



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Mejora de suelos con la técnica del Jet-Grouting para mitigar el riesgo de licuación sísmica en pavimentos asfálticos del distrito de San Juan de Lurigancho, Lima 2018

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE :
Ingeniero Civil

AUTOR:

Mendoza Carrion, Diego Humberto (orcid.org/0000-0002-5459-2799)

ASESOR:

Dr. Vargas Chacaltana, Luis Alberto (orcid.org/0000-0002-4136-7189)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Infraestructura Vial

LIMA - PERÚ

2019

DEDICATORIA

Principalmente a Dios, a mi padre Eugenio y a mi madre Ana por su amor, paciencia y lucha incansable para yo poder terminar mis estudios profesionales.

A mis hermanos Arturo y André por su apoyo moral durante todo este proceso de aprendizaje.

Finalmente a toda mi familia y amigos, en especial a Juan Cruz y Karolin Huete, por su apoyo desinteresado además de saber que podré contar con ellos cada vez que los necesite.

AGRADECIMIENTO

El autor expresa su profundo agradecimiento a las personas que contribuyeron con sus valiosas sugerencias, críticas constructivas, apoyo moral e intelectual para concretar la presente tesis.

Al Dr. César Acuña Peralta, fundador de la Universidad “CÉSAR VALLEJO”, gratitud eterna por darme la oportunidad de realizar mis estudios de ingeniería.

A mis asesores de tesis Dr. Gerardo Enrique Cancho Zúñiga y Dr. Luis Vargas Chacaltana, por su experiencia científica para la formulación de la Tesis.

A mis padres Ana Carrión Virhuez y Eugenio Mendoza Gómez por demostrarme su brillante ejemplo de trabajo y superación, por su ayuda moral y económica, he logrado cumplir satisfactoriamente uno de mis objetivos.

A todos ellos, infinitas gracias.

El autor

PRESENTACIÓN

Señores miembros del Jurado:

En cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo presento ante ustedes la Tesis titulada “Mejora de suelos con la técnica Jet-Grouting para mitigar el riesgo de licuación sísmica en pavimentos asfálticos del distrito de San Juan de Lurigancho, Lima 2018”, la misma que someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título Profesional de Ingeniero Civil.

El Autor

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Carátula.....	i
Dedicatoria.....	iii
Agradecimiento.....	iv
Presentación.....	vi
Índice de contenidos.....	vii
Índice de tablas.....	viii
Índice de figuras.....	ix
Resumen.....	xi
Abstract.....	xii
I.INTRODUCCIÓN.....	13
II.MARCO TEÓRICO.....	17
III.METODOLOGÍA.....	32
3.1.Tipo y diseño de investigación.....	32
3.2.Variables y operacionalización.....	32
3.3.Población, muestra y muestreo.....	34
3.4.Técnicas e Instrumentos de recolección de datos.....	34
3.5.Procedimientos.....	35
3.6.Métodos de análisis de Datos.....	35
3.7.Aspectos éticos.....	49
IV.RESULTADOS.....	50
V.DISCUSIÓN.....	65
VI.CONCLUSIONES.....	69
VII.RECOMENDACIONES.....	70
Referencias.....	71
Anexos	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Características Técnicas del Varillaje.....	27
Tabla 2: Matriz de Operacionalización de variables.....	33
Tabla 3: Ficha Técnica del Cemento Andino Ultra HS.....	44
Tabla 4: Resultados del ensayo de granulometría (GRANO > No. 4).....	50
Tabla 5: Resultados del ensayo de granulometría (GRANO < No. 4).....	50
Tabla 6: Resultados del ensayo límite líquido y plástico.....	51
Tabla 7: Clasificación de suelos según índice de plasticidad.....	52
Tabla 8: Resultados del ensayo compactación.....	52
Tabla 9: Resultados de contenido de humedad.....	53
Tabla 10: Resultados preliminares de compactación.....	54
Tabla 11: Resultados de compactación por moldes.....	54
Tabla 12: Resultados de C.B.R.....	54
Tabla 13: Categorías de subrasante.....	55
Tabla 14: Resultados del Ensayo de Densidad.....	56
Tabla 15: Resultados del Ensayo de Sedimentación.....	57
Tabla 16: Resultados del Ensayo de Fluidez.....	58
Tabla 17: Resultados del Ensayo de Tiempo de Fraguado.....	60
Tabla 18: Resultados del Ensayo de Compresión a los 7 días.....	61
Tabla 19: Resultados del Ensayo de Compresión a los 14 días.....	62
Tabla 20: Resultados del Ensayo de Compresión a los 28 días.....	63

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Mapa de suelos del distrito de Lima.....	14
Figura 2: Estructura del pavimento.....	21
Figura 3: Proceso de Identificación del Tipo de Suelo.....	22
Figura 4: Proceso de selección del Tipo de Estabilización.....	23
Figura 5: Jet Grouting.....	24
Figura 6: Bomba de Fluidos.....	24
Figura 7: Planta de Grout.....	25
Figura 8: Maquinaria Track – Drill.....	25
Figura 9: Varillaje para Jet Grouting.....	26
Figura 10: Monitor para Jet Grouting.....	26
Figura 11: Esquema de jet simple.....	28
Figura 12: Esquema de jet doble con aire.....	29
Figura 13: Esquema del jet doble con agua.....	29
Figura 14: Esquema de jet triple.....	30
Figura 15: Extracción de la muestra en la avenida José Carlos Mariátegui - SJL.....	36
Figura 16: Imagen satelital de la avenida José Carlos Mariátegui – SJL.....	36
Figura 17: La muestra de suelo es secada en horno en el laboratorio.....	37
Figura 18: Los tamices a utilizar en el ensayo de granulometría.....	38
Figura 19: Copa o cuchara de Casagrande.....	39
Figura 20: La muestra se sumerge durante 4 días según norma.....	42
Figura 21: La muestra se penetra con un pistón.....	42

Figura 22: Materiales a usar para la lechada de cemento.....	44
Figura 23: Ensayo de Densidad.....	45
Figura 24: Ensayo de Sedimentación.....	46
Figura 25: Ensayo de Fluidez con el Cono Marsh.....	47
Figura 26: Ensayo de Tiempo de Fraguado con la aguja Vicat.....	48
Figura 27: Probetas con lechada de cemento.....	48
Figura 28: Máquina de ensayo uniaxial PROETI.....	49
Figura 29: Curva granulométrica.....	51
Figura 30: Curva entre la densidad seca y el contenido de humedad.....	53
Figura 31: Curva entre la densidad seca y el CBR.....	55
Figura 32: Variación de Densidad con el cemento Andino Ultra HS.....	56
Figura 33: Variación de Sedimentación con el cemento Andino Ultra HS.....	57
Figura 34: Variación de Fluidez con el cemento Andino Ultra HS.....	58
Figura 35: Inyectabilidad con el cemento Andino Ultra HS.....	59
Figura 36: Gráfico de barras de la resistencia a la compresión a los 7 días.....	61
Figura 37: Gráfico de barras de la resistencia a la compresión a los 14 días.....	62
Figura 38: Gráfico de barras de la resistencia a la compresión a los 28 días.....	63
Figura 39: Gráfico de barras de la resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días.....	64

RESUMEN

La presente tesis se hizo entre el año 2018 y 2019, en la avenida José Carlos Mariátegui del distrito de San Juan de Lurigancho - Lima, **las teorías** que son clasificación y descripción del suelo, licuefacción de suelos, pavimentos, estabilización de suelos y la técnica del jet grouting. **El objetivo** fue hallar la influencia de la técnica del Jet Grouting en los suelos licuefactables de los pavimentos asfálticos del distrito de San Juan de Lurigancho, Lima 2018. **El método** que se aplicó fue de enfoque cuantitativo, teniendo el tipo de investigación aplicada, a su vez el nivel explicativo, el diseño experimental, siendo así la muestra la avenida José Carlos Mariátegui del distrito de San Juan de Lurigancho, el instrumento la ficha técnica, como **resultado** de los ensayos a las lechadas con dosificaciones de 1:1, 0.85:1 y 0.73:1 de agua:cemento estudiadas donde se observó que a menor agua y mayor cemento aumenta la fluidez y disminuye el porcentaje de sedimentación, que es precisamente lo que se busca para la inyectabilidad de la lechada, también se puede ver que la resistencia a la compresión aumenta. En **conclusión** la dosificación 0.73:1 de agua:cemento es la más apta para la lechada a inyectar en el terreno mediante la técnica del Jet Grouting.

Palabras Clave: Estabilización, licuación, dosificación, lechada, inyectabilidad, jet grouting.

ABSTRACT

This thesis was made between 2018 and 2019, in the José Carlos Mariátegui avenue of the San Juan de Lurigancho district - Lima, the theories that are classification and description of the soil, soil liquefaction, pavements, soil stabilization and the technique of jet grouting. The objective was to find the influence of the Jet Grouting technique on the liquefied soils of the asphalt pavements of the San Juan de Lurigancho district, Lima 2018. The method that was applied was a quantitative approach, having the type of research applied, to its once the explanatory level, the experimental design, being the sample José Carlos Mariátegui avenue of the San Juan de Lurigancho district, the instrument the technical sheet, as a result of the tests with the slurries with dosages of 1: 1, 0.85: 1 and 0.73: 1 of water: cement studied where it is found that less than water and greater cement increases the fluidity and modified the percentage of sedimentation, which is exactly what is sought for the injectability of the slurry, you can also see that the resistance Compression increases. In conclusion, the 0.73: 1 dosage of water: cement is the most suitable for the grout to be injected into the ground by means of the Jet Grouting technique.

Keywords: Stabilization, liquefaction, dosage, grout, injectability, jet grouting.

I. INTRODUCCIÓN

Perú se encuentra en el Cinturón de Fuego del Pacífico, por ende, es uno de los países con más actividad sísmica activa del mundo.

Según el Instituto Geofísico del Perú: El Perú es uno de los países más vulnerables a los eventos sísmicos y gracias al estudio de 'Escenarios por sismo, tsunami y exposición en la región central del Perú', se concluyó que si se repite un sismo de gran magnitud como el ocurrido en 1746 en Lima (mayor a 8 grados), este sismo afectaría a 701 distritos, 3 770 671 viviendas y a más de 14 368 247 personas en la zona costera de la región central del país. Según el mapa de vulnerabilidad del IGP son muchas las zonas con mayor riesgo ante un sismo, dentro de ellas el distrito de San Juan de Lurigancho, que es de donde vamos a extraer la muestra para la investigación.

Entre los numerosos riesgos geológicos resalta mucho el fenómeno de licuación. A través de este proceso, ciertos suelos saturados afectados por eventos sísmicos desarrollan rápidamente altas presiones, lo que resulta en una tensión efectiva desembocando en la pérdida de su capacidad portante. La evaluación de este fenómeno, así como los riesgos son desafiantes y cruciales, debido a la gravedad de los posibles daños. Para asegurar la estabilidad y reducir el riesgo de las obras a causa de grandes movimientos telúricos, cada vez se utilizan más técnicas de mejora de suelo, cuya eficacia parece confirmarse en la práctica.

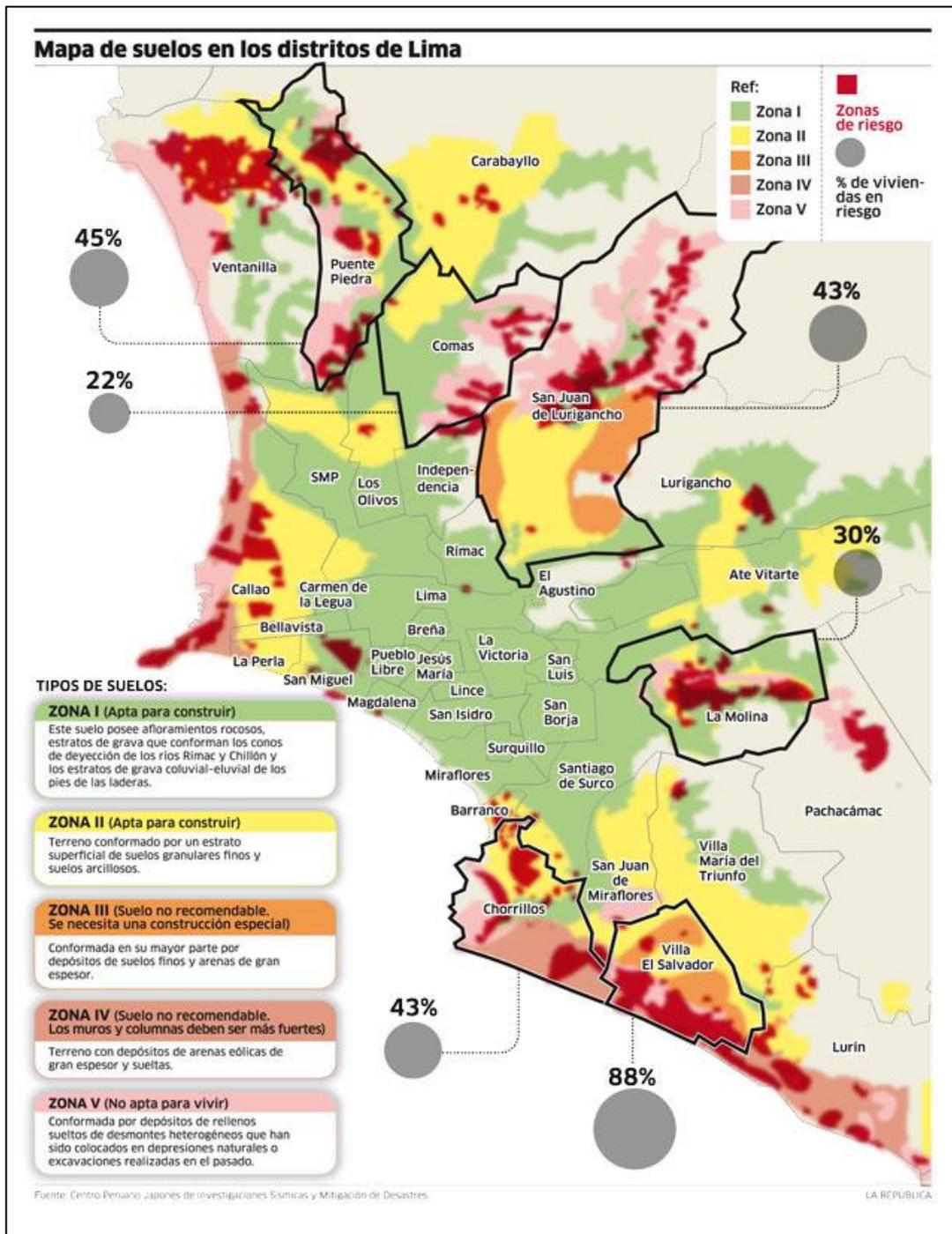


Figura 1. Mapa de suelos del distrito de Lima

Fuente: Centro Peruano Japonés de investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres – CISMID

Dentro de las técnicas de mejora de suelo se encuentran las técnicas de inyección, con objetivo de poder mejorar las propiedades del mismo. En el círculo de estas inyecciones existen las llamadas inyecciones por reemplazo o de Jet

Grouting, siendo su primera aplicación práctica en 1963 en la presa de Niazbeg (Pakistán).

Es una técnica de mejora del suelo en la que se inyecta una lechada de cemento en el suelo a alta velocidad, destruyéndolo y mezclándolo de manera homogénea, creando una columna de suelo-cemento en la parte interna del suelo con el fin de reforzarlo. (Muñoz Pereira, 2016, p. 7).

El uso del Jet Grouting nos posibilita insertar en el suelo componentes nuevos para formar una especie de columna y así obtener propiedades mejoradas del suelo. Sus aplicaciones se dan en gran variedad de proyectos en las cuales tenemos: cimentaciones, recalces, estabilización de hundimientos en carreteras, obras auxiliares para la construcción de túneles entre otras.

Esta investigación quiere analizar el uso de la técnica del Jet Grouting para suelos propensos a licuación causadas por acciones sísmicas, realizando los ensayos de laboratorio correspondientes.

El problema general de la investigación es ¿De qué manera la técnica del Jet Grouting influye en los suelos licuefactables de los pavimentos asfálticos del distrito de San Juan de Lurigancho, Lima 2018?, y los problemas específicos son:

¿De qué manera influye la dosificación del grout en la técnica del Jet Grouting para la mejora de propiedades de los suelos licuefactables de los pavimentos asfálticos del distrito de San Juan de Lurigancho?

¿De qué manera las propiedades del grout en estado líquido en la técnica del Jet Grouting mejora la estabilización del suelo en los pavimentos asfálticos del distrito de San Juan de Lurigancho?

¿De qué manera las propiedades del grout en estado sólido en la técnica del Jet Grouting reducen el riesgo de licuación en suelos de los pavimentos asfálticos del distrito de San Juan de Lurigancho?

Esta propuesta ayudará a tener un mayor conocimiento de la mejora de suelos usando la técnica Jet Grouting para mitigar el riesgo de licuación y posteriores

deformaciones estructurales en pavimentos. Siempre acorde el Reglamento de Carreteras del MTC.

La aplicación de esta técnica del como elemento estabilizador en la construcción de pavimentos contribuirá directamente a la gente, ya que la principal función de construir carreteras es la comunicación e interrelación entre centros poblados de todo el territorio nacional.

Económicamente esta aplicación pretende optimizar la construcción de pavimentos, y por ende significaría un ahorro económico al estado peruano, en cuanto a mantenimiento o reconstrucción de pavimentos.

En el aspecto ambiental, la certitud de poder realizar una correcta aplicación de este método reduciría las fallas de pavimentos y por consiguiente menos obras de mantenimiento con uso de material bituminoso en la carpeta asfáltica, ya que son contaminantes del medio ambiente, para así poder contribuir en el cuidado del planeta. Hace ya algunos años se busca el menor impacto ambiental en las obras de construcción.

El objetivo principal de la investigación es hallar la influencia de la técnica del Jet Grouting en los suelos licuefactables de los pavimentos asfálticos del distrito de San Juan de Lurigancho, Lima 2018, y los objetivos específicos son:

Identificar las mejoras de las propiedades de los suelos licuefactable de los pavimentos asfálticos mediante la dosificación del grout en la técnica del Jet Grouting en el distrito de San Juan de Lurigancho.

Identificar la mejora de la estabilización del suelo en pavimentos asfálticos mediante las propiedades del grout en estado líquido en la técnica del Jet Grouting en el distrito de San Juan de Lurigancho.

Identificar la reducción del riesgo de licuación en los suelos de los pavimentos asfálticos mediante las propiedades del grout en estado sólido en la técnica del Jet Grouting en el distrito de San Juan de Lurigancho.

La hipótesis general es la técnica del Jet Grouting influye como elemento estabilizador en los suelos licuefactables de los pavimentos asfálticos del distrito de San Juan de Lurigancho, Lima 2018.

La dosificación del grout en la técnica del Jet Grouting mejora las propiedades de los suelos licuefactables en los pavimentos asfálticos en el distrito de San Juan de Lurigancho.

Las propiedades del grout en estado líquido en la técnica del Jet Grouting mejora la estabilización del suelo en los pavimentos asfálticos del distrito de San Juan de Lurigancho.

Las propiedades del grout en estado sólido en la técnica del Jet Grouting reduce el riesgo de licuación de suelos en los pavimentos asfálticos del distrito de San Juan de Lurigancho.

II. MARCO TEÓRICO

Investigando antecedentes internacionales relacionados al tema de investigación encontramos en primer lugar a María Del Rocío Salcedo Campos (2016), en su tesis “Protección de los monumentos históricos en la construcción de la Línea 3 de Teu de Guadalajara”, para optar el Grado de Maestro de Ingeniería Civil en la Universidad Nacional Autónoma de México, cuyo **objetivo** fue analizar las protecciones para los monumentos históricos en la construcción del Tren Eléctrico Urbano Línea 3 de Guadalajara Jalisco estudiando los casos de Jet Grouting, surgiendo de la **problemática** en donde se requiere de esta técnica para poder salvaguardar la cimentación del Templo de San Francisco cuando trabaje la tuneladora. Finalmente se **concluyó** que la técnica del Jet Grouting puede aplicarse a diversos tipos de suelos, también se pudo observar que las columnas hechas por dicha técnica pueden tener un diámetro mucho mayor a lo esperado, por ende se debe tener en cuenta los parámetros de velocidad ascensional de la varilla y la presión de la lechada.

En segundo lugar, a Armijo Palacio y Hontoria García (2015), en su artículo “Diámetro de las columnas de jet grouting en función de las energías específicas

de perforación e inyección”, cuyo **objetivo** fue evaluar los diámetros de las columnas formadas por el jet grouting, surgiendo de la **problemática** que los diámetros de la columna en las pruebas in situ no daban el resultado esperado (columnas con diámetro). Finalmente se **concluyó** que los diámetros de las columnas se dan en base a la energía en la etapa de perforación y está relacionada directamente con las propiedades y tipos del suelo así como la energía en la etapa de inyección de lechada con los parámetros de tratamiento y tipo de jet.

Y en tercer lugar a Juan Francisco Muñoz Pereira (2016), en su tesis “Dimensiones de las columnas de inyección a alta velocidad (o Jet Grouting) y resistencia. Aplicación a un caso práctico”, para optar el Grado de Ingeniero Civil en la Universidad de Sevilla - España, cuyo **objetivo** fue exponer la técnica del Jet Grouting aplicada en un caso real, surgiendo de la **problemática** donde la presencia de asentamientos de los cimientos de una edificación está trayendo problemas estructurales. Finalmente se **concluyó** que la relación agua-cemento del diseño para las mezclas de la lechada es muy importante para que las columnas suelo-cemento mejoren su resistencia.

