



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

ESCUELA DE POSGRADO
PROGRAMA ACADÉMICO DE MAESTRÍA EN INGENIERÍA
CIVIL CON MENCIÓN EN DIRECCIÓN DE EMPRESAS DE
LA CONSTRUCCIÓN

Aplicación de columnas de grava y su impacto en la licuefacción de
suelos en Villa María - Áncash, 2024

TESIS PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE:

Maestro en Ingeniería Civil con Mención en Dirección de Empresas de la
Construcción

AUTOR:

Echevarria Tena, Dennis Robert (orcid.org/0009-0001-3513-6894)

ASESORES:

Dr. Vilchez Canchari, Juan Marcos (orcid.org/0000-0002-7758-7589)

Mg. Cardeña Peña, Jorge Manuel (orcid.org/0000-0003-3176-8613)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Dirección de Empresas de la Construcción

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo económico, empleo y emprendimiento

LIMA – PERÚ

2024



ESCUELA DE POSGRADO

MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL CON MENCIÓN EN DIRECCIÓN DE EMPRESAS DE LA CONSTRUCCIÓN

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, VILCHEZ CANCHARI JUAN MARCOS, docente de la ESCUELA DE POSGRADO MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL CON MENCIÓN EN DIRECCIÓN DE EMPRESAS DE LA CONSTRUCCIÓN de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA NORTE, asesor de Tesis titulada: "Aplicación de columnas de grava y su impacto en la licuefacción de suelos en Villa María - Áncash, 2024", cuyo autor es ECHEVARRIA TENA DENNIS ROBERT, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 14%, 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, 02 de Agosto del 2024

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
VILCHEZ CANCHARI JUAN MARCOS DNI: 44597815 ORCID: 0000-0002-7758-7589	Firmado electrónicamente por: JVLICHEZCA987 el 09-08-2024 13:45:11

Código documento Trilce: TRI - 0844151



ESCUELA DE POSGRADO

MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL CON MENCIÓN EN DIRECCIÓN DE EMPRESAS DE LA CONSTRUCCIÓN

Declaratoria de Originalidad del Autor

Yo, ECHEVARRIA TENA DENNIS ROBERT estudiante de la ESCUELA DE POSGRADO MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL CON MENCIÓN EN DIRECCIÓN DE EMPRESAS DE LA CONSTRUCCIÓN de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA NORTE, declaro bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "Aplicación de columnas de grava y su impacto en la licuefacción de suelos en Villa María - Áncash, 2024", es de mi autoría, por lo tanto, declaro que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. He mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

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

Nombres y Apellidos	Firma
DENNIS ROBERT ECHEVARRIA TENA DNI: 70141841 ORCID: 0009-0001-3513-6894	Firmado electrónicamente por: DECHEVARRIAT el 02-08-2024 18:56:41

Código documento Trilce: TRI - 0844150

DEDICATORIA

La presente investigación la dedico a Dios, por ser mi inspiración y darme las fuerzas para continuar en este proceso de obtener uno de mis objetivos. A mi esposa e hijo por ser mi motor y motivo de cada día.

AGREDECIMIENTO

Me gustaría expresar mi más profundo agradecimiento a mis asesores, por apoyarme en esta investigación. Asimismo, a mis padres, por darme la vida y estar presente en todo lo que me he propuesto.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Carátula.....	i
Declaratoria de autenticidad del asesor.....	ii
Declaratoria de originalidad del autor.....	iii
Dedicatoria.....	iv
Agradecimiento.....	v
Índice de contenidos.....	vi
Índice de tablas.....	vii
Índice de figuras.....	ix
Resumen.....	x
Abstract.....	xi
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. METODOLOGÍA.....	18
III. RESULTADOS.....	24
IV. DISCUSIÓN.....	53
V. CONCLUSIONES.....	61
VI. RECOMENDACIONES.....	63
REFERENCIAS.....	65
ANEXOS.....	72

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Normativas para los ensayos que se realizaron en la investigación.....	21
Tabla 2. Certificado INACAL y calibración de equipos de laboratorio.....	22
Tabla 3. Número de puntos a investigar.....	22
Tabla 4. Resultados y características de los suelos ensayados en calicatas	24
Tabla 5. Resultados y características de los suelos ensayados en los SPT.....	26
Tabla 6. Resultados granulométricos de las muestras ensayadas en calicatas.....	27
Tabla 7. Resultados granulométricos de las muestras ensayadas en los SPT.....	28
Tabla 8. Resultados de corte directo de las muestras ensayadas en calicatas.....	29
Tabla 9. Resultados de corte directo de las muestras ensayadas en SPT.....	30
Tabla 10. Cuadro del cálculo de tensiones totales, efectivas y corrección del (N1)60.	32
Tabla 11. Cálculo de reducción de esfuerzos y relación de esfuerzos cíclicos.....	34
Tabla 12. Cuadro de los factores MSF definido por Seed e Idriss (1982).....	36
Tabla 13. Prueba de normalidad - Diferencia del Pretest y Post test.....	43
Tabla 14. Prueba estadística - Diferencia del Pretest y Post test.....	44
Tabla 15. Prueba de normalidad - Diferencia de la dimensión 1.....	45
Tabla 16. Prueba estadística - Diferencia del Pretest y Post test dimensión 1.....	45
Tabla 17. Prueba de normalidad - Diferencia de la dimensión 2.....	46
Tabla 18. Prueba estadística - Diferencia del Pretest y Post test dimensión 2.....	46
Tabla 19. Prueba de normalidad - Diferencia de la dimensión 3.....	47
Tabla 20. Prueba estadística - Diferencia del Pretest y Post test dimensión 3.....	47
Tabla 21. Prueba de normalidad - Diferencia de la dimensión 4.....	48
Tabla 22. Prueba estadística - Diferencia del Pretest y Post test dimensión 4.....	48
Tabla 23. Prueba de normalidad - Diferencia de la dimensión 5.....	49
Tabla 24. Prueba estadística - Diferencia del Pretest y Post test dimensión 5.....	49

Tabla 25. Prueba de normalidad - Diferencia de la dimensión 6.....	50
Tabla 26. Prueba estadística - Diferencia del Pretest y Post test dimensión 6.....	50
Tabla 27. Prueba de normalidad - Diferencia de la dimensión 7.....	51
Tabla 28. Prueba estadística - Diferencia del Pretest y Post test dimensión 7.....	51
Tabla 29. Prueba de normalidad - Diferencia de la dimensión 8.....	52
Tabla 30. Prueba estadística - Diferencia del Pretest y Post test dimensión 8.....	52

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Frecuencia de DIM 1 para la resistencia cíclica	37
Figura 2. Frecuencia de DIM 2 para el factor de corrección por profundidad.....	38
Figura 3. Frecuencia de DIM 3 para el factor de corrección de esfuerzo de sobrecarga	39
Figura 4. Frecuencia de DIM 4 para resistencia cíclica del suelo.....	40
Figura 5. Frecuencia de DIM 7 determinación del potencial de licuefacción.....	41
Figura 6. Frecuencia de DIM 8 determinación del potencial de licuefacción.....	42

RESUMEN

Con el objetivo de analizar el impacto de la aplicación de columnas de grava en la licuefacción de suelos en Villa María - Áncash, 2024 y contribuir en la industria, innovación e infraestructura, se utilizó la metodología de tipo aplicada, enfoque cuantitativo, diseño experimental, cuasiexperimental; considerando como población a los suelos de la urbanización Villa María, el cual abarco un área crítica de 5000 m² y una muestra de 18. Para la recolección de datos se utilizó la observación y como instrumento los formatos técnicos de registro (FTR) y los registros de información de campo (RDI). Se procesaron los datos con el software SPSS – IBM, donde se obtuvo los resultados descriptivos óptimos, obteniendo valores de factores de seguridad ($FS_L > 1.3$), ante el cálculo del potencial de licuefacción inicial y posterior a la aplicación de las columnas de grava; asimismo, se obtuvo como resultados inferenciales en la prueba de normalidad un SIG= 0.00 y en la prueba estadística un SIG = $0.039 \leq 0.05$, aceptando la hipótesis planteada en esta investigación. Concluyendo que la variable columnas de grava impacta en la variable licuefacción de suelos de forma positiva alta; por ende, permitió reducir asentamientos, aumentar la capacidad portante, mejorar la resistencia y densificar el suelo obteniendo un diseño óptimo.

Palabras claves: Columna de grava, licuefacción, densificación, asentamiento.

ABSTRACT

With the objective of analyzing the impact of the application of gravel columns on soil liquefaction in Villa María - Áncash, 2024 and contributing to the industry, innovation and infrastructure, the applied methodology, quantitative approach, experimental, quasi-experimental design was used; considering the lands of the Villa María urbanization as population, which covered a critical area of 5000 m² and a sample of 18. For data collection, observation was used and as an instrument the technical registration format (FTR) and the records field information (RDI). The data were processed with the SPSS – IBM software, where the optimal descriptive results were obtained, through the Seed and Idriss method, obtaining values of safety factors ($FS_L > 1.3$), before calculating the initial and subsequent liquefaction potential. to the application of gravel columns; Likewise, inferential results were obtained in the normality test: SIG = 0.00 and in the statistical test, SIG = 0.039 \leq 0.05, accepting the hypothesis raised in this research. Concluding that the gravel columns variable impacts the soil liquefaction variable in a highly positive way; Therefore, it made it possible to reduce settlements, increase the bearing capacity, improve resistance and densify the soil, obtaining an optimal design.

Keywords: Gravel column, liquefaction, densification, settlement.

I. INTRODUCCIÓN

El mejoramiento de los suelos licuables mediante la inclusión de columnas de grava, podrá reducir la variabilidad e incertidumbre relacionadas a la interacción entre el suelo y la columna, permitiendo mejorar la resistencia, asentamientos, propiedades físicas, químicas y mecánicas del suelo a tratar; a través de un diseño óptimo el cual utilizará la materia prima del área de estudio, contribuyendo en la innovación de la infraestructura y la mitigación del fenómeno de licuefacción para el desarrollo sostenible y crecimiento económico para la población, resguardando las vidas humanas ante un evento sísmico.

Actualmente, a nivel internacional la necesidad de construir en zonas donde el terreno posee una escasa capacidad portante ha dado lugar que la ingeniería civil tenga el propósito de resolver estos problemas, la rama de la Geotécnica es la encargada de solucionarlas, brindando métodos de mejora en las últimas décadas (Silva & Santana, 2022), es preciso indicar que esta necesidad se apalanca al crecimiento de la población a nivel mundial que se proyecta a llegar a 10.400 millones en la década del 2080 (UNPF, 2022). La alta compresibilidad de los suelos licuables, su baja permeabilidad y capacidad portante, dan presencia a grandes deformaciones y asentamientos los cuales sobrepasan el valor del factor de seguridad, siendo $FS > 5$, por lo que se requiere de la utilización un método de mejora del terreno como solución competitiva tanto económicamente como en cuanto a los aspectos ambientales (Elías et al., 2022).

La licuefacción en suelos permite afrontar problemas y plantear soluciones, a causa de los impactos desfavorables ocasionados al terreno y a las edificaciones construidas en zonas de alta peligrosidad sísmica. A fin de disminuir el riesgo a la licuación, una propuesta económica y eficaz es el mejoramiento del suelo con columnas de grava, el cual permitirá brindar propiedades de drenaje e incrementar la capacidad portante del terreno, obteniendo en algunos casos, triplicar (3Df) la resistencia inicial capacidad portante (Moreno Robles, 2022).

Por ello, en el entorno internacional tenemos que la vibración, es un componente importante en el proceso de construcción, permitiendo que el terreno se compacte lateralmente gracias a las perforaciones, ayudando a disminuir los vacíos en el terreno y así mejorar las características de este. Sin embargo, la licuación es un

fenómeno en el cual el suelo sufre la disminución considerable de la resistencia y de la rigidez al corte, a causa de la pérdida de las tensiones efectivas del terreno (Cano-Franco et al., 2023), lo que involucra la supresión en las deformaciones excesivas y de la capacidad portante; sin embargo, las ondas generadas por eventos sísmicos que se encuentran en rangos mayores de 7.5 a 9.5 en la escala de Richter, permitiendo que en los poros se eleve la presión del agua, permitiendo llegar a superar o igualar las fuerzas de fricción entre los granos del terreno, en consecuencia la resistencia se reduce a cero (J. Castro, 2020).

En el ámbito latinoamericano, los países de México, Canadá, Costa Rica, Guatemala, Ecuador, Colombia, El Salvador y específicamente el Perú a lo largo de los años no se conocía los sistemas o metodologías para la mejora de suelos a causa de que no se difundía, así mismo, se debe tener presente que las condiciones para el fenómeno de licuefacción se dan en arenas saturadas en estado suelto y condiciones no drenadas entre los valores densidad relativa de $15 < Cr < 35$, que predominan en el norte del país.

En el entorno nacional más resaltante del fenómeno de licuefacción del suelo en nuestro país se generó por un evento sísmico en el distrito portuario de Chimbote en 1970 (Castro, 2021), indicando casos de asentamientos en el suelo de la ciudad portuaria por causa de presentar suelos saturados y flojos, generándose erupciones de arenas y efectos de capilaridad del agua (Montalva et al., 2022). Por otro lado, a nivel local también se presentó asentamientos diferenciales de 25 a 30 cm en las estructuras del colegio Mundo Mejor, ubicado en Nuevo Chimbote; en la urbanización Villa María (Alva & Parra, 1997). Siendo importante recalcar que el análisis se basó en normativas y metodologías ampliamente aceptadas por el medio ingenieril como el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE), Normas Técnicas Peruanas (NTP), Norma ASTM y la Norma AASTHO; sin embargo, si se desea realizar un análisis más detallado, se recomienda el uso de métodos finitos, a través de software geotécnicos.

Asimismo, es importante indicar que en el área de investigación, Villa María no existe una investigación que relacione estas variables; además, se ha presenciado asentamientos considerables que han provocado el colapso de viviendas durante los eventos sísmicos presentados, dejando los elementos estructurarles con fisuras y grietas; por ende, la población presenta limitaciones en la construcción de sus

viviendas, considerando a lo máximo dos niveles a causa de la baja resistencia al corte del suelo, como también las propiedades, físicas, químicas y mecánicas; por ello, es necesario encontrar soluciones económicas y eficaces que permitan mejorar estos suelos con un diseño óptimo. Concluyendo que el interés principal de esta tesis es analizar el impacto de la aplicación de columnas de grava en los suelos licuables, con la finalidad de demostrar a través de comparaciones iniciales y posteriores la validez o ineficacia del método en el área de estudio.

Por lo descrito anteriormente y contemplando la realidad problemática, se formuló el problema general: ¿Cuál es el impacto de la aplicación de columnas de grava en la licuefacción de suelos en Villa María – Áncash, 2024?; además, se deriva los siguientes problemas específicos: (a) ¿Cuál es el impacto de la aplicación de las columnas de grava en el del factor de seguridad contra la licuefacción?; (b) ¿Cuál es el impacto de la aplicación de las columnas de grava en la resistencia del suelo?; (c) ¿Cuál es el impacto de la aplicación de columnas de grava en el asentamiento del suelo?; (d) ¿Cuál es el impacto de las columnas de grava en las propiedades físicas, químicas y mecánicas del suelo?.

La presente tesis expone la justificación práctica, obteniendo resultados favorables contra la licuefacción de suelos, el cual provocaba asentamientos y pérdida de la capacidad portante del suelo, mejorándolo a través de la aplicación de las columnas de grava. Asimismo, la justificación tecnológica se basó en brindar el uso de un método que permitió mejorar las propiedades de densificación del terreno, mitigando el potencial de licuefacción; por ende, se favoreció a los tipos de edificaciones existentes, clasificadas en importantes o esenciales según la normativa (Norma Técnica E.050 Suelos y Cimentaciones, 2018) del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE). Respecto a la justificación social, permitió beneficiar directamente a la población, concediendo una investigación donde se detalle sobre licuefacción de suelos, logrando así sensibilizar y dar a conocer las consideraciones pertinentes sobre sus construcciones y proyecciones de vivienda. Justificación económica, gracias al uso de la materia prima en el área de estudio se consiguió mitigar costos y reducir eventos de colapso; por ello, se pudo prevenir y resguardar vidas humanas ante un fenómeno cíclico. Con respecto a la justificación metodológica, actualmente no existe ninguna normativa que indique el tema de tratamiento de mejora de suelos, debido a la falta de interés e investigación, que

permitieran aportar y conocer las diferentes técnicas y métodos a emplear. Es por ello, que se realiza esta investigación, el cual utilizó la información necesaria, de acuerdo al proyecto, encontrando un diseño que más se adecuó a los parámetros, condiciones y recursos disponibles. Finalizando con la justificación teórica, que buscó innovar a través de la aplicación de las columnas de grava, permitiendo contribuir a la mejora de la problemática, obteniendo un diseño óptimo que permita reducir asentamientos y mejorar la capacidad portante en el área de estudio.

Esta tesis tiene como objetivo general: Determinar el impacto de la aplicación de columnas de grava en la licuefacción de suelos en Villa María - Áncash, 2024. Así mismo se plantearon los objetivos específicos: (a) Determinar el impacto de la aplicación de columnas de grava en el factor de seguridad contra la licuefacción; (b) Determinar el impacto de la aplicación de columnas de grava en la resistencia del suelo; (c) Determinar el impacto de la aplicación de columnas de grava en el asentamiento del suelo; (d) Evaluar el impacto de la aplicación de columnas de grava en las propiedades físicas, químicas y mecánicas del suelo.

A continuación, se describen los antecedentes a nivel internacional y nacional: A nivel Internacional, se tuvo como antecedente en España, la investigación de Castro (2020), la cual tuvo como objetivo el cálculo de asentamientos y aceleración del tiempo de consolidación a través del uso de las columnas de grava, teniendo un enfoque práctico que permite la difusión de este método como mejoramiento de licuefacción de suelos. La metodología utilizada posee un enfoque cuantitativo y diseño cuasiexperimental, utilizando el método de Priebe, método de Castro y Sagaseta y el método propuesto por GCOC, validados por juicio de expertos y certificación INACAL, teniendo como resultados a través del método de Priebe valores como son el ángulo de rozamiento, el coeficiente de empuje en reposo, el módulo de elasticidad entre otros, los cuales garantiza una correcta aplicación de las columnas de grava; además el método de Castro y Sagaseta permitían hallar los factores de $\varphi_c=25^\circ$, $K_o= 1.13$ y $E_{ms}= 37$ MPa, proporcionando un asentamiento con el uso de columnas de 15.9 cm, es decir 86% de la deformación final y culminando con el método de GCOC el cual nos brinda los valores de factor de reducción de asientos (β) obteniendo un asentamiento total de 14.4 cm; es decir, el 86.4% de la deformación final, por lo que se concluyó que a través del análisis de los diferentes métodos

utilizados la columna de grava permite mitigar asentamientos diferenciales y acelerara el tiempo de consolidación.

También, en Colombia Cano-Franco et al. (2023), tuvo como objetivo el análisis de la influencia granulométrica del material para el mejoramiento de la licuefacción de suelos en terraplenes o estructuras. La metodología utilizada posee un enfoque cuantitativo y diseño experimental, validados por juicio de expertos, certificados de calidad de materiales e instrumentos de laboratorio en la Universidad Cooperativa de Colombia. Obteniendo como resultado diferentes rangos del potencial a licuarse según la granulometría obtenida de las muestras del suelo; definiendo gráficas y esquemas de distribución para cada tamaño de partículas, mostrando los daños obtenidos a través de las pruebas dinámicas, presentando aplicando y también asentamientos no uniformes en $M6=1.9$ cm y en $M7=2.7$ cm, generando colapso total en prototipo miniatura. Donde se concluyó la relación entre la licuefacción de suelos y los parámetros de la curva granulométrica mediante pruebas en un prototipo sujeto a movimientos sísmicos, los factores más relevantes son los tipos de asentamientos evidenciados donde el suelo pierde su capacidad portante de 3.39 kg/cm² a 0.85 kg/cm², aumentando los asentamientos totales debido a la interacción suelo blando – nivel freático, obteniendo deformaciones unitarias, las cuales resultan catastróficos para cualquier edificación.

Además, en Canadá Dyaljee (2024), enfocaba su investigación en el rendimiento de terraplenes sostenidos por columnas de grava con núcleo de hormigón, teniendo como objetivo analizar el comportamiento y eficacia de este de las columnas en comparación con otros métodos, para demostrar que beneficios se obtiene en el área de estudio. La metodología utilizada posee un enfoque cuantitativo y diseño experimental, validados por juicio de expertos, fichas de recolección de datos (FRD), formatos técnicos de ensayos y acreditación de laboratorio de pruebas. El investigador obtiene como resultados de los cuatro métodos de diseño utilizado con un margen de error del 12.9 % a través de la guía de diseño alemana un diámetro de 1.00 m. con espaciamiento de 1.80 m., el cual pudo mitigar asentamientos del suelo en un 96.78%, mayor grado de consolidación por utilizar arcillas blandas y ahorro de tiempo de construcción; asimismo revelaron que las propiedades de drenaje permitieron la rapidez de la consolidación. Concluyendo que a través de la comparación del modelo numérico y las columnas de grava con núcleo de hormigón

in situ permitieron resultados favorables para la mitigación de asentamientos y las propiedades físicas, contribuyendo significativamente en soporte de terraplenes.

Igualmente, en Irán Khoshemehr & Bahadori (2023), tuvo como objetivo el análisis comparativo a las respuestas dinámicas de las columnas de drenaje de grava y las columnas de mezcla profunda de suelo en el estrato licuable a diferentes espesores con la finalidad de presenciar el comportamiento y obtener resultados. La metodología utilizada posee un enfoque cuantitativo y diseño experimental, validados por juicio de expertos, certificados de calidad de materiales e instrumentos de laboratorio. Obteniendo como resultados en diferentes eventos sísmicos, con aceleraciones de 0.2 g y frecuencias de 1.2 a 3 Hz. sobre la estructura, mostrando que entre las dos técnicas la segunda fue más eficiente en el ámbito de controlar el asentamiento y el corte del suelo con reducciones de hasta el 97.32 % y ángulos de corte mayores a los 32°; sin embargo, son muy costosas, por otro lado, los valores de máximos con columnas de grava con la capa mas gruesa se obtuvieron reducciones de asentamientos en 94.13% con ángulos de corte de 30° a más. Concluyendo que los comportamientos dinámicos en ambas técnicas son favorables, capaces de mitigar los asentamientos y mejorando las capacidades portantes del suelo, ante eventos cíclicos; asimismo los parámetros en las propiedades de densificación son elevados, aumentando el proceso de drenaje.

En Indonesia, Farichah (2019), tuvo como objetivo realizar una comparación del potencial de licuefacción, identificando las consideraciones de interés que se debe tomar en este tipo de suelos de baja capacidad portante. La metodología utilizada posee un enfoque cuantitativo y diseño cuasiexperimental, utilizando métodos de evaluación de licuefacción a través de ensayos de laboratorio y de campo, validados por juicio de expertos y certificados de calidad de los instrumentos utilizados en los diferentes ensayos realizados. El autor obtuvo como resultado dos tipos de enfoques, siendo el primero el uso de pruebas de laboratorio de muestras no perturbadas y segundo el uso de relaciones empíricas basadas en pruebas in-situ como son el ensayo SPT en cuál la resistencia a la penetración variaba entre los 12 a 15 golpes para la profundidad de 8.00 m., es decir los suelos contenían una capacidad portante de 1.39 kg/cm², los cuales eran propensos a licuarse provocando colapsos en caso de un movimiento sísmico. Concluyendo que el ensayo SPT, permite identificar el potencial de licuefacción de los suelos en estudio, obteniendo resultados a través de

las comparaciones de ensayos iniciales y finales, pudiendo afirmar que para mitigar este fenómeno se deberá utilizar el uso de cimentaciones profundas.

En referencia al nivel nacional en Áncash se realizó un estudio de suelos, que tuvo como objetivo principal determinar los diferentes estratos existentes para la utilización de metodologías para el mejoramiento de la licuefacción de suelos, teniendo como metodología un enfoque cuantitativo y diseño experimental, utilizando fichas de recolección de campo, método de observación y a través de ensayos de laboratorio, validados por juicio de expertos; obteniendo como resultado catorce (14) calicatas emplazadas en Nuevo Chimbote y Chimbote; asimismo se obtuvo muestras significativas del área urbana, conforme a los resultados se obtuvieron tres (03) tipos de suelos en la clasificación SUCS: En Chimbote se obtuvo: (SP) Arenas pobremente graduadas, (SM) arenas limosas en los externos de la ciudad, así mismo en el centro de la localidad, se encontró (SP-SM) arenas mal graduadas con contenido de limo; en tanto en Nuevo Chimbote solo se evidenció suelos del tipo (SP) arenas pobremente graduadas. Sin embargo, la profundidad de desplante (Df) fue obtenida a 1.20 m de profundidad y ancho de 1.00 m, resultando valores en el rango de 1.00 y 2.50 kg/cm². Concluyendo que la licuefacción de suelos es común que se presente en regiones costeras como son este tipo de estratos, añadiéndole la ubicación geográfica, son altamente propensos al peligro de derrumbes, dando lugar a la ingeniería civil brindar soluciones eficientes y económicas (Alva & Parra, 2020).

También se realizó la investigación en Lima, el Instituto Geofísico del Perú, el cual tuvo como objetivo determinar las propiedades del terreno para el uso de columnas de grava, ubicados en el norte de Chimbote. La metodología utilizada posee un enfoque cuantitativo y diseño experimental, utilizando métodos de prospección geofísica, tales como el ensayo MASW y resistividad eléctrica vertical, validados por juicio de expertos y certificación INACAL de los instrumentos utilizados. Obteniendo como resultado los estratos del subsuelo y ubicaciones del nivel freático, detallados de la siguiente forma, suelos duros hasta la profundidad de 18.00 m. y suelos blandos hasta la profundidad de 15.00 m. Así mismo, se identificó suelos de baja capacidad portante (blandos) hasta los 8.00 m de profundidad, ubicado en la parte extrema de Chimbote. Los ensayos reconocen la presencia de suelos saturados a partir de la profundidad de 1.40 m, encontrándose humedales o acuíferos por debajo de la profundidad de 5.00 m. Concluyendo que en el distrito de Nuevo Chimbote se verificó

suelos de baja capacidad portante (blandos) con 4.00 m de espesor; en tanto, los suelos rígidos se ubican a una profundidad de 10.00 m. Para la utilización de columnas de grava o pilotes emplazados al umbral del río Lacramarca se deberá encontrar a una profundidad de 10.00 m como mínimo, debido a que esta profundidad se encuentran suelos rígidos (Carrillo & Gómez, 2016).

Además, se realizó un estudio de sismicidad en Chimbote, el cual tuvo como objetivo calcular el espectro de aceleración en respuesta a la superficie de los suelos de la zona costera con la presencia de la licuefacción de suelos en el área de estudio, considerando que Perú se identifica por ser el país con mayores eventos sísmicos, según sismos históricos de 1582 y 1746 que perjudicaron la zona costera. La metodología que se utilizó posee un enfoque cuantitativo, diseño cuasi - experimental, utilizando métodos matemáticos, acompañados de ensayos de laboratorio, con un tipo de muestreo no probabilístico intencional, validados por juicio de expertos y certificados de calidad. Obteniendo como resultados valores del 55% en suelos rígidos e intermedio y un valor del 45% en valores de suelos blandos; es decir, la vulnerabilidad sísmica se encuentra en el rango alto del 56% y los niveles de riesgo sísmico intermedio es del 44%. Concluyendo que las viviendas ubicadas en la zona norte del Perú, son propensos a un alto nivel de sismicidad; sin embargo, los sismos presentados durante los años 1940 al 1974; con una magnitud de $M_w \sim 7.5$, ocasionaron repercusiones en las zonas de la costa (Morales et al., 2017).

En Ancash, se realizó la investigación que tuvo como objetivo evaluar la disminución de asentamientos durante un evento sísmico a través del método de pilotes de agregado compactado. La metodología que se utilizó posee un enfoque cuantitativo y diseño experimental, utilizando métodos empíricos y matemáticos, acompañados de ensayos de laboratorio, con un tipo de muestreo no probabilístico intencional, validados por juicio de expertos y certificados de calidad de los instrumentos utilizados en los diferentes ensayos realizados. Obteniendo resultados de los factores de reducción de asentamientos a través de las deformaciones de las columnas con una carga de 5.56 kg/cm² se pueden encontrar valores de reducción entre el 30 a 40% aproximadamente y la relación de diámetros para el diseño varía entre 2.40 m a 2.60 m. Concluyendo que los pilotes de agregado compactado para asentamientos de arenas licuables no pueden mitigar por completo la licuación debido a la heterogeneidad del suelo (Suito & Alvarez, 2023).

Sin embargo, en Lima, se tuvo la investigación que su objetivo era analizar la deformación de columnas de grava, garantizando su estabilidad frente a la licuefacción de suelos. La metodología que se utilizó posee un enfoque cuantitativo y diseño cuasiexperimental, utilizando métodos empíricos y matemáticos, acompañados del modelado en el programa Plaxis 2D, validados por juicio de expertos y certificados de calidad de los instrumentos utilizados en los diferentes ensayos realizados. Obtuvo como resultado valores de deformaciones y asentamientos máximos entre 36.57×10^{-6} m a 47.9×10^{-6} m, con presencia de aumentos de longitud que determinaron desplazamientos estáticos de 0.219 m en forma horizontal y vertical. Asimismo, los horizontes contienen suelos de baja capacidad portante (blandos), con la probabilidad que experimenten licuefacción. Concluyendo que el análisis del evento de licuefacción generó deformaciones altas; sin embargo, el método de columna de grava asegura la estabilidad en un rango aceptable para la estructura de presa estudiada, además aporta en la consolidación de los relaves arriba de la presa (Lara & Cardenas, 2023).

Posteriormente a los antecedentes planteados en esta investigación, se continúa con el marco conceptual. En el cual se expondrán las teorías generales de las variables expuestas en esta investigación, las cuales permitirán afianzar las dimensiones que involucran el diseño de las columnas de grava, el refuerzo, densificación, homogenización o edométrico, factor de seguridad contra licuefacción, resistencia y asentamientos, propiedades físicas, químicas y mecánicas del suelo.

Teniendo como primera variable la columna de grava, el cual permite el tratamiento del terreno, estas columnas permiten homogenizar y disminuir las fluctuaciones en la interacción suelo - columna; es decir, debido a la cohesión del terreno impide el reordenamiento de las partículas, es por ello, que las columnas de grava reducirán las propiedades de permeabilidad, brindará resistencia y estabilidad (Zhou et al., 2017). Así mismo basándose en el modelo de la vibro-sustitución, permitiendo mitigar el fenómeno de licuación. La vibro-sustitución permite introducir al terreno natural un material mejorado, por lo general es grava o arena, a través de un vibrador densificando el terreno existente. El aporte que brinda este tratamiento, a través de las vibraciones profundas y las alimentaciones de fondo, permiten el aporte de material en los extremos internos del terreno en investigación (Castro, 2020).

Asimismo, Del Barrio Gómez & Mendes (2007), a través de su investigación nos indica el procedimiento de mejora del suelo con el modelo de grava - vibrada, el cual puede ser utilizado en cimentaciones profundas, pudiendo penetrar hasta profundidades mayores a 30 m., las vibraciones permiten que la estructura granular se reordene, densificando el suelo y brindando un aumento en el grado de refuerzo y drenaje. Sin embargo, el autor nos brinda una descripción de la obra, indicando el método empleado para la construcción de las columnas de grava, obteniendo resultados positivos durante el tratamiento.

Concluyendo con el modelo grava reforzada con geotextil, el cual por contener confinamiento lateral a través del material permeable y polímero, permite que los principales aportes de las columnas de grava se centren en el refuerzo causado por la introducción de otro material con mayor resistencia y porosidad en los granos, el cual permite absorber mayores esfuerzos y fricciones de corte (τ_{col}) las que son absorbidas por el suelo reforzado (σ_s, τ_s) en la misma magnitud al deformarse (Reyes et al., 2024).

De los modelos expuestos se tomará para la siguiente investigación vibro-sustitución, debido que se ajusta más a este estudio.

A continuación, se exhibe las dimensiones de la variable, el cual permitirá alcanzar un mejor desarrollo de la investigación. Según Okamura et al. (2019) indica que la primera dimensión diseño de columnas de grava permitirá mostrar los diferentes resultados beneficiosos, en tanto el cálculo de las columnas de grava a través del método de Seed y Booker. Con la finalidad de mejorar los suelos licuables a través de este método, se tendrá como objetivo recolectar y drenar el agua con un radio "b", permitiendo que la columna con radio "a" y el distanciamiento eviten el fenómeno de licuación, determinándolo por la evaluación de infiltración expresada por las diferentes constantes siendo las principales la permeabilidad radial y vertical, coeficiente de compresibilidad volumétrica, el exceso de presión de poros y el peso unitario del agua.

Así mismo en primera instancia, este método permite realizar el cálculo de reducción del potencial de licuefacción considerando una red de columnas de grava, donde el diámetro es $2a$ y distanciamiento efectivo es $2b$, dentro la capa de suelo (SP), de permeabilidad horizontal k , esta metodología considera las propiedades mecánicas, rigidez y la permeabilidad que dependen de ($k_h = k_v = k$), un esfuerzo

efectivo inicial G'_o , teniendo la facultad del suelo de licuarse después de N ciclos uniformes (Martinez & Carbajal, 2019).

Sin embargo, el método semi-empírico permite considerar otros factores a través de la celda de unidad, obteniendo otros parámetros finitos con flexibilidad en su análisis, debido a las constantes como son el CRS mejorado y el CSR inicial, representando la tensión tangencial máxima (Das & Mero, 2024).

Además, el indicador más relevante de este método, es la reducción de asentamientos diferenciales en relación con el factor de sustitución a través de la densificación del suelo, el aumento de capacidad portante y el aumento del coeficiente de permeabilidad (Karakan, 2021).

Como segunda dimensión de la variable el refuerzo y densificación, según Bhochhibhoya et al. (2023) nos indicaba en su investigación que la columna de grava debe apoyarse en un estrato rígido, siendo de un material incompresible, donde se desprecia la densidad entre la interacción de suelo y columna a través del método de Priebe. El factor de mejora establece que la inclusión de columnas permite el rendimiento del suelo que se refleja en la reducción del asentamiento; así mismo, la compresibilidad de la columna se ve alterada con el uso de la relación de áreas, brindando un factor de mejoramiento modificado, de tal forma el desprecio de la densidad aparente entre el suelo y la columna permite la diferencia de la presión inicial, dependiendo de la distribución de la carga externa de cimentación en las columnas y el suelo.

Según Liu et al. (2024), este método involucrará tres pilares importantes siendo el primero, las columnas deben asentarse sobre un estrato rígido; continuando con la grava por ser un material no cohesivo es incompresible y finalizando con las densidades de grava y el suelo no son consideradas; por ende, permite que las columnas no fallen por apuntalamiento, considerando las deformaciones dependan de la diferencia de presiones; es decir, el efecto permite partir del factor de profundidad. Por su parte, Nguyen (2023) el método de Priebe al ser un método empírico, debe tener resguardos que puedan permitir y garantizar la seguridad del diseño, con la finalidad de no subestimar cargas a través de compatibilidad de controles. Es por ello por lo que se debe tener restricciones para los valores de factor de profundidad y el factor de mejora; así mismo, tener en cuenta el ángulo de rozamiento y cohesión.

Así mismo, el indicador más relevante en este método se basaron en reducir el valor del CSR a partir de la relación del ángulo de fricción y el número de golpes a través del ensayo SPT, obteniendo la mitigación del potencial de licuefacción (Saxena et al., 2024).

Culminando, se tiene como tercera dimensión la homogenización o edométrico, donde Patriaman & Fathani (2022) nos indica en su investigación que las cargas uniformemente distribuidas permiten que actúe en el rango elástico sobre el terreno homogéneo equivalente, siendo necesario tener presente la geometría simplificada de la celda; así también, la penetración completa en el estrato, compartiendo edométrico del suelo y la columna.

Las condiciones de la simetría donde se involucra los bordes exteriores de tensión tangencial, el desplazamiento radial y el flujo de agua se consideran nulos en condiciones de equilibrio vertical; con la finalidad de mejorar y eliminar los asentamientos diferenciales, producidos por el fenómeno de licuefacción (Olek & Moskal, 2024). Además, el método de Priebe y Edométrico, su análisis de basa pruebas obtenidas de cargas, teniendo como punto de inicio el diseño de la columna de grava, tanto el diámetro y la separación entre columnas, teniendo en consideración las características del área en estudio; así mismo, es importante la serie de interacciones que se ven influidas por las características del terreno, solicitaciones y materiales del entorno (Cárdenas et al., 2014).

Uno de los indicadores relevantes es la evaluación de esfuerzo – deformación de suelos, al cuantificar la comprensibilidad bajo cargas verticales, se obtiene la capacidad predictiva de asentamientos, estando comprendida entre los factores de seguridad de carga de 2,5 a 3,5 (E. Castro et al., 2023).

Continuando con la segunda variable que es licuefacción de suelo, que se puede definir como un fenómeno, donde el suelo adopta el comportamiento de un líquido, a causa de un movimiento sísmico, el cual aplica fuerzas en el área del terreno, causando el efecto de capilaridad, movimiento de los granos de arena y pudiendo originar desde deslizamientos, hasta asentamientos, a causa de la disminución de la resistencia en los suelos dañados (Farooq et al., 2014). Según Llano et al. (2020) nos indicaba en su investigación, que la licuefacción es considerado un evento que nace en suelos de baja capacidad portante y alto nivel freático, debido al modelo de Youd que añade mediciones durante las vibraciones.

Además, la resistencia de los suelos a la licuefacción es expresada como un factor de seguridad, el cual se determina $F_s = CRR / CSR$. Para utilizar el factor de seguridad (F_{SL}) se tendrá que considerar la estructuración y el nivel de deformación del suelo, los cuales se encuentran entre 1.2 y 1.5.

Por otra parte, Ghassemi et al. (2020) en su evaluación de los suelos licuables a través de la resistencia de los suelos al fenómeno de licuefacción, existen varios modelos, como son físicos, analíticos y empíricos. Los empíricos permitirán analizar el potencial de licuefacción, determinando dos (02) factores, siendo la primera la relación de esfuerzos cíclicos (CSR) y la segunda es la capacidad de la capa de suelos para resistir el fenómeno de licuación, expresada en términos de relación de resistencia cíclica (CRR). El analítico estudia el funcionamiento del terreno, donde se establecerá ecuaciones ya formuladas, permitiendo determinar un modelo matemático realista, siendo los métodos numéricos a través de esta vía se formula ecuaciones gobernantes, permitiendo obtener un sistema de ecuaciones diferenciales, culminando con las empíricas donde se evalúa el potencial de licuefacción del suelo a través de la metodología de Seed e Idriss, mejorada por diferentes autores.

Además, según Shen et al. (2024) en su investigación de modelo empírico, determinará la amenaza que implica el potencial de licuefacción a la estabilidad de túneles durante un evento sísmico, utilizando un análisis de tensión efectiva dinámico en el área de estudio; a través de las diferentes ecuaciones y evaluando los movimientos de los estratos en zonas arenosas y limosas, de baja plasticidad, se obtuvieron resultado numéricos que delatan la frecuencia de movimiento de los suelos licuables con factores de seguridad en el rango de 0.349 a 0.994, concluyendo que existe asentamiento diferencial para eventos sísmicos mayores a 7.5 en la escala de Richter debido a la interacción del suelo y la estructura.

De los modelos expuestos se tomará para la siguiente investigación el modelo empírico, debido que se ajusta más a este estudio.

Seguidamente la dimensión, factor de seguridad contra licuefacción, indica que a través de su investigación, obtuvieron resultados in-situ los cuales lo derivaron a laboratorio, empleando un material de arena limosa, utilizando ensayos triaxiales cíclicos, proponiendo un método simplificado para estimar la resistencia al fenómeno de la licuefacción, usando la densidad relativa obtenida del ensayo SPT como

indicador principal, así también el contenido de finos, proponiendo la relación de esfuerzos, durante un evento sísmico a través del método de Seed & Idriss (Ghorbani & Rajabi, 2020).

Además, Bahari Bahareh et al. (2020) nos indica en su investigación, que el resultado para esta metodología a través del componente más importante, siendo la vibración, se cuantifica con el área de reemplazo (A_r), donde se ha visto la mejora a través de los trabajos in situ sobre la resistencia al ensayo SPT final respecto a la resistencia inicial. Asimismo, para suelos blandos y alto contenido de humedad la mejora es mayor e importante; por lo tanto, en suelos con una cantidad de finos ($> 15\%$), no tendrá aportes considerables y (c) drenaje, teniendo un aporte esencial para mitigar la licuefacción, a causa de la permeabilidad alta del suelo, permitiendo disipar las presiones en los poros durante el evento sísmico, evitando la aglomeración y disminución de tensiones efectivas.

Sin embargo, este método se fundamenta en contrastar los esfuerzos cortantes generados por un evento sísmico con los esfuerzos cortantes críticos, los cuales podrían provocar licuefacción después de cierto número de ciclos; por ende, esto implica examinar la intensidad, frecuencia y la duración de movimiento sísmico (Yang et al., 2023).

Teniendo como indicador principal la relación de la resistencia cíclica ante la tensión cíclica; no obstante, la normativa peruana establece valores inferiores de 1 a 1.3, siendo necesario identificar los esfuerzos cíclicos del sismo, la resistencia cíclica a la licuefacción y la corrección al ensayo SPT (Donavalli et al., 2023).

Como segunda dimensión, la resistencia al corte del suelo, según Farichah (2019), nos permite evaluar el potencial de licuefacción en suelos arenosos y limosos, a través de los movimientos sísmicos, el esfuerzo al cortante cíclico inducido a través software, permite medir las presiones de poro durante el proceso de resistencia de las sollicitaciones de carga y evento sísmico, obteniendo parámetros de resistencia como la cohesión no drenada el orden de variación de 25%, en tanto el ángulo de fricción se encontraba en el orden de 16%, tomando como valor de referencia en una velocidad de 0.5 mm/min.

Así mismo, Baldovino et al. (2024), a través de su investigación determina que la resistencia al corte se encuentra relacionado a las propiedades mecánicas del suelo, con la ecuación de Terzaghi, llevándolo en una escala en laboratorio el cual

evalúa el factor de seguridad teniendo como variables de esfuerzos CRR/CSR, considerando deformaciones de suelos entre 1.2 a 1.5.

Sin embargo, Maita & Pilar Barroeta (2016), en su investigación a través del ensayo de penetración Piezocone (CPTU), permitió calcular la resistencia al corte sin drenaje del suelo de baja capacidad portante, teniendo que utilizar para el cálculo el valor empírico, obtenido a través de la relación del CPTU, reportando valores de 10 y 20 Nk; así mismo, se encontró resultados de 8° a 29° para el ángulo de fricción de las muestras encontradas, reportadas en las diferentes zonas estudiadas.

El indicador más relevante se basa en el ángulo de fricción interna (Φ), definida por la intersección entre los planos de corte y los planos horizontales y la dirección vertical; decir, es el ángulo máximo posible entre las partículas del suelo antes que ocurra el deslizamiento; así como la resistencia del suelo a través del número de golpes registrados en el ensayo SPT (Sugiyama & Takahashi, 2024).

Continuando con la tercera dimensión, el asentamiento de suelo, donde Ballesteros et al. (2018), nos indica que las columnas de grava permiten el mejoramiento en suelos de capacidad portante baja, debido a la densificación o cambio de material, permitiendo inclusiones rígidas dentro de la interacción suelo – columna, produciendo la reducción de asentamientos y un obteniendo un mayor uniforme.

Asimismo, Saxena et al. (2024) en la relación de módulos se encuentra entre el rango de 10 a 50, con oscilación de columnas de 5 – 30%, la cual se expresa con los factores de concentración de tensiones (SCF) que viene a expresar la división entre las tensiones verticales de las columnas de grava y el suelo. La disminución se genera debido al mejoramiento del suelo, evaluando los indicadores que mejoran, identificándolo como la división entre la deformación vertical final del suelo con/sin columna de grava, manifestándose en el mejoramiento de asentamientos.

Sin embargo, indiferente a la metodología a utilizar para mitigar los asentamientos del suelo, existen limitaciones asociadas a dos factores, a) Presión de pre consolidación y b) Variación de permeabilidad en cada estrato; es por ello por lo que el control y monitoreo son importantes para la cuantificación de los asentamientos diferenciales (Y. Liu & Liang, 2024).

Según Saxena et al. (2024) los indicadores son las deformaciones y nivelaciones encontradas a través de las alturas en los diferentes estratos, ya sean

iniciales o posteriores; así mismo, el cambio de elevación permite medir los asentamientos y hallar las correcciones del contenido de finos.

Teniendo como última dimensión las propiedades físicas, químicas y mecánicas del suelo, con el objetivo de poder conocer y determinar si el suelo es susceptible al fenómeno de licuefacción, ya que no siempre tener un suelo granular es propenso a licuarse, teniendo que recaudar muestras que representen cada estrato estudiado, mediante las referencias normativas vigentes se realizarán las pruebas de laboratorio, los cuales podrán brindarnos las propiedades físicas y químicas con los diferentes ensayos (Meza-Ochoa et al., 2023).

Además, se debe tener presente los accesorios y equipos para la recolección de las muestras representativas, siendo primordial las bolsas herméticas y herramientas manuales, con el objetivo de obtener muestras no alteradas, siendo importante la observación visual en el área de estudio (Martín-Méndez et al., 2023).

Para concluir se debe tener presente que el ensayo SPT, el cual permitirá determinar la compacidad y la resistencia del suelo a la penetración en esta investigación; sin embargo, es importante conseguir muestras representativas de los estratos, así contabilizar el número de golpes (N) y la resistencia a la compresión simple por medio de guías de registro ya planteadas (Chu et al., 2021).

Según Brand (2014), se tiene como indicadores principales los ensayos de (a) Contenido de humedad, (b) Peso específico de las partículas sólidas, (c) Análisis granulométrico por tamizado, (d) Contenido de sales solubles; así mismo, para determinar las propiedades mecánicas, se deberán realizar el (a) Ensayo de corte directo, (b) Ensayo de Penetración Estándar (SPT), (c) Método de sondaje vertical (SEV), con la finalidad de obtener los valores y variables para el método de columnas de grava.

En cuanto a la reflexión de la aplicación de estas bases teóricas, se han centrado en abordar las respuestas a la realidad problemática planteada ya que esta investigación busca resolver un problema real que aflige a la sociedad a nivel internacional y nacional, dando paso a la ingeniería a brindar soluciones idóneas que permitan utilizar la materia prima de su entorno para crear un diseño innovador que permitirá densificar y mitigar este fenómeno de licuefacción, brindando un beneficio a la población, al sensibilizar y darles a conocer las diferentes consideraciones que se

deben tomar para su aplicación; asimismo, poder prevenir y resguardar vidas humanas en alguna incidencia provocadas por los eventos sísmicos.

Finalmente, se plantea la siguiente hipótesis. Hipótesis General: Impacta la aplicación de columnas de grava en la licuefacción de suelos en Villa María – Áncash, 2024. Igualmente, se plantearon las hipótesis específicas: (a) Impacta la aplicación de columnas de grava a través del factor de seguridad contra la licuefacción. Es alto; (b) Impacta la aplicación de columnas de grava en la resistencia del suelo. Es moderado; (c) Impacta la aplicación de columnas de grava en los asentamientos del suelo. Es alto; (d) Impacta la aplicación de columnas de grava en las propiedades físicas, químicas y mecánicas del suelo. Es alto.

II. METODOLOGÍA

El tipo de investigación, que se llevó a cabo es aplicado, debido a la orientación que se presenta, abordando desafíos prácticos o de producción; así como la exploración y validación de técnicas, métodos, instrumentos o materiales que mejoren los procesos. Las hipótesis se pusieron a prueba en términos de su eficacia o falta de ella. Este tipo de investigación aprovecha los recursos de la ciencia y la teoría existente para su aplicación directa en situaciones prácticas reales (Rafael Pozo Puértolas, 2024).

Esta investigación contó con un enfoque de investigación cuantitativo, debido al levantamiento de información que permitió probar la hipótesis, con datos basados en mediciones numéricas y análisis estadísticos, obteniendo patrones del comportamiento y probando teorías (Fernandez, 2015). Contó con un diseño experimental, debido que busca el conocimiento del área de estudio, para poder alcanzar los objetivos planteados, así responder las preguntas planteadas y asignar el valor de la hipótesis planteada en esta investigación (Hernández & Baptista, 2016). Es cuasi experimental, siendo de grupo no equivalente, al analizar el “Impacto de las columnas de grava en la licuefacción de suelos en Villa María - Áncash, 2024”, usando los recursos de la teoría y la ciencia existentes para aplicarlo de forma directa en casos prácticos reales (Fernández et al., 2014).

A continuación, se describirán las variables y su operacionalización.

Variable 1: Columnas de grava, según Castro (2020) concibe que las columnas de grava o pilotes granulares permiten el tratamiento del terreno, basándose en mejoramientos de la rigidez del suelo, permitiendo la fundación de terraplenes o estructuras, así mitigar el fenómeno de licuación. Permite introducir al terreno natural un material mejorado, por lo general es grava o arena, a través de un vibrador densificando el terreno existente. Definición operacional, según (J. Castro, 2021), indica que para explicar la variable se debe conocer el funcionamiento del terreno, este se establecerá por ecuaciones ya formuladas, permitiendo determinar un modelo matemático realista. Por ende, el tamaño de muestra para la investigación es en total dieciocho (18) muestras de las seis (06) calicatas y cuatro (04) SPT. Para calcular la cantidad de ensayos se empleó el intervalo de confianza de dos lados

para una distribución uniforme; se obtuvo aproximadamente ocho (08) ensayos; sin embargo, debido a limitaciones económicas se llevaron a cabo tres ensayos para cada relación de diámetro. Además, el instrumento en el cual se recolectó la información de esta variable permitió obtener 18 muestras representativas utilizando el método del cuarteo (Norma Técnica Peruana NTP 339.089, 2014). Indicadores son, el coeficiente de permeabilidad (K_h), compresibilidad volumétrica (m_v), reducción de asentamientos, capacidad portante, condiciones de equilibrio vertical, comportamiento de la interacción del suelo y de columna. Escala de medición, la presente investigación tuvo como escala de investigación unidades adimensionales, metros por segundo (m/s), metros cuadrados por kilo newton (m^2/kN), centímetros (cm), kilogramos por centímetro cuadrado (kg/cm^2), metros (m) y porcentajes (%).

