



**FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y
URBANISMO**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS

**Determinación de la velocidad de ondas de corte en los
suelos a partir del ensayo SPT, franja costera Pimentel**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
CIVIL**

Autor:

Bach. Melchor Porras Alex Darwin
<https://orcid.org/0000-0002-7297-9794>

Asesor:

Mg. Reinoso Samame Jorge Antonio
<https://orcid.org/0000-0003-4691-9832>

Línea de investigación:
Infraestructura, Tecnología y Medio Ambiente

Pimentel - Perú
2023

**DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD DE ONDAS DE CORTE EN LOS SUELOS
A PARTIR DEL ENSAYO SPT, FRANJA COSTERA PIMENTEL**

Aprobación del jurado

MG. SEGURA SAAVEDRA WINSTON ENRIQUE
Presidente del Jurado de Tesis

MG. MEDRANO LIZARZABURU EITHEL IVÁN
Secretario del Jurado de Tesis

MG. REINOSO SAMAME JORGE ANTONIO
Vocal del Jurado de Tesis


DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Yo, Alex Darwin Melchor Porras, bachiller egresado de la escuela profesional de ingeniería civil de la Universidad Señor de Sipán S.A.C, declaro bajo juramento que soy autor del trabajo titulado:

DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD DE ONDAS DE CORTE EN LOS SUELOS A PARTIR DEL ENSAYO SPT, FRANJA COSTERA PIMENTEL

El texto de mi trabajo de investigación responde y respeta lo indicado en el Código de Ética del Comité Institucional de Ética en Investigación de la Universidad Señor de Sipán (CIEI USS) conforme a los principios y lineamientos detallados en dicho documento, en relación a las citas y referencias bibliográficas, respetando al derecho de propiedad intelectual, por lo cual informo que la investigación cumple con ser inédito, original y autentico.

En virtud de lo antes mencionado, firman:

Melchor Porras Alex Darwin	DNI: 73114064	
----------------------------	---------------	---

Pimentel, 11 de mayo de 2023.

Dedicatoria

Dedico esta investigación con todo afecto y cariño A mis padres: Félix Melchor Ramon e Ignacia Porrás santos, quienes en todo momento me brindaron su apoyo, comprensión y cariño.

Alex D. Melchor Porrás

Agradecimientos

Con este trabajo expreso mi más profunda gratitud. A mis padres: Félix Melchor Ramon e Ignacia Porras santos, con quienes siempre estaré agradecido por todo el apoyo y comprensión que me brindaron durante esta etapa de investigación ya que sin su ayuda no sería posible presentar este trabajo.

Alex D. Melchor Porras

Índice

Dedicatoria.....	iv
Agradecimientos	v
Índice de Figuras	vii
Índice de tablas.....	x
Resumen	xii
Abstract.....	xiii
I. INTRODUCCIÓN.....	14
1.1. Realidad Problemática.....	14
1.2. Formulación del Problema	19
1.3. Hipótesis.....	19
1.4. Objetivos.....	20
1.5. Teorías Relacionada al Tema	20
II. MATERIAL Y MÉTODO	38
2.1. Tipo y Diseño de Investigación	38
2.2. Variables y operacionalización.....	38
2.3. Población de estudio, muestra, muestreo y criterios de selección.....	41
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.....	41
2.5. Procedimiento de Análisis de Datos.....	43
2.6. Criterios Éticos.....	45
III. RESULTADOS	47
3.1. Resultados de tablas y figuras	47
3.2. Discusión	111
IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	112
4.1. Conclusiones	112
4.2. Recomendaciones:	113
V. REFERENCIAS	114
VI. ANEXOS	119

Índice de Figuras

Fig. 1. suelos gravosos. E.050 Suelos y Cimentaciones. [20]	23
Fig. 2. Suelos arenosos. E.050 Suelos y Cimentaciones. [20]	24
Fig. 3. Suelos cohesivos. E.050 Suelos y Cimentaciones. [20]	25
Fig. 4. Suelos Orgánicos. E.050 Suelos y Cimentaciones. [20].....	26
Fig. 5. Desplazamientos de ondas primarias. [41]	28
Fig. 6. Dirección de las ondas P. [40]	28
Fig. 7. Dirección de la Propagación de las ondas P. [41].....	28
Fig. 8. Desplazamientos de las ondas S. [41]	29
Fig. 9. Dirección de las ondas S. [40]	29
Fig. 10. Propagación de las ondas S en la forma vertical. [41].....	29
Fig. 11. Propagación de las ondas S en la forma horizontal. [41]	30
Fig. 12. Dirección de las ondas Love. [40]	30
Fig. 13. Dirección de la propagación de las ondas Love. [41]	31
Fig. 14. Dirección de las Ondas Reyleigh. [40]	31
Fig. 15. Dirección de la Propagación de las Ondas R. [41]	31
Fig. 16. Ondas Vs y Ensayo SPT. [66].....	34
Fig. 17. Proceso de Investigación.....	43
Fig. 18. Ejecución del Ensayo de Penetración Estándar SPT.....	44
Fig. 19. Identificación de las propiedades del suelo perteneciente al terreno estudiado.	44
Fig. 20. Ensayo MASW, en Franja Costera Pimentel- Lambayeque- Perú.....	45
Fig. 21. Parámetros de resistencia N-SPT del terreno a partir de pruebas SPT (01-09).	55
Fig. 22. Resistencia del terreno Nm-SPT obtenido de las pruebas SPT (01-09).....	56
Fig. 23. Curvas granulométricas prueba SPT-01.	57
Fig. 24. Curvas granulométricas prueba SPT-02.	57
Fig. 25. Curvas granulométricas prueba SPT-03.	58
Fig. 26. Curvas granulométricas prueba SPT-04.	58
Fig. 27. Curvas granulométricas prueba SPT-05.	59
Fig. 28. Curvas granulométricas prueba SPT-06.	59
Fig. 29. Curvas granulométricas prueba SPT-07.	60
Fig. 30. Curvas granulométricas prueba SPT-08.	60
Fig. 31. Curvas granulométricas prueba SPT-09.	61
Fig. 32. Resumen curvas granulométricas perforaciones SPT (01-09).	61
Fig. 33. Porcentaje de finos presente en las muestras de suelo analizadas.	62
Fig. 34. Plasticidad del suelo muestras del perfil SPT-01.	63