Seguidamente investigamos antecedentes nacionales, en primer lugar tenemos a Santiago Ortega Orcos, Salvador Sobrecases Marti y Francisco Javier Ruiz Chaparro (2016), en su artículo “Mejora de suelo mediante Jet Grouting para mitigar el riesgo de licuación en el Puente sobre el Río Quilca, Arequipa, Perú”, cuyo **objetivo** fue describir el uso de esta técnica en la subestructura de un puente justificando el por qué utilizaron dicha técnica frente a otras, surgiendo de la **problemática** que el suelo en donde está construido el puente se encuentra potencialmente propenso a licuación según estudios hechos por los autores. Finalmente se **concluyó** que estos tratamientos presentan ventajas como el mejorar el terreno tratado en cuanto a sus propiedades mecánicas y reducir el peligro a la licuación y sus efectos asociados. En sus recomendaciones sugiere, basada en sus estudios, trabajar con dosificaciones de lechada a/c 1:1, 0.8:1; usando agua con un pH neutro.

En segundo lugar a Luis Miguel Huidobro Chicoma (2015), en su tesis “Determinación del potencial de licuación de suelos en el casco urbano de la ciudad

de Picsi”, para optar el Grado de Ingeniero Civil en la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, esta investigación tiene como **objetivo** exponer mediante conceptos, estudios y ensayos el fenómeno de licuación en la ciudad de Picsi - Lambayeque; surgiendo de la **problemática** que dicha región está ubicada en una zona altamente sísmica en donde los suelos son afectados seriamente; por ende la principal causa de daños estructurales en cualquier tipo de obra. La investigación **concluye** con que aumentar la capacidad de drenaje del suelo puede disminuir el peligro de licuación o con una solución más efectiva, la densificación del suelo mediante inyecciones de agua, cemento y aditivos.

Y en tercer lugar a Carmen Esther Herrera de la Cruz (2019), en su tesis “Impermeabilización mediante inyecciones de cemento en macizo rocoso para evitar la surgencia de agua en explotación subterránea Cajamarca, 2019”, para optar el Grado de Ingeniero de Minas en la Universidad Privada del Norte, cuyo **objetivo** fue exponer una metodología para la inyección de lechada utilizando el criterio de penetración, surgiendo de la **problemática** donde se pueden originar filtraciones no controladas por la aparición de agua en el macizo rocoso que deberían ser selladas. Finalmente se **concluyó** que el diseño para la mezcla del grouting se dan en relación a las necesidades del suelo a estabilizar, con la finalidad de obtener una lechada resistente mejorando las condiciones de dicho suelo, es muy importante la dosificación del agua en la lechada y así obtener una mezcla estable y densa.

A continuación, se describen algunos temas para comprender este proyecto de investigación.

El suelo está conformado por la descomposición de rocas debido a los bruscos cambios de temperatura y la intervención de la humedad, aire y seres vivos; además es la capa superficial de la corteza terrestre.

Para el MTC (2013), “la investigación del suelo es de suma importancia tanto para conocer las características del suelo, como para diseñar correctamente la estructura del pavimento” (p. 29).

La clasificación del suelo según la norma ASTM D2487 es el SUCS, la cual se divide a los suelos en: partículas finas, partículas gruesas y orgánicas.

En este sistema encontraremos nomenclaturas de los suelos, y una lista de agrupaciones en relación a sus características físicas y al tamaño de sus partículas.

Suelos de partículas gruesas: se dividen en arena y gravas, sabiendo que si más de la mitad del material es retenido por el tamiz Nro. 4 pertenece al grupo de grava, caso contrario corresponderá al grupo arena.

Suelos de partículas finas: Se considera en este sistema los suelos que se dividen en arcillas y limos orgánicos (O) y limos inorgánicos (M). Subdividiéndose en dos grupos cada uno según su límite líquido. Por lo que si el límite líquido es mayor de 50 se agrega la letra "H", y si es menor la letra "L". Así tenemos:

- Limos y arcillas orgánicas de baja plasticidad - OL.
- Arcillas inorgánicas de baja o media plasticidad - CL.
- Limos inorgánicos ligeramente plásticos - ML.
- Arcillas inorgánicas de alta plasticidad - CH.
- Limos inorgánicos de alta plasticidad - MH.
- Arcillas y limos orgánicas de media o alta plasticidad - OH. (Ampuero Cayo, 2012, p. 20)

Para describir a un suelo necesitamos conocer:

- La estratigrafía
- Granulometría
- La composición química de las partículas
- Forma

Cualquier suelo puede evidenciar propiedades plásticas, líquidas o sólidas; por ende, para tener un estudio exacto de las verdaderas características físicas del terreno para un diseño de pavimentos necesitamos tener los siguientes estudios.

Estudios para que un suelo sea estable:

- Permeabilidad
- Compresibilidad
- Resistencia
- Estabilidad volumétrica
- Durabilidad (Ampuero Cayo , 2012 p. 20)

La licuefacción de suelos para el MTC (2018) es “la transformación a estado líquido del suelo que se encuentra en estado sólido” (p. 15). Es uno de los fenómenos más destructivos provocados por movimientos sísmicos.

Los pavimentos para el MTC (2013), “la estructura del pavimento posee distintas capas sobre la subrasante para distribuir y resistir los esfuerzos causados por diversas cargas. Conformada generalmente por carpeta de rodadura, base y subbase” (p. 23).

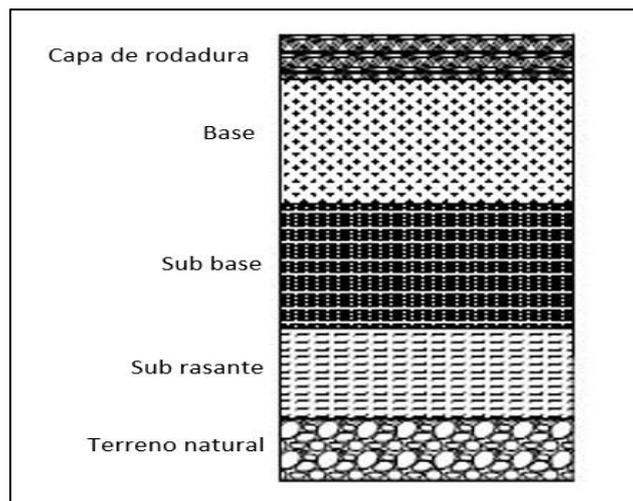


Figura 2. Estructura del pavimento
Fuente: Elaboración propia

Para mejorar las propiedades físicas del suelo se deben incorporar productos naturales, sintéticos o químicos. Se realizan generalmente en la subrasante pobre o inadecuada de un suelo, en ese caso son llamadas estabilización suelo asfalto, suelo cemento, suelo cal; por otro lado, al estabilizar una base o subbase granular para su mejora, son llamadas base o subbase granular tratada (MTC, 2013, p. 107).

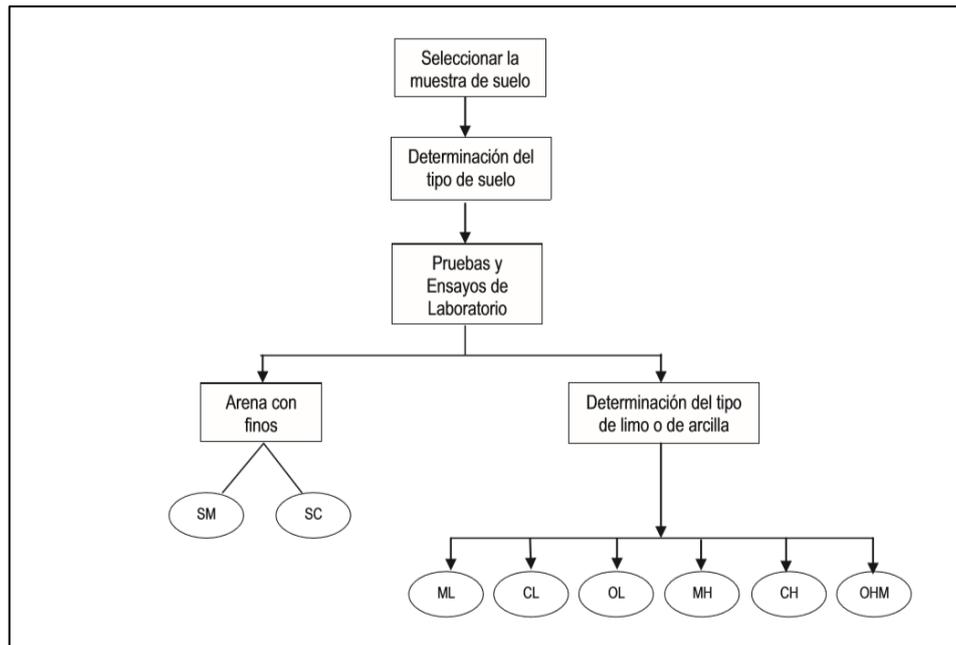


Figura 3. Proceso de Identificación del Tipo de Suelo
Fuente: Manual de Carreteras – MTC

Lo que se entiende en el Manual de Carreteras del MTC con respecto a la identificación del tipo de suelo es que tenemos que tener claro mediante ensayos de laboratorio, todos los que sean necesarios, que tipo de suelo es el que vamos a tratar de mejorar.

Es necesario conocer a que clasificación pertenecen las partículas de dicho suelo, realizando ensayos de granulometría, límite líquido y plástico, entre otros.

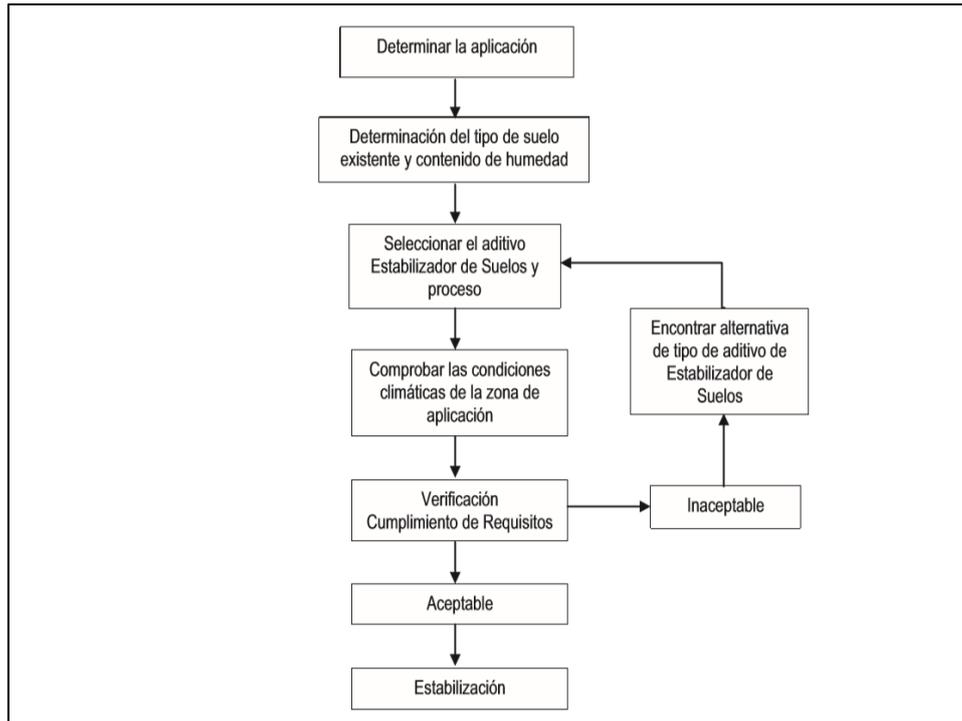


Figura 4. Proceso de selección del Tipo de Estabilización
Fuente: Manual de Carreteras – MTC

Lo que se entiende en el Manual de Carreteras del MTC con respecto a la selección del tipo de estabilización es que luego de conocer el suelo a mejorar con los respectivos ensayos debemos determinar qué tipo de estabilizador se debe usar, haciendo las investigaciones, verificaciones y ensayos necesarios; si el método a usar no es el indicado se deberá buscar otra alternativa como estabilizador.

El Jet Grouting es una técnica para desagregación del suelo poco compacta a alta presión, mezclándolo con lechada. Fundamentalmente se expulsa chorros de grout o lechada de cemento mediante inyecciones a altas velocidades, consiguiendo así la rotura del suelo y formando columnas dentro del mismo.

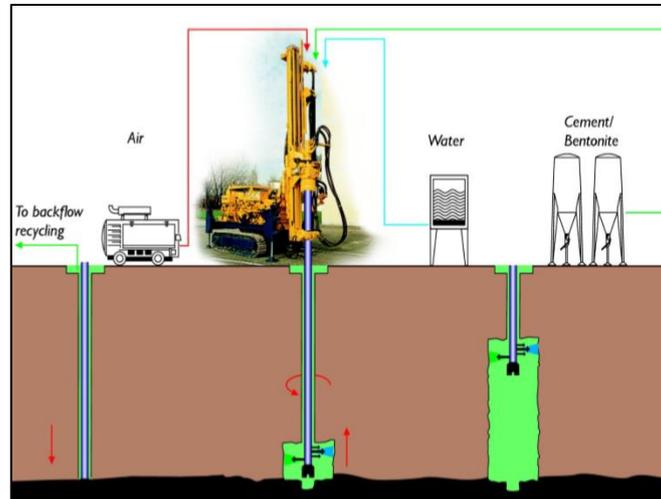


Figura 5. Jet Grouting
Fuente: Keller Grundbau GmbH

Para el uso de esta técnica se utilizarán las siguientes maquinarias:

- a. Bomba de Fluidos: Es un container con motores de 500 o 600 HP para poder transportar la lechada de cemento a mucha presión hacia la maquinaria perforadora.

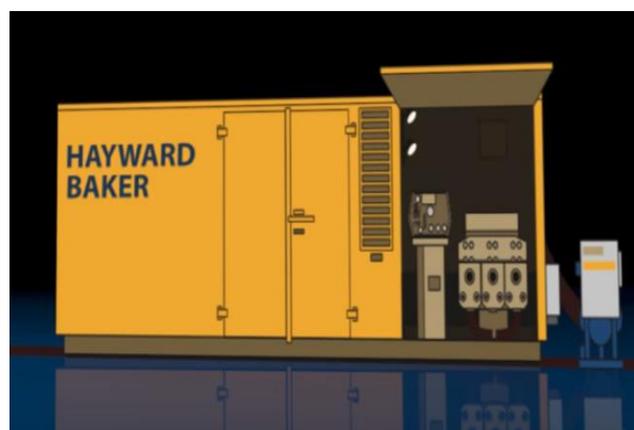


Figura 6. Bomba de Fluidos
Fuente: Keller Grundbau GmbH

- b. Planta de Lechada: Es una especie de tanque elevado donde se prepara la lechada de cemento que luego pasa por la bomba de fluidos para finalmente ser eyectada por el monitor de la varilla.



Figura 7. Planta de Grout
Fuente: Keller Grundbau GmbH

- c. Maquinaria: Son máquinas de perforación llamadas Track – Drill, dichas máquinas sujetan las varillas y perforan el suelo a tratar erosionando el suelo y mezclándolo con la lechada de cemento.



Figura 8. Maquinaria Track - Drill
Fuente: Keller Grundbau GmbH

d. Varillas: Son objetos con diámetros y longitudes establecidas según el sistema de Jet que se utilizará, son importantes junto al monitor para esta técnica.



Figura 9. Varillaje para Jet Grouting
Fuente: Talleres Segovia

e. Monitor: Objeto que se coloca al extremo de una varilla de perforación y es por donde sale la lechada de cemento.



Figura 10. Monitor para Jet Grouting
Fuente: Talleres Segovia

Como se mencionó antes, las varillas son parte importante en la técnica del Jet Grouting, es por eso que es importante conocer las características técnicas de dicho objeto (ver Tabla 1) según el sistema de jet que se va a utilizar.

Tabla 1. Características Técnicas del Varillaje

VARILLAJE PARA JET GROUTING - CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS						
Varillaje de alta calidad para Jet 1, Jet 2 y Jet 3.						
Varillas Soldadas por Fricción	Ø Exterior (mm)		Longitud (mm)			
JET 1	60	76	1000	1500	2000	3000
JET 2 y JET 3	90		1000	1500	2000	3000

Fuente: Talleres Segovia

Las características del Jet Grouting son:

- Produce mejoras mediante inyecciones de fluidos.
- Aumenta la resistencia del terreno y disminuye la permeabilidad del suelo tratado.
- Forma columnas de suelo cemento.
- Reduce el nivel de asentamientos.
- Reducción de deformaciones del suelo.

Las ventajas del Jet Grouting son:

- Aplicable en diversos tipos de suelos incluyendo arcillas y limos
- La capacidad de construir en espacios limitados.
- Es un método seguro
- Técnica veloz en comparación con los demás.
- Aplicable a grandes profundidades.

Las desventajas del Jet Grouting son:

- Genera grandes charcos de lechada en la superficie al usar este método.
- El costo por la aplicación de esta técnica es un poco elevado a comparación de los más comunes.

Las aplicaciones del Jet Grouting son:

- Recalces para cimentaciones de Edificaciones.
- Tapones de fondo.
- Prolongación de pantallas.
- Protección de estructuras frente a próximas excavaciones.
- Mejora de terreno para tramos de carreteras.
- Recalces para los pilares de puentes.
- Paraguas en túneles.

Dentro de los sistemas de Jet Grouting tenemos en primer lugar al sistema de fluido único que es cuando se usa un solo fluido que es la lechada de cemento.

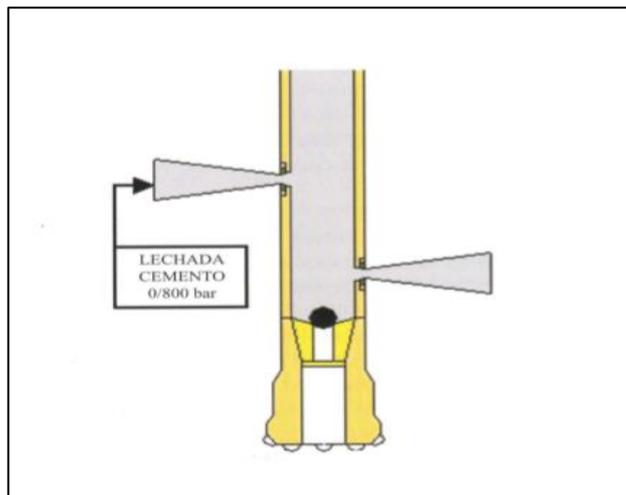


Figura 11. Esquema de jet simple
Fuente: Rodio Cimentaciones Especiales

En segundo lugar, tenemos al sistema de doble fluido (aire) que es cuando se usan dos fluidos en donde el primero es la lechada de cemento y el segundo es un chorro de aire a presión.

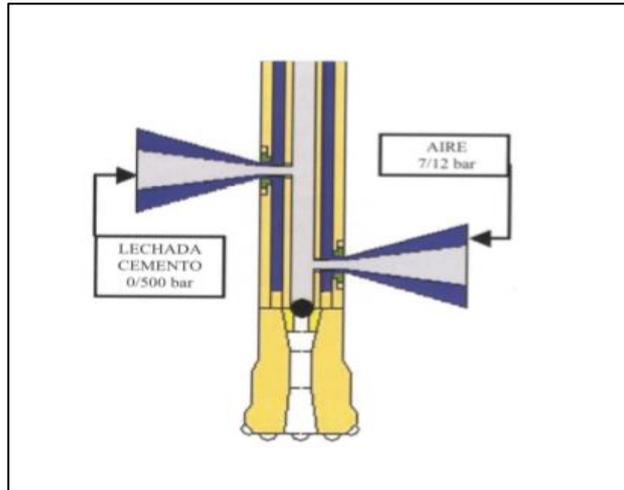


Figura 12. Esquema de jet doble con aire
Fuente: Rodio Cimantaciones Especiales

En tercer lugar, tenemos al sistema de doble fluido (agua) que es cuando se usan dos fluidos en donde el primero es la lechada de cemento y el segundo es un chorro de agua a presión alta.

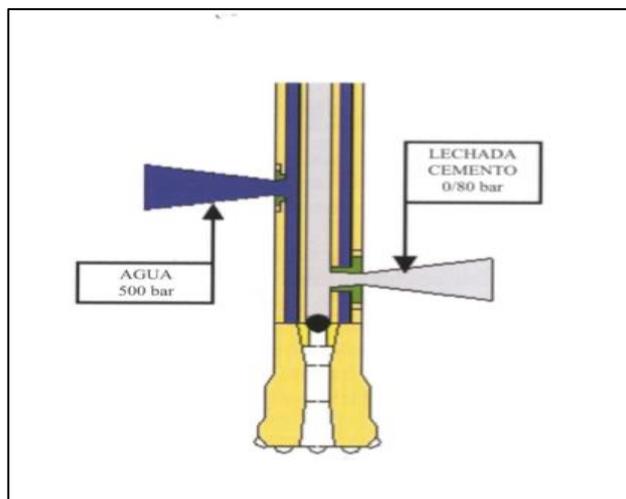


Figura 13. Esquema de jet doble con agua
Fuente: Rodio Cimantaciones Especiales

Y finalmente tenemos al sistema de triple fluido que es cuando se usan tres fluidos siendo el primero la lechada de cemento, el segundo un chorro de aire a presión y el tercero un chorro de agua a presión alta.

