 3N (San Diego)
REFERENCIA : Solicitud de Servicio N° 062-2019-JBO
UBICACIÓN : Ancash
FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 15 de Abril del 2019
FECHA INICIO : Lima, 15 de Abril del 2019

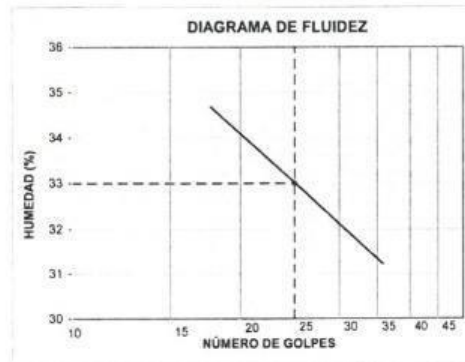
DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE SUELOS MTC E 110 - 2016

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE PLÁSTICO (L.P.) DE LOS SUELOS E ÍNDICE DE PLASTICIDAD (I.P.) MTC E 111 - 2016

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : Cantera La Torre, C-7/M-1, Prof.: 0.20 - 3.00 m
PRESENTACIÓN : 03 Bolsa de polietileno
DESCRIPCIÓN : Grava arcillosa con arena
CANTIDAD : 02 kg aprox.

DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO				LÍMITE PLÁSTICO	
ENSAYO No.	1	2	3	4	1	2
CÁPSULA No.	T129	T144	T142	T115	T38	T52
PESO CÁPSULA + SUELO HÚMEDO, g	30.53	29.71	31.35	31.04	21.30	22.54
PESO CÁPSULA + SUELO SECO, g	26.70	26.33	27.52	27.23	19.76	21.14
PESO AGUA, g	3.83	3.38	3.83	3.81	1.54	1.40
PESO DE LA CÁPSULA, g	15.52	16.32	15.78	15.24	13.01	15.11
PESO SUELO SECO, g	11.18	10.01	11.74	11.99	6.75	6.03
CONTENIDO DE HUMEDAD, %	34.26	33.77	32.62	31.78	22.81	23.20
NÚMERO DE GOLPES	19	22	27	32		



RESULTADOS DE ENSAYOS

LÍMITE LÍQUIDO (%)	33
LÍMITE PLÁSTICO (%)	23
IND. PLASTICIDAD (%)	10

OBSERVACIONES:

- Ensayo efectuado al material pasando la malla N° 40
- Muestra tomada e identificada por personal técnico de JBO Ingenieros S.A.C.

Referencia:

- NTP 339.129 / ASTM D 4318: SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad de suelos

Equipos usados:

- Balanza BAL-17: SCM LM-20051832 (20-11-18)
- Horno HOR-02: SCM LT-30031816 (30-10-18)

Personal:

- Tec.: E.E.A.
- Rev.: M.M.F.

CONSORCIO SACYR

CARLOS MARTÍNEZ-ALMEIDA LÓPEZ
Representante Legal

VF-002 (01-02-18)

Fecha de emisión: Lima, 10 de Mayo del 2019

El uso de la información contenida en este documento es responsabilidad del solicitante.

CONSORCIO SACYR

Ing. Karo Wilfredo Ríos Asmat
Reg. CIP N° 53750
Jefe de Estudio

CONSORCIO SACYR

Ing. Juan Sergio Sánchez Guando
Reg. CIP N° 59781
Especialista en Suelos y Pavimentos

MARCO ANTONIO
MORENO FLORES
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 176319



Ingenieros S.A.C.
 Calle Valdivia N° 149
 Urb. Mayrazgo II Etapa. 4to
 Lima, Perú
 Teléfono: 01-823-0473 / 663-0476
 Email: informes@jboingenieros.com

EXPEDIENTE N° 062-2019-JBO

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : CONSORCIO SACYR **PROYECTO** : Mejoramiento y Rehabilitación de la Infraestructura Vial Paquete 05 – Ancash Tramo I: Emp. PE – 1NQ (Dv. Lacramarca) – La Aguada – Las Cruces – Lacramarca – Santa Ana – Quitacocha – Huaylas – Emp. PE – 3N (San Diego)

DIRECCIÓN : Cal. Dean Valdivia Nro. 148 Int. 1301 (Edif Platinum Plaza, Torre 1) Lima - Lima - San Isidro

REFERENCIA : Solicitud de Servicio N° 062-2019-JBO **UBICACIÓN** : Ancash

FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 15 de Abril del 2019 **FECHA DE INICIO** : Lima, 15 de Abril del 2019

MÉTODO DE ENSAYO PARA CONTENIDO DE HUMEDAD TOTAL DE LOS AGREGADOS POR SECADO MTC E 215 - 2016

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : Cantera La Torre, C-7/M-1, Prof.: 0.20 - 3.00 m **PRESENTACIÓN** : 01 Bolsa de polietileno

DESCRIPCIÓN : Grava arcillosa con arena **CANTIDAD** : 05 kg aprox.

IDENTIFICACIÓN	Cantera La Torre, C-7/M-1, Prof.: 0.20 - 3.00 m
Peso del suelo húmedo (g)	5434,1
Peso del suelo seco (g)	5111,1
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	6,32

OBSERVACIONES:

- Muestra tomada e identificada por personal técnico de JBO Ingenieros S.A.C.

REFERENCIA:

- NTP 339.185 / ASTM C 566: AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado

Equipos usados:

- Balanza BAL-17: SCM LM-20051832 (20-11-18)
 - Horno HOR-02: SCM LT-30031816 (30-10-18)

Personal:

Téc.: E.E.A.

Rev.: M.M.F.

VF-002 (01-02-18)

Fecha de emisión : Lima, 10 de Mayo del 2019

El uso de la información contenida en este documento es responsabilidad del solicitante.

CONSORCIO SACYR

Ing. Kar Wilfredo Ríos Asmat
 Reg. CIP N° 53750
 Jefe de Estudio

CONSORCIO SACYR

Ing. Juan Sergio Sánchez Guando
 Reg. CIP N° 59781
 Especialista en Suelos y Pavimentos

CONSORCIO SACYR

CARLOS MARTÍNEZ ALMEIDA LOPEZ
 Representante Legal

MARCO ANTONIO
 MORENO FLORES
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 176318



INFORME DE ENSAYO

EXPEDIENTE N° 062-2019-JBO

SOLICITANTE
DIRECCIÓN

CONSORCIO SACYR
Caj. Dean Valdivia No. 148 Int. 1301 (Edif. Platinum Plaza, Torre 1) Lima - Lima -
San Isidro

PROYECTO

Mejoramiento y Rehabilitación de la Infraestructura
Val Paquete 05 - Ancash Tramo I. Emp. PE - 1N2
(Dv. Llacramarca) - La Aguada - Las Cruces -
Llacramarca - Santa Ana - Oulacocha - Huaylas -
Emp. PE - 3N (San Diego)

REFERENCIA

Solicitud de Servicio N° 062-2019-JBO

UBICACIÓN

Ancash

FECHA DE RECEPCIÓN

Lima, 15 de Abril del 2019

FECHA DE INICIO

Lima, 15 de Abril del 2019

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS MTC E 204 - 2016

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : Cantera La Torre, C-8M-1, Prof. 0.20 - 3.00 m

PRESENTACIÓN : 03 Sacos de polipropileno

CANTIDAD : 100 kg aprox.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS					
SERIE AMERICANA	MALLAS ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (g)	RETENIDO PARCIAL (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PASA (%)
3"	75.000				100.0
2 1/2"	62.500	184.0	3.6	3.6	96.4
2"	50.000	178.9	3.5	7.1	92.9
1 1/2"	37.500	102.2	2.0	9.1	90.9
1"	25.000	771.8	15.1	24.2	75.8
3/4"	19.000	705.3	13.8	38.0	62.0
1/2"	12.500	638.9	12.5	50.5	49.5
3/8"	9.500	255.6	5.0	55.5	44.5
1/4"	6.250	378.2	7.4	62.9	37.1
N° 4	4.750	184.0	3.6	66.5	33.5
N° 6	3.350	184.0	3.6	70.1	29.9
N° 8	2.360	209.6	4.1	74.2	25.8
N° 10	2.000	15.3	0.3	74.5	25.5
N° 16	1.180	204.4	4.0	78.5	21.5
N° 20	0.850	92.0	1.8	80.3	19.7
N° 30	0.600	66.4	1.3	81.6	18.4
N° 40	0.425	30.7	0.6	82.2	17.8
N° 50	0.300	40.9	0.8	83.0	17.0
N° 80	0.177	66.4	1.3	84.3	15.7
N° 100	0.150	5.1	0.1	84.4	15.6
N° 200	0.075	117.6	2.3	86.7	13.3
-200	MTC E 202	879.8	13.3	100.0	-

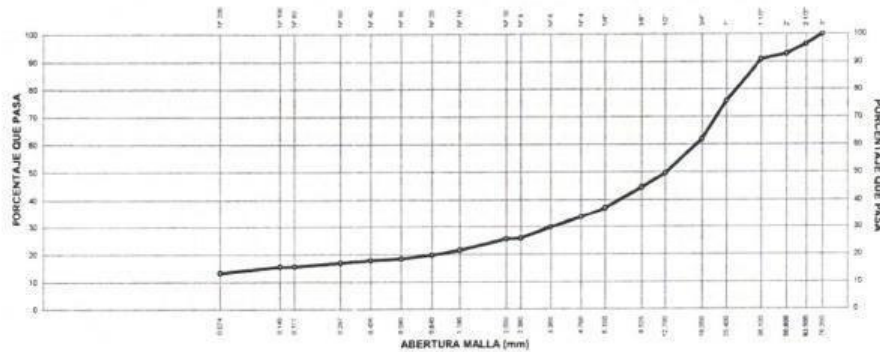
CARACTERIZACIÓN DEL SUELO			
Límite líquido (%)	(MTC E 110 - 2016)	:	29.0
Límite plástico (%)	(MTC E 111 - 2016)	:	15.0
Índice plástico (%)	(MTC E 111 - 2016)	:	12.0
Clasificación SUCS	(ASTM D 2487-11)	:	GC
Clasif. para el uso en vías transporte	(ASTM D 3282-09)	:	A-2-6 (0)

Descripción de la muestra : Grava arcillosa con arena

OBSERVACIONES:

- Muestra tomada e identificada por personal técnico de JBO Ingenieros S.A.C.

CURVA GRANULOMÉTRICA



Referencias:

- NTP 400.012 / ASTM C 136: AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global
- NTP 336.129 / ASTM D 4318: SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad de suelos
- ASTM D 2487: Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System)
- ASTM D 3282: Standard Practice for Classification of Soils and Soil-Aggregate Mixtures for Highway Construction Purposes
- NTP 420.019 / ASTM C 117: AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado 75 µm (N° 200) por lavado de agregados

Equipos usados:

- Balanza BAL-17: SCM LM-20051832 (20-11-18)
- Horno HOR-03: SCM LT-30031816 (20-11-18)
- Horno HOR-02: SCM LT-30031816 (20-11-18)

CONSORCIO SACYR
CARLOS MARTÍNEZ-ALMEIDA LOPEZ
Representante Legal

Personal:
- Tec. E.E.A.
- Res. M.M.F.

CONSORCIO SACYR
Ing. Karl Wilfredo Ríos Asmat
Reg. CIP N° 53750
Jefe de Estudio

Fecha de emisión: Lima, 10 de Mayo del 2019
El uso de la información contenida en este documento es de exclusiva responsabilidad del solicitante.

CONSORCIO SACYR
Ing. Juan Sergio Sánchez Guando
Reg. CIP N° 59781
Especialista en Suelos y Pavimentos

MARCO ANTONIO
MORENO FLORES
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 176315

EXPEDIENTE N° 062-2019-JBO

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE: CONSORCIO SACYR PROYECTO: Mejoramiento y Rehabilitación de la Infraestructura Vial Faquele 05 - Ancash
 DIRECCIÓN: Cal Dean Valdivia Nro. 148 Int. 1301 (Edif. Platinum Plaza Torre 1) Lima - Lima - San Isidro Tramo I: Emp. PE - 1VQ (Dv. Lacramarca) - La Aguada - Las Cruces - Lacramarca - Santa Ana - Quitacocha - Huaylas - Emp. PE - 3N (San Diego)
 REFERENCIA: Solicitud de Servicio N° 062-2019-JBO UBICACIÓN: Ancash
 FECHA DE RECEPCIÓN: Lima, 15 de Abril del 2019 FECHA INICIO: Lima, 15 de Abril del 2019

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE SUELOS

MTC E 110 - 2016

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE PLÁSTICO (L.P.) DE LOS SUELOS E ÍNDICE DE PLASTICIDAD (I.P.)

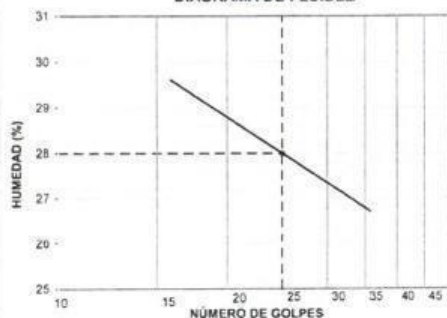
MTC E 111 - 2016

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN: Cantera La Torre, C-8/M-1, Prof.: 0.20 - 3.00 m PRESENTACIÓN: 03 Bolsa de polietileno
 DESCRIPCIÓN: Grava arcillosa con arena CANTIDAD: 02 kg aprox.

DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO				LÍMITE PLÁSTICO	
ENSAYO No.	1	2	3	4	1	2
CÁPSULA No.	T106	T44	T3	T106	T69	T76
PESO CÁPSULA + SUELO HÚMEDO, g	30.88	31.06	31.48	29.82	22.02	22.76
PESO CÁPSULA + SUELO SECO, g	27.37	27.47	27.82	26.76	21.01	21.61
PESO AGUA, g	3.51	3.59	3.56	3.06	1.01	1.15
PESO DE LA CÁPSULA, g	15.43	14.80	15.11	15.43	14.76	14.37
PESO SUELO SECO, g	11.94	12.67	12.81	11.33	6.25	7.24
CONTENIDO DE HUMEDAD, %	29.40	28.34	27.79	27.01	16.16	15.88
NÚMERO DE GOLPES	17	22	28	32		

DIAGRAMA DE FLUIDEZ



RESULTADOS DE ENSAYOS

LÍMITE LÍQUIDO (%)	28
LÍMITE PLÁSTICO (%)	16
ÍND. PLASTICIDAD (%)	12

OBSERVACIONES:

- Ensayo efectuado al material pasando la malla N° 40
 - Muestra tomada e identificada por personal técnico de JBO Ingenieros S.A.C.

Referencia:

- NTP 339.129 / ASTM D 4318: SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad de suelos

Equipos usados:

- Balanza BAL-17: SCM LM-20051832 (20-11-18)
 - Horno HOR-02: SCM LT-30031816 (30-10-18)

Personal:

- Tec.: E.E.A.
 - Rev.: M.M.F.

CONSORCIO SACYR

CARLOS MARTÍNEZ-ALMEIDA LÓPEZ
 Representante Legal

VF-002 (01-02-18)

Fecha de emisión: Lima, 10 de Mayo del 2019

El uso de la información contenida en este documento es responsabilidad del solicitante.

CONSORCIO SACYR

Ing. Karín Vilfredo Ríos Asmat
 Reg. CIP N° 53750
 Jefe de Estudio

CONSORCIO SACYR

Ing. Juan Sergio Sánchez Guando
 Reg. CIP N° 59781
 Especialista en Suelos y Pavimentos

MARCO ANTONIO
 MORENO FLORES
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 176318



EXPEDIENTE N° 062-2019-JBO

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : CONSORCIO SACYR PROYECTO : Mejoramiento y Rehabilitación de la Infraestructura Vial Paquete 05 – Ancash Tramo I: Emp. PE – 1NQ (Dv. Lacramarca) – La Aguada – Las Cruces – Lacramarca – Santa Ana – Quitacocha – Huaylas – Emp. PE – 3N (San Diego)

DIRECCIÓN : Cal. Dean Valdivia Nro. 148 Int. 1301 (Edif Platinum Plaza, Torre 1) Lima - Lima - San Isidro

REFERENCIA : Solicitud de Servicio N° 062-2019-JBO UBICACIÓN : Ancash

FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 15 de Abril del 2019 FECHA DE INICIO : Lima, 15 de Abril del 2019

MÉTODO DE ENSAYO PARA CONTENIDO DE HUMEDAD TOTAL DE LOS AGREGADOS POR SECADO
MTC E 215 - 2016

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : Cantera La Torre, C-8/M-1, Prof.: 0.20 - 3.00 m PRESENTACIÓN : 01 Bolsa de polietileno

DESCRIPCIÓN : Grava arcillosa con arena CANTIDAD : 05 kg aprox.

IDENTIFICACIÓN	Cantera La Torre, C-8/M-1, Prof.: 0.20 - 3.00 m
Peso del suelo húmedo (g)	5391,2
Peso del suelo seco (g)	5111,1
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	5,48

OBSERVACIONES:

- Muestra tomada e identificada por personal técnico de JBO Ingenieros S.A.C.

REFERENCIA:

- NTP 339.185 / ASTM C 566: AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado

Equipos usados:

- Balanza BAL-17: SCM LM-20051832 (20-11-18)
- Homo HOR-02: SCM LT-30031816 (30-10-18)

Personal:

Téc.: E.E.A.

Rev.: M.M.F.

VF-002 (01-02-18)

Fecha de emisión : Lima, 10 de Mayo del 2019

El uso de la información contenida en este documento es responsabilidad del solicitante.