Fig. 35. Plasticidad del suelo muestras del perfil SPT-02.	63
Fig. 36. Plasticidad del suelo muestras del perfil SPT-03.	64
Fig. 37. Plasticidad del suelo muestras del perfil SPT-04.	64
Fig. 38. Plasticidad del suelo muestras del perfil SPT-05.	65
Fig. 39. Plasticidad del suelo muestras del perfil SPT-06.	65
Fig. 40. Variación del Limite liquido en las muestras de los perfiles SPT (01-09).	66
Fig. 41. Variación del Índice de plasticidad en las muestras de los perfiles SPT (01-09). ..	66
Fig. 42. <i>Parámetros de resistencia al esfuerzo cortante, perfil SPT-01.</i>	69
Fig. 43. Parámetros de resistencia al esfuerzo cortante, perfil SPT-02.	69
Fig. 44. Parámetros de resistencia al esfuerzo cortante, perfil SPT-03.	69
Fig. 45. Parámetros de resistencia al esfuerzo cortante, perfil SPT-04.	70
Fig. 46. Parámetros de resistencia al esfuerzo cortante, perfil SPT-05.	70
Fig. 47. Parámetros de resistencia al esfuerzo cortante, perfil SPT-06.	70
Fig. 48. Curva de dispersión perfil SPT-01.	72
Fig. 49. Velocidad de propagación de onda de corte Vs30, Perfil SPT-01.	73
Fig. 50. Curva de dispersión perfil SPT-02.	73
Fig. 51. Velocidad de propagación de onda de corte Vs30, Perfil SPT-02.	74
Fig. 52. Curva de dispersión perfil SPT-03.	75
Fig. 53. Velocidad de propagación de onda de corte Vs30, Perfil SPT-03.	76
Fig. 54. Curva de dispersión perfil SPT-04.	76
Fig. 55. Velocidad de propagación de onda de corte Vs30, Perfil SPT-04.	78
Fig. 56. Curva de dispersión perfil SPT-05.	78
Fig. 57. Velocidad de propagación de onda de corte Vs30, Perfil SPT-05.	79
Fig. 58. Curva de dispersión perfil SPT-06.	80
Fig. 59. Velocidad de propagación de onda de corte Vs30, Perfil SPT-06.	81
Fig. 60. Curva de dispersión perfil SPT-07.	81
Fig. 61. Velocidad de propagación de onda de corte Vs30, Perfil SPT-07.	82
Fig. 62. Curva de dispersión perfil SPT-08.	83
Fig. 63. Velocidad de propagación de onda de corte Vs30, Perfil SPT-08.	84
Fig. 64. Curva de dispersión perfil SPT-09.	84
Fig. 65. Velocidad de propagación de onda de corte Vs30, Perfil SPT-08.	85
Fig. 66. Clasificación de los perfiles del suelo de acuerdo a RNE e 0.30.	86
Fig. 67. Relación entre el número de golpes N-SPT y la Velocidad de onda de corte en los estratos superficiales Vsi.	93
Fig. 68. Límites para la relación predictiva de Nm-SPT y Vsi.	96
Fig. 69. Relación estadística predictiva entre la Velocidad de Onda de corte Vsi y el número de golpes Nm-SPT.	96

Fig. 70. Residuos clasificados de la relación predictiva de Nm-SPT y Vsi.	97
Fig. 71. Rendimiento de las relaciones empíricas para Vsi.....	98
Fig. 72. Análisis grafico de ratios de consistencia normalizada.....	100
Fig. 73. Comparación del error relativo porcentual entre Vsi del análisis de regresión y las relaciones empíricas.	100
Fig. 74. Perfil de velocidades de onda de corte en la superficie, sondaje S-01.....	101
Fig. 75. Perfil de velocidades de onda de corte en la superficie, sondaje S-02.....	102
Fig. 76. Perfil de velocidades de onda de corte en la superficie, sondaje S-03.....	103
Fig. 77. Perfil de velocidades de onda de corte en la superficie, sondaje S-04.....	104
Fig. 78. Perfil de velocidades de onda de corte en la superficie, sondaje S-05.....	105
Fig. 79. Perfil de velocidades de onda de corte en la superficie, sondaje S-06.....	106
Fig. 80. Perfil de velocidades de onda de corte en la superficie, sondaje S-07.....	107
Fig. 81. Perfil de velocidades de onda de corte en la superficie, sondaje S-08.....	108
Fig. 82. Perfil de velocidades de onda de corte en la superficie, sondaje S-09.....	109
Fig. 83. Perfil de velocidades de onda de corte en la superficie, sondajes S1-S9.....	110

Índice de tablas

Tabla I Retención de las Partículas	23
Tabla II Medición de las arenas de acuerdo al número de tamiz	24
Tabla III Clasificación de los Perfiles de Suelo.....	35
Tabla IV Relaciones existentes entre SPT-N no corregido y Vsi.....	36
Tabla V Operacionalización de la Variable I	39
Tabla VI Operacionalización de la Variable II	40
Tabla VII Coordenadas UTM de los sondeos de SPT en el distrito de Pimentel	47
Tabla VIII Resultado de la prueba de penetración estándar (SPT-01)	48
Tabla IX Resultado de ensayo de penetración estándar (SPT-2)	48
Tabla X Resultado de ensayo de penetración estándar (SPT-3)	49
Tabla XI Resultado de ensayo de penetración estándar (SPT-4)	49
Tabla XII Resultado de ensayo de penetración estándar (SPT-5).....	50
Tabla XIII Resultado de ensayo de penetración estándar (SPT-6).....	51
Tabla XIV Resultado de ensayo de penetración estándar (SPT-7)	51
Tabla XV Resultado de ensayo de penetración estándar (SPT-8)	52
Tabla XVI Resultado de ensayo de penetración estándar (SPT-9)	53
Tabla XVII Resumen de resultados de resistencia a la penetración estándar.....	54
Tabla XVIII Porcentaje de finos presente en las muestras de suelo analizadas.....	62
Tabla XIX Resumen límites de consistencia de las muestras analizadas SPT (01-09)	67
Tabla XX Resumen de la clasificación de suelos por la metodología SUCS.....	68
Tabla XXI Resumen de los parámetros de Resistencia al esfuerzo cortante	71
Tabla XXII Velocidad de propagación de onda de corte Vs30, Perfil SPT-01	72
Tabla XXIII Velocidad de propagación de onda de corte Vs30, Perfil SPT-02	74
Tabla XXIV Velocidad de propagación de onda de corte Vs30, Perfil SPT-03	75
Tabla XXV Velocidad de propagación de onda de corte Vs30, Perfil SPT-04	77
Tabla XXVI Velocidad de propagación de onda de corte Vs30, Perfil SPT-05	79
Tabla XXVII Velocidad de propagación de onda de corte Vs30, Perfil SPT-06	80
Tabla XXVIII Velocidad de propagación de onda de corte Vs30, Perfil SPT-07	82
Tabla XXIX Velocidad de propagación de onda de corte Vs30, Perfil SPT-08	83
Tabla XXX Velocidad de propagación de onda de corte Vs30, Perfil SPT-09	85
Tabla XXXI Clasificación de los perfiles del suelo en función de la velocidad de ondas de corte Vs30.....	86
Tabla XXXII Valores Nm-SPT y Vsi de las mediciones en situ, perfil S-1.....	87
Tabla XXXIII Valores Nm-SPT y Vsi de las mediciones en situ, perfil S-2.....	87
Tabla XXXIV Valores Nm-SPT y Vsi de las mediciones en situ, perfil S-3.....	88
Tabla XXXV Valores Nm-SPT y Vsi de las mediciones en situ, perfil S-4.....	88