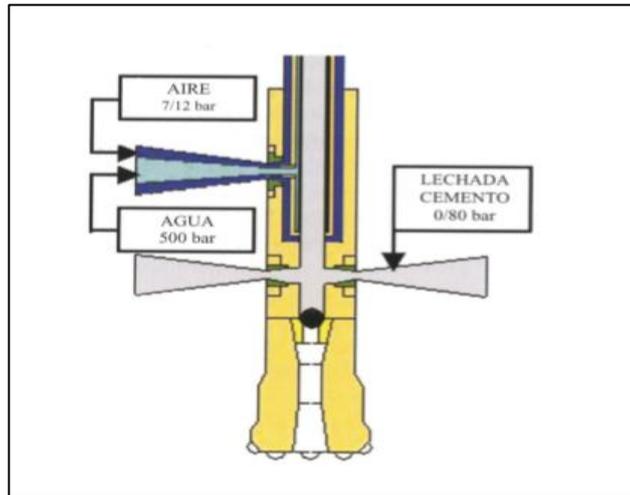


Figura 14. Esquema de jet triple
Fuente: Rodio Cimantaciones Especiales

El proceso constructivo para esta técnica comienza con la perforación del terreno hasta una cierta profundidad nos permita introducir la inyección en la zona del suelo a tratar. Luego se procede a inyectar los fluidos que cementarán el terreno y tendrán forma de columnas (Ampuero Cayo, 2012, p. 140).

En los parámetros con respecto a la inyección de la lechada, tenemos lo relacionado a la máquina (operativas: velocidad y presión de salida del grout, velocidad de giro y retiro de la varilla; mecánicas: longitud de varillaje, características del monitor), también contamos con las características de lechada (relaciones agua:cemento) (Ampuero Cayo, 2012, p. 142).

Con la estabilización del suelo por Jet Grouting, debemos saber las propiedades de las columnas de suelo cemento, como las propiedades del suelo, (coeficiente de permeabilidad, resistencia a compresión, tracción, cortante y el módulo de deformación) y también la geométrica como el diámetro de la columna creada.

El producto obtenido con la técnica del Jet Grouting depende de algunos factores como el tipo de jet, el grout (material a inyectar), velocidad de la varilla, etc. y en caso del terreno tenemos la granulometría, estructura, densidad (Ampuero Cayo, 2012, p. 144).

Cuando se elige la técnica del Jet Grouting como forma de tratamiento del suelo, se deben tener en cuenta los siguientes parámetros:

a) Información preliminar

Investigar y obtener información del terreno es de suma importancia, no sólo para esta técnica sino también para cualquier trabajo de estabilización de suelos:

- Obtener la información hidrogeológica mediante ensayos con la finalidad de conocer la consistencia del suelo.
- Todos los ensayos de laboratorios necesarios para saber la gradación del suelo, Límites de Atterberg, contenido de humedad.
- Realizar pruebas previas de esta técnica de inyección en campo para ajustar parámetros.

b) Elección del material a inyectar (grout)

La lechada normalmente está compuesta de agua y cemento en una relación de entre 0.5 a 1 con posibilidad de agregar aditivos. La elección del grout se hará dependiendo de los ensayos que se le realicen.

c) Selección de parámetros jet grouting

- Velocidad del motor de la bomba.
- Diámetro de la varilla para la salida del grout.
- Velocidad de giro de la varilla.
- Velocidad ascensional de la varilla.
- Características del grout.
- Propiedades del suelo (Ampuero Cayo, 2012, p. 146).

III. METODOLOGÍA

La presente investigación es considerada “cuantitativo”, debido a que usaremos la recolección de datos para probar las hipótesis, dichos datos serán resultados de ensayos hechos en laboratorio; además de tener un nivel “explicativa”, ya que se pretende explicar la relación causa-efecto entre dos variables.

3.1. Tipo y diseño de investigación

3.1.1. Tipo de investigación

De acuerdo a Palella y Martins (2010, p.12), “el tipo de investigación es la manera de dirigir la investigación”. La presente investigación es de tipo “aplicada”, porque se revisaron distintas fuentes de información para así poder aplicar los conocimientos obtenidos, teniendo en cuenta que la investigación busca estudiar las posibilidades de nuevas teorías para solucionar problemas de la vida real.

3.1.2. Diseño de investigación

Para los autores Palella y Martins (2010, p.11), mencionan que “el diseño de la investigación se elige para poder contestar problemas o dudas presentes en el estudio”. En base a lo mencionado la investigación será “experimental”, ya que determinaremos el efecto de la variable independiente sobre la dependiente.

3.2. Variables y operacionalización

Esta investigación presenta dos variables:

La variable independiente “Técnica del Jet Grouting”, es una técnica que fundamentalmente se expulsa chorros de grout o lechada de cemento mediante inyecciones a altas velocidades, consiguiendo así la rotura del suelo y formando columnas dentro del mismo” (Muñoz Pereira, 2016 pág. 7).

Y la variable dependiente “Suelos de los pavimentos asfálticos”, La investigación del suelo es muy importante tanto para conocer las características del suelo, como para diseñar correctamente la estructura del pavimento” (MTC, 2013 pág. 29).

Operacionalización de Variables

Tabla 2. Matriz de Operacionalización de variables

VARIABLES		DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
D E P E N D I E N T E	SUELOS DE LOS PAVIMENTOS ASFÁLTICOS	“La investigación del suelo es muy importante tanto para conocer las características del suelo, como para diseñar correctamente la estructura del pavimento” (MTC, 2013 pág. 29).	La variable suelos de los pavimentos asfálticos presenta tres dimensiones, éstas serán medidas mediante las normas que nos indica el manual de Especificaciones Técnicas Generales para Construcción (EG-2013) y ensayos.	GRANULOMETRÍA DEL SUELO	CLASIFICACIÓN SEGÚN SUCS
					CLASIFICACIÓN SEGÚN AASHTO
					CURVA GRANULOMÉTRICA
				LÍMITES DE CONSISTENCIA	LÍMITE LÍQUIDO
					LÍMITE PLÁSTICO
					ÍNDICE PLÁSTICO
				CAPACIDAD DE SOPORTAR CARGAS	DENSIDAD POR COMPACTACIÓN
CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO					
I N D E P E N D I E N T E	TÉCNICA DEL JET GROUTING	“Es una técnica que fundamentalmente se expulsa chorros de grout o lechada de cemento mediante inyecciones a altas velocidades, consiguiendo así la rotura del suelo y formando columnas dentro del mismo” (Muñoz Pereira, 2016 pág. 7).	La variable técnica del Jet Grouting presenta tres dimensiones, éstas serán medidas mediante los ensayos.	DISEÑO DE MEZCLAS (relación agua/cemento) PARA EL GROUT	DOSIFICACIÓN (a/c) - 1:1
					DOSIFICACIÓN (a/c) - 0.85:1
					DOSIFICACIÓN (a/c) - 0.73:1
				PROPIEDADES DEL GROUT EN ESTADO FRESCO	DENSIDAD
					SEDIMENTACIÓN
					FLUIDEZ
				PROPIEDADES DEL GROUT ENDURECIDO	TIEMPO DE FRAGUADO
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 28 DÍAS					

Fuente: Elaboración propia

3.3. Población, muestra y muestreo

3.3.1. Población

Para los autores Rodríguez, Ochoa y Pineda (2010), definen la población como conjunto o totalidad de elementos para su estudio.

En la presente investigación la población serán las carreteras del distrito de San Juan de Lurigancho siendo la avenida José Carlos Mariátegui la elegida a estudiar.

3.3.2. Muestra

Para Hernandez, Fernandez y Baptista (2010) mencionan que la muestra es un subconjunto de la población, es decir es una parte fielmente representativa de una población.

La muestra será un tramo de la avenida José Carlos Mariátegui ubicada en el distrito de San Juan de Lurigancho, dicho tramo comprende desde la cuadra 1 hasta el cruce con la avenida Héroes del Cenepa Oeste.

3.3.3. Muestreo

Con la finalidad de sintetizar el análisis, el muestreo acorta la población a sus elementos más representativos.

3.4. Técnicas e Instrumentos de recolección de datos

3.4.1. Técnicas

Son distintas maneras de adquirir la información. Las técnicas que se utilizó fueron: la observación, visitando el tramo de la avenida José Carlos Mariátegui en estudio, así como también las entrevistas y/o diálogos con los pobladores, las cuales ayudaron a la información obtenida para la realización de esta investigación.

3.4.2. Instrumentos de recolección de Datos

Para Arias, F. (2006) Un instrumento de recolección de datos es cualquier recurso del que el investigador pueda valerse para extraer información.

Durante el trabajo de investigación se usó: sitios de la web, revistas, tesis, manuales, fotografías, ensayos de laboratorio y todo lo que influya en mis variables y dimensiones.

3.5. Procedimientos

Para el desarrollo de esta investigación se aplicará la recolección de datos de la siguiente forma:

- Primeramente, mediante la observación y ayudado de instrumentos como páginas web, fotografías y noticias se escogió la avenida José Carlos Mariátegui ubicada en el distrito de San Juan de Lurigancho.
- Para la recolección de datos del suelo de dicha avenida se realizó la extracción de una muestra de terreno natural para someterlo a ensayos en laboratorio.
- Luego se propuso tres relaciones de cantidades agua – cemento para encontrar la dosificación correcta a inyectar para el tratamiento del suelo.
- Finalmente, con los ensayos hechos podremos demostrar la dosificación ideal para la inyección como elemento estabilizador mejorando sus propiedades.

La validez de la presente investigación se realizó con fuentes confiables, por ello se realizará ensayos de laboratorio durante el desarrollo del mismo. Los resultados serán validados por expertos

3.6. Métodos de análisis de Datos

En esta investigación, se usará un análisis ligado a la hipótesis donde cada hipótesis formulada debe ser objeto de verificación.

Se utilizarán:

- Revisión de documentos
- Investigación de campo
- Resultados de laboratorio

a) Ensayo de Granulometría

Con este ensayo se pretende determinar la distribución de un suelo según sus partículas por medio de tamices.

• Equipos y procedimiento

Se sigue la norma ASTM D6913 y se usaron los siguientes equipos.

- ✓ Tamices con fondo y tapa
- ✓ Balanza
- ✓ Horno
- ✓ Cepillo o escobillas
- ✓ Recipientes
- ✓ Cucharas

La muestra es lavada y secada en horno según norma de 18 a 24 horas y a una temperatura de $110 \pm 5^\circ\text{C}$.



Figura 17. La muestra de suelo es secada en horno en el laboratorio
Fuente: Elaboración propia

Lista la muestra, registramos su peso.

Luego se procede a verter la muestra en el juego de tamices, dando suaves golpes y/o sacudir los tamices hasta obtener peso en cada tamiz.



Figura 18. Los tamices a utilizar en el ensayo de granulometría
Fuente: Elaboración propia

Toda cantidad obtenida por tamiz debe ser pesada, también lo que quedó en el fondo, se deberá comparar el peso inicial con la sumatoria de pesos retenidos en los tamices en donde la diferencia no deberá ser mayor a 0.3%.

Finalmente se obtendrá la curva granulométrica, la clasificación según SUCS (son suelos con partículas gruesas si más de la mitad del material es retenida en la malla N°200 y son suelos con partículas finas si más de la mitad del material pasa la malla N°200) y la clasificación según AASTHO (son suelos granulares si el material que pasa el tamiz N°200 es menor o igual al 35% y son suelos limo - arcillosos si más del 35% del material pasa el tamiz N°200).

b) Ensayo de Límites de Atterberg

Con este ensayo se pretende determinar el límite plástico y líquido para poder hallar también el índice plástico.

- **Ensayo para determinar el Límite Líquido:**

Es el contenido de humedad, expresado en porcentaje del peso del suelo seco. (Norma ASTM 4318)

- **Equipos y procedimiento**

- ✓ Balanza
- ✓ Horno
- ✓ Cuchara de casa grande
- ✓ Muestra

Se deja secar la muestra.

Lista la muestra, se registra su peso inicial.

Con un martillo de goma se tritura la muestra.

La muestra a usarse debe haber pasado por el tamiz N°40, con la finalidad de separar limos y arcillas.

Una cantidad de muestra se deja reposar en agua destilada por 24 horas.

Transcurrido las 24 horas, se bate la muestra para eliminar el oxígeno.

Una porción de muestra se coloca en la copa o cuchara Casagrande, la copa se levanta y deja caer a razón de 2 golpes por segundo hasta que el surco se cierre 13mm, se debe llevar la cuenta de los golpes.

El proceso se realiza 4 veces, dos que pasen los 25 golpes y dos que no. Se anota el peso luego se lleva al horno y después de 24 horas se vuelve a pesar.



Figura 19. Copa o cuchara Casagrande
Fuente: Elaboración propia

- **Ensayo para determinar el Límite Plástico:**

Es la mínima humedad con la que el suelo tiene un comportamiento plástico.
(Norma ASTM 4318)

- **Equipos y procedimiento**

- ✓ Balanza
- ✓ Horno
- ✓ Agua destilada
- ✓ Muestra

Se debe secar la muestra para dejar la humedad natural.

La muestra a usarse debe haber pasado por el tamiz N°40, con la finalidad de separar limos y arcillas.

La muestra se deja saturar con agua destilada por 24 horas.

Transcurrido las 24 horas se bate la muestra para homogenizarla y hacerla consistente.

Luego con ayuda de la mano hacer tiras cilíndricas de 3mm.

Finalmente se lleva al horno por 24 horas y luego se vuelve a pesar.

c) Ensayo de Proctor Modificado

Este ensayo nos dará el conocimiento previo para tratar de mejorar las propiedades de un suelo, este ensayo es primordial para el ensayo de CBR.

- **Equipos y procedimiento**

- ✓ Molde de acero de 6pulg. de diámetro
- ✓ Martillo de 10lb (5kg)
- ✓ Tamices
- ✓ Cuchillo o regla para enrasar al molde

La muestra de suelo se seca, se tritura con un mazo de goma y se pasa por los tamices.

Se toma la muestra que pesa unos 36kg y se divide en porciones de 6kg cada una.

El molde junto a la base y sin el collar superior se pesan; se coloca el collar luego de ser pesado.

Parte del suelo se mezcla con una cierta cantidad de agua.

Aproximadamente se coloca la quinta parte de la mezcla anterior dentro del molde; su altura debe ser uniforme.

Se compacta el suelo en cinco capas una encima de otra. Cada capa recibe uniformemente 60 golpes del mazo.

Una vez compactada las capas se quita el collar y luego se enrasa la muestra, posteriormente se pesa.

Se retira el suelo del molde y se toma una muestra representativa del suelo compactado con un peso mínimo de 100 g, a partir de la cual se determina la humedad.

Para completar el ensayo se repite con las otras porciones de 6kg mezcladas con cantidades variables de agua.

e) Ensayo de CBR

Con este ensayo se pretende determinar la capacidad portante del suelo.

• Equipos y procedimiento

- ✓ Moldes de acero de 6pulg. de diámetro
- ✓ Balanza
- ✓ Disco separador
- ✓ Cuchillo o regla para enrasar al molde
- ✓ Pistón de penetración

Se continúa luego del ensayo de proctor modificado.

Este ensayo mide la carga que se necesita para penetrar un pistón a una velocidad fijada previamente en una muestra de suelo compactada después de haber estado sumergida cuatro días en agua como dicta la norma.



Figura 20. La muestra se sumerge durante 4 días según norma
Fuente: Elaboración propia

Para simular hipotéticamente la acumulación de humedad del suelo luego de la construcción, se sumerge la muestra (ver Figura 20). Luego de dicho proceso se penetra con un pistón conectado a un plotter pequeño generando una gráfica donde se verá la carga respecto la profundidad a la que ha penetrado el pistón en la muestra.



Figura 21. La muestra se penetra con un pistón
Fuente: Elaboración propia

La gráfica que se obtiene normalmente es una curva, recta en el tramo inicial y cóncavo hacia abajo en el final.

Ensayos para determinar la lechada de cemento a inyectar

Los siguientes ensayos son importantes para poder determinar la mezcla de agua y cemento a inyectar para la técnica del Jet Grouting.

a) Dosificación de los materiales para las mezclas

Se hace en relación a los materiales y la capacidad de la máquina mezcladora, en este caso se usó una licuadora cuyo vaso tiene una capacidad de 1.65 litros. Las proporciones de agua y cemento están en función de este volumen.

En las siguientes dosificaciones hallaremos la cantidad de agua y cemento. Las dosificaciones se hicieron con Cemento Andino ultra HS y agua destilada.

- Dosificación 1:1

Volumen que necesitamos = 1.65 lts.

Densidad (cemento) = 2.93 gr/cm³

Solución:

Número de bolsas = $1.65 / (42.5 \times 1 + 42.5 / 2.93) = 0.02894$

Cemento = $0.02894 \times 42.5 = 1.229 \text{ kg} = 1230 \text{ gr}$

Agua = 1230 gr = 1230 ml por ser la misma relación 1:1

- Dosificación 0.85:1

Volumen que necesitamos = 1.65 lts.

Densidad (cemento) = 2.93 gr/cm³

Solución:

Número de bolsas = $1.65 / (42.5 \times 0.85 + 42.5 / 2.93) = 0.03259$

Cemento = $0.03259 \times 42.5 = 1.3851 \text{ kg} = 1385 \text{ gr}$

Agua = $1385 \times 0.85 = 1177 \text{ ml}$

- Dosificación 0.73:1

Volumen que necesitamos = 1.65 lts.

Densidad (cemento) = 2.93 gr/cm³

Solución:

Número de bolsas= $1.65 / (42.5 \times 0.73 + 42.5 / 2.93) = 0.03624$

Cemento = $0.03624 \times 42.5 = 1.5402 \text{ kg} = 1540 \text{ gr}$

Agua = $1540 \times 0.73 \text{ gr} = 1124 \text{ ml}$



Figura 22. Materiales a usar para la lechada de cemento

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3. Ficha Técnica del Cemento Andino Ultra HS

FICHA TÉCNICA	
Atributos	Detalles
Marca	Cemento Andino
Tipo	HS
Peso	42.5 kg.
Color	Gris
Usos y aplicaciones	Para estructuras sólidas y obras civiles que requieran propiedades resistentes al salitre, la humedad, agua de mar y agregados álcali reactivos.
Recomendaciones	Evitar almacenar en pilas de más de 10 bolsas para evitar compactación.
Características	Resistencia a la compresión. Desarrolla un adecuado tiempo de fraguado. Cemento hidráulico tipo HS y MH. Fraguado final en 305 min.

Fuente: Maestro

b) Ensayo de Densidad

La densidad de una mezcla de inyección recién hecha se determina:

- **Equipos y procedimiento**

- ✓ Probeta de 1000ml
- ✓ Balanza

Con una probeta a 1000 ml, y luego pesada en una balanza.

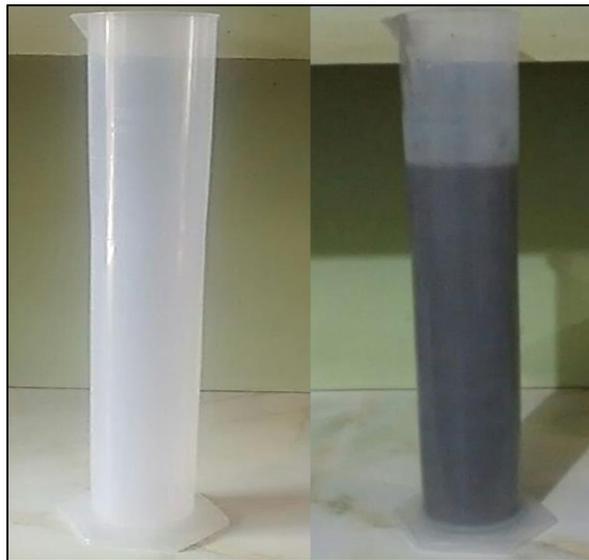


Figura 23. Ensayo de Densidad
Fuente: Elaboración propia

c) Ensayo de Sedimentación

Es un proceso donde las partículas de cemento de la mezcla se condensan en el fondo de la probeta por efecto de la gravedad.

- **Equipos y procedimiento**

- ✓ Probeta de 1000ml
- ✓ Regla o centímetro

El ensayo se realiza en una probeta de 1000 ml y el factor de sedimentación lo hallamos por la relación h/H en porcentaje, donde “H” es la altura inicial de la mezcla y “h” es la altura de agua libre en la probeta luego de reposar 2 horas.

Se obtiene información sobre la estabilidad de la lechada, es importante conocer los datos ya que la inyectabilidad de la lechada depende de este factor. Las mezclas con hasta 5% de sedimentación son consideradas estables.



Figura 24. Ensayo de Sedimentación
Fuente: Elaboración propia

d) Ensayo de Fluidiez

La Fluidiez de Marsh, es el tiempo (segundos) que demora en pasar una mezcla por el cono de Marsh, que es una especie de embudo normado, esta fluidiez influye mucho en la inyectabilidad de las mezclas.

- **Equipos y procedimiento**

- ✓ Cono de Marsh
- ✓ Probeta de 1000ml.

Este ensayo se realiza colocándose la mezcla en el cono de Maesh, instrumento que parece una especie de embudo (ver Figura 25), y anotándose el tiempo necesario para pasar la mezcla. Se realiza tres pasadas por cada mezcla y finalmente se saca el promedio de los tiempos en segundos.