Continuando con la variable 2: Licuefacción de suelos, su definición conceptual de licuefacción de suelos, se considera un evento que nace en los suelos de baja capacidad portante y alto nivel freático, debido a las vibraciones sísmicas. En el transcurso de este fenómeno, el suelo adopta el comportamiento de un líquido aplicando fuerzas en el área del terreno, causando el efecto de capilaridad (Suarez & Calvo, 2020). Definición operacional, según Llano et al. (2020), a través del estudio del comportamiento del suelo y sus propiedades, se obtendría los resultados de los ensayos de laboratorio, los cuales permitieron identificar las condiciones límites donde el suelo sufre el fenómeno de licuefacción; así mismo, los daños estructurales y asentamientos diferenciales. Indicadores son, el esfuerzo cíclico, resistencia cíclica a la licuefacción (CRR), esfuerzo cíclico al sismo (CSR), corrección de ensayo de penetración estándar (SPT), ángulo de rozamiento (Φ), número de golpes en el ensayo SPT, contenido finos (%), asentamiento del suelo, contenido de humedad (m_3), peso específico de sólidos (gr/cm^3), clasificación de tipos de suelo (SUCS), análisis granulométrico y contenido de sales solubles. Escala de medición, la presente investigación tuvo como escala de investigación unidades adimensionales, metros cúbicos (m^3), newton por metro cúbico (N/m^3), centímetros (cm), gramos por centímetro cúbico (gr/cm^3), metros (m), partículas por minuto (ppm) y porcentajes (%).

La Población en esta investigación se consideró los suelos del AA.HH. Villa María, el cual se abarcó un área crítica de cinco mil metros cuadrados ($5000 m^2$) aprox. (Maps, 2015); considerado como una zonificación de tipo urbana e industrial

en expansión. El cual se realizan la producción aceite de pescado y de harina, evidenciándose viviendas de densidad baja, de dos pisos a lo máximo de altura. Muestra: La muestra tuvo como criterio la Norma de Edificaciones E.050 Cimentaciones – Perú, considerando los procesos respectivos realizados en los ensayos y estudios geotécnicos para edificaciones de tipo C, siendo 01 calicata por cada 800 m², dando prioridad a los suelos de tipo arena-limosa, con saturaciones altas y áreas de estudio con un enfoque Geotécnico, Geológico y Topográfico, Sin embargo, podemos indicar que la muestra será obtenida mediante seis (06) calicatas de 3.00 m de profundidad cada uno, así mismo cuatro (04) ensayos de SPT; en las cuales se han construido las viviendas del Asentamiento Humano. Muestreo: Luego de realizar el cálculo de la muestra, se trabajó con el tipo de muestreo probabilístico - “Sistemático”, en cuanto el área de estudio pueda ser simplificada de forma eficiente en toda la poblacional del asentamiento humano Villa María. Asimismo, la obtención de cada muestra de estrato se ha basado en la recolección de información extendida en toda la población de estudio. Según lo indicado podemos definir nuestro tipo de muestreo como probabilístico - sistemático.

La técnica utilizada como principal indicador fue la recolección por observación, debido que los datos obtenidos se registraron in situ, en tanto se aplicaban los ensayos previos, para el análisis de los resultados. La observación conlleva a realizar la sistematización de los datos registrados. Se tomó como muestra los perfiles estratigráficos encontrados en el área de investigación, y a través de la observación visual, se verificó la existencia de partículas finas, arenas limosas en todas las calicatas. Se analizará las muestras en el laboratorio que considere el investigador, para los ensayos respectivos con el fin de obtener la información suficiente para poder identificar las características del suelo. El instrumento para la recolección que se utilizó para el registro de ensayos, fue los formatos técnicos de registro (FTR) y los registros de información de campo donde se puedan registrar los valores relevantes para el estudio, siendo los siguientes: (a) FTR - N°1: Contenido de humedad, (b) FTR - N°2: Peso específico relativo de sólidos, (c) FTR - N°3: Perfiles estratigráficos, (d) FTR - N°4: Sondaje SPT, (e) Formatos de laboratorio y ensayos a realizar. Estos instrumentos determinaron el vínculo de las columnas de grava y licuefacción de suelos en la Urb. Villa María - Áncash, 2024.

La validez del instrumento se realizó por juicio de expertos, Dr. Hermes Roberto Mosqueira Ramírez; DNI: 26673916, Mg. Anita Elizabet Alva Sarmiento; DNI: 26697612, Mg. Julio Christian Quesada Llanto; DNI: 42831273 los cuales cuentan con más de cinco (05) años de experiencia profesional; los cuales indicaron que el instrumento debe contener información técnica, obtenida en tesis de doctorados, como también artículos de investigación científica y reglamentos. Así mismo se consideró las normas del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) y Norma AASTHO. Culminando con la confiabilidad del instrumento, a través de los certificados de calibración de los equipos de laboratorio empleados en la empresa “Tecnovías y Servicios Generales S.R.L.”, según los métodos de ensayos acreditados por la dirección de acreditación del Instituto Nacional de Calidad – INACAL.

Análisis de fiabilidad

Tabla 1

Normativas para los ensayos que se realizaron en la investigación.

ENSAYOS	NORMA		
	MTC	NTP	ASTM
PROPIEDADES FÍSICAS - QUÍMICAS			
Contenido de humedad	MTC E 108	NTP 339.127	ASTM D 2216
Peso específico de las partículas solidas	MTC E 113	NTP 339.131	ASTM D 854
Análisis granulométrico por tamizado	MTC E 107	NTP 339.128	ASTM 422
Contenido de Sales Solubles		NTP 339.152 / BS 1377	
PROPIEDADES MECÁNICAS			
Ensayo de Corte Directo	MTC E 123	NTP 339.171	ASTM D 3080

Ensayo de SPT	-	NTP 339.154	-
---------------	---	----------------	---

OTROS

Método de Sondaje Vertical (SEV)

Nota. Tabla que representa las normas según los ensayos realizados en mecánicas de suelos. Fuente: RNE E.050 Suelos y Cimentaciones.

Tabla 2

Certificado INACAL y calibración de equipos de laboratorio.

Equipos con certificación de calibración	
Balanza	Tamiz
Horno	Cono de arena
Corte Directo	Medidor de humedad - Speedy
Máquina de ensayo uniaxial	Bomba de vacío

Nota. Representa los equipos calibrados para el desarrollo de los ensayos normados. Fuente: Tecnovías y Servicios Generales S.R.L.

Tabla 3

Número de puntos a investigar.

Tipo de edificación	Número de puntos a investigar (n)
A	1 por cada 225 m ²
B	1 por cada 450 m ²
C	1 por cada 800 m²
Urbanizaciones	3 por cada Ha. De terreno habilitado

Nota. Representa el número de sondajes en función al tipo de edificación y el área de superficie a ocupar. Fuente: RNE E.050 Suelos y Cimentaciones.

Continuando con el procedimiento metodológico, el cual tuvo como primera instancia la localización y emplazamiento de las muestras en el área de estudio; continuando con la obtención de las muestras representativas de suelos encontradas

en las calicatas y SPT; luego se realizaron los ensayos de laboratorio para cada una de estas; prosiguiendo con el análisis a través de las diferentes metodologías expuestas, obteniendo el potencial de licuefacción; siguiendo con la descripción de la propuesta de diseño de la columna de grava y su impacto a este fenómeno; culminando con el análisis comparativo de los resultados antes y después del uso de las columnas de grava propuestas. Método de análisis de datos, la recolección y procesamiento de datos, se realizó la de forma manual en las FRD; asimismo se procesó la información utilizando el programa para cálculos Microsoft Excel 2019, para realizar la metodología SEED & IDRISS, AutoCAD para ubicación y perfiles estratigráficos y Reglamento Nacional de Edificaciones, además de equipos de campo como son GPS, cámara digitales, equipo de cómputo de última generación que brinda de forma rápida los gráficos estadísticos, ubicaciones y cálculos, listos para ser presentados y analizados.

Los aspectos éticos, en esta investigación; han sido realizados de forma progresiva, contemplando las mediciones de forma original y garantizando la integridad; además, las referencias bibliográficas empleadas están alineadas con las normas tanto peruanas como internacionales. Asimismo, este trabajo posee una validez científica, ya que no existe otra investigación similar y los valores obtenidos se relacionan con estudios o investigaciones previas; por ende, respeta la confiabilidad de la materia prima utilizada en el área de estudio.

A los involucrados se les informó sobre el proceso de toma de datos que involucra la recolección en campo, brindando fiabilidad que la data recopilada será de uso exclusivo para la investigación y no generará riesgos posteriores; por ello, se garantizó, la discreción de mantener sus datos personales en privado. Culminando con el beneficio hacia la población a través de esta investigación, la cual proporcionará progreso y desarrollo.

III. RESULTADOS

Para poder conocer las características de las muestras que se utilizaron en la investigación, se realizó la evaluación de las propiedades **físicas, químicas y mecánicas**, que influyeron al mejoramiento de la capacidad portante del suelo, la disminución de asentamientos y el drenaje del agua existente; a través de los resultados del cálculo potencial de licuefacción inicial y posterior a la aplicación de las columnas de grava. Los cuales se muestran de la Tabla 4 hasta la Tabla 7.

Tabla 4

Resultados y características de los suelos ensayados en calicatas.

Calicata No	Profund. (m)	Clasific. SUCS	Límites de Atterberg		Cont. Humedad Natural (%)	Peso Volumétrico (gr/cm ³)	Descripción de Suelo
			LL	PI			
C - 01 (M1)	0.00 - 1.00	SP	NP	NP	1.17	1.82	Suelo Arena Pobrementemente Graduado
C - 01 (M2)	1.00 - 1.50	SP	NP	NP	3.26	1.78	Suelo Arena Pobrementemente Graduado
C - 01 (M3)	1.50 - 3.00	SP	NP	NP	9.17	1.78	Suelo Arena Pobrementemente Graduado
C - 02 (M1)	0.00 - 1.00	SP	NP	NP	1.21	1.80	Suelo Arena Pobrementemente Graduado
C - 02 (M2)	1.00 - 1.50	SP	NP	NP	3.86	1.80	Suelo Arena Pobrementemente Graduado
C - 02 (M3)	1.50 - 3.00	SP	NP	NP	9.92	1.82	Suelo Arena Pobrementemente Graduado
C - 03 (M1)	0.00 - 1.00	SP	NP	NP	1.18	1.84	Suelo Arena Pobrementemente Graduado
C - 03 (M2)	1.00 - 1.50	SP	NP	NP	3.18	1.91	Suelo Arena Pobrementemente Graduado

C - 03 (M3)	1.50 - 3.00	SP	NP	NP	9.42	1.85	Suelo Pobrememente Graduada	Arena
C - 04 (M1)	0.00 - 1.00	SP	NP	NP	1.41	1.84	Suelo Pobrememente Graduada	Arena
C - 04 (M2)	1.00 -1.50	SP	NP	NP	3.42	1.78	Suelo Pobrememente Graduada	Arena
C - 04 (M3)	1.50 - 3.00	SP	NP	NP	9.10	1.87	Suelo Pobrememente Graduada	Arena
C - 05 (M1)	0.00 - 1.00	SP	NP	NP	1.55	1.81	Suelo Pobrememente Graduada	Arena
C - 05 (M2)	1.00 -1.50	SP	NP	NP	3.84	1.82	Suelo Pobrememente Graduada	Arena
C - 05 (M3)	1.50 - 3.00	SP	NP	NP	9.15	1.84	Suelo Pobrememente Graduada	Arena
C - 06 (M1)	0.00 - 1.00	SP	NP	NP	1.84	1.85	Suelo Pobrememente Graduada	Arena
C - 06 (M2)	1.00 -1.50	SP	NP	NP	3.75	1.88	Suelo Pobrememente Graduada	Arena
C - 06 (M3)	1.50 - 3.00	SP	NP	NP	8.88	1.85	Suelo Pobrememente Graduada	Arena

Nota. Las abreviaturas indican: LL=limite líquido, PI= Índice de plasticidad, NP= No plástico
Fuente: Propia

En la Tabla 4, se demuestran los resultados obtenidos en laboratorio, los cuales reflejan que el suelo de cimentación donde se ha realizado la investigación se clasifica en el sistema S.U.C.S como "SP" y AASHTO como A-3(0), Arena pobrememente graduada, clasificados a diferentes profundidades encontrándose en un rango de 0.00 m. a 3.00 m., extrayendo tres muestras representativas por cada calicata; además, según los límites de Atterberg las muestras son No plásticas (NP), obteniendo porcentajes de contenidos de humedad altos con un promedio de 4.74 %; así mismo, el peso volumétrico promedio es 1.83 gr/cm³, pudiendo identificar suelos propensos al fenómeno de licuefacción.

Tabla 5*Resultados y características de los suelos ensayados en los SPT.*

Calicata No	Profund. (m)	Clasific. SUCS	Límites de Atterberg		Cont. Humedad Natural (%)	Peso específico (gr/cm ³)	Descripción de Suelo
			LL	PI			
SPT - 01 (M1)	0.30 - 2.50	SP	NP	NP	6.20	1.80	Suelo Arena Pobremente Graduada
SPT - 01 (M2)	2.50 - 4.00	SP	NP	NP	8.20	1.84	Suelo Arena Pobremente Graduada
SPT - 01 (M3)	4.00 - 5.00	SP	NP	NP	3.46	1.72	Suelo Arena Pobremente Graduada
SPT - 01 (M4)	5.00 - 9.00	SP	NP	NP	1.44	1.82	Suelo Arena Pobremente Graduada
SPT - 02 (M1)	0.30 - 1.60	SP	NP	NP	3.69	1.84	Suelo Arena Pobremente Graduada
SPT - 02 (M2)	1.60 - 3.00	SP	NP	NP	8.82	1.82	Suelo Arena Pobremente Graduada
SPT - 02 (M3)	3.00 - 5.00	SP	NP	NP	2.42	1.78	Suelo Arena Pobremente Graduada
SPT - 02 (M4)	5.00 - 9.00	SP	NP	NP	1.08	1.85	Suelo Arena Pobremente Graduada

Nota. Las abreviaturas indican: LL=limite líquido, PI= Índice de plasticidad, NP= No plástico
Fuente: Propia

En la tabla 5, se menciona que el suelo de cimentación donde se ha realizado la investigación se clasifica en el sistema S.U.C.S como "SP" y AASHTO como A-3(0), Arena pobremente graduada, clasificados a diferentes profundidades encontrándose en un rango de 0.00 m. a 9.00 m., extrayendo cuatro muestras representativas por cada ensayo de penetración estándar (SPT), según los límites de Atterberg las

muestras son No plásticas (NP), obteniendo porcentajes de contenidos de humedad altos con un promedio de 4.41 %; así mismo, el peso volumétrico promedio es 1.81 gr/cm³, logrando determinar a través de este ensayo, la cantidad o número de golpes que se encuentra relacionado de forma directamente proporcional a la resistencia a la penetración del suelo, siendo el indicador principal para hallar el potencial de licuefacción según la metodología de Seed e Idriss.

Tabla 6

Resultados granulométricos de las muestras ensayadas en calicatas.

Calicata No	Profund. (m)	Distribución Granulométrica			
		+3" (%)	Grava (%)	Arena (%)	Finos (%)
C - 01 (M1)	0.00 - 1.00	0.00	0.00	99.29	0.71
C - 01 (M2)	1.00 -1.50	0.00	0.56	98.86	0.58
C - 01 (M3)	1.50 - 3.00	0.00	0.06	99.45	0.48
C - 02 (M1)	0.00 - 1.00	0.00	0.00	99.74	0.26
C - 02 (M2)	1.00 -1.50	0.00	0.71	99.01	0.29
C - 02 (M3)	1.50 - 3.00	0.00	0.00	99.63	0.37
C - 03 (M1)	0.00 - 1.00	0.00	0.00	99.41	0.59
C - 03 (M2)	1.00 -1.50	0.00	0.00	99.24	0.76
C - 03 (M3)	1.50 - 3.00	0.00	0.00	99.52	0.48
C - 04 (M1)	0.00 - 1.00	0.00	0.39	99.08	0.52
C - 04 (M2)	1.00 -1.50	0.00	0.00	99.74	0.26
C - 04 (M3)	1.50 - 3.00	0.00	0.25	99.42	0.33
C - 05 (M1)	0.00 - 1.00	0.00	0.20	99.36	0.45
C - 05 (M2)	1.00 -1.50	0.00	0.00	99.29	0.71
C - 05 (M3)	1.50 - 3.00	0.00	3.51	95.64	0.86
C - 06 (M1)	0.00 - 1.00	0.00	0.00	98.87	1.13
C - 06 (M2)	1.00 -1.50	0.00	0.00	99.16	0.84
C - 06 (M3)	1.50 - 3.00	0.00	0.00	99.11	0.89

Nota. Tabla que representa la distribución granulométrica de las calicatas realizadas a diferentes profundidades. Fuente: Propia

En la Tabla 6, se tiene los resultados de laboratorio según las seis calicatas realizadas, identificando que el estrato más crítico se encuentra en la profundidad de 1.50 m. a 3.00 m., es decir en la muestra representativa (M3), es donde se detectó nivel de freático a una profundidad de 1.50 m. en las calicatas C-01, C-02, C-03, C-04 y C-05. Asimismo, en la curva granulométrica se obtiene una distribución promedio de los materiales es a una profundidad de 0.00 a 3.00 metros: grava 0.32%, arena 99.10% y finos 0.58%. Logrando determinar el porcentaje de finos, siendo un indicador para hallar el potencial de licuefacción según la metodología de Seed e Idriss.

Tabla 7

Resultados granulométricos de las muestras ensayadas en los SPT.

Calicata No	Profund. (m)	Distribución Granulométrica			
		+3" (%)	Grava (%)	Arena (%)	Finos (%)
SPT - 01 (M1)	0.30 - 2.50	0.00	0.00	96.41	3.59
SPT - 01 (M2)	2.50 -4.00	0.00	0.00	98.53	1.47
SPT - 01 (M3)	4.00 - 5.00	0.00	0.00	98.10	1.90
SPT - 01 (M4)	5.00 - 9.00	0.00	0.00	98.70	1.30
SPT - 02 (M1)	0.30 - 1.60	0.00	0.00	99.35	0.65
SPT - 02 (M2)	1.60 -3.00	0.00	0.00	99.20	0.80
SPT - 02 (M3)	3.00 - 5.00	0.00	0.57	97.26	2.17
SPT - 02 (M4)	5.00 - 9.00	0.00	0.00	98.55	1.45

Nota. Tabla que representa la distribución granulométrica del ensayo SPT realizadas a diferentes profundidades. Fuente: Propia

De la Tabla 7, se obtuvieron los resultados de las cuatro muestras representativas, clasificados a diferentes profundidades encontrándose en un rango de 0.00 m. a 9.00 m. priorizando los estratos críticos; es decir, detallaremos las M3 y

M4 en el SPT-01, SPT-02. Asimismo, en la curva granulométrica se obtiene una distribución promedio de los materiales: grava 0.00%, arena 98.26% y finos 1.67%. Logrando determinar el porcentaje de finos, siendo un indicador para hallar el potencial de licuefacción según la metodología de Seed e Idriss.

Además, para continuar con las características de las muestras, se realizó la evaluación de la **resistencia del suelo** a través del ensayo de Corte Directo, con la finalidad de conocer los indicadores de la resistencia del suelo; por ende, se determinaron los resultados del ángulo de rozamiento (ϕ) y cohesión (c). Detallados en la Tabla 8 a la Tabla 10.

Tabla 8

Resultados de corte directo de las muestras ensayadas en calicatas.

Calicata (Nº)	Clas. SUCS	Tipo de Ensayo	Tipo de Muestra	Esfuerzo Efectivo Pico		Observaciones
				Cohesión (kg/cm ²)	Friction Angle (deg)	
C - 1(M3)	SP	CD	Remoldeada	C= 0.00	$\phi= 27.50^{\circ}$	"Arena pobremente graduada"
C - 2(M3)	SP	CD	Remoldeada	C= 0.00	$\phi= 28.00^{\circ}$	"Arena pobremente graduada"
C - 3(M3)	SP	CD	Remoldeada	C= 0.00	$\phi= 28.10^{\circ}$	"Arena pobremente graduada"
C - 4(M3)	SP	CD	Remoldeada	C= 0.00	$\phi= 29.00^{\circ}$	"Arena pobremente graduada"
C - 5(M3)	SP	CD	Remoldeada	C= 0.00	$\phi= 27.50^{\circ}$	"Arena pobremente graduada"
C-6 (M3)	SP	CD	Remoldeada	C= 0.00	$\phi= 30.00^{\circ}$	Suelo "Arena pobremente graduada"

Nota. Tabla que representa los resultados del ensayo de Corte Directo realizado en las muestras obtenidas. Fuente: Propia

En la Tabla 8, se obtuvieron los resultados de las calicatas C-01, C-02, C-03, C-04, C-05 y C-06 para las muestras representativas M3, donde la presión de confinamiento " σ_n " aplicado es de 0.50, 1.00 y 2.00 Kg/cm² respectivamente; así mismo se puede identificar que el ángulo de fricción más crítico es de la C-1 y C-5 (M3) con $\phi = 27.50^\circ$ y $C = 0.00$, además se reafirmaron la clasificación en el sistema S.U.C.S como "SP" y AASHTO como A-3(0), Arena pobremente graduada.

Tabla 9

Resultados de corte directo de las muestras ensayadas en SPT.

Calicata (Nº)	Clas. SUCS	Tipo de Ensayo	Tipo de Muestra	Esfuerzo Efectivo Pico		Observaciones
				Cohesión (kg/cm ²)	Friction Angle (deg)	
SPT-01(M4)	SP	CD	Remoldeada	C= 0.00	$\phi = 27.00^\circ$	Arena pobremente graduada"
SPT-02(M4)	SP	CD	Remoldeada	C= 0.00	$\phi = 28.00^\circ$	Arena pobremente graduada

Nota. Tabla que representa los resultados del ensayo de Corte Directo realizado en las muestras obtenidas. Fuente: Propia

En la Tabla 9, se obtuvieron los resultados de las calicatas SPT-01 y SPT-02, para las muestras representativas M4, donde la presión de confinamiento " σ_n " aplicado es de 0.50, 1.00 y 2.00 Kg/cm² respectivamente; así mismo se puede identificar que el ángulo de fricción críticos es con $\phi = 27.00^\circ$ y $C = 0.00$, además se reafirmaron la clasificación en el sistema S.U.C.S como "SP" y AASHTO como A-3(0), Arena pobremente graduada.

Los resultados obtenidos del Corte Directo han sido realizados en un laboratorio de geotecnia y firmados por el especialista a cargo. Así mismo se adjuntará la descripción de los estratos de suelos que conformaran la cimentación, donde se identificaron los tipos de materiales encontrados respectivamente; de tal forma que nos permita interpretar las características del área en estudio y determinar el perfil estratigráfico, detallados en los Anexos.

Finalmente, para concluir con las características de las muestras, se realizó la evaluación del **factor de seguridad contra la licuefacción**, en la cual se consideró trabajar con un sismo de $M=8.00$, debiendo realizarse la corrección para valores de esta magnitud. Detallados en la Tabla 11 a la Tabla 12.

Se comenzará calculando el potencial de licuefacción de la primera área que abarca el sondaje SPT-01, el cual solo contiene con un solo estrato, teniendo lo siguientes datos: Magnitud del sismo: 8.00, profundidad del N.F.: 1.50 m., porcentaje de finos: 2.07, peso específico de arena: 1.82 Tn/m³, aceleración máxima: 0.40 g. y profundidad del estrato: 9.00 m.

Se procedió a calcular las tensiones totales y efectivas:

Tensión Intersticial:

$$\mu = \gamma_w * (Z - NF)$$

$$\mu = 1.00 \text{ Tn/m}^3 * (1.50 - 1.50) \text{ m}$$

$$\mu = 0.00 \text{ Tn/m}^2$$

Hasta la profundidad de 1.50 m. se considera $\mu = 0.00 \text{ Tn/m}^2$, así se continuará hallando la tensión intersticial hasta la profundidad de 9.00 m.

Tensión Total:

$$\sigma = \Sigma \gamma * Z$$

$$\sigma = 1.80 \text{ Tn/m}^3 * 1.50 \text{ m}$$

$$\sigma = 2.70 \text{ Tn/m}^2$$

Se ha hallado la tensión total para una profundidad de 1.50 m; así se continuará hallando la tensión intersticial hasta la profundidad de 9.00 m.

Tensión Efectiva:

$$\sigma' = \sigma - \mu$$

$$\sigma' = 2.70 \text{ Tn/m}^2 - 0.00 \text{ Tn/m}^2$$

$$\sigma' = 2.70 \text{ Tn/m}^2$$

Se ha hallado la tensión efectiva $\sigma' = 2.70 \text{ Tn/m}^2$ para una profundidad de 1.50 m; así se continuará hallando la tensión efectiva hasta la profundidad de 9.00 m. Continuando con el cálculo de la corrección del valor $N_{1(60)}$

Corrección por contenidos de finos $N_{1(60)}$:

Se deberá determinar el número de golpes corregidos, calculando los valores de α y β mediante las siguientes formulas planteadas. Asimismo, el valor de α se obtendrá del porcentaje de finos (FC= 2.07), es decir es $FC \leq 5 \%$, podemos indicar que:

$$\alpha = 0.00; \beta = 1.00$$

Tenemos:

$$(N_1)_{60} \text{ corregido} = \alpha \times \beta \times (N_1)_{60}$$

$$(N_1)_{60} \text{ corregido} = 0.00 + 1.00 (9)$$

$$(N_1)_{60} \text{ corregido} = 9.00$$

Se ha hallado el $N_{1(60)} = 9.00$ a una profundidad de 1.50 m; así se continuará hallando hasta la profundidad de 9.00 m. Luego de calcular las tensiones totales y efectivas según la profundidad realizada, se elaboró la tabla 10, donde se muestran los resultados.

Tabla 10

Cuadro del cálculo de tensiones totales, efectivas y corrección del $(N_1)_{60}$.

Profundidad (Z) (m)	$N_{1(60)}$	SPT1		
		Tensión Intersticial (μ) (Tn/m ²)	Tensión Total (σ) (Tn/m ²)	Tensión Efectiva (σ') (Tn/m ²)
0.00	1	0.00	0.00	0.00
0.50	4	0.00	0.90	0.90
1.00	6	0.00	1.80	1.80
1.50	9	0.00	2.70	2.70
2.00	10	0.50	3.60	3.10
2.50	13	1.00	4.50	3.50

3.00	15	1.50	5.40	3.90
3.50	18	2.00	6.30	4.30
4.00	18	2.50	7.20	4.70
4.50	20	3.00	8.10	5.10
5.00	22	3.50	9.00	5.50
5.50	24	4.00	9.90	5.90
6.00	26	4.50	10.80	6.30
6.50	28	5.00	11.70	6.70
7.00	28	5.50	12.60	7.10
7.50	30	6.00	13.50	7.50
8.00	32	6.50	14.40	7.90
8.50	32	7.00	15.30	8.30
9.00	33	7.50	16.20	8.70

Nota. Fuente: Propia

Se procede a calcular el coeficiente de reducción de esfuerzos según la profundidad.

Factor de reducción de esfuerzos:

La profundidad máxima es de 9.00 m, es decir $z \leq 9.15$ m

$$r_d = 1 - 0.00765 z \quad \longrightarrow \quad z \leq 9.15 \text{ m}$$

$$r_d = 1 - 0.00765 (1.50 \text{ m})$$

$$r_d = 0.99 \text{ m}$$

Se ha hallado el $r_d = 0.99$ m. a una profundidad de 1.50 m; así se continuará hallando hasta la profundidad de 9.00 m. Continuando con el cálculo del CSR de la siguiente forma:

Determinación de la relación de esfuerzos cíclicos (CSR):

Se tiene la siguiente ecuación según Seed e Idriss:

$$CSR = 0.65 \times a_{max} \times \frac{\sigma_{vo}}{\sigma'_{vo}} \times r_d$$

$$CSR = 0.65 \times 0.40 \times \frac{0.91}{0.91} \times 0.99$$

$$CSR = 0.257$$

Se ha hallado el CSR= 0.257 a una profundidad de 1.50 m, asignado aceleración máxima de 0.40; así se continuará hallando hasta la profundidad de 9.00 m. y con aceleraciones de 0.35, 0.30 y 0.25.

Luego de calcular el factor de reducción de esfuerzos y la relación de esfuerzos cíclicos según la profundidad indicada, se elaboró la Tabla 11 que muestra los resultados para las diferentes profundidades obtenidas del SPT-01.

Tabla 11

Cálculo de reducción de esfuerzos y relación de esfuerzos cíclicos.

rd	CSR			
	0.25 (a máx.)	0.30(a máx.)	0.35(a máx.)	0.40(a máx.)
1.00	0.162	0.194	0.227	0.259
0.99	0.161	0.194	0.226	0.258
0.99	0.161	0.193	0.225	0.257
0.98	0.186	0.223	0.260	0.297
0.98	0.205	0.246	0.287	0.328
0.98	0.220	0.264	0.308	0.352
0.97	0.232	0.278	0.324	0.371
0.97	0.241	0.290	0.338	0.386
0.97	0.249	0.299	0.349	0.399
0.96	0.256	0.307	0.358	0.409
0.96	0.261	0.313	0.366	0.418
0.95	0.266	0.319	0.372	0.425
0.95	0.270	0.324	0.378	0.431
0.95	0.273	0.328	0.382	0.437
0.94	0.276	0.331	0.386	0.441
0.94	0.278	0.334	0.389	0.445
0.93	0.280	0.336	0.392	0.448
0.93	0.282	0.338	0.394	0.451

Nota. Tabla que representa los resultados obtenidos con la metodología SEED E IDRISS. Fuente: Propia

Luego se procede a calcular el CRR de la siguiente manera:

Cálculo de la relación de resistencia Cíclica (CRR):

$$CRR_{7.5} = \frac{1}{34 - (N_{1(60)})} + \left(\frac{N_{1(60)}}{135} + \frac{50}{(10 * N_{1(60)} + 45)2} \right) - \frac{1}{200}$$

$$CRR_{7.5} = \frac{1}{34 - (9)} + \left(\frac{9}{135} + \frac{50}{(10 * 9 + 45)2} \right) - \frac{1}{200}$$

$$CRR_{7.5} = 0.10441$$

Se ha hallado el $CRR_{7.5} = 0.10441$ a una profundidad de 1.50 m; así se continuará hallando hasta la profundidad de 9.00 m.

Luego se procede a calcular la corrección de valores de la relación de tensión cíclica (CSR) y la relación de resistencia cíclica (CRR) para magnitudes de sismo diferentes a $M_w = 7.5$:

$$CRR_M = CRR_{7.5} \times K_\alpha \times K_\sigma \times MSF$$

Donde:

K_α = valor de 1 (NCEER, 1997).

Calculando C_σ :

$$C_\sigma = 1 / 18.9 - 2.55 \sqrt{(N1)60}$$

$$C_\sigma = 1 / 18.9 - 2.55 \sqrt{9}$$

$$C_\sigma = 0.0889$$

Calculando K_σ :

$$K_\sigma = 1 - C_\sigma \times K_\alpha \times \ln \left(\frac{\sigma'_v}{P_\alpha} \right)$$

$$K_\sigma = 1 - 0.0889 \times 1 \times \ln \left(\frac{2.70}{10.17} \right)$$

$$K_\sigma = 1.1179$$

Calculando MSF:

Sabemos los Factores MSF definido por Seed e Idriss (1982) a lo largo de los años.

Tabla 12

Cuadro de los factores MSF definido por Seed e Idriss (1982).

MAGNITUD (M_w)	7.00	7.50	8.00	8.50
SEED & IDRIS (MSF)	1.08	1.00	0.94	0.89

Nota. Fuente: Propia

Obtenemos lo siguiente:

$$CRR_M = CRR_{7.5} \times K_\alpha \times K_\sigma \times MSF$$

$$CRR_M = 0.10441 \times 1 \times 1.1179 \times 0.94$$

$$CRR_M = 0.1097$$

Continuando con el cálculo de CSR de la siguiente forma:

Cálculo de la relación de tensión Cíclica (CSR):

$$CSR_{fs} = CRS \times fs$$

$$CSR_{fs} = 0.257 \times 1.30$$

$$CSR_{fs} = 0.3341$$

Se define el factor de seguridad con la siguiente relación:

$$FS_L = \frac{CRR}{CSR}$$

$$FS_L = \frac{0.1097}{0.3341}$$

$$FS_L = 0.328$$

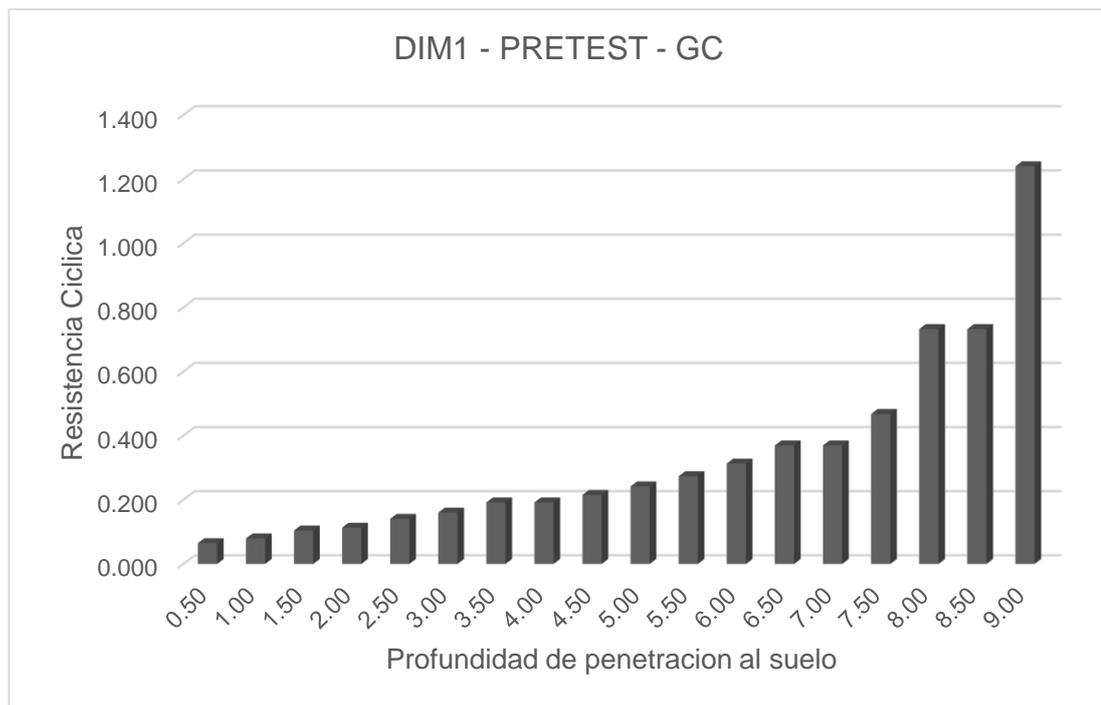
Se ha hallado que el $FS_L = 0.328$ a una profundidad de 1.50 m; interpretando que el suelo estudiado, si existirá el potencial de licuefacción a causa de que el FS es menor a 1.30.

Se continuará obteniendo los valores de los factores de seguridad (FS_L) según las profundidades analizadas, con el objetivo de obtener la comparación del pretest y post test del experimento, con la finalidad de identificar la eficiencia o ineficiencia del uso de las columnas de grava, detallados en los Anexos.

Se continuará con la **Estadística descriptiva** con la finalidad de evidenciar y comprender los datos ingresados para las muestras obtenidas con las mediciones realizadas.

Figura 1

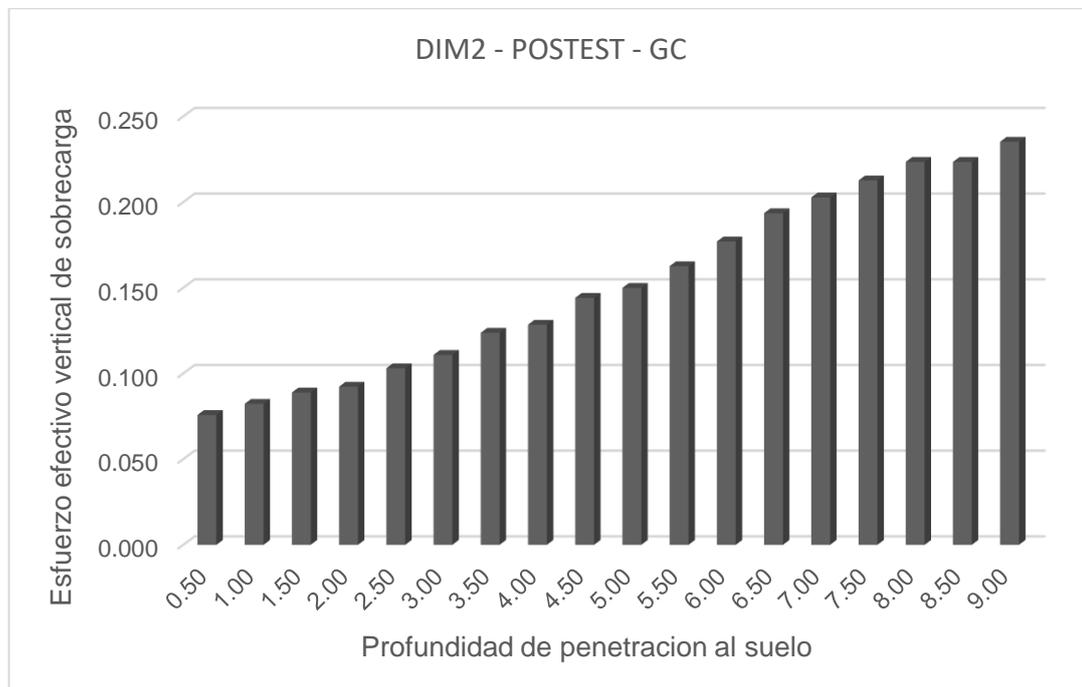
Frecuencia de DIM 1 para la resistencia cíclica.



Según la Figura 1, se evidenció que a medida que se incrementa la profundidad de penetración al suelo en el área de estudio del SPT-01, se incrementa la relación de resistencia cíclica ($CRR_{7.5}$), obteniendo un valor máximo de 1.24; es decir, la relación de corrección del número de golpes para la magnitud de un evento sísmico de $M=8.00^0$, aumenta el factor de comportamiento de falla, ante un fenómeno licuable. Asimismo, la obtención del valor más bajo es de 0.065 el cual refleja que es menos propenso a fallar a una profundidad de cimentación de 0.50 m; por ende, se determinó el impacto de la aplicación de columnas de grava en el factor de seguridad contra la licuefacción.

Figura 2

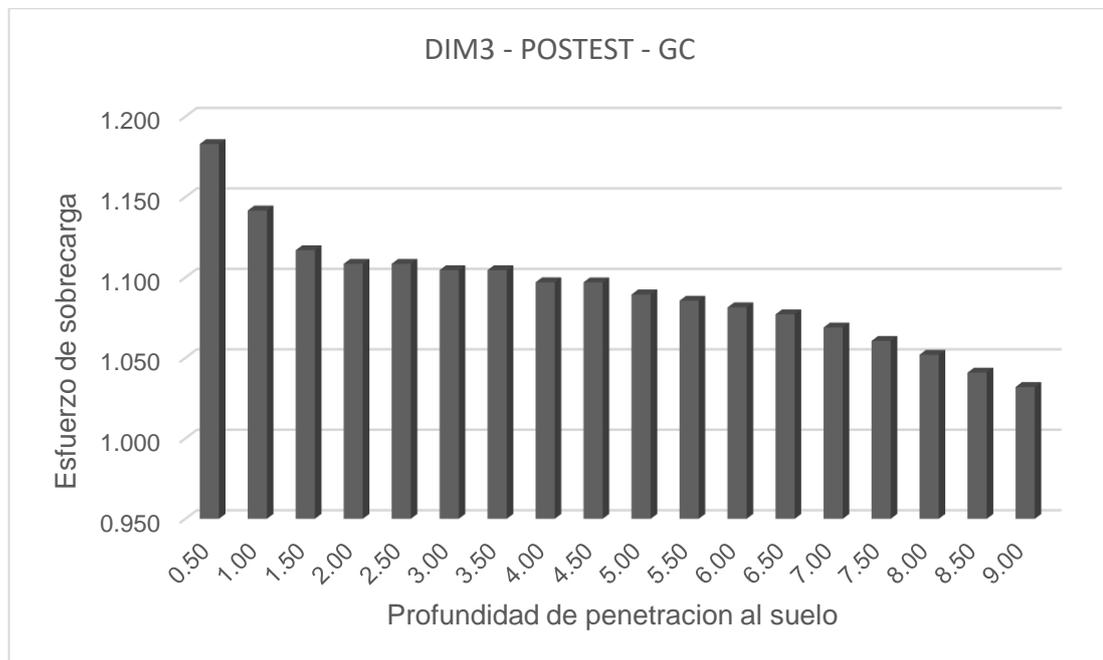
Frecuencia de DIM 2 para el factor de corrección por profundidad.



En la Figura 2, se aprecia que el valor más alto es de 0.2352, indicando que el esfuerzo efectivo vertical de sobrecarga se encuentra correctamente y son proporcionales a la profundidad de penetración al suelo en el área de estudio del SPT-02; es decir, a través de la relación del número de golpes se confirma la corrección de los valores obtenidos del ensayo in situ son correctos. Además, se obtuvo de la misma forma los valores intermedios y el valor más bajo siendo 0.0758, el cual permite verificar que a menor profundidad menor número de golpes y menor esfuerzo efectivo vertical; por ende, se evaluó el impacto de la aplicación de columnas de grava en las propiedades físicas, químicas y mecánicas del suelo.

Figura 3

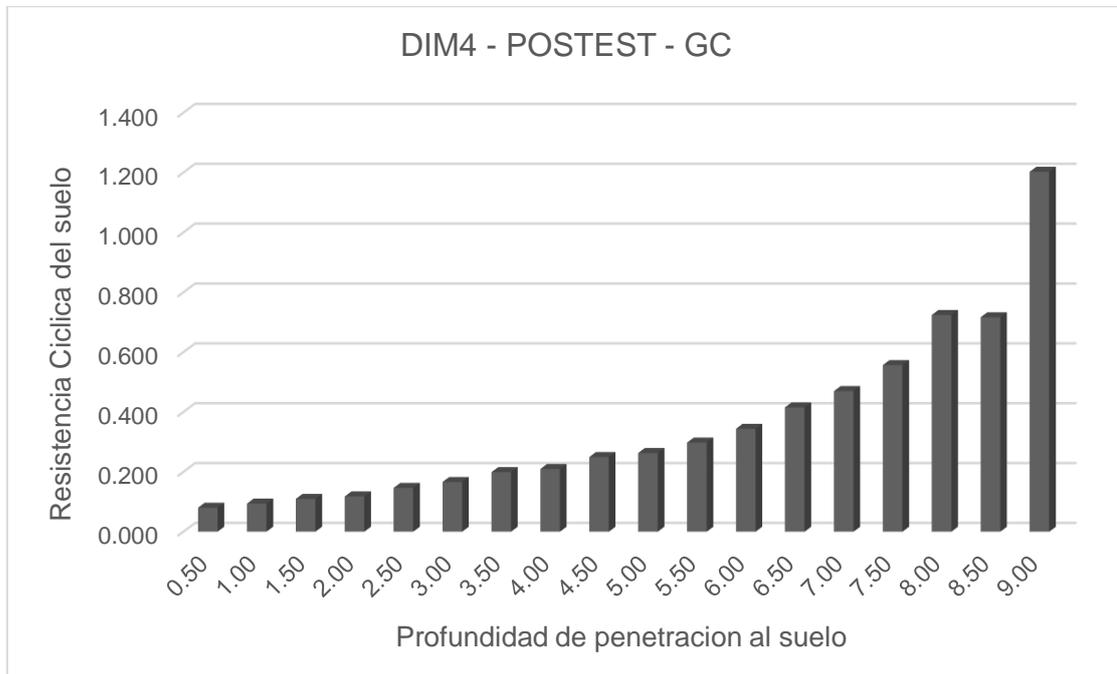
Frecuencia de DIM 3 para el factor de corrección de esfuerzo de sobrecarga.



De la Figura 3, se obtiene el mayor valor de 1.1829 destacando la relación de sobrecarga con la tensión media entre el factor de corrección de esfuerzo en el área de estudio del SPT-02; es decir, se utilizó los valores hallados en la dimensión 2 (DIM2) para verificar el comportamiento del suelo arenoso ante los esfuerzos de sobrecarga, indicándonos que a menor profundidad se obtiene mayor resistencia debido al nivel freático encontrado a mayores profundidades. Además, de la misma forma se obtiene los valores intermedios y el valor más bajo siendo 1.0319, el cual permite verificar que a menor profundidad menor el esfuerzo a sobrecarga, por ende, se determinó el impacto de la aplicación de columnas de grava en el asentamiento del suelo.

Figura 4

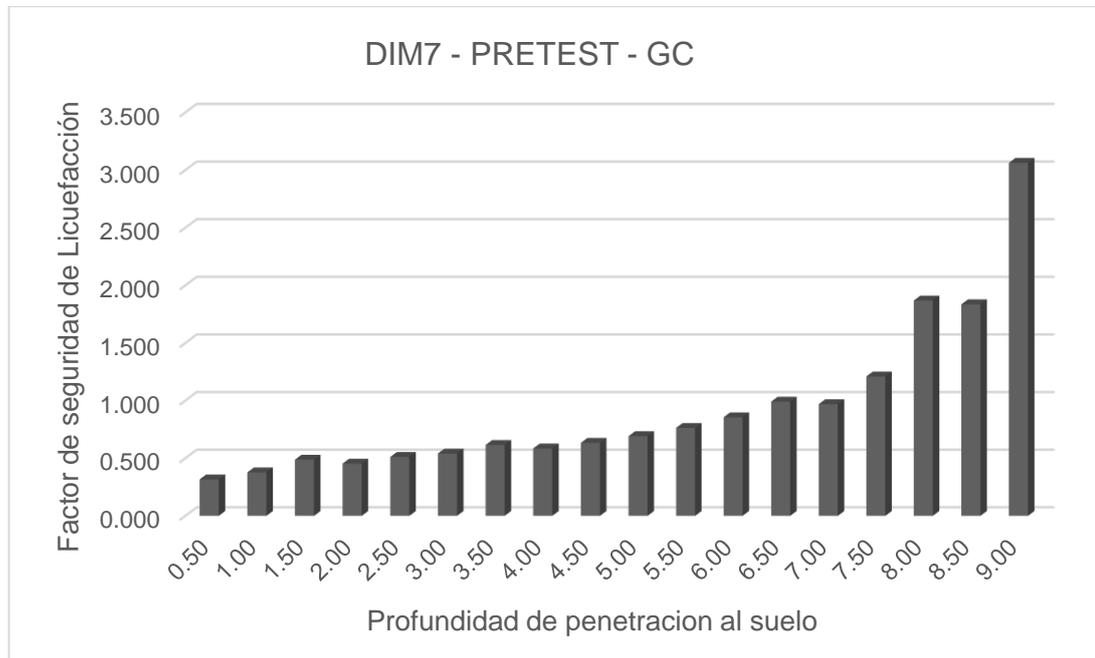
Frecuencia de DIM 4 para la resistencia cíclica del suelo.



De la Figura 4, se obtuvieron valores que representan la resistencia del suelo ante un fenómeno sísmico y de licuefacción, basados en los resultados de la DIM1, DIM3 y el valor de la $M=8.00$ según la escala de magnitudes determinado por investigadores a largo de los años en el área de estudio del SPT-02, en el cual el resultado más alto es de 1.2026 a una profundidad de 9.00 m., indicando que los estratos con mayor resistencia y eficiencia se encuentran a esta profundidad; es decir, que para realizar una cimentación que tenga un estrato con la capacidad de soportar las solicitudes de edificaciones comunes, se tendrá que realizar una excavación a este nivel. Sin embargo, se continuó obteniendo los valores intermedios y el valor más bajo representado por 0.0801, el cual permite verificar que a menor profundidad el suelo es propenso a fallar por el fenómeno de licuefacción, el cual provocara colapso de la infraestructura; por ende, se determinó el impacto de la aplicación de columnas de grava en la resistencia del suelo.