Tabla XXXVI Valores Nm-SPT y Vsi de las mediciones en situ, perfil S-5	89
Tabla XXXVII Valores Nm-SPT y Vsi de las mediciones en situ, perfil S-6	89
Tabla XXXVIII Valores Nm-SPT y Vsi de las mediciones en situ, perfil S-7	90
Tabla XXXIX Valores Nm-SPT y Vsi de las mediciones en situ, perfil S-8	90
Tabla XL Valores Nm-SPT y Vsi de las mediciones en situ, perfil S-9	91
Tabla XLI Resumen de datos N, Nm-SPT y Vsi de las mediciones en situ	92
Tabla XLII Parámetros estadísticos de la relación inicial de Nm-SPT y Vsi	93
Tabla XLIII Análisis de varianzas Anova para la relación inicial.....	93
Tabla XLIV Datos ordenados respecto de Nm-SPT y Vsi tomados en situ	94
Tabla XLV Análisis de Regresión para valores N-SPT y Vsi.....	95
Tabla XLVI Comparación entre relaciones empíricas para Vs y Vsi del análisis de regresión.	97
Tabla XLVII Ratios de consistencia normalizada entre Vsi del análisis de regresión y las relaciones empíricas	99
Tabla XLVIII Comparación del error relativo porcentual entre Vsi del análisis de regresión y las relaciones empíricas.....	100
Tabla XLIX Velocidades de onda Vsi, a partir de relaciones empíricas Sondeo S-01.....	101
Tabla L Velocidades de onda Vsi, a partir de relaciones empíricas Sondeo S-02.....	102
Tabla LI Velocidades de onda Vsi, a partir de relaciones empíricas Sondeo S-03.....	103
Tabla LII Velocidades de onda Vsi, a partir de relaciones empíricas Sondeo S-04.....	104
Tabla LIII Velocidades de onda Vsi, a partir de relaciones empíricas Sondeo S-04.....	105
Tabla LIV Velocidades de onda Vsi, a partir de relaciones empíricas Sondeo S-06	106
Tabla LV Velocidades de onda Vsi, a partir de relaciones empíricas Sondeo S-07	107
Tabla LVI Velocidades de onda Vsi, a partir de relaciones empíricas Sondeo S-08	108
Tabla LVII Velocidades de onda Vsi, a partir de relaciones empíricas Sondeo S-09	109

Resumen

En este trabajo se investigó la relación entre la velocidad de la onda de corte V_{si} y el recuento del número de golpes (Nm-SPT) de la prueba de penetración estándar, para varias categorías de suelos arenosos con presencia de arcillas, limos y gravas. Con el objetivo de obtener una ecuación basada en el análisis de regresión de la estadística predictiva, desarrollada a partir de estimaciones lineales. Se analizaron 47 pares de datos recopilados de las mediciones de campo de la resistencia a la penetración estándar Nm-SPT y la velocidad de ondas de corte V_{si} de la prueba de refracción sísmica MASW, efectuadas en el terreno ubicado en la franja costera del distrito de Pimentel, provincia de Chiclayo, Lambayeque en Perú. Los resultados del análisis de regresión indican que existe una buena relación entre el número de golpes Nm-SPT (golpes sin corregir) y la velocidad ondas de corte V_{si} , donde se obtuvieron valores de desviación estándar menores en comparación con la desviación estándar de las ecuaciones propuestas en la bibliografía existente para el mismo número de golpes Nm-SPT. Se concluye que el número de golpes Nm de la prueba SPT es el parámetro más influyente en la relación, mientras que el tipo de suelo, los contenidos de finos y la plasticidad no tienen un efecto significativo en la estimación de V_{si} y la relación propuesta en esta investigación puede tomar en cuenta valores de Nm-SPT mayores a 50 golpes/pie.

Palabras clave: Velocidad de la onda de corte (V_{si}); número de golpes (Nm-SPT); prueba de penetración estándar SPT; prueba de refracción sísmica MASW; análisis de regresión; suelos arenosos con presencia de arcillas y limos.

Abstract

In this paper, the relationship between the shear wave velocity V_{Si} and the number of blows count (Nm-SPT) of the standard penetration test was investigated for several categories of sandy soils with presence of clays, silts and gravels. With the objective of obtaining an equation based on regression analysis of predictive statistics, developed from linear estimations. 47 pairs of data collected from field measurements of standard penetration resistance Nm-SPT and shear wave velocity V_{Si} from the MASW seismic refraction test, carried out in the field located in the coastal strip of the district of Pimentel, province of Chiclayo, Lambayeque in Peru, were analyzed. The results of the regression analysis indicate that there is a good relationship between the number of blows Nm-SPT (uncorrected blows) and the shear wave velocity V_{Si} , where lower standard deviation values were obtained in comparison with the standard deviation of the equations proposed in the existing literature for the same number of blows Nm-SPT. It is concluded that the number of blows Nm of the SPT test is the most influential parameter in the relationship, while soil type, fines content and plasticity do not have a significant effect on the estimation of V_{Si} and the relationship proposed in this research can take into account values of Nm-SPT greater than 50 blows/foot.

key words: shear wave velocity (V_{Si}); number of blows (Nm-SPT); SPT standard penetration test; MASW seismic refraction test; regression analysis; sandy soils with presence of clays and silt

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad Problemática

En Londres, Ulmer et al., [1], señalan que ante la carencia de mediciones reales de la velocidad de la onda de corte en situ (V_{si}), una práctica común es utilizar los datos de las pruebas de campo SPT ó CPT, para estimar los valores de V_{si} , aplicando ecuaciones estadísticas propuestas en las correlaciones empíricas desarrolladas por diferentes autores, que sin embargo, no existe la certeza de la aplicabilidad de estas ecuaciones a cada tipo de terreno debido a la variabilidad, que presentan, los diferentes tipos de suelos estratificados y sus condiciones particulares de sitio, por lo que muchas veces estas relaciones pueden generar valores significativamente diferentes de los reales de V_{si} , y en la mayor parte de los casos estos resultan siendo sobrestimados, obteniéndose así una dudosa clasificación del sitio.

En Taiwán, Lu & Hwang [2], consideran que la velocidad de la onda de corte de los 30 m superiores es un parámetro crítico en la caracterización de un perfil del subsuelo para la determinación de la clase de un sitio sísmico. Dado que V_{s30} es un índice cuantitativo medible mediante técnicas geofísicas y se vuelve popular y de uso común en la práctica por lo que suele estimarse en base a ensayos de campo como el SPT, Sin embargo, la V_{s30} de un sitio puede variar sobrestimándose y pudiendo dar como resultado una clase de sitio sísmico y una fuerza cortante de diseño sísmico diferentes de los reales.

En India, Bajaj & Anbazhagan [3], indican que hasta la actualidad en la cuenca de Indo-Gagetic Basin, compuesta por sitios de depósitos gruesos, de diferentes tipos de suelo suelto, no se han efectuado ni estudios sísmicos del sitio, ni la determinación de la velocidad de ondas de corte y que durante los terremotos pasados, la mayoría de estos sitios han experimentado daños severos debido a los efectos locales de sitio o a la ocurrencia de la licuación del suelo, que generaron significativas, pérdidas económicas y humanas, los registros históricos de los terremoto de Cachemira de 2005; terremoto de Nepal de 2015) indican una amplificación de 2 a 4 veces en la aceleración máxima del suelo, por lo que la

caracterización y clasificación de los depósitos profundos de suelo de la cuenca IGB es la primera necesidad para estudiar la amplificación de ondas sísmicas en la región.

Según (Motaleb Nejad, Nega Manahiloh, & Sadegh Momeni [4]. la caracterización sísmica de un sitio es necesaria para minimizar los daños causados por los terremotos que puedan afectar la infraestructura de un sitio, por lo que urge la necesidad efectuar caracterizaciones dinámicas de sitio que proporcionen modelos robustos para la evaluación sísmica de la sostenibilidad de un sitio durante los peligros naturales. Uno de los enfoques más antiguos pero eficientes de caracterización sísmica se realiza mediante la obtención sistemática de modelos estadísticos que estiman la respuesta de las capas del suelo a las excitaciones sísmicas. La incorporación de un conjunto de propiedades geotécnicas apropiadas juega un papel fundamental en la eficiencia de tales modelos. En cuestión a eso la velocidad de la onda de corte se usa ampliamente para este propósito debido a la fuerte correlación con el módulo de corte máximo (G_{max}) de un suelo, que es un indicador de suma importancia en el análisis de terremotos. Ya que se puede correlacionar con el potencial de deformación de un sitio dado durante una acción sísmica.