Figura 25. Ensayo de Fluidez con el Cono Marsh
Fuente: Elaboración propia

e) Ensayo de Tiempo de Fraguado

Es determinado con la Aguja Vicat:

- **Equipos y procedimiento**

- ✓ Aguja de Vicat

Es considerado inicio de fragua cuando la aguja estandarizada (ver Figura 26) entra en contacto con el cemento hasta que pierda fluidez y deje de ser plástica; y es el final de fragua desde que termina el fraguado inicial hasta que la mezcla comience a ganar resistencia (endurecimiento).



Figura 26. Ensayo de Tiempo de Fraguado con la aguja Vicat
Fuente: Elaboración propia

f) Ensayo de Resistencia a la compresión

- **Equipos y procedimiento**

- ✓ Briquetas de la mezcla
- ✓ Prensa de compresión

En este ensayo se toman muestras (probetas) y se ensayan con una máquina uniaxial calibrada para ensayos de compresión. Las probetas son iguales al del concreto, sólo que son de menor tamaño.



Figura 27. Probetas con lechada de cemento
Fuente: Elaboración propia



Figura 28. Máquina de ensayo uniaxial
PROETI
Fuente: Elaboración propia

3.7. Aspectos éticos

El presente proyecto de investigación busca respetar el derecho de autoría de las fuentes usadas.

Durante el proceso de la investigación será revisado por el asesor y mediante el software Turnitin, el cual nos dará un informe de originalidad del trabajo.

IV. RESULTADOS

Granulometría – ASTM 6913

Tabla 4. Resultados del ensayo de granulometría (GRANO > No. 4)

w ₀ =	770.2 g		GRANO > No. 4			
Mallas A.S.T.M.	PESO TOTAL DE LA MUESTRA					% Que Pasa T1 x 100
	GRM					
	Luz Tamiz En mm.	Retenido en g	% Parcial Retenido	% Acumulado Retenido		
3"	76.200	0.0	0.0	0.0	100.00	
2 1/2"	63.500	0.0	0.0	0.0	100.00	
2"	50.800	0.0	0.0	0.0	100.00	
1 1/2"	38.100	0.0	0.0	0.0	100.00	
1"	25.400	0.0	0.0	0.0	100.00	
3/4"	19.000	0.0	0.0	0.0	100.00	
1/2"	12.700	0.0	0.0	0.0	100.00	
3/8"	9.600	5.0	0.6	0.6	99.40	
No. 4	4.760	4.9	0.6	1.3	98.70	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5. Resultados del ensayo de granulometría (GRANO < No. 4)

w ₁ =	760.3 g		GRANO < No. 4			
Mallas A.S.T.M.	PESO TOTAL DE LA MUESTRA					% Que Pasa T1 x 100
	GRM					
	Luz Tamiz En mm.	Retenido en g	% Parcial Retenido	% Acumulado Retenido		
No. 4	4.760					
10	2.000	15.6	2.0	3.3	96.69	
20	0.840	66.2	8.6	11.9	88.09	
40	0.420	142.0	18.4	30.3	69.66	
60	0.250	119.6	15.5	45.9	54.13	
80	0.177	57.6	7.5	53.3	46.65	
100	0.149	28.1	3.6	57.0	43.00	
200	0.074	37.2	4.8	61.8	38.17	
F		294.00	38.2	100.0	0.00	

Fuente: Elaboración propia.

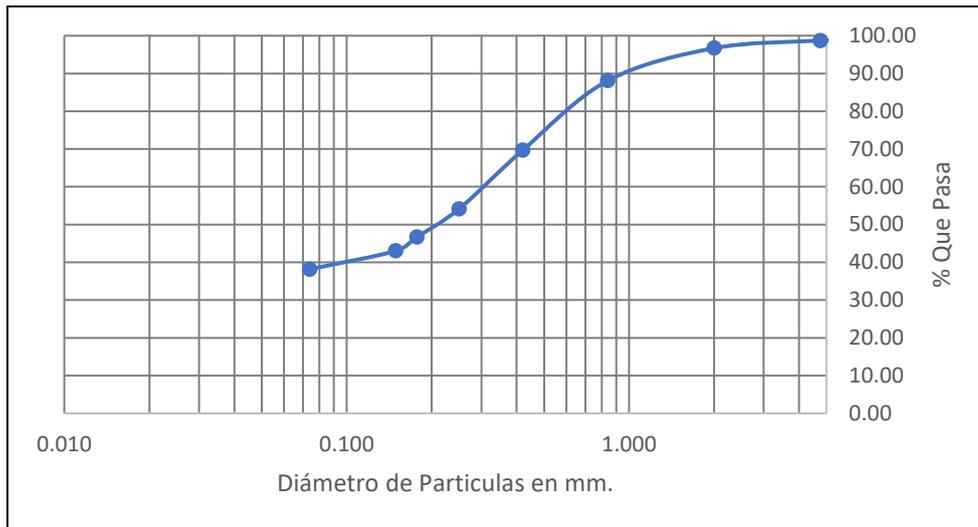


Figura 29. Curva granulométrica
Fuente: Elaboración propia

Interpretación: El ensayo dio como resultado que el suelo está compuesto de arenas arcillosas (SC) según SUCS y gravas arenas limosas y arcillosas (A-2-6) según AASHTO, también presenta un 38.17% de finos y solo un 1.29% de grava, se determinó que la muestra proviene de un suelo mal graduado, muy uniforme y plástico.

Este material arenoso arcilloso son los más propensos a sufrir el fenómeno de licuación y de ahí mi propuesta de usar la técnica del jet grouting para contrarrestar este problema.

Límites de Atterberg – ASTM D 4318

Se obtuvieron los siguientes resultados del laboratorio:

Tabla 6. Resultados del ensayo límite líquido y plástico

LIMITE LIQUIDO =	32
LIMITE PLASTICO =	20

INDICE PLASTICO =	12
-------------------	----

Fuente: Elaboración propia

Tabla 7. Clasificación de suelos según índice de plasticidad

Clasificación de suelos según Índice de Plasticidad		
Índice de Plasticidad	Plasticidad	Característica
IP > 20	Alta	suelos muy arcillosos
IP ≤ 20 IP > 7	Media	suelos arcillosos
IP < 7	Baja	suelos poco arcillosos
IP = 0	No Plástico (NP)	suelos exentos de arcilla

Fuente: Manual de Carreteras – MTC

Interpretación: Con este ensayo hemos podido hallar el valor del índice plástico que es igual a 12 (ver Tabla 6) para poder clasificar al suelo según su plasticidad. Según la Tabla N°7, obtenida del Manual de Carreteras del MTC, podemos afirmar que nuestro suelo tiene una plasticidad media y también nos da como característica que es suelo arcilloso.

Según el MTC, en un suelo con contenido de arcilla, de acuerdo a su magnitud, puede ser muy riesgoso en un suelo de subrasante y en una estructura de pavimento, debido sobre todo a su gran sensibilidad al agua.

Proctor Modificado – ASTM D 1557

Tabla 8. Resultados del ensayo compactación

ENSAYO DE COMPACTACION					
VOLUMEN DEL MOLDE:	915 cm ³	PESO DEL MOLDE:			4215 g
NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4
PESO DEL MOLDE + MUESTRA (g)		5968	6040	6106	6105
PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA (g)		1753	1825	1891	1890
DENSIDAD HUMEDA (g/cm ³)		1.92	1.99	2.07	2.07
DENSIDAD SECA (g/cm ³)		1.777	1.820	1.846	1.825

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 9. Resultados de contenido de humedad

CONTENIDO DE HUMEDAD (%)				
TARRO N°.	1	2	3	4
PESO DEL TARRO + SUELO HUMEDO (g)	714.00	934.00	904.00	1072.00
PESO DEL TARRO + SUELO SECO (g)	672.00	862.00	821.00	958.00
PESO DE AGUA (g)	42.00	72.00	83.00	114.00
PESO DEL TARRO (g)	134.00	110.00	128.00	92.00
PESO DEL SUELO SECO (g)	538.00	752.00	693.00	866.00
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	7.81	9.57	11.98	13.16
DENSIDAD MAXIMA SECA	1.847 g/cm ³	HUMEDAD OPTIMA		11.70%

Fuente: Elaboración propia.

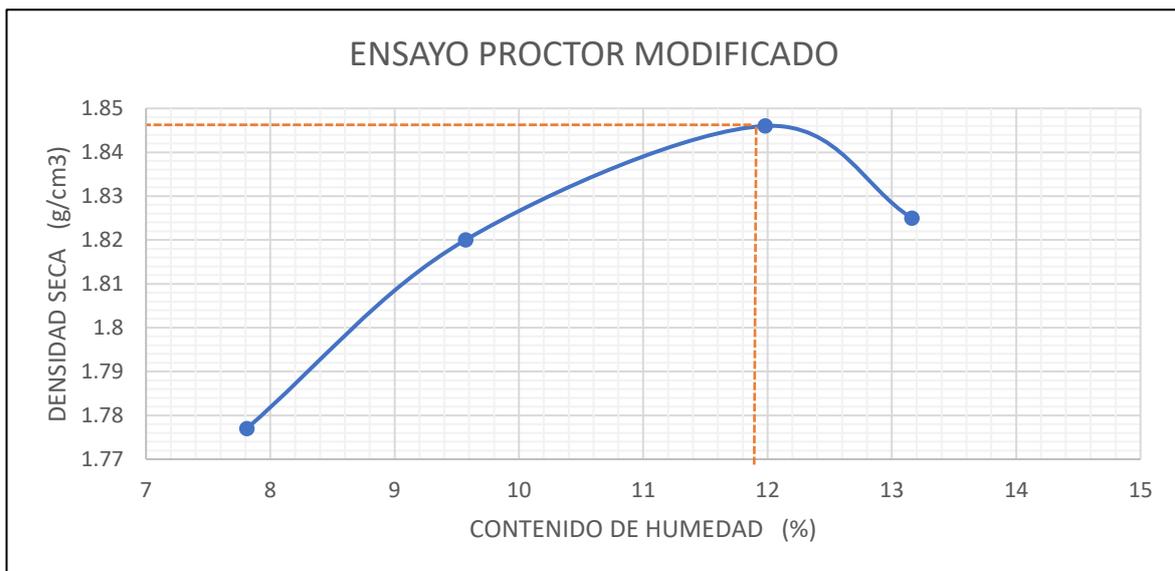


Figura 30. Curva entre la densidad seca y el contenido de humedad

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación: Este ensayo nos da como resultado la Máxima Densidad Seca que es 1.847 g/cm³ y el Óptimo Contenido de Humedad que es 11.70% (ver Tabla 9), estos datos son de mucha importancia para buscar mejorar las propiedades de resistencia del suelo. Dicho ensayo es esencial para luego poder hallar la capacidad portante del suelo con el ensayo de C.B.R.

California Bearing Ratio (C.B.R.) – ASTM D 1883

Tabla 10. Resultados preliminares de compactación

ENSAYO PRELIMINAR DE COMPACTACION	
METODO	A
MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm ³)	1.847
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	11.70

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 11. Resultados de compactación por moldes

COMPACTACION DE MOLDES			
MOLDE N°	I	II	III
N° DE CAPAS	5	5	5
NUMERO DE GOLPES/CAPA	56	25	10
DENSIDAD SECA (gr/cm ³)	1.847	1.760	1.580
CONTENIDO DE HUMEDAD	11.70	11.70	11.70

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 12. Resultados de C.B.R.

CUADRO C.B.R. PARA 0.1 PULG. DE PENETRACION				
MOLDE N°	PENETRACION (pulg.)	PRESION APLICADA (lbgr/pulg ²)	PRESION PATRON (lb/pulg ²)	CBR %
I	0.1	289	1000	28.9
II	0.1	173	1000	17.3
III	0.1	73	1000	7.3

C.B.R. para el 100% de la M.D.S.:	28.9
C.B.R. para el 95% de la M.D.S.:	16.9

Fuente: Elaboración propia.

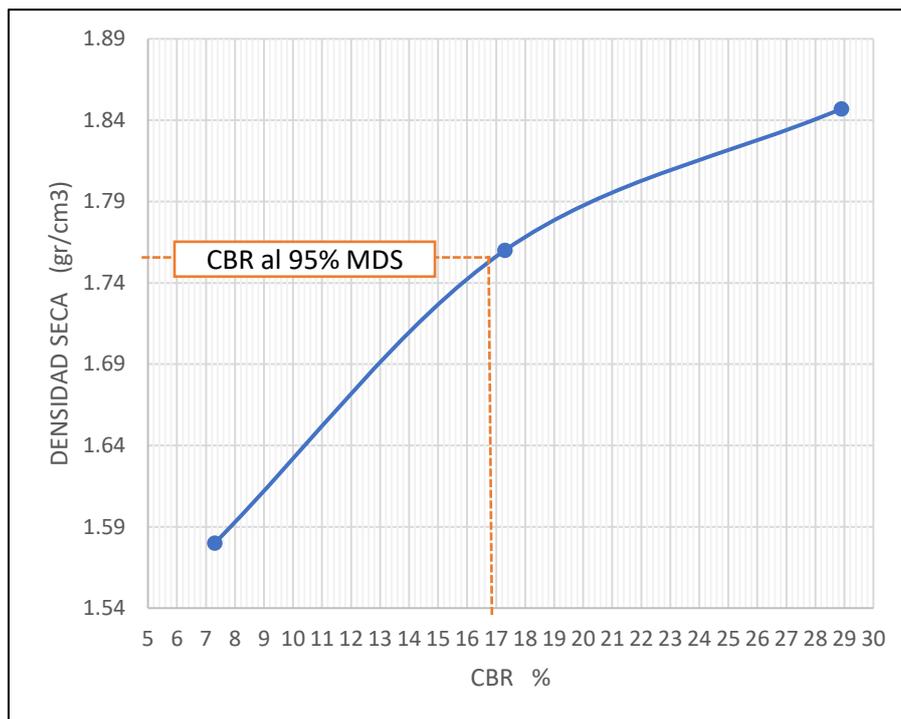


Figura 31. Curva entre la densidad seca y el CBR
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 13. Categorías de subrasante

CATEGORÍAS DE SUBRASANTE	CBR
Subrasante Inadecuada	CBR < 3%
Subrasante Pobre	De CBR ≥ 3% A CBR < 6%
Subrasante Regular	De CBR ≥ 6% A CBR < 10%
Subrasante Buena	De CBR ≥ 10% A CBR < 20%
Subrasante Muy Buena	De CBR ≥ 20% A CBR < 30%
Subrasante Extraordinaria	CBR ≥ 30%

Fuente: Manual de Carreteras - MTC

Interpretación: Este ensayo nos da como resultado la capacidad portante del suelo, es decir la resistencia del suelo en la cual nos da un CBR de 16.9%, según las categorías de subrasante con respecto al CBR (ver Tabla 13) descritas en el Manual de Carreteras del MTC nuestro suelo se ubica en la categoría “subrasante buena”, el manual también nos dice que cuando la subrasante es buena o regular, el nivel superior de la subrasante tiene que estar como mínimo 0.80m. sobre el nivel de la napa freática; sin embargo también nos hace de conocimiento que al ser materiales arcillosos o limosos hay que tener un especial cuidado, ya que estos

materiales como antes mencionados son altamente riesgosos y más con la presencia del agua debido que sus partículas al humedecerse pierde capacidad de resistencia y se produce el fenómeno de licuación porque el agua empieza a escalar hasta la superficie destruyendo la calzada y demás construcciones de la zona dañada. Por lo investigado, según la página web de la municipalidad de San Juan de Lurigancho y documentos de Sedapal el distrito de San Juan de Lurigancho en general sufre de licuación, es por lo cual se busca distintos estabilizadores de suelos para poder mitigar dicho fenómeno.

Densidad – (ASTM 4380)

Tabla 14. Resultados del Ensayo de Densidad

RESULTADOS				
MEZCLA N°	DOSIFICACIÓN EN PESO		HORA PREP.	DENSIDAD (gr/cm ³)
	A	: C		
MATERIALES: CEMENTO ANDINO ULTRA HS Y AGUA DESTILADA				
1	1	: 1	08:00	1.45
2	0.85	: 1	10:30	1.52
3	0.73	: 1	13:00	1.57

Fuente: Elaboración propia.

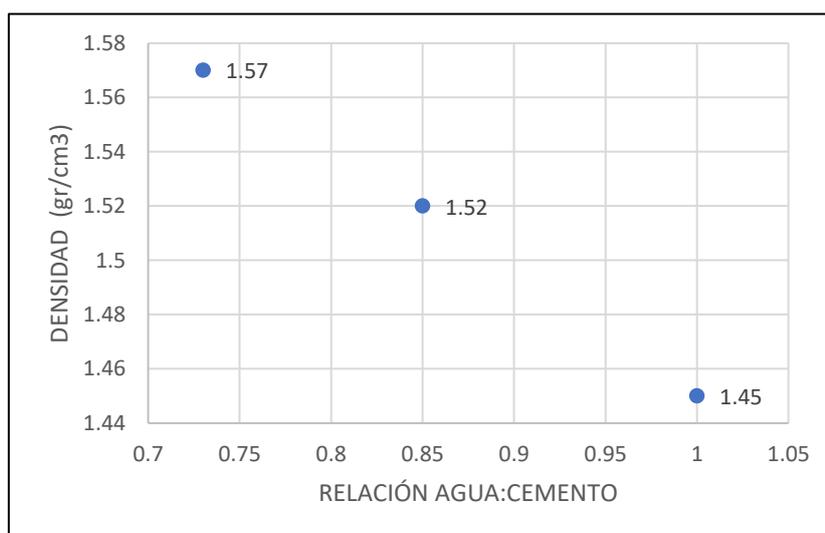


Figura 32. Variación de Densidad con el cemento Andino Ultra HS
Fuente: Elaboración propia.

Interpretación: En la Figura 32 se puede apreciar la variación de la densidad con respecto a la relación agua:cemento, La mezcla que se busca debe ser densa y a la vez estable, ya que será sometida a presión por la varilla de jet grouting, los resultados de estos ensayos son mezclas densas trabajables es por eso que se debe seguir analizando los ensayos a continuación para elegir la correcta dosificación.

Sedimentación – (ASTM C243)

Tabla 15. Resultados del Ensayo de Sedimentación

RESULTADOS						
MEZCLA N°	DOSIFICACIÓN EN PESO		HORA PREP.	SEDIMENTACION		
	A	: C		INICIO	FINAL	%
MATERIALES PARA LAS MEZCLAS: CEMENTO ANDINO ULTRA HS Y AGUA DESTILADA						
1	1	: 1	08:00	08:03	10:03	13.7
2	0.85	: 1	10:30	10:32	12:32	10.3
3	0.73	: 1	13:00	13:02	15:02	4.4

Fuente: Elaboración propia.

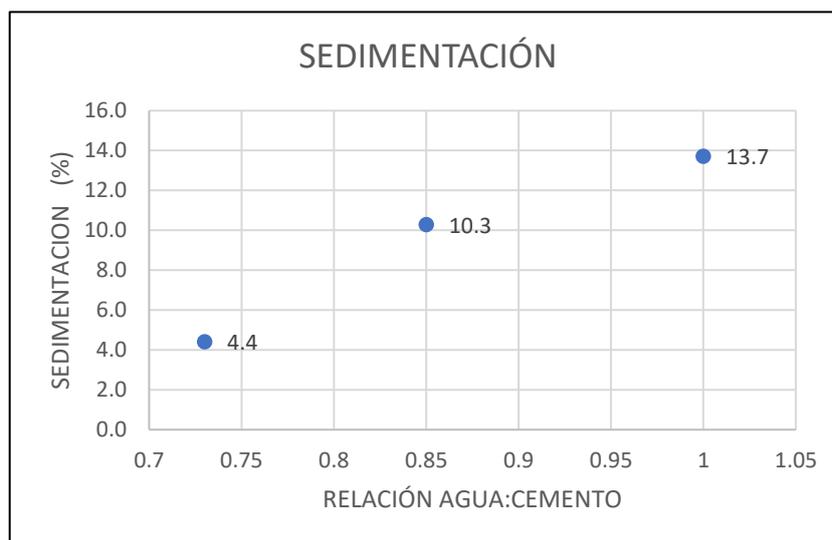


Figura 33. Variación de Sedimentación con el cemento Andino Ultra HS

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación: El ensayo de sedimentación nos permite conocer las mezclas con la apropiada estabilidad para la inyección. En la Figura 33 se puede observar la variación de la sedimentación en función a la relación agua:cemento, en donde a menor relación de a/c menor sedimentación y a mayor relación a/c mayor sedimentación.

Fluidez – (ASTM D6910)

Tabla 16. Resultados del Ensayo de Fluidez

MEZCLAS	RELACION A/C		TIEMPO PROMEDIO
1	1/1	1	8.61
2	0.85/1	0.85	9.26
3	0.73/1	0.73	9.05

Fuente: Elaboración propia.