Figura 5

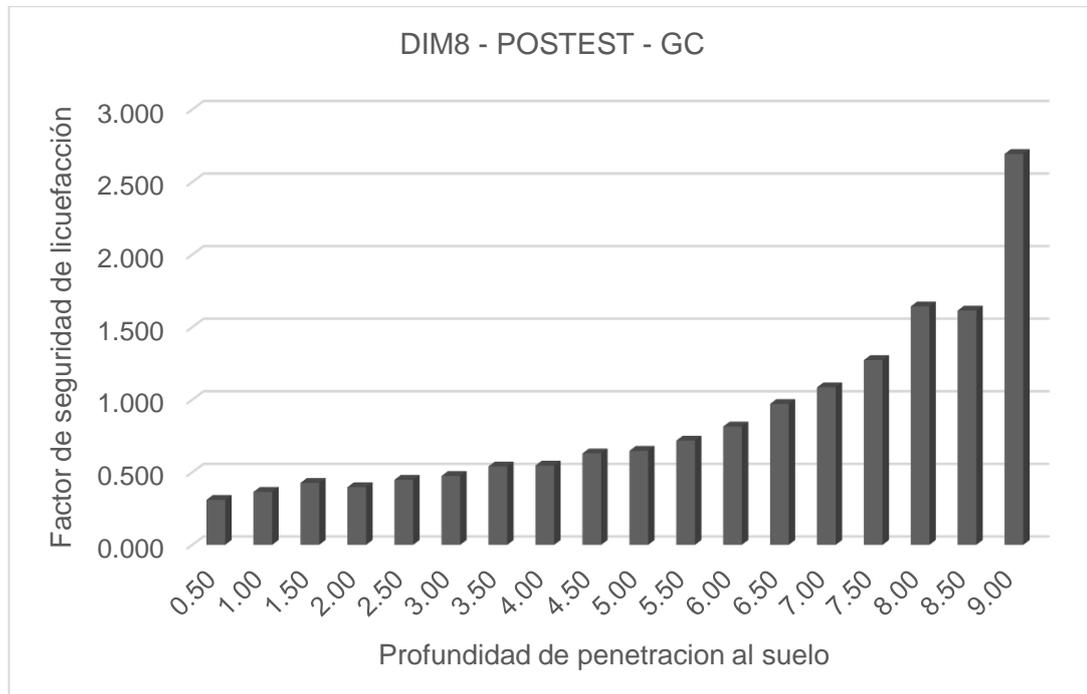
Frecuencia de DIM 7 determinación del potencial de licuefacción



Según la Figura 5, se obtuvo los resultados a través de la metodología Seed e Idriss para el ensayo SPT-01, definido por el numerador, el cociente de esfuerzo cortante cíclico promedio que origina la licuación, expresado como los resultados de la DIM4; así mismo, el denominador son los esfuerzos cortantes cíclicos que inducen al suelo aun sismo con una magnitud asociada a la aceleración máxima del terreno (0.35 - a máx.), teniendo como resultado los factores de seguridad de licuefacción; es decir, cuando el valor del factor de seguridad es ≤ 1.30 , se presentará licuefacción a la profundidad analizada. Teniendo como mayor resultado 3.063, a la profundidad de 9.00 m. donde se verifica que el suelo no sufre el fenómeno de licuefacción; por ende, no falla, impidiendo que surjan colapsos o asentamientos diferenciales. Sin embargo, se continuó obteniendo los valores intermedios y el valor más bajo siendo 0.316 a una profundidad de 0.50 m. a 7.00 m., verificando que se encuentran propensos a fallar por licuefacción; por ende, se determinó el impacto de la aplicación de columnas de grava en el factor de seguridad contra la licuefacción.

Figura 6

Frecuencia de DIM 8 determinación del potencial de licuefacción



Según la Figura 6, se obtuvo los resultados a través de la metodología Seed e Idriss para el ensayo SPT-02, definido por el numerador, el cociente de esfuerzo cortante cíclico promedio que origina la licuación, expresado como los resultados de la DIM4; así mismo, el denominador son los esfuerzos cortantes cíclicos que inducen al suelo aun sismo con una magnitud asociada a la aceleración máxima del terreno (0.40 - a máx.), teniendo como resultado los factores de seguridad de licuefacción; es decir, cuando el valor del factor de seguridad es ≤ 1.30 , se presentará licuefacción a la profundidad analizada. Teniendo como mayor resultado 2.693, a la profundidad de 9.00 m. donde se verifica que el suelo no sufre el fenómeno de licuefacción; por ende, no falla, impidiendo que surjan colapsos o asentamientos diferenciales. Sin embargo, se continuó obteniendo los valores intermedios y el valor más bajo siendo 0.309 a una profundidad de 0.50 m. a 7.00 m., verificando que se encuentran propensos a fallar por licuefacción; por ende, se determinó el impacto de la aplicación de columnas de grava en el factor de seguridad contra la licuefacción.

Además, se continuará con los resultados de la **Estadística Inferencial** con la finalidad de obtener la validación de los objetivos e hipótesis de la investigación.

Se comenzará realizando el análisis exploratorio según las pruebas de normalidad donde el H_0 indicaran los datos de distribución normal y H_a vienen ser datos de distribución no normal. Asimismo, si el valor – SIG ≥ 0.05 no se acepta la hipótesis (H_0), teniendo que realizar la prueba paramétrica, de T – Student para muestras independientes; si el valor – SIG ≤ 0.05 se acepta la hipótesis (H_a), utilizando la prueba no paramétrica, de U Man Whitney en caso de ordinales.

Tabla 13

Prueba de normalidad - Diferencia del Pretest y Post test

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Diferencia	0,580	36	0,000

Según la Tabla 13, se obtuvo los resultados de la prueba de normalidad para el Pretest - Grupo de control (GC) y el Post test - Grupo experimental (GE) para ambas variables, teniendo un total de la muestra de 36, por ello se analizó con Shapiro – Wilk (Tapia & Cevallo, 2021); asimismo, se obtuvo el valor de SIG= 0.00, siendo menor (≤ 0.05); es decir, que los datos son de distribución no normal. Por ende, se aplicó la estadística no paramétrica para dos (02) muestras independientes.

Continuando con la estadística inferencial para el contraste de la **hipótesis general**: Impacta la aplicación de columnas de grava en la licuefacción de suelos en Villa María – Áncash, 2024; por ende, se aplicó de U Man Whitney en caso de ordinales.

Tabla 14

Prueba estadística - Diferencia del Pretest y Post test

Estadísticos de prueba	
	DIFERENCIA
U de Mann-Whitney	97,500
W de Wilcoxon	268,500
Z	-2,063
Sig. asin. (bilateral)	0,039
Significación exacta [2*(sig. unilateral)]	0,040 ^b

a. Variable de agrupación: GRUPOS

En la tabla 14, se obtiene un SIG = 0.039 ≤ 0.05; por ende, **la hipótesis es aceptada**, teniendo como resultado para U de Mann-Whitney un coeficiente de 97.50, el cual se consiguió de la diferencia entre el Pretest - Grupo de control (GC) y el Post test - Grupo experimental (GE) para ambas variables, confirmando que impacta la aplicación de columnas de grava en la licuefacción de suelos en Villa María – Áncash, 2024 de forma positiva alta.

Además, se continuará con el contraste de las **hipótesis específicas**, las cuales son: (a) Impacta la aplicación de columnas de grava a través del factor de seguridad contra la licuefacción. Es alto; (b) Impacta la aplicación de columnas de grava en la resistencia del suelo. Es moderado; (c) Impacta la aplicación de columnas de grava en los asentamientos del suelo. Es alto; (d) Impacta la aplicación de columnas de grava en las propiedades físicas, químicas y mecánicas del suelo. Es alto.

Tabla 15*Prueba de normalidad - Diferencia de la dimensión 1*

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
DIM 1	0,648	36	0,000

Según la Tabla 15, se obtuvo los resultados de la prueba de normalidad para el Pretest - Grupo de control (GC) y el Post test - Grupo experimental (GE) para la dimensión 1 (DIM1), teniendo un total de la muestra de 36, por ello se analizó con Shapiro – Wilk (Tapia & Cevallo, 2021); asimismo, se obtuvo el valor de SIG= 0.000, siendo menor (≤ 0.05); es decir, que los datos son de distribución no normal. Por ende, se aplicó la estadística no paramétrica para dos (02) muestras independientes.

Tabla 16*Prueba estadística - Diferencia del Pretest y Post test dimensión 1*

Estadísticos de prueba	
U de Mann-Whitney	44,000
W de Wilcoxon	215,000
Z	-4,048
Sig. asin. (bilateral)	0,000
Significación exacta [2*(sig. unilateral)]	0,000 ^b

a. Variable de agrupación: GRUPOS

En la tabla 16, se obtiene un SIG = 0.000 \leq 0.05; por ende, **la hipótesis específica es aceptada**, teniendo como resultado para U de Mann-Whitney un coeficiente de 44.00, el cual se consiguió de la diferencia entre el Pretest - Grupo de control (GC) y el Post test - Grupo experimental (GE) para la dimensión 1 (DIM 1), confirmando de forma positiva alta, que impacta la aplicación de columnas de grava en las propiedades físicas, químicas y mecánicas del suelo en Villa María – Áncash, 2024.

Tabla 17*Prueba de normalidad - Diferencia de la dimensión 2*

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
DIM 2	0,251	36	0,000

Según la Tabla 17, se obtuvo los resultados de la prueba de normalidad para el Pretest - Grupo de control (GC) y el Post test - Grupo experimental (GE) para la dimensión 2 (DIM2), teniendo un total de la muestra de 36, por ello se analizó con Shapiro – Wilk (Tapia & Cevallo, 2021); asimismo, se obtuvo el valor de SIG= 0.000, siendo menor (≤ 0.05); es decir, que los datos son de distribución no normal. Por ende, se aplicó la estadística no paramétrica para dos (02) muestras independientes.

Tabla 18*Prueba estadística - Diferencia del Pretest y Post test dimensión 2*

Estadísticos de prueba	
U de Mann-Whitney	44,000
W de Wilcoxon	215,000
Z	-4,043
Sig. asin. (bilateral)	0,000
Significación exacta [2*(sig. unilateral)]	0,000 ^b

a. Variable de agrupación: GRUPOS

En la tabla 18, se obtiene un SIG = 0.000 \leq 0.05; por ende, **la hipótesis específica es aceptada**, teniendo como resultado para U de Mann-Whitney un coeficiente de 44.00, el cual se consiguió de la diferencia entre el Pretest - Grupo de control (GC) y el Post test - Grupo experimental (GE) para la dimensión 2 (DIM2), confirmando de forma positiva alta, que impacta la aplicación de columnas de grava en las propiedades físicas, químicas y mecánicas del suelo en Villa María – Áncash, 2024.

Tabla 19*Prueba de normalidad - Diferencia de la dimensión 3*

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
DIM 3	0,415	36	0,000

Según la Tabla 19, se obtuvo los resultados de la prueba de normalidad para el Pretest - Grupo de control (GC) y el Post test - Grupo experimental (GE) para la dimensión 3 (DIM3), teniendo un total de la muestra de 36, por ello se analizó con Shapiro – Wilk (Tapia & Cevallo, 2021); asimismo, se obtuvo el valor de SIG= 0.000, siendo menor (≤ 0.05); es decir, que los datos son de distribución no normal. Por ende, se aplicó la estadística no paramétrica para dos (02) muestras independientes.

Tabla 20*Prueba estadística - Diferencia del Pretest y Post test dimensión 3*

Estadísticos de prueba	
U de Mann-Whitney	108,000
W de Wilcoxon	279,000
Z	-1,735
Sig. asin. (bilateral)	0,083
Significación exacta [2*(sig. unilateral)]	0,091 ^b

a. Variable de agrupación: GRUPOS

En la tabla 20, se obtiene un SIG = 0.083 \geq 0.05; por ende, **la hipótesis específica no es aceptada**, teniendo como resultado para U de Mann-Whitney un coeficiente de 108.000, el cual se consiguió de la diferencia entre el Pretest - Grupo de control (GC) y el Post test - Grupo experimental (GE) para la dimensión 3 (DIM3), confirmando de forma moderada, que no impacta la aplicación de columnas de grava en la resistencia al corte del suelo en la Villa María – Áncash, 2024.

Tabla 21*Prueba de normalidad - Diferencia de la dimensión 4*

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
DIM 4	0,655	36	0,000

Según la Tabla 21, se obtuvo los resultados de la prueba de normalidad para el Pretest - Grupo de control (GC) y el Post test - Grupo experimental (GE) para la dimensión 4 (DIM4), teniendo un total de la muestra de 36, por ello se analizó con Shapiro – Wilk (Tapia & Cevallo, 2021); asimismo, se obtuvo el valor de SIG= 0.000, siendo menor (≤ 0.05); es decir, que los datos son de distribución no normal. Por ende, se aplicó la estadística no paramétrica para dos (02) muestras independientes.

Tabla 22*Prueba estadística - Diferencia del Pretest y Post test dimensión 4*

Estadísticos de prueba	
U de Mann-Whitney	67,500
W de Wilcoxon	238,500
Z	-3,082
Sig. asin. (bilateral)	0,002
Significación exacta [2*(sig. unilateral)]	0,002 ^b

a. Variable de agrupación: GRUPOS

En la tabla 22, se obtiene un SIG = $0.002 \leq 0.05$; por ende, **la hipótesis específica es aceptada**, teniendo como resultado para U de Mann-Whitney un coeficiente de 67.500, el cual se consiguió de la diferencia entre el Pretest - Grupo de control (GC) y el Post test - Grupo experimental (GE) para la dimensión 4 (DIM4), confirmando de forma positiva alta, que impacta la aplicación de columnas de grava en los asentamientos del suelo en Villa María – Áncash, 2024.

Tabla 23*Prueba de normalidad - Diferencia de la dimensión 5*

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	GI	Sig.
DIM 5	0,720	36	0,000

Según la Tabla 23, se obtuvo los resultados de la prueba de normalidad para el Pretest - Grupo de control (GC) y el Post test - Grupo experimental (GE) para la dimensión 5 (DIM5), teniendo un total de la muestra de 36, por ello se analizó con Shapiro – Wilk (Tapia & Cevallo, 2021); asimismo, se obtuvo el valor de SIG= 0.000, siendo menor (≤ 0.05); es decir, que los datos son de distribución no normal. Por ende, se aplicó la estadística no paramétrica para dos (02) muestras independientes.

Tabla 24*Prueba estadística - Diferencia del Pretest y Post test dimensión 5*

Estadísticos de prueba	
U de Mann-Whitney	100,500
W de Wilcoxon	271,500
Z	-1,967
Sig. asin. (bilateral)	0,049
Significación exacta [2*(sig. unilateral)]	0,051 ^b

a. Variable de agrupación: GRUPOS

En la tabla 24, se obtiene un SIG = 0.049 \leq 0.05; por ende, **la hipótesis específica es aceptada**, teniendo como resultado para U de Mann-Whitney un coeficiente de 100.500, el cual se consiguió de la diferencia entre el Pretest - Grupo de control (GC) y el Post test - Grupo experimental (GE) para la dimensión 5 (DIM5), confirmando de forma positiva moderada, que impacta la aplicación de columnas de grava en los asentamientos del suelo en Villa María – Áncash, 2024.

Tabla 25*Prueba de normalidad - Diferencia de la dimensión 6*

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
DIM 6	0,720	36	0,000

Según la Tabla 25, se obtuvo los resultados de la prueba de normalidad para el Pretest - Grupo de control (GC) y el Post test - Grupo experimental (GE) para la dimensión 6 (DIM6), teniendo un total de la muestra de 36, por ello se analizó con Shapiro – Wilk (Tapia & Cevallo, 2021); asimismo, se obtuvo el valor de SIG= 0.000, siendo menor (≤ 0.05); es decir, que los datos son de distribución no normal. Por ende, se aplicó la estadística no paramétrica para dos (02) muestras independientes.

Tabla 26*Prueba estadística - Diferencia del Pretest y Post test dimensión 6*

Estadísticos de prueba	
U de Mann-Whitney	100,500
W de Wilcoxon	271,500
Z	-1,967
Sig. asin. (bilateral)	0,049
Significación exacta [2*(sig. unilateral)]	0,051 ^b

a. Variable de agrupación: GRUPOS

En la tabla 26, se obtiene un SIG = 0.049 \leq 0.05; por ende, **la hipótesis específica es aceptada**, teniendo como resultado para U de Mann-Whitney un coeficiente de 100.500, el cual se consiguió de la diferencia entre el Pretest - Grupo de control (GC) y el Post test - Grupo experimental (GE) para la dimensión 6 (DIM6), confirmando de forma positiva moderada, que impacta la aplicación de columnas de grava en los asentamientos del suelo en Villa María – Áncash, 2024.

Tabla 27*Prueba de normalidad - Diferencia de la dimensión 7*

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
DIM 7	0,720	36	0,000

Según la Tabla 27, se obtuvo los resultados de la prueba de normalidad para el Pretest - Grupo de control (GC) y el Post test - Grupo experimental (GE) para la dimensión 7 (DIM7), teniendo un total de la muestra de 36, por ello se analizó con Shapiro – Wilk (Tapia & Cevallo, 2021); asimismo, se obtuvo el valor de SIG= 0.000, siendo menor (≤ 0.05); es decir, que los datos son de distribución no normal. Por ende, se aplicó la estadística no paramétrica para dos (02) muestras independientes.

Tabla 28*Prueba estadística - Diferencia del Pretest y Post test dimensión 7*

Estadísticos de prueba	
U de Mann-Whitney	96,000
W de Wilcoxon	267,000
Z	-2,119
Sig. asin. (bilateral)	0,034
Significación exacta [2*(sig. unilateral)]	0,037 ^b

a. Variable de agrupación: GRUPOS

En la tabla 28, se obtiene un SIG = 0.034 \leq 0.05; por ende, **la hipótesis específica es aceptada**, teniendo como resultado para U de Mann-Whitney un coeficiente de 96.000, el cual se consiguió de la diferencia entre el Pretest - Grupo de control (GC) y el Post test - Grupo experimental (GE) para la dimensión 7 (DIM7), confirmando de forma positiva alta, que impacta la aplicación de columnas de grava a través del factor de seguridad contra la licuefacción en Villa María – Áncash, 2024.

Tabla 29*Prueba de normalidad - Diferencia de la dimensión 8*

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
DIM 8	0,720	36	0,000

Según la Tabla 29, se obtuvo los resultados de la prueba de normalidad para el Pretest - Grupo de control (GC) y el Post test - Grupo experimental (GE) para la dimensión 8 (DIM8), teniendo un total de la muestra de 36, por ello se analizó con Shapiro – Wilk (Tapia & Cevallo, 2021); asimismo, se obtuvo el valor de SIG= 0.000, siendo menor (≤ 0.05); es decir, que los datos son de distribución no normal. Por ende, se aplicó la estadística no paramétrica para dos (02) muestras independientes.

Tabla 30*Prueba estadística - Diferencia del Pretest y Post test dimensión 8*

Estadísticos de prueba	
U de Mann-Whitney	96,000
W de Wilcoxon	267,000
Z	-2,119
Sig. asin. (bilateral)	0,034
Significación exacta [2*(sig. unilateral)]	0,037 ^b

a. Variable de agrupación: GRUPOS

En la tabla 30, se obtiene un SIG = 0.034 \leq 0.05; por ende, **la hipótesis específica es aceptada**, teniendo como resultado para U de Mann-Whitney un coeficiente de 96.000, el cual se consiguió de la diferencia entre el Pretest - Grupo de control (GC) y el Post test - Grupo experimental (GE) para la dimensión 8 (DIM8), confirmando de forma positiva alta, que impacta la aplicación de columnas de grava a través del factor de seguridad contra la licuefacción en Villa María – Áncash, 2024.

IV. DISCUSIÓN

Referente a los resultados obtenidos en la **estadística descriptiva** se verificó la relación entre las variables de licuefacción de suelo y columnas de grava, a través de sus dimensiones. Donde se pueden identificar los valores del factor de seguridad contra la licuefacción ($FS \leq 1.3$) para los grupos de control post test, donde se obtuvieron el mayor resultado de 2.693, a la profundidad de 9.00 m. donde se verifica que el suelo no se licua; por ende, no falla; sin embargo, para construir una cimentación de edificación común, se tendrá que llegar a este nivel, el cual no es factible económicamente. Además, se continuó obteniendo los valores intermedios y el valor más bajo siendo 0.309 a una profundidad de 0.50 m., verificando que se encuentran propensos a fallar por licuefacción hasta la profundidad de 7.00 m., confirmando la inestabilidad para poder cimentar una edificación. Para los grupos de control experimental, se obtuvieron resultados favorables donde el mayor valor del factor de seguridad para una magnitud de sismo de $M=8.00$, fue de 3.817 valor que se mantuvo constante para las profundidades de 5.00 m. a 9.00 m. confirmando que el modelo de vibro sustitución, para columnas de grava permite mitigar el fenómeno de licuefacción; también se obtuvieron valores intermedios de 1.96, para la profundidad de 2.00 m., el cual permitirá cimentar edificaciones comunes a este nivel, el cual es factible, además se obtuvo los valores más bajo de 0.578 y 1.290 a las profundidades de 0.50m y 1.50 m. sucesivamente, el cual nos indica que a este nivel aun mejorando los suelos, no son confiables para cimentar, debido que no sobrepasan o igualan el factor de seguridad 1.30.

Con respecto a los resultados de la **estadística inferencial**, permitió validar la aceptación de la hipótesis general con un $SIG = 0.039 \leq 0.05$, concluyendo que la variable columnas de grava impacta en la variable licuefacción de suelos para Villa María – Áncash, 2024 de forma positiva alta. El análisis de estos resultados se pondrá en discusión con los antecedentes anteriormente planteados los cuales son los siguientes:

En comparación con el antecedente internacional de Castro (2020), se mantuvo una similitud parcial con el objetivo, debido que esta investigación calcula los asentamientos aplicando la aceleración obtenida por la relación de esfuerzos cíclicos y la reducción de esfuerzos; por lo contrario, en el antecedente se utilizó el tiempo de consolidación, el cual acarrea un plazo de investigación mayor de 16

meses; en el ámbito de la metodología se diferencia en la utilización del método de análisis de la variable, en esta investigación se utilizó el método de Priebe; por lo contrario, en el antecedente se utilizó el método propuesto por GCOC. En la obtención de los resultados también difieren, a causa que para esta investigación se obtuvo el ángulo de rozamiento de $\varphi_c = 32.10^\circ$, coeficiente de empuje en reposo de $K_o = 0.37$, módulo de elasticidad de $E_{ms} = 42$ MPa, el cual nos brinda un asentamiento total con el uso de columnas de 10.22 cm, en cambio, en el antecedente se obtuvo factores de $\varphi_c = 25^\circ$, $K_o = 1.13$ y $E_{ms} = 37$ MPa, proporcionando un asentamiento con el uso de columnas de 15.9 cm. Concluyendo que a través del análisis de los dos métodos utilizando la columnas de grava, permitieron mitigar asentamientos diferenciales, obteniendo un mejor resultado con el método de esta investigación al disminuir el asentamiento en 4.18 cm más que el antecedente. Además, se obtuvo un $SIG = 0.002 \leq 0.05$; por ende, la hipótesis específica es aceptada confirmando de forma positiva alta, que impacta la aplicación de columnas de grava en los asentamientos del suelo en Villa María – Áncash, 2024.

Continuando con la comparación con el antecedente internacional de Cano-Franco et al. (2023), donde se mantuvo similitud parcial en el objetivo, debido que en esta investigación se analizó las propiedades físicas o granulométricas del suelo, para la aplicación en columnas de gravas e identificación de suelos licuables; en cambio, en el antecedente buscó analizar la influencia granulométrica para la licuefacción de suelos. En la metodología se difiere en el diseño, por parte de esta investigación es cuasiexperimental y el antecedente es experimental puro. Por ende, se obtuvieron resultados parcialmente diferentes, en esta investigación a través de la curva granulométrica se obtuvo una distribución promedio de materiales a una profundidad de 0.00 m a 3.00 m. de grava 0.32%, arena 99.10% y finos 0.58%; sin embargo, para los ensayos SPT, se obtuvo la curva granulométrica de distribución promedio de los materiales: grava 0.00%, arena 98.26% y finos 1.67%, a una profundidad de 0.00 m a 9.00 m, los cuales han permitido analizar e identificar que los suelos del área de estudio son altamente licuables, encontrándose en un rango de capacidad portante de 1.00 kg/cm² a 2.45 kg/cm²; asimismo en el antecedente se obtienen a través de las pruebas dinámicas, asentamientos de tipo paraboloides $M1=1.7$ cm y en $M5=1.8$ cm y también asentamientos no uniformes en $M6=1.9$ cm y en $M7=2.7$ cm, generando colapso total en prototipo miniatura y capacidades

portantes de 3.39 kg/cm² a 0.85 kg/cm². Concluyendo que la relación entre la licuefacción de suelos y los parámetros de la curva granulométrica evidencian capacidades portantes de clasificación bajas a muy bajas ($D_f < 1.00$ – Muy Baja), ($D_f < 3.00$ – Baja); es decir, son suelos propensos a fallar ante un sismo. Además, se obtuvo un $SIG = 0.000 \leq 0.05$; por ende, la hipótesis específica es aceptada, confirmando de forma positiva alta, que impacta la aplicación de columnas de grava en las propiedades físicas, químicas y mecánicas del suelo en Villa María – Áncash, 2024.

En cuanto al antecedente internacional de Dyaljee (2024), se mantuvo similitud parcial en el objetivo, debido que en esta investigación analizó propiamente el impacto de la aplicación de columnas de grava para la mitigación del potencial de licuefacción en edificaciones comunes; por lo contrario, en el antecedente se busca comparar la eficacia de las columnas con núcleo de concreto con otros métodos para demostrar su rendimiento en terraplenes. En la metodología se difiere en el diseño, por parte de esta investigación es cuasiexperimental y el antecedente es experimental puro; sin embargo, en ambas investigaciones se utiliza las fichas de recolección de datos (FRD) como instrumentos. Por lo tanto, en los resultados se mantuvo parcialmente similitud, debido que esta investigación obtuvo un diseño de columna de diámetro de 0.8 m a 1.00 m., con un espaciamiento de 2.30m. a 2.80m., con la finalidad de brindar el soporte vertical y lateral óptimo mitigando un 91.50% el asentamiento; en cambio, en el antecedente indica que través de la guía de diseño alemana se obtuvo un diámetro de 1.00 m. con espaciamiento de 1.80 m., el cual pudo mitigar asentamientos del suelo en un 96.78% debido a la solicitudes del terraplén. Concluyendo que la diferencia de variación es de 5.28% debido que los resultados de esta investigación se encuentran enfocados en columnas de gravas sin reforzamiento y para solicitudes menores; sin embargo, en el antecedente contiene un diseño con reforzamiento de hormigón y para estructuras de mayor carga; por ende, en las dos investigaciones se puede afirmar que permitieron resultados favorables para la mitigación de asentamientos. Además, se obtuvo un $SIG = 0.000 \leq 0.05$; por ende, la hipótesis específica es aceptada, confirmando de forma positiva alta, que impacta la aplicación de columnas de grava en los asentamientos del suelo en Villa María – Áncash, 2024.

En comparación con el antecedente internacional de Khoshemehr & Bahadori (2023), se enfocaron relaciones parciales en los objetivos, debido que en esta investigación se enfoca directamente en el impacto de la aplicación de las columnas de grava en la licuefacción para estabilizar el suelo; por lo contrario, en el antecedente se analizó la comparativa de dos diferentes tecnologías para la estabilidad de suelos en estratos licuables. En cuenta la metodología se difiere en el diseño, por parte de esta investigación es cuasiexperimental, solo se maneja una variable y no se tiene el control de toda el área involucrada y el antecedente es experimental puro; es decir, tiene el control y la validez de las variables. En cuanto a los resultados comparten similitud, a causa que el análisis de esta investigación se utilizaron aceleraciones de 0.40 g, obteniendo reducciones de asentamiento de 91.50% y ángulos de corte de menores de 30°; por lo contrario, en el antecedente se utilizó aceleraciones de 0.2 g obteniendo reducciones de asentamientos en 94.13% con ángulos de corte de 30° a más. Concluyendo que existe una diferencia 2.63% en comparación de mitigar asentamientos; sin embargo, en los resultados del ensayo de corte directo permitió verificar la resistencia al corte de las muestras críticas son menores al rango normal. Además, se obtuvo un $SIG = 0.083 > 0.05$, por ende, la hipótesis específica no es aceptada, confirmando de forma negativa moderada, que no impacta la aplicación de columnas de grava en la resistencia del suelo en la Villa María – Áncash, 2024.

Finalizando con la comparación del antecedente internacional de Farichah (2019), donde se encuentra similitud en el objetivo, debido que esta investigación identificó las consideraciones para este tipo de suelos de baja capacidad portante, validando que son propensos a licuarse. En la metodología también son similares; sin embargo, en los resultados se verifica una similitud parcial; a causa que en esta investigación se realizaron cuatro ensayos SPT, en los cuales los SPT-01 y SPT-02 fueron analizadas como grupo de control, los SPT-03 y SPT-04 fueron analizadas como grupo experimental, en el cual la resistencia a la penetración variaba entre los 30 a 33 golpes para una profundidad de 9.00 m., evidenciando capacidades portantes en el rango de $D_f < 1.00$ – Muy Baja, $D_f < 3.00$ – Baja, para los grupos de control, en cambio, para el grupo experimental la resistencia a la penetración variaba entre los 50 a 54 golpes para una profundidad de 4.50 m., evidenciando capacidades portantes en el rango de $D_f > 3.00$ – Medio a Alto, verificando el aporte en la resistencia y mejoramiento del suelo a través de las columnas de grava; sin embargo, en el

antecedente se obtuvo la resistencia a la penetración el cual variaba entre los 12 a 15 golpes para la profundidad de 8.00 m., evidenciando suelos que contenían una capacidad portante de 1.39 kg/cm², para grupos de control, siendo muy blandos y de baja resistencia. Concluyendo que el ensayo SPT para esta investigación nos permitió evidenciar el aporte en la densificación, refuerzo y drenaje del suelo a través de las columnas de grava en la comparación del Pretest y el Post test, reforzando con el antecedente que afirma que para mitigar este fenómeno se deberá utilizar el uso de cimentaciones profundas como son las columnas grava. Además, se obtuvo un SIG= $0.034 \leq 0.05$, por ende, la hipótesis específica es aceptada confirmando de forma positiva alta, que impacta la aplicación de columnas de grava en el factor de seguridad contra la licuefacción en Villa María – Áncash, 2024.

Además, se continuará con la comparación del antecedente nacional de (Alva & Parra, 2020), donde el objetivo es similar, debido que en esta investigación tuvo que determinar los diferentes estratos existentes para la utilización de las columnas de grava para el mejoramiento de la licuefacción de suelos. En la metodología son similares; sin embargo, en los resultados difieren parcialmente, a causa que en esta investigación se realizó seis calicatas, en las cuales se identificaron un solo estrato en el área de estudio, siendo (SP) Arenas pobremente graduadas y la profundidad de desplante se encontraba en el rango de 1.00 a 2.00 kg/cm², en cambio, en el antecedente se realizaron catorce calicatas, encontrando tres tipos de estratos los cuales son (SP) Arenas pobremente graduadas, (SM) arenas limosas en los externos de la ciudad, así mismo en el centro de la localidad, se encontró (SP-SM) arenas mal graduadas con contenido de limo, en toda la ciudad de Chimbote, además su profundidad de desplante se encontraba en el rango de 1.00 a 2.50 kg/cm². Concluyendo que, en el antecedente por contener mayor cantidad de muestras, permite aumentar su precisión y abarcar más área de estudio; sin embargo, concordamos que, para este tipo de estratos, debido a su ubicación geográfica, son altamente propensos al peligro de derrumbes y al fenómeno de licuefacción. Además, se obtuvo un SIG = $0.049 \leq 0.05$; por ende, la hipótesis específica es aceptada, confirmando de forma positiva moderado, que impacta la aplicación de columnas de grava en los asentamientos del suelo en Villa María – Áncash, 2024.

Continuando con el antecedente nacional de (Carrillo & Gómez, 2016), se encuentran objetivos similares, en la metodología se difiere en el diseño, por parte de esta investigación es cuasiexperimental y el antecedente es experimental puro. En cuanto los resultados son similares, debido que en esta investigación realizo dos pruebas Sondaje Eléctrico Vertical (SEV) el cual se pudo identificar tres horizontes que contienen depósitos de sedimentos finos, con matrices de arena-limosa, que se alternan entre capas de arenas, encontrando suelos blandos hasta la profundidad de 8.00 m y suelos rígidos mayores a este; así mismo el antecedente respalda mis resultados indicando que ha encontrado suelos blandos a la misma profundidad y que los suelos duros se encuentran a partir de los 10.00m, en cual se encuentra en el rango de esta investigación. Concluyendo que, para la utilización de columnas de grava emplazadas al umbral del río Lacramarca, se deberá llegar a una profundidad de 8.00 m. a 10.00 m como mínimo y extraer el agua encontrada en el nivel freático. Además, se obtuvo un $SIG = 0.000 \leq 0.05$; por ende, la hipótesis específica es aceptada, confirmando de forma positiva alta, que impacta la aplicación de columnas de grava en las propiedades físicas, químicas y mecánicas del suelo en Villa María – Áncash, 2024.

En referencia con el antecedente nacional de (Morales et al., 2017), se concuerda con el objetivo, debido que en esta investigación calcula el espectro de aceleración según la metodología empíricas y matemáticas. En cuanto la metodología es parcialmente similar, debido que esta investigación, el tipo de muestreo es probabilístico sistemático; en cambio, el antecedente es no probabilístico intencional. En cuanto los resultados son diferentes, debido que esta investigación obtiene el espectro de aceleración a través de la relación del cálculo de reducción de esfuerzos y relación de esfuerzos cíclico para $rd=0.40(a \text{ max})$; por lo contrario, el antecedente obtiene valores porcentuales que afirman la vulnerabilidad sísmica que se encuentra el suelo según su capacidad portante (D_f). En conclusión, los valores obtenidos en esta investigación permitieron evaluar el funcionamiento de las columnas de grava ante un evento sísmico de $M=8.00$, validando el antecedente con su afirmación que las viviendas ubicadas en la zona norte del Perú son propensas a sismicidad. Además, se obtuvo un $SIG= 0.034 \leq 0.05$, por ende, la hipótesis específica es aceptada confirmando de forma positiva alta, que impacta la aplicación de columnas

de grava en el factor de seguridad contra la licuefacción en Villa María – Áncash, 2024.

Asimismo, en comparación con el antecedente de (Suito & Alvarez, 2023), se encuentran objetivos similares, debido que esta investigación evalúa un evento sísmico a través de la metodología de Seed e Idriss para hallar los factores de seguridad para la variable de licuefacción de suelo; sin embargo, en el antecedente evalúa la disminución de asentamientos durante un evento sísmico a través del método de la variable pilotes de agregado compactado, el cual es similar a las columnas de grava. En la metodología son similares, pero en los resultados varían debido al análisis de las variables, en esta investigación se obtuvieron valores favorables de factores de seguridad de 0.578, 0.939, 1.29, 1.96 y 4,07 en las profundidades de 0.50 m. a 2.50 m. luego de utilizar las columnas de grava; sin embargo, en el antecedente se obtuvieron factores de reducción de asentamientos a través de las deformaciones de las columnas entre el 30 a 40% aproximadamente. Concluyendo en esta investigación que las columnas de grava permiten mitigar el potencial de licuefacción mitigándolo a cero; por lo contrario, el antecedente indica que los pilotes de agregado compactado para asentamientos no pueden mitigar por completo la licuación debido a la heterogeneidad del suelo. Además, se obtuvo un $SIG = 0.034 \leq 0.05$; por ende, la hipótesis específica es aceptada confirmando de forma positiva alta, que impacta la aplicación de columnas de grava en el factor de seguridad contra la licuefacción en Villa María – Áncash, 2024.

Finalizando con la comparación con el autor (Lara & Cardenas, 2023), son diferentes los objetivos, debido que en esta investigación no se ha realizado el análisis las deformaciones a través del programa Plaxis 2D; sin embargo, en el antecedente se analizó la deformación de columnas de grava, garantizando su estabilidad frente a la licuefacción de suelos. En la metodología se encontró similitud. Por parte de los resultados existen diferencias debido que esta investigación evidencio deformaciones horizontales provocadas por la resistencia a la penetración durante el ensayo SPT post – test, en cual se obtuvieron asentamientos de 1.00cm encontrándose en el rango correcto; sin embargo, en el antecedente pudo precisar resultados de deformaciones y asentamientos máximos entre $36.57 \times 10^{-6}m$ a $47.9 \times 10^{-6} m$, con presión debido al uso del software. Concluyendo que el análisis del evento de licuefacción generó deformaciones altas; por ende, el método de columna

de grava aseguro la estabilidad en un rango aceptable para la proyección de edificaciones comunes. Además, se obtuvo un $SIG = 0.002 \leq 0.05$; por ende, la hipótesis específica es aceptada, impacta la aplicación de columnas de grava en los asentamientos del suelo en Villa María – Áncash, 2024.

En referencia de los hallazgos obtenidos en esta investigación con base a las teorías del marco conceptual utilizadas, han podido consolidar el desarrollo eficiente y afirmar a través del modelo de la vibro sustitución para la primera variable columnas de grava, ha permitido introducir al terreno natural un material mejorado aportando el reforzamiento, densificación y drenaje al mejoramiento del suelo del área de estudio; asimismo, se ha validado el modelo empírico de la segunda variable licuefacción de suelos, a través de la metodología de Seed e Idriss permitió hallar los factores de seguridad para mitigar el potencial de licuefacción con el uso de las columnas de grava, consiguiendo disminuir asentamiento y eliminar al máximo los asentamientos diferenciales.

Durante la investigación se pudo identificar **limitaciones** en el método de columnas de grava centrándose en la necesidad de un confinamiento lateral, el cual aportaría en contrarrestar los problemas de inestabilidad y de formas geométricas, a través de un geotextil; es decir, ensacar a las columnas y así mejorar sus propiedades ante esfuerzos laterales, esto debido a que, en el área de investigación, predominen los suelos muy blandos; sin embargo, en esta investigación no es necesario. Siendo una propuesta innovadora, la implementación del método de columna de grava con refuerzo geotextil en la urbanización de Villa María.

Asimismo, otra limitación de este método es que solo se basa en la utilización para suelos granulares; es decir, los que poseen contenidos de finos menores al 15%, debido que, al contener mayores porcentajes de finos, este procedimiento no genera buenos resultados; por ende, se deberá emplear cuando los parámetros a mejorar sean los mismos que las mejoras que aporten y cuando el tratamiento sea el menor costo.

IV. CONCLUSIONES

Finalizando la investigación realizada se tiene las siguientes conclusiones en relación con los resultados obtenidos y objetivos planteados.

Comenzando con el **objetivo general** se obtuvo los resultados a través de la estadística inferencial, obteniendo en la prueba de normalidad un SIG= 0.00 y en la prueba estadística un SIG = $0.039 \leq 0.05$, concluyendo de forma positiva alta, que impacta la aplicación de columnas de grava en la licuefacción de suelos en Villa María - Áncash, 2024; es decir, las columnas de grava son capaces de mitigar la licuefacción a cero ($F_s > 3.00$), siendo un buen método de mejoramiento del suelo, debido a la redistribución de cargas entre la interacción del suelo y las columnas ($D_f > 3.00$). Además, a través del análisis de las dimensiones planteadas para las variables, se lograron identificar los indicadores más relevantes como es la densificación (mediante el ensayo SPT), refuerzo (con el factor K_G) y drenaje (a través del número de ciclos para el inicio de la licuefacción) del terreno.

Continuando con el **primer objetivo específico**, se obtuvo como resultado en la prueba de normalidad un SIG= 0.00 y en la prueba estadística un SIG = $0.034 \leq 0.05$, concluyendo de forma positiva alta, que impacta la aplicación de columnas de grava en el factor de seguridad contra la licuefacción en Villa María - Áncash, 2024; es decir, por medio del ensayo SPT se evidenciaron capacidades portantes en el rango de $D_f < 1.00$ – Muy Baja, $D_f < 3.00$ – Baja, para los grupos de control; sin embargo, para el grupo experimental se obtuvieron capacidades portantes en el rango de $D_f > 3.00$ – Medio a Alto; así mismo, se confirmó a través de la metodología Seed e Idriss, los valores favorables de los factores de seguridad de 0.578, 0.939, 1.29, 1.96 y 4,07 en las profundidades de 0.50 m. a 2.50 m. luego de utilizar las columnas de grava; permitiendo aportar resistencia y densificación al suelo, mitigando el potencial de licuefacción a cero, por ende, se podrá realizar cimentaciones a niveles de profundidad convencionales para solicitaciones de edificaciones comunes.

Con respecto al **segundo objetivo específico**, se obtuvo el resultado en la prueba de normalidad un SIG= 0.00 y en la prueba estadística un SIG = $0.083 \geq 0.05$,

concluyendo que no impacta la aplicación de columnas de grava en la resistencia del suelo en Villa María – Ancash, 2024; debido a la obtención de los resultados del ensayo de corte directo, con una presión de confinamiento " σ_n " de 0.50, 1.00 y 2.00 Kg/cm², se puede identificar ángulos de fricción críticos de $\phi=27.50^\circ$ y $C=0.00$, indicando que son suelos arenosos propensos a fallar por compresión; es decir, las presiones de poro durante el proceso de resistencia a las sollicitaciones de carga y evento sísmico, causan que el ángulo de fricción se encuentre en el rango de 26° a 28° , tomando como valor de referencia la velocidad de 0.5 mm/min., fallando por el fenómeno de licuefacción.

En el **tercer objetivo específico**, se obtuvo el resultado en la prueba de normalidad un $SIG= 0.00$ y en la prueba estadística un $SIG = 0.002 \leq 0.05$, concluyendo forma positiva alta, que impacta la aplicación de columnas de grava en los asentamiento del suelo en Villa María - Ancash, 2024; a causa de la obtención del ángulo de rozamiento de $\phi_c= 32.10^\circ$, coeficiente de empuje en reposo de $K_o= 0.37$, módulo de elasticidad de $E_{ms}= 42$ MPa, el cual nos brinda un asentamiento total con el uso de columnas de 10.22 cm; es decir, que a través del análisis de las columnas de grava, permitieron mitigar asentamientos diferenciales, mejoramiento la capacidad portante del suelo (Df), debido a la densificación o cambio de material, permitiendo inclusiones rígidas dentro de la interacción suelo – columna, obteniendo un mayor uniforme y estabilidad.

Finalizando con el **cuarto objetivo específico**, se obtuvo el resultado en la prueba de normalidad un $SIG= 0.00$ y en la prueba estadística un $SIG = 0.000 \leq 0.05$, concluyendo de forma positiva alta, que impacta la aplicación de columnas de grava en las propiedades físicas, químicas y mecánicas del suelo en Villa María - Ancash, 2024; a través de la distribución promedio de materiales de obtuvo contenidos de grava 0.00%, arena 98.26% y finos 1.67%, tipos de suelo (SP) Arenas pobremente graduadas, suelos blandos hasta la profundidad de 8.00 m; sin embargo, con la aplicación de columnas de grava se aumentó en el porcentaje de grava en 83.50%, arena 15.88% y finos 0.62%, con tipo de suelo (GP) Grava pobremente graduada con arena y mejorando los suelos a una profundidad de 0.50 m a 2.00 m; es decir, las propiedades mejoraron en todos los indicadores evaluados, permitiendo el mejoramiento del área de estudio.

V. RECOMENDACIONES

De acuerdo con las conclusiones expuestas se brindarán las recomendaciones, teniendo en cuenta las consideraciones encontradas en esta investigación.

Para el objetivo general se recomienda la aplicación de columnas de grava como cimentación de tipo profunda para la mitigación de la licuefacción de suelos en Villa María – Áncash, con la finalidad de permitir a la población la construcción de edificaciones comunes con la confiabilidad idónea del comportamiento de la estructura ante un evento sísmico; además, con la utilización de la materia prima que es abastecida por el río Lacramarca se podrá mitigar costos económicos para su construcción, previniendo y resguardando la integridad de vidas humanas.

Se recomienda para el primer objetivo específico que la aplicación de columnas de grava con la metodología de Seed e Idriss se debe utilizar solo en tipos de suelos arenosos con presencia de napa freática; asimismo, se deberá considerar la ubicación geográfica del área de estudio, con la finalidad de obtener los resultados favorables identificados en esta investigación; además, siendo importante recalcar que no solo se puede basarse en una sola magnitud del sismo de diseño, a causa a que los fenómenos cíclicos son variables.

Para el segundo objetivo específico se recomienda que la aplicación de columnas de grava logre impactar favorablemente en la resistencia al corte del suelo, se deberá agregar un recubrimiento horizontal o encapsular las columnas de grava con un geotextil o geomalla, con la finalidad de evitar esfuerzos laterales mejorando la tensión de rotura y así determinar el aporte que tienen este reforzamiento sobre los resultados obtenidos en esta investigación.

Se recomienda para el tercer objetivo específico que la aplicación de columnas de grava permitirá disminuir los asentamientos el suelo, teniendo en cuenta el proceso de densificación y diseño; es decir, el diámetro debe encontrarse a 0.8 m a 1.00 m, con un radio de volumen cilíndrico de 0.4 m. a 0.5m. la cual recolectará el agua para el sistema de drenaje, con un espaciamiento de 2.30m. a 2.80m., con la

finalidad de brindar el soporte vertical y lateral óptimo para las solicitaciones de las estructuras que se deseen proyectar.

Para el cuarto objetivo específico se recomienda la aplicación de columnas de grava para el mejoramiento de las propiedades físicas, químicas y mecánicas del suelo; sin embargo, se deberá aumentar la cantidad de ensayos SPT, con la finalidad de conseguir las características o propiedades para cada punto de evaluación y así poder ampliar la cobertura del área de estudio.