Kumar et al. [5], especifica que, en el sur del Perú los terremotos que se han presentados en los últimos años y siendo uno de los países declarada en zona roja en sismos, han realizado estudios para los sismos empleando datos de estaciones tele sísmicas, donde también han hecho una recolección de los pequeños sismos que se han estado dando en los últimos años para convertirlas en ecuaciones empíricas. Wagner & Okal [6], en Pucallpa se encuentra en el centro este del Perú, es uno de los lugares visible a primer orden como un grupo de terremotos de profundidad intermedia que se encuentran a unos 200 km al este del orógeno andino.

Viveen & Schlunegger [7], Perú ha sido considerado como uno de las Zonas de subducción sobre una placa oceánica y occidental. Es más, las informaciones sísmicas de la costa, especifican la existencia de las fallas que son normales a un punto de gran escala

paralela y perpendicular al margen, y demuestra la existencia de medio tardío a las rocas sedimentarias y sedimentos que está distribuido en todo el margen.

Wei & Huajian [8], especifica que la losa plana bajo el norte de Perú ha sido estudiada durante varias décadas, y se han propuesto muchos mecanismos posibles para explicar su formación tales como la subducción mesetas y dorsales oceánicas. El terremoto ocurrido el 26 de mayo del 2019 se produjo en el borde delantero de la losa plana peruana, donde dicha losa se repliega y se hunde a mayor profundidad, por ende, el estudio del proceso de rotura de este terremoto puede ayudarnos entender dicha relación e influencias con una losa de morfología flexionada.

La ciudad de Pimentel está cerca al mar, tiene un suelo arenoso donde las edificaciones realizadas corren un riesgo por no tener un estudio de microzonificación, ya que mediante esto se podría tener las precauciones ante un sismo. Siendo evaluada con una ecuación empírica mediante V_s a una profundidad de 30 m.

Trabajos Previos

Ataee et al., [9] en su investigación titulada, Estimating shear wave velocity of soil using standard penetration test (SPT) blow counts in Mashhad city, en Mashhad. Con el objetivo de determinar las correlaciones de V_s mediante el ensayo SPT para los suelos arenosos, gravosos y arcillosos de la Región Noroeste de Irán. determinaron las ecuaciones que relacionan los valores de V_s y N-SPT para suelos arenosos, gravosos y arcillosos, llegando hasta profundidades de 30 m; señalan que estas ecuaciones pueden ser aplicadas en el lugar que se realizó el estudio y otros lugares similares y pueden ser aplicadas para la microzonificación sísmica, el análisis de respuesta del suelo y la evaluación de riesgo sísmico.

Jiang et al., [10] en su investigación titulada, Estimation of Time-Averaged Shear Wave Velocity (SWV) to 30 m Considering Site SWV structural Characteristic, en China. Esta investigación tiene por objetivo determinar el V_{s30} , donde este parámetro, ha sido aplicada para especificar las clases del suelo del sitio de estudio para una construcción. Las

perforaciones en los lugares de estudio son menores a 30 m, esto especifica que los valores de Vs30 no pueden ser determinados en función del perfil de velocidad, por lo que se llegó a determinar parámetros para la construcción mediante las velocidades del perfil del sitio, donde se tomó en consideración un ajuste β_H . como resultado la velocidad de ondas S promedio (Vs30) están relacionados al parámetro β_H .

En Taiwan, Tsai et al., [11] en su investigación titulada, Unified correlation between SPT-N and shear wave velocity for a wide range of soil types considering strain-dependent behavior, en Taiwán. Con el objetivo de determinar una correlación empírica unificada para los diferentes tipos de suelos mediante el Vs, desarrollaron correlaciones empíricas mediante las relaciones de Vs de con el número de golpes del ensayo SPT, encontrando que también depende de otras variables como: del estrés de confinamiento CN, CF y IP, como resultado obtuvieron una correlación exitosa aplicable para la región de Taiwán y sus diferentes tipos de suelos, obteniendo valores de desviación estándar promedio de 0.26, con un residuo medio de 0.058

Thamarux et al., [12] en su investigación titulada, Vs30 Seismic Microzoning Based on a Geomorphology Map: Experimental Case Study of Chiang Mai, Chiang Rai, and Lamphun, Thailand, en Tailandia. Con el objetivo de realizar mapas de microzonificación sísmica, empleando informaciones de metodologías existentes, para luego determinar las respuestas sísmicas de rigidez del suelo. Emplearon un mapa de geomorfología como base, asignándole una Vs30, ya que se recolectaron información mediante el método de auto correlación espacial (SPAC) y obtuvieron los valores de Vs30 a partir de las ondas Reyleigh, para concluir con la microzonificación sísmica de los suelos rígidos y de rocas blandas en todo el sitio de estudio amplificaciones relativas muy altas.

Trujillo [13] en su investigación titulada, Correlación Empírica Entre la Velocidad de Propagacion de las Ondas s (Vs) y el resultado de ensayos de resitencia a la Penetración Estandar, aplicados a los suelos Departamento de Huila, Putumayo y Casanara – Colombia,

en Huancavelica. Con el objetivo de determinar las correlaciones empíricas mediante el Vs, empleando el Ensayo (SPT). Realizó un análisis de los resultados obtenidos de fuentes externas correspondientes a investigaciones de otros autores, con el objetivo de obtener una ecuación que relacione la velocidad de la onda de corte del ensayo MASW con los valores obtenidos de las pruebas N-SPT, determinándose que existe una buena relación puesto que se obtuvo un coeficiente de correlación $R^2=0.8792$.

Nalvarte & Oyarce [14] en su investigación titulada, Obtención de Perfil de Velocidad de Ondas de Corte mediante la Inversión del Cociente Espectral H/V en el Distrito de Santa Rosa – Lima, en Lima. Con el objetivo de comparar los perfiles sistemáticos del Vs, obtenidos mediante el cociente espectral H/V empleando el MASW. utilizaron métodos de optimización no lineal, recopilando información con respecto a los ruidos sísmicos ambientales, realizadas por el Instituto Geofísico del Perú, por ende, con lo que realizaron la digitalización para la curva H/V mediante el programa Geopsy-Dinver, que permite generar la inversión de H/V, que genera modelos en 1d los cuales compararon con los perfiles obtenidos con el ensayo MASW llegando a un resultado muy cercano con un error de 0.1, de esta manera también se obtuvieron la estratigrafía de Vs con profundidad a 30m cuyo valor son menores a 600 m/s.

Condori [15] en su investigación titulada, Caracterización Estratigráfica y Microzonificación Sísmica del Distrito de Chimbote mediante el Ensayo MASW, en Chimbote. Con el objetivo determinar la estratigrafía y microzonificación sísmica empleando el método MASW mediante la interpretación de los perfil de velocidad de onda de corte Vs y los análisis de vibración del suelo. La Norma E.030 del 2016 de Diseño Sismorresistente y el periodo fundamental de vibraciones del suelo aplican una metodología que permite determinar el perfil del suelo y las Vs30. Como resultado de la investigación se llega a determinar la variación de rigidez del terreno que depende de la Vs siendo estas entre 500 - 1500m/s.

En Pimentel, según [16] en la investigación titulada “Mapa de Peligro Sísmico Pimentel” el objetivo de esta investigación es formular un Mapa de Peligro Sísmico en la

ciudad de Pimentel, debido a la falta de estudio y la planificación de directores de la ubicación de los centros urbanos y de las obras de infraestructuras necesarias, están en una zona de peligro. Por ser un lugar que está en la zona de suelos arenoso cerca al mar, donde también no se ha realizado una investigación de respuesta sísmica del sitio.