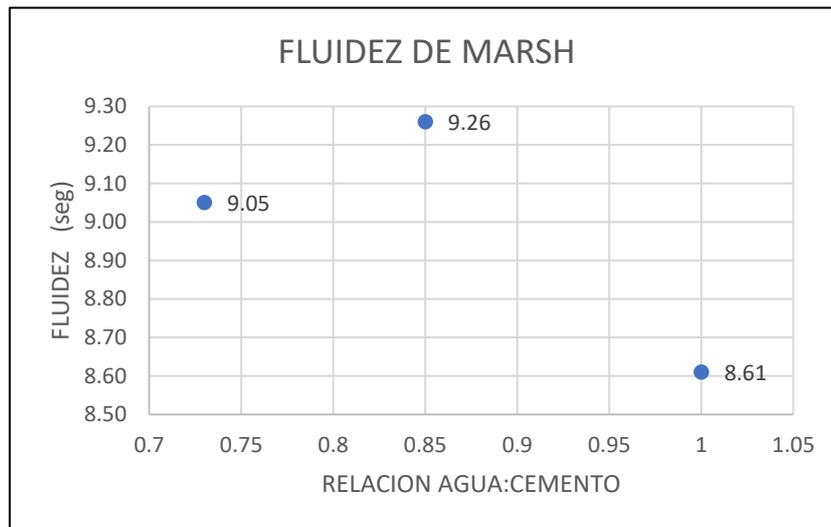


Figura 34. Variación de Fluidez con el cemento Andino Ultra HS
Fuente: Elaboración propia.

Interpretación: Este ensayo nos da como datos la fluidez por cada dosificación de mezcla, es decir de la relación agua:cemento. Se puede observar en la Figura 34 que la relación 0.85/1 de a/c es la más fluida y la relación 1/1 de a/c se toma más segundos que las otras dos, pero la relación 0.73/1 de a/c tiene menos fluidez que

la relación 0.85/1 y más que la relación de 1/1; se puede decir que a menos agua y más cemento la mezcla fluye más que una dosificación de igual agua y cemento, que es lo que se busca para las inyecciones.

Gráfico de Inyectabilidad

Este gráfico es muy importante para el uso de la técnica del Jet-Grouting, ya que se buscan mezclas más fluidas con mejores características de estabilidad.

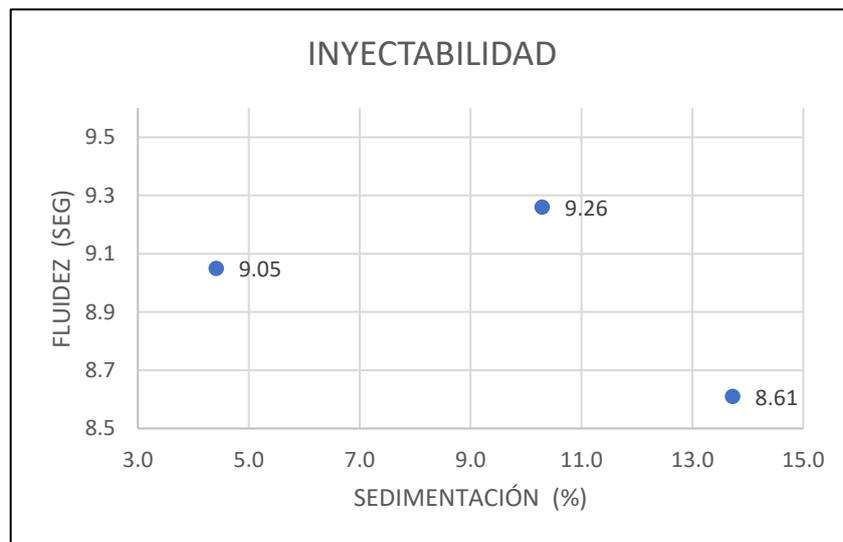


Figura 35. Inyectabilidad con el cemento Andino Ultra HS
Fuente: Elaboración propia

Interpretación: En el gráfico de inyectabilidad (ver Figura 35) se puede observar que a menor sedimentación mayor fluidez y por ende mejor inyectabilidad para esta técnica del jet grouting, siendo la relación 1/1 de a/c la menos indicada para la inyección.

Tiempo de Fraguado – (ASTM C191)

Tabla 17. Resultados del Ensayo de Tiempo de Fraguado

MEZCLAS	RELACION A/C		FRAGUA (min)	
			INICIO	FINAL
1	1/1	1	640	970
2	0.85/1	0.85	585	930
3	0.73/1	0.73	530	875

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Este ensayo nos permite conocer el tiempo en que la mezcla comienza a perder plasticidad para endurecerse, como se puede apreciar en la Tabla 17 la tendencia del tiempo de fraguado es a disminuir con respecto a la reducción del agua en las dosificaciones de las mezclas.

Resistencia a Compresión – (ASTM C349)

Con este ensayo se podrá apreciar la resistencia a la compresión de cada probeta a los 7, 14 y 28 días; se realizó 3 probetas por cada diseño de mezcla (la “lechada 100” es la dosificación 1:1 de a:c la “lechada 085” es la dosificación 0.85:1 de a:c, la “lechada 0.73” es la dosificación 0.73:1 de a:c).

Ensayo de Compresión - 7 días

Tabla 18. Resultados del Ensayo de Compresión a los 7 días

ENSAYO DE COMPRESIÓN - 7 DÍAS									
N°	IDENTIFICACION DE MUESTRAS	FECHAS DE EXTRACCION	DIAMETRO (cm)	ALTURA (cm)	AREA (cm ²)	CARGA (kg)	FACTOR DE CORRECCION (Alt./Diam.)	RESIST. A LA COMPRESION (kg/cm ²)	TIPO DE FALTA
1	LECHADA 100	22/10/2019	10.07	16.4	79.6	3907	0.97	48	TIPO 3
2	LECHADA 085	22/10/2019	10.09	18.6	80.0	4150	1.00	52	TIPO 4
3	LECHADA 073	22/10/2019	10.11	20.0	80.2	8975	1.00	112	TIPO 3

Fuente: Elaboración propia.

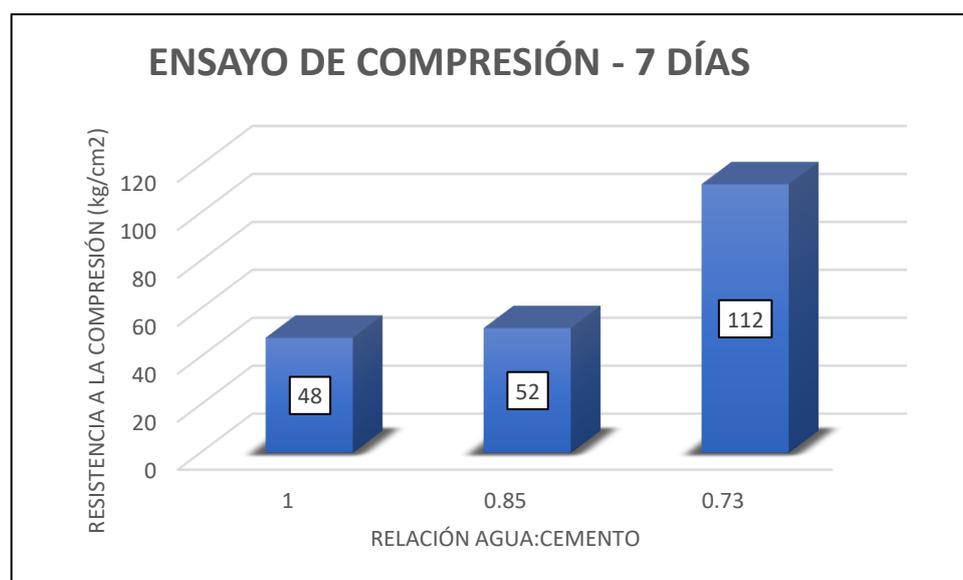


Figura 36. Gráfico de barras de la resistencia a la compresión a los 7 días

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: En la Tabla 18 y en la Figura 36 se puede ver las variaciones de la resistencia a compresión a los 7 días en función a la relación agua/cemento, según el ensayo la resistencia va aumentando, es decir entre menos agua y más cemento

la lechada es más resistente, también se pudo observar que la relación 0.73:1 de a:c es mucho mayor a las dos restantes.

Ensayo de Compresión - 14 días

Tabla 19. Resultados del Ensayo de Compresión a los 14 días

ENSAYO DE COMPRESIÓN - 14 DÍAS									
N°	IDENTIFICACION DE MUESTRAS	FECHAS DE EXTRACCION	DIAMETRO (cm)	ALTURA (cm)	AREA (cm ²)	CARGA (kg)	FACTOR DE CORRECCION (Alt./Diam.)	RESIST. A LA COMPRESION (kg/cm ²)	TIPO DE FALTA
1	LECHADA 100	22/10/2019	10.0	16.4	78.6	7767	1.64	98.8	TIPO 3
2	LECHADA 085	22/10/2019	10.0	18.2	78.8	8912	1.82	113.1	TIPO 3
3	LECHADA 073	22/10/2019	10.1	19.5	79.3	10216	1.94	128.8	TIPO 3

Fuente: Elaboración propia.

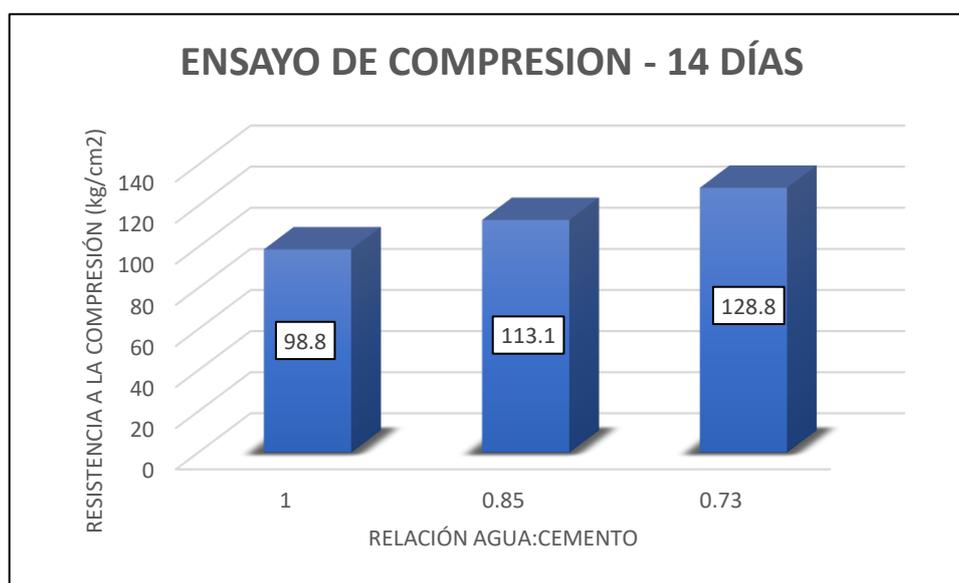


Figura 37. Gráfico de barras de la resistencia a la compresión a los 14 días

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: En la Tabla 19 y en la Figura 37 se puede ver las variaciones de la resistencia a compresión a los 14 días en función a la relación agua/cemento, según el ensayo la resistencia va aumentando, pero esta vez se observa que la resistencia no varía mucho entre diseños de mezcla.

Ensayo de Compresión - 28 días

Tabla 20. Resultados del Ensayo de Compresión a los 28 días

ENSAYO DE COMPRESIÓN - 28 DÍAS						
N ^o	IDENTIFICACION DE MUESTRAS	FECHAS DE EXTRACCION	AREA (cm ²)	CARGA (kg)	RESIST. A LA COMPRESION (kg/cm ²)	TIPO DE FALLA
1	LECHADA 100	22/10/2019	77.0	5441	71	TIPO 3
2	LECHADA 085	22/10/2019	77.4	5623	73	TIPO 3
3	LECHADA 073	22/10/2019	77.8	5303	68	TIPO 3

Fuente: Elaboración propia.

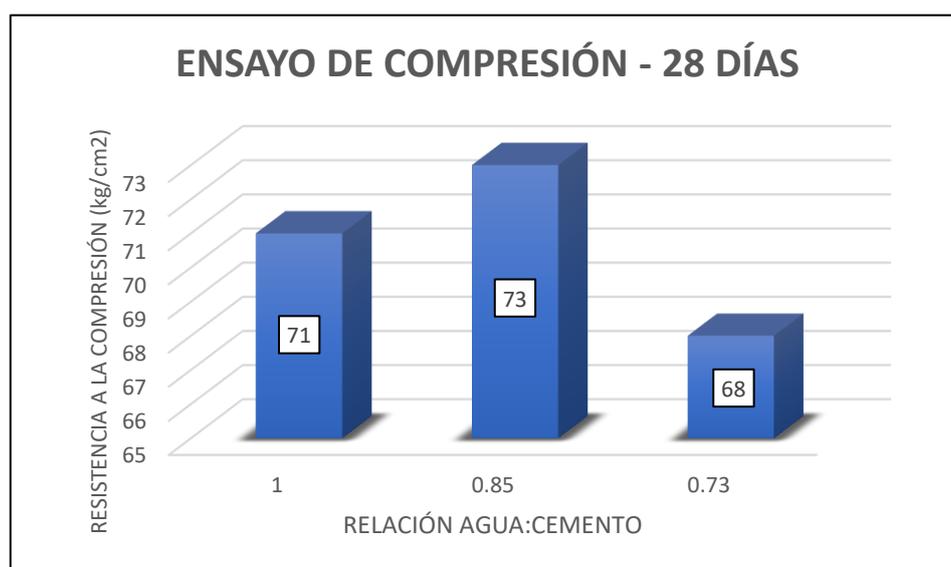


Figura 38. Gráfico de barras de la resistencia a la compresión a los 28 días

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: En la Tabla 20 y en la Figura 38 se puede ver las variaciones de la resistencia a compresión a los 28 días en función a la relación agua/cemento, según el ensayo la resistencia ha disminuido con respecto al ensayo a los 14 días pero esta vez se observa que la resistencia de la relación 0.73/1 disminuyó en un 47.2%

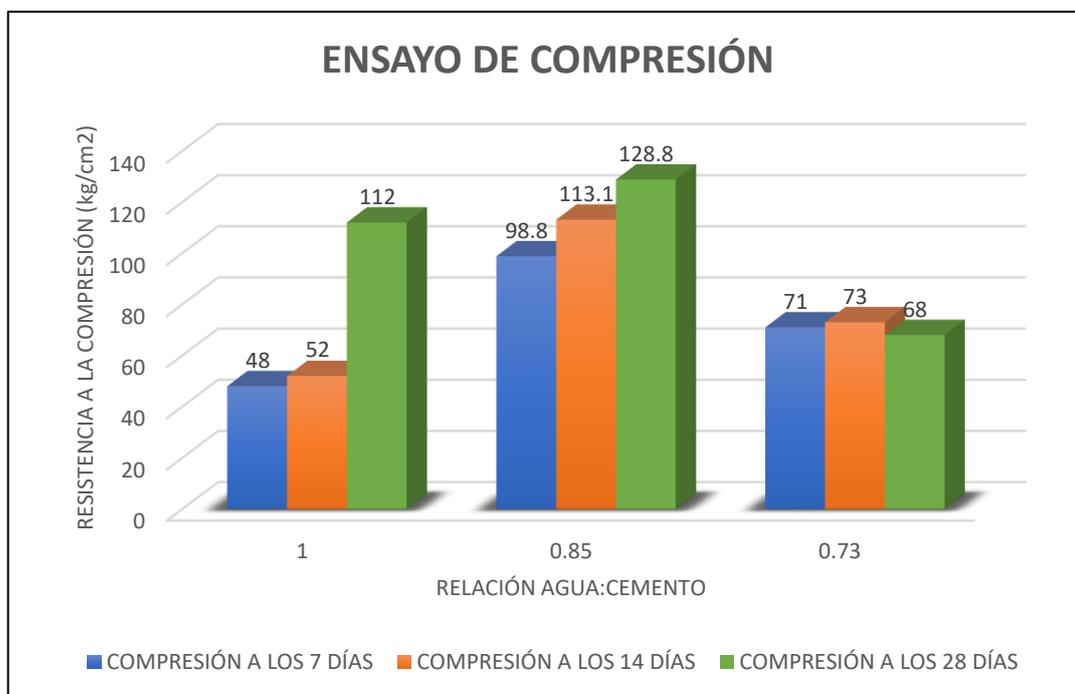


Figura 39. Gráfico de barras de la resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación: En la Figura 39 se puede ver el resumen de las variaciones de la resistencia a compresión a los 7, 14 y 28 días en función a la relación agua/cemento, según los resultados se puede observar que la tendencia de la resistencia es de ir subiendo conforme pasan los días, siendo el diseño de 0.73:1 de a:c el que más resistencia obtuvo en los ensayos; excepto a los 28 días, todos los diseños bajan su resistencia siendo el diseño de 0.73:1 el que más sufrió este cambio; se puede decir que en la resistencia a compresión de las probetas de lechada varía en la reducción del agua, pero debido a la reducción en su resistencia a los 28 días se podría recomendar realizar ensayos a las mezclas de lechada con aditivos acelerantes de fragua.

V. DISCUSIÓN

Hi1: “La técnica del Jet Grouting influye como elemento estabilizador en los suelos licuefactables de los pavimentos asfálticos del distrito de San Juan de Lurigancho”.

En la investigación de Luis Miguel Huidobro Chicoma en su tesis “Determinación del potencial de licuación de suelos en el casco urbano de la ciudad de Pícsi” (2015), Se concluye que los riesgos de licuación en suelos causados por eventos sísmicos podrían ser disminuidos aumentando el drenaje del suelo o usando inyecciones de agua, cemento y aditivos para poner el suelo más denso. La presente investigación reafirmó lo escrito por el autor citado que el uso de inyecciones funciona como elemento estabilizador, esta tesis investigó la técnica del Jet Grouting que son inyecciones de lechada a altas velocidades en donde se hicieron los ensayos para conocer el tipo de suelo a tratar (granulometría: arena arcillosa mal gradado, muy uniforme y plástico, límites de Atterberg: L.L.=32, L.P.=20 e I.P.=12 – plasticidad media; CBR: 16.9% - buena para subrasante) y los ensayos para el tipo de lechada a inyectar (dosificaciones de 1:1, 0.85:1 y 0.73:1 de agua:cemento, siendo en el diseño 0.73:1 el apto a inyectar según los resultados de los ensayos; también se pudo observar que a menor agua y más cemento aumenta la densidad, fluidez y resistencia a compresión, disminuye el porcentaje de sedimentación y el tiempo de fraguado). Finalmente se concluye que las inyecciones de Jet Grouting sirven para mejorar la consistencia del suelo al mezclarse la lechada en estado líquido con el suelo, también aumenta la resistencia del suelo con las columnas de suelo cemento en estado sólido; todo esto para mitigar los daños destructivos de la licuación.

H₂: “La dosificación del grout en la técnica del Jet Grouting mejora las propiedades de los suelos licuefactables en los pavimentos asfálticos en el distrito de San Juan de Lurigancho”.

En la investigación de Santiago Ortega Orcos, Salvador Sobrecases Marti y Francisco Javier Ruiz Chaparro en su artículo “Mejora de suelo mediante Jet Grouting para mitigar el riesgo de licuación en el Puente sobre el Río Quilca, Arequipa, Perú” (2016). Se realizaron dosificaciones con distintas variaciones de agua y cemento como 1:1, 0.9:1, 0.8:1 y 0.7:1 todas en relación agua:cemento, estas hacen variar las propiedades de la lechada en fluidez, sedimentación y resistencia a la compresión para poder usarlas en la inyección al terreno, siendo la relación 0.7:1 de agua:cemento la que respondió mejor a los ensayos. En la presente investigación se concluyó y verificó que con dosificaciones de 1:1, 0.85:1 y 0.73:1 de a:c que a menor agua y más cemento aumenta la fluidez y disminuye el porcentaje de sedimentación, que es precisamente lo que se busca para la inyectabilidad de la lechada, también se pudo constatar mediante los resultados que la resistencia a la compresión aumenta; en la presente investigación se concluyó que la dosificación 0.73:1 de a:c, sólo considerando las tres dosificaciones estudiadas, es la más apta para la lechada a inyectar con la técnica del Jet Grouting y así mejorar la consistencia (disminuye la plasticidad) y resistencia del suelo (las columnas de lechada aumentan la resistencia del suelo), ya que el suelo en estudio está propenso a sufrir licuación por su compuesto de arena arcillosa mal gradada, muy uniforme y plástico.

H_i3: “Las propiedades del grout en estado líquido en la técnica del Jet Grouting mejora la estabilización del suelo en los pavimentos asfálticos del distrito de San Juan de Lurigancho”.

Santiago Ortega Orcos, Salvador Sobrecases Marti y Francisco Javier Ruiz Chaparro en su artículo “Mejora de suelo mediante Jet Grouting para mitigar el riesgo de licuación en el Puente sobre el Río Quilca, Arequipa, Perú” (2016). Concluyen que es necesario conocer las propiedades de la lechada para poder aplicarlo mediante la inyección, dichas propiedades nos permiten saber que tan factible sería la estabilización como la aplicada a los pilares del puente sobre el río Quilca donde se utilizó lechadas con buena estabilidad y densidad como fueron los resultados de los diseños de 0.8:1 y 0.7:1 de agua:cemento siendo sometidas entre 300 y 400 bares de presión por las varillas. Esta tesis pudo confirmar que las mezclas de lechada con mayor fluidez y menor sedimentación son más idóneas para la inyección, ya que se someterán a mucha presión por unas varillas de 60mm. de diámetro para poder crear las columnas de suelo cemento y aumentar la resistencia del suelo, como ya antes mencionado de los tres diseños estudiados el de menos agua y mayor cemento (0.73:1 de agua:cemento) es el que mejor respondió a los ensayos en estado líquido.

H_i4: “Las propiedades del grout en estado sólido en la técnica del Jet Grouting reduce el riesgo de licuación de suelos en los pavimentos asfálticos del distrito de San Juan de Lurigancho”.