REFERENCIAS

- Alva, & Parra. (1997). *Liquefaction potential map for Chimbote, Peru*. Lima, Perú: CRC Press. doi:ISBN: 9781003211044
- Alva, J., & Parra, D. (2020). *Update on the occurrence of the soil liquefaction phenomenon in peru*. (Vol. 30). Ancash, Perú: Tecnia. doi:<http://dx.doi.org/10.21754/tecnica.v30i2.756>
- Carrillo, R., & Gómez, J. (2016). Aspectos geotecnicos y su relacion con la geología en la parte baja de la cuenca del río Lacrama. *Publicación Especial n° 12: Resúmenes ampliados*, 1-16. Retrieved from <http://hdl.handle.net/20.500.12816/3073>
- Fernandez, V. (2015). *Fundamentos de metodología de la investigación*. Epaña: OmniaScience. doi:DOI: <http://doi.org/10.3926/oss.38es>
- Hernández, R., & Baptista, P. (2016). Metodología de la investigación. 6ta Edición Sampieri. Soriano, RR (1991). *Guía para realizar investigaciones sociales*. Plaza y Valdés.
- Lara, K., & Cardenas, J. (2023). Analysis of Deformations of Gravel Columns in Tailings Dams Using the Finite Element Method and Constitutive Equations. *University of Applied Science*, 15-28. doi:DOI:10.2991/978-94-6463-104-3_3
- Maps, G. (2015). Google maps. *Dipetik Desember*.
- Martinez, D., & Carbajal, E. (2019). Cimentaciones de aerogeneradores reforzados con columnas de grava y su impacto en el sismo de septiembre de 2017 en Oaxaca-México. *Ground Improvement, Earthquake Reconnaissance, Energy Geotechnics*, 2264-2273. Retrieved from <https://www.issmge.org/publications/author/enmanuel-carvajal-diaz>
- Norma Técnica E.050 Suelos y Cimentaciones*. (2018).
- Norma Tecnica Peruana NTP 339.089*. (2014). Lima, Perú.
- Suarez, A., & Calvo, J. (2020). Análisis del fenómeno de licuefacción en suelos y sus implicaciones sanitarias. *Revista de Investigaciones*, 15(1), 133-140. doi:<https://doi.org/10.33304/revinv.v15n1-2020013>
- Suito, L., & Alvarez, P. (2023). Comparison of the Improvement in Liquefaction Safety and Decrease in Settlements for a Severe Earthquake Following Three Soil Improvement Methods in a Sandy Soil in Chimbote, Peru. *Key Engineering Materials*, 942, 213-218. doi:<https://doi.org/10.4028/p-gpi6a6>

- Tapia, C., & Cevallo, K. (2021). Pruebas para comprobar la normalidad de datos en procesos productivos: Anderson-darling, ryan-joiner, shapiro-wilk y kolmogórov-smirnov. *Societas*, 23(2), 83-106. doi:ISSN:160-0408
- UNPF. (2022, Julio 11). *Estado de la Población Mundial 2023*. United Nations. doi:<https://doi.org/10.18356/9789210027151>
- Bahari Bahareh, Hwang Woongki, Tae-Hyung, K., & Young-Suk, S. (2020). Estimation of liquefaction potential in Eco-Delta City (Busan) using different approaches with effect of fines content. *International Journal of Geo-Engineering*, 11(1). <https://doi.org/10.1186/s40703-020-00121-4>
- Baldovino, J. A., Núñez de la Rosa, Y. E., & Calabokis, O. P. (2024). Insight on characterization through porosity-to-lime index of a stabilized soil for the long-term. *Case Studies in Construction Materials*, 20. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2023.e02718>
- Bhochhibhoya, S., Maharjan, R., Adhikari, R., Gurung, S., Adhikari, P., Shrestha, S., & Madhu Sudan, K. C. (2023). Suitability Assessment of Stone Columns to Improve Soil Foundation in Kathmandu Valley, Nepal. *Geotechnical and Geological Engineering*, 41(1), 57-73. <https://doi.org/10.1007/s10706-022-02262-y>
- Brand, M. A. B. (2014). Incidencia de la velocidad de aplicación de carga en la resistencia al corte no drenado de suelos residuales de anfíbolita en el Valle de San Nicolás, Antioquia (Colombia)/Incidence of shear strength rate for residual soils from amphibolite at the San Nicolas Valley in Antioquia state, Colombia. *Revista EIA*, 11(21), 89-97.
- Cano-Franco, V., Medina-Mosquera, K. D., Restrepo-Escobar, J. F., Vélez-Hoyos, F. J., & Aristizabal-Tique, V. H. (2023). Analysis and experimental validation of soils liquefaction through granulometric study. *DYNA (Colombia)*, 90(225), 164-171. <https://doi.org/10.15446/dyna.v90n225.105204>
- Cárdenas, J. C. R., da Cunha, R. P., & Quintana, H. A. R. (2014). Simulación de pruebas de carga en pilotes usando un modelo constitutivo hipoplástico/Simulation of load tests in piles using a hypoplastic constitutive model. *Revista EIA*, 11(21), 171-183.
- Castro, E., García-Ros, G., Villalva-León, D. X., Valenzuela, J., Sánchez-Pérez, J. F., & Conesa, M. (2023). Dimensionless Parameters for Waveform Characterization of Acoustic Emission Signals: Application to Sedimentation

- and Soil Compression Experiments. *Symmetry*, 15(12).
<https://doi.org/10.3390/sym15122094>
- Castro, J. (2020). Avances en el diseño y cálculo de columnas de grava. Parte I: Ejemplo de cálculo. *Informes de la construcción*, 72(560), e362-e362.
<https://doi.org/10.3989/ic.71911>
- Castro, J. (2021). Avances en el diseño y cálculo de columnas de grava. Parte II: Grupos de columnas y consolidación secundaria. *Informes de la Construcción*, 73(561). <https://doi.org/10.3989/ic.71912>
- Chu, Y., Liu, S., & Cai, G. (2021). Characterization on the correlation between SPT-N and small strain shear modulus Gmax of Jiangsu silts of China. *Earth Sciences Research Journal*, 25(2), 225-235. <https://doi.org/10.15446/esrj.v25n2.62287>
- Das, S., & Mero, A. (2024). Detailed assessment of liquefaction potential index of Imphal City, Manipur. *Indian Journal of Geosciences*, 77(4), 357-375.
- Del Barrio Gómez, E., & Mendes, A. R. (2007). The Obidos dam. Hydro-agricultural scheme for the lower Obidos and the amoreira block. Vibro-replacement foundation treatment. *Revista de Obras Publicas*, 154(3473), 17-28.
- Diyaljee, V. (2024). Discussion of «field Experimental and Numerical Studies on Performance of Concrete-Cored Gravel Column-Supported Embankments». *International Journal of Geomechanics*, 24(6).
<https://doi.org/10.1061/IJGNAL.GMENG-9395>
- Donavalli, J., Babu, T. S. R., & Rani, C. S. (2023). Probability based Assessment of Soil Liquefaction Potential in Vijayawada Region (CRDA). En Rao C.B.K., Kasagani H., Charpe A., Prathipati S.R.R.T., & Paluri Y. (Eds.), *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.* (Vol. 1130, Número 1). Institute of Physics.
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/1130/1/012036>
- Elías, L., Montero-López, C., García, V. H., Escalante, L., Carabanti, D., & Bracco Boksar, R. (2022). Soft-Sediment Deformation Structures as indicators of Quaternary tectonics in the southern Lerma Valley, NW Argentina. *Revista de la Asociacion Geologica Argentina*, 79(3), 516-535.
- Farichah, H. (2019). A comparative study of deterministic approach for assessing liquefaction potential. *IOP Conference Series. Materials Science and Engineering*, 669(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/669/1/012041>

- Farooq, K., Mujtaba, H., Ali, S., & Munir, K. (2014). Evaluation of liquefaction potential of river alluvium at diamer basha dam site. *Pakistan Journal of Science*, 66(1), 95-101.
- Fernández, P., Vallejo, G., & Livacic-Rojas, P. (2014). Validez Estructurada para una investigacion cuasi-experimental de calidad. Se cumplen 50 años de la presentacion en sociedad de los diseños cuasi-experimentales. *Anales de Psicología*, 30(2), 756-771. <https://doi.org/10.6018/analesps.30.2.166911>
- Ghassemi, A., Seyfi, S., & Shahir, H. (2020). Evaluation of variable permeability model in simulation of seismic behavior of uniform level and gently sloping sand layers. *Earth Sciences Research Journal*, 24(3), 335-343. <https://doi.org/10.15446/esrj.v24n3.60654>
- Ghorbani, E., & Rajabi, A. M. (2020). A review on SPT-based liquefaction potential evaluation to assess the possibility of performing a risk management. *Scientia Iranica. Transaction A, Civil Engineering*, 27(2), 639-656. <https://doi.org/10.24200/sci.2018.5664.1413>
- Jorge, C. S. (2021). *El terremoto de 1970. Lecciones no aprendidas*. Universidad César Vallejo.
- Karakan, E. (2021). Validation of pore water pressure model calibration parameters for non-plastic silt. *Fresenius Environmental Bulletin*, 29(12), 10500-10510.
- Khoshemehr, G. A., & Bahadori, H. (2023). Investigating the dynamic response of deep soil mixing and gravel drain columns in the liquefiable layer with different thickness. *Geomechanics and Engineering*, 34(6), 665-681. <https://doi.org/10.12989/gae.2023.34.6.665>
- Liu, J., Pan, J., Liu, Q., & Xu, Y. (2024). Experimental study on the interface characteristics of geogrid-reinforced gravelly soil based on pull-out tests. *Scientific Reports*, 14(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-024-59297-9>
- Liu, Y., & Liang, Y. (2024). Integrated machine learning for modeling bearing capacity of shallow foundations. *Scientific Reports*, 14(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-024-58534-5>
- Llano, E., Ríos, D., & Restrepo, G. (2020a). Evaluación de tecnologías para la estabilización de suelos viales empleando intemperismo acelerado. Una estrategia de análisis de impactos sobre la biodiversidad. *TecnoLogicas*, 23(49), 185-199. <https://doi.org/10.22430/22565337.1624>

- Llano, E., Ríos, D., & Restrepo, G. (2020b). Evaluación de tecnologías para la estabilización de suelos viales empleando intemperismo acelerado. Una estrategia de análisis de impactos sobre la biodiversidad. *TecnoLogicas*, 23(49), 185-199. <https://doi.org/10.22430/22565337.1624>
- Maita, N. J., & Pilar Barroeta, P. (2016). Determination of Nkt factor for undrained shear strength estimation in fine-grained soils with CPTU in the southeast region of Maracaibo Lake, Venezuela. *Int. Spec. Conf. Soft Rocks - ISRM Spec. Conf., ICSR, 2016-January*. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85045753859&partnerID=40&md5=98c38e7203c916ab522a73927a827df0>
- Martín-Méndez, I., Llamas Borrajo, J., Bel-Ian, A., & Locutura, J. (2023). Geochemical distribution in residual soils of Iberian Pyrite Belt (Spain). *Journal of Iberian Geology*, 49(2), 97-114. <https://doi.org/10.1007/s41513-023-00210-0>
- Meza-Ochoa, V., Morales, Á. L., & Márquez-Godoy, M. A. (2023). Mineralogical analysis of a residual soil from Medellín Dunita (Colombia) and its influence on physical properties and unsaturated undrained shear strength. *Boletín de Geología*, 45(1), 87-101. <https://doi.org/10.18273/REVBOL.V45N1-2023004>
- Montalva, G., Ruz, F., Escribano, D., Bastías, N., Espinoza, D., & Paredes, F. (2022). Chilean liquefaction case history database. *Earthquake Spectra*, 38(3), 2260-2280. <https://doi.org/10.1177/87552930211070313>
- Morales, C., Bernal, I., Tavera, H., Arredondo, L., & Oyola, J. (2017). Espectros de respuesta elástica de pseudoaceleración a partir del análisis dinámico lineal equivalente del suelo en Chimbote—Peru. *Boletín de geología*, 39(2), 31-47. <https://doi.org/10.18273/revbol.v39n2-2017002>
- Moreno Robles, J. (2022). The flow liquefaction phenomenon. Theoretical and practical approach. *Geotecnia*, 2022(156), 3-32. https://doi.org/10.14195/2184-8394_156_1
- Nguyen, L. (2023). Optimal Design of Rigid Inclusions and Stone Columns Using Multiobjective Optimization. *International Journal of Geomechanics*, 23(2). [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)GM.1943-5622.0002623](https://doi.org/10.1061/(ASCE)GM.1943-5622.0002623)
- Okamura, M., Minaka, U. S., & Ono, K. (2019). Effectiveness of vertical drains to prevent occurrence of liquefaction and settlement. En Silvestri F. & Moraci N. (Eds.), *Earthq. Geotech. Eng. Prot. Dev. Environ. Constr.- Proc. Int. Conf. Earthq. Geotech. Eng.* (pp. 477-490). CRC Press/Balkema.

- <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85081169657&partnerID=40&md5=6a94ccc1cc564416a78825bffb670bd>
- Olek, B. S., & Moskal, M. (2024). Comparison between methods for determining the effective vertical yield stress of intermediate fine-grained soils. *Scientific Reports*, 14(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-023-50026-2>
- Patriaman, F., & Fathani, T. F. (2022). Application of stone column method for liquefaction mitigation in Palu Bay area after the 2018 Palu earthquake. En Sato T., Pramumijoyo S., Yonezu K., Ariffin K.S., Eng C., & Inthavongsa I. (Eds.), IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci. (Vol. 1071, Número 1). Institute of Physics. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1071/1/012010>
- Rafael Pozo Puértolas. (2024). Investigación aplicada en diseño: Etapas de la actividad. *Grafica*, 23, 93-100. <https://doi.org/10.5565/rev/grafica.282>
- Reyes, M., Pérez, G., & Coma, J. (2024). Sustainability Factor for the Cost–Benefit Analysis of Building-Integrated Greenery Systems. *Sustainability*, 16(1), 157. <https://doi.org/10.3390/su16010157>
- Rubby Vanesa Ballesteros Granados, Carlos Javier Sainea Vargas, & Cáceres Cárdenas, L. A. (2018). Análisis de deflexiones y asentamientos en excavaciones profundas a cielo abierto en suelos blandos de Bogotá. *Ingeniería y Desarrollo*, 36(2), 437.
- Saxena, S., Roy, L. B., Gupta, P. K., Kumar, V., & Paramasivam, P. (2024). Model tests on ordinary and geosynthetic encased stone columns with recycled aggregates as filler material. *International Journal of Geo-Engineering*, 15(1). <https://doi.org/10.1186/s40703-023-00202-0>
- Shen, Y., El Naggar, M. H., Zhang, D.-M., Li, L., & Du, X. (2024). Seismic response characteristics of shield tunnel structures in liquefiable soils. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 182. <https://doi.org/10.1016/j.soildyn.2024.108701>
- Silva, D. P., & Sant'ana, A. L. (2022). Contribution of landraces for the fulfillment of Agroecology principles: Diagnosis of their production and use in rural settlements in the Territory of Prof. Cory/Andradina-SP. *Atelie Geografico*, 16(2), 256-275. <https://doi.org/10.5216/ag.v16i2.71879>
- Sugiyama, Y., & Takahashi, H. (2024). Centrifuge model tests on spudcan penetration and extraction in sand-clay mixed soil. *Ocean Engineering*, 304. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2024.117816>

Yang, X.-T., Zhou, Y.-G., Cao, Y., Ishikawa, A., & Chen, Y.-M. (2023). On the determination of cyclic shear stress for soil liquefaction triggering in centrifuge model test. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 173. <https://doi.org/10.1016/j.soildyn.2023.108137>

Zhou, H., Diao, Y., Zheng, G., Han, J., & Jia, R. (2017). Failure modes and bearing capacity of strip footings on soft ground reinforced by floating stone columns. *Acta geotechnica*, 12(5), 1089-1103. [https://doi.org/10.1007/s11440-017-0535-](https://doi.org/10.1007/s11440-017-0535-3)

3

ANEXOS

Anexo 1. Tabla de operacionalización de variables

Título: Aplicación de columnas de grava y su impacto en la licuefacción de suelos en Villa María - Áncash, 2024

OPERACIONALIZACIÓN DE VARIBALES					
VARIABLES DE ESTUDIO	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
VARIABLE Columnas de Grava	1: Según Castro (2020) de concibe que las columnas de pilotes granulares permiten el tratamiento del terreno, basándose en mejoramientos de la rigidez del suelo, permitiendo la fundación de terraplenes o estructuras, así mitigar el fenómeno de licuación. Permite introducir al terreno natural un material mejorado, por lo general es grava o arena, a través de un vibrador de densificando el terreno existente.	Ghassemi et al. (2020) indica que para explicar la variable se debe conocer el funcionamiento del terreno, este se establecerá por ecuaciones formuladas, permitiendo determinar un modelo matemático realista. Asimismo, se utilizará los formatos técnicos de registro de ensayo (FTR)	Diseño de columnas de grava Refuerzo y densificación Homogenización o edométrico	Coeficiente de permeabilidad Reducción de asentamientos diferenciales Aumento de la capacidad portante Relación del ángulo de fricción y resistencia a la penetración Reducción de los valores del CSR Esfuerzos y deformaciones del suelo Comprensibilidad bajo cargas verticales, interacción del suelo - columna.	adimensional cm kg/cm ² Grados cm cm cm

VARIABLE Licuefacción de suelos	2: Según Llano et al. (2020), el concepto de licuación, se considera un evento que nace en los suelos de baja capacidad portante y alto nivel freático, debido a las vibraciones sísmicas. En el transcurso de este fenómeno, el suelo adopta el comportamiento de un líquido aplicando fuerzas en el área del terreno, causando el efecto de capilaridad.	(Meza-Ochoa et al., 2023), indica que, a través del estudio del comportamiento del suelo, se obtendrá los resultados de los ensayos de laboratorio; así mismo, los daños estructurales y asentamientos diferenciales; por ende, establecerá ecuaciones empíricas que permitirá hallar los indicadores	Factor de seguridad contra licuefacción Resistencia del suelo Asentamiento del suelo Propiedades físicas, químicas y mecánicas del suelo	Resistencia cíclica a la licuefacción (CRR). Esfuerzo cíclico al sismo (CSR) Corrección de ensayo SPT Ángulo de rozamiento y cohesión Resistencia a la penetración a través del ensayo SPT (# de golpes) Corrección de contenido de finos Deformaciones y nivelaciones a través de las alturas en los diferentes estratos del suelo Contenido de humedad Peso específico de las partículas sólidas Clasificación de tipo de suelo Análisis granulométrico Contenido de sales solubles	adimensional adimensional cm cm grados cm % cm cm % gr/cm3
------------------------------------	--	---	---	--	--

Anexo 2. Instrumentos de recolección de datos

- Formato técnico de registro de ensayo (FTR)

Formato técnico de registro de ensayo (FTR)

REGISTRO DE SONDAJE

Proyecto	APLICACIÓN DE COLUMNAS DE GRAVA Y SU IMPACTO EN LA LICUEFACCIÓN DE SUELOS EN VILLA MARÍA - ÁNCASH, 2024		
Ubicación	VILLA MARÍA - NUEVO CHIMBOTE - ANCASH		
Solicitado	ING. DENNIS ECHEVARRIA TENA		

Calicata	C - 1	Prof. (m)	3.00	COTA	ESTE:769342.7036 ; NORTE: 8991545.2373
Referencia N.F	1.50	Operador	D.E.T.	FECHA:	FEBRERO - 2024

prof. (m)	Exc.	M	Descripción visual del estrato	Clasif. SUCS	SIMBOL	SP
-----------	------	---	--------------------------------	--------------	--------	----

0.00						
1.00		M-1				
1.50	♀	M-2				
2.00						
2.50		M-3				
3.00			FIN DE LA EXCAVACION			

Croquis:	Fotos:
----------	--------

Formato técnico de registro de ensayo (FTR)

REGISTRO DE EXPLORACION SPT

Proyecto	APLICACIÓN DE COLUMNAS DE GRAVA Y SU IMPACTO EN LA LICUEFACCIÓN DE SUELOS EN VILLA MARÍA - ANCASH, 2024
Ubicación	VILLA MARÍA - NUEVO CHIMBOTE - ANCASH
Solicitado	ING. DENNIS ECHEVARRIA TENA

Calicata	SPT1	Prof. (m)	8.00	Cota	ESTE: 769459.9948; NORTE: 8991690.2035
N.F. (m)	1.50	Operador	D.E.T./J.D.M.	Fecha	FEBRERO 2024

Profundidad (m)	Tipo	S.P.T.		Número	N.F.	Prof. Estrato	Descripción Visual	SUCS	Grafica N
		N golpes c/15cm	N						
0.00 - 0.15		1							
0.15 - 0.30		2				0.30			
0.30 - 0.45		7							
0.45 - 0.60	Peck	7							
0.60 - 0.75		9							
0.75 - 0.90		7							
0.90 - 1.00		6							
1.00 - 1.15		7							
1.15 - 1.30	Caña	8				1.50			
1.30 - 1.45		8	10						
1.45 - 1.60		12							
1.60 - 1.75	Peck	10							
1.75 - 1.90		13							
1.90 - 2.00		11							
2.00 - 2.15		12							
2.15 - 2.30	Caña	14							
2.30 - 2.45		14	15						
2.45 - 2.60		16				2.50			
2.60 - 2.75	Peck	18							
2.75 - 2.90		16							
2.90 - 3.00		15							
3.00 - 3.15		16							
3.15 - 3.30	Caña	18							
3.30 - 3.45		18	19						
3.45 - 3.60		20							
3.60 - 3.75	Peck	22							
3.75 - 3.90		18							
3.90 - 4.00		19				4.00			
4.00 - 4.15		20							
4.15 - 4.30	Caña	22							
4.30 - 4.45		20	23						
4.45 - 4.60		22							
4.60 - 4.75	Peck	21							
4.75 - 4.90		26							
4.90 - 5.00		23				5.00			
5.00 - 5.15		24							
5.15 - 5.30	Caña	28							
5.30 - 5.45		28	28						
5.45 - 5.60		27							
5.60 - 5.75	Peck	25							
5.75 - 5.90		25							
5.90 - 6.00		28							
6.00 - 6.15		28							
6.15 - 6.30	Caña	29							
6.30 - 6.45		28	30						
6.45 - 6.60		38							
6.60 - 6.75		42							
6.75 - 6.90		45							
6.90 - 7.00		47							
7.00 - 7.15		50							
7.15 - 7.30		50							
7.30 - 7.45		52							
7.45 - 7.60		45							
7.60 - 7.75		48							
7.75 - 7.90		50							
7.90 - 8.00		52				8.00			

Observaciones - La clasificación es visual	Leyenda ----- Línea de Nro de golpes Peck ----- Línea de Nro de golpes SPT
--	--

**CONTENIDO DE HUMEDAD
ASTM - 2216**

PROYECTO : APLICACIÓN DE COLUMNAS DE GRAVA Y SU IMPACTO EN LA LICUEFACCIÓN DE SUELOS EN V
SOLICITANTE : ING. DENNIS ECHEVARRIA TENA
UBICACIÓN : VILLA MARIA - NUEVO CHIMBOTE - ANCASH
HECHO POR : D.E.T. / J.D.M. **FECHA:** FEBRERO -2024

Formato técnico de registro de ensayo (FTR)

MUESTRAS

CALICATA	C - 1	C - 1	C - 1	C - 2	C - 2
MUESTRA N°	M - 1	M - 2	M - 3	M - 1	M - 2
PROFUNDIDAD (m)	0.00-1.00	1.00- 1.50	1.50-3.00	0.00-1.00	1.00-1.50
FRASCO No	22	5	12	11	23
1. Peso recipiente + suelo húmedo grs					
2. Peso recipiente + suelo seco grs					
3. Peso de agua (1) - (2) grs					
4. Peso de recipiente grs					
5. Peso de suelo seco (2) -(4) grs					
6. Contenido de humedad (3)/(5)*100 %					

MUESTRAS

CALICATA	C - 2	C - 3	C - 3	C - 3	C - 4
MUESTRA N°	M - 3	M - 1	M - 2	M - 3	M - 1
PROFUNDIDAD (m)	1.50-3.00	0.00-1.00	1.00-1.50	1.50-3.00	0.00-1.00
FRASCO No	14	10	30	25	30
1. Peso recipiente + suelo húmedo grs					
2. Peso recipiente + suelo seco grs					
3. Peso de agua (1) - (2) grs					
4. Peso de recipiente grs					
5. Peso de suelo seco (2) -(4) grs					
6. Contenido de humedad (3)/(5)*100 %					

MUESTRAS

CALICATA	C - 4	C - 4	C - 5	C - 5	C - 5
MUESTRA N°	M - 2	M - 3	M - 1	M - 2	M - 3
PROFUNDIDAD (m)	1.00-1.50	1.50-3.00	0.00-1.00	1.00-1.50	1.50-3.00
FRASCO No	13A	21	16	3	33
1. Peso recipiente + suelo húmedo grs					
2. Peso recipiente + suelo seco grs					
3. Peso de agua (1) - (2) grs					
4. Peso de recipiente grs					
5. Peso de suelo seco (2) -(4) grs					
6. Contenido de humedad (3)/(5)*100 %					

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

ASTM D - 422 N.T.P. - 339.128 MTC E - 204

PROYECTO : APLICACIÓN DE COLUMNAS DE GRAVA Y SU IMPACTO EN LA LICUEFACCIÓN DE SUELOS I

SOLICITADO : ING. DENNIS ECHEVARRIA TENA FECHA : FEBRERO - 2024

UBICACIÓN : VILLA MARIA - NUEVO CHIMBOTE - ANCASH TECNICO : J.D.M./D.E.T

CALICATA : C - 1 MUESTRA: M - 1 PROFUND (m.) : 0.00 -1.00

Formato técnico de registro de ensayo (FTR)

HUMEDAD NATURAL DE LA MUESTRA (%):

1.170

PESO DE LA MUESTRA SECA (gr):

190.430

PESO DE LA MUESTRA LAVADA Y SECADA (gr):

0.000

PESOS DE FINOS LAVADOS (gr):

190.430

TAMICES ASTM	DESCRIPCION ABERTURA (m.m.)	PESO RETENIDO (gr.)	PORCENTAJE PARCIAL RETENIDO (%)	PORCENTAJE ACUMULADO	
				RETENIDO (%)	PASA(%)
3"	76.200				
2 1/2"	63.500				
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				
1"	25.400				
3/4"	19.050				
1/2"	12.700				
3/8"	9.525				
1/4"	6.350				
Nº 4	4.760				100.00
Nº 10	2.000				
Nº 20	0.840				
Nº 30	0.590				
Nº 40	0.426				
Nº 50	0.297				
Nº 60	0.250				
Nº 80	0.177				
Nº 200	0.074				
FONDO	-				

D60	3.656
D30	2.828
D10	2.276
Cu	1.606
Cc	0.961

Gravas	0.00
Arenas	100.00
Finos	0.00

Gruesa	0.00
Fina	0.00
Gruesa	0.00
Media	0.00
Fina	100.00

ANALISIS QUIMICO DE SUELOS

PROYECTO : _____
 SOLICITADO : _____
 UBICACION : _____
 FECHA: : _____

N° Muestra	Descripción	S.S.T. (ppm)	Cl ⁻ (ppm)	SO ₄ ⁻² (ppm)

TABLAS NORMATIVAS

**CUADRO COMPARATIVO DE CONTENIDO DE SULFATOS Y SU GRADO DE AGRESIVIDAD AL CONCRETO
 SEGÚN DIFERENTES NORMAS Y REGLAMENTOS
 (Valores expresados en ppm)**

ACI - 201.2R.77		BRS DIGEST (SEGUNDA SERIE) 90 (inglesa)		DIN 4030 (Alemana)	R.N.C. (Peruana)	
Grado de Ataque	Sulfatos en el suelo	Sulfatos en el Agua	Sulfatos en el Suelo	Sulfatos en el Agua	Sulfatos	
Leve	0-1,000	0-150	<2,400	<360	0-600	50
Moderado	1,000-2,000	150-1,500	2,400-6,000	360-1440	600-3,000	--
Severo	2,000-20,000	1,500-10,000	6,000-24,000	1,440-6,000	>3,000	--
Muy Severo	>20,000	>10,000	>24,000	>6,000	--	--

**Los valores máximos tolerables recomendados en nuestro medio, en comparación con los del agua potable,
 expresados en partes por millón (ppm)**

Referencias	MTC	RIVVA 5	Agua Potable
Sustancia			
Cloruros	300	300	250
Sulfatos	300	50	50
Sales Solubles Totales	1 500	300	300
Sales en Magnesio	--	125	125
Sólidos en Suspensión	1 000	10	10
pH	< de 7	> de 8	10.5
Mat. Orgánica expres. en Oxígeno	16	0.001	0.001

* Para concretos que han de estar expuestos a ataques por sulfatos

TESIS - ANALISIS GEOTECNICO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS LICUABLES

RESUMEN DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Calicata No	Profund. (m)	Clasific. SUCS	Límites de Atterberg		Cont. Humedad Natural (%)	Peso específico (gr/cm ³)	Descripción de Suelo
			LL	PI			
CALICATAS							
SPT - 01 (M1)							
SPT - 01 (M2)							
SPT - 01 (M3)							
SPT - 01 (M4)							
SPT - 02 (M1)							
SPT - 02 (M2)							
SPT - 03 (M3)							
SPT - 04 (M4)							

Abreviaturas: LL = límite líquido, PI = índice de plasticidad, SUCS = sistema unificado de clasificación

APLICACIÓN DE COLUMNAS DE GRAVA Y SU IMPACTO EN LA LICUEFACCIÓN DE SUELOS EN VILLA MARÍA - ÁNCASH, 2024

RESUMEN DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Calicata No	Profund. (m)	Distribución Granulométrica			
		+3"	Grava	Arena	Finos
		(%)	(%)	(%)	(%)
CALICATAS					
C - 01 (M1)					
C - 01 (M2)					
C - 01 (M3)					
C - 02 (M1)					
C - 02 (M2)					
C - 02 (M3)					
C - 03 (M1)					
C - 03 (M2)					
C - 03 (M3)					
C - 04 (M1)					
C - 04 (M2)					
C - 04 (M3)					
C - 05 (M1)					
C - 05 (M2)					
C - 05 (M3)					
C - 06 (M1)					
C - 06 (M2)					
C - 06 (M3)					

- Ecuaciones empíricas

La relación de esfuerzos cíclicos (CSR), se definen con la siguiente ecuación:

$$CSR = 0.65 \times a_{max} \times \frac{\sigma_{vo}}{\sigma'_{vo}} \times r_d$$

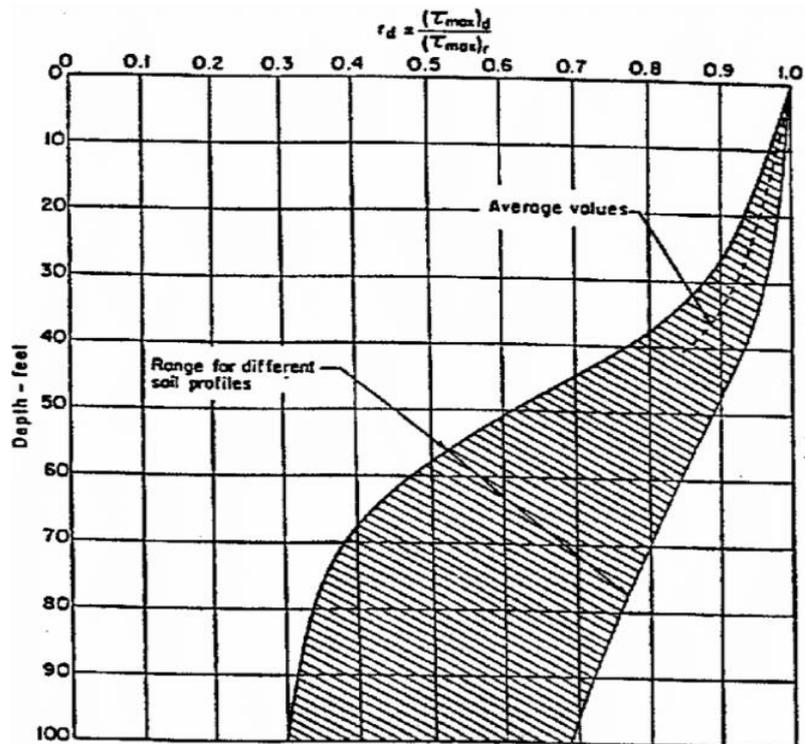
Ecuación 1. Fórmula para hallar CSR.

$$\frac{K_h}{\gamma_w \times m_v} * \left(\frac{\delta^2 u}{\delta r^2} + \frac{1 \delta u}{r \delta r} \right) + \frac{K_v}{\gamma_w \times m_v} * \frac{\delta^2 u}{\delta z^2} = \frac{\delta u}{\delta t} - \frac{\delta u_g}{\delta t}$$

Ecuación 2. Fórmulas para hallar el potencial de ocurrencia de licuefacción.

Figura 1

Curva de relación de R_d y profundidad propuesta por Seed e Idriss



Nota. En la figura se observa la curva de relación de R_d y la profundidad.

Figura 2

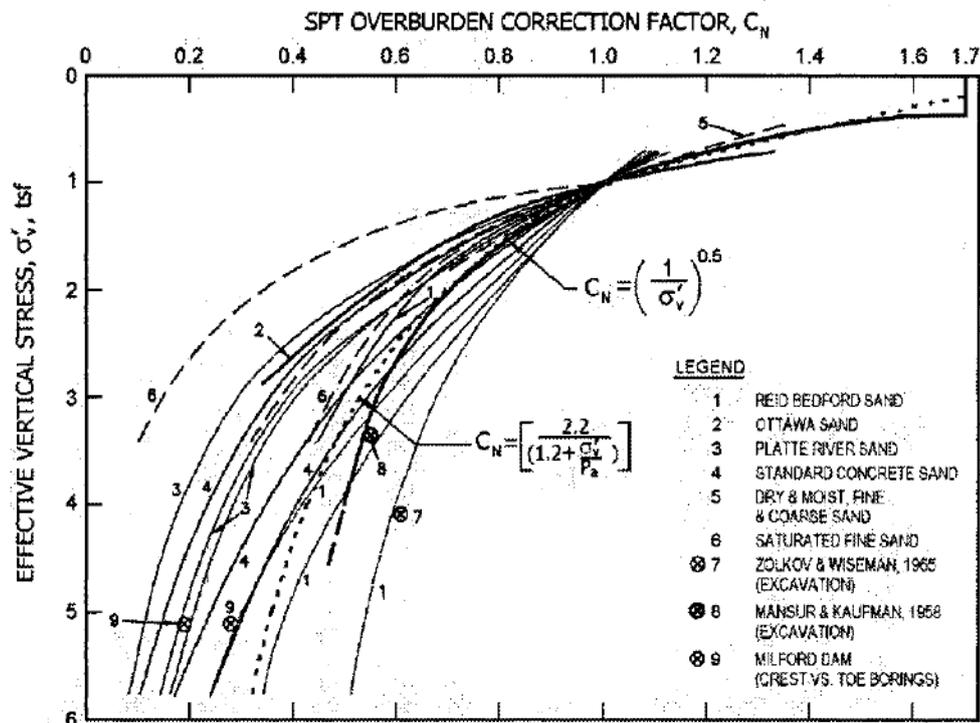
Correcciones a SPT (Modified from Skempton 1986) según lo enumerado por Robertson y Wride (1998)

Factor (1)	Equipment variable (2)	Term (3)	Correction (4)
Overburden pressure	—	C_N	$(P_a/\sigma'_w)^{0.5}$
Overburden pressure	—	C_N	$C_N \leq 1.7$
Energy ratio	Donut hammer	C_E	0.5–1.0
Energy ratio	Safety hammer	C_E	0.7–1.2
Energy ratio	Automatic-trip Donut-type hammer	C_E	0.8–1.3
Borehole diameter	65–115 mm	C_B	1.0
Borehole diameter	150 mm	C_B	1.05
Borehole diameter	200 mm	C_B	1.15
Rod length	<3 m	C_R	0.75
Rod length	3–4 m	C_R	0.8
Rod length	4–6 m	C_R	0.85
Rod length	6–10 m	C_R	0.95
Rod length	10–30 m	C_R	1.0
Sampling method	Standard sampler	C_S	1.0
Sampling method	Sampler without liners	C_S	1.1–1.3

Nota. En la figura se muestra las correcciones a SPT.

Figura 3

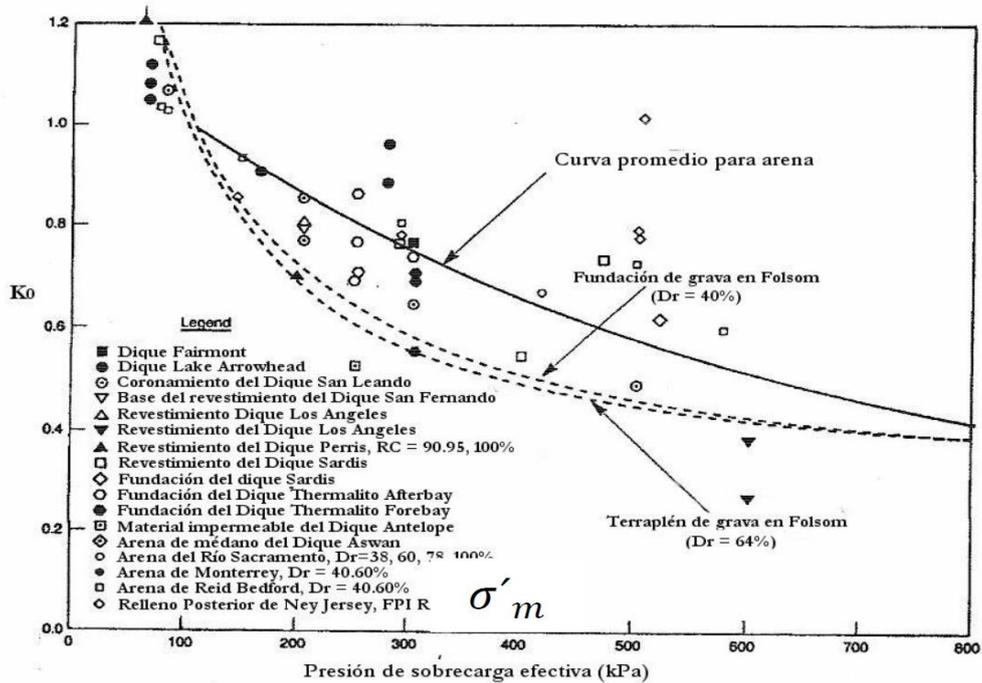
Según Bazaraa (1967) y Seed (1979) brinda la relación para poder hallar el C_N , basándose en dos componentes.



Nota. En la figura se observa el factor de corrección de los componentes.

Figura 4

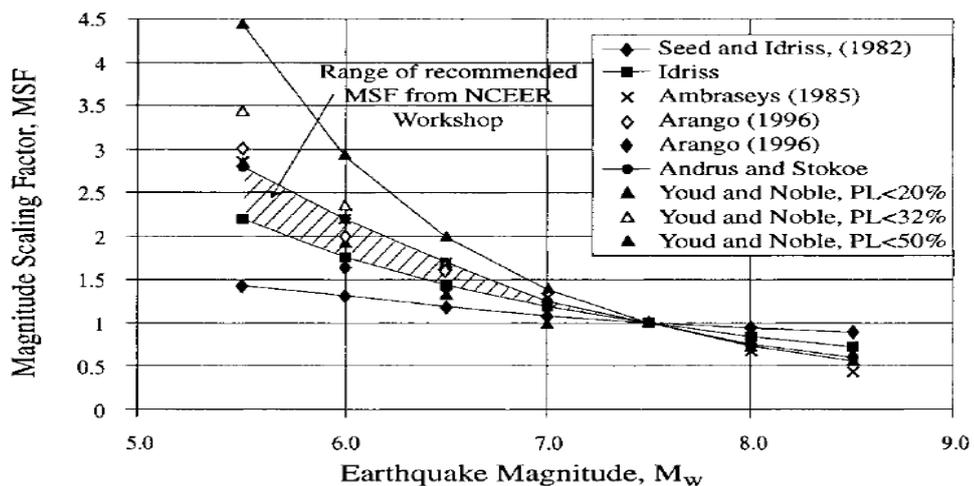
Relación de sobrecarga con tensión media entre el factor de corrección de esfuerzo



Nota. En la figura se determina la relación de factores de corrección.

Figura 5

Valores de magnitudes de eventos sísmicos determinadas por diferentes investigadores (Youd, Noble, 1997)



Nota. En la figura se observa los factores de escala de magnitudes.



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO
ISO/IEC 17025:2017
 Accredited Calibration Laboratory ISO/IEC 17025:2017



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
 Certificate of Calibration
N° CCP-0084-002-23



Cliente:
Customer
TECNOVIAS S.R.L.

Dirección:
Address
JR. JOSE DEL CARMEN SACO
NRO. 114 URB. TRINIDAD
(ALTURA CUADRA 25 DE LA AV.
ARICA) LIMA - LIMA - LIMA

Teléfono:
Phone Number
(01) 7022549

Persona de Contacto:
Contact Person
Edylson Falla

Objeto:
Item
REGLA METÁLICA

Marca:
Manufacturer
VICTOR

Modelo⁽¹⁾:
Model
NO ESPECIFICA

No. de Serie⁽¹⁾:
Serial Number
NO ESPECIFICA

Identificación:
Identification
RGL-0001

Ubicación del Objeto⁽¹⁾:
Item Location
NO ESPECIFICA

Fecha de Recepción:
Date of Receipt
2023-01-27

Fecha de Calibración:
Calibration Date
2023-01-27

Próxima Fecha de Calibración:
Due Date
-

Técnico Responsable:
Responsible Technician
Mario Tigreros

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los estándares nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones, el usuario está obligado a recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.

This calibration certificate documents the traceability to national standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI)

In order to ensure the quality of their measurements, the user is obliged to have the object recalibrated at appropriate intervals.

Persona que Autoriza / Fecha de Emisión: Ing. Savino Pineda / 2023-01-30
 Person authorizing / Date of Issue

Gerente Técnico

Autorizado y firmado electrónicamente por SAVINO ENRIQUE PINEDA GONZALEZ
 Nombre de reconocimiento (DN): cn=SAVINO ENRIQUE PINEDA GONZALEZ, serialNumber=110621145301, ou=ENTIDAD DE CERTIFICACION DE INFORMACION, o=SECURITY DATA S.A. 2, c=EC
 Fecha: 2023-01-30 10:41:44



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO
ISO/IEC 17025:2017
 Accredited Calibration Laboratory ISO/IEC 17025:2017



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
 Certificate of Calibration
N° CCP-0796-001-23



Cliente:
Customer
TECNOVIAS S.R.L.

Dirección:
Address
JR. JOSE DEL CARMEN SACO
NRO. 114 URB. TRINIDAD
(ALTURA CUADRA 25 DE LA AV.
ARICA) LIMA - LIMA - LIMA

Teléfono:
Phone Number
(01)3322448

Persona de Contacto:
Contact Person
Edylson Falla

Objeto:
Item
PIE DE REY

Marca:
Manufacturer
ACCUD

Modelo:
Model
111-012-12

No. de Serie:
Serial Number
190508783

Identificación:
Identification
CAL-0002

Ubicación del Objeto⁽¹⁾:
Item Location
LABORATORIO CENTRAL
TECNOVIAS

Fecha de Recepción:
Date of Receipt
2023-06-06

Fecha de Calibración:
Calibration Date
2023-06-06

Próxima Fecha de Calibración:
Due Date
-

Técnico Responsable:
Responsible Technician
Fidel Pinaud

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los estándares nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones, el usuario está obligado a recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.

This calibration certificate documents the traceability to national standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI)

In order to ensure the quality of their measurements, the user is obliged to have the object recalibrated at appropriate intervals.

Persona que Autoriza / Fecha de Emisión: Ing. Savino Pineda / 2023-06-13
 Person authorizing / Date of Issue

Gerente General

Autorizado y firmado electrónicamente por SAVINO ENRIQUE PINEDA GONZALEZ
 Nombre de reconocimiento (DN): cn=SAVINO ENRIQUE PINEDA GONZALEZ, serialNumber=090523155193, ou=ENTIDAD DE CERTIFICACION DE INFORMACION, o=SECURITY DATA S.A. 2, c=EC
 Fecha: 2023-06-13 11:42:32



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO
ISO/IEC 17025:2017

Accredited Calibration Laboratory ISO/IEC 17025:2017



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
Certificate of Calibration
N° CCP-0706-001-23

Cliente: Customer	TECNOVIAS S.R.L.	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los estándares nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)
Dirección: Address	JR. JOSE DEL CARMEN SACO NRO. 114 URB. TRINIDAD (ALTURA CUADRA 25 DE LA AV. ARICA) LIMA - LIMA - LIMA	
Teléfono: Phone Number	(01)3322448	Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones, el usuario está obligado a recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.
Persona de Contacto: Contact Person	Edylson Falla	
Objeto: Item	TERMOHIGRÓMETRO 	This calibration certificate documents the traceability to national standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI)
Marca: Manufacturer	BOECO GERMANY	
Modelo: Model	SH-110	In order to ensure the quality of their measurements, the user is obliged to have the object recalibrated at appropriate intervals.
No. de Serie: Serial Number	2022190002	
Identificación: Identification	TMH-0001	
Ubicación del Objeto⁽¹⁾: Item Location	LABORATORIO CENTRAL TECNOVIAS	
Fecha de Recepción: Date of Receipt	2023-05-29	
Fecha de Calibración: Calibration Date	2023-05-29	
Próxima Fecha de Calibración: Due Date	-	
Técnico Responsable: Responsible Technician	Jesús Trejo	

Persona que Autoriza / Fecha de Emisión: Ing. Savino Pineda / 2023-05-31
Person authorizing / Date of Issue



Gerente General

Autorizado y firmado electrónicamente por SAVINO ENRIQUE PINEDA GONZALEZ
Nombre de reconocimiento (DN): cn=SAVINO ENRIQUE PINEDA GONZALEZ, serialNumber=110621145301, ou=ENTIDAD DE CERTIFICACION DE INFORMACION, o=SECURITY DATA S.A. 2, c=EC
Fecha: 2023-05-31 09:39:22



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 059



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
Certificate of Calibration
N° CCP-0172-001-23

Cliente: Customer	TECNOVIAS S.R.L.	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los estándares nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)
Dirección: Address	JR. JOSE DEL CARMEN SACO NRO. 114 URB. TRINIDAD (ALTURA CUADRA 25 DE LA AV. ARICA) LIMA - LIMA - LIMA	
Teléfono: Phone Number	(01) 7022549	Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones, el usuario está obligado a recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.
Persona de Contacto: Contact Person	Edylson Falla	
Objeto: Item	BALANZA DE PRECISIÓN 	This calibration certificate documents the traceability to national standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI)
Marca: Manufacturer	AV	
Modelo: Model	GC-27	In order to ensure the quality of their measurements, the user is obliged to have the object recalibrated at appropriate intervals.
No. de Serie: Serial Number	GC271508038	
Identificación: Identification	BLZ -0030	
Ubicación del Objeto⁽¹⁾: Item Location	LABORATORIO CENTRAL	
Fecha de Recepción: Date of Receipt	2023-02-17	
Fecha de Calibración: Calibration Date	2023-02-17	
Próxima Fecha de Calibración: Due Date	-	
Técnico Responsable: Responsible Technician	Richard Díaz	

Persona que Autoriza / Fecha de Emisión: Ing. Savino Pineda / 2023-02-24
Person authorizing / Date of Issue



Gerente General

Autorizado y firmado electrónicamente por SAVINO ENRIQUE PINEDA GONZALEZ
Nombre de reconocimiento (DN): cn=SAVINO ENRIQUE PINEDA GONZALEZ, serialNumber=110621145301, ou=ENTIDAD DE CERTIFICACION DE INFORMACION, o=SECURITY DATA S.A. 2, c=EC
Fecha: 2023-02-24 08:23:11

LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR S.A.S.

Carrera 104 B No. 18 - 26 Bogotá D.C. - Colombia
 (+57 60 1) 745 4555 - Cel: 316 538 5810 - 317 423 3640
 www.pinzuar.com.co

**Certificado de Calibración - Laboratorio de Longitud****L-28784-006 R0**

Calibration Certificate - Dimensional Metrology Laboratory

Page / Pág 1 de 3

Equipo Instrument	TAMIZ 8 in.	<p>Los resultados emitidos en este certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. Dichos resultados solo corresponden al ítem que se relaciona en esta página. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos y/o de la información suministrada por el solicitante.</p> <p>Este certificado de calibración documenta y asegura la trazabilidad de los resultados reportados a patrones nacionales e internacionales, que reproducen las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).</p> <p>El usuario es responsable de la calibración de los instrumentos en apropiados intervalos de tiempo.</p> <p><i>The results issued in this certificate relates to the time and conditions under which the measurements. These results correspond to the item that relates on page number one. The laboratory, which will not be liable for any damages that may arise from the improper use of the instruments and/or the information provided by the customer.</i></p> <p><i>This calibration certificate documents and ensures the traceability of the reported results to national and international standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI).</i></p> <p><i>The user is responsible for recalibrating the measuring instruments at appropriate time intervals.</i></p>
Fabricante Manufacturer	PINZUAR	
Modelo Model	Granotest	
Número de Serie Serial Number	75910	
Identificación Interna Internal identification	TMZ-0106	
Malla Mesh	No. 10	
Solicitante Customer	TECNOVIAS Y SERVICIOS GENERALES SOCIEDAD COMERCIAL DE RESPONSABILIDAD LIMITADA	
Dirección Address	JR. JOSE DEL CARMEN SAGO NRO. 114 URB. TRINIDAD (ALTURA CUADRA 25 DE LA AV. ARICA) LIMA - LIMA - LIMA	
Ciudad City	LIMA	
Fecha de Calibración Date of calibration	2023 - 04 - 17	
Fecha de Emisión Date of issue	2023 - 04 - 18	
Número de páginas del certificado, incluyendo anexos Number of pages of the certificate and documents attached	03	

Sin la aprobación del Laboratorio de Metrología Pinzuar no se puede reproducir el informe, excepto cuando se reproduce en su totalidad, ya que proporciona la seguridad que las partes del certificado no se sacan de contexto. Los certificados de calibración sin firma no son válidos.

Without the approval of the Pinzuar Metrology Laboratory, the report can not be reproduced, except when it is reproduced in its entirety, since it provides the security that the parts of the certificate are not taken out of context. Unsigned calibration certificates are not valid.

Firmas que Autorizan Certificado

Signatures Authorizing the Certificate

Teog. Jaiver Arnulfo López
Metrologo Laboratorio de Metrología

Teog. Francisco Adelfo Durán
Metrologo Laboratorio de Metrología

LM-PC-124-01 R13.6

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO
Fuerza | Longitud | Masa | Par Torsional | Presión | Temperatura

**LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO**

ISO/IEC 17025:2017
Accredited Calibration Laboratory ISO/IEC 17025:2017



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
Certificate of Calibration
N° CC-5048-003-22

Cliente Customer	ELICROM PERU SAC	<p>Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los estándares nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)</p> <p>Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones, el usuario está obligado a recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.</p> <p><i>This calibration certificate documents the traceability to national standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI)</i></p> <p><i>In order to ensure the quality of their measurements, the user is obliged to have the object recalibrated at appropriate intervals.</i></p>
Dirección Address	AV. FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN N°815 OF 804, JESÚS MARÍA- LIMA.	
Teléfono Phone Number	0997448710	
Persona de Contacto Contact Person	José Aparcana	
Objeto Item	JUEGO DE PESAS 1 mg - 2 kg F1	
Marca Manufacturer	ACCURATE	<p><i>This calibration certificate documents the traceability to national standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI)</i></p>
Modelo⁽¹⁾ Model	NO ESPECIFICA	
No. de Serie Serial Number	8796	<p><i>In order to ensure the quality of their measurements, the user is obliged to have the object recalibrated at appropriate intervals.</i></p>
Identificación Identification	ELP.PT.150	
Ubicación del Objeto⁽¹⁾ Item Location	BODEGA	
Fecha de Recepción Date of Receipt	2022-09-15	
Fecha de Calibración Calibration Date	2022-09-15	
Próxima Fecha de Calibración Due Date	2023-09	
Técnico Responsable Responsible Technician	Ronald Arias	

Persona que Autoriza / Fecha de Emisión: Ing. Savino Pineda / 2022-09-15
 Person authorizing / Date of Issue

Gerente General

Autorizado y firmado electrónicamente por SAVINO ENRIQUE PINEDA GONZALEZ
 Nombre de reconocimiento (DN): cn=SAVINO ENRIQUE PINEDA GONZALEZ,
 serialNumber=110621145301, ou=ENTIDAD DE CERTIFICACION DE INFORMACION, o=SECURITY DATA S.A. 2, c=EC
 Fecha: 2022-09-15 16:24:55



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

Certificate of Calibration

NUMERO 2022201066

Number

Página 1 de 5 páginas

Page 1 of 5 pages



2022201066

SOLICITANTE TECNNOVIAS Y SERVICIOS GENERALES S.R.L.

Customer

DIRECCION JR. JOSE DEL CARMEN SACO 114 - CERCADO DE LIMA

Address

INSTRUMENTO BALANZA

Instrument

TIPO

Type

ELECTROMECANICA

MARCA POCKET SCALE

Manufacturer

MODELO

Model

NO INDICA

N° SERIE 2022020008

Numero de Serie

IDENTIFICACION

ID

NO INDICA

CLASE III

Class

PROCEDENCIA

Provenance

NO INDICA

ALCANCE 0 g a 500 g

Range

DIVISION REAL DE ESCALA (d) 0,1 g

Real scale division

DIVISION DE VERIFICACION DE ESCALA (e) 0,1 g

Scale verification division

LUGAR DE CALIBRACION LABORATORIO CENTRAL DE TECNNOVIAS

Location of calibration

FECHA DE CALIBRACIÓN 4 de octubre de 2022

Date of calibration

Signatario/s autorizado/s

Author/s

Laboratory/ies

Fecha de emisión

Date of issue

4 de octubre de 2022



Ramon Ysla Cristhian.

Jefe de Laboratorio

Este certificado no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite

This certificate may not be partially reproduced except with the prior written permission of the issuing laboratory

"PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO"

☎ 01 7392497

♀ Av Javier Prado Este 560 Int 2302, San Isidro Lima.