CONSORCIO SACYR

CARLOS MARTÍNEZ-ALMEIDA LÓPEZ
Representante Legal

CONSORCIO SACYR

Ing. Ken Wilfredo Ríos Asmat
Reg. CIP N° 53750
Jefe de Estudio

CONSORCIO SACYR

Ing. Juan Sergio Sánchez Guando
Reg. CIP N° 59781
Especialista en Suelos y Pavimentos

MARCO ANTONIO
MORENO FLORES
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 176319



Ingenieros S.A.C.
 Calle Valarado 149
 Urb. Mayorazgo II, Etapa Ate
 Lima - Perú
 Teléfono: 01-683-0473 / 683-0476
 E-mail: informes@jboingenieros.com

INFORME DE ENSAYO

EXPEDIENTE N° 062-2019-JBO

SOLICITANTE : CONSORCIO SACYR
 DIRECCIÓN : Cal Dean Valdivia Nro. 148 Int. 1301 (Edif. Platinum Plaza, Torre 1) Lima - Lima - San Isidro

PROYECTO : Mejoramiento y Rehabilitación de la Infraestructura Vial Paquete 05 - Ancash Tramo I Erip. PE - 1NQ (Div. Llacramarca) - La Aguada - Las Cruces - Llacramarca - Santa Ana - Quilacocha - Huaylas - Erip. PE - 3N (San Diego)

REFERENCIA : Solicitud de Servicio N° 062-2019-JBO
 FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 15 de Abril del 2019

UBICACIÓN : Ancash
 FECHA DE INICIO : Lima, 15 de Abril del 2019

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS MTC E 204 - 2016

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : Carretera La Torre, C-9M-1, Prof. 0.20 - 3.00 m

PRESENTACIÓN : 03 Sacos de polietileno
 CANTIDAD : 100 kg aprox.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS					
SERIE AMERICANA	MALLAS ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (g)	RETENIDO PARCIAL (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PASA (%)
3"	75.000				100.0
2 1/2"	62.500	159.6	2.1	2.1	97.9
2"	50.000	203.5	3.9	6.0	94.0
1 1/2"	37.500	146.1	2.8	8.8	91.2
1"	25.000	720.2	13.8	22.6	77.4
3/4"	19.000	720.2	13.8	36.4	63.6
1/2"	12.500	615.8	11.8	48.2	51.8
3/8"	9.500	224.4	4.3	52.5	47.5
1/4"	6.250	386.2	7.4	59.9	40.1
N° 4	4.750	130.5	2.5	62.4	37.6
N° 6	3.350	140.9	2.7	65.1	34.9
N° 8	2.360	161.8	3.1	68.2	31.8
N° 10	2.000	36.5	0.7	68.9	31.1
N° 16	1.180	140.9	2.7	71.6	28.4
N° 20	0.850	62.6	1.2	72.8	27.2
N° 30	0.600	130.5	2.5	75.3	24.7
N° 40	0.425	130.5	2.5	77.8	22.2
N° 50	0.300	104.4	2.0	79.8	20.2
N° 80	0.177	47.0	0.8	80.7	19.3
N° 100	0.150	62.6	1.2	81.9	18.1
N° 200	0.075	109.6	2.1	84.0	16.0
-200	MTC E 202	835.0	16.0	100.0	-

CARACTERIZACIÓN DEL SUELO

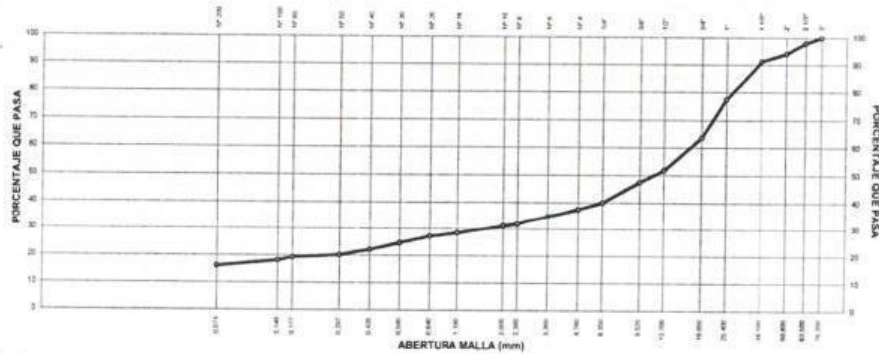
Límite líquido (%)	(MTC E 110 - 2016)	32.0
Límite plástico (%)	(MTC E 111 - 2016)	22.0
Índice plástico (%)	(MTC E 111 - 2016)	10.0
Clasificación SUCS	(ASTM D 2487-11)	GC
Clasif. para el uso en vías transporte	(ASTM D 3282-09)	A-3-4 (9)

Descripción de la muestra : Grava arcillosa con arena

OBSERVACIONES:

Muestra tomada e identificada por personal técnico de JBO Ingenieros S.A.C.

CURVA GRANULOMÉTRICA



Referencia:

- NTP 400 012 / ASTM C 136. AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global
- NTP 339 129 / ASTM D 4318. SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad de suelos
- ASTM D 2487. Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System)
- ASTM D 3282. Standard Practice for Classification of Soils and Soil-Aggregate Mixtures for Highway Construction Purposes
- NTP 400 016 / ASTM C 117. AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado 75 µm (N° 200) por lavado de agregados.

Equipos usados:

- Balanza BAL-17. SCM (M-2005/832 (20-11-18))
- Horno HDR-03. SCM (LT-30031816 (20-11-18))
- Horno HDR-02. SCM (LT-30031816 (20-11-18))

Personal:

- Tec. E.E.A.
- Rev. M.M.F.

CONSORCIO SACYR

Ing. Karl Wilfredo Ríos Asmat
 Reg. CIP N° 53750
 Jefe de Estudio

CONSORCIO SACYR

Fecha de emisión : Lima, 10 de Mayo del 2019

El uso de la información contenida en este documento es de exclusiva responsabilidad del solicitante.

Ing. Juan Sergio Sánchez Guandé
 Reg. CIP N° 59781
 Especialista en Suelos y Pavimentos

CONSORCIO SACYR

CARLOS MARTÍNEZ-ALMEIDA LÓPEZ
 Representante Legal

MARCO ANTONIO
 MORENO FLORES
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 176318



Ingenieros S.A.C.
 Calle Valasco 149
 Urb. Mayorazgo II Etapa Ate
 Lima, Perú
 Teléfono: 01-683-0473 / 683-0476
 E-mail: informes@jboingenieros.com

EXPEDIENTE N° 062-2019-JBO

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE	CONSORCIO SACYR	PROYECTO	Mejoramiento y Rehabilitación de la Infraestructura Vial Paquete 05 - Ancash Tramo I: Emp. PE - 1NQ (Dv. Lacramarca) - La Aguada - Las Cruces - Lacramarca - Santa Ana - Quitacocha - Huaylas - Emp. PE - 3N (San Diego)
DIRECCIÓN	Caj. Dean Valdivia Nro. 148 Int. 1301 (Edif. Platinum Plaza, Torre 1) Lima - Lima - San Isidro	UBICACIÓN	Ancash
REFERENCIA	Solicitud de Servicio N° 062-2019-JBO	FECHA INICIO	Lima, 15 de Abril del 2019
FECHA DE RECEPCIÓN	Lima, 15 de Abril del 2019		

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE SUELOS

MTC E 110 - 2016

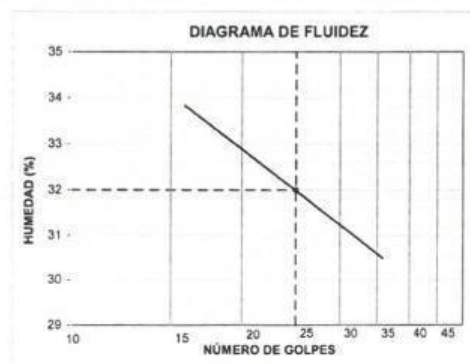
DETERMINACIÓN DEL LÍMITE PLÁSTICO (L.P.) DE LOS SUELOS E ÍNDICE DE PLASTICIDAD (I.P.)

MTC E 111 - 2016

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN	Cantera La Torre, C-9M-1, Prof.: 0.20 - 3.00 m	PRESENTACIÓN	03 Bolsa de polietileno
DESCRIPCIÓN	Grava arcillosa con arena	CANTIDAD	02 kg aprox.

DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO				LÍMITE PLÁSTICO	
ENSAYO No.	1	2	3	4	1	2
CÁPSULA No.	T106	T44	T3	T106	T69	T76
PESO CÁPSULA + SUELO HÚMEDO, g	31.38	31.57	32.00	30.26	22.40	23.19
PESO CÁPSULA + SUELO SECO, g	27.37	27.47	27.92	26.76	21.01	21.61
PESO AGUA, g	4.01	4.10	4.08	3.50	1.39	1.58
PESO DE LA CÁPSULA, g	15.43	14.80	15.11	15.43	14.76	14.37
PESO SUELO SECO, g	11.94	12.67	12.81	11.33	6.25	7.24
CONTENIDO DE HUMEDAD, %	33.58	32.37	31.85	30.89	22.24	21.82
NÚMERO DE GOLPES	17	22	27	32		



RESULTADOS DE ENSAYOS

LÍMITE LÍQUIDO (%)	32
LÍMITE PLÁSTICO (%)	22
ÍND. PLASTICIDAD (%)	10

OBSERVACIONES:

- Ensayo efectuado al material pasante la malla N° 40.
 - Muestra tomada e identificada por personal técnico de JBO Ingenieros S.A.C.

Referencia:

- NTP 339.129 / ASTM D 4318. SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad de suelos

Equipos usados:

- Balanza BAL-17. SCM LM-20051832 (20-11-18)
 - Homo HOR-02. SCM LT-30031816 (30-10-18)

Personal:

- Tec.: E.E.A.
 - Rev.: M.M.F.

CONSORCIO SACYR

CARLOS MARTÍNEZ-ALMEIDA LÓPEZ
 Representante Legal

VF-002 (01-02-18)

Fecha de emisión: Lima, 10 de Mayo del 2019

El uso de la información contenida en este documento es responsabilidad del solicitante

CONSORCIO SACYR

Ing. Karl Wilfredo Ríos Asmat
 Reg. CIP N° 53750
 Jefe de Estudio

CONSORCIO SACYR

Ing. Juan Sergio Sánchez Guanco
 Reg. CIP N° 59781
 Especialista en Suelos y Pavimentos

MARCO ANTONIO MORENO FLORES
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 176319



Ingenieros S.A.C.
Calle Varadero 149
Urb. Mayorazgo II Etapa Ate
Lima - Perú
Teléfono: 01-683-0473 / 683-0475
E-mail: informes@jboingenieros.com

EXPEDIENTE N° 062-2019-JBO

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : CONSORCIO SACYR PROYECTO : Mejoramiento y Rehabilitación de la Infraestructura Vial Paquete 05 – Ancash Tramo I: Emp. PE – 1NQ (Dv. Lacramarca) – La Aguada – Las Cruces – Lacramarca – Santa Ana – Quitacocha – Huaylas – Emp. PE – 3N (San Diego)

DIRECCIÓN : Cal. Dean Valdivia Nro. 148 Int. 1301 (Edif Platinum Plaza, Torre 1) Lima - Lima - San Isidro

REFERENCIA : Solicitud de Servicio N° 062-2019-JBO UBICACIÓN : Ancash

FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 15 de Abril del 2019 FECHA DE INICIO : Lima, 15 de Abril del 2019

MÉTODO DE ENSAYO PARA CONTENIDO DE HUMEDAD TOTAL DE LOS AGREGADOS POR SECADO MTC E 215 - 2016

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : Cantera La Torre, C-9/M-1, Prof.: 0.20 - 3.00 m PRESENTACIÓN : 01 Bolsa de polietileno

DESCRIPCIÓN : Grava arcillosa con arena CANTIDAD : 05 kg aprox.

IDENTIFICACIÓN	Cantera La Torre, C-9/M-1, Prof.: 0.20 - 3.00 m
Peso del suelo húmedo (g)	5414,6
Peso del suelo seco (g)	5218,9
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	3,75

OBSERVACIONES:

- Muestra tomada e identificada por personal técnico de JBO Ingenieros S.A.C.

REFERENCIA:

- NTP 339.185 / ASTM C 566: AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado

Equipos usados:

- Balanza BAL-17: SCM LM-20051832 (20-11-18)
- Horno HOR-02: SCM LT-30031816 (30-10-18)

Personal:

Téc.: E.E.A.
Rev.: M.M.F.

VF-002 (01-02-18)

Fecha de emisión : Lima, 10 de Mayo del 2019

El uso de la información contenida en este documento es responsabilidad del solicitante.

CONSORCIO SACYR

CARLOS MARTÍNEZ-ALMEIDA LOPEZ
Representante Legal

CONSORCIO SACYR

Ing. Karl Wilfredo Ríos Asmat
Reg. CIP N° 53750
Jefe de Estudio

CONSORCIO SACYR

Ing. Juan Sergio Sánchez Guando
Reg. CIP N° 59781
Especialista en Suelos y Pavimentos

MARCO ANTONIO
MORENO FLORES
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 176315



Ingenieros S.A.C.
 Calle Varadero 149
 Urb. Mayorazgo II Etapa Ate
 Lima, Perú
 Teléfono: 01-683-0473 / 683-0476
 E-mail: informes@jboingenieros.com

INFORME DE ENSAYO

EXPEDIENTE N° 062-2019-JBO

SOLICITANTE
 DIRECCIÓN

CONSORCIO SACYR
 : Cal. Dean Valdivia Nro. 148 Int. 1301 (Edif. Platinum Plaza, Torre 1) Lima - Lima -
 San Isidro

PROYECTO

Mejoramiento y Rehabilitación de la Infraestructura
 Vial Paquete 05 - Ancash Tramo I: Emp. PE - 1NQ
 (Dv. Llacmarca) - La Aguada - Las Cruces -
 Llacmarca - Santa Ana - Quilacocha - Huaylas -
 Emp. PE - 3N (San Diego)

REFERENCIA

: Solicitud de Servicio N° 062-2019-JBO

UBICACIÓN

: Ancash

FECHA DE RECEPCIÓN

: Lima, 15 de Abril del 2019

FECHA DE INICIO

: Lima, 15 de Abril del 2019

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS GRUPOS Y FINOS MTC E 204 - 2016

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : Cantera La Torre, T-1M-1, Alt. 0.00 - 3.00 m

PRESENTACIÓN : 03 Sacos de polipropileno

CANTIDAD : 100 kg aprox.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS					
SERIE AMERICANA	MALLAS ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (g)	RETENIDO PARCIAL (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PASA (%)
3"	75.000				100.0
2 1/2"	62.500	163.2	3.1	3.1	96.9
2"	50.000	205.4	3.8	7.0	93.0
1 1/2"	37.500	173.8	3.3	10.3	89.7
1"	25.000	810.9	15.4	25.7	74.3
3/4"	19.000	679.3	12.9	38.6	61.4
1/2"	12.500	595.0	11.3	49.9	50.1
3/8"	9.500	247.5	4.7	54.6	45.4
1/4"	6.250	315.9	6.0	60.6	39.4
N° 4	4.750	126.4	2.4	63.0	37.0
N° 6	3.350	110.6	2.1	65.1	34.9
N° 8	2.360	210.6	4.0	69.1	30.9
N° 10	2.000	57.9	1.1	70.2	29.8
N° 16	1.180	142.2	2.7	72.9	27.1
N° 20	0.850	131.6	2.5	75.4	24.6
N° 30	0.600	63.2	1.2	76.6	23.4
N° 40	0.425	63.2	1.2	77.8	22.2
N° 50	0.300	131.6	2.5	80.3	19.7
N° 60	0.177	147.4	2.8	83.1	16.9
N° 100	0.150	63.2	1.2	84.3	15.7
N° 200	0.075	84.2	1.6	85.9	14.1
-200	MTC E 202	742.5	14.1	100.0	—

CARACTERIZACIÓN DEL SUELO

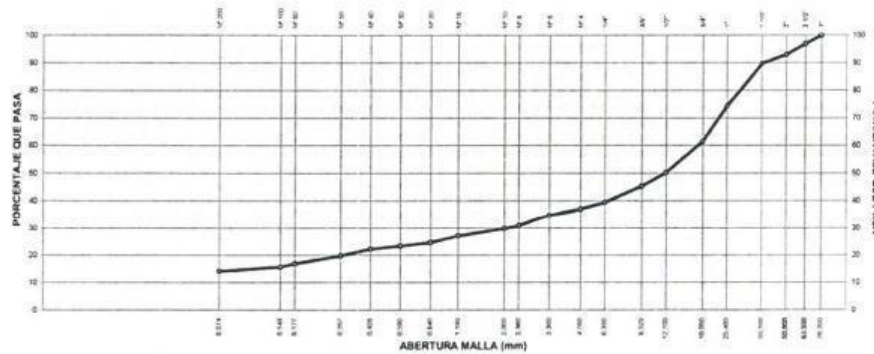
Límite líquido (%)	(MTC E 110-2016)	: 28.0
Límite plástico (%)	(MTC E 111-2016)	: 18.0
Índice plástico (%)	(MTC E 111-2016)	: 10.0
Clasificación SUCS	(ASTM D 2487-11)	: GC
Clasif. para el uso en vías transporte	(ASTM D 3282-09)	: A-2-4 (0)

Descripción de la muestra : Grava arcillosa con arena

OBSERVACIONES:

- Muestra tomada e identificada por personal técnico de JBO Ingenieros S.A.C.

CURVA GRANULOMÉTRICA



Referencia:

- NTP 400.012 / ASTM C 136: AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global
- NTP 330.129 / ASTM D 4318: SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad de suelos
- ASTM D 2487: Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System)
- ASTM D 3282: Standard Practice for Classification of Soils and Soil-Aggregate Mixtures for Highway Construction Purposes
- NTP 400.018 / ASTM C 117: AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado 75 µm (N° 200) por lavado de agregados

Equipos usados:

- Balanza BAL-17: SCM LM-20051832 (20-11-18)
- Horno HOR-03: SCM LT-30031816 (20-10-18)
- Horno HOR-02: SCM LT-30031816 (20-10-18)

CONSORCIO SACYR

CARLOS MARTÍNEZ-ALMEIDA LOPEZ
 Representante Legal

Personal:
 - Tec. EEA
 - Rev. MMF

CONSORCIO SACYR

Ing. Kar Wilfredo Ríos Asmat
 Reg. CIP N° 53750
 Jefe de Estudio

Fecha de emisión : Lima, 10 de Mayo del 2019
 El uso de la información contenida en este documento es de exclusiva responsabilidad del solicitante.

CONSORCIO SACYR

Ing. Juan Sergio Sánchez Guando
 Reg. CIP N° 59781
 Especialista en Suelos y Pavimentos

MARCO ANTONIO
 MORENO FLORES
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 176318



Ingenieros S.A.C.
 Calle Valdivia N° 149
 Urb. Mayorazgo II Etapa Ate
 Lima, Perú
 Teléfono: 01-683-0473 / 683-0475
 Email: informes@jboingenieros.com

EXPEDIENTE N° 062-2019-JBO

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE: CONSORCIO SACYR
DIRECCIÓN: Cal Dean Valdivia Nro. 148 Int. 1301 (Edif. Platinum Plaza, Torre 1) Lima - Lima - San Isidro
PROYECTO: Mejoramiento y Rehabilitación de la Infraestructura Vial Paquete 05 - Ancash Tramo I: Emp. PE - 1NQ (Dv. Llacamarca) - La Aguada - Las Cruces - Llacamarca - Santa Ana - Quitarcocha - Huaylas - Emp. PE - 3N (San Diego)
REFERENCIA: Solicitud de Servicio N° 062-2019-JBO
UBICACIÓN: Ancash
FECHA DE RECEPCIÓN: Lima, 15 de Abril del 2019
FECHA INICIO: Lima, 15 de Abril del 2019

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE SUELOS

MTC E 110 - 2016

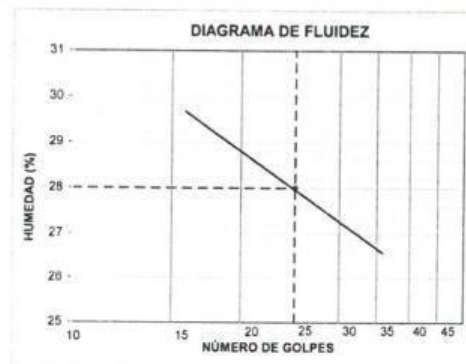
DETERMINACIÓN DEL LÍMITE PLÁSTICO (L.P.) DE LOS SUELOS E ÍNDICE DE PLASTICIDAD (I.P.)

MTC E 111 - 2016

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN: Cantera La Torre, T-1/M-1, At: 0.00 - 3.00 m
PRESENTACIÓN: 03 Bolsa de polietileno
DESCRIPCIÓN: Grava arcillosa con arena
CANTIDAD: 02 kg aprox.

DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO				LÍMITE PLÁSTICO	
ENSAYO No.	1	2	3	4	1	2
CÁPSULA No.	T106	T44	T3	T106	T69	T76
PESO CÁPSULA + SUELO HUMEDO, g	30.88	31.06	31.51	29.81	22.15	22.90
PESO CÁPSULA + SUELO SECO, g	27.37	27.47	27.92	26.76	21.01	21.61
PESO AGUA, g	3.51	3.59	3.59	3.05	1.14	1.29
PESO DE LA CÁPSULA, g	15.43	14.80	15.11	15.43	14.76	14.37
PESO SUELO SECO, g	11.94	12.67	12.81	11.33	6.25	7.24
CONTENIDO DE HUMEDAD, %	29.40	28.34	28.02	26.92	18.24	17.82
NÚMERO DE GOLPES	17	22	26	32		



RESULTADOS DE ENSAYOS

LÍMITE LÍQUIDO (%)	28
LÍMITE PLÁSTICO (%)	18
ÍND. PLASTICIDAD (%)	10

OBSERVACIONES:

- Ensayo efectuado al material pasante la malla N° 40.
 - Muestra tomada e identificada por personal técnico de JBO Ingenieros S.A.C.