Carmen Esther Herrera de la Cruz, en su tesis “Impermeabilización mediante inyecciones de cemento en macizo rocoso para evitar la surgencia de agua en explotación subterránea Cajamarca” (2019). Llega a la conclusión que la lechada de cemento usando el criterio de penetración para minimizar filtraciones no controladas en la superficie se deben conseguir mezclas resistentes, para esto la mezcla debe ser densa y estable y con una sedimentación mínima. Esta afirmación se pudo comprobar en la presente investigación al llegar a la conclusión que al realizar la comparación de resistencias a la compresión obtenidas por las probetas de lechada, la reducción de agua y el aumento de cemento en los diseños mejoran la resistencia a compresión, en los primeros 7 días la dosificación 0.73:1 de a:c tuvo una resistencia del 53% más que los otros dos diseños de mezcla, para los 14 días las resistencias estuvieron más parejas y a los 28 días bajó la resistencia de los tres diseños con respecto a los 14 días porque siguen siendo superior al de los 7 días, observando que la relación 0.73:1 es la más afectada (ver Figura 39); esta resistencia a compresión es importante puesto que el grout en estado sólido funciona como columnas de suelo cemento dentro del terreno para evitar que el suelo sufra el fenómeno de licuación, aumentando la resistencia del suelo y disminuyendo su permeabilidad.

VI. CONCLUSIONES

- Debemos conocer el suelo a tratar, esta investigación obtuvo como resultado un suelo arenoso arcilloso presentando 38.17% de finos y solo 1.29% de grava, determinando un suelo mal graduado y muy uniforme.
- La categoría de subrasante en relación al CBR por el manual del MTC es de “buena”, ya que el ensayo realizado de CBR nos da 16.9%, también nos dice que la subrasante tiene que estar como mínimo 0.80m. sobre el nivel de la napa freática; sin embargo los materiales arcillosos o limosos son altamente riesgosos y más con la presencia del agua, ya que sus partículas al humedecerse pierde capacidad de resistencia y se produce el fenómeno de licuación.
- El agua que se utilizará en los diseños de mezclas para la lechada a ensayar en el laboratorio debe ser el mismo a usarse en obra, de preferencia un agua con pH neutro libre ácidos y alcalinos.
- Se realizó las siguientes dosificaciones de 1:1, 0.85:1 y 0.73:1 de agua:cemento donde se observó que a menor agua y mayor cemento aumenta la fluidez y disminuye el porcentaje de sedimentación, que es precisamente lo que se busca para la inyectabilidad de la lechada, también se puede ver que la resistencia a la compresión aumenta. Finalmente, la dosificación 0.73:1 de agua:cemento, sólo considerando las tres dosificaciones estudiadas, es la más apta para la lechada a inyectar en el terreno para poder mejorar su resistencia y consistencia.

VII. RECOMENDACIONES

- Es recomendable realizar más dosificaciones de lechada de cemento para tener más opciones de escoger un diseño, ya sea con distintas marcas de cemento y adicionando distintos aditivos.
- Se recomienda por lo investigado, que hay un tipo de cemento llamado portland ultrafino, que según su ficha técnica son especiales para los tipos de inyección, sus resultados en los ensayos de fluidez y sedimentación son óptimos para su inyectabilidad; tienen un costo elevado y es vendido en países como Argentina, Colombia y México.
- Al momento de realizar las mezclas de cada diseño es recomendable tapar bien el recipiente de la mezcladora en laboratorio, ya que se puede perder mezcla y luego los resultados no son los correctos y no reflejan las propiedades del grout.
- Es recomendable, en la relación agua:cemento tener el valor del agua menor al del cemento como se hizo en esta investigación (1:1 , 0.85:1 y 0.73:1), ya que por lo investigado en los antecedentes de este trabajo, si el valor del agua es mayor al del cemento, la mezcla tiende a ser inestable y menos resistente.

REFERENCIAS

AENOR. 2001. Ejecución de trabajos Geotécnicos Especiales. Inyecciones de Alta Presión. Jet Grouting. Bruselas : Comité Europeo de Normalización, 2001.

AETESS. 2002. Borrador de Guía para el diseño y ejecución de Jet Grouting . Madrid : s.n., 2002.

AMPUERO Cayo , SALOMÓN Edgard. 2012. Mejoramiento de cimentaciones en suelos y rocas aplicando las técnicas de Grouting. Lima : s.n., 2012.

ARIAS, Fidias. 2006. El proyecto de investigación - Introducción a la metodología científica. Caracas : Episteme, 2006.

ARMIJO Palacio y HONTORIA García. 2015. Diámetro de las columnas de jet grouting en función de las energías específicas de perforación e inyección. [aut. libro] Ingeopres. INGENIERÍA GEOLÓGICA Y GEOTÉCNICA. Madrid : Interempresasmedia, 2015.

BERGRADO [et al.]. 2012. Embankments on soft ground and ground improvement. 2012.

BIELZA Feliú, Ana. 1999. Manual de Técnicas de Mejora de Terreno. 1999.

CHAI, JINCHUN y CARTER, John Phillip. 2011. Deformation Analysis in Soft Ground Improvement. 2011.

CISMID. 2012. Mapa de suelos del distrito de Lima. [En línea] 2012. <https://sinia.minam.gob.pe/mapas/mapa-suelos-distritos-lima>.

CORONILLA Osorio, Noelia. 2015. Estudio de la mejora de terreno mediante columnas suelo-cemento tipo mixpile. Málaga : s.n., 2015.

FERNÁNDEZ Vicent, Juan Manuel. 2008. Técnica del Jet Grouting. Buenos Aires : s.n., 2008.

FERNANDEZ Vincent, Juan Manuel. 2008. Mejora del terreno mediante SuperJet Grouting. Seminario de Geomecánica Computacional. Buenos Aires : FIUBA, 2008.

Folleto de Jet Grouting. s.l. : Kellerterra, 2005.

HERNANDEZ Sampieri, Roberto, Fernández Collado, Carlos y Baptista Lucio, Pilar. 2010. Metodología de la Investigación. Mexico D.F. : s.n., 2010. ISBN 978-607-15-0291-9.

HERNÁNDEZ, Jimena. 2017. Estos son los distritos más vulnerables ante un eventual sismo de gran magnitud en Lima. [En línea] 20 de Setiembre de 2017. [Citado el: 04 de Octubre de 2018.] <https://peru21.pe/lima/son-distritos-vulnerables-eventual-sismo-gran-magnitud-lima-376760>.

HERRERA DE LA CRUZ, Carmen Esther. 2019. Impermeabilización mediante inyecciones de cemento en macizo rocoso para evitar la surgencia de agua en explotación subterránea Cajamarca, 2019 . Lima : s.n., 2019.

HUIDOBRO Chicoma, Luis Miguel. 2015. Determinación del potencial de licuación de suelos en el casco urbano de la ciudad de Picsi. Lambayeque : s.n., 2015.

INEI. 2018. Resultados de los Censos Nacionales 2017. [En línea] 25 de 06 de 2018. <https://www.inei.gov.pe/prensa/noticias/poblacion-del-peru-totalizo-31-millones-237-mil-385-personas-al-2017-10817/>.

Ingeopres. 2015. Ingeniería Geología y Geotécnica. Madrid : Interempresasmedia, 2015.

Ingeniería Geológica y Geotécnica. Geotermia. s.l. : Interempresasmedia, 2017.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. 2013. Manual de Carreteras - "Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos". Lima : s.n., 2013.

Manual de Carreteras - Conservación Vial. 2013.

MTC. 2018. Glosario de términos de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial. Lima : s.n., 2018.

MUÑOZ Pereira, Juan Francisco. 2016. Dimensiones de las columnas de inyección a alta velocidad (o jet grouting) y resistencia. Aplicación a un caso práctico. Sevilla : s.n., 2016.

ORTEGA Orcos, Santiago, Sobrecases Marti, Salvador y Ruiz Chaparro, Francisco Javier. 2016. Mejora de suelos mediante Jet Grouting para mitigar el riesgo de licuación en el Puente sobre el Río Quilca, Arequipa, Perú. Ingeopres. 2016.

OTEO Mazo, Carlos y OTEO Escobar, Javier. 2012. Innovaciones recientes en el campo de la mejora y refuerzo del terreno. Madrid : Revista de Obras Públicas, 2012.

OVANDO Pineda, Héctor Andrés. 2011. Inyección de suelo por medio de la técnica Jet Grouting. Tesis. Guatemala : s.n., 2011.

PALELLA Stracuzzi, Santa y MARTINS Pestana, Feliberto. 2010. Metodología de la investigación cuantitativa. Caracas : FEDUPEL, 2010. 3era edición.

RODRÍGUEZ, OCHOA y PINEDA. 2010. La experiencia de investigar. Carabobo : s.n., 2010. Vol. 3era edición.

SALCEDO Campos, María Del Rocío. 2016. Protección de los monumentos históricos en la construcción de la Línea 3 de Teu de Guadalajara. México D.F. : s.n., 2016.

SANTOS Sánchez, José. 2010. Obras reales y recalces en arcillas expansivas y suelos colapsables. Jaén : s.n., 2010.

SEDAPAL S.A. 2013. Estudio definitivo del proyecto mejoramiento y rehabilitación del sistema de agua potable y alcantarillado de la urb. Los Jazmines- San Juan de Lurigancho – Lima. 2013.

SFRISO, Alejo y FERNÁNDEZ, Juan. Tratamiento de terreno. Buenos Aires : s.n.

SOUSA Ribeiro, Ana Luisa. 2010. Técnica de tratamiento de solos - Jet Grouting. Lisboa : s.n., 2010.

Técnicas de refuerzo y recimentación. Sistemas no tradicionales. 2013.

TSAO Santín, Francisco Javier. 2008. Mejora de suelos con la técnica de Jet Grouting. Cataluña : s.n., 2008.

USACE. 2017. Grouting Technology. [En línea] 2017. https://www.publications.usace.army.mil/Portals/76/Publications/EngineerManuals/EM_1110-2-3506.pdf.

VON Munthe af Morgenstierne, Erik [et al.]. 2012. Tratamientos del terreno mediante la técnica de Jet-Grouting. Aspectos analíticos para casos de taponos de fondo. s.l. : Obras Urbanas, 2012.

ZHIFENG, WANG, y otros. 2013. Jet Grouting Practice: an Overview. New York : s.n., 2013.

ZULOAGA Fabrega, Ignacio. 2003. SuperJet Grouting – Nueva tecnología para la mejora in situ del terreno. Madrid : AETESS, 2003.

ANEXOS

Anexo 1: Certificado del Ensayo de Granulometría



WRC INGENIO S.A.C.[®]
INGENIERIA Y GEOTECNIA

ESTUDIOS - PROYECTOS
 SUELOS - CONCRETO - ASFALTO

WWW.WRCINGEOSAC.COM

INFORME : 1400 - LEM - 19
 SOLICITANTE : DIEGO HUMBERTO MENDOZA CARRIÓN
 TESIS : MEJORA DE SUELOS CON LA TÉCNICA DEL JET-GROUTING PARA MITIGAR EL RIESGO DE LICUACIÓN
 SÍSMICA EN PAVIMENTOS ASFÁLTICOS DEL DISTRITO DE SAN JUAN DE LURIGANCHO, LIMA 2018
 LÍNEA D INVESTIGACIÓN : DISEÑO DE INFRAESTRUCTURA VIAL
 FECHA : 23 DE OCTUBRE DE 2019

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO ASTM D 1241

MATERIAL : TERRENO NATURAL

wo = 770.2 g

Mallas A.S.T.M	GRANO > No. 4				
	PESO TOTAL DE LA MUESTRA				
	GRM	Retenido en g	% Parcial Retenido	% Acumulado Retenido	Que pasa T1 x 100 wo
3"	76.200	0	0	0	100.0
2 1/2"	63.500	0.0	0	0	100.0
2"	50.800	0.0	0	0	100.0
1 1/2"	38.100	0.0	0.0	0.0	100.0
1"	25.400	0.0	0.0	0.0	100.0
3/4"	19.000	0.0	0.0	0.0	100.0
1/2"	12.700	0.0	0.0	0.0	100.0
3/8"	9.600	5.0	0.6	0.6	99.4
No. 4	4.760	4.9	0.6	1.3	98.7

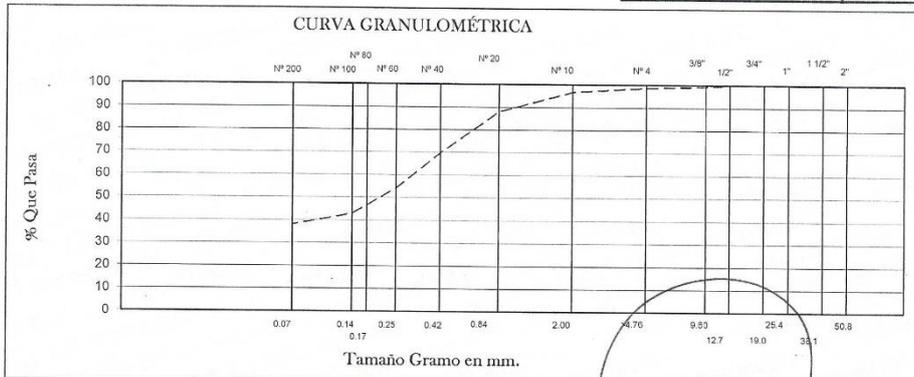
w1 = 760.3 g

Mallas A.S.T.M	GRANO < No. 4				Que pasa T1 x 100 wo
	PESO TOTAL DE LA MUESTRA				
	GRM	Retenido en g	% Parcial Retenido	% Acumulado Retenido	
No. 4	4.76				
10	2.000	15.6	2.0	3.3	96.69
20	0.840	66.2	8.6	11.9	88.09
40	0.420	142.0	18.4	30.3	69.66
60	0.250	119.6	15.5	45.9	54.13
80	0.177	57.6	7.5	53.3	46.65
100	0.149	28.1	3.6	57.0	43.00
200	0.074	37.2	4.8	61.8	38.17
F		294.00	38.2	100.0	0.00

wo = Peso total de la muestra

% DE HUMEDAD =	7.3
% DE GRAVA =	1.29
% DE ARENA =	60.54
% DE FINOS =	38.17

CURVA GRANULOMÉTRICA



LL 32 LP 20 IP 12

H.R.B. Clasi SC A-6 IG(1)

HECHO POR : Tec. Jimi Cerquera E.
 REVISADO : Ing. Jorge Zapata Castillo



WRC INGENIERIA Y GEOTECNIA S.A.C.

JORGE ZAPATA CASTILLO
 CIP. 68928

LIMA: Calle Las Magnolias Mz. H1 Lt. N° 3 - Urb. Los Jazmines de Naranjal - S.M.P. • Telf.: (01) 485-0702 / Cel.: 988 339 871 / 985 034 720
 BAGUA - AMAZONAS: Jr. Madre de Dios N° 400 / Cel.: 971 138 046 • TUMBES - TUMBES: Jr. Bolívar N° 632 • Cel.: 985 034 720
 JAEN - CAJAMARCA: Calle Los Laureles N° 870 - Sect. Morro Solar • Cel.: 985 034 720
 E-mail: adm@wrcingeosac.com

Anexo 2: Certificado del Ensayo de Proctor Modificado



WRC INGENIO S.A.C.
INGENIERIA Y GEOTECNIA

ESTUDIOS - PROYECTOS
SUELOS - CONCRETO - ASFALTO

WWW.WRCINGEOSAC.COM

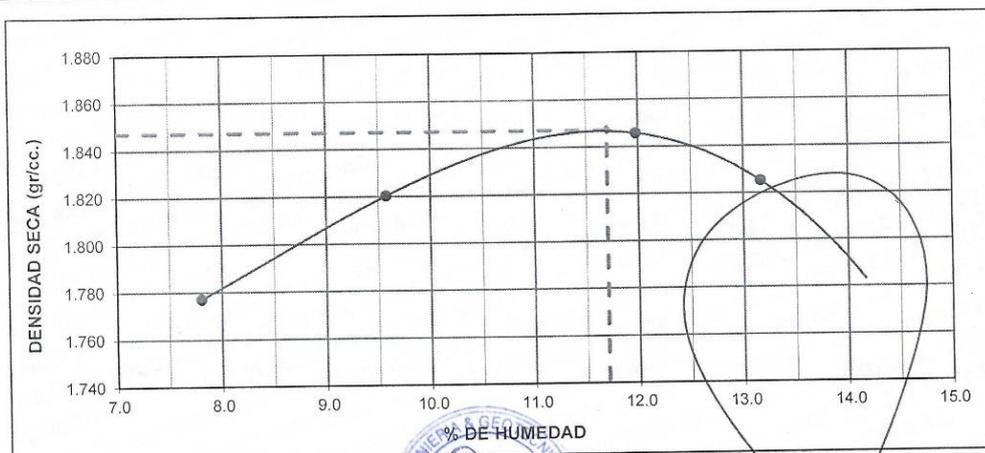
SOLICITANTE : DIEGO HUMBERTO MENDOZA CARRIÓN
 TESIS : MEJORA DE SUELOS CON LA TÉCNICA DEL JET-GROUTING PARA MITIGAR EL RIESGO DE LICUACIÓN
 SÍSMICA EN PAVIMENTOS ASFÁLTICOS DEL DISTRITO DE SAN JUAN DE LURIGANCHO, LIMA 2018
 LÍNEA D INVESTIGACIÓN : DISEÑO DE INFRAESTRUCTURA VIAL
 FECHA : 23 DE OCTUBRE DE 2019

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO ASTM D 1557

MUESTRA : TERRENO NATURAL

ENSAYO DE COMPACTACION					
VOLUMEN DEL MOLDE :	915 cm ³	PESO DEL MOLDE :			4215 g
NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4
PESO DEL MOLDE + MUESTRA (g)		5968	6040	6106	6105
PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA (g)		1753	1825	1891	1890
DENSIDAD HUMEDA (g/cm ³)		1.92	1.99	2.07	2.07
DENSIDAD SECA (g/cm ³)		1.777	1.820	1.846	1.825

CONTENIDO DE HUMEDAD (%)					
TARRO N°.		1	2	3	4
PESO DEL TARRO + SUELO HUMEDO (g)		714.00	934.00	904.00	1072.00
PESO DEL TARRO + SUELO SECO (g)		672.00	862.00	821.00	958.00
PESO DE AGUA (g)		42.00	72.00	83.00	114.00
PESO DEL TARRO (g)		134.0	110.0	128.0	92.0
PESO DE SUELO SECO (g)		538.00	752.00	693.00	866.00
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		7.81	9.57	11.98	13.16
DENSIDAD MAXIMA SECA		1.847 g/cm ³	HUMEDAD OPTIMA		11.70 %



Hecho Por

: Téc. Jimi Cerquera



WRC INGENIERIA Y GEOTECNIA S.A.C.

JORGE ZARATA CASTILLO
CIP. 68428

LIMA: Calle Las Magnolias Mz. H1 Lt. N° 3 - Urb. Los Jazmines de Naranjal - S.M.P. • Telf.: (01) 485-0702 / Cel.: 988 339 871 / 985 034 720
 BAGUA - AMAZONAS: Jr. Madre de Dios N° 400 / Cel.: 971 138 046 • TUMBES - TUMBES: Jr. Bolívar N° 632 • Cel.: 985 034 720
 JAEN - CAJAMARCA: Calle Los Laureles N° 870 - Sect. Morro Solar • Cel.: 985 034 720
 E-mail: adm@wrcingeosac.com

Anexo 3: Certificado del Ensayo de C.B.R. (1 de 3)



WRC INGENIO S.A.C.[®]
INGENIERIA Y GEOTECNIA

ESTUDIOS - PROYECTOS
 SUELOS - CONCRETO - ASFALTO

WWW.WRCINGEOSAC.COM

SOLICITANTE : DIEGO HUMBERTO MENDOZA CARRIÓN
 TESIS : MEJORA DE SUELOS CON LA TÉCNICA DEL JET-GROUTING PARA MITIGAR EL RIESGO DE LICUACIÓN
 SÍSMICA EN PAVIMENTOS ASFÁLTICOS DEL DISTRITO DE SAN JUAN DE LURIGANCHO, LIMA 2018
 LÍNEA D INVESTIGACIÓN : DISEÑO DE INFRAESTRUCTURA VIAL
 FECHA : 23 DE OCTUBRE DE 2019

RESULTADOS DE ENSAYO DE LABORATORIO

MUESTRA : TERRENO NATURAL

I. ENSAYO DE CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) ASTM D 1883

a).- Ensayo Preliminar de Compactación

Metodo A
 Maxima Densidad Seca (gr/cm³) 1.847
 Optimo Contenido de Humedad (%) 11.70

b).- Compactacion de moldes

MOLDE N°	I	II	III
N° de Capas	5	5	5
Numero de golpes/capa	56	25	10
Densidad Seca (gr/cm ³)	1.847	1.760	1.58
Contenido de Humedad	11.70	11.70	11.70

c).- Cuadro C.B.R. Para 0.1 pulg. De penetración

MOLDE N°	Penetracion (pulg.)	Presion Aplicada (Lbgr/pulg ²)	Presion Patron (Lb/pulg ²)	CBR %
I	0.1	289	1000	28.9
II	0.1	173	1000	17.3
III	0.1	73	1000	7.3

C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. : 28.9
 C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. : 16.9

d).- Expansión %: 3.5

Nota : La Muestra fue emitida por el solicitante



WRC INGENIERIA Y GEOTECNIA S.A.C.