✉ ventas.calibraperu@outlook.com

WWW.CALIBRAPERU.NET.PE



DETERMINACIÓN DE CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y CALIBRACION DE ARENA PARA ENSAYO DE DENSIDAD DE CAMPO CONO - ARENA

Código : SUEP-54-P1

Revisión : 00

Fecha : 2/7/2021

Página : 01 de 01

Proveedor : SILICE & CUARZO PERU

Fecha de Recepción : 25 de Mayo de 2023

Lote* : ACL-0013

Fecha de Ejecución : 24 de Agosto de 2023

Ensayado por : Jeffrey Hilaro

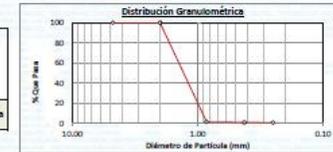
Fecha de Emisión : 25 de Agosto de 2023

I. DETERMINACIÓN DE GRADACIÓN DE ARENA (ASTM C136/C136M-19)

Tamiz (Designation E11)	Apertura (mm)	Masa Retenida (g)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa (redondeado)	Criterio de Aceptación (ASTM D1556/D1556M-15 ¹)	Conclusión
No. 4	4.750	0.00	0.0	0.0	100.0		
No. 10	2.000	0.00	0.0	0.0	100.0	100%	Se Acepta
No. 20	0.850	297.21	96.6	96.6	1.4		
No. 40	0.425	1.84	0.6	99.3	0.7		
No. 60	0.250	0.58	0.3	99.5	0.5	< 3%	Se Acepta
< No. 60		1.37	0.5	100.00	0.0		

Masa Total (g): 301.30

D ₁₅ (0.01 mm) :	0.916	Coeficiente de Uniformidad (Cu)	1.5	Coeficiente de Curvatura (Cc)	0.9
D ₃₀ (0.01 mm) :	1.069				
D ₄₅ (0.01 mm) :	1.413				
Criterio de Aceptación (ASTM D1556/D1556M-15 ¹)	< 2.0	Se Acepta	-	No Aptos	



Equipos Empleados

Descripción	Identificación del equipo
Tarrazas	TMZ-0008, TMZ-0009, TMZ-0010, TMZ-0011
Balanza	BLZ-0019

II. CALIBRACIÓN DE LA DENSIDAD DE LA ARENA (Método B del Anexo A2 del ASTM D1556/D1556M-15¹)

Prueba No.	1	2	3	Datos del Molde Usado	Masa de Molde (g)	2829
Masa de molde + arena (g)	6888	6873	6867	Volumen de Molde (cm ³)	2830	
Masa de arena en molde (g)	4059	4044	4036			
Densidad de la arena (g/cm ³)	1.434	1.429	1.427			
Variación con respecto al promedio (%)	0.3	0.1	0.2			
Criterio de Aceptación (ASTM D1556/D1556M-15 ¹)	<= 1 %	Se Acepta	Se Acepta	Se Acepta		
DENSIDAD PROMEDIO DE LA ARENA						1.430 g/cm ³

Equipos Empleados

Descripción	Identificación del equipo
Molde PU	RPU-0001
Balanza	BLZ-0030

Observaciones :

El presente ensayo ha sido ejecutado en las instalaciones del laboratorio central de TECNNOVIAS Y SERVICIOS GENERALES S.R.L. El muestreo, la identificación y entrega de la muestra son responsabilidad del cliente. Los resultados del ensayo, corresponden a la muestra proporcionada por el cliente. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Prohíbese la reproducción total o parcial del presente informe de ensayo sin la autorización escrita de TECNNOVIAS Y SERVICIOS GENERALES S.R.L.

Página 1: Fin del Documento

Revisado por



Giovanni Zambrano Valderrama
Jefe de Laboratorio

☎ 041 930 340 - 941 839 344

♀ JOSE DEL CARMEN SACO 114 URB. TRINIDAD - CERCADO DE LIMA

■ ARGACOMERCIO@TECNNOVIAS.PE / ADMINISTRACION@TECNNOVIAS.PE - WEB: TECNNOVIAS.PE



ANEXO N°4. Fichas de validación de instrumentos para recolección de datos



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FICHA DE VALIDACIÓN DE CONTENIDO PARA UN INSTRUMENTO

INSTRUCCIÓN: A continuación, se le hace llegar el instrumento de recolección de datos a través de los Formatos Técnicos de Registro que permitirá recoger la información en la investigación que lleva por título: **Aplicación de columnas de grava y su impacto en la licuefacción de suelos en Villa María - Áncash, 2024.** Por lo que se le solicita que tenga a bien evaluar el instrumento, haciendo, de ser caso, las sugerencias para realizar las correcciones pertinentes. Los criterios de validación de contenido son:

Criterios	Detalle	Calificación
Suficiencia	El ítem pertenece a la dimensión y basta para obtener la medición de esta	1: de acuerdo 0: en desacuerdo
Claridad	El ítem se comprende fácilmente, es decir, su sintáctica y semántica son adecuadas	1: de acuerdo 0: en desacuerdo
Coherencia	El ítem tiene relación lógica con el indicador que está midiendo	1: de acuerdo 0: en desacuerdo
Relevancia	El/la ítem/pregunta es esencial o importante, es decir, debe ser incluido	1: de acuerdo 0: en desacuerdo

Nota. Criterios adaptados de la propuesta de Escobar y Cuervo (2008).



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

CARTA DE PRESENTACIÓN

Señor: Dr. Vilchez Canchari, Juan Marcos

Presente

Asunto: **VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS A TRAVÉS DE JUICIO DE EXPERTO.**

Me es muy grato comunicarme con usted para expresarle mis saludos y así mismo, hacer de su conocimiento que, siendo estudiante del Programa Académico de Maestría en Ingeniería Civil con mención en dirección de empresas constructoras de la Escuela de Posgrado de la UCV, en la sede LIMA NORTE, ciclo 2024 - I, requiero validar los instrumentos con los cuales se recogerá la información necesaria para poder desarrollar mi investigación y con la sustentaré mis competencias investigativas en la Experiencia curricular de Diseño y desarrollo del trabajo de investigación.

El nombre de mis Variables son columnas de grava y licuefacción de suelos, siendo imprescindible contar con la aprobación de docentes especializados para poder aplicar los instrumentos en mención, se ha considerado conveniente recurrir a usted, ante su connotada experiencia en temas educativos y/o investigación educativa.

El expediente de validación, que le hacemos llegar contiene:

- Carta de presentación.
- Definiciones conceptuales de la variable y dimensiones.
- Matriz de operacionalización de la variable.
- Certificado de validez de contenido de los instrumentos.

Expresándole mis sentimientos de respeto y consideración me despido de usted, no sin antes agradecerle por la atención que dispense a la presente.

Atentamente.

.....
DENNIS ROBERT ECHEVARRIA TENA
.....

DENNIS ECHEVARRA TENA

D.N.I 70141841



MATRIZ DE VALIDACIÓN DEL FORMATO TÉCNICO DE REGISTRO PARA LA VARIABLE COLUMNAS DE GRAVA

Definición de la variable: Las columnas de grava, es un método que permitirá el tratamiento del terreno del área de estudio contra el fenómeno de licuefacción, estas columnas permiten homogenizar y disminuir las fluctuaciones en la interacción suelo - columna; es decir, debido a la cohesión del terreno impide el reordenamiento de las partículas, es por ello, que las columnas de grava reducirán la permeabilidad, brindara resistencia y estabilidad (Castro, 2020).

Dimensiones	Indicadores	Ítems	S u f i c i e n c i a	C l a r i d a d	C o h e r e n c i a	R e l e v a n c i a	Observación
Diseño de columnas de grava	Coeficiente de permeabilidad	Ecuaciones empíricas	1	1	1	1	
	Reducción de asentamientos diferenciales	Ecuaciones empíricas	1	1	1	1	
	Aumento de la capacidad portante	Ecuaciones empíricas	1	1	1	1	
Refuerzo y densificación	Relación del ángulo de fricción y resistencia a la penetración	Formato técnico de registro de ensayo (FTR)	1	1	1	1	
	Reducción de los valores del CSR	Ecuaciones empíricas	1	1	1	1	
Homogenización o edométrico	Esfuerzos y deformaciones del suelo	Formato técnico de registro de ensayo (FTR)	1	1	1	1	
	Comprensibilidad bajo cargas verticales, interacción del suelo - columna.	Formato técnico de registro de ensayo (FTR)	1	1	1	1	



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

MATRIZ DE VALIDACIÓN DEL FORMATO TÉCNICO DE REGISTRO PARA LA VARIABLE LICUEFACCIÓN DE SUELOS

Definición de la variable: Se puede definir como un fenómeno, donde el suelo adopta el comportamiento de un líquido, a causa de un movimiento sísmico, el cual aplica fuerzas en el área del terreno, causando el efecto de capilaridad, movimiento de los granos de arena y pudiendo originar desde deslizamientos, hasta asentamientos, a causa de la disminución de la resistencia en los suelos dañados Llano et al. (2020).

Dimensiones	Indicadores	Ítems	S u f i c i e n c i a	C l a r i d a d	C o h e r e n c i a	R e l e v a n c i a	Observación
Factor de seguridad contra licuefacción	Resistencia cíclica a la licuefacción (CRR)	Ecuaciones empíricas	1	1	1	1	
	Esfuerzo cíclico al sismo (CSR)	Ecuaciones empíricas	1	1	1	1	
	Corrección de ensayo SPT	Ecuaciones empíricas	1	1	1	1	
Resistencia al corte del suelo	Ángulo de rozamiento y cohesión	Formato técnico de registro de ensayo (FTR)	1	1	1	1	
	Resistencia a la penetración a través del ensayo SPT (# de golpes)	Formato técnico de registro de ensayo (FTR)	1	1	1	1	
Asentamiento del suelo	Corrección de contenido de finos	Registro de información de campo (RDI)	1	1	1	1	
	Deformaciones y nivelaciones a través de las alturas en los diferentes estratos del suelo	Registro de información de campo (RDI)	1	1	1	1	



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Dimensiones	Indicadores	Ítems	S u f i c i e n c i a	C l a r i d a d	C o h e r e n c i a	R e l e v a n c i a	Observación
Propiedades físicas, químicas y mecánicas del suelo	Contenido de humedad	Formato técnico de registro de ensayo (FTR)	1	1	1	1	
	Peso específico de las partículas sólidas	Formato técnico de registro de ensayo (FTR)	1	1	1	1	
	Clasificación de tipo de suelo	Formato técnico de registro de ensayo (FTR)	1	1	1	1	
	Análisis granulométrico	Formato técnico de registro de ensayo (FTR)	1	1	1	1	
	Contenido de sales solubles	Formato técnico de registro de ensayo (FTR)	1	1	1	1	



FICHA DE VALIDACIÓN DE JUICIO DE EXPERTO

Nombre del instrumento	Formato técnico de registro de ensayo (FTR)
Objetivo del instrumento	Permitirá hallar la cuantificación para las variables: columnas de grava y licuefacción de suelos
Nombres y apellidos del experto	Dr. Hermes Roberto Mosqueira Ramírez
Documento de identidad	26673916
Años de experiencia en el área	Mayor de diez (10) años de experiencia profesional
Máximo Grado Académico	Doctor
Nacionalidad	Peruana
Institución	Universidad Cesar Vallejo
Cargo	Docente
Número telefónico	981632497
Firma	
Fecha	05 de junio del 2024



PERÚ

Ministerio de Educación

Superintendencia Nacional de
Educación Superior Universitaria

Dirección de Documentación e
Información Universitaria y
Registro de Grados y Títulos

REGISTRO NACIONAL DE GRADOS ACADÉMICOS Y TÍTULOS PROFESIONALES

Graduado	Grado o Título	Institución
MOSQUEIRA RAMIREZ, HERMES ROBERTO DNI 26673916	DOCTOR EN INGENIERIA CIVIL Fecha de diploma: 04/10/2012 Modalidad de estudios: - Fecha matrícula: Sin información (***) Fecha egreso: Sin información (***)	UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL <i>PERU</i>
MOSQUEIRA RAMIREZ, HERMES ROBERTO DNI 26673916	MAGISTER EN INGENIERIA CIVIL Fecha de diploma: 01/06/2011 Modalidad de estudios: - Fecha matrícula: Sin información (***) Fecha egreso: Sin información (***)	PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ <i>PERU</i>
MOSQUEIRA RAMIREZ, HERMES ROBERTO DNI 26673916	INGENIERO CIVIL Fecha de diploma: 27/01/1982 Modalidad de estudios: -	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA <i>PERU</i>
MOSQUEIRA RAMIREZ, HERMES ROBERTO DNI 26673916	BACHILLER EN INGENIERIA CIVIL Fecha de diploma: 30/04/1980 Modalidad de estudios: - Fecha matrícula: Sin información (***) Fecha egreso: Sin información (***)	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA <i>PERU</i>
MOSQUEIRA RAMIREZ, HERMES ROBERTO DNI 26673916	MAGISTER EN ADMINISTRACION PUBLICA Fecha de diploma: 22/04/2014 Modalidad de estudios: - Fecha matrícula: Sin información (***) Fecha egreso: Sin información (***)	UNIVERSIDAD CATÓLICA SEDES SAPIENTIAE <i>PERU</i>



FICHA DE VALIDACIÓN DE JUICIO DE EXPERTO

Nombre del instrumento	Ecuaciones empíricas
Objetivo del instrumento	Permitirá hallar la cuantificación para las variables: columnas de grava y licuefacción de suelos
Nombres y apellidos del experto	Mg. Julio Christian Quesada Llanto
Documento de identidad	42831273
Años de experiencia en el área	Mayor de cinco (05) años de experiencia profesional
Máximo Grado Académico	Magister
Nacionalidad	Peruana
Institución	Universidad Privada del Norte
Cargo	Coordinador de la Carrera Ing. Civil – Lima – Sede Cono Norte
Número telefónico	992059245
Firma	
Fecha	25 de junio del 2024



PERÚ

Ministerio de Educación

Superintendencia Nacional de
Educación Superior Universitaria

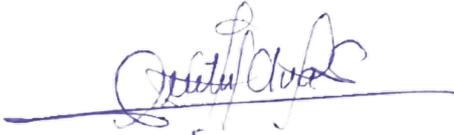
Dirección de Documentación e
Información Universitaria y
Registro de Grados y Títulos

REGISTRO NACIONAL DE GRADOS ACADÉMICOS Y TÍTULOS PROFESIONALES

Graduado	Grado o Título	Institución
QUESADA LLANTO, JULIO CHRISTIAN DNI 42831273	BACHILLER EN MATEMATICA Fecha de diploma: 01/04/2011 Modalidad de estudios: - Fecha matrícula: Sin información (***) Fecha egreso: Sin información (***)	UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS <i>PERU</i>
QUESADA LLANTO, JULIO CHRISTIAN DNI 42831273	LICENCIADO EN MATEMATICA Fecha de diploma: 29/09/2014 Modalidad de estudios: -	UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS <i>PERU</i>
QUESADA LLANTO, JULIO CHRISTIAN DNI 42831273	BACHILLER EN INGENIERÍA CIVIL Fecha de diploma: 20/10/17 Modalidad de estudios: PRESENCIAL Fecha matrícula: 15/07/2011 Fecha egreso: 21/07/2017	UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE S.A.C. <i>PERU</i>
QUESADA LLANTO, JULIO CHRISTIAN DNI 42831273	MAESTRO EN INGENIERÍA CIVIL CON MENCIÓN EN DIRECCIÓN DE EMPRESAS DE LA CONSTRUCCIÓN Fecha de diploma: 11/05/18 Modalidad de estudios: PRESENCIAL Fecha matrícula: 04/09/2015 Fecha egreso: 10/06/2017	UNIVERSIDAD PRIVADA CÉSAR VALLEJO <i>PERU</i>
QUESADA LLANTO, JULIO CHRISTIAN DNI 42831273	INGENIERO CIVIL Fecha de diploma: 27/05/19 Modalidad de estudios: PRESENCIAL	UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE S.A.C. <i>PERU</i>
QUESADA LLANTO, JULIO CHRISTIAN DNI 42831273	GRADO DE MAGÍSTER EN DOCENCIA PARA LA EDUCACIÓN SUPERIOR (GRADO DE MAESTRO) Fecha de Diploma: 26/08/2020 TIPO: <ul style="list-style-type: none">• RECONOCIMIENTO Fecha de Resolución de Reconocimiento: 16/04/2021 Modalidad de estudios: A Distancia Duración de estudios: 1 Año 3 Meses	UNIVERSIDAD ANDRÉS BELLO <i>CHILE</i>



FICHA DE VALIDACIÓN DE JUICIO DE EXPERTO

Nombre del instrumento	Registro de información de campo (RDI)
Objetivo del instrumento	Permitirá hallar la cuantificación para las variables: columnas de grava y licuefacción de suelos
Nombres y apellidos del experto	Mg. Anita Elizabet Alva Sarmiento
Documento de identidad	26697612
Años de experiencia en el área	Mayor de cinco (05) años de experiencia profesional
Máximo Grado Académico	Magister
Nacionalidad	Peruana
Institución	Universidad Privada del Norte
Cargo	Docente – Coordinadora de la Carrera Ing. Civil - Cajamarca
Número telefónico	976300449
Firma	
Fecha	24 de junio del 2024


PERÚ
Ministerio de Educación
**Superintendencia Nacional de
Educación Superior Universitaria**
**Dirección de Documentación e
Información Universitaria y
Registro de Grados y Títulos**
REGISTRO NACIONAL DE GRADOS ACADÉMICOS Y TÍTULOS PROFESIONALES

Graduado	Grado o Título	Institución
ALVA SARMIENTO, ANITA ELIZABET DNI 26697612	INGENIERO CIVIL Fecha de diploma: 25/01/1999 Modalidad de estudios: -	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA <i>PERU</i>
ALVA SARMIENTO, ANITA ELIZABET DNI 26697612	BACHILLER EN INGENIERIA CIVIL Fecha de diploma: 31/10/1996 Modalidad de estudios: - Fecha matrícula: Sin información (***) Fecha egreso: Sin información (***)	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA <i>PERU</i>
ALVA SARMIENTO, ANITA ELIZABET DNI 26697612	MAESTRO EN CIENCIAS MENCIÓN: INGENIERÍA CIVIL Fecha de diploma: 19/01/24 Modalidad de estudios: PRESENCIAL Fecha matrícula: 13/04/2016 Fecha egreso: 17/07/2023	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA <i>PERU</i>

ANEXO N°5. Consentimiento informado

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	GUÍA DE ELABORACIÓN DE * TRABAJOS CONDUCTENTES A GRADOS Y TÍTULOS	Código : PP-G-02.02 Versión : 06 Fecha : 15.05.2024 Página : 02 de 02
---	--	--

Anexo 3 Consentimiento Informado

Título de la investigación: **Aplicación de columnas de grava y su impacto en la licuefacción de suelos en Villa María - Áncash, 2024**

Investigador: **Dennis Robert Echevarria Tena**

Propósito del estudio

Le invitamos a participar en la investigación titulada “**Aplicación de columnas de grava y su impacto en la licuefacción de suelos en Villa María - Áncash, 2024**”, cuyo objetivo es analizar la aplicación de columnas de grava y su impacto en la licuefacción de suelos en Villa María - Áncash, 2024. Esta investigación es desarrollada por estudiantes del programa de estudio Maestría en Ingeniería Civil con mención en dirección de empresas constructoras de la Universidad César Vallejo del Campus Lima Norte, aprobado por la autoridad correspondiente de la Universidad y con el permiso de la institución de la Urb. Villa María – Nuevo Chimbote.

Describir el impacto del problema de la investigación.

El impacto se centra en abordar las respuestas a la realidad problemática planteada ya que esta investigación busca resolver un problema real que aflige a la sociedad a nivel internacional y nacional, dando paso a la ingeniería a brindar soluciones idóneas que permitan utilizar la materia prima de su entorno para crear un diseño innovador que permitirá densificar y mitigar este fenómeno de licuefacción, brindando un beneficio a la población, al sensibilizar y darles a conocer las diferentes consideraciones que se deben tomar para su aplicación; asimismo, poder prevenir y resguardar vidas humanas en alguna incidencia provocadas por los eventos sísmicos.

Procedimiento

Si usted decide participar en la investigación se realizará lo siguiente (enumerar los procedimientos del estudio):

1. Se realizará ensayos de campos en el área de estudio.
2. Se utilizarán para la anotación de ensayos, los formatos técnicos de registro (FTR) y los registros de información de campo donde se puedan registrar los valores relevantes para el estudio.

Participación voluntaria (principio de autonomía):

Puede hacer todas las preguntas para aclarar sus dudas antes de decidir si desea participar o no, y su decisión será respetada. Posterior a la aceptación no desea continuar puede hacerlo sin ningún problema.

Riesgo (principio de No maleficencia):

Indicar al participante la existencia que NO existe riesgo o daño al participar en la investigación. Sin embargo, en el caso que existan preguntas que le puedan generar incomodidad. Usted tiene la libertad de responderlas o no.

Beneficios (principio de beneficencia):

Se le informará que los resultados de la investigación se le alcanzará a la institución al término de la investigación. No recibirá ningún beneficio económico ni de ninguna otra índole. El estudio no va a aportar a la salud individual de la persona, sin embargo, los resultados del estudio podrán convertirse en beneficio de la salud pública.

Confidencialidad (principio de justicia):

Los datos recolectados deben ser anónimos y no tener ninguna forma de identificar al participante. Garantizamos que la información que usted nos brinde es totalmente Confidencial y no será usada para ningún otro propósito fuera de la investigación. Los datos permanecerán bajo custodia del investigador principal y pasado un tiempo determinado serán eliminados convenientemente.

Problemas o preguntas:

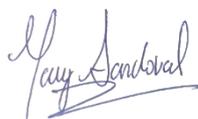
Si tiene preguntas sobre la investigación puede contactar con el Investigador Dennis Robert Echevarria Tena, email: dechevarriat@ucvvirtual.edu.pe y asesor Dr. Vilchez Canchari, Juan Marcos, email: jvilchezca987@ucvvirtual.edu.pe

Consentimiento

Después de haber leído los propósitos de la investigación autorizo participar en la investigación antes mencionada a la Sra. Mary Loena Sandoval Vasquez.

Nombre y apellidos: Mary Loena Sandoval Vasquez

Firma(s):


**PRESIDENTE
VILLA**

Fecha y hora: 04-05-2024, 13:25

Para garantizar la veracidad del origen de la información: en el caso que el consentimiento sea presencial, el encuestado y el investigador deben proporcionar sus nombres y firma. En el caso que sea cuestionario virtual, se debe solicitar el correo desde el cual se envía las respuestas a través de un formulario Google.

ANEXO N°6. Autorización para el desarrollo del proyecto de investigación



DECLARACIÓN JURADA: USO DE DATOS PÚBLICOS

Apellidos y nombres	ECHEVARRIA TENA DENNIS ROBERT
DNI	70141841
Código de estudiante	7003056223
Campus	LOS OLIVOS
Programa	MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL CON MENCIÓN EN DIRECCIÓN DE EMPRESAS DE LA CONSTRUCCIÓN
Modalidad	PRESENCIAL
Grupo	LIMA - B1
Docente asesor	DR. VÍLCHEZ CANCHARI, JUAN MARCOS

Declaró que la información que utilizaré para el desarrollo de mi trabajo de investigación titulado: **Aplicación de columnas de grava y su impacto en la licuefacción de suelos en Villa María - Áncash, 2024, son datos de dominio público;** por tanto, no requiero tener la autorización de la institución correspondiente. Asumo la responsabilidad de la veracidad de lo expuesto.

Lima, 03 de junio del año 2024

Firma:



DNI: 70141841



Huella digital

ANEXO N°7. Análisis complementario



CONTROL DE CALIDAD Y ESTUDIOS GEOTÉCNICOS



CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM - 2216

PROYECTO : APLICACIÓN DE COLUMNAS DE GRAVA Y SU IMPACTO EN LA LICUEFACCIÓN DE SUELOS EN VILLA MARÍA - ÁNCASH, 2024
SOLICITANTE : ING. DENNIS ECHEVARRIA TENA
UBICACIÓN : VILLA MARIA - NUEVO CHIMBOTE - ANCASH
HECHO POR : K.S.C. / J.D.M. **FECHA:** FEBRERO-2024

MUESTRAS

CALICATA		C - 1	C - 1	C - 1	C - 2	C - 2
MUESTRA N°		M - 1	M - 2	M - 3	M - 1	M - 2
PROFUNDIDAD (m)		0.00-1.00	1.00- 1.50	1.50-3.00	0.00-1.00	1.00-1.50
FRASCO No		22	5	12	11	23
1. Peso recipiente + suelo húmedo	grs	448.760	352.650	376.190	378.440	340.240
2. Peso recipiente + suelo seco	grs	444.760	346.010	365.230	375.490	332.860
3. Peso de agua	(1) - (2) grs	4.000	6.640	10.960	2.950	7.380
4. Peso de recipiente	grs	101.720	142.628	245.700	132.310	141.430
5. Peso de suelo seco	(2) -(4) grs	343.04	203.38	119.53	243.18	191.43
6. Contenido de humedad	(3)/(5)*100 %	1.17	3.26	9.17	1.21	3.86

MUESTRAS

CALICATA		C - 2	C - 3	C - 3	C - 3	C - 4
MUESTRA N°		M - 3	M - 1	M - 2	M - 3	M - 1
PROFUNDIDAD (m)		1.50-3.00	0.00-1.00	1.00-1.50	1.50-3.00	0.00-1.00
FRASCO No		14	10	30	25	30
1. Peso recipiente + suelo húmedo	grs	364.120	366.620	357.140	347.180	341.850
2. Peso recipiente + suelo seco	grs	353.670	364.020	350.810	335.850	338.650
3. Peso de agua	(1) - (2) grs	10.450	2.600	6.330	11.330	3.200
4. Peso de recipiente	grs	248.360	143.360	151.860	215.560	112.360
5. Peso de suelo seco	(2) -(4) grs	105.31	220.66	198.95	120.29	226.29
6. Contenido de humedad	(3)/(5)*100 %	9.92	1.18	3.18	9.42	1.41

MUESTRAS

CALICATA		C - 4	C - 4	C - 5	C - 5	C - 5
MUESTRA N°		M - 2	M - 3	M - 1	M - 2	M - 3
PROFUNDIDAD (m)		1.00-1.50	1.50-3.00	0.00-1.00	1.00-1.50	1.50-3.00
FRASCO No		13A	21	16	3	33
1. Peso recipiente + suelo húmedo	grs	361.330	380.790	326.760	406.390	340.350
2. Peso recipiente + suelo seco	grs	355.240	369.540	323.600	395.320	329.990
3. Peso de agua	(1) - (2) grs	6.090	11.250	3.160	11.070	10.360
4. Peso de recipiente	grs	176.910	245.940	119.430	106.560	216.730
5. Peso de suelo seco	(2) -(4) grs	178.33	123.60	204.17	288.76	113.26
6. Contenido de humedad	(3)/(5)*100 %	3.42	9.10	1.55	3.83	9.15

EDGAR FLORES AZANERO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. 084882



TECNOVIAS Y SERVICIOS GENERALES S.C.R.L.

 KENEDY SOCUALAYA CARDENAS
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 241814

**CONTENIDO DE HUMEDAD
ASTM - 2216**

PROYECTO : APLICACIÓN DE COLUMNAS DE GRAVA Y SU IMPACTO EN LA LICUEFACCIÓN DE SUELOS EN
VILLA MARÍA - ÁNCASH, 2024

SOLICITANTE : ING. DENNIS ECHEVARRIA TENA

UBICACIÓN : VILLA MARIA - NUEVO CHIMBOTE - ANCASH

HECHO POR : K.S.C. / J.D.M. FECHA: FEBRERO-2024

MUESTRAS

CALICATA		C - 6	C - 6	C - 6
MUESTRA N°		M - 1	M - 2	M - 3
PROFUNDIDAD (m)		0.00-1.00	1.00-1.50	1.50-3.00
FRASCO No		A	P-4	13
1. Peso recipiente + suelo húmedo	grs	402.850	369.990	377.890
2. Peso recipiente + suelo seco	grs	398.500	360.660	369.020
3. Peso de agua	(1) - (2) grs	4.350	9.330	8.870
4. Peso de recipiente	grs	162.080	111.880	269.170
5. Peso de suelo seco	(2) - (4) grs	236.42	248.78	99.85
6. Contenido de humedad	(3)/(5)*100 %	1.84	3.75	8.88


EDGAR FLORES AZANERO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. 084882



TECNOVIAS Y SERVICIOS GENERALES S.C.R.L.

KENEDY SOCIALAYA CÁRDENAS
INGENIERO CIVIL
CIP N° 241614

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
ASTM D - 422 N.T.P. - 339.128 MTC E - 204

PROYECTO : APLICACIÓN DE COLUMNAS DE GRAVA Y SU IMPACTO EN LA LICUEFACCIÓN DE SUELOS EN VILLA MARÍA - ÁNCASH, 2024

SOLICITADO : ING. DENNIS ECHEVARRIA TENA **FECHA** : FEBRERO - 2024

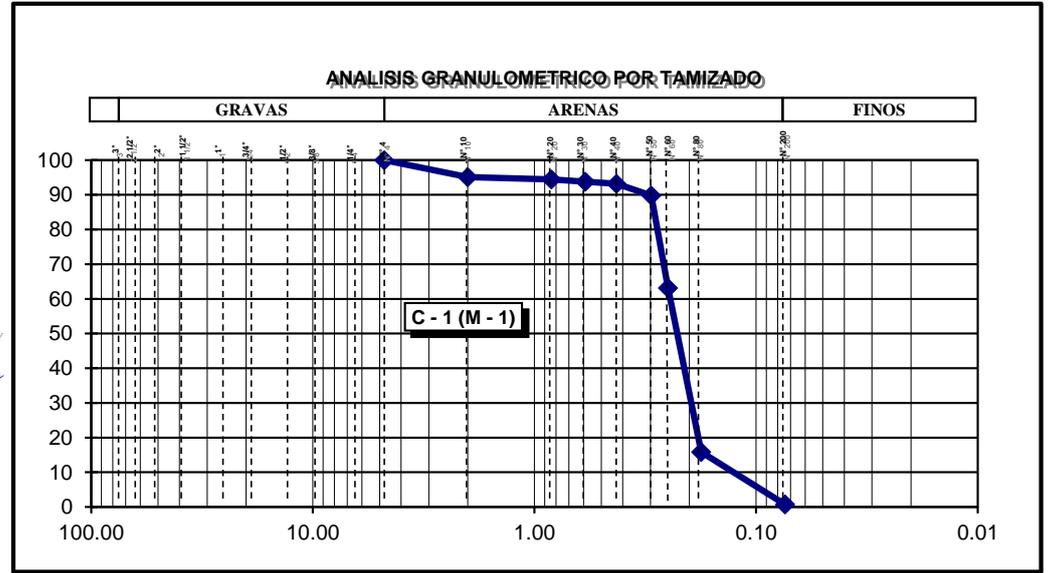
UBICACIÓN : VILLA MARIA - NUEVO CHIMBOTE - ANCASH **TECNICO** : J.D.M./K.S.C.

CALICATA : C - 1 **MUESTRA:** M - 1 **PROFUND (m.)** : 0.00 -1.00

HUMEDAD NATURAL DE LA MUESTRA (%) :	1.170
PESO DE LA MUESTRA SECA (gr) :	190.430
PESO DE LA MUESTRA LAVADA Y SECADA (gr) :	190.170
PESOS DE FINOS LAVADOS (gr) :	0.260

TAMICES ASTM	DESCRIPCION ABERTURA (m.m.)	PESO RETENIDO (gr.)	PORCENTAJE PARCIAL RETENIDO (%)	PORCENTAJE ACUMULADO	
				RETENIDO (%)	PASA(%)
3"	76.200				
2 1/2"	63.500				
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				
1"	25.400				
3/4"	19.050				
1/2"	12.700				
3/8"	9.525				
1/4"	6.350				
N° 4	4.760				100.00
N° 10	2.000	9.33	4.90	4.90	95.10
N° 20	0.840	1.31	0.69	5.59	94.41
N° 30	0.590	1.19	0.62	6.21	93.79
N° 40	0.426	1.09	0.57	6.78	93.22
N° 50	0.297	6.56	3.44	10.23	89.77
N° 60	0.250	50.73	26.64	36.87	63.13
N° 80	0.177	89.99	47.26	84.13	15.87
N° 200	0.074	28.87	15.16	99.29	0.71
FONDO	-	1.10	0.58	99.86	0.14

D60	0.245	Gravas	0.00	Gruesa	0.00
D30	0.199		Arenas		99.29	Fina	0.00
D10	0.137	Finos		0.71	Gruesa	4.90
Cu	1.788				Media	1.89
Cc	1.176			Fina	92.50



Edgar Flores Azanero
EDGAR FLORES AZANERO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. 084882



TECNOVIAS Y SERVICIOS GENERALES S.R.L.
Kenny Socialava Cardenas
KENNY SOCIALAVA CARDENAS
INGENIERO CIVIL
CIP N° 241814

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

ASTM D - 422 N.T.P. - 339.128 MTC E - 204

PROYECTO : APLICACIÓN DE COLUMNAS DE GRAVA Y SU IMPACTO EN LA LICUEFACCIÓN DE SUELOS EN VILLA MARÍA - ÁNCASH, 2024
 SOLICITADO : ING. DENNIS ECHEVARRIA TENA FECHA : FEBRERO - 2024
 UBICACIÓN : VILLA MARIA - NUEVO CHIMBOTE - ANCASH TECNICO : J.D.M./K.S.C.
 CALICATA : C - 1 MUESTRA: M - 2 PROFUND (m.) : 1.00 -1.50

HUMEDAD NATURAL DE LA MUESTRA (%):

PESO DE LA MUESTRA SECA (gr):

PESO DE LA MUESTRA LAVADA Y SECADA (gr):

PESOS DE FINOS LAVADOS (gr):

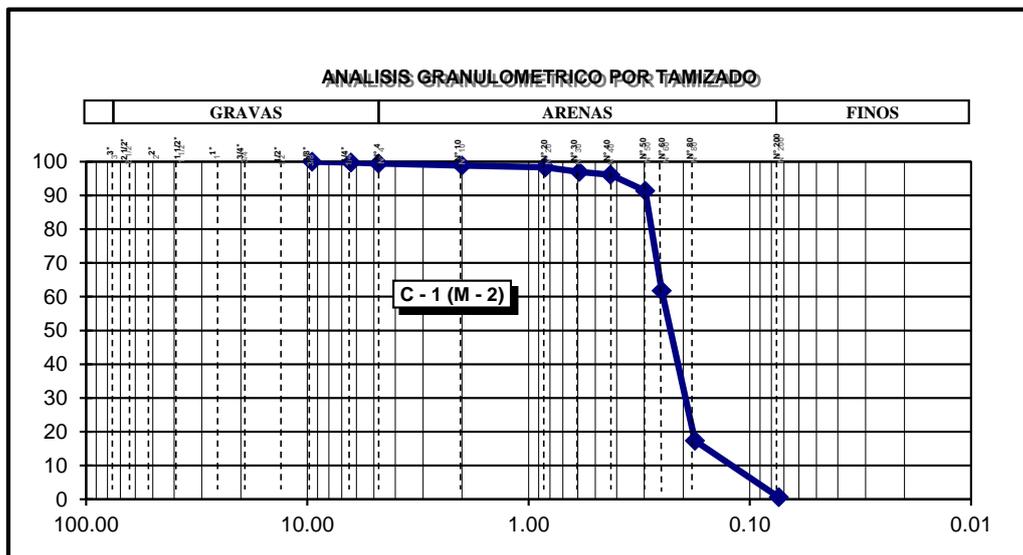
3.260
191.970
191.640
0.330

TAMICES ASTM	DESCRIPCION ABERTURA (m.m.)	PESO RETENIDO (gr.)	PORCENTAJE PARCIAL RETENIDO (%)	PORCENTAJE ACUMULADO	
				RETENIDO (%)	PASA(%)
3"	76.200				
2 1/2"	63.500				
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				
1"	25.400				
3/4"	19.050				
1/2"	12.700				
3/8"	9.525				100.00
1/4"	6.350	0.48	0.25	0.25	99.75
N° 4	4.760	0.59	0.31	0.56	99.44
N° 10	2.000	1.10	0.57	1.13	98.87
N° 20	0.840	1.01	0.53	1.66	98.34
N° 30	0.590	2.66	1.39	3.04	96.96
N° 40	0.426	1.59	0.83	3.87	96.13
N° 50	0.297	9.16	4.77	8.64	91.36
N° 60	0.250	56.76	29.57	38.21	61.79
N° 80	0.177	85.35	44.46	82.67	17.33
N° 200	0.074	32.15	16.75	99.42	0.58
FONDO	-	0.79	0.41	99.83	0.17
Limos 0.074mm-0.005mm.					
Arcillas < 0.005mm.					
Coloides < 0.001mm.					

D60	0.247
D30	0.198
D10	0.132
Cu	1.873
Cc	1.201

Gravas	0.56
Arenas	98.86
Finos	0.58

Gruesa	0.00
Fina	0.56
Gruesa	0.57
Media	2.74
Fina	95.55



EDGAR FLORES AZANERO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. 084882



TECNOVIROS Y SERVICIOS GENERALES S.C.R.L.
KENEDY SOCIALAYA CARDENAS
INGENIERO CIVIL
CIP N° 241814

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

ASTM D - 422 N.T.P. - 339.128 MTC E - 204

PROYECTO : APLICACIÓN DE COLUMNAS DE GRAVA Y SU IMPACTO EN LA LICUEFACCIÓN DE SUELOS EN VILLA MARÍA - ÁNCASH, 2024

SOLICITADO : ING. DENNIS ECHEVARRIA TENA FECHA : FEBRERO - 2024

UBICACIÓN : VILLA MARIA - NUEVO CHIMBOTE - ANCASH TECNICO : J.D.M./K.S.C.

CALICATA : C - 1 MUESTRA: M - 3 PROFUND (m.) : 1.50-3.00

HUMEDAD NATURAL DE LA MUESTRA (%) :

9.170

PESO DE LA MUESTRA SECA (gr) :

221.680

PESO DE LA MUESTRA LAVADA Y SECADA (gr) :

221.500

PESOS DE FINOS LAVADOS (gr) :

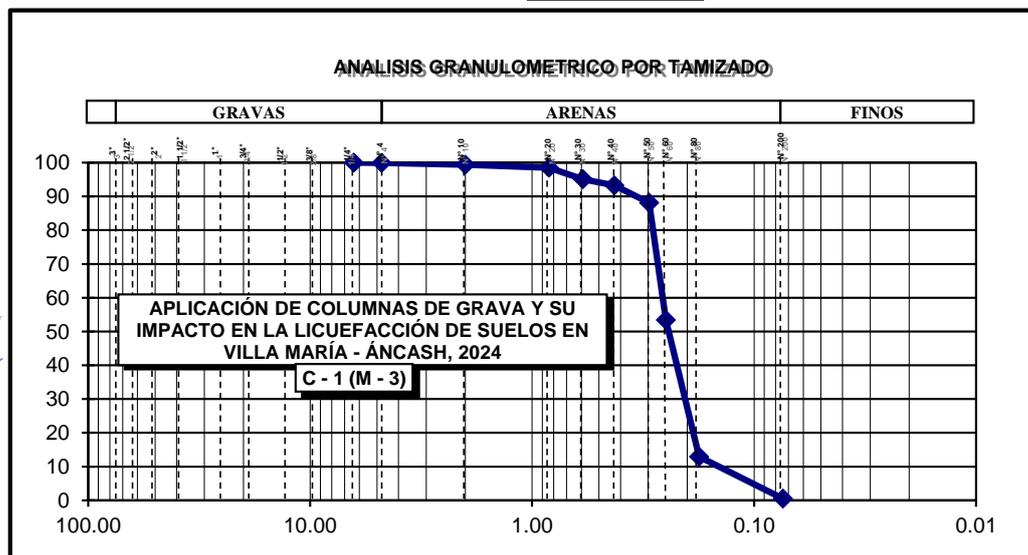
0.180

TAMICES ASTM	DESCRIPCION ABERTURA (m.m.)	PESO RETENIDO (gr.)	PORCENTAJE PARCIAL RETENIDO (%)	PORCENTAJE ACUMULADO	
				RETENIDO (%)	PASA(%)
3"	76.200				
2 1/2"	63.500				
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				
1"	25.400				
3/4"	19.050				
1/2"	12.700				
3/8"	9.525				
1/4"	6.350				100.00
N° 4	4.760	0.14	0.06	0.06	99.94
N° 10	2.000	1.27	0.57	0.64	99.36
N° 20	0.840	1.97	0.89	1.52	98.48
N° 30	0.590	7.54	3.40	4.93	95.07
N° 40	0.426	4.01	1.81	6.73	93.27
N° 50	0.297	11.44	5.16	11.90	88.10
N° 60	0.250	77.02	34.74	46.64	53.36
N° 80	0.177	89.73	40.48	87.12	12.88
N° 200	0.074	27.49	12.40	99.52	0.48
FONDO	-	0.89	0.40	99.92	0.08
Limos 0.074mm-0.005mm.					
Arcillas < 0.005mm.					
Coloides < 0.001mm.					

D60	0.279
D30	0.208
D10	0.153
Cu	1.825
Cc	1.011

Gravas	0.06
Arenas	99.45
Finos	0.48

Gruesa	0.00
Fina	0.06
Gruesa	0.57
Media	6.10
Fina	92.78



EDGAR FLORES AZANERO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. 084882



TECNOVIAS Y SERVICIOS GENERALES S.C.R.L.

KENEDY SOCIALAYA CARDENAS
INGENIERO CIVIL
CIP N° 241816



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

ASTM D - 422 N.T.P. - 339.128 MTC E - 204

PROYECTO : APLICACIÓN DE COLUMNAS DE GRAVA Y SU IMPACTO EN LA LICUEFACCIÓN DE SUELOS EN VILLA MARÍA - ÁNCASH, 2024

SOLICITADO : ING. DENNIS ECHEVARRIA TENA **FECHA :** FEBRERO - 2024

UBICACIÓN : VILLA MARIA - NUEVO CHIMBOTE - ANCASH **TECNICO :** J.D.M./K.S.C.

CALICATA : C - 2 **MUESTRA:** M - 1 **PROFUND (m.) :** 0.00-1.00

HUMEDAD NATURAL DE LA MUESTRA (%) :

1.210

PESO DE LA MUESTRA SECA (gr) :

203.780

PESO DE LA MUESTRA LAVADA Y SECADA (gr) :

203.310

PESOS DE FINOS LAVADOS (gr) :

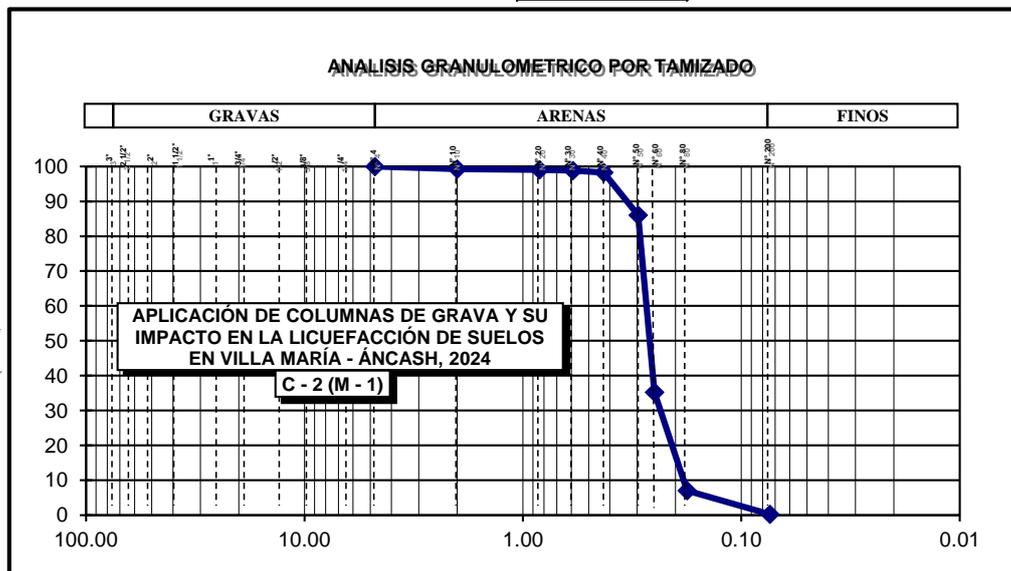
0.470

TAMICES ASTM	DESCRIPCION ABERTURA (m.m.)	PESO RETENIDO (gr.)	PORCENTAJE PARCIAL RETENIDO (%)	PORCENTAJE ACUMULADO	
				RETENIDO (%)	PASA(%)
3"	76.200				
2 1/2"	63.500				
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				
1"	25.400				
3/4"	19.050				
1/2"	12.700				
3/8"	9.525				
1/4"	6.350				
N° 4	4.760				100.00
N° 10	2.000	1.55	0.76	0.76	99.24
N° 20	0.840	0.39	0.19	0.95	99.05
N° 30	0.590	0.43	0.21	1.16	98.84
N° 40	0.426	1.24	0.61	1.77	98.23
N° 50	0.297	24.90	12.22	13.99	86.01
N° 60	0.250	103.41	50.75	64.74	35.26
N° 80	0.177	57.60	28.27	93.00	7.00
N° 200	0.074	13.73	6.74	99.74	0.26
FONDO	-	0.06	0.03	99.77	0.23
Limos 0.074mm-0.005mm.					
Arcillas < 0.005mm.					
Coloides < 0.001mm.					

D60	0.319
D30	0.236
D10	0.185
Cu	1.727
Cc	0.948

Gravas	0.00
Arenas	99.74
Finos	0.26

Gruesa	0.00
Fina	0.00
Gruesa	0.76
Media	1.01
Fina	97.97



Edgar Flores Azanero
EDGAR FLORES AZANERO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. 084882



TECNOVIAS Y SERVICIOS GENERALES S.C.R.L.
INGENIERO CIVIL
KENEDY SOCIALARA CARDENAS
CIP. N° 241814

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

ASTM D - 422 N.T.P. - 339.128 MTC E - 204

PROYECTO : APLICACIÓN DE COLUMNAS DE GRAVA Y SU IMPACTO EN LA LICUEFACCIÓN DE SUELOS EN VILLA MARÍA - ÁNCASH, 2024

SOLICITADO : ING. DENNIS ECHEVARRIA TENA **FECHA :** FEBRERO - 2024

UBICACIÓN : VILLA MARIA - NUEVO CHIMBOTE - ANCASH **TECNICO :** J.D.M./K.S.C.

CALICATA : C - 2 **MUESTRA:** M - 2 **PROFUND (m.) :** 1.00-1.50

HUMEDAD NATURAL DE LA MUESTRA (%) :

3.860

PESO DE LA MUESTRA SECA (gr) :

184.090

PESO DE LA MUESTRA LAVADA Y SECADA (gr) :

184.060

PESOS DE FINOS LAVADOS (gr) :

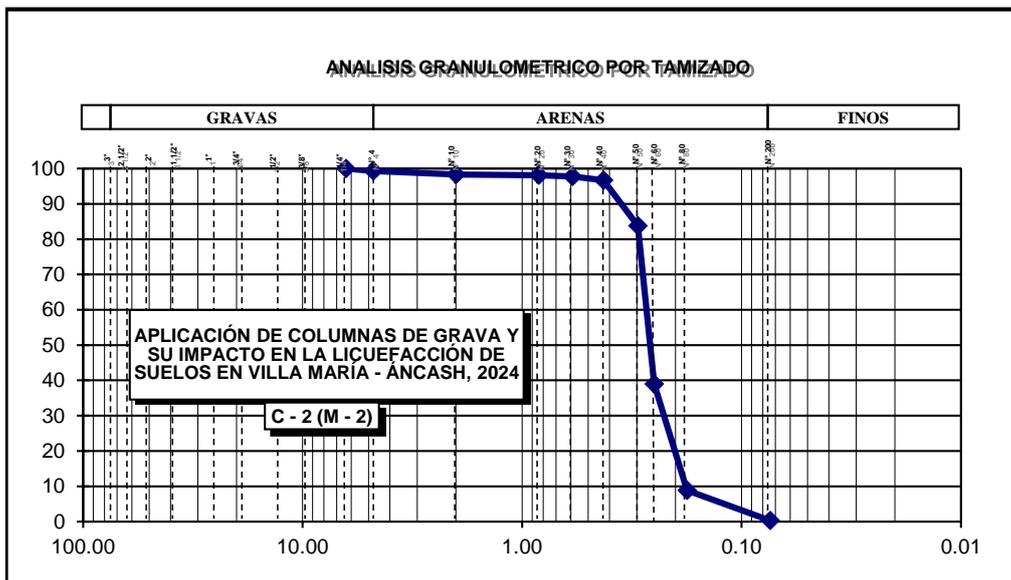
0.030

TAMICES ASTM	DESCRIPCION ABERTURA (m.m.)	PESO RETENIDO (gr.)	PORCENTAJE PARCIAL RETENIDO (%)	PORCENTAJE ACUMULADO	
				RETENIDO (%)	PASA(%)
3"	76.200				
2 1/2"	63.500				
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				
1"	25.400				
3/4"	19.050				
1/2"	12.700				
3/8"	9.525				
1/4"	6.350				100.00
N° 4	4.760	1.30	0.71	0.71	99.29
N° 10	2.000	1.75	0.95	1.66	98.34
N° 20	0.840	0.48	0.26	1.92	98.08
N° 30	0.590	0.63	0.34	2.26	97.74
N° 40	0.426	1.89	1.03	3.29	96.71
N° 50	0.297	23.86	12.96	16.25	83.75
N° 60	0.250	82.46	44.79	61.04	38.96
N° 80	0.177	55.46	30.13	91.17	8.83
N° 200	0.074	15.73	8.54	99.71	0.29
FONDO	-	0.50	0.27	99.98	0.02
Limos 0.074mm-0.005mm.					
Arcillas < 0.005mm.					
Coloides < 0.001mm.					