Referencia:

- NTP 339.129 / ASTM D 4318: SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad de suelos

Equipos usados:

- Balanza BAL-17: SCM LM-20051832 (20-11-18)
 - Horno HOR-02: SCM LT-30031816 (30-10-18)

Personal:

- Téc.: E.E.A.
 - Rev.: M.M.F.

CONSORCIO SACYR

CARLOS MARTÍNEZ-ALMEIDA LÓPEZ
 Representante Legal

VF-002 (01-02-18)

Fecha de emisión: Lima, 10 de Mayo del 2019

El uso de la información contenida en este documento es responsabilidad del solicitante.

CONSORCIO SACYR

Ing. Karl-Wilfredo Ríos Asmat
 Reg. CIP N° 53750
 Jefe de Estudio

CONSORCIO SACYR

Ing. Juan Sergio Sánchez Guando
 Reg. CIP N° 59781
 Especialista en Suelos y Pavimentos

MARCO ANTONIO MORENO FLORES
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 176318



Ingenieros S.A.C.
Calle Valdivia 149
Urb. Mayrazgo II Etapa Ate
Lima, Perú
Teléfono: 01-683-0473 - 683-0476
Email: informes@jboingenieros.com

EXPEDIENTE N° 062-2019-JBO

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : CONSORCIO SACYR PROYECTO : Mejoramiento y Rehabilitación de la Infraestructura Vial Paquete 05 – Ancash Tramo I: Emp. PE – 1NQ (Dv. Lacramarca) – La Aguada – Las Cruces – Lacramarca – Santa Ana – Quitacocha – Huaylas – Emp. PE – 3N (San Diego)

DIRECCIÓN : Cal. Dean Valdivia Nro. 148 Int. 1301 (Edif. Platinum Plaza, Torre 1) Lima - Lima - San Isidro

REFERENCIA : Solicitud de Servicio N° 062-2019-JBO UBICACIÓN : Ancash

FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 15 de Abril del 2019 FECHA DE INICIO : Lima, 15 de Abril del 2019

MÉTODO DE ENSAYO PARA CONTENIDO DE HUMEDAD TOTAL DE LOS AGREGADOS POR SECADO MTC E 215 - 2016

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : Cantera La Torre, T-1/M-1, Alt.: 0.00 - 3.00 m PRESENTACIÓN : 01 Bolsa de polietileno

DESCRIPCIÓN : Grava arcillosa con arena CANTIDAD : 05 kg aprox.

IDENTIFICACIÓN	Cantera La Torre, T-1/M-1, Alt.: 0.00 - 3.00 m
Peso del suelo húmedo (g)	5553,6
Peso del suelo seco (g)	5265,6
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	5,47

OBSERVACIONES:

- Muestra tomada e identificada por personal técnico de JBO Ingenieros S.A.C.

REFERENCIA:

- NTP 339.185 / ASTM C 566: AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado

Equipos usados:

- Balanza BAL-17: SCM LM-20051832 (20-11-18)
- Horno HOR-02: SCM LT-30031816 (30-10-18)

Personal:

Téc.: E.E.A.
Rev.: M.M.F.

VF-002 (01-02-18)

Fecha de emisión : Lima, 10 de Mayo del 2019

El uso de la información contenida en este documento es responsabilidad del solicitante.

CONSORCIO SACYR

Ing. Karl Wilfredo Ríos Asmat
Reg. CIP N° 53750
Jefe de Estudio

CONSORCIO SACYR

Ing. Juan Sergio Sánchez Guando
Reg. CIP N° 59781
Especialista en Suelos y Pavimentos

CONSORCIO SACYR

CARLOS MARTÍNEZ-ALMEIDA LOPEZ
Representante Legal

MARCO ANTONIO
MORENO FLORES
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 176318



Ingenieros S.A.C.
 Calle Varadillo 149
 Urb. Mayorazgo II Etapa - Ate
 Lima - Perú
 Teléfono: 01-683-0473 / 683-0476
 E-mail: informes@jboingenieros.com

INFORME DE ENSAYO

EXPEDIENTE N° 062-2019-JBO

SOLICITANTE: CONSORCIO SACRYR
DIRECCIÓN: Cal Dwan Valdivia Nro. 148 Int. 1201 (Edif. Platinum Plaza, Torre 1) Lima - Lima
PROYECTO: Mejoramiento y Rehabilitación de la infraestructura Vial Paquete 05 - Ancash Tramo I: Emp. PE - 1NQ (Dv. Lacramarca) - La Aguada - Las Cruces - Lacramarca - Santa Ana - Outacocha - Huaylas - Emp. PE - 3N (San Diego)
REFERENCIA: Solicitud de Servicio N° 062-2019-JBO
UBICACIÓN: Ancash
FECHA DE RECEPCIÓN: Lima, 15 de abril del 2019
FECHA DE INICIO: Lima, 15 de abril del 2019

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS MTC E 204 - 2016

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN: Cartera La Torre, T-2M-1, Ar. 0.20 - 4.50 m

PRESENTACIÓN: 03 Sacos de polipropileno

CANTIDAD: 100 kg aprox.

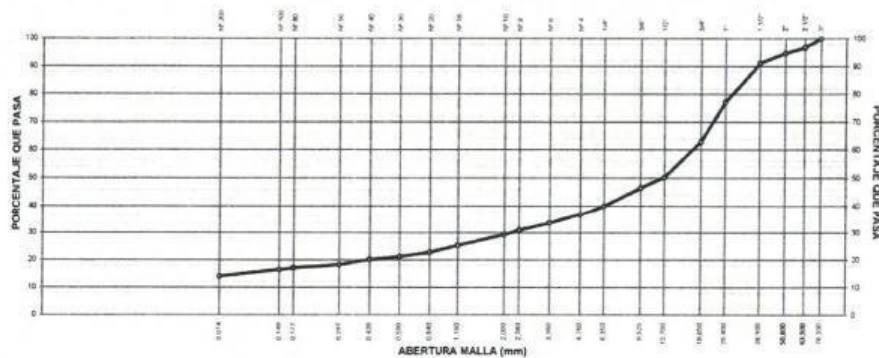
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS					
SERIE AMERICANA	MALLAS ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (g)	RETENIDO PARCIAL (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PASA (%)
3"	75.000				100.0
2 1/2"	62.500	163.6	3.2	3.2	96.8
2"	50.000	107.3	2.1	5.3	94.7
1 1/2"	37.500	178.9	3.5	8.8	91.2
1"	25.000	725.8	14.2	23.0	77.0
3/4"	19.000	720.7	14.1	37.1	62.9
1/2"	12.500	649.1	12.7	49.8	50.2
3/8"	9.500	189.1	3.7	53.5	46.5
1/4"	6.250	337.3	6.6	60.1	39.9
N° 4	4.750	168.7	3.3	63.4	36.6
N° 6	3.350	158.4	3.1	66.5	33.5
N° 8	2.360	138.0	2.7	69.2	30.8
N° 10	2.000	76.7	1.5	70.7	29.3
N° 16	1.180	209.6	4.1	74.8	25.2
N° 20	0.850	122.7	2.4	77.2	22.8
N° 30	0.600	86.9	1.7	78.9	21.1
N° 40	0.425	51.1	1.0	79.9	20.1
N° 50	0.300	97.1	1.9	81.8	18.2
N° 60	0.250	61.3	1.2	83.0	17.0
N° 100	0.150	30.7	0.6	83.6	16.4
N° 200	0.075	127.8	2.5	86.1	13.9
-200	MTC E 202	710.4	13.9	100.0	-

CARACTERIZACIÓN DEL SUELO			
Límite líquido (%)	(MTC E 110 - 2016)	:	23.0
Límite plástico (%)	(MTC E 111 - 2016)	:	15.0
Índice plástico (%)	(MTC E 111 - 2016)	:	8.0
Clasificación SUCS	(ASTM D 2487-11)	:	GC
Clasif. para el uso en vías transporte	(ASTM D 3282-09)	:	A-2-4 (0)

Descripción de la muestra: Grava arcillosa con arena

OBSERVACIONES: Muestra tomada e identificada por personal técnico de JBO Ingenieros S.A.C.

CURVA GRANULOMÉTRICA



Referencia

- NTP 400.012 / ASTM C 136: AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global.
- NTP 339.125 / ASTM D 4318: SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad de suelos.
- ASTM D 2487: Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System).
- ASTM D 3282: Standard Practice for Classification of Soils and Soil-Aggregate Mixtures for Highway Construction Purposes.
- NTP 400.018 / ASTM C 117: AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado 75 µm (N° 200) por lavado de agregados.

Equipos usados

- Balanza BAL-17: SCM LM-20051832 (20.11.18)
- Horno HOR-03: SCM LT-30031816 (10.10.18)
- Horno HOR-02: SCM LT-30031816 (30.10.18)

CONSORCIO SACRYR

CARLOS MARTÍNEZ-ALMEIDA LOPEZ
 Representante Legal

Personal:
 - Tec. EEA
 - Rev. M.M.F.

CONSORCIO SACRYR
 N° 002 (01-02-18)

Ing. Karol Wilfredo Ríos Asmat
 Reg. CIP N° 53750
 Jefe de Estudio

Fecha de emisión: Lima, 10 de mayo del 2019

El uso de la información contenida en este documento es de exclusiva responsabilidad del solicitante.

CONSORCIO SACRYR

Ing. Juan Sergio Sánchez Guando
 Reg. CIP N° 59781
 Especialista en Suelos y Pavimentos

MARCO ANTONIO
 MORENO FLORES
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 178318



Ingenieros S.A.C.
 Calle Varadero 149
 Urb. Mayorazgo II Etapa, Ate
 Lima - Perú
 Teléfono: 01-683-0473 / 683-0476
 E-mail: informes@jboingenieros.com

EXPEDIENTE N° 062-2019-JBO

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE	CONSORCIO SACYR	PROYECTO	Mejoramiento y Rehabilitación de la Infraestructura Vial Paquete 05 - Ancash
DIRECCIÓN	Caj. Dean Valdivia Nro. 148 Int. 1301 (Edif. Platinum Plaza Torre 1) Lima - Lima - San Isidro		Tramo I: Emp. PE - 11NQ (Dv. Lacramarca) - La Aguada - Las Cruces - Lacramarca - Santa Ana - Quitacocha - Huaylas - Emp. PE - 3N (San Diego)
REFERENCIA	Solicitud de Servicio N° 062-2019-JBO	UBICACIÓN	Ancash
FECHA DE RECEPCIÓN	Lima, 15 de abril del 2019	FECHA INICIO	Lima, 15 de abril del 2019

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE SUELOS

MTC E 110 - 2016

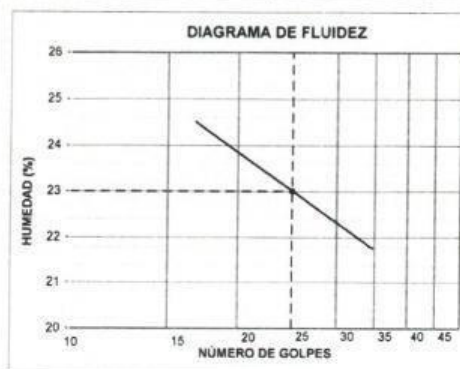
DETERMINACIÓN DEL LÍMITE PLÁSTICO (L.P.) DE LOS SUELOS E ÍNDICE DE PLASTICIDAD (I.P.)

MTC E 111 - 2016

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN	Cantera La Torre, T-2/M-1, Alt.: 0.20 - 4.50 m	PRESENTACIÓN	03 Bolsa de polietileno
DESCRIPCIÓN	Grava arcillosa con arena	CANTIDAD	02 kg aprox.

DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO				LÍMITE PLÁSTICO	
ENSAYO N°	1	2	3	4	1	2
CAPSULA N°	T129	T144	T142	T115	T38	T52
PESO CAPSULA + SUELO HÚMEDO, g	29.40	28.68	30.19	29.88	20.75	22.06
PESO CAPSULA + SUELO SECO, g	26.70	26.33	27.52	27.23	19.76	21.14
PESO AGUA, g	2.70	2.35	2.67	2.65	1.00	0.92
PESO DE LA CAPSULA, g	15.52	16.32	15.78	15.24	13.01	15.11
PESO SUELO SECO, g	11.18	10.01	11.74	11.99	5.75	6.03
CONTENIDO DE HUMEDAD, %	24.15	23.48	22.74	22.10	14.81	15.24
NÚMERO DE GOLPES	18	23	27	31		



RESULTADOS DE ENSAYOS

LÍMITE LÍQUIDO (%)	23
LÍMITE PLÁSTICO (%)	15
IND. PLASTICIDAD (%)	8

OBSERVACIONES:

- Ensayo efectuado al material pasante la malla N° 40.
 - Muestra tomada e identificada por personal técnico de JBO Ingenieros S.A.C.

Referencia:

- NTP 339.129 / ASTM D 4318: SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad de suelos.

Equipos usados:

- Balanza BAL-17: SCM LM-20051832 (20-11-18)
 - Homo HOR-02: SCM LT-30031816 (30-10-18)

Personal:

- Téc.: E.E.A.
 - Rev.: M.M.F.

CONSORCIO SACYR

CARLOS MARTÍNEZ-ALMEIDA LÓPEZ
 Representante Legal

VF-002 (01-02-18)

Fecha de emisión: Lima, 10 de mayo del 2019

El uso de la información contenida en este documento es responsabilidad del solicitante.

CONSORCIO SACYR

Ing. Karl Wilfredo Ríos Asmat
 Reg. CIP N° 53750
 Jefe de Estudio

CONSORCIO SACYR

Ing. Juan Sergio Sánchez Guano
 Reg. CIP N° 59781
 Especialista en Suelos y Pavimentos

MARC ANTONIO
 MORENO FLORES
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 176318



Ingenieros S.A.C.
 Calle Valadillo 149
 Urb. Mayorazgo II Etapa. Ate
 Lima, Perú
 Teléfono: 01-663-0473 / 663-0476
 E-mail: informes@jboingenieros.com

EXPEDIENTE N° 062-2019-JBO

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : CONSORCIO SACYR **PROYECTO :** Mejoramiento y Rehabilitación de la Infraestructura Vial Paquete 05 – Ancash Tramo I: Emp. PE – 1NQ (Dv. Lacramarca) – La Aguada – Las Cruces – Lacramarca – Santa Ana – Quitacocha – Huaylas – Emp. PE – 3N (San Diego)

DIRECCIÓN : Cal. Dean Valdivia Nro. 148 Int. 1301 (Edif. Platinum Plaza, Torre 1) Lima - Lima - San Isidro

REFERENCIA : Solicitud de Servicio N° 062-2019-JBO **UBICACIÓN :** Ancash

FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 15 de abril del 2019 **FECHA DE INICIO :** Lima, 15 de abril del 2019

MÉTODO DE ENSAYO PARA CONTENIDO DE HUMEDAD TOTAL DE LOS AGREGADOS POR SECADO MTC E 215 - 2016

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : Cantera La Torre, T-2/M-1, Alt.: 0.20 - 4.50 m **PRESENTACIÓN :** 01 Bolsa de polietileno

DESCRIPCIÓN : Grava arcillosa con arena **CANTIDAD :** 05 kg aprox.

IDENTIFICACIÓN	Cantera La Torre, T-2/M-1, Alt.: 0.20 - 4.50 m
Peso del suelo húmedo (g)	5455.6
Peso del suelo seco (g)	5111.1
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	6.74

OBSERVACIONES:

- Muestra tomada e identificada por personal técnico de JBO Ingenieros S.A.C.

REFERENCIA:

- NTP 339.185 / ASTM C 566: AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado

Equipos usados:

- Balanza BAL-17: SCM LM-20051832 (20-11-18)
 - Horno HOR-02: SCM LT-30031816 (30-10-18)

Personal:

Téc.: E.E.A.
 Rev.: M.M.F.

VF-002 (01-02-18)

Fecha de emisión: Lima, 10 de mayo del 2019

El uso de la información contenida en este documento es responsabilidad del solicitante.

CONSORCIO SACYR

CARLOS MARTÍNEZ-ALMEIDA LOPEZ
 Representante Legal

CONSORCIO SACYR

Ing. Karl Wilfredo Ríos Asmat
 Reg. CIP N° 53750
 Jefe de Estudio

CONSORCIO SACYR

Ing. Juan Sergio Sánchez Guanuco
 Reg. CIP N° 59781
 Especialista en Suelos y Pavimentos

MARCO ANTONIO
 MORENO FLORES
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 176318



Ingenieros S.A.C.
 Calle Valadillo 149
 Urb. Mayorazgo II Etapa Ate
 Lima, Perú
 Teléfono: 01-683-0473 / 683-0476
 E-mail: informes@jboingenieros.com

EXPEDIENTE N° 062-2019-JBO

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : CONSORCIO SACYR **PROYECTO** : Mejoramiento y Rehabilitación de la Infraestructura Vial Paquete 05 – Ancash Tramo I: Emp. PE – 1N (Dv. Lacramarca) – La Aguada – Las Cruces – Lacramarca – Santa Ana – Quitacocha – Huaylas – Emp. PE – 3N (San Diego)

DIRECCIÓN : Cal. Dean Valdivia Nro. 148 Int. 1301 (Edif. Platinum Plaza, Torre 1) Lima - Lima - San Isidro

REFERENCIA : Solicitud de Servicio N° 052-2019-JBO **UBICACIÓN** : Ancash

FECHA RECEPCIÓN : Lima, 15 de abril del 2019 **FECHA INICIO** : Lima, 15 de abril del 2019

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : Cantera La Torre **PRESENTACIÓN** : 03 Sacos de polipropileno

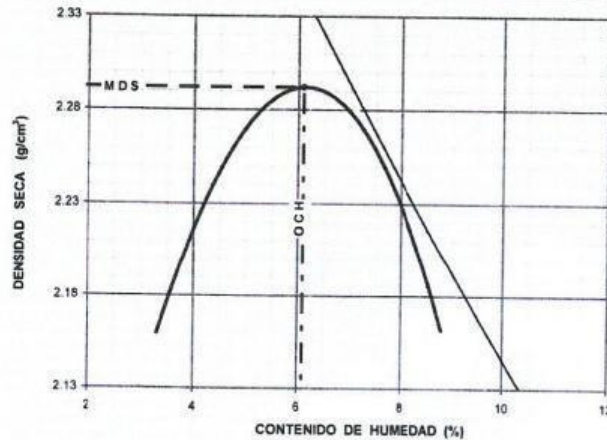
DESCRIPCIÓN : Material de Cantera **CANTIDAD** : 100 kg. aprox.