JORGE ZARATA CASTILLO
 CIP: 68428

LIMA: Calle Las Magnolias Mz. H1 Lt. N° 3 - Urb. Los Jazmines de Naranjal - S.M.P. • Telf.: (01) 485-0702 / Cel.: 988 339 871 / 985 034 720
 BAGUA - AMAZONAS: Jr. Madre de Dios N° 400 / Cel.: 971 138 046 • TUMBES - TUMBES: Jr. Bolívar N° 632 • Cel.: 985 034 720
 JAEN - CAJAMARCA: Calle Los Laureles N° 870 - Sect. Morro Solar • Cel.: 985 034 720
 E-mail: adm@wrcingeosac.com

Anexo 4: Certificado del Ensayo de C.B.R. (2 de 3)



WRC INGENIO S.A.C.
INGENIERIA Y GEOTECNIA

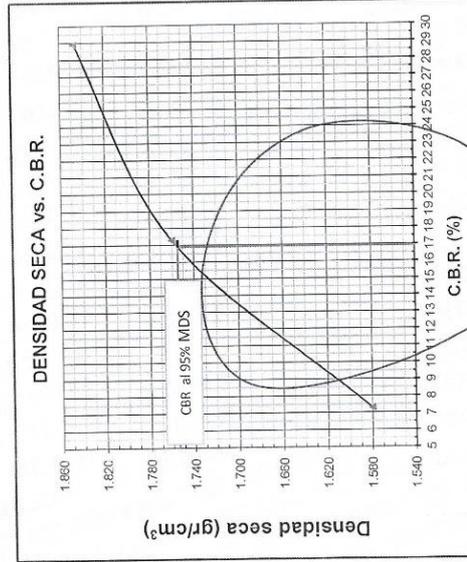
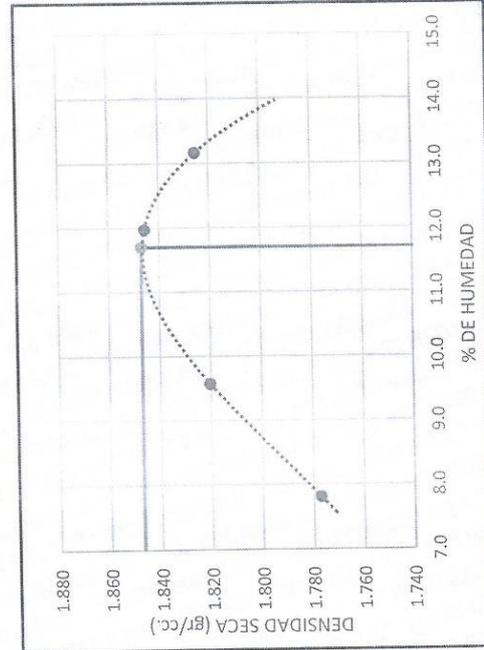
ESTUDIOS - PROYECTOS
SUELOS - CONCRETO - ASFALTO

WWW.WRCINGEOSAC.COM

SOLICITANTE : DIEGO HUMBERTO MENDOZA CARRIÓN
 TESIS : MEJORA DE SUELOS CON LA TÉCNICA DEL JET-GROUTING PARA MITIGAR EL RIESGO DE LICUACIÓN
 SÍSMICA EN PAVIMENTOS ASFÁLTICOS DEL DISTRITO DE SAN JUAN DE LURIGANCHO, LIMA 2018
 LÍNEA D INVESTIGACIÓN : DISEÑO DE INFRAESTRUCTURA VIAL
 FECHA : 23 DE OCTUBRE DE 2019

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) - ASTM D1883

MUESTRA	:	TERRENO NATURAL		
		Máxima Densidad Seca (gr/cm ³)	=	1.847
		Óptimo Contenido de Humedad (%)	=	11.70
		CBR al 100% de la MDS (%)	=	28.90
		CBR al 95% de la MDS (%)	=	16.90



WRC INGENIERIA Y GEOTECNIA S.A.C.
 JORGE ZAPATA CASTILLO
 CIP 66428

Observacion : Se registro expansion
 Hecho por : Téc. Jimi Cerquera

Anexo 5: Certificado del Ensayo de C.B.R. (3 de 3)



WRC INGENIO S.A.C.[®]
INGENIERIA Y GEOTECNIA

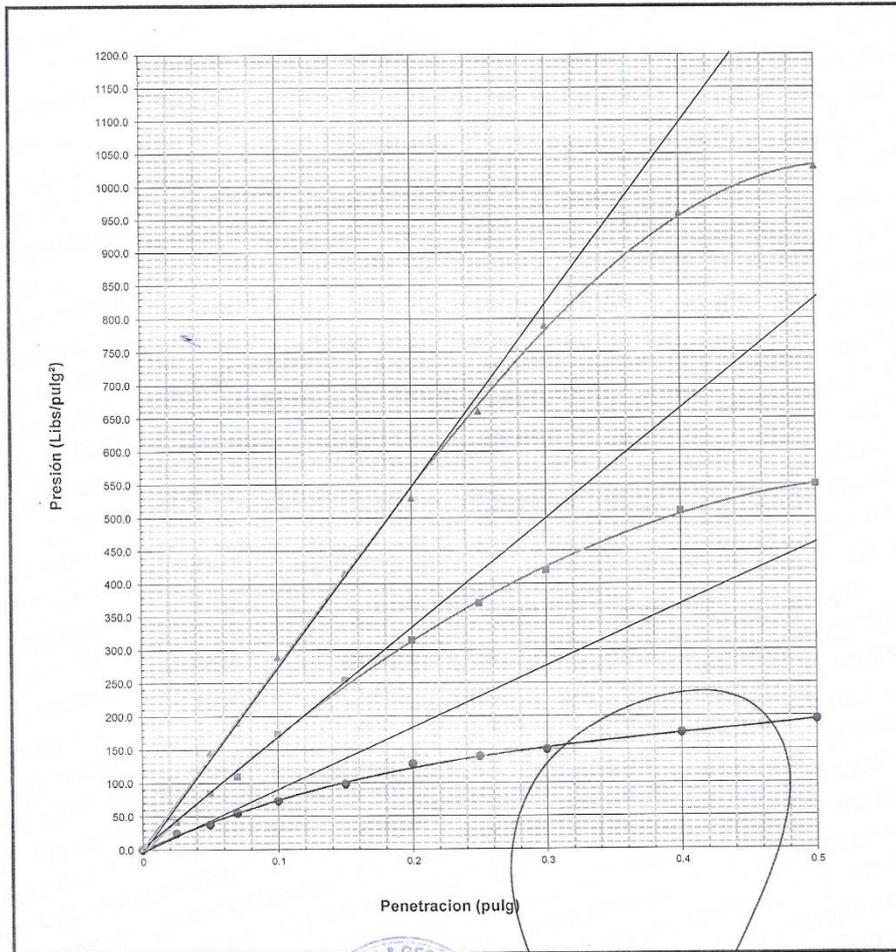
ESTUDIOS - PROYECTOS
 SUELOS - CONCRETO - ASFALTO

WWW.WRCINGEOSAC.COM

SOLICITANTE : DIEGO HUMBERTO MENDOZA CARRIÓN
 TESIS : MEJORA DE SUELOS CON LA TÉCNICA DEL JET-GROUTING PARA MITIGAR EL RIESGO DE LICUACIÓN SÍSMICA EN PAVIMENTOS ASFÁLTICOS DEL DISTRITO DE SAN JUAN DE LURIGANCHO, LIMA 2018
 LÍNEA D INVESTIGACIÓN : DISEÑO DE INFRAESTRUCTURA VIAL
 FECHA : 23 DE OCTUBRE DE 2019

ENSAYO DE CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) ASTM D 1883

MUESTRA : TERRENO NATURAL



HECHO POR : Téc. Jimi Cerquera



WRC INGENIERIA Y GEOTECNIA S.A.C.

JORGE ZAPATA CASTILLO
 CIR 68423

LIMA: Calle Las Magnolias Mz. H1 Lt. N° 3 - Urb. Los Jazmines de Naranjal - S.M.P. • Telf.: (01) 485-0702 / Cel.: 988 339 871 / 985 034 720
 BAGUA - AMAZONAS: Jr. Madre de Dios N° 400 / Cel.: 971 138 046 • TUMBES - TUMBES: Jr. Bolívar N° 632 • Cel.: 985 034 720
 JAEN - CAJAMARCA: Calle Los Laureles N° 870 - Sect. Morro Solar • Cel.: 985 034 720
 E-mail: adm@wrcingeosac.com

Anexo 6: Solicitud dirigida al Laboratorio de Materiales de la Universidad Nacional de Ingeniería con el fin de poder realizar ensayos para esta tesis



Lima, 24 de octubre del 2019

CARTA DE PRESENTACIÓN N°144-2019-UCV-L-DA-ING-CIV/DE

Msc. Ing. Isabel Moromi Nakata
Laboratorio de Materiales
Universidad Nacional de Ingeniería

De mi especial consideración:

Es grato dirigirme a usted para expresarle nuestro cordial saludo a nombre de la Universidad César Vallejo Lima Norte y en especial de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, y a la vez presentarle al estudiante MENDOZA CARRION, DIEGO HUMBERTO con código de estudiante N°6700261277, con DNI 72407984.

Quien se encuentra matriculado en X ciclo del año académico 2019-II de la carrera de Ingeniería Civil.

El indicado estudiante solicita ingresar a las instalaciones del laboratorio de materiales para realizar ensayos de materiales, el cual servirá para el desarrollo de su tesis titulada **"Mejora de suelos con la técnica del Jet-Grouting para mitigar el riesgo de licuación sísmica en pavimentos asfálticos del distrito de San Juan de Lurigancho, Lima 2018"**.

Esperando contar con su apoyo a la formación profesional de nuestros estudiantes, quedo de usted.

Cordialmente,



Carbajal
Mg. Lilia Rosa Carbajal Reyes
Coordinadora de la
EP de Ingeniería Civil

Somos la universidad de los
que quieren salir adelante.



ucv.edu.pe

Anexo 7: Solicitud de servicios para los ensayos a la lechada de cemento en la Universidad Nacional de Ingeniería

	SOLICITUD DE SERVICIOS	Código:	F10-AC-PR-01	Expediente N°:	
	ENSAYO DE CEMENTO	Versión:	01		
	NTP 334.005 / NTP 334.006 NTP 334.051 / NTP 334.074	Página:	1 de 1	Factura N°:	
		Fecha:	03-01-2018		

SOLICITANTE (EMPRESA)			
RUC (Cancela el Ensayo)			
OBRA			
UBICACIÓN DE LA OBRA			
OBSERVACIONES			
REPRESENTANTE DEL SOLICITANTE			
DNI:	Teléf:	Firma:	Fecha:

N°	MARCAR (X)	ENSAYOS DE CEMENTO	NTP / Procedimiento Ensayo	RESPECTO A CADA ENSAYO		
				CANTIDAD DE MUESTRA		DURACIÓN (DÍAS HÁBILES)
				CEMENTO (Kg)	AGREGADO (Kg)	
1		Determinación de la Cantidad de Agua Requerida Para la Consistencia Normal de Pastas de Cemento Hidráulico ⁽¹⁾	NTP 334.074 AT-PR-26	10	No Aplica	4 Días
2		Determinación de la Resistencia a la Compresión de Morteros de Cemento Hidráulico (3D, 7D, 14D y 28D) (D: Días)	NTP 334.051 AT-PR-27	10	15	6D, 10D, 15D, 28D Respectivam.
3		Determinación del Tiempo de Fraguado del Cemento Hidráulico Utilizando la Aguja de Vicat ⁽¹⁾	NTP 334.006 AT-PR-28	5 (Adicional)	No Aplica	4 Días
4		Determinación de la Densidad del Cemento Hidráulico	NTP 334.005 AT-PR-29	5	No Aplica	3 Días
5						
6						
7						

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA (MARCA – TIPO – OTROS)	CANTIDAD DE MUESTRAS

(1) Los ensayos AT-PR-26 y AT-PR-28 se realizan juntos.

Observaciones: _____

Ing. Responsable: _____ **Técnico:** _____

* Ver CONDICIONES GENERALES DE SERVICIO JL-DOC-09 en la página web del Laboratorio www.lem.uni.edu.pe

Anexo 8: Certificado del Ensayo de Fluidez de la Dosificación 1



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA Facultad de Ingeniería Civil

LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"



Pág. 2 de 6

INFORME

Del A Obra : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales
: DIEGO HUMBERTO MENDOZA CARRIÓN

Obra : TESIS: MEJORA DE SUELOS CON LA TÉCNICA DEL JET-GROUTING PARA MITIGAR EL RIESGO DE LICUACIÓN SÍSMICA EN PAVIMENTOS ASFÁLTICOS DEL DISTRITO DE SAN JUAN DE LURIGANCHO, LIMA 2018

Asunto Expediente N° : Ensayo para determinar el Flujo de Morteros y Lechadas (Método de cono de flujo).
: 19-4440

Recibo N° : 68426

Fecha de emisión : 18/11/2019

1. DE LA MUESTRA : Muestras elaboradas con cemento ANDINO TIPO HS ULTRA, DOSIFICACIÓN 1

Cemento	1230 g
Agua	1230 g

2. MÉTODO DEL ENSAYO : Norma de referencia ASTM C939 "Standard Test Method for Flow of Grout for Preplaced-Aggregate Concrete (Flow Cone Method)"

3. RESULTADOS :

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA	TIEMPO DE FLUJO (s)
M-1	8.61

4. OBSERVACIONES: 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : Ing. M. A. Tejada S.
Técnico : Sr. R.V.M.



Isabel Moromi Nakata

MSc. Ing. Isabel Moromi Nakata
Jefe (e) del laboratorio

NOTAS:

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.



UNI-LEM

La Calidad es nuestro compromiso
Laboratorio Certificado ISO 9001



Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25
apartado 1301 - Perú



(511) 381-3343



(511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046



www.lem.uni.edu.pe



lem@uni.edu.pe



Laboratorio de Ensayo
de Materiales - UNI



Anexo 9: Certificado del Ensayo de Fluidez de la Dosificación 2



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Facultad de Ingeniería Civil
LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"

Carrera de Ingeniería Civil Acreditada por



Engineering
Technology
Accreditation
Commission

Pág. 4 de 6

INFORME

Del : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales
A : DIEGO HUMBERTO MENDOZA CARRIÓN
Obra : TESIS: MEJORA DE SUELOS CON LA TÉCNICA DEL JET-GROUTING PARA MITIGAR EL RIESGO DE LICUACIÓN SÍSMICA EN PAVIMENTOS ASFÁLTICOS DEL DISTRITO DE SAN JUAN DE LURIGANCHO, LIMA 2018
Asunto : Ensayo para determinar el Flujo de Morteros y Lechadas (Método de cono de flujo).
Expediente N° : 19-4440
Recibo N° : 68426
Fecha de emisión : 18/11/2019

1. DE LA MUESTRA : Muestras elaboradas con cemento ANDINO TIPO HS ULTRA, DOSIFICACIÓN 2

Cemento	1385 g
Agua	1177 g

2. MÉTODO DEL ENSAYO : Norma de referencia ASTM C939 "Standard Test Method for Flow of Grout for Preplaced-Aggregate Concrete (Flow Cone Method)"

3. RESULTADOS :

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA	TIEMP DE FLUJO (s)
M-1	9.26

4. OBSERVACIONES:

1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : Ing. M. A. Tejada S.
Técnico : Sr. R.V.M.





MSc. Ing. Isabel Moromi Nakata
Jefe (e) del laboratorio

NOTAS:
 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.





UNI-LEM
La Calidad es nuestro compromiso
Laboratorio Certificado ISO 9001

Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25
apartado 1301 - Perú

(511) 381-3343

(511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046

www.lem.uni.edu.pe

lem@uni.edu.pe

Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI



Anexo 10: Certificado del Ensayo de Fluidez de la Dosificación 3

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Facultad de Ingeniería Civil
LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"

Carrera de Ingeniería Civil Acreditada por

Pág. 6 de 6

INFORME

Del

A

Obra

Asunto

Expediente N°

Recibo N°

Fecha de emisión

: Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales

: **DIEGO HUMBERTO MENDOZA CARRIÓN**

: **TESIS: MEJORA DE SUELOS CON LA TÉCNICA DEL JET-GROUTING PARA MITIGAR EL RIESGO DE LICUACIÓN SÍSMICA EN PAVIMENTOS ASFÁLTICOS DEL DISTRITO DE SAN JUAN DE LURIGANCHO, LIMA 2018**

: Ensayo para determinar el Flujo de Morteros y Lechadas (Método de cono de flujo).

: 19-4440

: 68426

: 18/11/2019

1. DE LA MUESTRA

: Muestras elaboradas con cemento ANDINO TIPO HS ULTRA, DOSIFICACIÓN 3

Cemento	1540 g
Agua	1125 g

2. MÉTODO DEL ENSAYO

: Norma de referencia ASTM C939 "Standard Test Method for Flow of Grout for Preplaced-Aggregate Concrete (Flow Cone Method)"

3. RESULTADOS

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA	TIEMPO DE FLUJO (s)
M-1	9.05

4. OBSERVACIONES:

1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : Ing. M. A. Tejada S.
 Técnico : Sr. R.V.M.

MSc. Ing. Isabel Moromi Nakata
 Jefe (e) del laboratorio

NOTAS:

1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.

2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.

UNI-LEM
 La Calidad es nuestro compromiso
 Laboratorio Certificado ISO 9001

Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25
 apartado 1301 - Perú
 (511) 381-3343
 (511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046

www.lem.uni.edu.pe
 lem@uni.edu.pe
 Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI

Anexo 11: Certificado del Ensayo de Tiempo de Fraguado de la Dosificación 1



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Facultad de Ingeniería Civil

LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"

Carrera de Ingeniería Civil Acreditada por



Pág. 1 de 6

INFORME

Del	: Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales
A	: DIEGO HUMBERTO MENDOZA CARRIÓN
Obra	: TESIS: MEJORA DE SUELOS CON LA TÉCNICA DEL JET-GROUTING PARA MITIGAR EL RIESGO DE LICUACIÓN SÍSMICA EN PAVIMENTOS ASFÁLTICOS DEL DISTRITO DE SAN JUAN DE LURIGANCHO, LIMA 2018
Asunto	: Ensayo para determinar el tiempo de fraguado del cemento hidráulico, usando la aguja de Vicat.
Expediente N°	: 19-4440
Recibo N°	: 68426
Fecha de emisión	: 18/11/2019

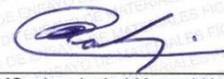
1. DE LA MUESTRA : Muestras elaboradas con cemento ANDINO TIPO HS ULTRA, DOSIFICACIÓN 1
2. DEL EQUIPO : Aparato de Vicat (Manual)
3. MÉTODO DEL ENSAYO : Bajo norma de referencia ASTM C 191 "Standard Test Methods for Time of Setting of Hydraulic Cement by Vicat Needle"
4. RESULTADOS :

MUESTRA	FRAGUADO INICIAL Metodo A (min)	FRAGUADO FINAL Metodo A (min)
M-1	640	970

5. OBSERVACIONES: 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : Ing. M. A. Tejada S.
Técnico : Sr. R.V.M.





MSc. Ing. Isabel Moromi Nakata
Jefe (e) del laboratorio

NOTAS:

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.





UNI-LEM
La Calidad es nuestro compromiso
Laboratorio Certificado ISO 9001



Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25
apartado 1301 - Perú



(511) 381-3343



(511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046



www.lem.uni.edu.pe



lem@uni.edu.pe



Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI



Anexo 12: Certificado del Ensayo de Tiempo de Fraguado de la Dosificación 2



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Facultad de Ingeniería Civil
LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"

Carrera de Ingeniería Civil Acreditada por



Pág. 3 de 6

INFORME

Del

: Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales

A

: DIEGO HUMBERTO MENDOZA CARRIÓN

Obra

: TESIS: MEJORA DE SUELOS CON LA TÉCNICA DEL JET-GROUTING PARA MITIGAR EL RIESGO DE LICUACIÓN SÍSMICA EN PAVIMENTOS ASFÁLTICOS DEL DISTRITO DE SAN JUAN DE LURIGANCHO, LIMA 2018

Asunto

: Ensayo para determinar el tiempo de fraguado del cemento hidráulico, usando la aguja de Vicat.

Expediente N°

: 19-4440

Recibo N°

: 68426

Fecha de emisión

: 18/11/2019

1. DE LA MUESTRA

: Muestras elaboradas con cemento ANDINO TIPO HS ULTRA, DOSIFICACIÓN 2

2. DEL EQUIPO

: Aparato de Vicat (Manual)

3. MÉTODO DEL ENSAYO

: Bajo norma de referencia ASTM C 191 "Standard Test Methods for Time of Setting of Hydraulic Cement by Vicat Needle"

4. RESULTADOS

:

MUESTRA	FRAGUADO INICIAL Metodo A (min)	FRAGUADO FINAL Metodo A (min)
M-1	585	930

5. OBSERVACIONES:

1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : Ing. M. A. Tejada S.
 Técnico : Sr. R.V.M.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
 REVISADO Y APROBADO
 Ing. M. Tejada Silva



MSc. Ing. Isabel Moromi Nakata
 Jefe (e) del laboratorio

NOTAS:
 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.