D60	0.314
D30	0.228
D10	0.180
Cu	1.747
Cc	0.923

Gravas	0.71
Arenas	99.01
Finos	0.29

Gruesa	0.00
Fina	0.71
Gruesa	0.95
Media	1.63
Fina	96.43



Edgar Flores Azanero
EDGAR FLORES AZANERO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. 084882



TECNOVIAS Y SERVICIOS GENERALES S.C.R.L.



KENEDY SODALAVA CARDEÑAS
INGENIERO CIVIL
CIP N° 24814

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

ASTM D - 422 N.T.P. - 339.128 MTC E - 204

PROYECTO : APLICACIÓN DE COLUMNAS DE GRAVA Y SU IMPACTO EN LA LICUEFACCIÓN DE SUELOS EN VILLA MARÍA - ÁNCASH, 2024

SOLICITADO : ING. DENNIS ECHEVARRIA TENA **FECHA :** FEBRERO - 2024

UBICACIÓN : VILLA MARIA - NUEVO CHIMBOTE - ANCASH **TECNICO :** J.D.M./K.S.C.

CALICATA : C - 2 **MUESTRA:** M - 3 **PROFUND (m.) :** 1.50 -3.00

HUMEDAD NATURAL DE LA MUESTRA (%) :

9.920

PESO DE LA MUESTRA SECA (gr) :

215.700

PESO DE LA MUESTRA LAVADA Y SECADA (gr) :

215.380

PESOS DE FINOS LAVADOS (gr) :

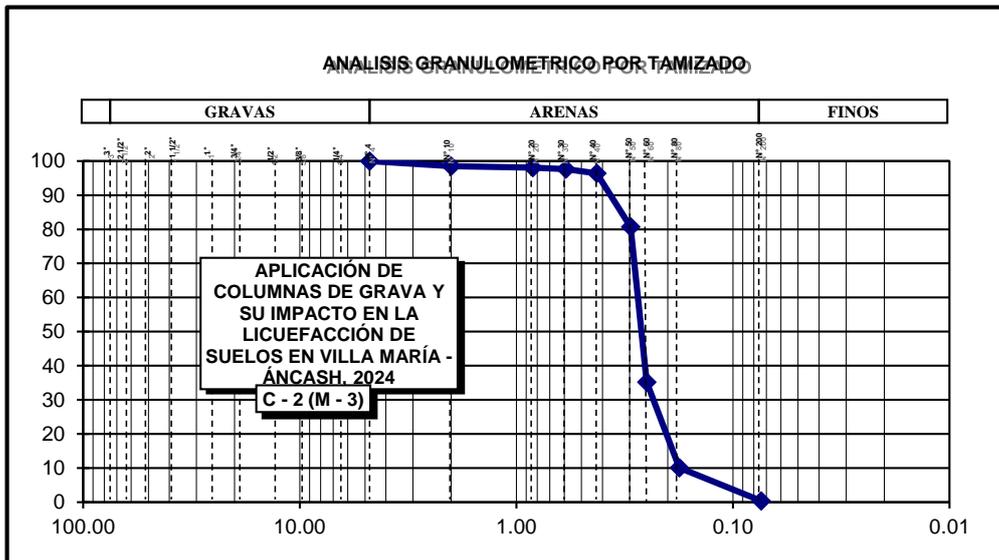
0.320

TAMICES ASTM	DESCRIPCION ABERTURA (m.m.)	PESO RETENIDO (gr.)	PORCENTAJE PARCIAL RETENIDO (%)	PORCENTAJE ACUMULADO	
				RETENIDO (%)	PASA(%)
3"	76.200				
2 1/2"	63.500				
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				
1"	25.400				
3/4"	19.050				
1/2"	12.700				
3/8"	9.525				
1/4"	6.350				
N° 4	4.760				100.00
N° 10	2.000	3.18	1.47	1.47	98.53
N° 20	0.840	0.93	0.43	1.91	98.09
N° 30	0.590	0.98	0.45	2.36	97.64
N° 40	0.426	2.70	1.25	3.61	96.39
N° 50	0.297	33.85	15.69	19.30	80.70
N° 60	0.250	98.13	45.49	64.80	35.20
N° 80	0.177	54.18	25.12	89.92	10.08
N° 200	0.074	20.95	9.71	99.63	0.37
FONDO	-	0.48	0.22	99.85	0.15
Limos 0.074mm-0.005mm.					
Arcillas < 0.005mm.					
Coloides < 0.001mm.					

D60	0.321
D30	0.235
D10	0.176
Cu	1.825
Cc	0.975

Gravas	0.00
Arenas	99.63
Finos	0.37

Gruesa	0.00
Fina	0.00
Gruesa	1.47
Media	2.14
Fina	96.02



Edgar Flores Azanero
EDGAR FLORES AZANERO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. 084882



TECNOVIAS Y SERVICIOS GENERALES S.C.R.L.
Kenny Socialara Cárdenas
KENNY SOCIALARA CÁRDENAS
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 241814

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

ASTM D - 422 N.T.P. - 339.128 MTC E - 204

PROYECTO : APLICACIÓN DE COLUMNAS DE GRAVA Y SU IMPACTO EN LA LICUEFACCIÓN DE SUELOS EN VILLA MARÍA - ÁNCASH, 2024

SOLICITADO : ING. DENNIS ECHEVARRIA TENA **FECHA :** FEBRERO - 2024

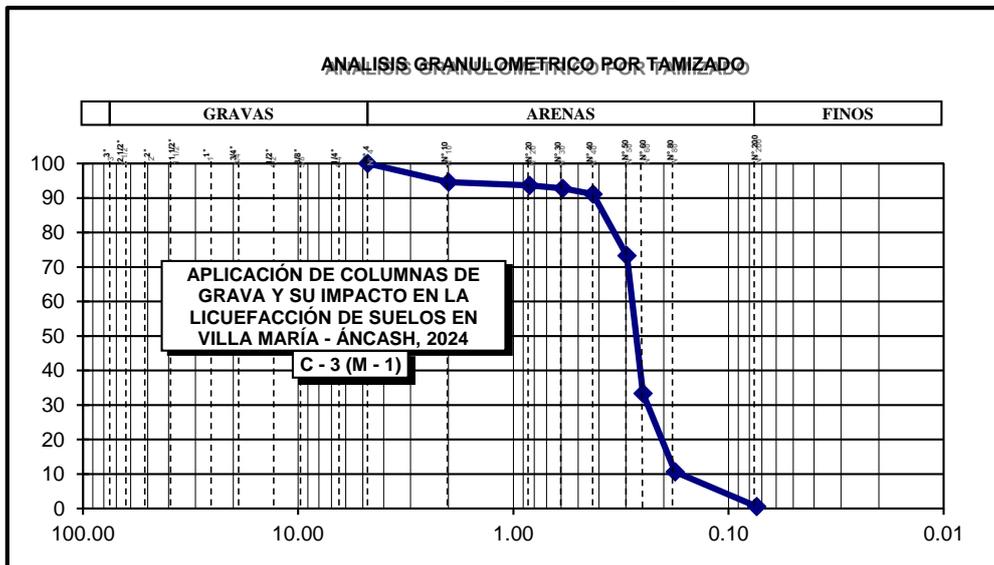
UBICACIÓN : VILLA MARIA - NUEVO CHIMBOTE - ANCASH **TECNICO :** J.D.M./K.S.C.

CALICATA : C - 3 **MUESTRA:** M - 1 **PROFUND (m.) :** 0.00-1.00

HUMEDAD NATURAL DE LA MUESTRA (%) :	1.180
PESO DE LA MUESTRA SECA (gr) :	178.630
PESO DE LA MUESTRA LAVADA Y SECADA (gr) :	178.310
PESOS DE FINOS LAVADOS (gr) :	0.320

TAMICES ASTM	DESCRIPCION ABERTURA (m.m.)	PESO RETENIDO (gr.)	PORCENTAJE PARCIAL RETENIDO (%)	PORCENTAJE ACUMULADO	
				RETENIDO (%)	PASA(%)
3"	76.200				
2 1/2"	63.500				
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				
1"	25.400				
3/4"	19.050				
1/2"	12.700				
3/8"	9.525				
1/4"	6.350				
N° 4	4.760				100.00
N° 10	2.000	9.65	5.40	5.40	94.60
N° 20	0.840	1.69	0.95	6.35	93.65
N° 30	0.590	1.61	0.90	7.25	92.75
N° 40	0.426	2.91	1.63	8.88	91.12
N° 50	0.297	31.90	17.86	26.74	73.26
N° 60	0.250	71.23	39.88	66.61	33.39
N° 80	0.177	40.65	22.76	89.37	10.63
N° 200	0.074	17.93	10.04	99.41	0.59
FONDO	-	0.74	0.41	99.82	0.18
Limos 0.074mm-0.005mm.					
Arcillas < 0.005mm.					
Coloides < 0.001mm.					

D60	0.331	Gravas	0.00	Gruesa	0.00	
D30	0.239				Fina	0.00
D10	0.171	Arenas	99.41	Gruesa	5.40	
Cu	1.942				Media	3.48
Cc	1.013				Fina	90.53
					Finos	0.59



Edgar Flores Azanero
EDGAR FLORES AZANERO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. 084882



TECNOVIAS Y SERVICIOS GENERALES S.R.L.
Kenny Socialava Cardenas
KENEDY SOCIALAVA CARDENAS
INGENIERO CIVIL
CIP N° 241814

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

ASTM D - 422 N.T.P. - 339.128 MTC E - 204

PROYECTO : APLICACIÓN DE COLUMNAS DE GRAVA Y SU IMPACTO EN LA LICUEFACCIÓN DE SUELOS EN VILLA MARÍA - ÁNCASH, 2024

SOLICITADO : ING. DENNIS ECHEVARRIA TENA **FECHA** : FEBRERO - 2024

UBICACIÓN : VILLA MARIA - NUEVO CHIMBOTE - ANCASH **TECNICO** : J.D.M./K.S.C.

CALICATA : C - 3 **MUESTRA**: M - 2 **PROFUND (m.)** : 1.00-1.50

HUMEDAD NATURAL DE LA MUESTRA (%) :

3.180

PESO DE LA MUESTRA SECA (gr) :

189.130

PESO DE LA MUESTRA LAVADA Y SECADA (gr) :

188.950

PESOS DE FINOS LAVADOS (gr) :

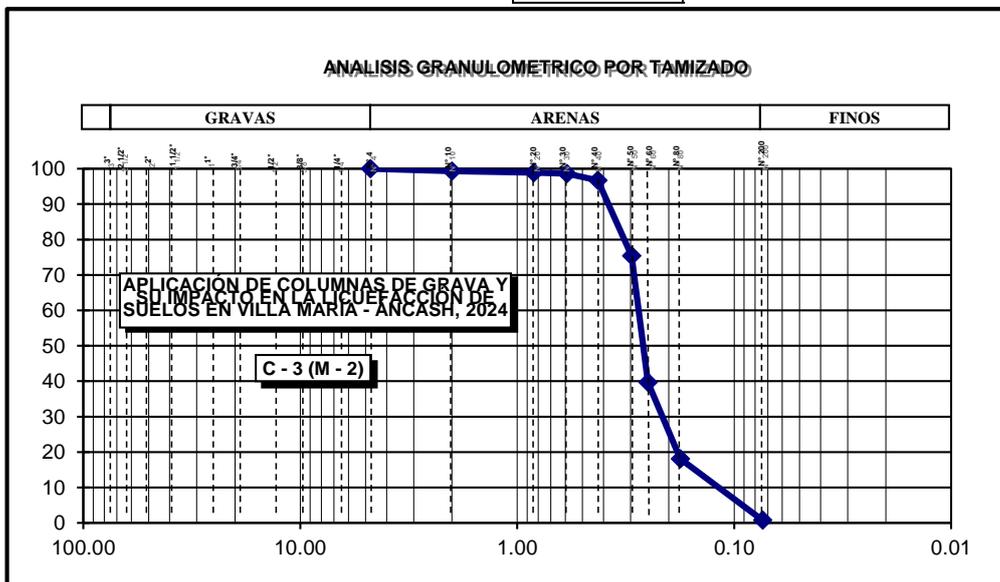
0.180

TAMICES ASTM	DESCRIPCION ABERTURA (m.m.)	PESO RETENIDO (gr.)	PORCENTAJE PARCIAL RETENIDO (%)	PORCENTAJE ACUMULADO	
				RETENIDO (%)	PASA(%)
3"	76.200				
2 1/2"	63.500				
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				
1"	25.400				
3/4"	19.050				
1/2"	12.700				
3/8"	9.525				
1/4"	6.350				
N° 4	4.760				100.00
N° 10	2.000	1.24	0.66	0.66	99.34
N° 20	0.840	0.86	0.45	1.11	98.89
N° 30	0.590	0.46	0.24	1.35	98.65
N° 40	0.426	3.71	1.96	3.32	96.68
N° 50	0.297	40.29	21.30	24.62	75.38
N° 60	0.250	67.58	35.73	60.35	39.65
N° 80	0.177	40.82	21.58	81.93	18.07
N° 200	0.074	32.74	17.31	99.24	0.76
FONDO	-	1.25	0.66	99.90	0.10
Limos 0.074mm-0.005mm.					
Arcillas < 0.005mm.					
Coloides < 0.001mm.					

D60	0.313
D30	0.217
D10	0.129
Cu	2.425
Cc	1.171

Gravas	0.00
Arenas	99.24
Finos	0.76

Gruesa	0.00
Fina	0.00
Gruesa	0.66
Media	2.66
Fina	95.93



Edgar Flores Azanero
EDGAR FLORES AZANERO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. 084882



TECNOVIAS Y SERVICIOS GENERALES S.C.R.L.
KENDY SOCIALARA CARDENAS
INGENIERO CIVIL
CIP N° 241814

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

ASTM D - 422 N.T.P. - 339.128 MTC E - 204

PROYECTO : APLICACIÓN DE COLUMNAS DE GRAVA Y SU IMPACTO EN LA LICUEFACCIÓN DE SUELOS EN VILLA MARÍA - ÁNCASH, 2024
SOLICITADO : ING. DENNIS ECHEVARRIA TENA **FECHA :** FEBRERO - 2024
UBICACIÓN : VILLA MARIA - NUEVO CHIMBOTE - ANCASH **TECNICO :** J.D.M./K.S.C.
CALICATA : C - 3 **MUESTRA:** M - 3 **PROFUND (m.) :** 1.50-3.00

HUMEDAD NATURAL DE LA MUESTRA (%) :

9.420

PESO DE LA MUESTRA SECA (gr) :

182.530

PESO DE LA MUESTRA LAVADA Y SECADA (gr) :

182.380

PESOS DE FINOS LAVADOS (gr) :

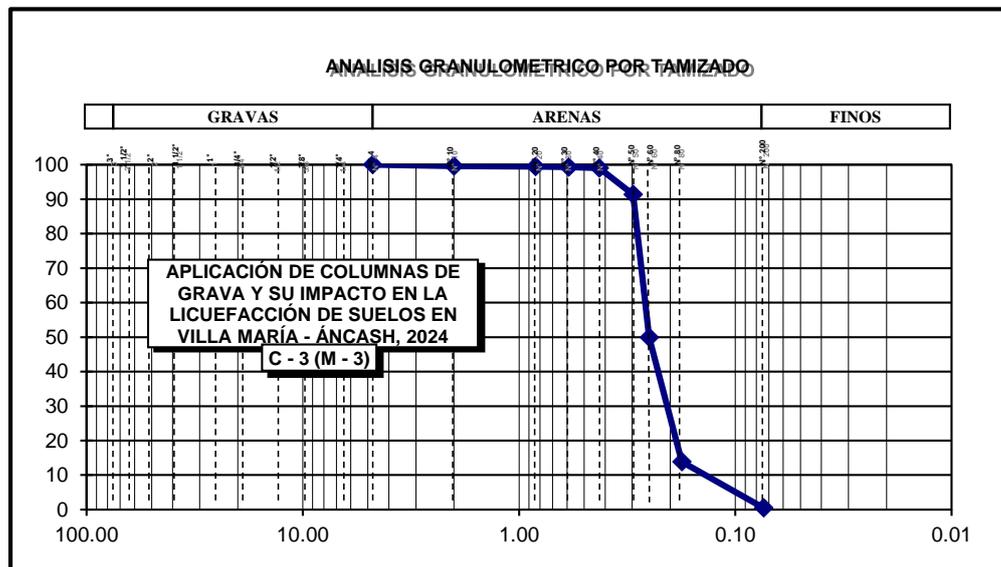
0.150

TAMICES ASTM	DESCRIPCION ABERTURA (m.m.)	PESO RETENIDO (gr.)	PORCENTAJE PARCIAL RETENIDO (%)	PORCENTAJE ACUMULADO	
				RETENIDO (%)	PASA(%)
3"	76.200				
2 1/2"	63.500				
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				
1"	25.400				
3/4"	19.050				
1/2"	12.700				
3/8"	9.525				
1/4"	6.350				
N° 4	4.760				100.00
N° 10	2.000	0.75	0.41	0.41	99.59
N° 20	0.840	0.23	0.13	0.54	99.46
N° 30	0.590	0.26	0.14	0.68	99.32
N° 40	0.426	0.58	0.32	1.00	99.00
N° 50	0.297	13.98	7.66	8.66	91.34
N° 60	0.250	75.65	41.45	50.10	49.90
N° 80	0.177	65.84	36.07	86.17	13.83
N° 200	0.074	24.36	13.35	99.52	0.48
FONDO	-	0.73	0.40	99.92	0.08
Limos 0.074mm-0.005mm.					
Arcillas < 0.005mm.					
Coloides < 0.001mm.					

D60	0.286
D30	0.210
D10	0.147
Cu	1.941
Cc	1.042

Gravas	0.00
Arenas	99.52
Finos	0.48

Gruesa	0.00
Fina	0.00
Gruesa	0.41
Media	0.59
Fina	98.52




 EDGAR FLORES AZANERO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. 084882



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

ASTM D - 422 N.T.P. - 339.128 MTC E - 204

PROYECTO : APLICACIÓN DE COLUMNAS DE GRAVA Y SU IMPACTO EN LA LICUEFACCIÓN DE SUELOS EN VILLA MARÍA - ÁNCASH, 2024
SOLICITADO : ING. DENNIS ECHEVARRIA TENA **FECHA :** FEBRERO - 2024
UBICACIÓN : VILLA MARIA - NUEVO CHIMBOTE - ANCASH **TECNICO :** J.D.M./K.S.C.
CALICATA : C - 4 **MUESTRA:** M - 1 **PROFUND (m.) :** 0.00-1.00

HUMEDAD NATURAL DE LA MUESTRA (%) :

1.414

PESO DE LA MUESTRA SECA (gr) :

208.700

PESO DE LA MUESTRA LAVADA Y SECADA (gr) :

208.250

PESOS DE FINOS LAVADOS (gr) :

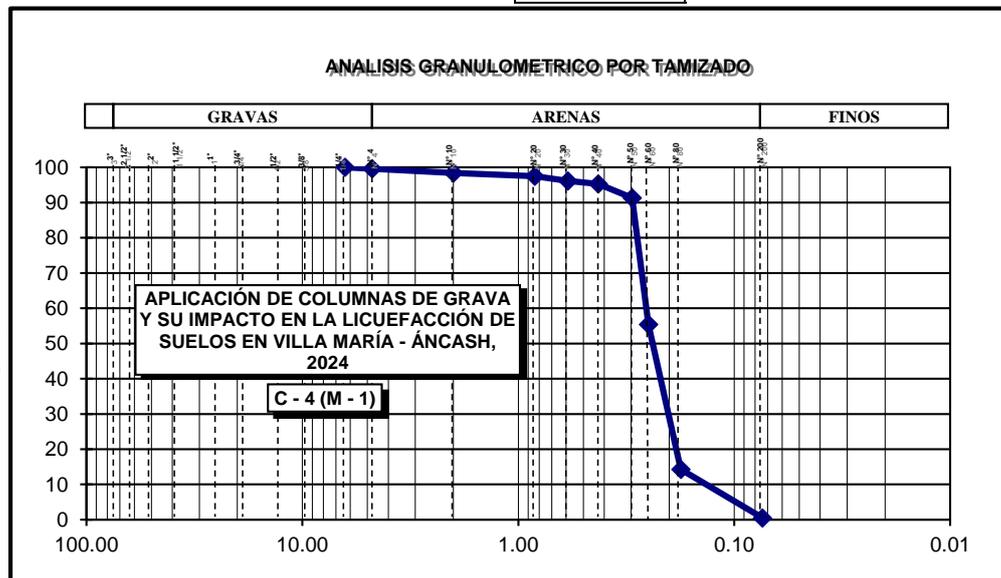
0.450

TAMICES ASTM	DESCRIPCION ABERTURA (m.m.)	PESO RETENIDO (gr.)	PORCENTAJE PARCIAL RETENIDO (%)	PORCENTAJE ACUMULADO	
				RETENIDO (%)	PASA(%)
3"	76.200				
2 1/2"	63.500				
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				
1"	25.400				
3/4"	19.050				
1/2"	12.700				
3/8"	9.525				
1/4"	6.350				100.00
N° 4	4.760	0.82	0.39	0.39	99.61
N° 10	2.000	2.52	1.21	1.60	98.40
N° 20	0.840	1.87	0.90	2.50	97.50
N° 30	0.590	2.80	1.34	3.84	96.16
N° 40	0.426	1.84	0.88	4.72	95.28
N° 50	0.297	8.21	3.93	8.65	91.35
N° 60	0.250	74.91	35.89	44.55	55.45
N° 80	0.177	85.95	41.18	85.73	14.27
N° 200	0.074	28.69	13.75	99.48	0.52
FONDO	-	0.64	0.31	99.78	0.22
Limos 0.074mm-0.005mm.					
Arcillas < 0.005mm.					
Coloides < 0.001mm.					

D60	0.270
D30	0.205
D10	0.145
Cu	1.863
Cc	1.072

Gravas	0.39
Arenas	99.08
Finos	0.52

Gruesa	0.00
Fina	0.39
Gruesa	1.21
Media	3.12
Fina	94.76




 EDGAR FLORES AZANERO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. 084882



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
ASTM D - 422 N.T.P. - 339.128 MTC E - 204

PROYECTO : APLICACIÓN DE COLUMNAS DE GRAVA Y SU IMPACTO EN LA LICUEFACCIÓN DE SUELOS EN VILLA MARÍA - ÁNCASH, 2024

SOLICITADO : ING. DENNIS ECHEVARRIA TENA **FECHA :** FEBRERO - 2024

UBICACIÓN : VILLA MARIA - NUEVO CHIMBOTE - ANCASH **TECNICO :** J.D.M./K.S.C.

CALICATA : C - 4 **MUESTRA:** M - 2 **PROFUND (m.) :** 1.00 - 1.50

HUMEDAD NATURAL DE LA MUESTRA (%):

3.415

PESO DE LA MUESTRA SECA (gr):

155.020

PESO DE LA MUESTRA LAVADA Y SECADA (gr):

154.880

PESOS DE FINOS LAVADOS (gr):

0.140

TAMICES ASTM	DESCRIPCION ABERTURA (m.m.)	PESO RETENIDO (gr.)	PORCENTAJE PARCIAL RETENIDO (%)	PORCENTAJE ACUMULADO	
				RETENIDO (%)	PASA(%)
3"	76.200				
2 1/2"	63.500				
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				
1"	25.400				
3/4"	19.050				
1/2"	12.700				
3/8"	9.525				
1/4"	6.350				
N° 4	4.760				100.00
N° 10	2.000	2.36	1.52	1.52	98.48
N° 20	0.840	1.26	0.81	2.34	97.66
N° 30	0.590	1.71	1.10	3.44	96.56
N° 40	0.426	1.08	0.70	4.13	95.87
N° 50	0.297	5.96	3.84	7.98	92.02
N° 60	0.250	58.16	37.52	45.50	54.50
N° 80	0.177	62.33	40.21	85.71	14.29
N° 200	0.074	21.75	14.03	99.74	0.26
FONDO	-	0.27	0.17	99.91	0.09
Limos 0.074mm-0.005mm.					
Arcillas < 0.005mm.					
Coloides < 0.001mm.					

D60	0.273
D30	0.206
D10	0.145
Cu	1.879
Cc	1.062

Gravas

0.00

Gruesa

0.00

Fina

0.00

Gruesa

1.52

Media

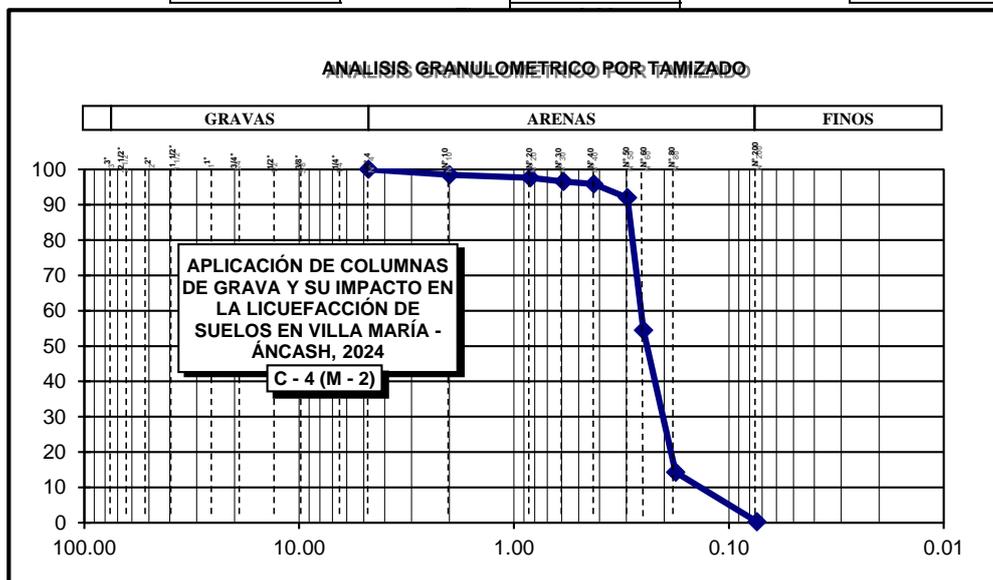
2.61

Fina

95.60

Arenas

99.74



Edgar Flores Azanero
EDGAR FLORES AZANERO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. 084882



TECNOVIAS Y SERVICIOS GENERALES S.C.R.L.

José Kennedy
KENEDY SOCIALIZADA CARDENAS
INGENIERO CIVIL
CIP N° 241814



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

ASTM D - 422 N.T.P. - 339.128 MTC E - 204

PROYECTO : APLICACIÓN DE COLUMNAS DE GRAVA Y SU IMPACTO EN LA LICUEFACCIÓN DE SUELOS EN VILLA MARÍA - ÁNCASH, 2024
SOLICITADO : ING. DENNIS ECHEVARRIA TENA **FECHA :** FEBRERO - 2024
UBICACIÓN : VILLA MARIA - NUEVO CHIMBOTE - ANCASH **TECNICO :** J.D.M./K.S.C.
CALICATA : C - 4 **MUESTRA:** M - 3 **PROFUND (m.) :** 1.50-3.00

HUMEDAD NATURAL DE LA MUESTRA (%) :

9.102

PESO DE LA MUESTRA SECA (gr) :

217.430

PESO DE LA MUESTRA LAVADA Y SECADA (gr) :

217.140

PESOS DE FINOS LAVADOS (gr) :

0.290

TAMICES ASTM	DESCRIPCION ABERTURA (m.m.)	PESO RETENIDO (gr.)	PORCENTAJE PARCIAL RETENIDO (%)	PORCENTAJE ACUMULADO	
				RETENIDO (%)	PASA(%)
3"	76.200				
2 1/2"	63.500				
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				
1"	25.400				
3/4"	19.050				
1/2"	12.700				
3/8"	9.525				
1/4"	6.350				100.00
N° 4	4.760	0.54	0.25	0.25	99.75
N° 10	2.000	3.60	1.66	1.90	98.10
N° 20	0.840	2.27	1.04	2.95	97.05
N° 30	0.590	2.20	1.01	3.96	96.04
N° 40	0.426	1.16	0.53	4.49	95.51
N° 50	0.297	4.94	2.27	6.77	93.23
N° 60	0.250	78.72	36.20	42.97	57.03
N° 80	0.177	92.26	42.43	85.40	14.60
N° 200	0.074	31.02	14.27	99.67	0.33
FONDO	-	0.43	0.20	99.87	0.13
Limos 0.074mm-0.005mm.					
Arcillas < 0.005mm.					
Coloides < 0.001mm.					

D60	0.264
D30	0.203
D10	0.144
Cu	1.833
Cc	1.093

Gravas

0.25

Gruesa

0.00

Fina

0.25

Gruesa

1.66

Media

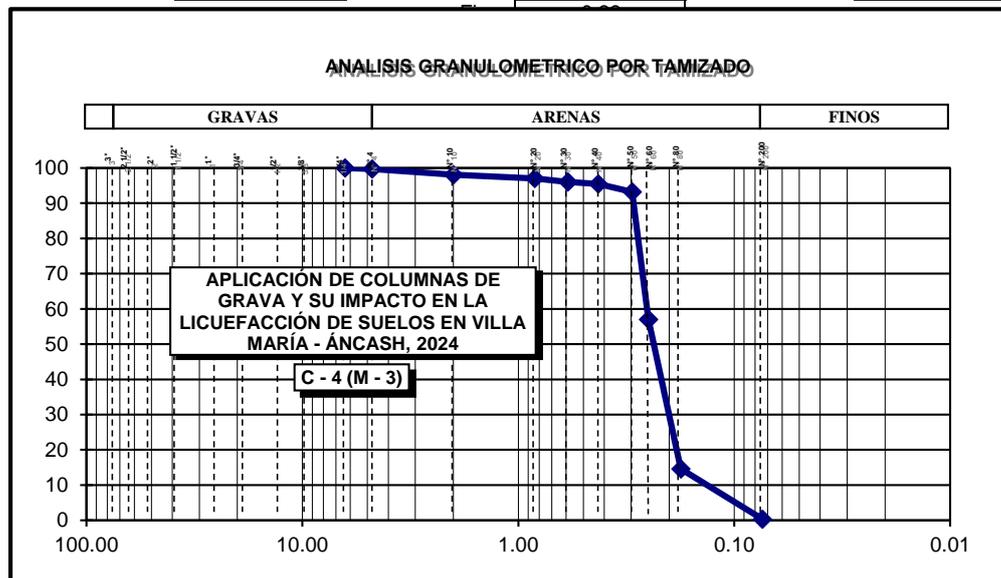
2.59

Fina

95.18

Arenas

99.42




 EDGAR FLORES AZAÑERO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. 084882



TECNOVIAS Y SERVICIOS GENERALES S.C.R.L.

 KENEDY SOCIALAVA CARDENAS
 INGENIERO CIVIL
 CIP. N° 241814



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
ASTM D - 422 N.T.P. - 339.128 MTC E - 204

PROYECTO : APLICACIÓN DE COLUMNAS DE GRAVA Y SU IMPACTO EN LA LICUEFACCIÓN DE SUELOS EN VILLA MARÍA - ÁNCASH, 2024

SOLICITADO : ING. DENNIS ECHEVARRIA TENA **FECHA :** FEBRERO - 2024

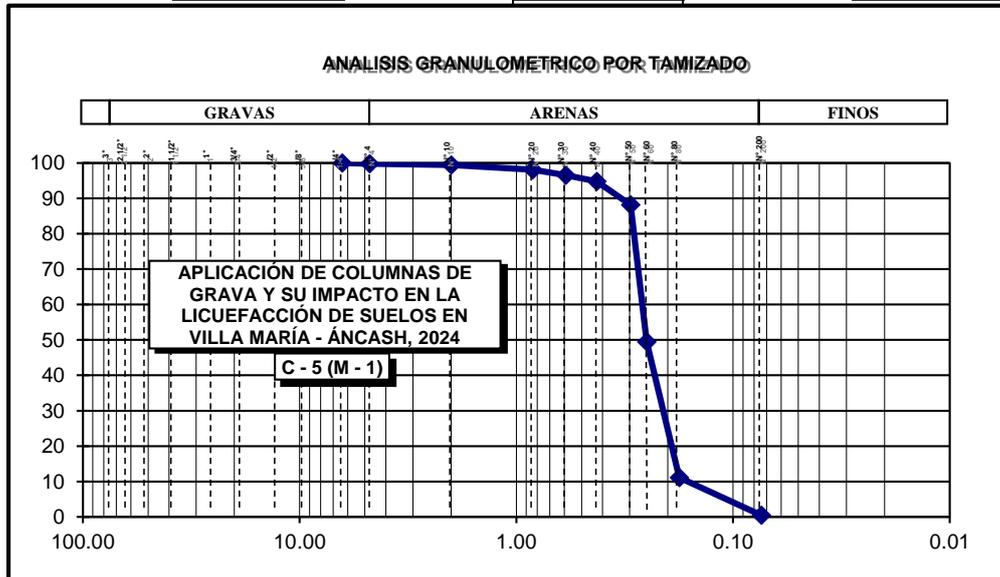
UBICACIÓN : VILLA MARIA - NUEVO CHIMBOTE - ANCASH **TECNICO :** J.D.M./K.S.C.

CALICATA : C - 5 **MUESTRA:** M - 1 **PROFUND (m.) :** 0.00-1.00

HUMEDAD NATURAL DE LA MUESTRA (%) :	1.548
PESO DE LA MUESTRA SECA (gr) :	208.080
PESO DE LA MUESTRA LAVADA Y SECADA (gr) :	207.510
PESOS DE FINOS LAVADOS (gr) :	0.570

TAMICES ASTM	DESCRIPCION ABERTURA (m.m.)	PESO RETENIDO (gr.)	PORCENTAJE PARCIAL RETENIDO (%)	PORCENTAJE ACUMULADO	
				RETENIDO (%)	PASA(%)
3"	76.200				
2 1/2"	63.500				
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				
1"	25.400				
3/4"	19.050				
1/2"	12.700				
3/8"	9.525				
1/4"	6.350				100.00
N° 4	4.760	0.41	0.20	0.20	99.80
N° 10	2.000	0.75	0.36	0.56	99.44
N° 20	0.840	2.72	1.31	1.86	98.14
N° 30	0.590	3.28	1.58	3.44	96.56
N° 40	0.426	3.62	1.74	5.18	94.82
N° 50	0.297	13.80	6.63	11.81	88.19
N° 60	0.250	80.57	38.72	50.53	49.47
N° 80	0.177	79.87	38.38	88.92	11.08
N° 200	0.074	22.13	10.64	99.55	0.45
FONDO	-	0.36	0.17	99.73	0.27
Limos 0.074mm-0.005mm.					
Arcillas < 0.005mm.					
Coloides < 0.001mm.					

D60	0.291	Gravas	0.20	Gruesa	0.00
D30	0.213			Fina	0.20
D10	0.167			Gruesa	0.36
Cu	1.747	Arenas	99.36	Media	4.62
Cc	0.936			Fina	94.37



Edgar Flores Azanero
EDGAR FLORES AZANERO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. 084882



TECNOVIAS Y SERVICIOS GENERALES S.C.R.L.
Kenny Socialava Cardenas
KENNY SOCIALAVA CARDENAS
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 241814

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
ASTM D - 422 N.T.P. - 339.128 MTC E - 204

PROYECTO : APLICACIÓN DE COLUMNAS DE GRAVA Y SU IMPACTO EN LA LICUEFACCIÓN DE SUELOS EN VILLA MARÍA - ÁNCASH, 2024

SOLICITADO : ING. DENNIS ECHEVARRIA TENA **FECHA :** FEBRERO - 2024

UBICACIÓN : VILLA MARIA - NUEVO CHIMBOTE - ANCASH **TECNICO :** J.D.M./K.S.C.

CALICATA : C - 5 **MUESTRA:** M - 2 **PROFUND (m.) :** 1.00-1.50

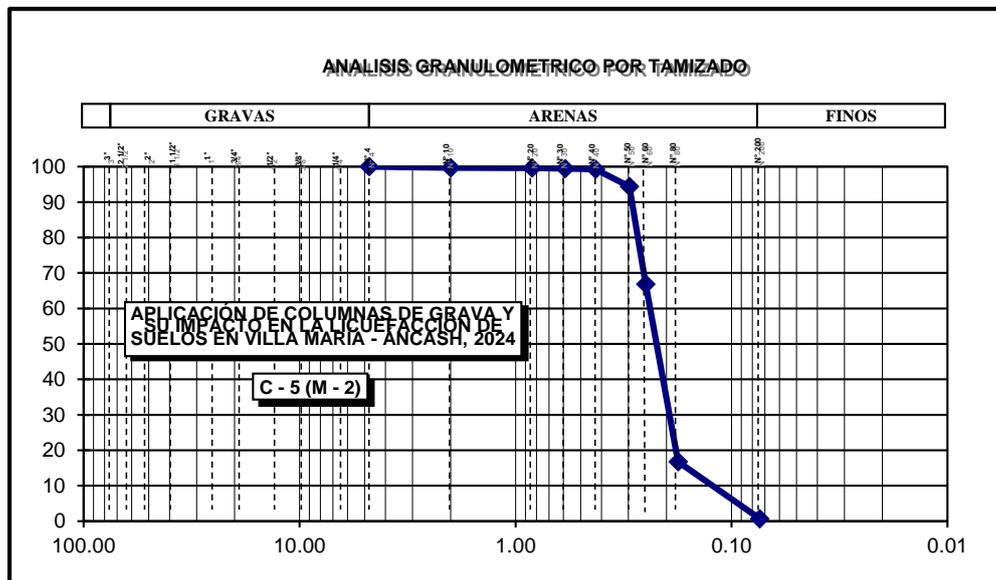
HUMEDAD NATURAL DE LA MUESTRA (%) :	3.834
PESO DE LA MUESTRA SECA (gr) :	183.480
PESO DE LA MUESTRA LAVADA Y SECADA (gr) :	183.110
PESOS DE FINOS LAVADOS (gr) :	0.370

TAMICES ASTM	DESCRIPCION ABERTURA (m.m.)	PESO RETENIDO (gr.)	PORCENTAJE PARCIAL RETENIDO (%)	PORCENTAJE ACUMULADO	
				RETENIDO (%)	PASA(%)
3"	76.200				
2 1/2"	63.500				
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				
1"	25.400				
3/4"	19.050				
1/2"	12.700				
3/8"	9.525				
1/4"	6.350				
N° 4	4.760				100.00
N° 10	2.000	0.64	0.35	0.35	99.65
N° 20	0.840	0.14	0.08	0.43	99.57
N° 30	0.590	0.14	0.08	0.50	99.50
N° 40	0.426	0.45	0.25	0.75	99.25
N° 50	0.297	8.85	4.82	5.57	94.43
N° 60	0.250	50.54	27.55	33.12	66.88
N° 80	0.177	91.90	50.09	83.20	16.80
N° 200	0.074	29.51	16.08	99.29	0.71
FONDO	-	0.94	0.51	99.80	0.20
Limos 0.074mm-0.005mm.					
Arcillas < 0.005mm.					
Coloides < 0.001mm.					

D60	0.240
D30	0.196
D10	0.133
Cu	1.798
Cc	1.202

Gravas	0.00
Arenas	99.29
Finos	0.71

Gruesa	0.00
Fina	0.00
Gruesa	0.35
Media	0.40
Fina	98.54



Edgar Flores Azanero
EDGAR FLORES AZANERO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. 084882



TECNOVIAS Y SERVICIOS GENERALES S.C.R.L.
Kenny Socialava Cardenas
KENEDY SOCIALAVA CÁRDENAS
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 24814

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

ASTM D - 422 N.T.P. - 339.128 MTC E - 204

PROYECTO : APLICACIÓN DE COLUMNAS DE GRAVA Y SU IMPACTO EN LA LICUEFACCIÓN DE SUELOS EN VILLA MARÍA - ÁNCASH, 2024

SOLICITADO : ING. DENNIS ECHEVARRIA TENA **FECHA :** FEBRERO - 2024

UBICACIÓN : VILLA MARIA - NUEVO CHIMBOTE - ANCASH **TECNICO :** J.D.M./K.S.C.

CALICATA : C - 5 **MUESTRA:** M - 3 **PROFUND (m.) :** 1.50-3.00

HUMEDAD NATURAL DE LA MUESTRA (%) :

9.147

PESO DE LA MUESTRA SECA (gr) :

201.700

PESO DE LA MUESTRA LAVADA Y SECADA (gr) :

201.590

PESOS DE FINOS LAVADOS (gr) :

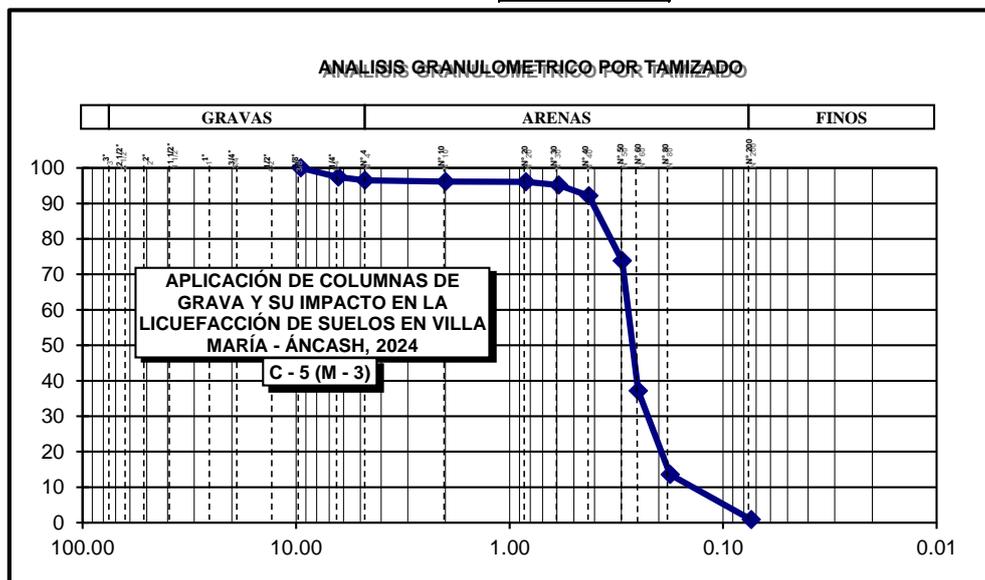
0.110

TAMICES ASTM	DESCRIPCION ABERTURA (m.m.)	PESO RETENIDO (gr.)	PORCENTAJE PARCIAL RETENIDO (%)	PORCENTAJE ACUMULADO	
				RETENIDO (%)	PASA(%)
3"	76.200				
2 1/2"	63.500				
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				
1"	25.400				
3/4"	19.050				
1/2"	12.700				
3/8"	9.525				100.00
1/4"	6.350	5.18	2.57	2.57	97.43
N° 4	4.760	1.89	0.94	3.51	96.49
N° 10	2.000	0.71	0.35	3.86	96.14
N° 20	0.840	0.15	0.07	3.93	96.07
N° 30	0.590	1.75	0.87	4.80	95.20
N° 40	0.426	6.21	3.08	7.88	92.12
N° 50	0.297	36.86	18.27	26.15	73.85
N° 60	0.250	73.93	36.65	62.81	37.19
N° 80	0.177	47.67	23.63	86.44	13.56
N° 200	0.074	25.62	12.70	99.14	0.86
FONDO	-	1.62	0.80	99.95	0.05
Limos 0.074mm-0.005mm.					
Arcillas < 0.005mm.					
Coloides < 0.001mm.					

D60	0.323
D30	0.228
D10	0.148
Cu	2.181
Cc	1.084

Gravas	3.51
Arenas	95.64
Finos	0.86

Gruesa	0.00
Fina	3.51
Gruesa	0.35
Media	4.02
Fina	91.26



Edgar Flores Azanero
EDGAR FLORES AZANERO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. 084882



TECNOVIAS Y SERVICIOS GENERALES S.C.R.L.
J.D.M./K.S.C.
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 241814

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

ASTM D - 422 N.T.P. - 339.128 MTC E - 204

PROYECTO : APLICACIÓN DE COLUMNAS DE GRAVA Y SU IMPACTO EN LA LICUEFACCIÓN DE SUELOS EN VILLA MARÍA - ÁNCASH, 2024
SOLICITADO : ING. DENNIS ECHEVARRIA TENA **FECHA :** FEBRERO- 2024
UBICACIÓN : VILLA MARIA - NUEVO CHIMBOTE - ANCASH **TECNICO :** J.D.M./K.S.C.
CALICATA : C - 6 **MUESTRA:** M - 1 **PROFUND (m.) :** 0.00-1.00

HUMEDAD NATURAL DE LA MUESTRA (%) :

1.840

PESO DE LA MUESTRA SECA (gr) :

214.680

PESO DE LA MUESTRA LAVADA Y SECADA (gr) :

214.330

PESOS DE FINOS LAVADOS (gr) :

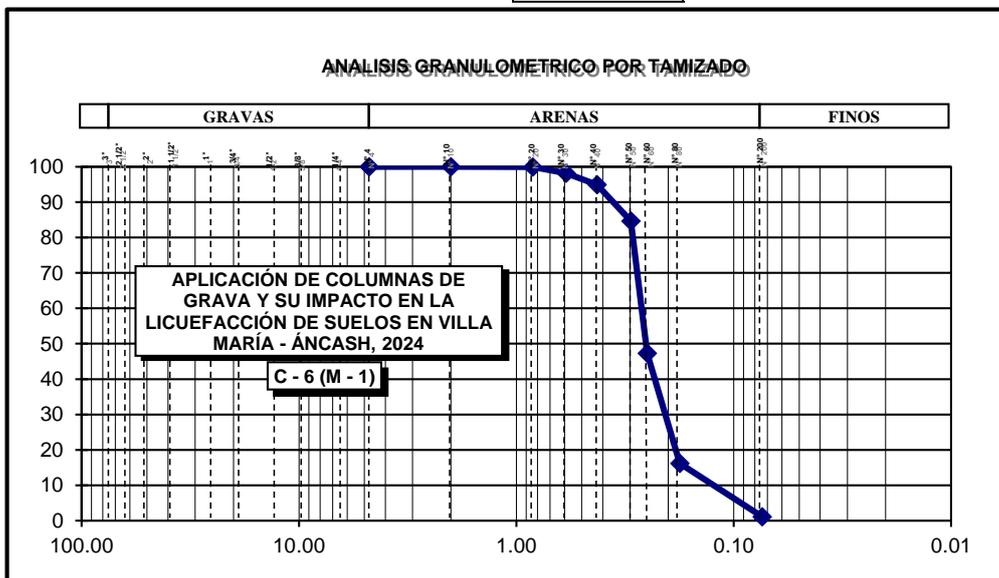
0.350

TAMICES ASTM	DESCRIPCION ABERTURA (m.m.)	PESO RETENIDO (gr.)	PORCENTAJE PARCIAL RETENIDO (%)	PORCENTAJE ACUMULADO	
				RETENIDO (%)	PASA(%)
3"	76.200				
2 1/2"	63.500				
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				
1"	25.400				
3/4"	19.050				
1/2"	12.700				
3/8"	9.525				
1/4"	6.350				
N° 4	4.760				100.00
N° 10	2.000	0.03	0.01	0.01	99.99
N° 20	0.840	0.17	0.08	0.09	99.91
N° 30	0.590	3.71	1.73	1.82	98.18
N° 40	0.426	6.96	3.24	5.06	94.94
N° 50	0.297	22.04	10.27	15.33	84.67
N° 60	0.250	80.31	37.41	52.74	47.26
N° 80	0.177	66.72	31.08	83.82	16.18
N° 200	0.074	32.31	15.05	98.87	1.13
FONDO	.....	2.08	0.97	99.84	0.16
Limos 0.074mm-0.005mm.					
Arcillas < 0.005mm.					
Coloides < 0.001mm.					

D60	0.297
D30	0.209
D10	0.135
Cu	2.205
Cc	1.097

Gravas	0.00
Arenas	98.87
Finos	1.13

Gruesa	0.00
Fina	0.00
Gruesa	0.01
Media	5.05
Fina	93.80




 EDGAR FLORES AZANERO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. 084882



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
ASTM D - 422 N.T.P. - 339.128 MTC E - 204

PROYECTO : APLICACIÓN DE COLUMNAS DE GRAVA Y SU IMPACTO EN LA LICUEFACCIÓN DE SUELOS EN VILLA MARÍA - ÁNCASH, 2024

SOLICITADO : ING. DENNIS ECHEVARRIA TENA **FECHA :** FEBRERO - 2024

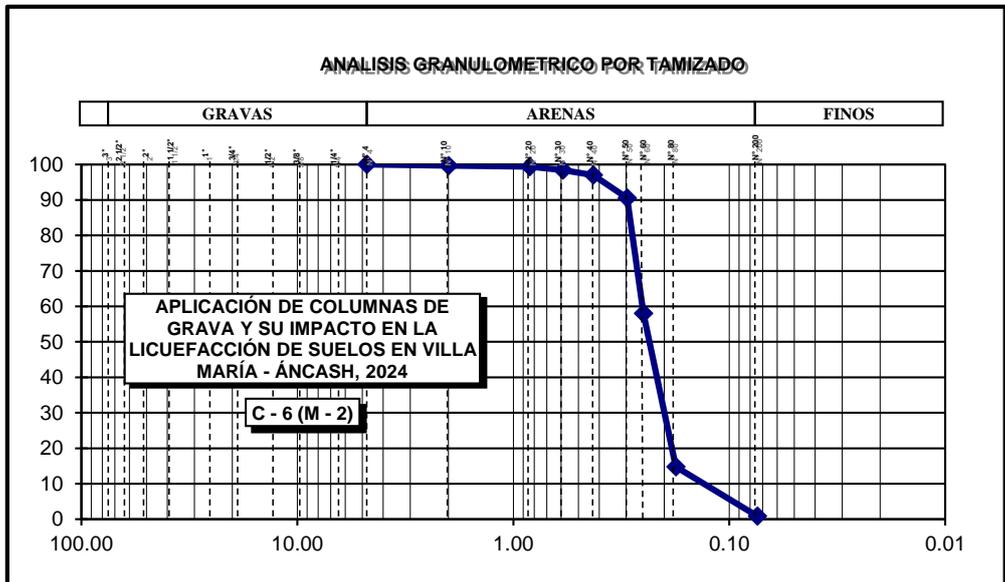
UBICACIÓN : VILLA MARIA - NUEVO CHIMBOTE - ANCASH **TECNICO :** J.D.M./K.S.C.