REFERENCIAS DEL CEMENTO Y ADITIVO

DOSIFICACIÓN : 0.75 litro de aditivo químico tipo Organosilanos + 1 % de cemento portland

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO (MTC E 115 - 2016)

N° de Capas	5	Altura de caída del pistón	45.72 cm	Peso del pistón	4.54 Kg	Volumen del Molde	2107 g/cm³
Energía de Compactación	Modificada	27.4 kg-cm/cm³				Número de Golpes / capa	56 Golpes
Peso Suelo Humedo + Molde	(g)	7417		7989			7747
Peso del Molde	(g)	2601		2601			2601
Peso Suelo Humedo	(g)	4816		5388			5146
Volumen del Molde	(cm³)	2107		2107			2107
Densidad Suelo Humedo	(g/cm³)	2.286		2.405			2.442
Tam N°		236	345	32	5	300	84
Peso suelo humedo + tam	(g)	405.2	306.1	359.1	483.7	405.1	395.2
Peso suelo seco + tam	(g)	362.5	300.0	343.8	463.6	384.5	374.8
Peso del agua	(g)	12.7	9.1	15.3	20.1	20.6	20.4
Peso del tam	(g)	69.7	63.8	82.3	87.7	88.2	85.8
Peso suelo seco	(g)	322.8	236.2	281.5	375.9	296.3	289.0
Contenido de Humedad	(%)	3.9	3.9	5.4	5.3	7.0	7.1
Promedio de Humedad	(%)						
Densidad del Suelo Seco	(g/cm³)	2.200		2.282		2.280	



PREPARACIÓN DE LA MUESTRA		
Serie Americana	Ret. Parc. (%)	Pasa (%)
2 1/2"		100
2"	12	86
3/4"	31	57
3/8"	16	41
N°4	10	31
<N°4	31	-
MÉTODO		"C"

MDS	2.284 g/cm³
OCH	6.2%

CONSORCIO SACYR

CARLOS MARTÍNEZ-ALMEIDA LOPEZ
 Representante Legal

OBSERVACIONES:

- Muestra tomada e identificada por personal técnico de JBO Ingenieros S.A.C.

Referencia:

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

Equipos usados:

- Balanza BAL-17: SCM LM-20111803 (20-11-18)
 - Horno HOR-02: SCM LT-08051925 (08-05-19)

Téc: E.E.A.

Rev: M.M.F.

Fecha de Emisión: Lima, 22 de mayo del 2019

El uso de la información contenida en este documento es de exclusiva responsabilidad del solicitante

CONSORCIO SACYR

Ing. Karl Wilfredo Ríos Asmat
 Reg. CIP N° 53750
 Jefe de Estudio

Ing. Juan Sergio Sánchez Guando
 Reg. CIP N° 59781
 Especialista en Suelos y Pavimentos

MAICO ANTONIO
 MORENO FLORES
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 176318



Ingenieros S.A.C.
 Calle Varadero 149
 Urb. Mayocrazgo II Etapa, Ate
 Lima, Perú
 Teléfono: 01-683-0473 / 683-0476
 E-mail: informes@jboingenieros.com

EXPEDIENTE N° 062-2019-JBO

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : CONSORCIO SACYR
PROYECTO : Mejoramiento y Rehabilitación de la Infraestructura Vial Paquete 05
 - Ancash Tramo I: Emp. PE - 1NQ (Dv. Lacramarca) - La Aguada
 - Las Cruces - Lacramarca - Santa Ana - Quilacocha - Huaylas -
 Emp. PE - 3N (San Diego)
DIRECCIÓN : Cal. Dean Valdivia Nro. 148 Int. 1301 (Edif. Platinum
 Plaza, Torre 1) Lima - Lima - San Isidro
REFERENCIA : Solicitud de Servicio N° 062-2019-JBO
UBICACIÓN : Ancash
FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 15 de abril del 2019
FECHA DE INICIO : Lima, 15 de abril del 2019

CBR DE SUELOS COMPACTADOS EN LABORATORIO (MTC E 132 - 2016)

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : Cantera La Torre
PRESENTACIÓN : 03 Sacos de polipropileno.
DOSIFICACIÓN : 0.75 l/m³ de aditivo químico tipo Organosilanos + 1 %
 de cemento portland
DESCRIPCIÓN : Material de Cantera
CANTIDAD : 100 Kg aprox.

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LA MUESTRA DE ENSAYO

Granulometría de la Muestra (MTC E 107 - MTC E 202)

Serie Americana	Ret. Parcial (%)	Pasa (%)
2"	6	94
3/4"	31	63
3/8"	16	47
N°4	10	37
N°200	21	16
< N°200	16	-

Límites de Atterberg (MTC E 110 - MTC E 111)

Límite Líquido	: 23.0 %
Índice Plástico	: 08.0 %

Clasificación de Suelos

SUCS (ASTM D-2487)	: -
Vías Transporte (ASTM D-3282)	: -

CARACTERÍSTICAS DE LOS ESPECÍMENES DE ENSAYO

Descripción	Unidad	Especimen N° 1	Especimen N° 2	Especimen N° 3
Energía de Compactación	(kg-cm/cm ³)	27.4	12.2	6.1
Densidad Seca Antes del Remojo	(g/cm ³)	2.294	2.212	2.179
Humedad de Compactación	(%)	6.2	6.2	6.2
Humedad de Penetración	(%)	6.9	7.4	8.0
Absorción	(%)	0.7	1.2	1.8
Expansión	(%)	1.97	2.92	4.08
Tiempo de Embebido	(días)	4	4	4
Sobrecarga	(kg)	4.5	4.5	4.5

RESUMEN DE RESULTADOS DE ENSAYOS

Proctor Modificado (MTC E 115 - 2016)

Método de Compactación	: C
Máxima Densidad Seca	(g/cm ³) : 2.294
Óptimo Contenido de Humedad	(%) : 6.2

C.B.R. a 2,5 mm de Penetración (MTC E 132 - 2016)

C.B.R. al 100 % de la M.D.S.	: 125.3 %
C.B.R. al 95 % de la M.D.S.	: 63.3 %

C.B.R. a 5,0 mm de Penetración (MTC E 132 - 2016)

C.B.R. al 100 % de la M.D.S.	: 145.5 %
C.B.R. al 95 % de la M.D.S.	: 72.7 %
Condiciones del Ensayo	: Embebido

OBSERVACIONES:

- Muestra tomada e identificada por personal técnico de JBO Ingenieros S.A.C.
- La muestra compactada se dejó al ambiente por 7 días, luego se saturó por 4 días, posteriormente se realizó el ensayo de penetración.
- Dosificación: 0.75 l/m³ de aditivo químico tipo Organosilanos + 1 % de cemento portland (respecto del peso del suelo seco)

REFERENCIA:

ASTM D 1883. Standard test method for CBR (California Bearing Ratio) of laboratory-compacted soils
 ASTM D 1557. Standard test methods for laboratory compaction characteristics of soil using modified effort - 55000 ft-lbf/ft³ (2700 kN-m/m³)

Equipos usados

- Balanza BAL-17. SCM LM-20111803 (20-11-18)
- Horno HOR-02. SCM LT-08051925 (08-05-19)
- Prensa CBR FMR-02. SCM LF-07051901 (07-05-19)

Personal

- Tec.: E.E.A.
- Rev.: M.M.F.

CONSORCIO SACYR

Ing. Juan Sergio Sánchez Guando

Reg. CIP N° 59781

Especialista en Suelos y Pavimentos

CONSORCIO SACYR

CARLOS MARTÍNEZ-ALMEIDA LOPEZ
 Representante Legal

MARC ANTONIO
 MORENO LÓPEZ
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 172318

Fecha de Emisión : Lima, 22 de mayo del 2019

El uso de la información contenida en este documento es de exclusiva responsabilidad del solicitante

CONSORCIO SACYR

Ing. Karl Wilfredo Ríos Asmat
 Reg. CIP N° 53750
 Jefe de Estudio



Ingenieros S.A.C.
Calle Varadero 149
Urb. Mayorazgo II Etapa Ate
Lima, Perú
Teléfono: 01-683-0473 / 683-0476
E-mail: informes@jboingenieros.com

INFORME DE ENSAYO

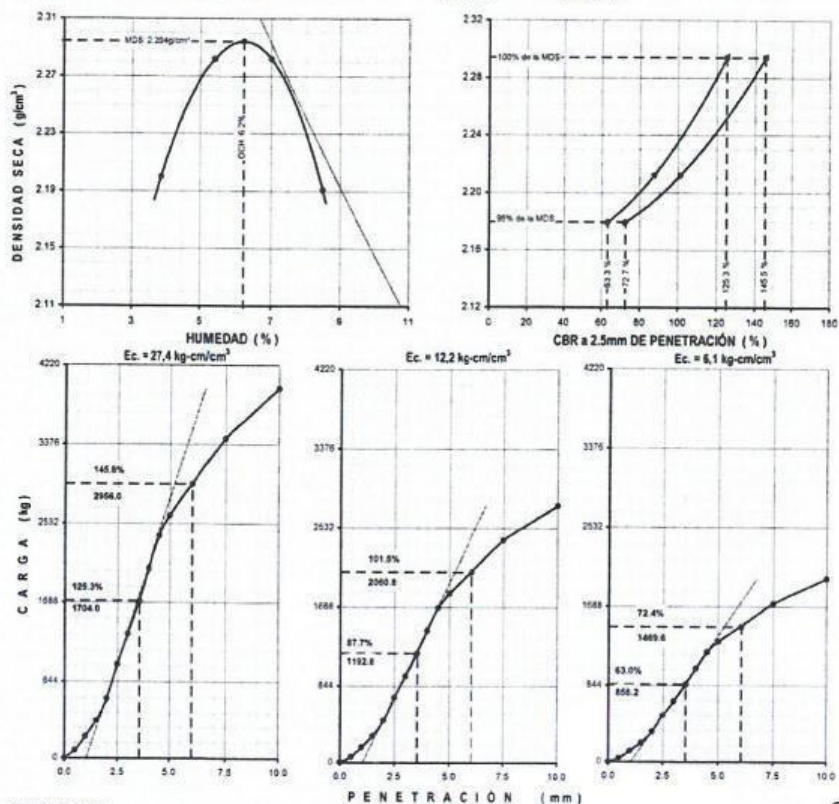
EXPEDIENTE N° 062-2019-JBO

SOLICITANTE	: CONSORCIO SACYR	PROYECTO	: Mejoramiento y Rehabilitación de la Infraestructura Vial Paquete 05 - Ancash Tramo I: Emp. PE - 1NQ (Dv. Lacramarca) - La Aguada - Las Cruces - Lacramarca - Santa Ana - Quitacocha - Huaylas - Emp. PE - 3N (San Diego)
DIRECCIÓN	: Cal Dean Valdivia Nro. 148 Int. 1301 (Edif. Platinum Plaza, Torre 1) Lima - Lima - San Isidro	UBICACIÓN	: Ancash
REFERENCIA	: Solicitud de Servicio N° 062-2019-JBO	FECHA DE INICIO	: Lima, 15 de abril del 2019
FECHA DE RECEPCIÓN	: Lima, 15 de abril del 2019		

CBR DE SUELOS COMPACTADOS EN LABORATORIO (MTC E 132 - 2016)

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN	: Cantera La Torre	PRESENTACIÓN	: 03 Sacos de polipropileno
DOSIFICACIÓN	: 0.75 lit/3 de aditivo químico tipo Organo silanos + 1 % de cemento Portland		
DESCRIPCIÓN	: Material de Cantera	CANTIDAD	: 100 kg aprox.



OBSERVACIONES:

- Muestra tomada e identificada por personal técnico de JBO Ingenieros S.A.C.
- La muestra compactada se dejó al ambiente por 7 días, luego se saturó por 4 días, posteriormente se realizó el ensayo de penetración.

Referencia

ASTM D 1583: Standard test method for CBR (California Bearing Ratio) of laboratory-compacted soils

ASTM D 1557: Standard test methods for laboratory compaction characteristics of soil using modified effort - 56000 ft-lb/ft³ (2700 kN-m/m³)

Fecha de Emisión: Lima, 22 de mayo del 2019

El uso de la información contenida en este documento es de exclusiva responsabilidad del solicitante

CONSORCIO SACYR

CARLOS MARTÍNEZ ZALMEIDA LÓPEZ
Representante Legal

MARCO ANTONIO
MORENO FLORES
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 176318

CONSORCIO SACYR

Ing. Karol Wilfredo Ríos Asmat
Reg. CIP N° 53750
Jefe de Estudio

CONSORCIO SACYR

Ing. Juan Sergio Sánchez Guando
Reg. CIP N° 59781
Especialista en Suelos y Pavimentos

MARCO ANTONIO
MORENO FLORES
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 176318

EXPEDIENTE N° 062-2019-JBO

EFICADO (MTC E 115 - 2016)

[illegible]

Balanza BAL-17 SCM LM-20111803 (20-11-18)
Horno HOR-02 SCMLT-08051925 (08-05-19)
Prensa CBR PMR-02 SCM LF-07051901 (07-05-19)

El uso de la información contenida en este documento es de exclusiva responsabilidad del solicitante

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : CONSORCIO SACYR **PROYECTO** : Mejoramiento y Rehabilitación de la Infraestructura Vial Paquete 05 – Ancash Tramo I: Emp. PE – 1NQ (Dv. Lacramarca) – La Aguada – Las Cruces – Lacramarca – Santa Ana – Quilacocha – Huaylas – Emp. PE – 3N (San Diego)

DIRECCIÓN : Cal. Dean Valdivia Nro. 148 Int. 1301 (Edif. Platinum Plaza, Torre 1) Lima - Lima - San Isidro

REFERENCIA : Solicitud de Servicio N° 200-2021-JBO **UBICACIÓN** : Ancash

FECHA RECEPCIÓN : Lima, 15 de Abril del 2019 **FECHA INICIO** : Lima, 15 de Abril del 2019

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

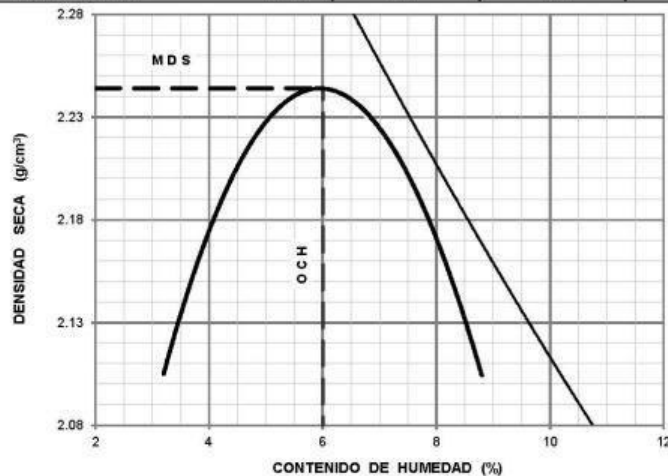
IDENTIFICACIÓN : Cantera La Torre **PRESENTACIÓN** : 03 Sacos de polipropileno

DOSIFICACIÓN : 0.35 kg/m³ (Aditivo Aceite Sulfonado) + 1% Cemento

DESCRIPCIÓN : Material de Cantera **CANTIDAD** : 100 kg. aprox.

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO (MTC E 115 - 2016)

N° de Capas :	5	Altura de cada del pañón :	45.72 cm	Peso del pañón :	4.54 Kg	Volumen del Molde :	2120 g/cm ³
Energía de Compactación Modificada	27.4 kg-cm/cm ²				Número de Golpes / capa : 56 Golpes		
Peso Suelo Humedo + Molde (g)	7330	7562	7653	7519			
Peso del Molde (g)	2601	2601	2601	2601			
Peso Suelo Humedo (g)	4729	4961	5052	4918			
Volumen del Molde (cm ³)	2120	2120	2120	2120			
Densidad Suelo Humedo (g/cm ³)	2.231	2.350	2.383	2.330			
Tarro N°	34	105	90	262	34	56	466
Peso suelo humedo + tarro (g)	302.4	477.4	384.1	453.4	445.6	344.2	469.7
Peso suelo seco + tarro (g)	294.3	462.8	368.4	472.4	422.4	326.5	438.6
Peso del agua (g)	8.1	14.6	15.7	21.0	23.2	17.7	31.1
Peso del tarro (g)	77.7	63.1	69.9	64.1	79.0	67.6	66.7
Peso suelo seco (g)	216.6	399.7	298.5	408.3	343.4	258.9	372.4
Contenido de Humedad (%)	3.7	3.7	5.3	5.1	6.8	6.8	8.4
Promedio de Humedad (%)	3.7	3.7	5.2	5.2	6.8	6.8	8.4
Densidad del Suelo Seco (g/cm ³)	2.151	2.234	2.231	2.140			



PREPARACIÓN DE LA MUESTRA		
Serie Americana	Ret. Parc. (%)	Pasa (%)
2 1/2"		100
2"	6	94
3/4"	31	63
3/8"	16	47
N°4	10	37
<N°4	37	
MÉTODO		"C"
MDS	2.244 g/cm³	
OCH	5.9%	

OBSERVACIONES:

Muestra tomada e identificada por personal técnico de JBO Ingenieros S.A.C.

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

Téc.: EEA

Rev.: MMF

Fecha de Emisión : Lima, 22 de Junio del 2019

El uso de la información contenida en este documento es de exclusiva responsabilidad del solicitante

Equipos usados:

- Balanza BAL-17: SCM LM-20111803 (20-11-18)
- Horno HOR-02: SCM LT-08051925 (08-05-19)

[Firma]
MARCO ANTONIO MORENO FLORES
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 176315

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : CONSORCIO SACYR PROYECTO : Mejoramiento y Rehabilitación de la Infraestructura Vial Paquete 05
DIRECCIÓN : Cal. Dean Valdivia Nro. 148 Int. 1301 (Edif. Platinum Plaza, Torre 1) Lima - Lima - San Isidro - Ancash Tramo I: Emp. PE – 1NQ (Dv. Lacramarca) – La Aguada – Las Cruces – Lacramarca – Santa Ana – Quitacocha – Huaylas – Emp. PE – 3N (San Diego)
REFERENCIA : Solicitud de Servicio N° 200-2021-JBO UBICACIÓN : Ancash
FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 15 de Abril del 2019 FECHA DE INICIO : Lima, 15 de Abril del 2019

CBR DE SUELOS COMPACTADOS EN LABORATORIO (MTC E 132 - 2016)**REFERENCIAS DE LA MUESTRA**

IDENTIFICACIÓN : Cantera La Torre PRESENTACIÓN : 03 Sacos de polipropileno.
DOSIFICACIÓN : 0.35 kg/m³ (Aditivo Aceite Sulfonado) + 1% Cemento
DESCRIPCIÓN : Material de Cantera CANTIDAD : 100 Kg aprox.

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LA MUESTRA DE ENSAYO**Granulometría de la Muestra (MTC E 107 - MTC E 202)**

Serie Americana	Ret. Parcial (%)	Pasa (%)
2"	6	94
3/4"	31	63
3/8"	16	47
N°4	10	37
N°200	21	16
< N°200	16	

Limites de Atterberg (MTC E 110 - MTC E 111)

Límite Líquido	: 23.0 %
Índice Plástico	: 08.0 %

Clasificación de Suelos

SUCS (ASTM D-2487)	: --
Vías Transporte (ASTM D-3282)	: --

CARACTERÍSTICAS DE LOS ESPECÍMENES DE ENSAYO

Descripción		Especimen N° 1	Especimen N° 2	Especimen N° 3
Energía de Compactación	(kg-cm/cm ²)	27.4	12.2	6.1
Densidad Seca Antes del Remojo	(g/cm ³)	2.247	2.167	2.135
Humedad de Compactación	(%)	5.9	5.9	6.0
Humedad de Penetración	(%)	6.2	6.3	6.5
Absorción	(%)	0.3	0.4	0.5
Expansión	(%)	S/E	S/E	S/E
Tiempo de Embebido	(días)	4	4	4
Sobrecarga	(kg)	4.5	4.5	4.5

RESUMEN DE RESULTADOS DE ENSAYOS**Proctor Modificado (MTC E 115 - 2016)**

Método de Compactación	: C
Máxima Densidad Seca	(g/cm ³) : 2.244
Óptimo Contenido de Humedad	(%) : 5.9

C.B.R. a 2,5 mm de Penetración (MTC E 132 - 2016)

C.B.R. al 100 % de la M.D.S.	: 120.4 %
C.B.R. al 95 % de la M.D.S.	: 50.9 %

C.B.R. a 5,0 mm de Penetración (MTC E 132 - 2016)

C.B.R. al 100 % de la M.D.S.	: 137.4 %
C.B.R. al 95 % de la M.D.S.	: 62.7 %
Condiciones del Ensayo	: Embebido

OBSERVACIONES :

- Muestra tomada e identificada por personal técnico de JBO Ingenieros S.A.C.
- La muestra compactada se dejó al ambiente por 7 días, luego se saturó por 4 días, posteriormente se realizó el ensayo de penetración.
- Dosificación: 0.35 kg/m³ (Aditivo Aceite Sulfonado) + 1% Cemento (respecto al peso del suelo seco)

REFERENCIA :

- ASTM D 1557: Standard test method for CBR (California Bearing Ratio) of laboratory-compacted soils
- ASTM D 1557: Standard test method for laboratory compaction characteristics of soil using modified effort - 56000 ft-lbf/m² (2700 kN-m/m²)

Equipos usados:

- Balanza BAL-17: SCMLA 20111803 (20-11-18)
- Horno HCR-02: SCMLT-09051925 (06-05-19)
- Presión CBR PMR-02: SCMLF-07051901 (07-05-19)

Personal:

- Téc.: E.E.A
- Rev.: M.M.F


WILDMOR FLORES
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 176315

Fecha de Emisión: Lima, 22 de Junio del 2019

El uso de la información contenida en este documento es de exclusiva responsabilidad del solicitante.