Justificación e Importancia del Estudio

Científica

Zonificar el uso de suelo, porque es de suma importancia ya que permitirá evaluar en los diseños de estructuras existentes y cimentaciones ante un evento sísmico que se pueda presentar en el Distrito de Pimentel.

Social

Debido a que la población no cuenta con estudios para la evaluación sísmica del sitio, en esta investigación con los resultados que se ha obtenido se le beneficiara dicha información para los diseños ingenieriles que se realizaran en el Distrito de Pimentel.

Económica

En esta investigación se pretende reducir los riegos y fallas que puede ser ocasionada por un evento sísmico, ya que se cuenta con la respuesta sísmica del lugar que es el Distrito de Pimentel.

1.2. Formulación del Problema

¿Cuál es la relación entre la velocidad de ondas de corte y el número de golpes de la prueba de penetración estándar SPT, en los suelos de la franja costera de Pimentel?

1.3. Hipótesis

Si existe una buena relación entre el número de golpes (Nm-SPT), de la prueba de penetración estándar y la velocidad de onda de corte (V_{si}) de la prueba geofísica MASW, entonces se puede determinar los perfiles de la velocidad ondas de corte en los suelos de la franja costera del Distrito de Pimentel.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Determinar la relación entre la velocidad de ondas de corte y la resistencia a la penetración estándar del ensayo SPT, en los suelos de la franja costera de Pimentel.

1.4.2. Objetivos específicos

1. Obtener el parámetro de resistencia del suelo N_m -SPT, mediante pruebas de penetración estándar
2. Obtener los parámetros físicos y mecánicos de los suelos a partir de las muestras ensayadas en laboratorio.
3. Determinar los perfiles de velocidad de ondas de corte, a partir de las pruebas geofísicas MASW.
4. Obtener la relación entre el número de golpes N_m -SPT y la velocidad de propagación de ondas de corte del ensayo MASW.

1.5. Teorías Relacionada al Tema

1.5.1. Resistencia del suelo a la penetración estándar (N_m -SPT)

muchos parámetros de diseño de un suelo están asociados con la prueba de penetración estándar (SPT), que es una prueba dinámica en situ, que consiste en introducir en el suelo, una cuchara toma muestra de 45 cm en tres incrementos sucesivos de 15 cm cada uno, con el impacto de un martillo de masa de 63,5 kg en caída libre a una distancia de 76 cm sobre un yunque montado encima de las barras de perforación. Cuyo resultado es el número de golpes necesarios para hacer avanzar el muestreador los últimos 30 cm acumulados (N_m -SPT), esta prueba es un indicador importante en los estudios de sitio y se utiliza ampliamente para describir las características de un suelo. [17]

1.5.1.1. Conceptos básicos de mecánica de Suelos

Mora et al. [18] se refieren al suelo como un material descompuesto por las rocas que esta atacada por los agentes atmosféricos. Villegas-Santiago et al. [19] afirman que, el suelo es la parte donde se apoyan las estructuras.

Tipos de suelos

En la Norma Peruana E.050 Suelos y Cimentaciones [20], menciona los tipos de suelos, donde estas se obtienen mediante los ensayos realizados in situ, y luego son llevados a un laboratorio para realizar su análisis y especificar el tipo de suelo.

Das [21] nos menciona que, la clasificación de los suelos puede ser en grupos y subgrupos, donde estas son parte de las propiedades que caracterizan el suelo y el comportamiento que esta ejerce a la ingeniería, ya que estas son variadas en sus propiedades. Para determinar la clasificación de suelos, existen dos sistemas que son empleados para la distribución granulométrica y la contextura del suelo, como primer sistema tenemos al AASHTO que es denominada como American Association of State Highway Officials, donde dicho sistema en los Estados Unidos es empleado para departamentos a la ruta de carretera estatal y como segundo sistema tenemos al SUCS que es denominado como Sistema Unificado de Clasificación de Suelos, mayormente este método es utilizado por los ingenieros geotécnicos.

Los investigadores Mahmood et al. [22] nos mencionan que, los tipos de suelos que afectan el diseño de la cimentación son: suelos Cohesivos, suelos granulares, suelo granular con fino y suelos de alta o baja plasticidad, de tal manera, que nos recomienda los investigadores mencionados que, en momento de realizar un diseño estructural y de cimentación se debe emplear los Mapas Geotécnicos.

Por otra parte Ramírez et al. [23] afirma que, existen dos parámetros tanto como en la geotecnia y la mecánica de suelos, donde se caracterizan a los suelos, tenemos: como primero está al ángulo de fricción interna esta es muy importante para evaluar la resistencia del suelo y su comportamiento, donde también se puede considerar en la estabilidad de taludes, cimientos y excavaciones; y como segundo tenemos la compresibilidad se emplea para evaluar el asentamiento sobre las cargas que recibe el suelo. Estos parámetros se determinan mediante SPT y CPT.

Suelos granulares

Son también conocidos como suelos no cohesivos o friccionantes. Según los autores Nikolinakou et al., [24], debido a que se realiza el huso de granulometría mínima, por su partícula que son de gran tamaño, se hace el ensayo de presiometría, tanto como para gruesos y densos.

Los investigadores Ghorbani et al., [25] mencionan que, en los suelos granulares se especifica dos grandes grupos como las gravas y las arenas, ya que mayormente estas son obtenidas mediante la granulometría, por las características de mecánica y resistencia que tienen cada uno de ellas, de tal forma que determina el ángulo de fricción interna y módulo de compresibilidad.

Gravas

Las gravas provienen del tipo de roca sedimentaria detríticas, que esta se forma de manera natural, donde también pueden formarse de manera artificial de rocas y minerales. Tal manera que las gravas se forman y se mantienen en granos finos y gruesos (Salinas et al., 2017). Las gravas dicho de una manera general se ubican en los ríos que son transportadas y estas a su vez se llegan a formar un grupo de particular en la margen de los ríos, donde también se a formar por materiales de rocas.

En el manual de ensayos de materiales [26], nos especifica que las gravas que pasan por la maya de 75 mm (3") y las que se retienen es en la malla de 4.75 mm (N°4), de tal manera que estas están en dos partes tal como se menciona en la **tabla I**.

Tabla I

Retención de las Partículas

Gravas gruesas	Gravas finas
Pasa por la maya de 75 mm (3") y es retenida en la maya de 19.0 mm (3/4")	Pasa el tamiz 19.0 mm (3/4") y es retenida en el tamiz de 4.75 mm (N°4)





GRAVA Y SUELOS GRAVOSOS	GW		GRAVA BIEN GRADUADA
	GP		GRAVA MAL GRADUADA
	GM		GRAVA LIMOSA
	GC		GRAVA ARCILLOSA

Fig. 1. suelos gravosos. E.050 Suelos y Cimentaciones. [20]

Arenas

Las arenas se obtienen de la descomposición de las rocas o por trituraciones artificiales, pudiéndose encontrar en distintos lugares tales como: minas, mar, ríos. Este tipo de material tiene dimensiones que varían de 2mm y 0.05 mm de diámetro.

Según el manual de ensayos de materiales [26], se especifica que las arenas son provenientes de las rocas, y estas al realizar su granulometría donde se distinguen con la maya de 4.75mm – N°4 que esta pasa y la maya de 75 µm – N°200 donde se retiene, para esto se distingue dependiendo el tipo de arena en mediana gruesa y fina, donde se presenta mediante una tabla.