CALICATA : C - 6 **MUESTRA:** M - 2 **PROFUND (m.) :** 1.00-1.50

HUMEDAD NATURAL DE LA MUESTRA (%) :	3.750
PESO DE LA MUESTRA SECA (gr) :	202.050
PESO DE LA MUESTRA LAVADA Y SECADA (gr) :	201.510
PESOS DE FINOS LAVADOS (gr) :	0.540

TAMICES ASTM	DESCRIPCION ABERTURA (m.m.)	PESO RETENIDO (gr.)	PORCENTAJE PARCIAL RETENIDO (%)	PORCENTAJE ACUMULADO	
				RETENIDO (%)	PASA(%)
3"	76.200				
2 1/2"	63.500				
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				
1"	25.400				
3/4"	19.050				
1/2"	12.700				
3/8"	9.525				
1/4"	6.350				
N° 4	4.760				100.00
N° 10	2.000	0.71	0.35	0.35	99.65
N° 20	0.840	0.51	0.25	0.60	99.40
N° 30	0.590	2.02	1.00	1.60	98.40
N° 40	0.426	2.80	1.39	2.99	97.01
N° 50	0.297	13.01	6.44	9.43	90.57
N° 60	0.250	65.77	32.55	41.98	58.02
N° 80	0.177	87.39	43.25	85.23	14.77
N° 200	0.074	28.15	13.93	99.16	0.84
FONDO		1.15	0.57	99.73	0.27
Limos 0.074mm-0.005mm.					
Arcillas < 0.005mm.					
Coloides < 0.001mm.					

D60	0.259	Gravas	0.00	Gruesa	0.00
D30	0.203				Fina	0.00
D10	0.142	Arenas	99.16	Gruesa	0.35
Cu	1.827			Media	2.64
Cc	1.120			Fina	96.17
		Finos	0.84		



Edgar Flores Azanero
EDGAR FLORES AZANERO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. 084882



TECNOVIAS Y SERVICIOS GENERALES S.C.R.L.
Kenny Socialava Cardenas
KENNEDY SOCIALAVA CARDENAS
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 241814

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

ASTM D - 422 N.T.P. - 339.128 MTC E - 204

PROYECTO : APLICACIÓN DE COLUMNAS DE GRAVA Y SU IMPACTO EN LA LICUEFACCIÓN DE SUELOS EN VILLA MARÍA - ÁNCASH, 2024

SOLICITADO : ING. DENNIS ECHEVARRIA TENA FECHA : FEBRERO - 2024

UBICACIÓN : VILLA MARIA - NUEVO CHIMBOTE - ANCASH TECNICO : J.D.M./K.S.C.

CALICATA : C - 6 MUESTRA: M - 3 PROFUND (m.) : 1.50-3.00

HUMEDAD NATURAL DE LA MUESTRA (%) :

8.883

PESO DE LA MUESTRA SECA (gr) :

202.980

PESO DE LA MUESTRA LAVADA Y SECADA (gr) :

202.510

PESOS DE FINOS LAVADOS (gr) :

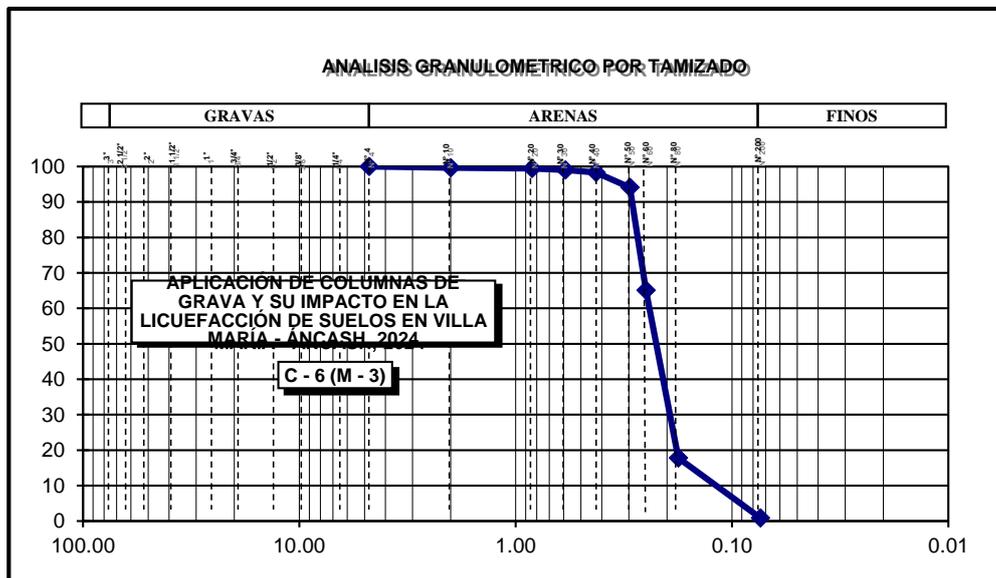
0.470

TAMICES ASTM	DESCRIPCION ABERTURA (m.m.)	PESO RETENIDO (gr.)	PORCENTAJE PARCIAL RETENIDO (%)	PORCENTAJE ACUMULADO	
				RETENIDO (%)	PASA(%)
3"	76.200				
2 1/2"	63.500				
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				
1"	25.400				
3/4"	19.050				
1/2"	12.700				
3/8"	9.525				
1/4"	6.350				
N° 4	4.760				100.00
N° 10	2.000	0.77	0.38	0.38	99.62
N° 20	0.840	0.38	0.19	0.57	99.43
N° 30	0.590	0.79	0.39	0.96	99.04
N° 40	0.426	1.44	0.71	1.67	98.33
N° 50	0.297	8.55	4.21	5.88	94.12
N° 60	0.250	58.92	29.03	34.90	65.10
N° 80	0.177	96.02	47.31	82.21	17.79
N° 200	0.074	34.30	16.90	99.11	0.89
FONDO	-	1.34	0.66	99.77	0.23
Limos 0.074mm-0.005mm.					
Arcillas < 0.005mm.					
Coloides < 0.001mm.					

D60	0.242
D30	0.196
D10	0.130
Cu	1.870
Cc	1.223

Gravas	0.00
Arenas	99.11
Finos	0.89

Gruesa	0.00
Fina	0.00
Gruesa	0.38
Media	1.29
Fina	97.44



EDGAR FLORES AZANERO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. 084882



TECNOVIAS Y SERVICIOS GENERALES S.C.R.L.
INGENIERO CIVIL
KENDY SOCIALARA CARDENAS
CIP N° 241814

PESO ESPECIFICO RELATIVO DE SOLIDOS
ASTM D - 2937

PROYECTO : APLICACIÓN DE COLUMNAS DE GRAVA Y SU IMPACTO EN LA LICUEFACCIÓN DE SUELOS EN VILLA MARÍA - ÁNCASH, 2024

SOLICITADO : ING. DENNIS ECHEVARRIA TENA

UBICACION : VILLA MARIA - NUEVO CHIMBOTE - ANCASH

FECHA: : FEBERERO 2024

CALICATA	C - 1	C - 1	C - 1	C - 2	C - 2	C - 2	C - 3	C - 3	C - 3
MUESTRA N°	M - 1	M - 2	M - 3	M - 1	M - 2	M - 3	M - 1	M - 2	M - 3
NRO DEL FRASCO	0,00-1,00	1,00-1.50	1.50-3,00	0,00-1,00	1,00-1.50	1.50-3,00	0,00-1,00	1,00-1.50	1.50-3,00
1. Peso del frasco + peso suelo seco (gr)	170.93	167.55	166.95	169.09	169.25	171.75	170.01	172.57	172.92
2. Peso del frasco volumétrico	106.90	106.90	106.90	106.90	106.90	106.90	106.90	106.90	106.90
3. Peso del suelo seco (1-2) (gr)	64.03	60.65	60.05	62.19	62.35	64.86	63.11	65.68	66.03
4. Peso del frasco + peso suelo + peso agua (gr)	397.06	394.63	394.48	395.75	395.91	397.35	397.04	399.44	398.54
5. Peso del frasco + peso del agua enrasada (gr)	368.15	368.15	368.15	368.15	368.15	368.15	368.15	368.15	368.15
6. Volumen del suelo (3+5-4) (cm3)	35.12	34.17	33.73	34.60	34.59	35.66	34.23	34.39	35.64
7. Gs (3)/(6) gr/cc	1.82	1.78	1.78	1.80	1.80	1.82	1.84	1.91	1.85

CALICATA	C - 4	C - 4	C - 4	C - 5	C - 5	C - 5	C - 6	C - 6	C - 6
MUESTRA N°	M - 1	M - 2	M - 3	M - 1	M - 2	M - 3	M - 1	M - 2	M - 3
NRO DEL FRASCO	0,00-1,00	1,00-1.50	1.50-3,00	0,00-1,00	1,00-1.50	1.50-3,00	0,00-1,00	1,00-1.50	1.50-3,00
1. Peso del frasco + peso suelo seco (gr)	174.01	167.24	176.50	170.03	172.06	171.56	171.89	175.74	173.64
2. Peso del frasco volumétrico	106.90	106.90	106.90	106.90	106.90	106.90	106.90	106.90	106.90
3. Peso del suelo seco (1-2) (gr)	67.11	60.35	69.60	63.14	65.16	64.66	64.99	68.84	66.74
4. Peso del frasco + peso suelo + peso agua (gr)	398.85	394.52	400.60	396.37	397.45	397.69	398.05	400.35	398.88
5. Peso del frasco + peso del agua enrasada (gr)	368.15	368.15	368.15	368.15	368.15	368.15	368.15	368.15	368.15
6. Volumen del suelo (3+5-4) (cm3)	36.41	33.98	37.15	34.92	35.87	35.13	35.09	36.64	36.01
7. Gs (3)/(6) gr/cc	1.84	1.78	1.87	1.81	1.82	1.84	1.85	1.88	1.85

ANÁLISIS QUÍMICO DE SUELOS

PROYECTO : APLICACIÓN DE COLUMNAS DE GRAVA Y SU IMPACTO EN LA LICUEFACCIÓN DE SUELOS EN VILLA MARÍA - ÁNCASH, 2024
SOLICITADO : ING. DENNIS ECHEVARRIA TENA
UBICACIÓN : VILLA MARIA - NUEVO CHIMBOTE - ANCASH
FECHA : FEBRERO - 2024

N° Muestra	Descripción	S.S.T. (ppm)	Cl ⁻ (ppm)	SO ₄ ⁻² (ppm)
C - 1 (M-3) Prof.: 1,50 - 3,00 m.	SP ARENA POBREMENTE GRADUADA	2020.05	1500.9	1844.88

TABLAS NORMATIVAS

CUADRO COMPARATIVO DE CONTENIDO DE SULFATOS Y SU GRADO DE AGRESIVIDAD AL CONCRETO SEGÚN DIFERENTES NORMAS Y REGLAMENTOS
(Valores expresados en ppm)

ACI - 201.2R.77			BRS DIGEST (SEGUNDA SERIE) 90 (inglesa)		DIN 4030 (Alemana)	R.N.C. (Peruana)
Grado de Ataque	Sulfatos en el suelo	Sulfatos en el Agua	Sulfatos en el Suelo	Sulfatos en el Agua	Sulfatos	Sulfatos
Leve	0-1,000	0-150	<2,400	<360	0-600	50
Moderado	1,000-2,000	150-1,500	2,400-6,000	360-1440	600-3,000	--
Severo	2,000-20,000	1,500-10,000	6,000-24,000	1,440-6,000	>3,000	--
Muy Severo	>20,000	>10,000	>24,000	>6,000	--	--

Los valores máximos tolerables recomendados en nuestro medio, en comparación con los del agua potable, expresados en partes por millón (ppm)

Sustancia	Referencias	MTC	RIVVA 5	Agua Potable
Cloruros		300	300	250
Sulfatos		300	50	50
Sales Solubles Totales		1 500	300	300
Sales en Magnesio		--	125	125
Sólidos en Suspensión		1 000	10	10
pH		< de 7	> de 8	10.5
Mat. Orgánica expres. en Oxígeno		16	0.001	0.001

* Para concretos que han de estar expuestos a ataques por sulfatos

ANÁLISIS QUÍMICO DE SUELOS

PROYECTO : APLICACIÓN DE COLUMNAS DE GRAVA Y SU IMPACTO EN LA LICUEFACCIÓN DE SUELOS EN VILLA MARÍA - ÁNCASH, 2024
SOLICITADO : ING. DENNIS ECHEVARRIA TENA
UBICACIÓN : VILLA MARIA - NUEVO CHIMBOTE - ANCASH
FECHA : FEBRERO - 2024

N° Muestra	Descripción	S.S.T. (ppm)	Cl ⁻ (ppm)	SO ₄ ⁼ (ppm)
C - 2 (M-3) Prof.: 1,50 - 3,00 m.	SP ARENA POBREMENTE GRADUADA	2120.41	1610.50	1758.05

TABLAS NORMATIVAS

CUADRO COMPARATIVO DE CONTENIDO DE SULFATOS Y SU GRADO DE AGRESIVIDAD AL CONCRETO SEGÚN DIFERENTES NORMAS Y REGLAMENTOS
(Valores expresados en ppm)

ACI - 201.2R.77			BRS DIGEST (SEGUNDA SERIE) 90 (inglesa)		DIN 4030 (Alemana)	R.N.C. (Peruana)
Grado de Ataque	Sulfatos en el suelo	Sulfatos en el Agua	Sulfatos en el Suelo	Sulfatos en el Agua	Sulfatos	Sulfatos
Leve	0-1,000	0-150	<2,400	<360	0-600	50
Moderado	1,000-2,000	150-1,500	2,400-6,000	360-1440	600-3,000	--
Severo	2,000-20,000	1,500-10,000	6,000-24,000	1,440-6,000	>3,000	--
Muy Severo	>20,000	>10,000	>24,000	>6,000	--	--

Los valores máximos tolerables recomendados en nuestro medio, en comparación con los del agua potable, expresados en partes por millón (ppm)

Sustancia	Referencias	MTC	RIVVA 5	Agua Potable
Cloruros		300	300	250
Sulfatos		300	50	50
Sales Solubles Totales		1 500	300	300
Sales en Magnesio		--	125	125
Sólidos en Suspensión		1 000	10	10
pH		< de 7	> de 8	10.5
Mat. Orgánica expres. en Oxígeno		16	0.001	0.001

* Para concretos que han de estar expuestos a ataques por sulfatos

ANÁLISIS QUÍMICO DE SUELOS

PROYECTO : APLICACIÓN DE COLUMNAS DE GRAVA Y SU IMPACTO EN LA LICUEFACCIÓN DE SUELOS EN VILLA MARÍA - ÁNCASH, 2024
SOLICITADO : ING. DENNIS ECHEVARRIA TENA
UBICACIÓN : VILLA MARIA - NUEVO CHIMBOTE - ANCASH
FECHA : FEBRERO - 2024

N° Muestra	Descripción	S.S.T. (ppm)	Cl ⁻ (ppm)	SO ₄ ⁼ (ppm)
C - 3 (M-3) Prof.: 1,50 - 3,00 m.	SP ARENA POBREMENTE GRADUADA	2300.25	1762.42	1980.35

TABLAS NORMATIVAS

CUADRO COMPARATIVO DE CONTENIDO DE SULFATOS Y SU GRADO DE AGRESIVIDAD AL CONCRETO SEGÚN DIFERENTES NORMAS Y REGLAMENTOS
(Valores expresados en ppm)

ACI - 201.2R.77		BRS DIGEST (SEGUNDA SERIE) 90 (inglesa)		DIN 4030 (Alemana)	R.N.C. (Peruana)	
Grado de Ataque	Sulfatos en el suelo	Sulfatos en el Agua	Sulfatos en el Suelo	Sulfatos en el Agua	Sulfatos	
Leve	0-1,000	0-150	<2,400	<360	0-600	50
Moderado	1,000-2,000	150-1,500	2,400-6,000	360-1440	600-3,000	--
Severo	2,000-20,000	1,500-10,000	6,000-24,000	1,440-6,000	>3,000	--
Muy Severo	>20,000	>10,000	>24,000	>6,000	--	--

Los valores máximos tolerables recomendados en nuestro medio, en comparación con los del agua potable, expresados en partes por millón (ppm)

Sustancia	Referencias	MTC	RIVVA 5	Agua Potable
Cloruros		300	300	250
Sulfatos		300	50	50
Sales Solubles Totales		1 500	300	300
Sales en Magnesio		--	125	125
Sólidos en Suspensión		1 000	10	10
pH		< de 7	> de 8	10.5
Mat. Orgánica expres. en Oxígeno		16	0.001	0.001

* Para concretos que han de estar expuestos a ataques por sulfatos

ANÁLISIS QUÍMICO DE SUELOS

PROYECTO : APLICACIÓN DE COLUMNAS DE GRAVA Y SU IMPACTO EN LA LICUEFACCIÓN DE SUELOS EN VILLA MARÍA - ÁNCASH, 2024
SOLICITADO : ING. DENNIS ECHEVARRIA TENA
UBICACIÓN : VILLA MARIA - NUEVO CHIMBOTE - ANCASH
FECHA : FEBRERO - 2024

N° Muestra	Descripción	S.S.T. (ppm)	Cl ⁻ (ppm)	SO ₄ ⁼ (ppm)
C - 4 (M-3) Prof.: 1,50 - 3,00 m.	SP ARENA POBREMENTE GRADUADA	2142.20	1722.85	1897.25

TABLAS NORMATIVAS

CUADRO COMPARATIVO DE CONTENIDO DE SULFATOS Y SU GRADO DE AGRESIVIDAD AL CONCRETO SEGÚN DIFERENTES NORMAS Y REGLAMENTOS
(Valores expresados en ppm)

ACI - 201.2R.77		BRS DIGEST (SEGUNDA SERIE) 90 (inglesa)		DIN 4030 (Alemana)	R.N.C. (Peruana)	
Grado de Ataque	Sulfatos en el suelo	Sulfatos en el Agua	Sulfatos en el Suelo	Sulfatos en el Agua	Sulfatos	
Leve	0-1,000	0-150	<2,400	<360	0-600	50
Moderado	1,000-2,000	150-1,500	2,400-6,000	360-1440	600-3,000	--
Severo	2,000-20,000	1,500-10,000	6,000-24,000	1,440-6,000	>3,000	--
Muy Severo	>20,000	>10,000	>24,000	>6,000	--	--

Los valores máximos tolerables recomendados en nuestro medio, en comparación con los del agua potable, expresados en partes por millón (ppm)

Sustancia	Referencias	MTC	RIVVA 5	Agua Potable
Cloruros		300	300	250
Sulfatos		300	50	50
Sales Solubles Totales		1 500	300	300
Sales en Magnesio		--	125	125
Sólidos en Suspensión		1 000	10	10
pH		< de 7	> de 8	10.5
Mat. Orgánica expres. en Oxígeno		16	0.001	0.001

* Para concretos que han de estar expuestos a ataques por sulfatos

ANÁLISIS QUÍMICO DE SUELOS

PROYECTO : APLICACIÓN DE COLUMNAS DE GRAVA Y SU IMPACTO EN LA LICUEFACCIÓN DE SUELOS EN VILLA MARÍA - ÁNCASH, 2024
SOLICITADO : ING. DENNIS ECHEVARRIA TENA
UBICACIÓN : VILLA MARIA - NUEVO CHIMBOTE - ANCASH
FECHA : FEBRERO - 2024

N° Muestra	Descripción	S.S.T. (ppm)	Cl ⁻ (ppm)	SO ₄ ⁼ (ppm)
C - 5 (M-3) Prof.: 1,50 - 3,00 m.	SP ARENA POBREMENTE GRADUADA	2226.50	1822.35	2048.80

TABLAS NORMATIVAS

CUADRO COMPARATIVO DE CONTENIDO DE SULFATOS Y SU GRADO DE AGRESIVIDAD AL CONCRETO SEGÚN DIFERENTES NORMAS Y REGLAMENTOS
(Valores expresados en ppm)

ACI - 201.2R.77		BRS DIGEST (SEGUNDA SERIE) 90 (inglesa)		DIN 4030 (Alemana)	R.N.C. (Peruana)	
Grado de Ataque	Sulfatos en el suelo	Sulfatos en el Agua	Sulfatos en el Suelo	Sulfatos en el Agua	Sulfatos	
Leve	0-1,000	0-150	<2,400	<360	0-600	50
Moderado	1,000-2,000	150-1,500	2,400-6,000	360-1440	600-3,000	--
Severo	2,000-20,000	1,500-10,000	6,000-24,000	1,440-6,000	>3,000	--
Muy Severo	>20,000	>10,000	>24,000	>6,000	--	--

Los valores máximos tolerables recomendados en nuestro medio, en comparación con los del agua potable, expresados en partes por millón (ppm)

Sustancia	Referencias	MTC	RIVVA 5	Agua Potable
Cloruros		300	300	250
Sulfatos		300	50	50
Sales Solubles Totales		1 500	300	300
Sales en Magnesio		--	125	125
Sólidos en Suspensión		1 000	10	10
pH		< de 7	> de 8	10.5
Mat. Orgánica expres. en Oxígeno		16	0.001	0.001

* Para concretos que han de estar expuestos a ataques por sulfatos

ANÁLISIS QUÍMICO DE SUELOS

PROYECTO : APLICACIÓN DE COLUMNAS DE GRAVA Y SU IMPACTO EN LA LICUEFACCIÓN DE SUELOS EN VILLA MARÍA - ÁNCASH, 2024
SOLICITADO : ING. DENNIS ECHEVARRIA TENA
UBICACIÓN : VILLA MARIA - NUEVO CHIMBOTE - ANCASH
FECHA : FEBRERO - 2024

N° Muestra	Descripción	S.S.T. (ppm)	Cl ⁻ (ppm)	SO ₄ ⁼ (ppm)
C - 6 (M-3) Prof.: 1,50 - 3,00 m.	SP ARENA POBREMENTE GRADUADA	2306.65	1902.80	2123.45

TABLAS NORMATIVAS

CUADRO COMPARATIVO DE CONTENIDO DE SULFATOS Y SU GRADO DE AGRESIVIDAD AL CONCRETO SEGÚN DIFERENTES NORMAS Y REGLAMENTOS (Valores expresados en ppm)

ACI - 201.2R.77			BRS DIGEST (SEGUNDA SERIE) 90 (inglesa)		DIN 4030 (Alemana)	R.N.C. (Peruana)
Grado de Ataque	Sulfatos en el suelo	Sulfatos en el Agua	Sulfatos en el Suelo	Sulfatos en el Agua	Sulfatos	Sulfatos
Leve	0-1,000	0-150	<2,400	<360	0-600	50
Moderado	1,000-2,000	150-1,500	2,400-6,000	360-1440	600-3,000	--
Severo	2,000-20,000	1,500-10,000	6,000-24,000	1,440-6,000	>3,000	--
Muy Severo	>20,000	>10,000	>24,000	>6,000	--	--

Los valores máximos tolerables recomendados en nuestro medio, en comparación con los del agua potable, expresados en partes por millón (ppm)

Sustancia	Referencias	MTC	RIVVA 5	Agua Potable
Cloruros		300	300	250
Sulfatos		300	50	50
Sales Solubles Totales		1 500	300	300
Sales en Magnesio		--	125	125
Sólidos en Suspensión		1 000	10	10
pH		< de 7	> de 8	10.5
Mat. Orgánica expres. en Oxígeno		16	0.001	0.001

* Para concretos que han de estar expuestos a ataques por sulfatos

REGISTRO DE SONDAJE

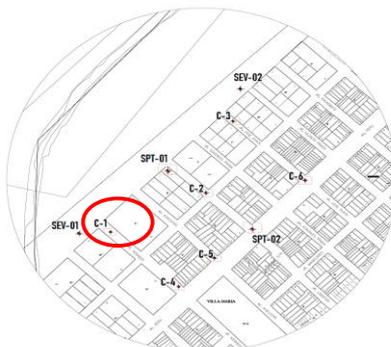
Proyecto	APLICACIÓN DE COLUMNAS DE GRAVA Y SU IMPACTO EN LA LICUEFACCIÓN DE SUELOS EN VILLA MARÍA - ÁNCASH, 2024
Ubicación	VILLA MARIA - NUEVO CHIMBOTE - ANCASH
Solicitado	ING.DENNIS ECHEVARRIA TENA

Calicata	C - 1	Prof. (m)	3.00	COTA	ESTE:769342.7036 ; NORTE: 8991545.2373
Referencia N.F	1.50	Operador	D.E.T.	FECHA:	FEBRERO - 2024

prof. (m)	Exc.	M	Descripción visual del estrato	Clasif. SUCS	SIMBOL	SP
-----------	------	---	--------------------------------	--------------	--------	----

1.00		M-1	Presenta un material removido conformado por una arena pobremente graduada, color beige, poco húmedo, no plástico de compacidad semisuelta, con restos de cascajos, maderas, etc.	SP		ARENA POBREMENTE GRADUADA
1.50	♀	M-2	Presenta un material de arena de grano medio a fino, color beige, húmedo.	SP		ARENA POBREMENTE GRADUADA
2.00		M-3	Presenta un material de arena firme, húmedo, no plástico, de compacidad semidensa.	SP		ARENA POBREMENTE GRADUADA
3.00			FIN DE LA EXCAVACION			

Croquis:



Fotos:

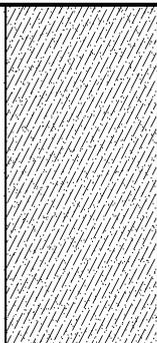
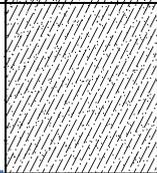
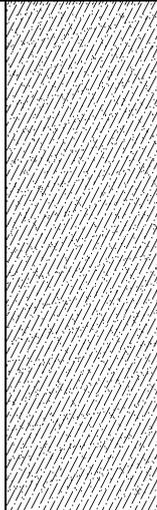


REGISTRO DE SONDAJE

Proyecto	APLICACIÓN DE COLUMNAS DE GRAVA Y SU IMPACTO EN LA LICUEFACCIÓN DE SUELOS EN VILLA MARÍA - ÁNCASH, 2024
Ubicación	VILLA MARIA - NUEVO CHIMBOTE - ANCASH
Solicitado	ING. DENNIS ECHEVARRIA TENA

Calicata	C - 2	Prof. (m)	3.00	COTA	ESTE: 769538.4358 ; NORTE: 8991637.8377
Referencia N.F	1.50	Operador	D.E.T.	FECHA:	FEBRERO - 2024

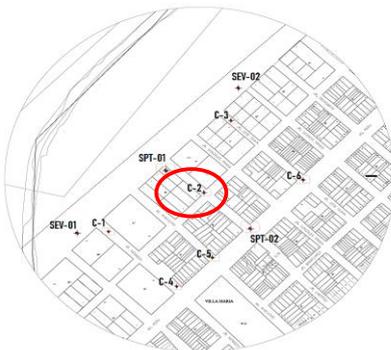
prof. (m)	Exc.	M	Descripción visual del estrato	Clasif. SUCS	SIMBOL	SP
-----------	------	---	--------------------------------	--------------	--------	----

1.00		M-1	Presenta un material de arena de grano medio a fino, color beige seco, no plástico de compacidad semisuelta.	SP		ARENA POBREMENTE GRADUADA
1.50	♀	M-2	Presenta un material arenoso conformado por una arena pobremente graduada color beige, húmedo no plástico de compacidad semi suelta, con gravillas.	SP		ARENA POBREMENTE GRADUADA
2.00		M-3	Presenta un material de arena de grano medio a fino, húmedo, no plástico, de compacidad semi firme.	SP		ARENA POBREMENTE GRADUADA
3.00			FIN DE LA EXCAVACION			



TECNOVIAS Y SERVICIOS GENERALES S.C.R.L.
KENEDY SOCUALAYA CARDENAS
INGENIERO CIVIL
CIP N° 241814

Croquis:



Fotos:



REGISTRO DE SONDAJE

Proyecto	APLICACIÓN DE COLUMNAS DE GRAVA Y SU IMPACTO EN LA LICUEFACCIÓN DE SUELOS EN VILLA MARÍA - ÁNCASH, 2024
Ubicación	VILLA MARIA - NUEVO CHIMBOTE - ANCASH
Solicitado	ING. DENNIS ECHEVARRIA TENA

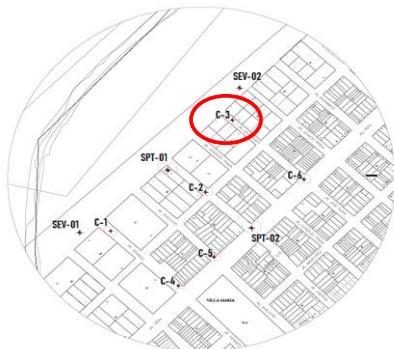
Calicata	C - 3	Prof. (m)	3.00	COTA	ESTE: 769593.9379 ; NORTE: 8991805.7170
Referencia N.F	1.50	Operador	D.E.T.	FECHA:	FEBRERO - 2024

prof. (m)	Exc.	M	Descripción visual del estrato	Clasif. SUCS	SIMBOL	SP
-----------	------	---	--------------------------------	--------------	--------	----

1.00		M-1	Presenta un material removido conformado por una arena pobremente graduada, color beige, poco húmedo, no plástico de compacidad semi densa, con restos de cascajos, maderas, etc.	SP		ARENA POBREMENTE GRADUADA
1.50	♀	M-2	Presenta un material de arena de grano medio a fino, color beige, húmedo	SP		ARENA POBREMENTE GRADUADA
2.00		M-3	Presenta un material de arena firme, húmedo, no plástico, de compacidad semi firme.	SP		ARENA POBREMENTE GRADUADA
3.00			FIN DE LA EXCAVACION			



Croquis:



Fotos:

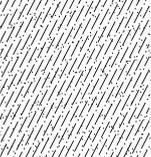
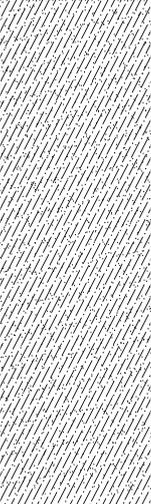


REGISTRO DE SONDAJE

Proyecto	APLICACIÓN DE COLUMNAS DE GRAVA Y SU IMPACTO EN LA LICUEFACCIÓN DE SUELOS EN VILLA MARÍA - ÁNCASH, 2024
Ubicación	VILLA MARIA - NUEVO CHIMBOTE - ANCASH
Solicitado	ING. DENNIS ECHEVARRIA TENA

Calicata	C - 4	Prof. (m)	3.00	COTA	ESTE: 769481.9147 ; NORTE: 8991419.0379
Referencia N.F	1.50	Operador	D.E.T.	FECHA:	FEBRERO - 2024

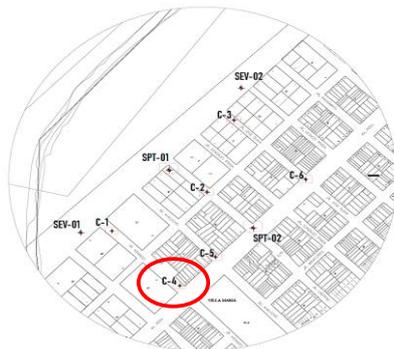
prof. (m)	Exc.	M	Descripción visual del estrato	Clasif. SUCS	SIMBOL	SP
-----------	------	---	--------------------------------	--------------	--------	----

1.00		M-1	Presenta un material de arena de grano medio a fino con gravillas, color beige seco, no plástico de compacidad semi suelta.	SP		ARENA POBREMENTE GRADUADA
1.50	♀	M-2	Presenta un material arenoso conformado por una arena pobremente graduada color beige, húmedo no plástico de compacidad semi densa.	SP		ARENA POBREMENTE GRADUADA
2.00		M-3	Presenta un material de arena de grano medio a fino, húmedo, no plástico, de compacidad semi firme, con gravillas.	SP		ARENA POBREMENTE GRADUADA
3.00			FIN DE LA EXCAVACION			



TECNOVIAS Y SERVICIOS GENERALES S.C.R.L.
KENE DY SOCIALAYA CARDENAS
INGENIERO CIVIL
CIP N° 241814

Croquis:



Fotos:

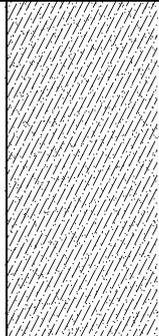
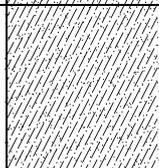
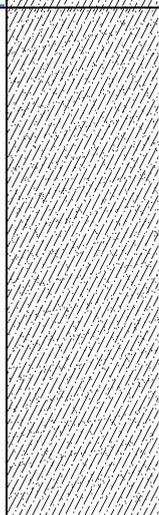


REGISTRO DE SONDAJE

Proyecto	APLICACIÓN DE COLUMNAS DE GRAVA Y SU IMPACTO EN LA LICUEFACCIÓN DE SUELOS EN VILLA MARÍA - ÁNCASH, 2024
Ubicación	VILLA MARIA - NUEVO CHIMBOTE - ANCASH
Solicitado	ING. DENNIS ECHEVARRIA TENA

Calicata	C - 5	Prof. (m)	3.00	COTA	ESTE: 769555.4744 ; NORTE: 8991485.9842
Referencia N.F	1.50	Operador	D.E.T.	FECHA:	FEBRERO - 2024

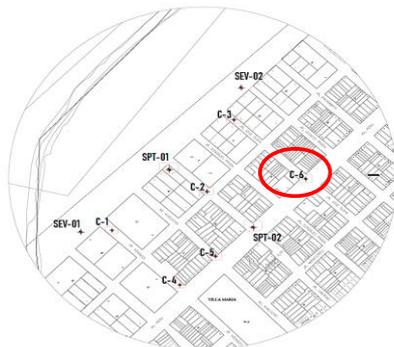
prof. (m)	Exc.	M	Descripción visual del estrato	Clasif. SUCS	SIMBOL	SP
-----------	------	---	--------------------------------	--------------	--------	----

1.00		M-1	Presenta un material de arena de grano medio a fino con gravillas, color beige seco, no plástico de compacidad semisuelta.	SP		ARENA POBREMENTE GRADUADA
1.50	♀	M-2	Presenta un material arenoso conformado por una arena pobremente graduada color beige, húmedo no plástico de compacidad semi densa.	SP		ARENA POBREMENTE GRADUADA
2.00		M-3	Presenta un material de arena de grano medio a fino, húmedo, no plástico, de compacidad semi firme y también con gravas subredondeadas.	SP		ARENA POBREMENTE GRADUADA
3.00			FIN DE LA EXCAVACION			



TECNOVIAS Y SERVICIOS GENERALES S.C.R.L.
KENEDY SOCUALAYA CARDENAS
INGENIERO CIVIL
CIP N° 241814

Croquis:



Fotos:



REGISTRO DE SONDAJE

Proyecto	APLICACIÓN DE COLUMNAS DE GRAVA Y SU IMPACTO EN LA LICUEFACCIÓN DE SUELOS EN VILLA MARÍA - ÁNCASH, 2024
Ubicación	VILLA MARIA - NUEVO CHIMBOTE - ANCASH
Solicitado	ING. DENNIS ECHEVARRIA TENA

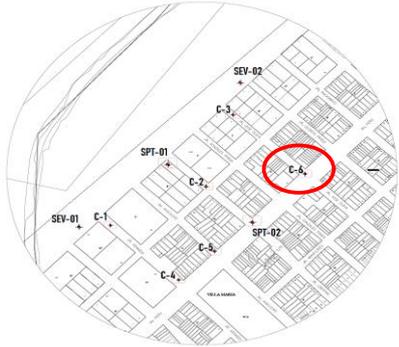
Calicata	C - 6	Prof. (m)	3.00	COTA	ESTE: 769742.0469 ; NORTE: 8991666.9416
Referencia N.F	1.50	Operador	D.E.T.	FECHA:	FEBRERO - 2024

prof. (m)	Exc.	M	Descripción visual del estrato	Clasif. SUCS	SIMBOL	SP
-----------	------	---	--------------------------------	--------------	--------	----

1.00		M-1	Presenta un material de arena de grano medio a fino, color beige seco, no plástico de compacidad semi suelta.	SP		ARENA POBREMENTE GRADUADA
1.50	♀	M-2	Presenta un material arenoso conformado por una arena pobremente graduada color beige, húmedo no plástico de compacidad semi densa.	SP		ARENA POBREMENTE GRADUADA
2.00		M-3	Presenta un material de arena de grano medio a fino, húmedo, no plástico, de compacidad semi firme.	SP		ARENA POBREMENTE GRADUADA
3.00			FIN DE LA EXCAVACION			



Croquis:



Fotos:



**CONTENIDO DE HUMEDAD
ASTM - 2216**

PROYECTO : APLICACIÓN DE COLUMNAS DE GRAVA Y SU IMPACTO EN LA LICUEFACCIÓN DE SUELOS EN VILLA MARÍA - ÁNCASH, 2024

SOLICITANTE : ING. DENNIS ECHEVARRIA TENA

UBICACIÓN : VILLA MARIA - NUEVO CHIMBOTE - ANCASH

HECHO POR : K.S.C. / J.D.M. FECHA: FEBRERO-2024

MUESTRAS

CALICATA	SPT-01	SPT-01	SPT-01	SPT-01
MUESTRA N°	M - 1	M - 2	M - 3	M - 4
PROFUNDIDAD (m)	0.30-2.50	2.50-4.00	4.00-5.00	5.00-8.00
FRASCO No	42	99	2	10
1. Peso recipiente + suelo húmedo grs	358.750	280.200	327.470	321.982
2. Peso recipiente + suelo seco grs	348.202	271.196	321.065	319.196
3. Peso de agua (1) - (2) grs	10.548	9.004	6.405	2.786
4. Peso de recipiente grs	178.141	178.141	135.963	125.456
5. Peso de suelo seco (2) - (4) grs	170.06	93.06	185.10	193.74
6. Contenido de humedad (3)/(5)*100 %	6.20	9.68	3.46	1.44

CALICATA	SPT-02	SPT-02	SPT-02	SPT-02
MUESTRA N°	M - 1	M - 2	M - 3	M - 4
PROFUNDIDAD (m)	0.30-1.60	1.60-3.00	3.00-5.00	5.00-9.30
FRASCO No	34	36	35	37
1. Peso recipiente + suelo húmedo grs	366.720	378.560	362.870	354.920
2. Peso recipiente + suelo seco grs	359.980	367.330	357.980	353.170
3. Peso de agua (1) - (2) grs	6.740	11.230	4.890	1.750
4. Peso de recipiente grs	177.480	239.970	155.750	191.390
5. Peso de suelo seco (2) - (4) grs	182.50	127.36	202.23	161.78
6. Contenido de humedad (3)/(5)*100 %	3.69	8.82	2.42	1.08

CALICATA	SPT-03	SPT-03	SPT-03	SPT-03
MUESTRA N°	M - 1	M - 2	M - 3	M - 4
PROFUNDIDAD (m)	0.50-2.00	2.00-2.50	2.50-3.50	3.50-4.50
FRASCO No	44	46	55	56
1. Peso recipiente + suelo húmedo grs	197.770	169.440	179.160	174.270
2. Peso recipiente + suelo seco grs	194.040	166.770	175.970	171.870
3. Peso de agua (1) - (2) grs	3.730	2.670	3.190	2.400
4. Peso de recipiente grs	15.740	15.740	15.740	15.740
5. Peso de suelo seco (2) - (4) grs	178.30	151.03	160.23	156.13
6. Contenido de humedad (3)/(5)*100 %	2.09	1.77	1.99	1.54

CALICATA	SPT-04	SPT-04	SPT-04	SPT-04
MUESTRA N°	M - 1	M - 2	M - 3	M - 4
PROFUNDIDAD (m)	0.30-1.80	1.80-2.50	2.50-3.50	3.50-4.50
FRASCO No	43	53	49	50
1. Peso recipiente + suelo húmedo grs	161.270	157.670	162.370	159.250
2. Peso recipiente + suelo seco grs	158.790	155.570	159.980	157.720
3. Peso de agua (1) - (2) grs	2.480	2.100	2.390	1.530
4. Peso de recipiente grs	17.580	17.580	17.580	17.580
5. Peso de suelo seco (2) - (4) grs	141.21	137.99	142.40	140.14
6. Contenido de humedad (3)/(5)*100 %	1.76	1.52	1.68	1.09

Edgar Flores Azanero
EDGAR FLORES AZANERO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. 084882



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
ASTM D - 422 N.T.P. - 339.128 MTC E - 204

PROYECTO : APLICACIÓN DE COLUMNAS DE GRAVA Y SU IMPACTO EN LA LICUEFACCIÓN DE SUELOS EN VILLA MARÍA - ÁNCASH, 2024

SOLICITADO : ING. DENNIS ECHEVARRIA TENA **FECHA :** FEBRERO-2024

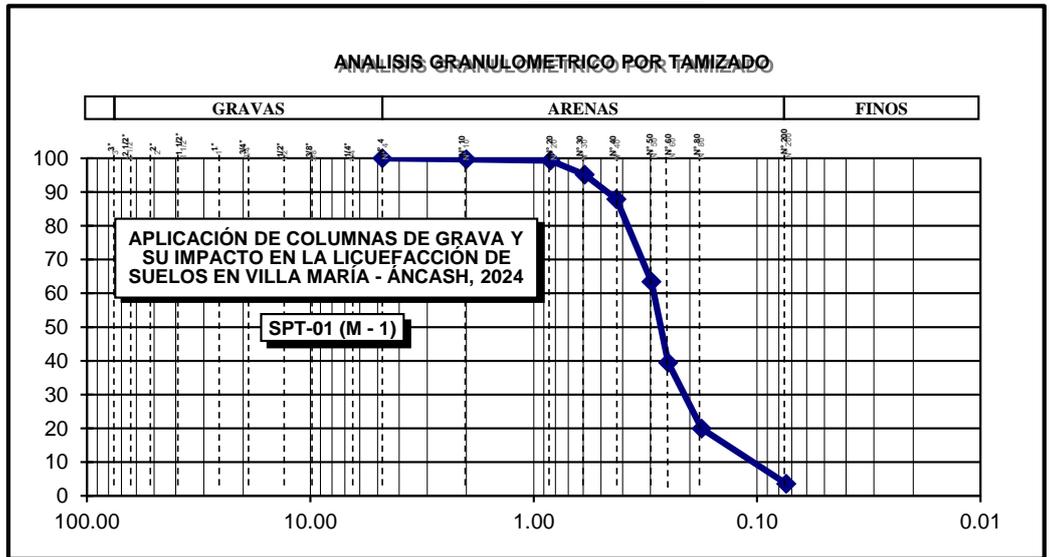
UBICACIÓN : VILLA MARIA - NUEVO CHIMBOTE - ANCASH **TECNICO :** K.S.C./J.D.M.

CALICATA : SPT-01 **MUESTRA:** M - 1 **PROFUND (m.) :** 0.30 - 2.00

HUMEDAD NATURAL DE LA MUESTRA (%) :	6.200
PESO DE LA MUESTRA SECA (gr) :	195.000
PESO DE LA MUESTRA LAVADA Y SECADA (gr) :	193.140
PESOS DE FINOS LAVADOS (gr) :	1.860

TAMICES ASTM	DESCRIPCION ABERTURA (m.m.)	PESO RETENIDO (gr.)	PORCENTAJE PARCIAL RETENIDO (%)	PORCENTAJE ACUMULADO	
				RETENIDO (%)	PASA(%)
3"	76.200				
2 1/2"	63.500				
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				
1"	25.400				
3/4"	19.050				
1/2"	12.700				
3/8"	9.525				
1/4"	6.350				
N° 4	4.760				100.00
N° 10	2.000	0.55	0.28	0.28	99.72
N° 20	0.840	0.75	0.38	0.67	99.33
N° 30	0.590	8.10	4.15	4.82	95.18
N° 40	0.426	14.18	7.27	12.09	87.91
N° 50	0.297	47.65	24.44	36.53	63.47
N° 60	0.250	46.83	24.02	60.54	39.46
N° 80	0.177	38.09	19.53	80.08	19.92
N° 200	0.074	31.85	16.33	96.41	3.59
FONDO	.....	5.14	2.64	99.05	0.95
Limos 0.074mm-0.005mm.					
Arcillas < 0.005mm.					
Coloides < 0.001mm.					

D60	0.325	Gravas	0.00	Gruesa	0.00
D30	0.215				Fina	0.00
D10	0.114	Arenas	96.41	Gruesa	0.28
Cu	2.837			Media	11.81
Cc	1.241			Fina	84.32
		Finos	3.59		



Edgar Flores Azanero
EDGAR FLORES AZANERO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. 084882



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

ASTM D - 422 N.T.P. - 339.128 MTC E - 204

PROYECTO : APLICACIÓN DE COLUMNAS DE GRAVA Y SU IMPACTO EN LA LICUEFACCIÓN DE SUELOS EN VILLA MARÍA - ÁNCASH, 2024

SOLICITADO : ING. DENNIS ECHEVARRIA TENA **FECHA :** FEBRERO-2024

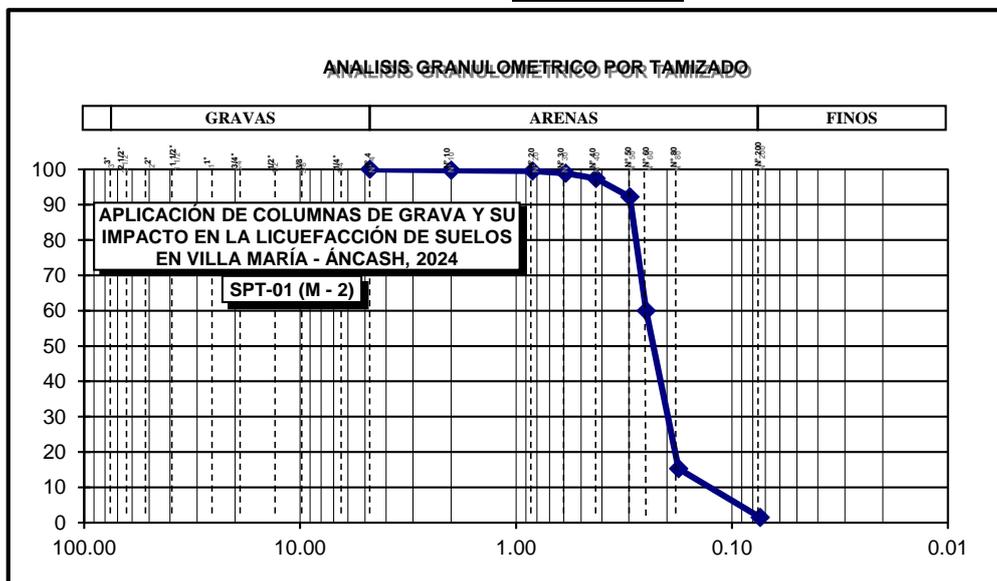
UBICACIÓN : VILLA MARIA - NUEVO CHIMBOTE - ANCASH **TECNICO :** K.S.C./J.D.M.

CALICATA : SPT-01 **MUESTRA:** M - 2 **PROFUND (m.) :** 2.00-3.50

HUMEDAD NATURAL DE LA MUESTRA (%) :	8.203
PESO DE LA MUESTRA SECA (gr) :	177.100
PESO DE LA MUESTRA LAVADA Y SECADA (gr) :	175.300
PESOS DE FINOS LAVADOS (gr) :	1.800

TAMICES ASTM	DESCRIPCION ABERTURA (m.m.)	PESO RETENIDO (gr.)	PORCENTAJE PARCIAL RETENIDO (%)	PORCENTAJE ACUMULADO	
				RETENIDO (%)	PASA(%)
3"	76.200				
2 1/2"	63.500				
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				
1"	25.400				
3/4"	19.050				
1/2"	12.700				
3/8"	9.525				
1/4"	6.350				
N° 4	4.760				100.00
N° 10	2.000	0.38	0.21	0.21	99.79
N° 20	0.840	0.42	0.24	0.45	99.55
N° 30	0.590	1.10	0.62	1.07	98.93
N° 40	0.426	2.69	1.52	2.59	97.41
N° 50	0.297	9.20	5.19	7.79	92.21
N° 60	0.250	57.10	32.24	40.03	59.97
N° 80	0.177	79.10	44.66	84.69	15.31
N° 200	0.074	24.50	13.83	98.53	1.47
FONDO	.....	0.81	0.46	98.98	1.02
Limos 0.074mm-0.005mm.					
Arcillas < 0.005mm.					
Coloides < 0.001mm.					