INFORME DE ENSAYO

EXPEDIENTE N° 200-2021-JBO

SOLICITANTE : CONSORCIO SACYR
DIRECCIÓN : Cal Dean Valdivia Nro. 148 Int. 1301 (Edif
Platinum Plaza, Torre 1) Lima - Lima - San Isidro
PROYECTO : Mejoramiento y Rehabilitación de la Infraestructura Vial
Paquete 05 – Ancash Tramo I: Emp. PE – 1NQ (Dv.
Lacramarca) – La Aguada – Las Cruces – Lacramarca –
Santa Ana – Quitacocha – Huaylas – Emp. PE – 3N (San
Diego)

REFERENCIA : Solicitud de Servicio N° 200-2021-JBO
FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 15 de Abril del 2019
UBICACIÓN : Ancash
FECHA DE INICIO : Lima, 15 de Abril del 2019

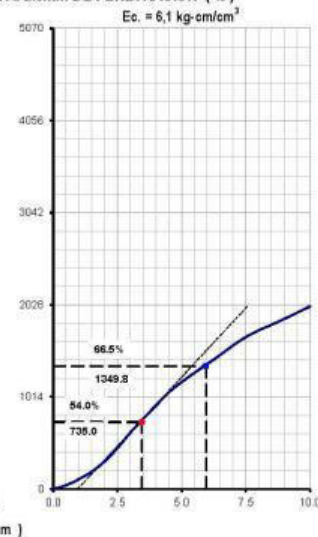
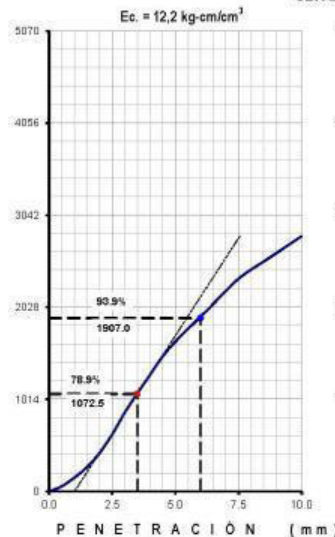
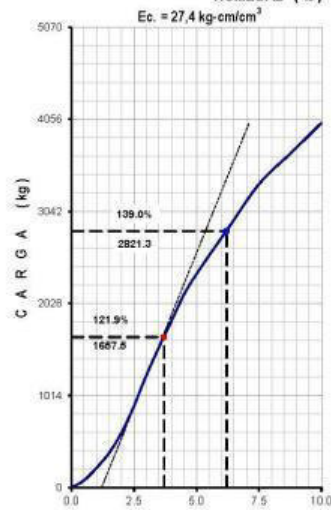
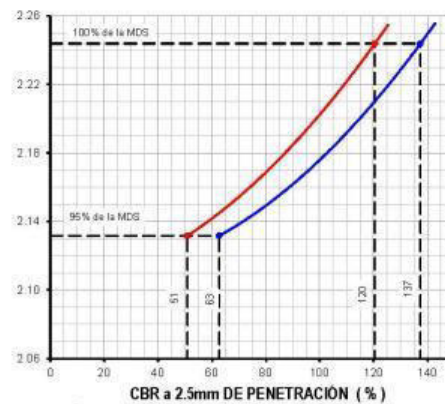
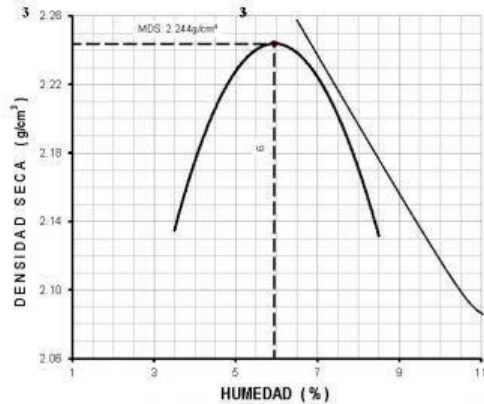
CBR DE SUELOS COMPACTADOS EN LABORATORIO (MTC E 132 - 2016)

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : Cantera La Torre
DOSIFICACIÓN : 0.35 kg/m³ (Aditivo Aceite Sulfonado) + 1%
DESCRIPCIÓN : Material de Cantera

PRESENTACIÓN : 03 Sacos de polipropileno

CANTIDAD : 100 kg aprox.



OBSERVACIONES:

- Muestra tomada e identificada por personal técnico de JBO Ingenieros S.A.C.
- La muestra compactada se dejó al ambiente por 7 días, luego se saturó por 4 días, posteriormente se realizó el ensayo de penetración.
- Dosificación: 0.35 kg/m³ (Aditivo Aceite Sulfonado) + 1% Cemento (respecto del peso del suelo seco)

Referencia:

- ASTM D 1557: Standard test method for CBR (California Bearing Ratio) of laboratory-compacted soils
- ASTM D 1557: Standard test methods for laboratory compaction characteristics of soil using modified effort - 56000 ft-lb/ft³ (2700 kN-m/m³)

VF: 001 (10-11-17)

Fecha de Emisión : Lima, 22 de Junio del 2019

El uso de la información contenida en este documento es de exclusiva responsabilidad del solicitante

Equipos usados:

- Balanza BAL-17: SCMLM-20111803 (20-11-18)
- Horno HOR-02: SCMLT-08061905 (08-05-19)
- Prensa CBR PMR-02: SCMLF-07051901 (07-05-19)

Manuel Antonio
MANUEL ANTONIO
MORENO FLORES
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 176315



Ingenieros S.A.C.
Calle Valladolid 149
Urb. Mayorazgo II Etapa, Ate
Lima, Perú
Teléfono 01-683-0473 / 683-0475
E-mail: inform@ingenieros.com

INFORME DE ENSAYO

EXPEDIENTE N° 200-2021-JBO

SOLICITANTE : CONSORCIO SACVR
DIRECCIÓN : Cal Dean Valdivia Nro. 148 Int. 1301 (Edif. Platinum Plaza, Torre 1) Lima -
Lima - San Isidro
REFERENCIA : Solicitud de Servicio N° 200-2021-JBO
FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 15 de Abril del 2019

PROYECTO
UBICACIÓN : Ancash
FECHA DE INICIO : Lima, 15 de Abril del 2019

MEJORAMIENTO Y REHABILITACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA VIAL PAQUETE 05 - Ancash
Tramo I: Emp. PE - 1NQ (Dx. Lacramarca) - La Aguada - Las Cruces -
Lacramarca - Santa Ana - Quilacocha - Huaylas - Emp. PE - 3N (San Diego)

PRESENTACIÓN : 03 Sacos de polipropileno.
CANTIDAD : 100 kg aprox.

IDENTIFICACIÓN : Cantera La Torre
DOSIFICACIÓN : 0.35 kg/m³ (Aditivo Aceite Sulfonado) + 1% Cemento
DESCRIPCIÓN : Material de Cantera

PROCTOR MODIFICADO (MTC E115 - 2016)									
MÉTODO DE COMPACTACIÓN									
VOLUMEN MÁXIMO	54	54	54	54	54	54	54	54	54
N° DE MUESTRAS	54	54	54	54	54	54	54	54	54
P. MÁXIMO - S. HÍMERO	72300	72300	72300	72300	72300	72300	72300	72300	72300
P. MÁXIMO - S. HÍMERO	26010	26010	26010	26010	26010	26010	26010	26010	26010
P. MÁXIMO - S. HÍMERO	42900	42900	42900	42900	42900	42900	42900	42900	42900
N° TAPAS	34	34	34	34	34	34	34	34	34
P. TAPAS - S. HÍMERO	3024	3024	3024	3024	3024	3024	3024	3024	3024
P. TAPAS - S. HÍMERO	2943	2943	2943	2943	2943	2943	2943	2943	2943
P. TAPAS - S. HÍMERO	81	81	81	81	81	81	81	81	81
P. TAPAS - S. HÍMERO	717	717	717	717	717	717	717	717	717
P. TAPAS - S. HÍMERO	2166	2166	2166	2166	2166	2166	2166	2166	2166
P. TAPAS - S. HÍMERO	37	37	37	37	37	37	37	37	37
DENSIDAD MÁXIMA	2.231	2.231	2.231	2.231	2.231	2.231	2.231	2.231	2.231
DENSIDAD DE AGUA	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
ABSORCIÓN									
N° MUESTRAS	111	111	111	111	111	111	111	111	111
P. MÁXIMO - S. HÍMERO	12344	12344	12344	12344	12344	12344	12344	12344	12344
P. MÁXIMO - S. HÍMERO	704	704	704	704	704	704	704	704	704
P. MÁXIMO - S. HÍMERO	5181	5181	5181	5181	5181	5181	5181	5181	5181
P. MÁXIMO - S. HÍMERO	5166	5166	5166	5166	5166	5166	5166	5166	5166
P. MÁXIMO - S. HÍMERO	10	10	10	10	10	10	10	10	10
P. MÁXIMO - S. HÍMERO	4075	4075	4075	4075	4075	4075	4075	4075	4075
ABSORCIÓN DE AGUA	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
EXPANSIÓN									
N° MUESTRAS	111	111	111	111	111	111	111	111	111
P. MÁXIMO - S. HÍMERO	12344	12344	12344	12344	12344	12344	12344	12344	12344
P. MÁXIMO - S. HÍMERO	704	704	704	704	704	704	704	704	704
P. MÁXIMO - S. HÍMERO	5181	5181	5181	5181	5181	5181	5181	5181	5181
P. MÁXIMO - S. HÍMERO	5166	5166	5166	5166	5166	5166	5166	5166	5166
P. MÁXIMO - S. HÍMERO	10	10	10	10	10	10	10	10	10
P. MÁXIMO - S. HÍMERO	4075	4075	4075	4075	4075	4075	4075	4075	4075
EXPANSIÓN (%)	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
RESUMEN DE RESULTADOS DE ENSAYOS									
MUESTRA DE AGUA									
N° MUESTRAS	111	111	111	111	111	111	111	111	111
P. MÁXIMO - S. HÍMERO	12344	12344	12344	12344	12344	12344	12344	12344	12344
P. MÁXIMO - S. HÍMERO	704	704	704	704	704	704	704	704	704
P. MÁXIMO - S. HÍMERO	5181	5181	5181	5181	5181	5181	5181	5181	5181
P. MÁXIMO - S. HÍMERO	5166	5166	5166	5166	5166	5166	5166	5166	5166
P. MÁXIMO - S. HÍMERO	10	10	10	10	10	10	10	10	10
P. MÁXIMO - S. HÍMERO	4075	4075	4075	4075	4075	4075	4075	4075	4075
EXPANSIÓN (%)	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30

Observaciones:
- Muestra tomada e identificada por personal técnico de JBO Ingenieros S.A.C.
- La muestra compactada se dejó al ambiente por 7 días, luego se agitó por 4 días, posteriormente se realizó el ensayo de penetración.
- Dosificación (0.35 kg/m³) (Aditivo Aceite Sulfonado) + 1% Cemento (respecto del peso del suelo seco)

Referencias:
- ASTM D 1585 Standard test method for CBR (California Bearing Ratio) of laboratory compacted soils
- ASTM D 1557 Standard test method for laboratory compaction characteristics of soil using modified effort - 5000 lbf-ft (2700 N-m)

Equipos usados:
- Balanza BAL-57 SOM (LM2011803 00-11-18)
- Humo HPR-02 SOM (LT-0805025 06-05-19)
- Prensa CBR PWR-02 SOM (LF-07051001 07-05-19)

Personal:
- Tac: E.E.A.
- Rvw: M.M.F.

INGENIEROS S.A.C.
MAYORCERÍA
INGENIEROS CIVILES
RUC: CIP 176315

Fecha de Emisión: Lima, 22 de Junio del 2019
El uso de la información contenida en este documento es de exclusiva responsabilidad del solicitante.



Ingenieros S.A.C.
Calle Valladolid 149
Urb. Maypazgo II Etapa, Ate
Lima, Perú
Teléfono: 01-683-0473 / 683-0476
E-mail: informes@jboingenieros.com

INFORME DE ENSAYO

EXPEDIENTE N° 062-2019-JBO

SOLICITANTE : CONSORCIO SACYR

PROYECTO

Mejoramiento y Rehabilitación de la Infraestructura Vial Paquete 05 - Ancash Tramo I: Emp. PE - 1NQ (Dv. Llacmarica) - La Aguada - Las Cruces - Llacmarica - Santa Ana - Quitocho - Huaylas - Emp. PE - 3N (San Diego)

DIRECCIÓN : Cal Dean Valdivia Nro. 148 Int. 1301 (Edif. Platinum Plaza, Torre 1) Lima - Lima - San Isidro

REFERENCIA : Solicitud de Servicio N° 062-2019-JBO

UBICACIÓN

Ancash

FECHA RECEPCIÓN : Lima, 15 de abril del 2019

FECHA INICIO

Lima, 15 de abril del 2019

REFERENCIAS DE LA MUESTRA DE SUELO

IDENTIFICACIÓN : Cantera Torre

PRESENTACIÓN

03 Sacos de polipropileno

DESCRIPCIÓN : Grava arcillosa con arena

CANTIDAD

100 kg. aprox.

REFERENCIAS DEL CEMENTO Y ADITIVO

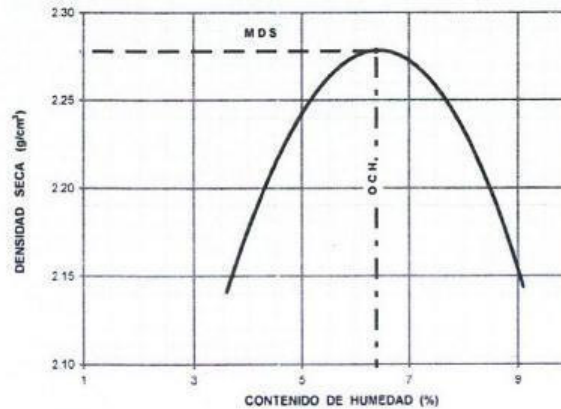
IDENTIFICACIÓN : Cemento Sol Tipo I

DOSIFICACIÓN

3% respecto del peso de suelo seco

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO (ASTM D-1557)

N° de Capas	5	Altura de caída del pistón	45.72 cm	Peso del pistón	4.54 kg	Volumen del Molde	2123 cm³
Energía de Compactación	Modificada	27.4 kg-cm/cm²				Número de Golpes / capa	56 Golpes
Peso Suelo Humedo + Molde	(g)	7855		7925		7997	7859
Peso del Molde	(g)	2630		2630		2630	2630
Peso Suelo Humedo	(g)	4836		5095		5167	5029
Volumen del Molde	(cm³)	2123		2123		2123	2123
Densidad Suelo Humedo	(g/cm³)	2.278		2.400		2.434	2.369
Tam N°		385	475	10	287	308	275
Peso suelo humedo + taro	(g)	322.8	374.4	486.6	433.7	416.1	466.9
Peso suelo seco + taro	(g)	312.6	362.3	445.2	414.2	392.2	458.8
Peso del agua	(g)	10.2	11.5	21.4	19.5	23.9	27.2
Peso del taro	(g)	71.5	84.7	73.2	89.8	82.9	88.8
Peso suelo seco	(g)	241.1	278.2	372.0	344.4	329.3	370.0
Contenido de Humedad	(%)	4.2	4.1	5.8	5.7	7.4	7.4
Promedio de Humedad	(%)						8.9
Densidad del Suelo Seco	(g/cm³)	2.186		2.268		2.266	2.175



Serie Americana	Ret. Parc. (%)	Pasa (%)
2 1/2"	100	100
2"	18	82
3/4"	15	67
3/8"	10	57
N°4	12	45
<N°4	45	-
MÉTODO		
C°		

MDS	2.278 g/cm³
OCH	6.4%

OBSERVACIONES

- Muestra tomada e identificada por personal técnico de JBO Ingenieros S.A.C.
- Para las relaciones de Humedad - Densidad, se ha empleado el método "B" (MTC E 1102)
- Testigos elaborados con 3% de cemento respecto del peso seco del suelo.

Referencia:

- ASTM D - 1532 : Standard Practice for Making and Curing Soil-Cement Compression and Flexure Test Specimens in the Laboratory (Withdrawn 2016)
- ASTM D - 558 : Standard Test Methods for Moisture-Density (Unit Weight) Relations of Soil-Cement Mixtures
- ASTM D - 698 : Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Standard Effort (12 400 psi-lbf/ft²)

Personal Técnico

Téc.: E.E.A.

Rev.: M.M.F.

Equipos usados:

- Balanza JBO-102-BAL-01: SCM LM-9051904 (09-05-19)
- Horno JBO-102-HOR-01: SCM LT-1051916 (11-05-19)

CONSORCIO SACYR

CARLOS MARTÍNEZ ALMEIDA LOPEZ
Representante Legal

CONSORCIO SACYR

Ing. Karol Wilfredo Ríos Asmat
Reg. CIP N° 53750
Jefe de Estudio

Fecha de Emisión: Lima, 10 de mayo del 2019

El uso de la información contenida en este documento es de exclusiva responsabilidad del solicitante

CONSORCIO SACYR

Ing. Juan Sergio Sánchez Guando
Reg. CIP N° 59781
Especialista en Suelos y Pavimentos

MARCIA TORO
MORENO FLORES
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 176318



Ingenieros S.A.C.
Calle Valladolid 149
Urb. Mayrazgo II Etapa, Ate
Lima, Perú
Teléfono: 01-683-0473 / 683-0476
E-mail: informes@jboingenieros.com

EXPEDIENTE N° 062-2019-JBO

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : CONSORCIO SACYR PROYECTO : Mejoramiento y Rehabilitación de la Infraestructura Vial Paquete 05 - Ancash Tramo I: Emp. PE - 1NQ (Dv. Lacramarca) - La Aguada - Las Cruces - Lacramarca - Santa Ana - Quitacocha - Huaylas - Emp. PE - 3N (San Diego)

DIRECCIÓN : Cal. Dean Valdivia Nro. 148 Int. 1301 (Edif. Platinum Plaza, Torre 1) Lima - Lima - San Isidro

REFERENCIA : Solicitud de Servicio N° 062-2019-JBO UBICACIÓN : Ancash

FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 15 de abril del 2019 FECHA DE ENSAYO : 17 de mayo del 2019

REFERENCIAS DE LA MUESTRA DE SUELO

IDENTIFICACIÓN : Cantera Torre PRESENTACIÓN : 03 Sacos de polipropileno

DESCRIPCIÓN : Grava arcillosa con arena CANTIDAD : 100 kg. aprox.