UNI-LEM
 La Calidad es nuestro compromiso
 Laboratorio Certificado ISO 9001

Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25
 apartado 1301 - Perú
 (511) 381-3343
 (511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046

www.lem.uni.edu.pe
 lem@uni.edu.pe
 Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI



Anexo 13: Certificado del Ensayo de Tiempo de Fraguado de la Dosificación 3

 **UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**
Facultad de Ingeniería Civil
LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"

Carrera de Ingeniería Civil Acreditada por
 **ABET** Engineering Technology Accreditation Commission

Pág. 5 de 6

INFORME

Del : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales
A : DIEGO HUMBERTO MENDOZA CARRIÓN
Obra : TESIS: MEJORA DE SUELOS CON LA TÉCNICA DEL JET-GROUTING PARA MITIGAR EL RIESGO DE LICUACIÓN SÍSMICA EN PAVIMENTOS ASFÁLTICOS DEL DISTRITO DE SAN JUAN DE LURIGANCHO, LIMA 2018
Asunto : Ensayo para determinar el tiempo de fraguado del cemento hidráulico, usando la aguja de Vicat.
Expediente N° : 19-4440
Recibo N° : 68426
Fecha de emisión : 18/11/2019

- 1. DE LA MUESTRA** : Muestras elaboradas con cemento ANDINO TIPO HS ULTRA, DOSIFICACIÓN 3
- 2. DEL EQUIPO** : Aparato de Vicat (Manual)
- 3. MÉTODO DEL ENSAYO** : Bajo norma de referencia ASTM C 191 "Standard Test Methods for Time of Setting of Hydraulic Cement by Vicat Needle"
- 4. RESULTADOS** :

MUESTRA	FRAGUADO INICIAL Metodo A (min)	FRAGUADO FINAL Metodo A (min)
M-1	530	875

5. OBSERVACIONES: 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : Ing. M. A. Tejada S.
Técnico : Sr. R.V.M.


MSc. Ing. Isabel Moromi Nakata
Jefe (e) del laboratorio

NOTAS:
1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.



UNI-LEM
La Calidad es nuestro compromiso
Laboratorio Certificado ISO 9001

 Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25
apartado 1301 - Perú
 (511) 381-3343
 (511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046

 www.lem.uni.edu.pe
 lem@uni.edu.pe
 Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI

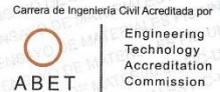


Anexo 15: Certificado del Ensayo a Compresión a los 7 días



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA Facultad de Ingeniería Civil

LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"



INFORME

Del : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales
 A : DIEGO HUMBERTO MENDOZA CARRIÓN
 Obra : TESIS : "MEJORA DE SUELOS CON LAS TÉCNICA DEL JET - GROUTING PARA MITIGAR EL RIESGO DE LICUACIÓN SÍSMICA EN PAVIMENTOS ASFÁLTICOS DEL DISTRITO DE SAN JUAN DE LURIGANCHO , LIMA 2018"
 Asunto : Ensayo de Resistencia a la Compresión.
 Expediente N° : 19-4379
 Recibo N° : 68360
 Fecha : 29/10/2019

1. DE LA MUESTRA : Consistente en 03 probetas cilíndricas
 Fecha de ensayo : 29/10/2019

2. DE LOS EQUIPOS : Máquina de ensayo uniaxial PROETI
 Certificado de Calibración CMC-067-2019

3. MÉTODO DEL ENSAYO : Norma de referencia NTP 339.034:2013.
 Procedimiento interno AT-PR-11.

4. RESULTADOS :

N°	IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS	FECHA DE EXTRACCIÓN	DIÁMETRO (cm)	ALTURA (cm)	ÁREA (cm²)	CARGA (Kg)	FACTOR DE CORRECCIÓN (Alt./Diám.)	RESIST. A LA COMPRESIÓN (Kg/cm²)	TIPO DE FALLA
1	LECHADA 100	22/10/2019	10.07	16.4	79.6	3907	0.97	48	TIPO 3
2									
3									
4	LECHADA 085	22/10/2019	10.09	18.6	80.0	4150	1.00	52	TIPO 4
5									
6	LECHADA 073	22/10/2019	10.11	20.0	80.2	8975	1.00	112	TIPO 3

5. OBSERVACIONES: 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : Lic. J. Basurto P.
 Técnico : Sr. P. S. M.



MSc. Ing. Isabel Moromi Nakata
 Jefe (e) del laboratorio

NOTAS:

- Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.

UNI-LEM
 La Calidad es nuestro compromiso
 Laboratorio Certificado ISO 9001



Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25
 apartado 1301 - Perú
 (511) 381-3343
 (511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046



www.lem.uni.edu.pe



lem@uni.edu.pe



Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI



Anexo 16: Certificado del Ensayo a Compresión a los 14 días



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Facultad de Ingeniería Civil

LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"



INFORME

Del : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales
 A : DIEGO HUMBERTO MENDOZA CARRIÓN
 Obra : TÍTULO DE TESIS: MEJORA DE SUELOS CON LA TÉCNICA DEL JET-GROUTING PARA MITIGAR EL RIESGO DE LICUACIÓN SÍSMICA EN PAVIMENTOS ASFÁLTICOS DEL DISTRITO DE SAN JUAN DE LURIGANCHO, LIMA 2018.
 Asunto : Ensayo de Resistencia a la Compresión
 Expediente N° : 19-4457
 Recibo N° : 68445
 Fecha : 05/11/2019

1. DE LA MUESTRA : Consistente en 06 especímenes cilíndricos.

Fecha de ensayo : 05/11/2019

2. DE LOS EQUIPOS : Máquina de ensayo uniaxial PROETI.
 Certificado de Calibración CMC-067-2019

3. MÉTODO DEL ENSAYO : Norma de referencia NTP 339.034:2015.
 Procedimiento interno AT-PR-12.

4. RESULTADOS :

N°	IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS	FECHA DE OBTENCIÓN	DIÁMETRO (cm)	ALTURA (cm)	ÁREA (cm²)	CARGA (Kg)	RELACIÓN (Alt./Diám.)	RESIST. A LA COMPRESIÓN (Kg/cm²)	TIPO DE FALLA
1	LECHADA 001	22/10/2019	10.0	16.4	78.6	7767	1.64	98.8	3
2	LECHADA 085	22/10/2019	10.0	18.2	78.8	8912	1.82	113.1	3
3	LECHADA 073	22/10/2019	10.1	19.5	79.3	10216	1.94	128.8	3

5. OBSERVACIONES: 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : Lic. J. Basurto P.
 Técnico : L.O.R.

L.J.B.

NOTA:

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.



MSc. Ing. Isabel Moromi Nakata
 Jefe (e) del laboratorio

UNI-LEM
 La Calidad es nuestro compromiso
 Laboratorio Certificado ISO 9001



Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25
 apartado 1301 - Perú
 (511) 381-3343
 (511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046



www.lem.uni.edu.pe
 lem@uni.edu.pe
 Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI



Anexo 17: Certificado del Ensayo a Compresión a los 28 días



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA Facultad de Ingeniería Civil

LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"

Carrera de Ingeniería Civil Acreditada por



Engineering
Technology
Accreditation
Commission

INFORME

Del : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales
A : DIEGO HUMBERTO MENDOZA CARRION
Obra : TESIS "MEJORA DE SUELOS CON LA TECNICA DEL JET-GROUTING PARA MITIGAR EL RIESGO DE LICUACION SISMICA EN PAVIMENTOS DEL DISTRITO DE SAN JUAN DE LURIGANCHO, LIMA 2018"
Asunto : Ensayo de Resistencia a la Compresión
Expediente N° : 19-4646
Recibo N° : 68648
Fecha de emisión : 20/11/2019

- 1. DE LA MUESTRA** : Consistente en 3 probetas cilíndricas .
- 2. DEL EQUIPO** : Máquina de ensayo uniaxial PROETI.
Certificado de Calibración CMC - 067-2019
- 3. MÉTODO DEL ENSAYO** : Norma de referencia NTP 339.034:2015.
Procedimiento interno AT-PR-12.

4. RESULTADOS

N°	IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS	FECHA DE OBTENCIÓN	FECHA DE ENSAYO	ÁREA (cm²)	CARGA MÁXIMA (Kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (Kg/cm²)	TIPO DE FRACTURA
1	LECHADA 100	22/10/2019	20/11/2019	77.0	5,441	71	Tipo 3
2	LECHADA 085	22/10/2019	20/11/2019	77.4	5,623	73	Tipo 3
3	LECHADA 073	22/10/2019	20/11/2019	77.8	5,303	68	Tipo 3

- 5. OBSERVACIONES:** 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : Lic. J. Basurto P.
Técnico : Sr. L. O. R.

s.s.s

NOTAS:

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.



MSc. Ing. Isabel Moromi Nakata
Jefe (e) del laboratorio

UNI-LEM
La Calidad es nuestro compromiso
Laboratorio Certificado ISO 9001



Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25
apartado 1301 - Perú



(511) 381-3343



(511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046



www.lem.uni.edu.pe



lem@uni.edu.pe



Laboratorio de Ensayo
de Materiales - UNI



Anexo 18: Certificado de calibración de la máquina de ensayo uniaxial PROETI para el ensayo de compresión (1 de 4)



INACAL
Instituto Nacional
de Calidad
Metrología

Certificado de Calibración

LFP - 273 - 2018

Laboratorio de Fuerza y Presión

Página 1 de 4

Expediente	99772	<p>Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)</p> <p>La Dirección de Metrología custodia, conserva y mantiene los patrones nacionales de las unidades de medida, calibra patrones secundarios, realiza mediciones y certificaciones metrológicas a solicitud de los interesados, promueve el desarrollo de la metrología en el país y contribuye a la difusión del Sistema Legal de Unidades de Medida del Perú. (SLUMP).</p> <p>La Dirección de Metrología es miembro del Sistema Interamericano de Metrología (SIM) y participa activamente en las Intercomparaciones que éste realiza en la región.</p> <p>Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones el usuario está obligado a recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.</p>
Solicitante	UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	
Dirección	Av. Tupac Amaru 210 - Rímac	
Instrumento de Medición	MAQUINA DE ENSAYO UNIAXIAL	
Intervalo de Indicaciones	0 kN a 3 000 kN (*)	
Resolución	0,01 kN	
Marca	PROETI	
Modelo	H0235	
Número de Serie	4H0235/2	
Procedencia	ESPAÑA	
Clase de Exactitud	NO INDICA	
Fecha de Calibración	2018-06-27	

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido completamente y sin modificaciones. Los extractos o modificaciones requieren la autorización de la Dirección de Metrología del INACAL. Certificados sin firma y sello carecen de validez.

Fecha	Area de Mecánica	Laboratorio de Fuerza y Presión
 2018-07-02	 ALDO QUIROGA ROJAS Dirección de Metrología	 LEONARDO DE LA CRUZ GARCIA Dirección de Metrología

Instituto Nacional de Calidad - INACAL
Dirección de Metrología
Calle Las Camelias N° 817, San Isidro, Lima - Perú
Telf.: (01) 640-8820 Anexo 1501
Email: metrologia@inacal.gob.pe
Web: www.inacal.gob.pe

Puede verificar el número de certificado en la página:
<https://aplicaciones.inacal.gob.pe/dm/verificar/>

Anexo 19: Certificado de calibración de la máquina de ensayo uniaxial PROETI para el ensayo de compresión (2 de 4)



INACAL
Instituto Nacional
de Calidad

Metrología

Laboratorio de Fuerza y Presión

Certificado de Calibración LFP – 273 – 2018

Página 2 de 4

Método de Calibración

Método de comparación tomando como referencia la Norma ISO 7500-1 "Metallic materials-Verification of static uniaxial testing machines"

Lugar de Calibración

Laboratorio N°1 - Laboratorio de ensayo de Materiales - LEM
Av. Tupac Amaru 210 Rimac

Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	19,4°C	19,7°C

Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
Patrón de Referencia de Laboratorio Acreditado DAKKS D-K-12029-01-00	Transductor de Fuerza LFP 02 038 Clase 0,5	63753 / D-K-12029-01-00 DE : 2017-08-10

Observaciones

Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de color verde INACAL-DM.
(*) La máquina de ensayo fue calibrada en el intervalo de indicaciones de 0 kN a 1 700 kN

Anexo 20: Certificado de calibración de la máquina de ensayo uniaxial PROETI para el ensayo de compresión (3 de 4)



INACAL
Instituto Nacional
de Calidad

Metrología

Laboratorio de Fuerza y Presión

Certificado de Calibración
LFP – 273 – 2018

Página 3 de 4

Resultados de Medición

Dirección de Carga : **Compresión**

Indicación de Fuerza de la Máquina de Ensayo		Indicación en el transductor de fuerza patrón					Promedio	Error
		1ª Serie Ascenso	2ª Serie Ascenso	3ª Serie Ascenso	3ª Serie Descenso	4ª Serie - Accesorios Ascenso		
(%)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	
10	300,00	293,95	294,70	294,14	-----	-----	294,26	5,74
13	400,00	391,91	392,92	392,17	-----	-----	392,34	7,66
20	600,00	593,48	594,08	593,62	-----	-----	593,73	6,27
27	800,00	791,47	794,43	793,35	-----	-----	793,08	6,92
33	1 000,00	992,43	994,70	993,76	-----	-----	993,63	6,37
40	1 200,00	1 192,21	1 195,54	1 194,75	-----	-----	1 194,17	5,83
47	1 400,00	1 393,80	1 397,21	1 396,64	-----	-----	1 395,88	4,12
50	1 500,00	1 494,29	1 497,99	1 497,60	-----	-----	1 496,63	3,37
53	1 600,00	1 594,77	1 598,76	1 598,55	-----	-----	1 597,36	2,64
57	1 700,00	1 695,68	1 699,77	1 700,31	-----	-----	1 698,59	1,41

Errores Encontrados del Sistema de Medición de Fuerza

Valor Nominal		Errores Relativos encontrados en %					Incertidumbre del error de exactitud U (%) k=2
		Exactitud	Repetibilidad	Reversibilidad	Resolución Relativa	Error con Accesorios	
(%)	(kN)	a	b	v	a		
10	300,00	1,95	0,26	-----	0,00	-----	0,16
13	400,00	1,95	0,26	-----	0,00	-----	0,16
20	600,00	1,06	0,10	-----	0,00	-----	0,07
27	800,00	0,87	0,37	-----	0,00	-----	0,22
33	1 000,00	0,64	0,23	-----	0,00	-----	0,14
40	1 200,00	0,49	0,28	-----	0,00	-----	0,17
47	1 400,00	0,30	0,24	-----	0,00	-----	0,16
50	1 500,00	0,23	0,25	-----	0,00	-----	0,16
53	1 600,00	0,17	0,25	-----	0,00	-----	0,17
57	1 700,00	0,08	0,27	-----	0,00	-----	0,18
Error relativo de cero f_0		0,00					

Clase de la escala de la máquina	Valor máximo permitido % Según la Norma ISO 7500 - 1				
	Exactitud a	Repetibilidad b	Reversibilidad v	Resolución Relativa a	Cero f_0
0.5	± 0.5	0.5	± 0.75	0.25	± 0.05
1	± 1.0	1.0	± 1.5	0.5	± 0.1
2	± 2.0	2.0	± 3.0	1.0	± 0.2
3	± 3.0	3.0	± 4.5	1.5	± 0.3

kN = kilonewton

Anexo 21: Certificado de calibración de la máquina de ensayo uniaxial PROETI para el ensayo de compresión (4 de 4)



INACAL
Instituto Nacional
de Calidad

Metrología

Laboratorio de Fuerza y Presión

Certificado de Calibración LFP – 273 – 2018

Página 4 de 4

Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar combinada por el factor de cobertura $k=2$. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la Incertidumbre en la Medición", segunda edición, julio del 2001 (Traducción al castellano efectuada por Indecopi, con autorización de ISO, de la GUM, "Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement", corrected and reprinted in 1995, equivalente a la publicación del BIPM JCGM:100 2008, GUM 1995 with minor corrections "Evaluation of Measurement Data - Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement").

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

Recalibración

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

DIRECCION DE METROLOGIA

El Servicio Nacional de Metrología (actualmente la Dirección de Metrología del INACAL), fue creado mediante Ley N° 23560 el 6 enero de 1983 y fue encomendado al INDECOPi mediante Decreto Supremo DS-024-93 ITINCI.

El 11 de julio 2014 fue aprobada la Ley N° 30224 la cual crea el Sistema Nacional de Calidad, y tiene como objetivo promover y garantizar el cumplimiento de la Política Nacional de Calidad para el desarrollo y la competitividad de las actividades económicas y la protección del consumidor.

El Instituto Nacional de Calidad (INACAL) es un organismo público técnico especializado adscrito al Ministerio de Producción, es el cuerpo rector y autoridad técnica máxima en la normativa del Sistema Nacional de la Calidad y el responsable de la operación del sistema bajo las disposiciones de la ley, y tiene en el ámbito de sus competencias: Metrología, Normalización y Acreditación.

La Dirección de Metrología del INACAL cuenta con diversos Laboratorios Metrológicos debidamente acondicionados, instrumentos de medición de alta exactitud y personal calificado. Cuenta con un Sistema de Gestión de la Calidad basado en las Normas Guía ISO 34 e ISO/IEC 17025 con lo cual se constituye en una entidad capaz de brindar un servicio integral, confiable y eficaz de aseguramiento metrológico para la industria, la ciencia y el comercio.

La Dirección de Metrología del INACAL cuenta con la cooperación técnica de organismos metrológicos internacionales de alto prestigio tales como: el Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) de Alemania; el Centro Nacional de Metrología (CENAM) de México; el National Institute of Standards and Technology (NIST) de USA; el Centro Español de Metrología (CEM) de España; el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI) de Argentina; el Instituto Nacional de Metrología (INMETRO) de Brasil; entre otros.

SISTEMA INTERAMERICANO DE METROLOGIA- SIM

El Sistema Interamericano de Metrología (SIM) es una organización regional auspiciado por la Organización de Estados Americanos (OEA), cuya finalidad es promover y fomentar el desarrollo de la metrología en los países americanos. La Dirección de Metrología del INACAL es miembro del SIM a través de la subregión ANDIMET (Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela) y participa activamente en las Intercomparaciones realizadas por el SIM.

Anexo 24: Matriz de Consistencia

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
Problema General:	Objetivo General:	Hipótesis General:	Variable Dependiente Suelos de los pavimentos asfálticos	Tipo de Investigación: Aplicada
¿De qué manera la técnica del Jet Grouting influye en los suelos licuefactables de los pavimentos asfálticos del distrito de San Juan de Lurigancho, Lima 2018?	Hallar la influencia de la técnica del Jet Grouting en los suelos licuefactables de los pavimentos asfálticos del distrito de San Juan de Lurigancho, Lima 2018.	La técnica del Jet Grouting influye como elemento estabilizador en los suelos licuefactables de los pavimentos asfálticos del distrito de San Juan de Lurigancho, Lima 2018.		
Problemas Específicos:	Objetivos Específicos:	Hipótesis Específicas:	Variable Independiente Técnica del Jet Grouting	Nivel de Investigación: Explicativo
PE1: ¿De qué manera influye la dosificación del grout en la técnica del Jet Grouting para la mejora de propiedades de los suelos licuefactables de los pavimentos asfálticos del distrito de San Juan de Lurigancho?	OE1: Identificar las mejoras de las propiedades de los suelos licuefactable de los pavimentos asfálticos mediante la dosificación del grout en la técnica del Jet Grouting en el distrito de San Juan de Lurigancho.	H _i 1: La dosificación del grout en la técnica del Jet Grouting mejora las propiedades de los suelos licuefactables en los pavimentos asfálticos en el distrito de San Juan de Lurigancho.		
PE2: ¿De qué manera las propiedades del grout en estado líquido en la técnica del Jet Grouting mejora la estabilización del suelo en los pavimentos asfálticos del distrito de San Juan de Lurigancho?	OE2: Identificar la mejora de la estabilización del suelo en pavimentos asfálticos mediante las propiedades del grout en estado líquido en la técnica del Jet Grouting en el distrito de San Juan de Lurigancho.	H _i 2: Las propiedades del grout en estado líquido en la técnica del Jet Grouting mejora la estabilización del suelo en los pavimentos asfálticos del distrito de San Juan de Lurigancho.		
PE3: ¿De qué manera las propiedades del grout en estado sólido en la técnica del Jet Grouting reducen el riesgo de licuación en suelos de los pavimentos asfálticos del distrito de San Juan de Lurigancho?	OE3: Identificar la reducción del riesgo de licuación en los suelos de los pavimentos asfálticos mediante las propiedades del grout en estado sólido en la técnica del Jet Grouting en el distrito de San Juan de Lurigancho.	H _i 3: Las propiedades del grout en estado sólido en la técnica del Jet Grouting reduce el riesgo de licuación de suelos en los pavimentos asfálticos del distrito de San Juan de Lurigancho.	Diseño de Investigación: Experimental	



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, VARGAS CHACALTANA LUIS ALBERTO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA NORTE, asesor de Tesis titulada: "MEJORA DE SUELOS CON LA TÉCNICA DEL JET-GROUTING PARA MITIGAR EL RIESGO DE LICUACIÓN SÍSMICA EN PAVIMENTOS ASFÁLTICOS DEL DISTRITO DE SAN JUAN DE LURIGANCHO, LIMA 2018", cuyo autor es MENDOZA CARRION DIEGO HUMBERTO, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 25%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

LIMA, 15 de Setiembre del 2023

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
VARGAS CHACALTANA LUIS ALBERTO DNI: 09389936 ORCID: 0000-0002-4136-7189	Firmado electrónicamente por: LAVARGASV el 15- 09-2023 18:21:37

Código documento Trilce: TRI - 0651163