D60	0.250	Gravas	0.00	Gruesa	0.00	
D30	0.201				Fina	0.00
D10	0.137				Gruesa	0.21
Cu	1.819	Arenas	98.53	Media	2.38	
Cc	1.175			Fina	95.93	
		Finos	1.47			



Edgar Flores Azanero
EDGAR FLORES AZANERO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. 084882



TECNOVIAS Y SERVICIOS GENERALES S.C.R.L.
Kendy Socialaya Cardenas
KENEDY SOCIALAYA CARDENAS
INGENIERO CIVIL
CIP N° 240814



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

ASTM D - 422 N.T.P. - 339.128 MTC E - 204

PROYECTO : APLICACIÓN DE COLUMNAS DE GRAVA Y SU IMPACTO EN LA LICUEFACCIÓN DE SUELOS EN VILLA MARÍA - ÁNCASH, 2024

SOLICITADO : ING. DENNIS ECHEVARRIA TENA **FECHA :** FEBRERO-2024

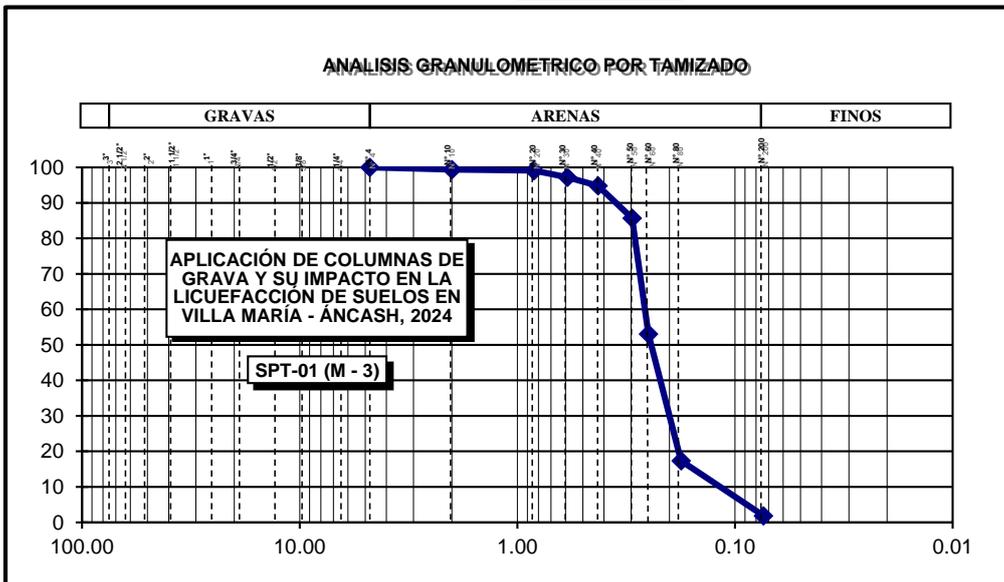
UBICACIÓN : VILLA MARIA - NUEVO CHIMBOTE - ANCASH **TECNICO :** K.S.C./J.D.M.

CALICATA : SPT-01 **MUESTRA:** M - 3 **PROFUND (m.) :** 3.50-5.00

HUMEDAD NATURAL DE LA MUESTRA (%) :	3.462
PESO DE LA MUESTRA SECA (gr) :	177.650
PESO DE LA MUESTRA LAVADA Y SECADA (gr) :	175.982
PESOS DE FINOS LAVADOS (gr) :	1.668

TAMICES ASTM	DESCRIPCION ABERTURA (m.m.)	PESO RETENIDO (gr.)	PORCENTAJE PARCIAL RETENIDO (%)	PORCENTAJE ACUMULADO	
				RETENIDO (%)	PASA(%)
3"	76.200				
2 1/2"	63.500				
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				
1"	25.400				
3/4"	19.050				
1/2"	12.700				
3/8"	9.525				
1/4"	6.350				
N° 4	4.760				100.00
N° 10	2.000	1.10	0.62	0.62	99.38
N° 20	0.840	0.47	0.27	0.88	99.12
N° 30	0.590	3.41	1.92	2.80	97.20
N° 40	0.426	4.17	2.35	5.15	94.85
N° 50	0.297	16.22	9.13	14.28	85.72
N° 60	0.250	57.98	32.64	46.91	53.09
N° 80	0.177	63.43	35.70	82.62	17.38
N° 200	0.074	27.51	15.49	98.10	1.90
FONDO	.....	1.70	0.96	99.06	0.94
Limos 0.074mm-0.005mm.					
Arcillas < 0.005mm.					
Coloides < 0.001mm.					

D60	0.279	Gravas	0.00	Gruesa	0.00	
D30	0.203				Fina	0.00
D10	0.128				Gruesa	0.62
Cu	2.182	Arenas	98.10	Media	4.53	
Cc	1.152			Fina	92.95	
		Finos	1.90			



Edgar Flores Azanero
EDGAR FLORES AZANERO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. 084882



TECNOVIAS Y SERVICIOS GENERALES S.C.R.L.
KENDY SOCIALARA CÁRDENAS
INGENIERO CIVIL
CIP N° 241814



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

ASTM D - 422 N.T.P. - 339.128 MTC E - 204

PROYECTO : APLICACIÓN DE COLUMNAS DE GRAVA Y SU IMPACTO EN LA LICUEFACCIÓN DE SUELOS EN VILLA MARÍA - ÁNCASH, 2024

SOLICITADO : ING. DENNIS ECHEVARRIA TENA **FECHA :** FEBRERO-2024

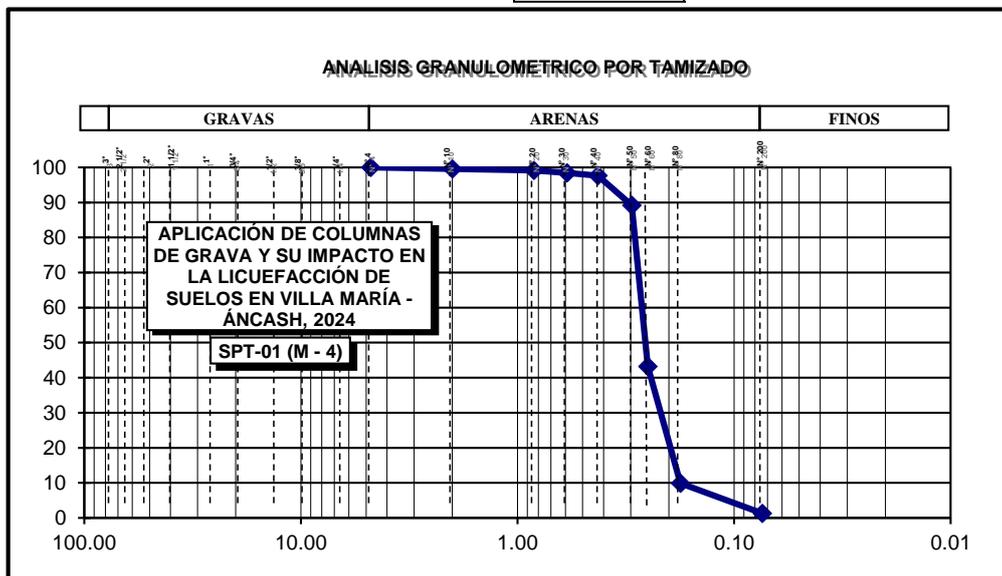
UBICACIÓN : VILLA MARIA - NUEVO CHIMBOTE - ANCASH **TECNICO :** K.S.C./J.D.M.

CALICATA : SPT-01 **MUESTRA:** M - 4 **PROFUND (m.) :** 5.00-7.00

HUMEDAD NATURAL DE LA MUESTRA (%) :	1.440
PESO DE LA MUESTRA SECA (gr) :	185.156
PESO DE LA MUESTRA LAVADA Y SECADA (gr) :	183.388
PESOS DE FINOS LAVADOS (gr) :	1.768

TAMICES ASTM	DESCRIPCION ABERTURA (m.m.)	PESO RETENIDO (gr.)	PORCENTAJE PARCIAL RETENIDO (%)	PORCENTAJE ACUMULADO	
				RETENIDO (%)	PASA(%)
3"	76.200				
2 1/2"	63.500				
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				
1"	25.400				
3/4"	19.050				
1/2"	12.700				
3/8"	9.525				
1/4"	6.350				
N° 4	4.760				100.00
N° 10	2.000	0.81	0.44	0.44	99.56
N° 20	0.840	0.83	0.45	0.88	99.12
N° 30	0.590	1.25	0.68	1.56	98.44
N° 40	0.426	1.54	0.83	2.39	97.61
N° 50	0.297	15.63	8.44	10.83	89.17
N° 60	0.250	85.14	45.98	56.81	43.19
N° 80	0.177	61.70	33.32	90.14	9.86
N° 200	0.074	15.86	8.57	98.70	1.30
FONDO	.....	0.63	0.34	99.05	0.95
Limos 0.074mm-0.005mm.					
Arcillas < 0.005mm.					
Coloides < 0.001mm.					

D60	0.304	Gravas	0.00	Gruesa	0.00
D30	0.221			Fina	0.00
D10	0.177			Gruesa	0.44
Cu	1.717	Arenas	98.70	Media	1.95
Cc	0.906			Fina	96.31
		Finos	1.30		



Edgar Flores Azanero
EDGAR FLORES AZAÑERO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. 084882



TECNOVIRAS Y SERVICIOS GENERALES S.C.R.L.
Dennis Echevarria Tena
DENNIS ECHEVARRIA TENA
INGENIERO CIVIL
CIP N° 241814



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

ASTM D - 422 N.T.P. - 339.128 MTC E - 204

PROYECTO : APLICACIÓN DE COLUMNAS DE GRAVA Y SU IMPACTO EN LA LICUEFACCIÓN DE SUELOS EN VILLA MARÍA - ÁNCASH, 2024

SOLICITADO : ING. DENNIS ECHEVARRIA TENA **FECHA :** FEBRERO-2024

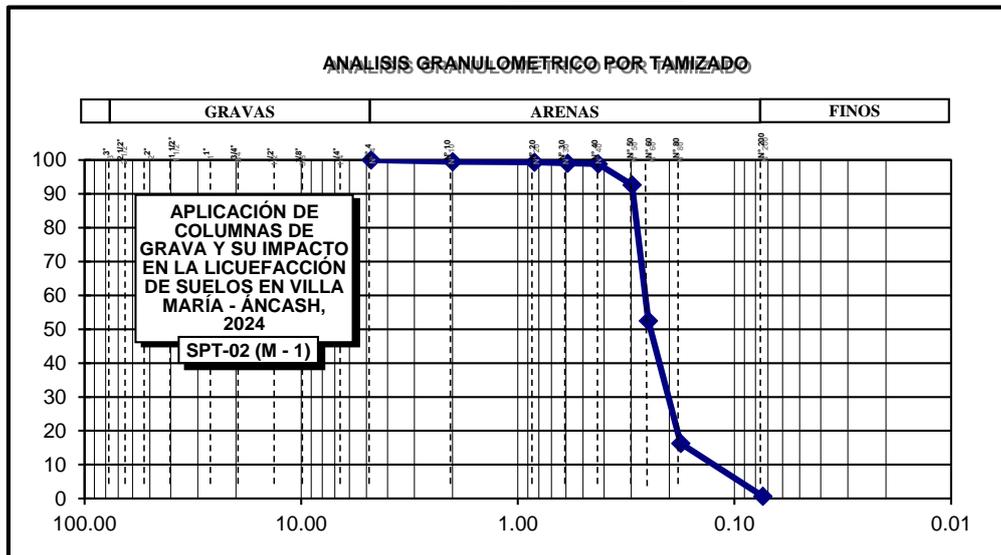
UBICACIÓN : VILLA MARIA - NUEVO CHIMBOTE - ANCASH **TECNICO :** K.S.C./J.D.M.

CALICATA : SPT-02 **MUESTRA:** M - 1 **PROFUND (m.) :** 0.30-1.60

HUMEDAD NATURAL DE LA MUESTRA (%) :	3.693
PESO DE LA MUESTRA SECA (gr) :	143.560
PESO DE LA MUESTRA LAVADA Y SECADA (gr) :	143.560
PESOS DE FINOS LAVADOS (gr) :	0.000

TAMICES ASTM	DESCRIPCION ABERTURA (m.m.)	PESO RETENIDO (gr.)	PORCENTAJE PARCIAL RETENIDO (%)	PORCENTAJE ACUMULADO	
				RETENIDO (%)	PASA(%)
3"	76.200				
2 1/2"	63.500				
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				
1"	25.400				
3/4"	19.050				
1/2"	12.700				
3/8"	9.525				
1/4"	6.350				
N° 4	4.760				100.00
N° 10	2.000	0.74	0.52	0.52	99.48
N° 20	0.840	0.24	0.17	0.68	99.32
N° 30	0.590	0.33	0.23	0.91	99.09
N° 40	0.426	0.38	0.26	1.18	98.82
N° 50	0.297	8.83	6.15	7.33	92.67
N° 60	0.250	57.68	40.18	47.51	52.49
N° 80	0.177	52.03	36.24	83.75	16.25
N° 200	0.074	22.39	15.60	99.35	0.65
FONDO	.....	0.94	0.65	100.00	0.00
Limos 0.074mm-0.005mm.					
Arcillas < 0.005mm.					
Coloides < 0.001mm.					

D60	0.279	Gravas	0.00	Gruesa	0.00
D30	0.205			Fina	0.00
D10	0.136			Gruesa	0.52
Cu	2.052	Arenas	99.35	Media	0.66
Cc	1.108			Fina	98.17
		Finos	0.65		



Edgar Flores Azanero
EDGAR FLORES AZANERO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. 084882



TECNOVIAS Y SERVICIOS GENERALES S.C.R.L.

Kenny Socialaya Cardenas
KENEDY SOCIALAYA CARDENAS
INGENIERO CIVIL
CIP N° 24814



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

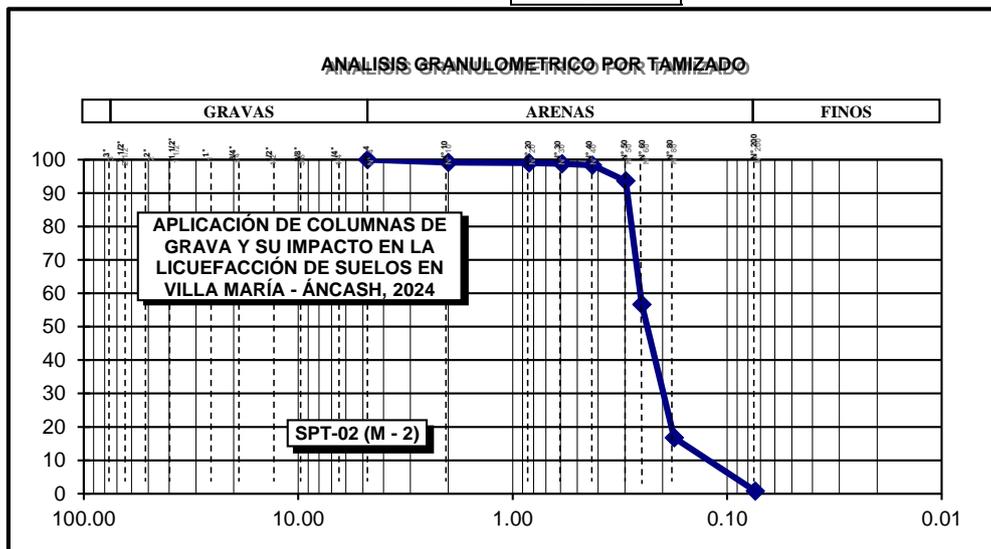
ASTM D - 422 N.T.P. - 339.128 MTC E - 204

PROYECTO : APLICACIÓN DE COLUMNAS DE GRAVA Y SU IMPACTO EN LA LICUEFACCIÓN DE SUELOS EN VILLA MARÍA - ÁNCASH, 2024
SOLICITADO : ING. DENNIS ECHEVARRIA TENA **FECHA :** FEBRERO-2024
UBICACIÓN : VILLA MARIA - NUEVO CHIMBOTE - ANCASH **TECNICO :** K.S.C./J.D.M.
CALICATA : SPT-02 **MUESTRA:** M - 2 **PROFUND (m.) :** 1.60-3.00

HUMEDAD NATURAL DE LA MUESTRA (%) :	8.821
PESO DE LA MUESTRA SECA (gr) :	156.410
PESO DE LA MUESTRA LAVADA Y SECADA (gr) :	156.230
PESOS DE FINOS LAVADOS (gr) :	0.180

TAMICES ASTM	DESCRIPCION ABERTURA (m.m.)	PESO RETENIDO (gr.)	PORCENTAJE PARCIAL RETENIDO (%)	PORCENTAJE ACUMULADO	
				RETENIDO (%)	PASA(%)
3"	76.200				
2 1/2"	63.500				
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				
1"	25.400				
3/4"	19.050				
1/2"	12.700				
3/8"	9.525				
1/4"	6.350				
N° 4	4.760				100.00
N° 10	2.000	1.30	0.83	0.83	99.17
N° 20	0.840	0.28	0.18	1.01	98.99
N° 30	0.590	0.33	0.21	1.22	98.78
N° 40	0.426	0.72	0.46	1.68	98.32
N° 50	0.297	7.26	4.64	6.32	93.68
N° 60	0.250	57.91	37.02	43.35	56.65
N° 80	0.177	62.40	39.90	83.24	16.76
N° 200	0.074	24.96	15.96	99.20	0.80
FONDO	.....	1.07	0.68	99.88	0.12
Limos 0.074mm-0.005mm.					
Arcillas < 0.005mm.					
Coloides < 0.001mm.					

D60	0.264	Gravas	0.00	Gruesa	0.00	
D30	0.201				Fina	0.00
D10	0.133				Gruesa	0.83
Cu	1.980	Arenas	99.20	Media	0.85	
Cc	1.149			Fina	97.52	
		Finos	0.80			



Edgar Flores Azanero
EDGAR FLORES AZANERO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. 084882



TECNOVIAS Y SERVICIOS GENERALES S.C.R.L.
Kenny Socialaya Cardenas
KENEDY SOCIALAYA CARDENAS
INGENIERO CIVIL
CIP N° 248874



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

ASTM D - 422 N.T.P. - 339.128 MTC E - 204

PROYECTO : APLICACIÓN DE COLUMNAS DE GRAVA Y SU IMPACTO EN LA LICUEFACCIÓN DE SUELOS EN VILLA MARÍA - ÁNCASH, 2024

SOLICITADO : ING. DENNIS ECHEVARRIA TENA **FECHA :** FEBRERO-2024

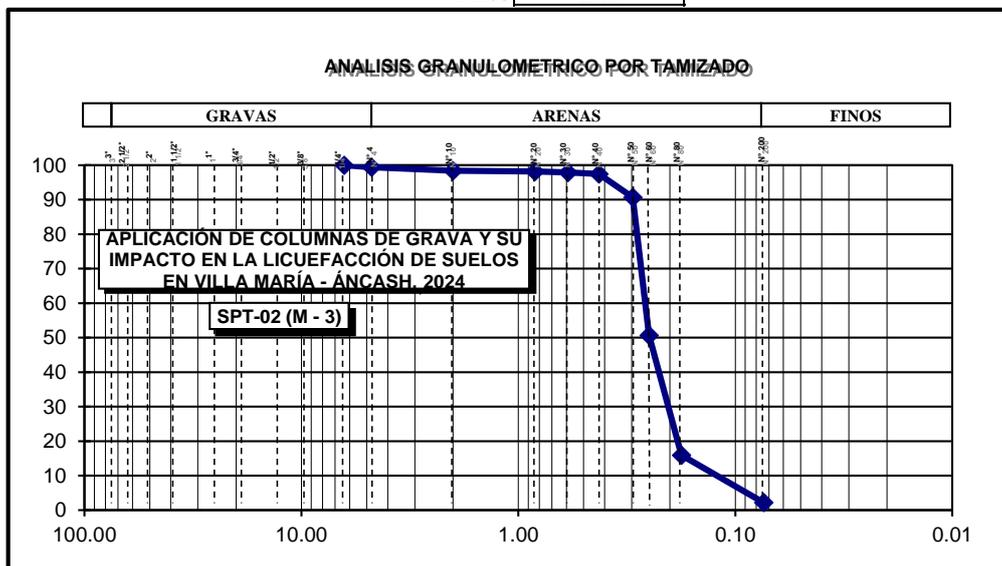
UBICACIÓN : VILLA MARIA - NUEVO CHIMBOTE - ANCASH **TECNICO :** K.S.C./J.D.M.

CALICATA : SPT-02 **MUESTRA:** M - 3 **PROFUND (m.) :** 3.00-5.00

HUMEDAD NATURAL DE LA MUESTRA (%) :	2.420
PESO DE LA MUESTRA SECA (gr) :	163.880
PESO DE LA MUESTRA LAVADA Y SECADA (gr) :	163.830
PESOS DE FINOS LAVADOS (gr) :	0.050

TAMICES ASTM	DESCRIPCION ABERTURA (m.m.)	PESO RETENIDO (gr.)	PORCENTAJE PARCIAL RETENIDO (%)	PORCENTAJE ACUMULADO	
				RETENIDO (%)	PASA(%)
3"	76.200				
2 1/2"	63.500				
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				
1"	25.400				
3/4"	19.050				
1/2"	12.700				
3/8"	9.525				
1/4"	6.350				100.00
N° 4	4.760	0.93	0.57	0.57	99.43
N° 10	2.000	1.73	1.06	1.62	98.38
N° 20	0.840	0.34	0.21	1.83	98.17
N° 30	0.590	0.41	0.25	2.08	97.92
N° 40	0.426	0.69	0.42	2.50	97.50
N° 50	0.297	11.13	6.79	9.29	90.71
N° 60	0.250	65.61	40.04	49.33	50.67
N° 80	0.177	56.94	34.74	84.07	15.93
N° 200	0.074	22.54	13.75	97.83	2.17
FONDO	.....	3.51	2.14	99.97	0.03
Limos 0.074mm-0.005mm.					
Arcillas < 0.005mm.					
Coloides < 0.001mm.					

D60	0.285	Gravas	0.57	Gruesa	0.00
D30	0.207			Fina	0.57
D10	0.133			Gruesa	1.06
Cu	2.149	Arenas	97.26	Media	0.88
Cc	1.129			Fina	95.33
		Finos	2.17		



Edgar Flores Azanero
EDGAR FLORES AZANERO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. 084882



TECNOVIAS Y SERVICIOS GENERALES S.C.R.L.
Kendy Socialara Cardenas
KENDY SOCIALARA CARDENAS
INGENIERO CIVIL
CIP N° 241814

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

ASTM D - 422 N.T.P. - 339.128 MTC E - 204

PROYECTO : APLICACIÓN DE COLUMNAS DE GRAVA Y SU IMPACTO EN LA LICUEFACCIÓN DE SUELOS EN VILLA MARÍA - ÁNCASH, 2024

SOLICITADO : ING. DENNIS ECHEVARRIA TENA **FECHA :** FEBRERO-2024

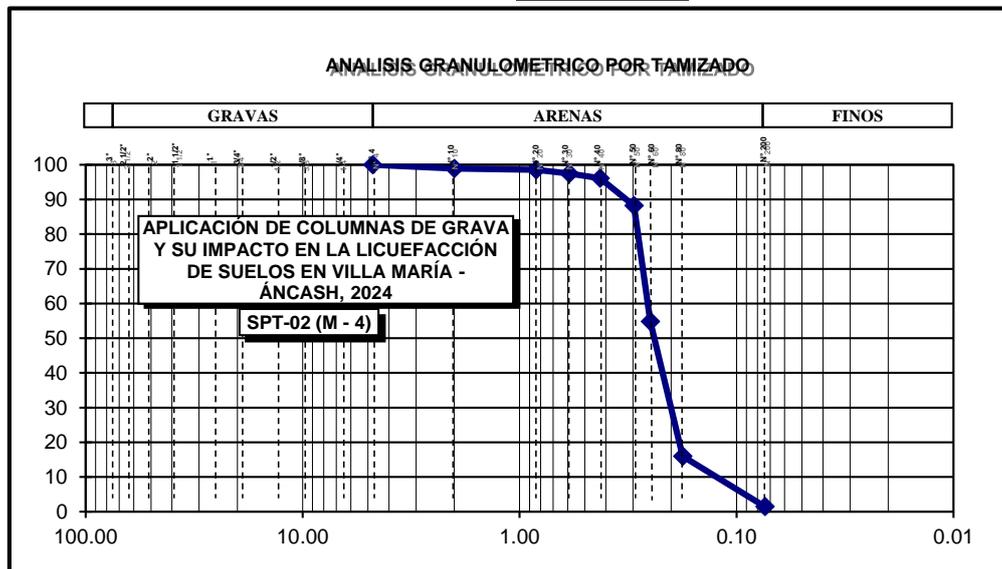
UBICACIÓN : VILLA MARIA - NUEVO CHIMBOTE - ANCASH **TECNICO :** K.S.C./J.D.M.

CALICATA : SPT-02 **MUESTRA:** M - 4 **PROFUND (m.) :** 5.00-9.30

HUMEDAD NATURAL DE LA MUESTRA (%) :	1.083
PESO DE LA MUESTRA SECA (gr) :	141.500
PESO DE LA MUESTRA LAVADA Y SECADA (gr) :	141.450
PESOS DE FINOS LAVADOS (gr) :	0.050

TAMICES ASTM	DESCRIPCION ABERTURA (m.m.)	PESO RETENIDO (gr.)	PORCENTAJE PARCIAL RETENIDO (%)	PORCENTAJE ACUMULADO	
				RETENIDO (%)	PASA(%)
3"	76.200				
2 1/2"	63.500				
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				
1"	25.400				
3/4"	19.050				
1/2"	12.700				
3/8"	9.525				
1/4"	6.350				
N° 4	4.760				100.00
N° 10	2.000	1.50	1.06	1.06	98.94
N° 20	0.840	0.51	0.36	1.42	98.58
N° 30	0.590	1.57	1.11	2.53	97.47
N° 40	0.426	1.90	1.34	3.87	96.13
N° 50	0.297	11.16	7.89	11.76	88.24
N° 60	0.250	47.29	33.42	45.18	54.82
N° 80	0.177	54.98	38.86	84.04	15.96
N° 200	0.074	20.54	14.52	98.55	1.45
FONDO	.....	2.00	1.41	99.96	0.04
Limos 0.074mm-0.005mm.					
Arcillas < 0.005mm.					
Coloides < 0.001mm.					

D60	0.272	Gravas	0.00	Gruesa	0.00	
D30	0.203				Fina	0.00
D10	0.135				Gruesa	1.06
Cu	2.020	Arenas	98.55	Media	2.81	
Cc	1.129			Fina	94.68	
		Finos	1.45			



Edgar Flores Azanero
EDGAR FLORES AZANERO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. 084882



TECNOVIAS Y SERVICIOS GENERALES S.C.R.L.

Dennis Echevarria Tena
DENNIS ECHEVARRIA TENA
INGENIERO CIVIL
CIP N° 241814



PESO ESPECIFICO RELATIVO DE SOLIDOS
ASTM D - 2937

PROYECTO : APLICACIÓN DE COLUMNAS DE GRAVA Y SU IMPACTO EN LA LICUEFACCIÓN DE SUELOS EN VILLA MARÍA - ÁNCASH, 2024
 SOLICITADO : ING. DENNIS ECHEVARRIA TENA
 UBICACION : VILLA MARIA - NUEVO CHIMBOTE - ANCASH
 FECHA: : FEBRERO - 2024
 HECHO: : K.S.C. / J.D.M.

CALICATA	SPT-01	SPT-01	SPT-01	SPT-01	SPT-02	SPT-02	SPT-02	SPT-02
MUESTRA N°	M - 1	M - 2	M - 3	M - 4	M - 1	M - 2	M - 3	M - 4
NRO DEL FRASCO	0,30-2,50	2,50-4,00	4,00-5,00	5,00-9,00	0,30-1,60	1,60-3,00	3,00-5,00	5,00-9,30
1. Peso del frasco + peso suelo seco (gr)	194.34	193.90	195.74	196.54	190.05	192.70	191.85	194.03
2. Peso del frasco volumétrico	116.25	116.25	116.25	116.25	116.25	116.25	116.25	116.25
3. Peso del suelo seco (1-2) (gr)	78.09	77.65	79.49	80.29	73.80	76.45	75.60	77.78
4. Peso del frasco + peso suelo + peso agua (gr)	391.95	392.62	390.33	393.40	390.76	391.57	390.20	392.92
5. Peso del frasco + peso del agua enrasada (gr)	357.15	357.15	357.15	357.15	357.15	357.15	357.15	357.15
6. Volumen del suelo (3+5-4) (cm3)	43.29	42.18	46.31	44.04	40.19	42.03	42.55	42.02
7. Gs (3)/(6) gr/cc	1.80	1.84	1.72	1.82	1.84	1.82	1.78	1.85

CALICATA	SPT-03	SPT-03	SPT-03	SPT-03	SPT-04	SPT-04	SPT-04	SPT-04
MUESTRA N°	M - 1	M - 2	M - 3	M - 4	M - 1	M - 2	M - 3	M - 4
NRO DEL FRASCO	0,50-2,00	2,00-2,50	2,50-3,50	3,50-4,50	0,30-1,80	1,80-2,50	2,50-3,50	3,50-4,50
1. Peso del frasco + peso suelo seco (gr)	174.34	172.36	169.90	171.75	177.59	178.94	181.87	182.91
2. Peso del frasco volumétrico	106.90	106.90	106.90	106.90	106.90	106.90	106.90	106.90
3. Peso del suelo seco (1-2) (gr)	67.45	65.46	63.00	64.85	70.70	72.04	74.97	76.02
4. Peso del frasco + peso suelo + peso agua (gr)	399.57	396.20	396.92	394.88	400.93	394.60	397.53	398.69
5. Peso del frasco + peso del agua enrasada (gr)	356.15	356.15	356.15	356.15	356.15	356.15	356.15	356.15
6. Volumen del suelo (3+5-4) (cm3)	24.03	25.41	22.23	26.13	25.92	33.59	33.60	33.48
7. Gs (3)/(6) gr/cc	2.81	2.58	2.83	2.48	2.73	2.14	2.23	2.27

Edgar Flores Azanero
 EDGAR FLORES AZANERO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. 084882



REGISTRO DE EXPLORACION SPT

Proyecto	APLICACIÓN DE COLUMNAS DE GRAVA Y SU IMPACTO EN LA LICUEFACCIÓN DE SUELOS EN VILLA MARÍA - ANCASH, 2024		
Ubicación	VILLA MARÍA - NUEVO CHIMBOTE - ANCASH		
Solicitado	ING. DENNIS ECHEVARRIA TENA		

Calicata	SPT1	Prof. (m)	9.00	Cota	ESTE: 769459.9948; NORTE: 8991690.2035
N.F. (m)	1.50	Operador	E.F.A./J.D.M.	Fecha	FEBRERO 2024

profundidad (m)	Tipo	S.P.T.		Muestra	N.F.	Prof. Estrato	Descripción Visual	SUCS	Grafica N
		N golpes c/15cm	N						
0.00 - 0.15		1		S/M		0.30	ARENA FINA, EOLICA, DELEZNABLE, SECA, BEIGE.	Cob	
0.15 - 0.30		2							
0.30 - 0.45		4							
0.45 - 0.60	Peck	7							
0.60 - 0.75		5							
0.75 - 0.90		7							
0.90 - 1.00		6	6						
1.00 - 1.15		7							
1.15 - 1.30	Caña	8			1.50				
1.30 - 1.45		8	9	M-1					
1.45 - 1.60		9							
1.60 - 1.75	Peck	10							
1.75 - 1.90		8							
1.90 - 2.00		9	10						
2.00 - 2.15	Caña	12							
2.15 - 2.30		11							
2.30 - 2.45		12	13						
2.45 - 2.60		13				2.50			
2.60 - 2.75	Peck	14							
2.75 - 2.90		13							
2.90 - 3.00		15	15						
3.00 - 3.15	Caña	16							
3.15 - 3.30		18	18	M-2					
3.30 - 3.45		18							
3.45 - 3.60		16							
3.60 - 3.75	Peck	16							
3.75 - 3.90		16							
3.90 - 4.00		18	18			4.00			
4.00 - 4.15	Caña	20							
4.15 - 4.30		22	20	M-3					
4.30 - 4.45		20							
4.45 - 4.60		22							
4.60 - 4.75	Peck	21							
4.75 - 4.90		22							
4.90 - 5.00		21	22			5.00			
5.00 - 5.15	Caña	24							
5.15 - 5.30		23							
5.30 - 5.45		22	24						
5.45 - 5.60		24							
5.60 - 5.75	Peck	25							
5.75 - 5.90		25							
5.90 - 6.00		28	26						
6.00 - 6.15	Caña	28							
6.15 - 6.30		27							
6.30 - 6.45		28	28						
6.45 - 6.60		28							
6.60 - 6.75	Peck	29							
6.75 - 6.90		29							
6.90 - 7.00		27		M-4					
7.00 - 7.15		30							
7.15 - 7.30	Peck	28							
7.30 - 7.45		29							
7.45 - 7.60		30							
7.60 - 7.75		28							
7.75 - 7.90		26							
7.90 - 8.00		29							
8.00 - 8.15		29							
8.15 - 8.30	Caña	28							
8.30-8.45		30							
8.45-8.60		31							
8.60-8.75		32							
8.75-8.90		32							
8.90-9.00		33	33			9.00			
9.00-9.15									
9.15-9.30									
9.30-9.45									
9.45-9.60									
9.60-9.75									
9.75-9.90									
9.90-10.00									

TECNOVIAS Y SERVICIOS GENERALES S.C.R.L.

 KENEDY SOCUALAVA CARDENAS
 INGENIERO CIVIL
 CIP Nº 241814

EDGAR FLORES AZANERO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. 084882



Observaciones	- La clasificación es visual
Leyenda	Línea de Nro de golpes Peck Línea de Nro de golpes SPT

REGISTRO DE EXPLORACION SPT

Proyecto	APLICACIÓN DE COLUMNAS DE GRAVA Y SU IMPACTO EN LA LICUEFACCIÓN DE SUELOS EN VILLA MARÍA - ANCASH, 2024		
Ubicación	VILLA MARÍA - NUEVO CHIMBOTE - ANCASH		
Solicitado	ING. DENNIS ECHEVARRIA TENA		

Calicata	SPT2	Prof. (m)	9.00	Cota	ESTE: 769633.9687; NORTE: 8991554.5290
N.F. (m)	1.50	Operador	E.F.A./J.D.M.	Fecha	FEBRERO 2024

Profundidad (m)	Tipo	S.P.T.		Muestra	N.F.	Prof. Estrato	Descripción Visual	SUCS	Grafica N
		N golpes c/15cm	N						
0.00 - 0.15		1		S/M		0.30	ARENA FINA, EOLICA, DELEZNABLE, SECA, COLOR BEIGE.	Cob	
0.15 - 0.30		2							
0.30 - 0.45		3							
0.45 - 0.60	Peck	8							
0.60 - 0.75		5							
0.75 - 0.90		7							
0.90 - 1.00		6	7	M-1	1.50		ARENA FINA MAL GRADUADA, POCO HUMEDA, COMPACIDAD SEMISUELTA, BEIGE.	SP	
1.00 - 1.15		5							
1.15 - 1.30	Caña	6							
1.30 - 1.45		7	9						
1.45 - 1.60		8				1.60			
1.60 - 1.75	Peck	10							
1.75 - 1.90		9							
1.90 - 2.00		10	10						
2.00 - 2.15		9							
2.15 - 2.30	Caña	10		M-2			ARENA DE FINA A MEDIA POR LAS CONCRECIONES DE SAL, MAL GRADUADA, HUMEDO, COLOR BEIGE, COMPACIDAD, SEMIDENSA.	SP	
2.30 - 2.45		12	13						
2.45 - 2.60		12							
2.60 - 2.75	Peck	14							
2.75 - 2.90		12							
2.90 - 3.00		10	15			3.00			
3.00 - 3.15		12							
3.15 - 3.30	Caña	14							
3.30 - 3.45		15	18						
3.45 - 3.60		15							
3.60 - 3.75	Peck	16							
3.75 - 3.90		18							
3.90 - 4.00		19	19						
4.00 - 4.15		21		M-3			ARENA FINA, CON PRESENCIA DE LIMO, MAL GRADUADA, HUMEDO, COLOR BEIGE. PRESENTA LENTECILLOS ESTRATIFICADOS. DE CONCRECIONES DE SAL AISLADOS, MUY DURES-DENSIFICADOS.	SP	
4.15 - 4.30	Caña	22							
4.30 - 4.45		21	22						
4.45 - 4.60		22							
4.60 - 4.75	Peck	20							
4.75 - 4.90		21							
4.90 - 5.00		23	23			5.00			
5.00 - 5.15		23							
5.15 - 5.30	Caña	24							
5.30 - 5.45		25	25						
5.45 - 5.60		24							
5.60 - 5.75	Peck	26							
5.75 - 5.90		25							
5.90 - 6.00		26	27						
6.00 - 6.15		27							
6.15 - 6.30	Caña	28							
6.30 - 6.45		29	29						
6.45 - 6.60		28							
6.60 - 6.75	Peck	29							
6.75 - 6.90		29							
6.90 - 7.00		30	30	M-4			ARENA MAL GRADUADA, POCO HUEMDA, COLOR BEIGE, COMPACIDAD, SEMI FIRME POR LAS CONCRECIONES DE SAL - COSTRAS - CEMENTADAS, MUY DENSAS DE ACUERDO A LOS GOLPES.		
7.00 - 7.15		28							
7.15 - 7.30	Caña	26							
7.30 - 7.45		28	31						
7.45 - 7.60		30							
7.60 - 7.75	Peck	30							
7.75 - 7.90		25							
7.90 - 8.00		28							
8.00 - 8.15		31							
8.15 - 8.30		33							
8.30-8.45		30							
8.45-8.60	Caña	32							
8.60-8.75		31							
8.75-8.90		32							
8.90-9.00		33	33			9.00			
9.00-9.15									
9.15-9.30									
9.30-9.45									
9.45-9.60									
9.60-9.75									
9.75-9.90									
9.90-10.00									

TECNOVIAS Y SERVICIOS GENERALES S.C.R.L.

 KENNEDY SOCIALAYA CÁRDENAS
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 241814

EDGAR FLORES AZANERO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. 084882



Observaciones	- La clasificación es visual	Legenda	<ul style="list-style-type: none"> --- Línea de Nro de golpes Peck — Línea de Nro de golpes SPT
----------------------	------------------------------	----------------	---

ANEXO N°8. Otras evidencias

Fotografías del proceso de obtención de muestras y ensayos en laboratorio.



Fotografía 1. Ubicación del ensayo SPT-01



Fotografía 2. Ubicación del ensayo SPT-02



Fotografía 3. Ubicación de calicata C-1



Fotografía 4. Ubicación de calicata C-2



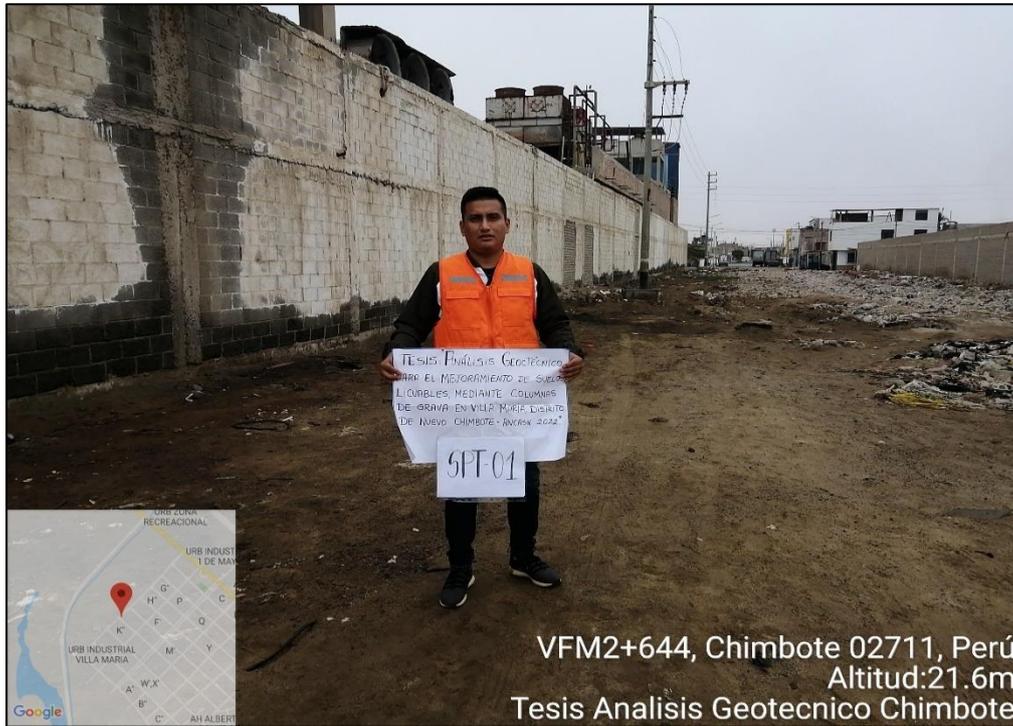
Fotografía 5. Ubicación de calicata C-3



Fotografía 6. Ubicación de calicata C-4

ANEXO N°9. Otras evidencias

Fotografías del proceso de obtención de muestras y ensayos en laboratorio.



Fotografía 1. Ubicación del ensayo SPT-01



Fotografía 2. Ubicación del ensayo SPT-02



Fotografía 3. Ubicación de calicata C-1



Fotografía 4. Ubicación de calicata C-2



Fotografía 5. Ubicación de calicata C-3



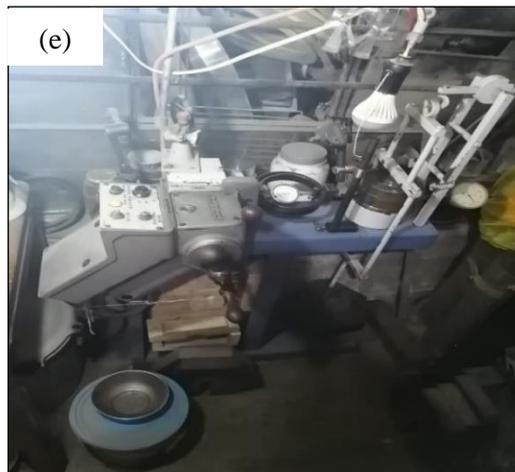
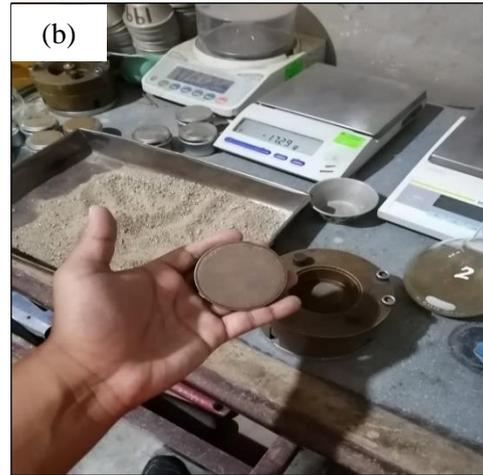
Fotografía 6. Ubicación de calicata C-4



Fotografía 7. Ubicación de calicata C-5



Fotografía 8. Ubicación de calicata C-6



Fotografía 9. Corte Directo - En la imagen (a), se observa el equipo para el tallado de la muestra, en la imagen (b), se observa la piedra porosa, en la imagen (c), se observa la caja de corte con el material a ensayar, en la imagen (d), se observa realizando el ensayo, en la imagen (e), se muestra el equipo de corte directo y en la imagen (f), se observa el resultado del ensayo.



Fotografía 10. Instalaciones y equipos de laboratorio

INICIO | GUÍA CALIFICACIÓN | RENACYT | DENNIS ROBERT ECHEVARRIA TENA | Manual de uso | Cerrar Sesión

CONCYTEC | **CTI Vitae**

Bienvenido (a): DENNIS ROBERT ECHEVARRIA TENA | Menú del usuario

Datos Generales	Experiencia Laboral	Formación Académica	Idiomas	Líneas de Investigación	Proyectos (I+D+i)	Producción Tecnológica y/o Industrial	Producción Científica	Distinciones y premios
-----------------	---------------------	---------------------	---------	-------------------------	-------------------	---------------------------------------	-----------------------	------------------------

NOVEDADES

- Próximos eventos del programa Horizonte Europa:
- 19 June 2024, 14:30 - 16:00 CEST (BRUSSELS TIME) Personnel Unit Cost – New cost method in Horizon Europe <https://ec.europa.eu/research/participants/docs/h2020-funding-guide/other/event240619.htm>
- 26 June 2024, 10:00 - 11:30 CEST (BRUSSELS TIME) Certificates on the financial statements (CFS) in Horizon Europe <https://ec.europa.eu/research/participants/docs/h2020-funding-guide/other/event240626.htm>
- El servicio de integración de nuevos ORCID con el CTI Vitae se encuentra inoperativo por el momento debido a inconvenientes técnicos.
- El Curso de Conducta Responsable en Investigación *CRI* no es requisito para la calificación RENACYT. La URL es <https://vinculate.concytec.gob.pe/conducta-responsable-en-investigacion>.

PERFIL

DENNIS ROBERT ECHEVARRIA TENA



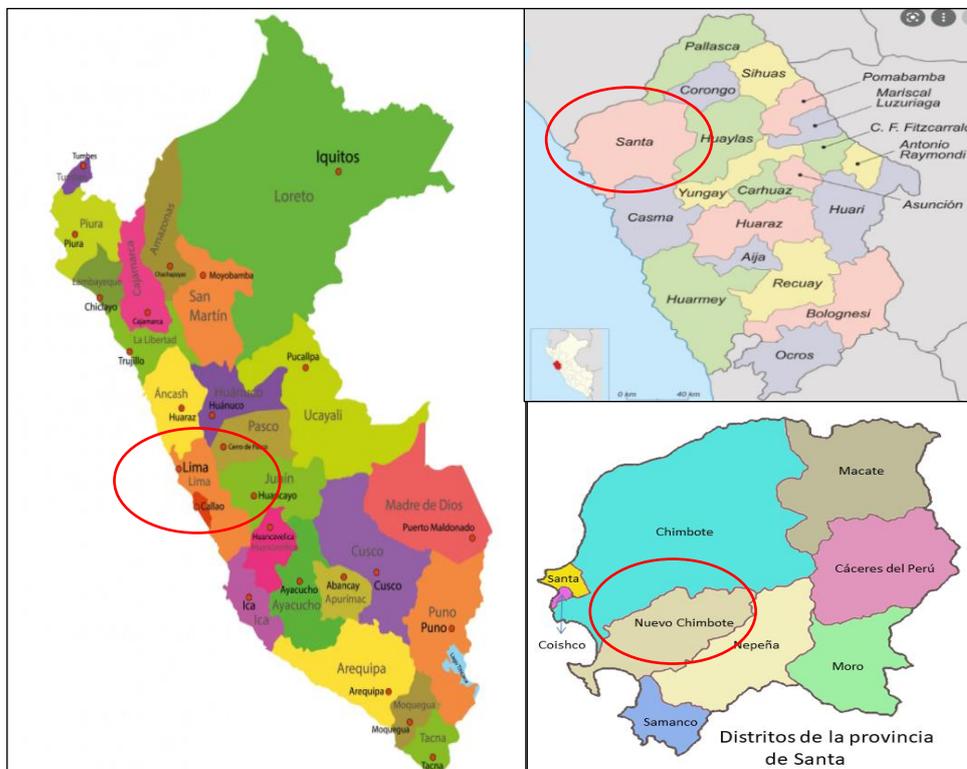
Calificación, Clasificación y Registro de Investigadores

Solicitar Incorporación

Conducta Responsable en Investigación

Fecha: 17/05/2024

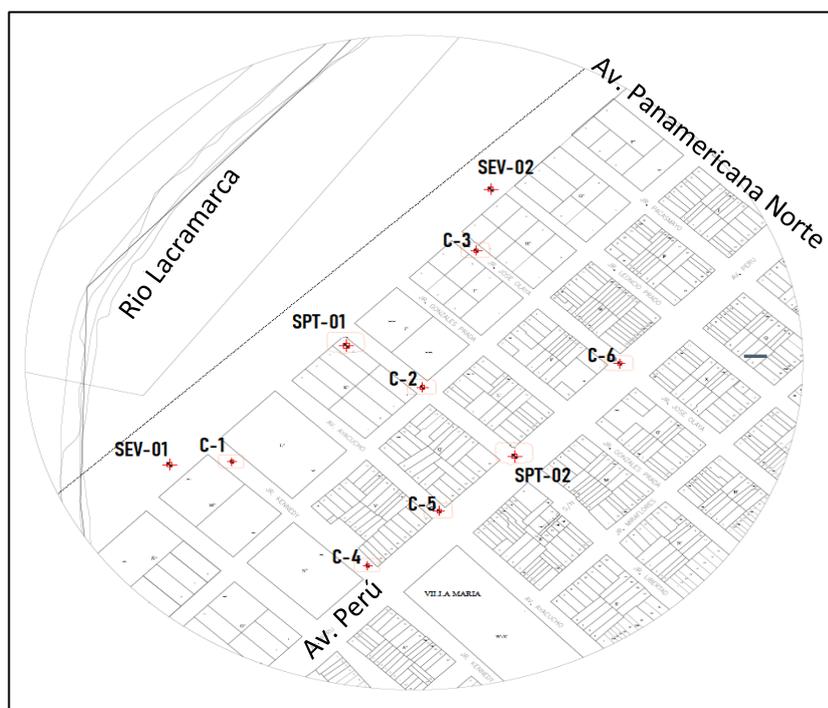
Fotografía 11. Certificación de Conducta Responsable en Investigación (CRI)



Fotografía 12. Localización de la investigación

Coordenadas UTM – WGS84 de las muestras en el área de investigación.

CALICATAS	COORDENADAS ESTE	COORDENADAS NORTE	ALTITUD
C-1	769342.7036	8991545.2373	4.102 msnm
C-2	769538.4358	8991637.8377	4.109 msnm
C-3	769593.9379	8991805.7170	4.108 msnm
C-4	769481.9147	8991419.0379	4.272 msnm
C-5	769555.4744	8991485.9842	4.276 msnm
C-6	769742.0469	8991666.9416	4.276 msnm
SEV-01	769140.00	8991277.00	4.100 msnm
SEV-02	769273.00	8991408.00	4.109 msnm
SPT-01	769459.9948	8991690.2035	4.104 msnm
SPT-02	769633.9687	8991554.5290	4.274 msnm



Fotografía 13. Ubicación de los ensayos realizados