REFERENCIAS DEL CEMENTO

IDENTIFICACIÓN : Cemento Sol, Tipo I DOSIFICACIÓN : 3% respecto del peso de suelo seco

RESISTENCIA A LA COMPRESION DE PROBETAS DE SUELO-CEMENTO MTC E 1103 - 2016

DENOMINACIÓN	FECHA DE ENSAYO	EDAD (días)	DIÁMETRO (cm)	ALTURA (cm)	ÁREA DE SECCIÓN TRANSVERSAL (cm ²)	CARGA DE ROTURA (kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (kg/cm ²)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PROMEDIO (kg/cm ²)
Testigo N° 1	17/05/2019	7	10.0	11.60	78.5	2,424.0	30.9	30.9
Testigo N° 2	17/05/2019	7	10.2	11.61	81.7	2,583.0	31.5	
Testigo N° 3	17/05/2019	7	10.1	11.60	80.1	2,420.0	30.2	

OBSERVACIONES :

- Muestra tomada e identificada por personal técnico de JBO Ingenieros S.A.C.
- Mezcla elaborada con Cemento Sol, Tipo I, 3% respecto del peso de suelo seco
- El curado fue realizado en húmedo durante 7 días, seguidamente se sumergió en agua durante 4 horas y finalmente fue sometido a compresión simple.

Referencia:

- ASTM D - 1632 : Standard Practice for Making and Curing Soil-Cement Compression and Flexure Test Specimens in the Laboratory (Withdrawn 2016)
- ASTM D - 558 : Standard Test Methods for Moisture-Density (Unit Weight) Relations of Soil-Cement Mixtures
- ASTM D - 698 : Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Standard Effort (12 400 pie-lbf/ft³)
- ASTM D - 1633 : Standard test method for compressive strength of molded soil-cement cylinders

Personal Técnico

Téc.: E.E.A.

Rev.: M.M.F.

Equipos usados:

- Balanza JBO-102-BAL-01: SCM LM-09051904 (09/05/19)
- Prensa de Concreto JBO-101-PCO-02: SCM LF-08051905 (08/05/19)

Fecha de Emisión : Lima, 18 de mayo del 2019

El uso de la información contenida en este documento es de exclusiva responsabilidad del solicitante.

CONSORCIO SACYR
CARLOS MARTÍNEZ ALMEIDA LOPEZ
Representante Legal

CONSORCIO SACYR

Ing. Karol Wilfredo Ríos Asmat
Reg. CIP N° 53750
Jefe de Estudio

CONSORCIO SACYR

Ing. Juan Sergio Sánchez Guando
Reg. CIP N° 50761
Especialista en Suelos y Pavimentos

Ing. TONY MORENO FLORES
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 176318



Ingenieros S.A.C.
Calle Valladolid 149
Urb. Mayorazgo II Etapa, Are
Lima, Perú
Teléfono: 01-683-0473 / 683-0476
E-mail: informes@jboingenieros.com

EXPEDIENTE N° 062-2019-JBO

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : CONSORCIO SACYR PROYECTO : Mejoramiento y Rehabilitación de la Infraestructura
Vial Paquete 05 - Ancash Tramo I: Emp. PE -
1NQ (Dv. Lacramarca) - La Aguada - Las Cruces
- Lacramarca - Santa Ana - Quitacocha -
Huaylas - Emp. PE - 3N (San Diego)

DIRECCIÓN : Cal Dean Valdivia Nro. 148 Int. 1301 (Edif Platinum Plaza, Torre
1) Lima - Lima - San Isidro

REFERENCIA : Solicitud de Servicio N° 062-2018-JBO UBICACIÓN : Ancash

FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 15 de abril del 2019 FECHA DE ENSAYO : Lima, 15 de abril del 2019

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : Cantera Torre

DESCRIPCIÓN : Probetas cilíndricas de suelo-cemento

HUMEDECIMIENTO Y SECADO DE MEZCLAS DE SUELO-CEMENTO COMPACTADAS MTC E 1104 - 2016

DATOS DE PREPARACIÓN

SUELO	PREPARACIÓN	ALMACENAMIENTO EN LA CÁMARA HÚMEDA POR 7 DÍAS
Tamaño Máximo : 3/4	Óptimo Contenido Humedad Diseño : 6.4 %	Contenido de Humedad inicial : 11.0 %
Método de Ensayo : B	Peso Unitario Máximo Diseño : 2424 kg/m ³	Peso Unitario inicial : 2551 kg/m ³
	Contenido Cemento Diseño : 3.0 %	

RESULTADOS DEL HUMEDECIMIENTO - SECADO

N° CICLO	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	PÉRDIDA DE VOLUMEN (%)	PÉRDIDA DE PESO (%)
1	11.10	0.00	7.5
2	7.10	1.99	4.8
3	7.17	4.80	5.8
4	7.24	4.80	6.8
5	7.32	7.55	7.9
6	7.39	7.55	8.9
7	7.47	10.24	9.9
8	7.54	10.24	10.9
9	7.62	13.07	11.9
10	7.70	13.07	13.0
11	7.79	13.07	14.0
12	7.87	13.07	15.0

RESULTADOS FINALES

MÁXIMA PÉRDIDA DE VOLUMEN	13.1 %
MÁXIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	11.1 %
PÉRDIDA EN PESO DE SUELO-CEMENTO	15.0 %

OBSERVACIONES :

- Muestras de suelo-cemento moldeadas de acuerdo a MTC E 1101 - 2016
- Testigos elaborados con 3% de cemento respecto del peso seco del suelo.
- La dosificación de cemento Portland está en relación al peso del suelo seco.
- Los contenidos de humedades del humedecimiento - secado se calculan con el peso húmedo de cada ciclo con el peso seco de un ciclo anterior.

Referencia:

ASTM D 1632-07 Standard practice for making and curing soil-cement compression and flexure test specimen in the laboratory
ASTM D 1633-00 Standard test method for compressive strength of molded soil-cement cylinders

Téc: EEA
Rev: MMF

Fecha de Emisión : Lima, 10 de junio del 2019

El uso de la información contenida en este documento es de exclusiva responsabilidad del solicitante.

CONSORCIO SACYR

Ing. Karl Wilfredo Ríos Asmat
Reg. CIP N° 53750
Jefe de Estudio

CONSORCIO SACYR

Ing. Juan Sergio Sánchez Guano
Reg. CIP N° 59781
Especialista en Suelos y Pavimentos

CONSORCIO SACYR

CARLOS MARTÍNEZ ALMEIDA LOPEZ
Representante Legal

MARC MORENO FLORES
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 170318



Ingenieros S.A.C.
Calle Valladolid 149
Urb. Mayorazgo II Etapa, Ate
Lima, Perú
Teléfono: 01-683-0473 / 683-0476
E-mail: informes@boingenieros.com

EXPEDIENTE N° 062-2019-JBO

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : CONSORCIO SACRYR **PROYECTO :** Mejoramiento y Rehabilitación de la Infraestructura Vial Paquete 05 - Ancash Tramo I: Emp. PE - 1NQ (Dv. Lacramarca) - La Aguada - Las Cruces - Lacramarca - Santa Ana - Quitacocha - Huaylas - Emp. PE - 3N (San Diego)

DIRECCIÓN : Cal Dean Valdivia Nro. 148 Int. 1301 (Edif. Platinum Plaza, Torre 1) Lima - Lima - San Isidro

REFERENCIA : Solicitud de Servicio N° 062-2018-JBO **UBICACIÓN :** Ancash

FECHA RECEPCIÓN : Lima, 15 de abril del 2019 **FECHA INICIO :** Lima, 15 de abril del 2019

REFERENCIAS DE LA MUESTRA DE SUELO

IDENTIFICACIÓN : Cantera Torre **PRESENTACIÓN :** 03 Sacos de polipropileno

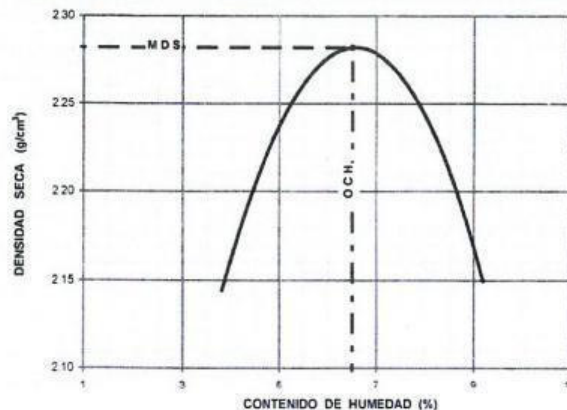
DESCRIPCIÓN : Grava arcillosa con arena **CANTIDAD :** 100 kg. aprox.

REFERENCIAS DEL CEMENTO Y ADITIVO

IDENTIFICACIÓN : Cemento Sol, Tipo I **DOSIFICACIÓN :** 5% respecto del peso de suelo seco

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO (ASTM D-1557)

N° de Capas:	5	Altura de caída del pistón:	45.72 cm	Peso del pistón:	4.54 kg	Volumen del Molde:	2123 cm³
Energía de Compactación Modificada:		27.4 kg-cm/m²				Número de Golpes / capa:	96 Golpes
Peso Suelo Humedo + Molde	(g)	7679		7934		8007	7868
Peso del Molde	(g)	2630		2630		2630	2630
Peso Suelo Humedo	(g)	4849		5104		5177	5038
Volumen del Molde	(cm³)	2123		2123		2123	2123
Densidad Suelo Humedo	(g/cm³)	2.284		2.404		2.439	2.373
Tarro N°		370	477	66	198	39	308
Peso suelo humedo + tarro	(g)	484.2	326.9	301.6	377.7	465.9	441.5
Peso suelo seco + tarro	(g)	467.5	315.5	288.9	361.3	438.7	416.2
Peso del agua	(g)	16.7	10.5	12.7	16.4	27.2	25.3
Peso del tarro	(g)	82.9	67.7	71.7	76.9	68.3	76.9
Peso suelo seco	(g)	384.6	247.8	217.2	284.4	370.4	339.3
Contenido de Humedad	(%)	4.3	4.2	5.8	5.8	7.3	7.5
Promedio de Humedad	(%)	4.3		5.8		7.4	8.9
Densidad del Suelo Seco	(g/cm³)	2.190		2.272		2.271	2.179



PREPARACIÓN DE LA MUESTRA		
Serie Americana	Ret. Par. (%)	Pasa (%)
2 1/2"	100	100
2"	18	82
3/4"	15	67
3/8"	10	57
N°4	12	45
<N°4	45	-
MÉTODO		
		°C

MDS	2.282 g/cm³
OCH	5.8%

OBSERVACIONES:

- Muestra tomada e identificada por personal técnico de JBO Ingenieros S.A.C.
- Para las relaciones de Humedad - Densidad, se ha empleado el método "B" (MTC E 1102)
- Testigos elaborados con 5% de cemento respecto del peso seco del suelo.

Referencia:

- ASTM D - 1532 : Standard Practice for Making and Curing Soil-Cement Compression and Flexure Test Specimens in the Laboratory (Withdrawn 2016)
- ASTM D - 558 : Standard Test Methods for Moisture-Density (Unit Weight) Relations of Soil-Cement Mixtures
- ASTM D - 698 : Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Standard Effort (12 400 pie-ft/lbm)

Personal Técnico

Tec.: E.E.A.
Rev.: M.M.F.

Equipos usados:

- Balanza JBO-102-BAL-01: SCM LM-09051904 (09-05-19)
- Horno JBO-102-HOR-01: SCM LT-11051916 (11-05-19)

CONSORCIO SACRYR

Ing. Karol Wilfredo Ríos Asmat
Reg. CIP N° 53750
Jefe de Estudio

Fecha de Emisión: Lima, 10 de mayo del 2019

El uso de la información contenida en este informe es de exclusiva responsabilidad del solicitante.

Ing. Juan Sergio Sánchez Guando
Reg. CIP N° 59781
Especialista en Suelos y Pavimentos

CONSORCIO SACRYR

CARLOS MARTÍNEZ-ALMEIDA LOPEZ
Representante Legal

MARCELO LÓPEZ
MORENO FLORES
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 170318



Ingenieros S.A.C.
Calle Valdivia 149
Urb. Mayorazgo II Etapa, Ate
Lima, Perú
Teléfono: 01-683-0473 / 683-0476
E-mail: informes@jboingenieros.com

EXPEDIENTE N° 062-2019-JBO

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : CONSORCIO SACYR PROYECTO : Mejoramiento y Rehabilitación de la Infraestructura Vial Paquete 05 – Ancash Tramo I: Emp. PE – 1NQ (Dv. Lacramarca) – La Aguada – Las Cruces – Lacramarca – Santa Ana – Quilacocha – Huaylas – Emp. PE – 3N (San Diego)

DIRECCIÓN : Cal. Dean Valdivia Nro. 148 Int. 1301 (Edif. Platinum Plaza, Torre 1) Lima - Lima - San Isidro

REFERENCIA : Solitud de Servicio N° 062-2018-JBO UBICACIÓN : Ancash

FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 15 de abril del 2019 FECHA DE ENSAYO : 17 de mayo del 2019

REFERENCIAS DE LA MUESTRA DE SUELO

IDENTIFICACIÓN : Cantera Torre PRESENTACIÓN : 03 Sacos de polipropileno

DESCRIPCIÓN : Grava arcillosa con arena CANTIDAD : 100 kg. aprox.

REFERENCIAS DEL CEMENTO

IDENTIFICACIÓN : Cemento Sol, Tipo I DOSIFICACIÓN : 5% respecto del peso de suelo seco

RESISTENCIA A LA COMPRESION DE PROBETAS DE SUELO-CEMENTO MTC E 1103 - 2016

DENOMINACIÓN	FECHA DE ENSAYO	EDAD (días)	DIÁMETRO (cm)	ALTURA (cm)	ÁREA DE SECCIÓN TRANSVERSAL (cm²)	CARGA DE ROTURA (kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (kg/cm²)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PROMEDIO (kg/cm²)
Testigo N° 1	17/05/2019	7	10.1	11.60	80.1	3.726.0	46.5	47.2
Testigo N° 2	17/05/2019	7	10.0	11.60	78.5	3.730.6	47.5	
Testigo N° 3	17/05/2019	7	10.0	11.60	78.5	3.729.0	47.5	

OBSERVACIONES :

- Muestra tomada e identificada por personal técnico de JBO Ingenieros S.A.C.
- Mezcla elaborada con Cemento Sol, Tipo I, 5% respecto del peso de suelo seco
- El curado fue realizado en húmedo durante 7 días, seguidamente se sumergió en agua durante 4 horas y finalmente fue sometido a compresión simple.

Referencia:

- ASTM D - 1532 : Standard Practice for Making and Curing Soil-Cement Compression and Flexure Test Specimens in the Laboratory (Withdrawn 2016)
- ASTM D - 558 : Standard Test Methods for Moisture-Density (Unit Weight) Relations of Soil-Cement Mixtures
- ASTM D - 698 : Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Standard Effort (12 400 pie-lbf/ft³)
- ASTM D - 1533 : Standard test method for compressive strength of molded soil-cement cylinders

Personal Técnico

Téc : E.E.A.

Rev : M.M.F.

Equipos usados:

- Balanza JBO-102-BAL-01: SCM LM-09051994-09-05-19
- Prensa de Concreto JBO-101-PCO-02: SCM LF-08051995-08-05-19

CONSORCIO SACYR
CARLOS MARTÍNEZ-ALMEIDA LÓPEZ
Representante Legal

Fecha de Emisión : Lima, 18 de mayo del 2019

El uso de la información contenida en este documento es de exclusiva responsabilidad del solicitante

CONSORCIO SACYR

Ing. Karl Wilfredo Ríos Asmat
Reg. CIP N° 53750
Jefe de Estudio

CONSORCIO SACYR

Ing. Juan Sergio Sánchez Guando

Reg. CIP N° 59781
Especialista en Suelos y Pavimentos

MARCO ANTONIO
MORENO FLORES
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 176318



Ingenieros S.A.C.
Calle Valladolid 149
Urb. Mayorazgo II Etapa, Ate
Lima, Perú
Teléfono: 01-683-0473 / 683-0476
E-mail: informes@jboingenieros.com

EXPEDIENTE N° 062-2019-JBO

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : CONSORCIO SACYR PROYECTO : Mejoramiento y Rehabilitación de la Infraestructura Vial Paquete 05 – Ancash Tramo I: Emp. PE – 1NQ (Dv. Lacramarca) – La Aguada – Las Cruces – Lacramarca – Santa Ana – Quitarcocha – Huaylas – Emp. PE – 3N (San Diego)

DIRECCIÓN : Cal Dean Valdivia Nro. 148 Int. 1301 (Edif Platinum Plaza, Torre 1) Lima - Lima - San Isidro

REFERENCIA : Solicitud de Servicio N° 062-2019-JBO UBICACIÓN : Ancash

FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 15 de abril del 2019 FECHA DE ENSAYO : Lima, 15 de abril del 2019

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : Cantera Torre

DESCRIPCIÓN : Probetas cilíndricas de suelo-cemento

HUMEDECIMIENTO Y SECADO DE MEZCLAS DE SUELO-CEMENTO COMPACTADAS MTC E 1104 - 2016

DATOS DE PREPARACIÓN

SUELO		PREPARACIÓN		ALMACENAMIENTO EN LA CÁMARA HÚMEDA POR 7 DÍAS	
Tamaño Máximo	3/4	Óptimo Contenido Humedad Diseño	6.5 %	Contenido de Humedad inicial	11.2 %
Método de Ensayo	B	Peso Unitario Máximo Diseño	2334 kg/m3	Peso Unitario inicial	2437 kg/m3
		Contenido Cemento Diseño	5.0 %		

RESULTADOS DEL HUMEDECIMIENTO - SECADO

N° CICLO	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	PÉRDIDA DE VOLUMEN (%)	PÉRDIDA DE PESO (%)
1	11.30	0.00	5.4
2	7.18	3.96	2.6
3	7.26	4.79	3.6
4	7.33	4.79	4.7
5	7.41	6.72	5.7
6	7.49	7.53	6.8
7	7.57	9.43	7.9
8	7.65	9.43	8.9
9	7.73	11.31	10.0
10	7.82	11.53	11.1
11	7.90	11.53	12.1
12	7.96	11.53	13.2

RESULTADOS FINALES

MÁXIMA PÉRDIDA DE VOLUMEN	11.5 %
MÁXIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	11.3 %
PÉRDIDA EN PESO DE SUELO-CEMENTO	13.2 %

OBSERVACIONES :

- Muestras de suelo-cemento moldeadas de acuerdo a MTC E 1101 - 2016
- Testigos elaborados con 5% de cemento respecto del peso seco del suelo.
- La dosificación de cemento Portland está en relación al peso del suelo seco.
- Los contenidos de humedades del humedecimiento - secado se calculan con el peso húmedo de cada ciclo con el peso seco de un ciclo anterior.

Referencia:

ASTM D 1632-07 Standard practice for making and curing soil-cement compression and flexure test specimen in the laboratory
ASTM D 1633-00 Standard test method for compressive strength of molded soil-cement cylinders

Tec: E.E.A.

Rev: M.M.F.

Fecha de Emisión : Lima, 10 de junio del 2019

El uso de la información contenida en este documento es de exclusiva responsabilidad del solicitante.