Tabla II

Medición de las arenas de acuerdo al número de tamiz

Arena gruesa	Arena media	Arena fina
Que pasa por la maya 4.75 – N°4 y esta se retiene en la maya 2.0 mm – N°10	Que pasa por la maya 2.0 mm – N°10 y esta se retiene en el tamiz e 425 µm – N°40	Que pasa el tamiz 425 µm – N°40 y esta se retiene en el tamiz de 75 µ - N°200

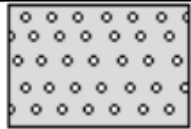
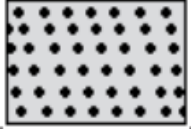
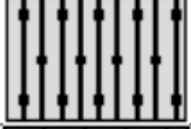
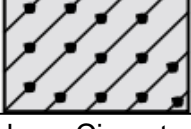
ARENA Y SUELOS ARENOSOS	SW		ARENA BIEN GRADUADA
	SP		ARENA MAL GRADUADA
	SM		ARENA LIMOSA
	SC		ARENA ARCILLOSA

Fig. 2. Suelos arenosos. E.050 Suelos y Cimentaciones. [20]

Suelos cohesivos

En Geotecnia 224 [27] se menciona que, los suelos cohesivos se caracterizan por sus grupos que son las Arcillas y limos, siendo esta de importancia en conocer sus propiedades de cada uno de ellas para prevenir y tomar medidas adecuadas, ya que son de comportamientos diferentes por sus propiedades plásticas.

Limo

Los limos debido a su baja resistencia se diferencian en dos como orgánicos e inorgánicos, por su poca plasticidad que tienen cada uno de ellas. [28]

Arcilla

este material es resistente cuando se encuentra seco, siendo esta también un material compuesto de partículas muy finas, donde se forman por partículas muy pequeñas siendo de tamaño de 2 micras y pasan por el tamiz de 75 μm – N°200; este material tiene un índice de plasticidad de mayor o igual a 4, también se puede decir que si este material se llega a mezclar con agua sus propiedades se vuelven plásticas [29].


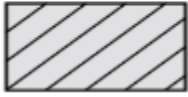




LIMOS Y ARCILLAS (LL < 50)	ML		LIMO INORGÁNICO DE BAJA PLASTICIDAD
	CL		ARCILLA INORGÁNICA DE BAJA PLASTICIDAD
	OL		LIMO ORGÁNICO O ARCILLA ORGÁNICA DE BAJA PLASTICIDAD
LIMOS Y ARCILLAS (LL > 50)	MH		LIMO INORGÁNICO DE ALTA PLASTICIDAD
	CH		ARCILLA INORGÁNICA DE ALTA PLASTICIDAD
	OH		LIMO ORGÁNICO O ARCILLA ORGÁNICA DE ALTA PLASTICIDAD

Fig. 3. Suelos cohesivos. E.050 Suelos y Cimentaciones. [20]

Suelos orgánicos

Según Taxa [30] nos menciona que, este material se encuentra en la superficie de la tierra a los primeros metros, siendo compuesta por el origen animal y vegetal, ya que es un material empleado para el crecimiento de las plantas y no es recomendable para que se apoyen sobre ellas las Estructuras Diseñadas por la Ingeniería por su baja capacidad portante.

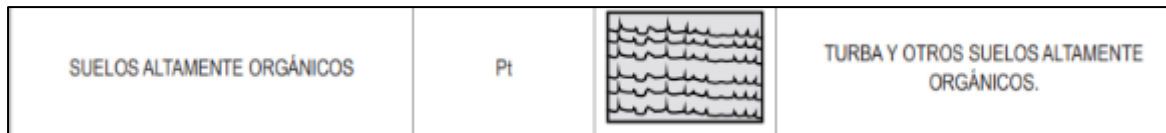


Fig. 4. Suelos Orgánicos. E.050 Suelos y Cimentaciones. [20]

1.5.2. Velocidad de la onda de corte V_{si}

Variación del VS con el tipo de suelo

El efecto del tipo de suelo en la estimación de V_{si} con los valores Nm-SPT corregidos y no corregidos se observa a partir de correlaciones no corregidas de la figura 10(a) que para un valor constante de SPT-Nm, el valor de VS para todos los tipos de suelo, suelos de grava, arenosos y arcillosos muestra una ligera variación y esto significa que el tipo de suelo no tiene efectos significativos en estas correlaciones. Este hallazgo es consistente con los hallazgos de Sykora y Stokoe (1983), Sisman (1995), Iyisan (1996), [31] y [17]

en zonas con condiciones geológicas similares no es necesario separar las correlaciones entre VS y Nm-SPT en función del tipo de suelo, el valor de VS para todos los tipos de suelo y para los suelos arenosos y arcillosos muestra una pequeña variación. y en el caso de los suelos con grava, el valor de VS es elevado en comparación con otros grupos de suelos especialmente para valores de Nm-SPT > 20. Esto implica que el tipo de suelo influye en los valores de VS en un lugar determinado solo en el caso de que se utilicen correlaciones corregidas. [9]

1.5.2.1. Conceptos básicos de Ondas sísmicas

El investigador Ordóñez [32] menciona que, las ondas sísmicas son energías que se liberan desde un foco de un terremoto, ya que la propagación está sometida de las propiedades elásticas de las rocas.

Por otro lado, el investigador Pérez [33] especifica que, las ondas sísmicas son energías que se deslizan a través de los estratos con una propagación que esta depende del tipo de terreno en el lugar que se presente.

Como también los investigadores Sil & Haloi [34] menciona que, las ondas sísmicas se generan por que capturan las ondas en la zona de transición entre las franjas de sedimentos las rocas.

Los autores Liu et al., [35] especifican que, las ondas sísmicas se trasladan desde el foco del epicentro hasta la superficie y estas se adaptan a los cambios de las magnitudes debido al lugar y al tipo de terreno en la que se puede presentar.

Los autores Fernandez & Vazques [36], señalan que la generación de ondas sísmicas obedece a la rotura de una roca, producida por un movimiento sísmico y se propagan desde su interior hasta la superficie del terreno, formando así las ondas de comprensión y de corte (P) y (S), las primarias se mueven en la dirección de la propagación, mientras que las ondas secundarias oscilan perpendicularmente a dicha dirección. Ambos tipos pueden experimentar cambios debidos al amortiguamiento del terreno, por lo general tienden a amplificarse, mientras que la distancia al epicentro tiende a disminuir la energía específica, Sin embargo, la energía total permanece constante.

Tipos de ondas sísmicas

Ondas de cuerpo

El investigador Lazcano [37] nos indica que, estas ondas se desplazan por la parte interna de la tierra, de tal forma que esta se subdivide en ondas primarias (V_p) y secundaria (V_s).

Ondas primarias

Los investigadores Miao et al., [38] mencionan que, estas ondas primarias también denominadas como ondas P u ondas de comprensión, donde estas ondas viajan en la dirección de la propagación ya que se pueden trasladar en cualquier tipo de material. Esta onda en la velocidad que se transportan se le denomina V_p .