CONSORCIO SACYR

Ing. Karla Wilfredo Ríos Asmat
Reg. CIP N° 53750
Jefe de Estudio

CONSORCIO SACYR

Ing. Juan Sergio Sánchez Guano
Reg. CIP N° 59781
Especialista en Suelos y Pavimentos

CONSORCIO SACYR

CARLOS MARTÍNEZ ALMEIDA LÓPEZ
Representante Legal

MARCO ANTONIO
MORENO FLORES
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 176318



Ingenieros S.A.C.
Calle Valladolid 149
Urb. Mayrazgo II Etapa. Ate
Lima, Perú
Teléfono: 01-683-0473 / 683-0476
E-mail: informes@jboingenieros.com

EXPEDIENTE N° 062-2019-JBO

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : CONSORCIO SACRYR **PROYECTO** : Mejoramiento y Rehabilitación de la Infraestructura Vial Paquete 05 – Ancash Tramo I: Emp. PE – 1NQ (Dv. Lacramarca) – La Aguada – Las Cruces – Lacramarca – Santa Ana – Quitacocha – Huayllas – Emp. PE – 3N (San Diego)

DIRECCIÓN : Cal. Dean Valdivia Nro. 148 Int. 1301 (Edif. Platinum Plaza, Torre 1) Lima - Lima - San Isidro

REFERENCIA : Solicitud de Servicio N° 062-2018-JBO **UBICACIÓN** : Ancash

FECHA RECEPCIÓN : Lima, 15 de abril del 2019 **FECHA INICIO** : Lima, 15 de abril del 2019

REFERENCIAS DE LA MUESTRA DE SUELO

IDENTIFICACIÓN : Cantera Torre **PRESENTACIÓN** : 03 Sacos de polipropileno

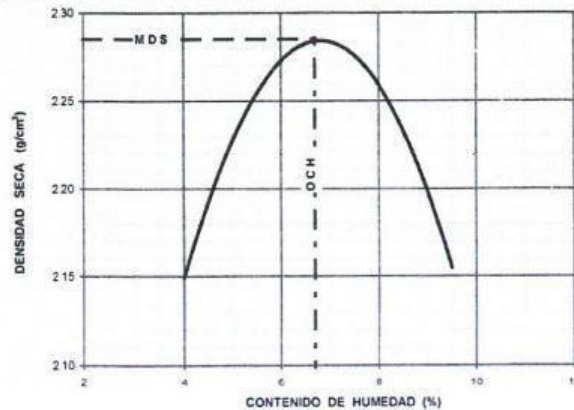
DESCRIPCIÓN : Grava arcillosa con arena **CANTIDAD** : 100 kg. aprox.

REFERENCIAS DEL CEMENTO Y ADITIVO

IDENTIFICACIÓN : Cemento Sol. Tipo I **DOSIFICACIÓN** : 7% respecto del peso de suelo seco

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO (ASTM D-1557)

N° de Capas	5	Altura de caída del pistón	45.72 cm	Peso del pistón	4.54 Kg	Volumen del Molde	2128 g/cm³
Energía de Compactación	Modificada	27.4 kg-cm/cm²				Número de Golpes / capa	56 Golpes
Peso Suelo Humedo + Molde	(g)	7732		7993		8061	7927
Peso del Molde	(g)	2856		2856		2856	2856
Peso Suelo Humedo	(g)	4876		5137		5205	5071
Volumen del Molde	(cm³)	2128		2128		2128	2128
Densidad Suelo Humedo	(g/cm³)	2.291		2.414		2.446	2.383
Tarro N°		165	204	197	126	490	2
Peso suelo humedo + tarro	(g)	418.1	487.1	433.8	360.4	423.8	333.2
Peso suelo seco + tarro	(g)	403.7	469.7	412.7	343.6	399.8	314.8
Peso del agua	(g)	14.4	17.4	21.1	16.8	24.0	18.4
Peso del tarro	(g)	87.2	78.7	64.6	61.8	82.4	74.0
Peso suelo seco	(g)	316.5	391.0	348.1	281.8	317.4	240.8
Contenido de Humedad	(%)	4.5	4.5	5.1	6.0	7.6	7.6
Promedio de Humedad	(%)	4.5		6.1		7.6	9.2
Densidad del Suelo Seco	(g/cm³)	2.192		2.275		2.273	2.182



PREPARACIÓN DE LA MUESTRA		
Serie Americana	Ret. Parc. (%)	Pasa (%)
2 1/2"		100
2"	18	82
3/4"	15	67
3/8"	10	57
N°4	12	45
<N°4	45	-
MÉTODO		
		C

MDS	2.285 g/cm³
OCH	6.7%

OBSERVACIONES

- Muestra tomada e identificada por personal técnico de JBO Ingenieros S.A.C.
- Para las reacciones de Humedad - Densidad, se ha empleado el método "B" (MTC E 1102)
- Testigos elaborados con 7% de cemento respecto del peso seco del suelo

Referencia:

- ASTM D - 1532 : Standard Practice for Making and Curing Soil-Cement Compression and Flexure Test Specimens in the Laboratory (Withdrawn 2016)
- ASTM D - 558 : Standard Test Methods for Moisture-Density (Unit Weight) Relations of Soil-Cement Mixtures
- ASTM D - 698 : Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Standard Effort (12 400 pie-ft/ft³)

Personal Técnico

Tec.: E.E.A.
Rev.: M.M.F.

Equipos usados:

- Balanza JBO-102-BAL-01: SCM LM-09051904 (09-05-19)
- Horno JBO-102-HOR-01: SCM LT-11051918 (11-05-19)

CONSORCIO SACRYR

CARLOS MARTÍNEZ-ALMEIDA LOPEZ
Representante Legal

CONSORCIO SACRYR

Ing. Karl Wilfredo Ríos Asmat
Reg. CIP N° 53750
Jefe de Estudio

Fecha de Emisión: Lima, 10 de mayo del 2019

El uso de la información contenida en este documento es de exclusiva responsabilidad del solicitante

Ing. Juan Sergio Sánchez Guanau
Reg. CIP N° 59781
Especialista en Suelos y Pavimentos

MAURICIO MORENO FLORES
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 176318

EXPEDIENTE N° 062-2019-JBO

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : CONSORCIO SACYR PROYECTO : Mejoramiento y Rehabilitación de la Infraestructura Vial Paquete 05 - Ancash Tramo I: Emp. PE - 1NQ (Dv. Lacramarca) - La Aguada - Las Cruces - Lacramarca - Santa Ana - Quitacocha - Huaylas - Emp. PE - 3N (San Diego)

DIRECCIÓN : Cal. Dean Valdivia Nro. 148 Int. 1301 (Edif. Platinum Plaza, Torre 1) Lima - Lima - San Isidro

REFERENCIA : Solicitud de Servicio N° 062-2018-JBO UBICACIÓN : Ancash

FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 15 de abril del 2019 FECHA DE ENSAYO : 17 de mayo del 2019

REFERENCIAS DE LA MUESTRA DE SUELO

IDENTIFICACIÓN : Cantera Torre PRESENTACIÓN : 03 Sacos de polipropileno

DESCRIPCIÓN : Grava arcillosa con arena CANTIDAD : 100 kg. aprox.

REFERENCIAS DEL CEMENTO

IDENTIFICACIÓN : Cemento Sol, Tipo I DOSIFICACIÓN : 7% respecto del peso de suelo seco

RESISTENCIA A LA COMPRESION DE PROBETAS DE SUELO-CEMENTO
MTC E 1103 - 2016

DENOMINACIÓN	FECHA DE ENSAYO	EDAD (días)	DIÁMETRO (cm)	ALTURA (cm)	ÁREA DE SECCIÓN TRANSVERSAL (cm ²)	CARGA DE ROTURA (kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (kg/cm ²)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PROMEDIO (kg/cm ²)
Testigo N° 1	17/05/2019	7	10.1	11.60	80.1	5,394.0	67.3	
Testigo N° 2	17/05/2019	7	10.1	11.60	80.1	5,392.0	67.3	67.3
Testigo N° 3	17/05/2019	7	10.1	11.60	80.1	5,392.6	67.3	

OBSERVACIONES :

- Muestra tomada e identificada por personal técnico de JBO Ingenieros S.A.C.
- Mezcla elaborada con Cemento Sol, Tipo I, 7% respecto del peso de suelo seco
- El curado fue realizado en húmedo durante 7 días, seguidamente se sumergió en agua durante 4 horas y finalmente fue sometido a compresión simple.

Referencia:

- ASTM D - 1632 : Standard Practice for Making and Curing Soil-Cement Compression and Flexure Test Specimens in the Laboratory (Withdrawn 2016)
- ASTM D - 558 : Standard Test Methods for Moisture-Density (Unit Weight) Relations of Soil-Cement Mixtures
- ASTM D - 698 : Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Standard Effort (12 400 pie-lbf/ft³)
- ASTM D - 1633 : Standard test method for compressive strength of molded soil-cement cylinders

Personal Técnico

Téc.: E.E.A.

Rev.: M.M.F.

Equipos usados:

- Balanza JBO-102-BAL-01: SCM LM-09051905 (05-19)
- Prensa de Concreto JBO-101-PCO-02: SCM LF-08051905 (05-19)

CONSORCIO SACYR

CARLOS MARTÍNEZ-ALMEIDA LÓPEZ
Representante Legal

Fecha de Emisión : Lima, 18 de mayo del 2019

El uso de la información contenida en este documento es de exclusiva responsabilidad del solicitante.

CONSORCIO SACYR

Ing. Karl Wilfredo Ríos Asmat
Reg. CIP N° 53750
Jefe de Estudio

CONSORCIO SACYR

Ing. Juan Sergio Sánchez Guando
Reg. CIP N° 59781
Especialista en Suelos y PavimentosMARCOS LUIS MORENO FLORES
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 170318



Ingenieros S.A.C.
Calle Valladolid 149
Urb. Mayorazgo II Etapa, Ate
Lima, Perú
Teléfono: 01-683-0473 / 683-0476
E-mail: informes@jboingenieros.com

EXPEDIENTE N° 062-2019-JBO

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : CONSORCIO SACYR PROYECTO : Mejoramiento y Rehabilitación de la Infraestructura
Vial Paquete 05 - Ancash Tramo I Emp. PE -
1NQ (Dv. Lacramarca) - La Aguada - Las Cruces
- Lacramarca - Santa Ana - Quitacocha -
Huaylas - Emp. PE - 3N (San Diego)

DIRECCIÓN : Cal. Dean Valdivia Nro. 148 Int. 1301 (Edif. Platinum Plaza Torre
1) Lima - Lima - San Isidro

REFERENCIA : Solicitud de Servicio N° 062-2018-JBO UBICACIÓN : Ancash

FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 15 de abril del 2019 FECHA DE ENSAYO : Lima, 15 de abril del 2019

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : Cantera Torre

DESCRIPCIÓN : Probetas cilíndricas de suelo-cemento

HUMEDECIMIENTO Y SECADO DE MEZCLAS DE SUELO-CEMENTO COMPACTADAS MTC E 1104 - 2016

DATOS DE PREPARACIÓN

SUELO	PREPARACIÓN	ALMACENAMIENTO EN LA CÁMARA HÚMEDA POR 7 DÍAS
Tamaño Máximo	3/4	Óptimo Contenido Humedad Diseño 6.7 %
Método de Ensayo	B	Peso Unitario Máximo Diseño 2337 kg/m ³
		Contenido Cemento Diseño 7.0 %

RESULTADOS DEL HUMEDECIMIENTO - SECADO

N° CICLO	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	PÉRDIDA DE VOLUMEN (%)	PÉRDIDA DE PESO (%)
1	11.40	0.00	2.9
2	7.34	0.87	0.0
3	7.41	0.87	1.1
4	7.49	1.74	2.1
5	7.57	3.69	3.2
6	7.65	3.69	4.3
7	7.73	4.55	5.4
8	7.81	6.47	6.4
9	7.90	7.30	7.5
10	7.99	8.62	8.6
11	8.08	8.62	9.6
12	8.17	8.62	10.7

RESULTADOS FINALES

MÁXIMA PÉRDIDA DE VOLUMEN	8.6 %
MÁXIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	11.4 %
PÉRDIDA EN PESO DE SUELO-CEMENTO	10.7 %

OBSERVACIONES :

- Muestras de suelo-cemento moldeadas de acuerdo a MTC E 1101 - 2016.
- Testigos elaborados con 7% de cemento respecto del peso seco del suelo.
- La dosificación de cemento Portland está en relación al peso del suelo seco.
- Los contenidos de humedades del humedecimiento - secado se calculan con el peso húmedo de cada ciclo con el peso seco de un ciclo anterior.

Referencia:

ASTM D 1632-07 Standard practice for making and curing soil-cement compression and flexure test specimen in the laboratory
ASTM D 1633-00 Standard test method for compressive strength of molded soil-cement cylinders

Tec: E.E.A.
Rev: M.M.F.

Fecha de Emisión : Lima, 10 de junio del 2019

El uso de la información contenida en este documento es de exclusiva responsabilidad del solicitante.

CONSORCIO SACYR

Ing. Karl-Wilfredo Ríos Asmat
Reg. CIP N° 53750
Jefe de Estudio

CONSORCIO SACYR

Ing. Juan Sergio Sánchez Guando
Reg. CIP N° 59781
Especialista en Suelos y Pavimentos

CONSORCIO SACYR

CARLOS MARTÍNEZ-ALMEIDA LOPEZ
Representante Legal

Ing. Mario Moreno Flores
Ingeniero Civil
Reg. CIP N° 175318

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : CONSORCIO SACYR PROYECTO : Mejoramiento y Rehabilitación de la Infraestructura Vial
 Paquete 05 - Ancash Tramo I: Emp. PE - INQ (Dv. Lacramarca) - La Aguada - Las Cruces - Lacramarca - Santa Ana - Quilacocha - Huaylas - Emp. PE - SN (San Diego)

DIRECCIÓN : Cal. Dean Valdivia N° 148 Int. 1301 (Edif. Platinum Plaza, Torre 1) Lima - Lima - San Isidro

REFERENCIA : Solicitud de Servicio N° 062-2019-JBO UBICACIÓN : Ancash

FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 15 de Abril del 2019 FECHA DE INICIO : Lima, 15 de Abril del 2019

DETERMINACIÓN DE LA ABSORCIÓN DE AGUA A PRESIÓN ATMOSFÉRICA

ESPECIMEN DE PRUEBA

IDENTIFICACIÓN : Canteras La Torre PRESENTACIÓN : 03 Sacos de polipropileno.

DESCRIPCIÓN : Grava arcillosa con arena CANTIDAD : 100 kg aprox.

TIEMPO	Canteras La Torre							
	SUELO NATURAL		ADITIVO + CEMENTO		ADITIVO + CEMENTO		CEMENTO	
			0.75 Un3 + 10 % Cemento		0.35 Un3 + 1.0 % Cemento		5% respecto del peso seco	
	Absorción de agua (%)	Altura de Ascensión Capilar (cm)	Absorción de agua (%)	Altura de Ascensión Capilar (cm)	Absorción de agua (%)	Altura de Ascensión Capilar (cm)	Absorción de agua (%)	Altura de Ascensión Capilar (cm)
1 hora	1.5	4.0	0.4	0.0	1.0	0.0	2.1	6.0
2 horas	2.5	4.5	0.5	0.0	1.8	0.0	2.5	7.0
3 horas	2.9	4.8	0.6	0.0	2.4	0.0	3.4	8.0
4 horas	3.6	6.0	0.7	0.0	3.6	3.0	3.9	10.0
5 horas	4.1	6.7	0.7	0.0	4.1	4.0	4.4	11.6
6 horas	4.5	7.0	0.7	0.0	4.7	5.0	4.6	11.6
12 horas	5.6	9.3	0.9	0.0	5.6	6.0	4.6	11.6
1 día	9.2	11.6	1.0	0.0	10.0	7.0	4.6	11.6
2 días	9.6	11.6	1.1	0.0	10.1	10.5	4.6	11.6
3 días	9.9	11.6	1.6	0.0	10.2	11.5	4.6	11.6
4 días	9.9	11.6	1.9	0.0	10.3	11.6	4.6	11.6
5 días	10.0	11.6	2.2	0.0	10.5	11.6	4.6	11.6

OBSERVACIONES:

- Muestra tomada e identificada por personal técnico de JBO Ingenieros S.A.C.
- La muestra compactada se dejó al ambiente por 7 días y posteriormente se realizó el ensayo de Capilaridad durante 5 días.

Referencia:

UNE-EN 13755 - 2008 Métodos de ensayo para piedra natural - Determinación de la absorción de agua a presión atmosférica.

Equipos usados:

- Balanza JBO-201-BAL-02: SCMLM08051902 (08-05-19)
- Horno HOR-02: SCMLT-08051925 (08-05-19)

Personal:

- Tec.: E.E.A.
- Rev.: MMF.

Fecha de emisión: Lima, 20 de Junio del 2019

El uso de la información contenida en este documento es de exclusiva responsabilidad del solicitante.


 MARCO ANTONIO
 MORENO FLORES
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 173318

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : CONSORCIO SACYR PROYECTO : Mejoramiento y Rehabilitación de la Infraestructura Vial
 Paquete 05 - Ancash Tramo I: Emp. PE - INQ (Dv.
 Lacramarca) - La Aguada - Las Cruces - Lacramarca - Santa
 Ana - Quilacocha - Huaylas - Emp. PE - 3N (San Diego)

DIRECCIÓN : Cal. Dean Valdivia Nro. 148 Int. 1301 (Edif. Platinum Plaza, Torre 1) Lima - Lima - San Isidro

REFERENCIA : Solicitud de Servicio N° 062-2019-JBO UBICACIÓN : Ancash

FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 15 de Abril del 2019 FECHA DE INICIO : Lima, 15 de Abril del 2019

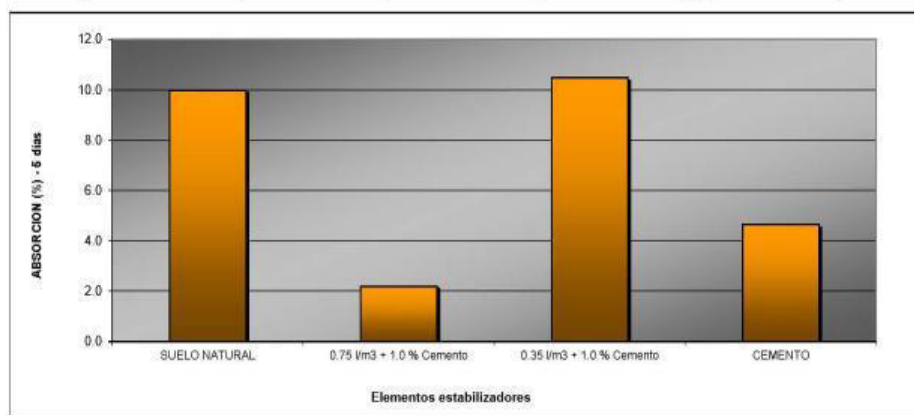
DETERMINACIÓN DE LA ABSORCIÓN DE AGUA A PRESIÓN ATMOSFÉRICA

ESPECIMEN DE PRUEBA

IDENTIFICACIÓN : Cantera La Torre PRESENTACIÓN : 03 Sacos de polipropileno.

DESCRIPCIÓN : Grava arcillosa con arena CANTIDAD : 100 kg aprox.

TIEMPO	Cantera La Torre				
	SUELO NATURAL	ADITIVO + CEMENTO	ADITIVO + CEMENTO	CEMENTO	
		0.75 l/m ³ + 1.0 % Cemento	0.35 l/m ³ + 1.0 % Cemento	5% respecto del peso seco	
	Absorción de agua (%)	Absorción de agua (%)	Absorción de agua (%)	Absorción de agua (%)	
5 días	10.0	2.2	10.5	4.6	



OBSERVACIONES:

- Muestra tomada e identificada por personal técnico de JBO Ingenieros S.A.C.
- La muestra compactada se dejó al ambiente por 7 días y posteriormente se realizó el ensayo de Capilaridad durante 5 días

Referencia:

UNE- EN 13755 - 2008: Métodos de ensayo para piedra natural - Determinación de la absorción de agua a presión atmosférica

Equipos usados:

- Balanza JBO-201-BAL-02: SCM LM-08051902 (08-05-19)
- Horno HOR-02: SCM LT-08051925 (08-05-19)

Personal:

E.E.A.
M.M.F.