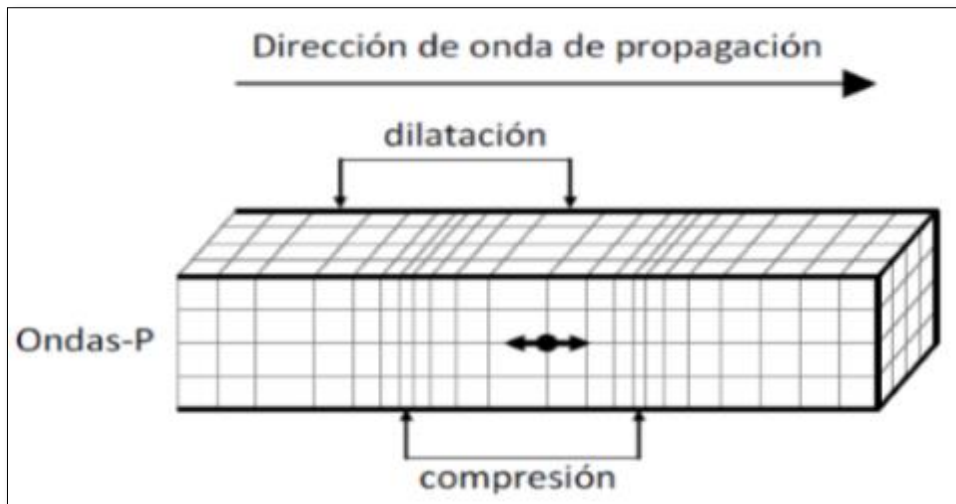


Fig. 5. Desplazamientos de ondas primarias. [41]

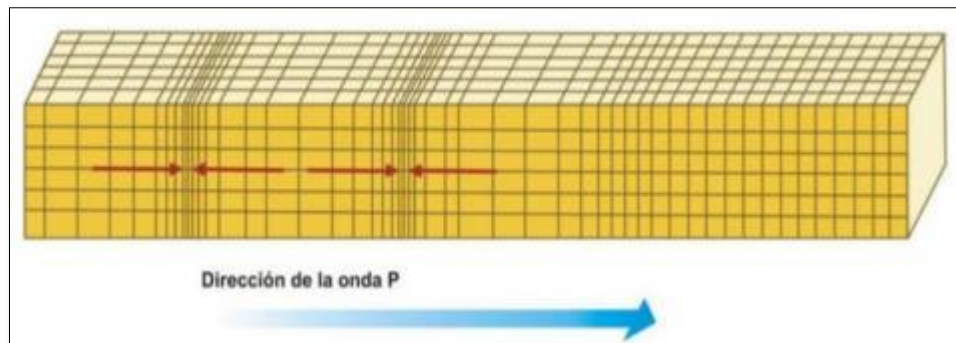


Fig. 6. Dirección de las ondas P. [40]

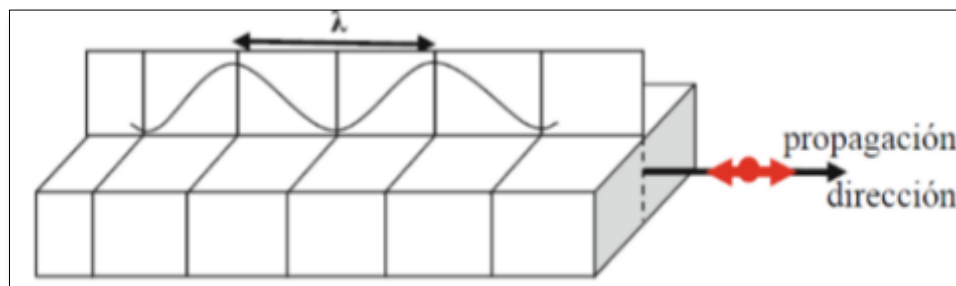


Fig. 7. Dirección de la Propagación de las ondas P. [41]

Ondas secundarias

Los autores Shreyasvi et al., [39] mencionan que, estas ondas se conocen como las ondas S u ondas de corte, este tipo de ondas se desplazan perpendicular a la propagación de forma vertical desde el punto de formación de roca subyacente, estas ondas como tienen una velocidad que se transportan se le denomina como V_s .

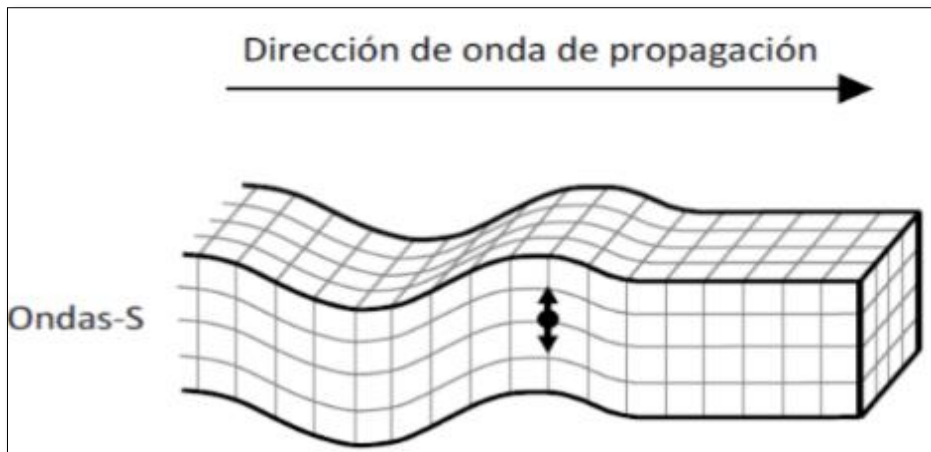


Fig. 8. Desplazamientos de las ondas S. [41]

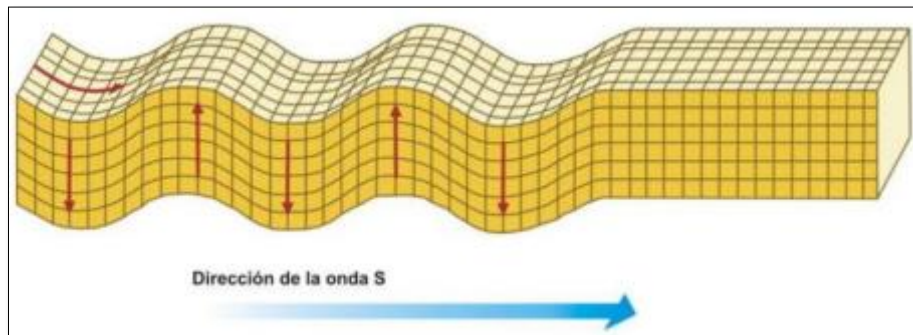


Fig. 9. Dirección de las ondas S. [40]

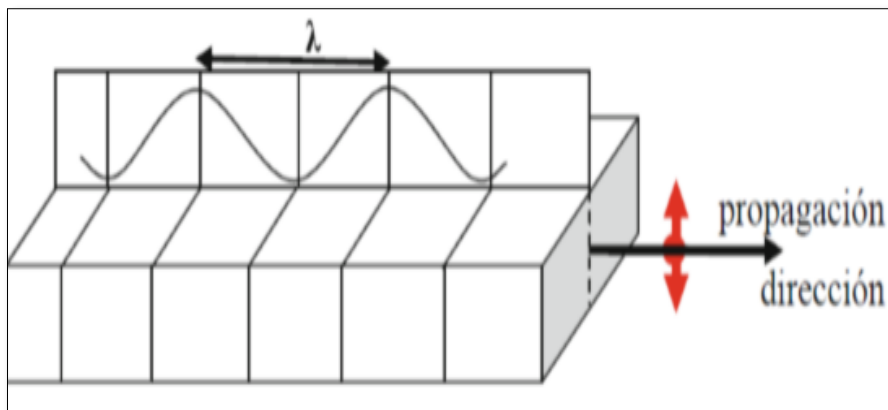


Fig. 10. Propagación de las ondas S en la forma vertical. [41]