Fecha de emisión : Lima, 20 de Junio del 2019

El uso de la información contenida en este documento es de exclusiva responsabilidad del solicitante.

[Firma]
 MARCO ANTONIO
 MORENO FLORES
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 170318

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : CONSORCIO SACYR PROYECTO : Mejoramiento y Rehabilitación de la Infraestructura Vial
 Paquete 05 - Ancash Tramo I: Emp. PE - 1NQ (Dv. Lacerencia) - La Aguada - Las Cruces - Lacerencia - Santa Ana - Quitarcocha - Huaylas - Emp. PE - 3N (San Diego)

DIRECCIÓN : Cel. Dean Valdivia Nro. 148 Int. 1301 (Edif. Platinum Plaza, Torre 1) Lima - Lima - San Isidro

REFERENCIA : Solicitud de Servicio N° 062-2019-JBO UBICACIÓN : Ancash

FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 15 de Abril del 2019 FECHA DE INICIO : Lima, 15 de Abril del 2019

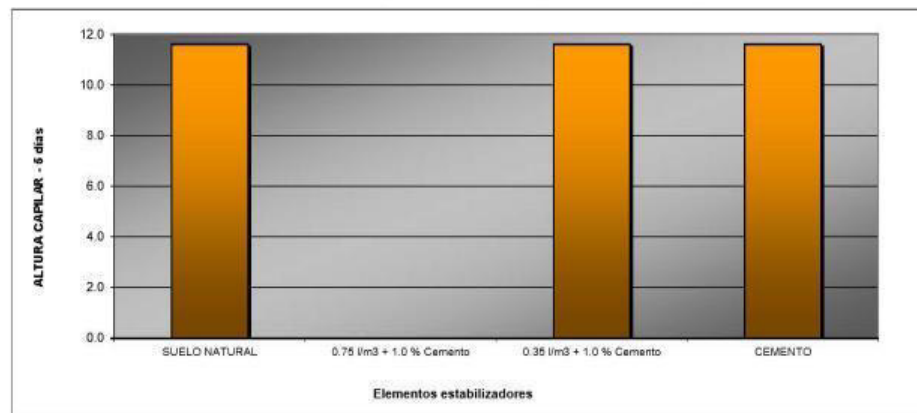
DETERMINACIÓN DE LA ABSORCIÓN DE AGUA A PRESIÓN ATMOSFÉRICA

ESPECIMEN DE PRUEBA

IDENTIFICACIÓN : Cantera La Torre PRESENTACIÓN : 03 Sacos de polipropileno.

DESCRIPCIÓN : Grava arcillosa con arena CANTIDAD : 100 kg aprox.

TIEMPO	Cantera La Torre				
	SUELO NATURAL	ADITIVO + CEMENTO	ADITIVO + CEMENTO	CEMENTO	
		0.75 l/m ³ + 1.0 % Cemento	0.35 l/m ³ + 1.0 % Cemento	5% respecto del peso seco	
	Altura de Ascensión Capilar (cm)	Altura de Ascensión Capilar (cm)	Altura de Ascensión Capilar (cm)	Altura de Ascensión Capilar (cm)	
5 días	11.6	0.0	11.6	11.6	



OBSERVACIONES:

- Muestra tomada e identificada por personal técnico de JBO Ingenieros S.A.C.
- La muestra compactada se dejó al ambiente por 7 días y posteriormente se realizó el ensayo de Capilaridad durante 5 días

Referencia:

UNE-EN 13755 - 2008: Métodos de ensayo para piedra natural - Determinación de la absorción de agua a presión atmosférica

Equipos usados:

- Balanza JBO-201-BAL-02: SCM LM-08051802 (08-05-19)
- Horno HOR-02: SCM LT-08051925 (08-05-19)

Personal:

E.E.A.
M.M.F.

Fecha de emisión : Lima, 20 de Junio del 2019

El uso de la información contenida en este documento es de exclusiva responsabilidad del solicitante.

[Firma]
 MARCELO ANTONIO
 MORENO FLORES
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 476378

Laboratorio de Ensayos Dinámicos y Estáticos en Materiales de Construcción

Ensayo de Permeabilidad Pared Flexible

DATOS DE MUESTRA										DATOS REFERENCIALES					
Diámetro (cm):		7.14 Peso húmedo final (g)				1191.70				Solicitante		Issa Romero			
Longitud (cm):		14.24 Peso seco final (g)				1117.00				Proyecto		Grava arcillosa con arena			
Área (cm²):		40.03 Contenido de agua inicial, w _i (%)				1.29				Muestra		Cantera La Torre, Ancash-Perú			
Volumen (cm³):		569.92 Contenido de agua final, w _f (%)				6.69				Procedencia					
Peso húmedo inicial (g):		1130.40 Peso volumétrico seco (g/cm³):				0.95									
Área de la bureta (cm²):		0.91 Parámetro B:				28.00				Norma		ASTM D 5084			
Gradiente hidráulico		20.06 Carga (kPa):													
Resultados															
Tiempo	Presión confinante	Temperatura del agua	Bureta				VE/a	VS/a	Ab	At	K	R _f	K ₃₀	OUTIN RATIO (0.75-1.25)	
			Flujo entrante		Flujo saliente										
s	Kpa	°C	Presión	Lectura de bureta	Presión	Lectura de bureta	cm³					cm/s		cm/s	C/NóC
0	395	23.5	373	4.8	345	21.1	5.3	23.3	304.0	0.0					
30	395	23.5	373	6.1	345	19.6	6.7	21.6	301.1	30.0				4.83E-05	1.15 CORRECTO
60	395	23.5	373	7.2	345	18.6	7.9	20.5	298.9	60.0				4.23E-05	1.04 CORRECTO
120	395	23.5	373	9.2	345	16.6	10.2	18.3	294.6	120.0				4.20E-05	1.02 CORRECTO
180	395	23.5	373	11.1	345	14.6	12.3	16.1	290.5	180.0				4.06E-05	1.03 CORRECTO
240	395	23.5	373	13.0	345	12.8	14.3	14.1	286.6	240.0				3.95E-05	1.01 CORRECTO
300	395	23.5	373	14.8	345	11.0	16.3	12.1	282.9	300.0				3.87E-05	1.01 CORRECTO
360	395	22.1	373	16.6	345	9.2	18.3	10.2	279.1	360.0				3.83E-05	1.01 CORRECTO
420	395	22.1	373	18.4	345	7.5	20.3	8.3	275.4	420.0				3.79E-05	1.00 CORRECTO
480	395	22.1	373	19.7	345	5.8	21.0	6.4	272.9	480.0				3.62E-05	1.08 CORRECTO
540	395	22.1	373	22.7	345	4.1	25.1	4.5	267.3	540.0				3.53E-05	0.95 CORRECTO

El ensayo se realizó sobre muestra de suelo

Hecho por: Issa Romero

Revisado por: Aldo Mucha

Av. Los Nogales S/N Mz Z-1 Lote 24 y 25, Santa Anita - Perú
informes@ledemac.pe

21-142-41 d/c
 Registro Q 14
 24-1-12
 MACHA MALLAPPO
 AGRO MARCO

Ensayo de Permeabilidad Pared Flexible

DATOS DE MUESTRA				DATOS REFERENCIALES			
Diámetro (cm):	7.14	Peso húmedo final (g)	1124.00	Solicitante	Issa Romero		
Longitud (cm):	14.24	Peso seco final (g)	1054.20	Proyecto			
Área (cm²):	40.03	Contenido de agua inicial, wt (%)	2.94	Muestra	Grava arcillosa con arena más cemento		
Volumen (cm³):	569.92	Contenido de agua final, wt (%)	6.62	Procedencia	Cantera La Torre, Ancash-Peru		
Peso húmedo inicial (g):	1085.18	Peso volumétrico seco (g/cm³):	0.99	Norma	ASTM D 5084		
Área de la bureta (cm²):	0.91	Parámetro B:	28.00				
Gradiente hidráulico	20.06	Carga (KPa):					

Resultados

Tiempo	Presion confinante	Tempera- tura del agua	Bureta				VS/a	Ah	At	K	R _i	K ₃₀	OUT IN RATIO (0.75-1.25)
			Flujo entrante		Flujo saliente								
			Presion	Lectura de bureta	Presion	Lectura de bureta							
s	Kpa	°C	Kpa	cm ³	Kpa	cm ³				cm/s		cm/s	C/NoC
0	395	27.1	373	6.1	345	21.8	6.7	24.1	303.5	0.0			
30	395	27.1	373	6.4	345	21.8	7.1	24.1	303.2	30.0	5.31E-06	0.84828	INCORRECTO
60	395	27.1	373	7.2	345	20.9	7.9	23.1	301.4	60.0	1.86E-05	0.84828	0.82
120	395	27.1	373	7.8	345	20.3	8.6	22.4	300.1	120.0	1.49E-05	0.84828	0.88
180	395	27.1	373	8.5	345	19.7	9.4	21.7	298.8	180.0	1.40E-05	0.84828	0.88
240	395	27.1	373	9.0	345	19.1	9.9	21.1	297.6	240.0	1.31E-05	0.84828	0.93
300	395	27.1	373	9.6	345	18.5	10.6	20.4	296.3	300.0	1.28E-05	0.84828	0.94
360	395	27.1	373	10.2	345	17.9	11.3	19.8	295.1	360.0	1.26E-05	0.84828	0.95
420	395	27.1	373	10.7	345	17.4	11.8	19.2	294.0	420.0	1.21E-05	0.84828	0.96
480	395	27.2	373	11.2	345	16.8	12.4	18.5	292.9	480.0	1.20E-05	0.84734	0.98
540	395	27.2	373	11.9	345	16.3	13.1	18.0	291.6	540.0	1.19E-05	0.84734	0.95
600	395	27.2	373	12.5	345	15.7	13.8	17.3	290.4	600.0	1.19E-05	0.84734	0.95
660	395	27.2	373	12.9	345	15.2	14.2	16.8	289.4	660.0	1.16E-05	0.84734	0.97
OBSERVACIONES													

El ensayo se realizó sobre muestra de suelo y cemento

Hecho por: Issa Romero

Revisado por: Aldo Mucha

Av. Los Nogales S/N Mz Z-1 Lote 24 y 25, Santa Anita - Perú
 informes@ledemac.pe

Revisado por: Aldo Mucha
 Inge. Aldo Mucha
 N° de Licencia: 254122
 CIP

Laboratorio de Ensayos Dinámicos y Estáticos en Materiales de Construcción

Ensayo de Permeabilidad Parcel Flexible																
DATOS DE MUESTRA					DATOS REFERENCIALES											
Dámetro (cm):	7.14	Peso húmedo final (g)	1312.90		Solicitante:	Isa Romero										
Longitud (cm)	14.24	Peso seco final (g)	1190.70		Proyecto:	Grava anclada con arena más cemento, más aditivo Ternasil										
Área (cm²)	40.03	Contenido de agua inicial, w _i (%):	7.58		Muestra:	Carretera La Torre, Arequipa-Perú										
Volumen (cm³)	569.92	Contenido de agua final, w _f (%):	10.26		Procedencia:											
Peso húmedo inicial (g):	1281.00	Peso volumétrico seco (g/cm³):	0.95		Norma:	ASTM D 5104										
Área de la bureta (cm²):	0.91	Parámetro B:	27.50													
Gradiente hidráulico:	19.70	Carga (KPa):														
Resultados																
Tiempo	Presión confiante	Temperatura del agua	Bureta				V _{La}	V _{Sa}	Ah	M	K	R _f	K _{2a}	OUT/N RATIO (0.75- 1.25)	C/NoC	
			Flujo entrante		Flujo saliente											
			Presión	Lectura de bureta	Presión	Lectura de bureta										
s	Kpa	°C	Kpa	cm³	Kpa	cm³										
0	295	19.1	272.5	2.50	245.0	24.10	2.8	26.6	304.3	0.0	9.73E-06	1.0267	9.95E-06	6.00	INCORRECTO	
30	295	19.1	272.5	2.60	245.0	24.70	2.9	27.3	304.8	30.0	3.89E-06	1.0267	3.98E-06	3.67	INCORRECTO	
60	295	19.1	272.5	2.65	245.0	24.50	2.9	27.2	304.7	60.0	1.46E-06	1.0267	1.49E-06	2.50	INCORRECTO	
120	295	19.1	272.5	2.70	245.0	24.60	3.0	27.2	304.6	120.0	6.49E-07	1.0267	6.64E-07	1.80	INCORRECTO	
180	295	19.1	272.5	2.75	245.0	24.55	3.0	27.1	304.5	180.0	2.43E-07	1.0267	2.49E-07	1.33	INCORRECTO	
240	295	19.1	272.5	2.80	245.0	24.50	3.1	27.0	304.4	240.0	0.00E+00	1.0267	0.00E+00	1.00	CORRECTO	
300	295	19.1	272.5	2.85	245.0	24.45	3.1	27.0	304.3	300.0	1.63E-07	1.0267	1.66E-07	0.75	CORRECTO	
360	295	19.1	272.5	2.90	245.0	24.40	3.2	26.9	304.2	360.0	2.78E-07	1.0267	2.85E-07	0.60	INCORRECTO	
420	295	19.1	272.5	3.00	245.0	24.40	3.3	26.9	304.0	420.0	2.44E-07	1.03162	2.51E-07	0.60	INCORRECTO	
480	295	18.4	272.5	3.00	245.0	24.40	3.3	26.9	304.0	480.0	4.33E-07	1.03162	4.47E-07	0.33	INCORRECTO	
540	295	18.4	272.5	3.10	245.0	24.30	3.4	26.8	303.8	540.0	3.90E-07	1.03162	4.02E-07	0.33	INCORRECTO	
600	295	18.4	272.5	3.10	245.0	24.30	3.4	26.8	303.8	600.0	5.33E-07	1.03162	5.49E-07	0.14	INCORRECTO	
660	295	18.4	272.5	3.20	245.0	24.20	3.5	26.7	303.6	660.0	4.88E-07	1.03162	5.03E-07	0.14	INCORRECTO	
720	295	18.4	272.5	3.20	245.0	24.20	3.5	26.7	303.6	720.0	6.00E-07	1.03162	6.19E-07	0.00	INCORRECTO	
780	295	18.4	272.5	3.30	245.0	24.10	3.6	26.6	303.4	780.0	5.57E-07	1.03162	5.75E-07	0.06	INCORRECTO	
840	295	18.4	272.5	3.35	245.0	24.15	3.7	26.7	303.4	840.0	7.03E-07	1.03162	7.25E-07	0.10	INCORRECTO	
900	295	18.4	272.5	3.48	245.0	24.00	3.8	26.5	303.1	900.0	6.71E-07	1.03162	6.92E-07	0.10	INCORRECTO	
960	295	18.4	272.5	3.50	245.0	24.00	3.9	26.5	303.0	960.0	6.89E-07	1.0267	7.11E-07	0.14	INCORRECTO	
1020	295	18.4	272.5	3.55	245.0	23.95	3.9	26.4	302.9	1020.0	6.73E-07	1.03162	6.94E-07	0.16	INCORRECTO	
1080	295	18.4	272.5	3.57	245.0	23.93	3.9	26.4	302.9	1080.0	7.20E-07	1.03162	7.42E-07	0.17	INCORRECTO	
1140	295	18.4	272.5	3.70	245.0	23.90	4.1	26.4	302.7	1140.0						
OBSERVACIONES																
El ensayo se realizó sobre muestra de suelo, cemento y aditivo 1																
ALDO MARCO MUCHA MALLAUPOMA Ingeniero Civil Revisado DIP N° 234728																

Av. Los Nogales S/N Mz Z-1 Lote 24 y 25, Santa Anita - Perú
informes@ledemac.pe

Hecho por: Isa Romero

Revisado por: ALDO MARCO
MUCHA MALLAUPOMA
Ingeniero Civil
Revisado DIP N° 234728

Laboratorio de Ensayos Dinámicos y Estáticos en Materiales de Construcción

Ensayo de Permeabilidad Pared Flexible													
DATOS DE MUESTRA							DATOS REFERENCIALES						
Diámetro (cm): 7.14 Peso húmedo final (g): 1162.58 Longitud (cm): 14.24 Peso seco final (g): 1094.20 Área (cm²): 40.03 Contenido de agua inicial, w _i (%): 2.19 Volumen (cm³): 569.92 Contenido de agua final, w _f (%): 6.25 Peso húmedo inicial (g): 1118.12 Peso volumétrico seco (g/cm³): 0.95 Área de la bureta (cm²): 0.91 Parámetro B: 28.00 Gradiente hidráulico: 20.06 Carga (KPa):							Solicitante: Issa Romero Proyecto: Grava arcillosa con arena más cemento, más aditivo Muestra: Cantera La Torre, Ancash-Perú Procedencia: ASTM D 5084 Norma:						
Resultados													
Tiempo	Presión confinante	Temperatura del agua	Bureta				VS/a	Ah	K	R _t	K ₃₀	OUT/IN RATIO (0.75-1.25)	
			Flujo entrante		Flujo saliente							C/N	C
s	Kpa	°C	Presión	Lectura de bureta	Presión	Lectura de bureta	VE/a		cm/s		cm/s		
0	395	26.8	373	2.2	345	23.3	2.4	25.7	308.8	0.0	1.15E-05	9.85E-06	1.00 CORRECTO
30	395	26.8	373	2.5	345	23.0	2.8	25.4	308.1	30.0	8.65E-06	7.39E-06	1.25 CORRECTO
60	395	26.8	373	2.6	345	22.8	2.9	25.2	307.8	60.0	6.74E-06	5.75E-06	1.00 CORRECTO
120	395	26.8	373	2.9	345	22.6	3.2	24.9	307.3	120.0	5.78E-06	4.93E-06	1.00 CORRECTO
180	395	26.8	373	3.1	345	22.4	3.4	24.7	306.8	180.0	5.30E-06	4.53E-06	0.83 CORRECTO
240	395	26.8	373	3.4	345	22.3	3.8	24.6	306.4	240.0	5.21E-06	4.45E-06	0.80 CORRECTO
300	395	26.8	373	3.7	345	22.1	4.1	24.4	305.8	300.0	4.99E-06	4.26E-06	0.72 INCORRECTO
360	395	26.8	373	4.0	345	22.0	4.4	24.3	305.4	360.0	4.83E-06	4.12E-06	0.67 INCORRECTO
420	395	26.8	373	4.3	345	21.9	4.7	24.2	304.9	420.0	4.59E-06	3.92E-06	0.65 INCORRECTO
480	395	26.8	373	4.5	345	21.8	5.0	24.1	304.6	480.0	4.62E-06	3.95E-06	0.59 INCORRECTO
540	395	26.8	373	4.9	345	21.7	5.4	24.0	304.1	540.0	7.10E-06	6.06E-06	0.70 INCORRECTO
600	395	26.8	373	6.5	345	20.3	7.2	22.4	300.8	600.0	6.90E-06	5.89E-06	0.73 INCORRECTO
660	395	26.8	373	6.7	345	20.0	7.4	22.1	300.2	660.0			
OBSERVACIONES													
El ensayo se realizó sobre muestra de suelo, cemento y aditivo 1													

ALDO MARCO
MUCHA MALLAIPOMA
Ingeniero Civil
Revisado por: ALDO MARCO

Hecho por: Issa Romero

Av. Los Nogales S/N Mz Z-1 Lote 24 y 25, Santa Anita - Perú
informes@ledemac.pe