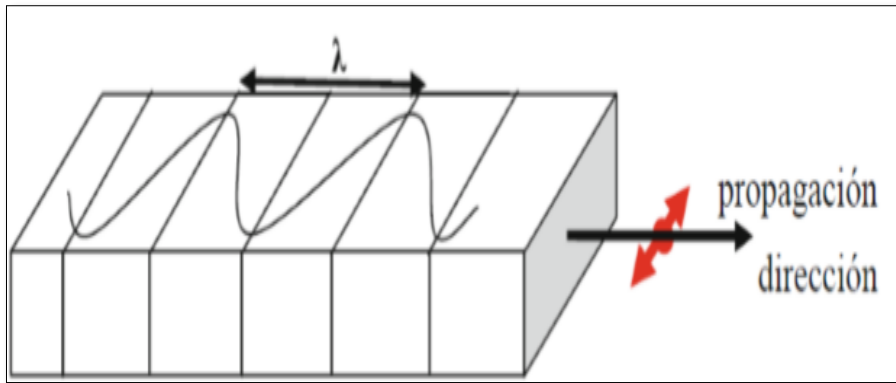


Fig. 11. Propagación de las ondas S en la forma horizontal. [41]

Ondas superficiales

Los autores Rahman et al., [42], especifican que, las ondas mayormente viajan sobre la primera capa de la tierra, ya que estas ondas a gran profundidad sea la propagación esta disminuye, donde estas ondas se presentan de dos formas como ondas Love y ondas Rayleigh.

Ondas Love

El autor Villarreal [43] indica que, las ondas Love es la más rápida que las ondas Rayleigh, ya que estas ondas Love son las que causan los daños de manera rápida a la superficie, y son paralelas a la propagación.

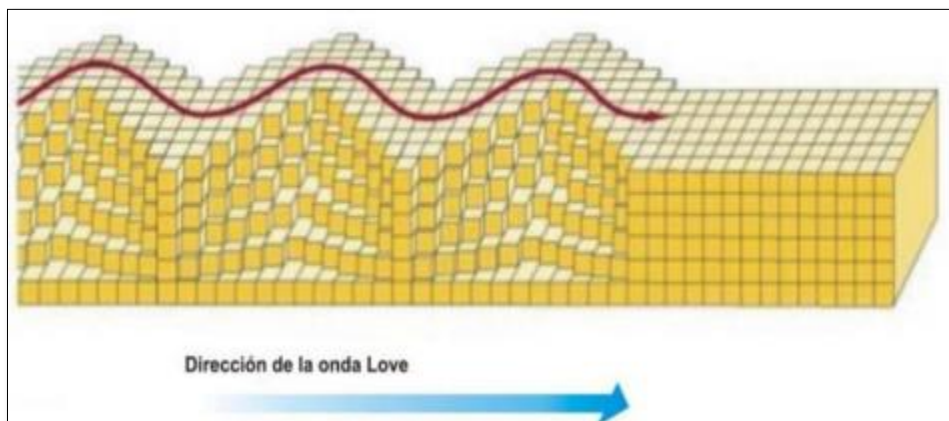


Fig. 12. Dirección de las ondas Love. [40]

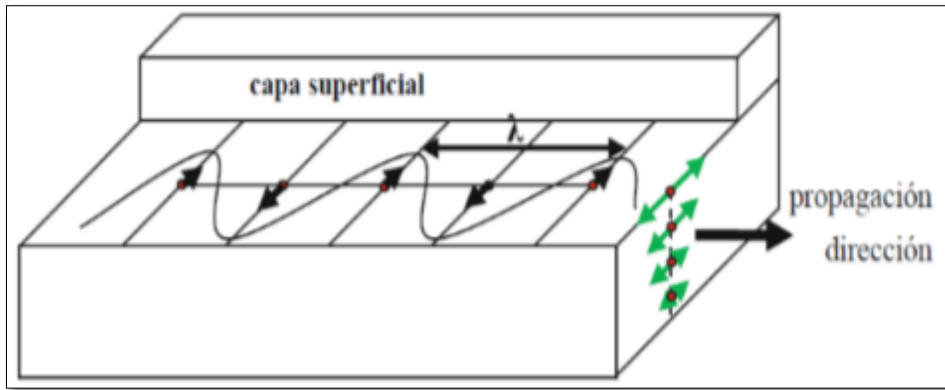


Fig. 13. Dirección de la propagación de las ondas Love. [41]

Ondas Rayleigh

Los investigadores Steiakakis et al., [44] especifican que, estas son ondas que viajan sobre la superficie a través de una capa, siendo esta similar al de una ola del mar.

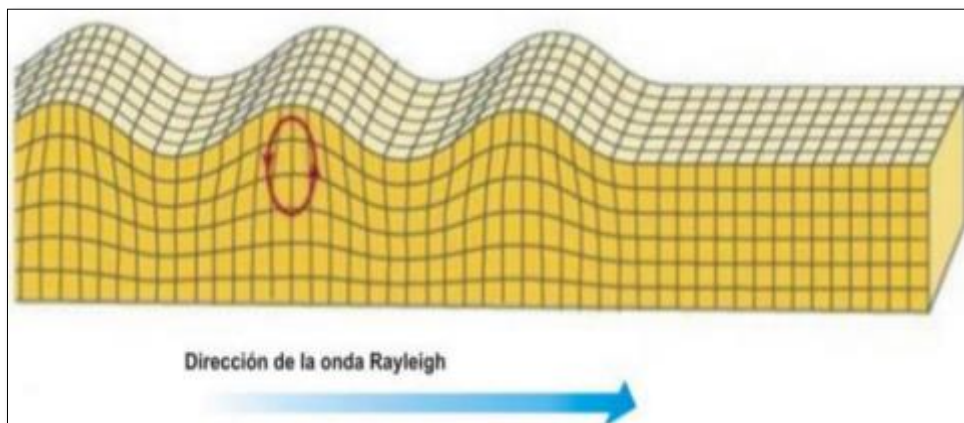


Fig. 14. Dirección de las Ondas Rayleigh. [40]

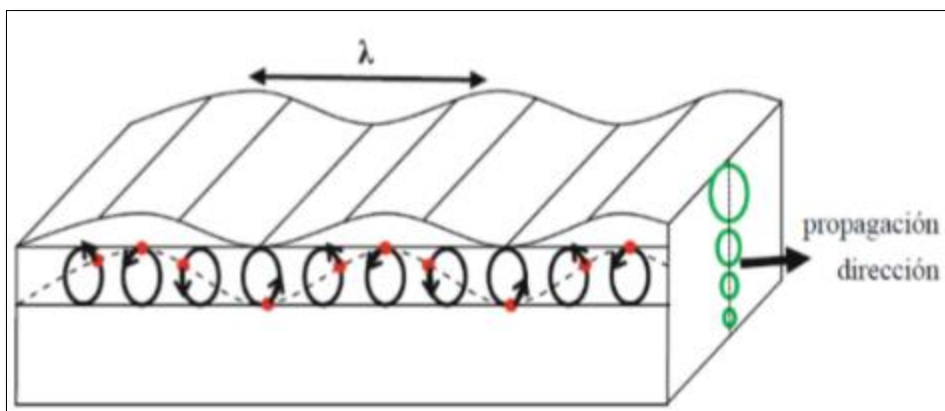


Fig. 15. Dirección de la Propagación de las Ondas R. [41]

Características dinámicas de los suelos

Akin et al., [45], especifican que, la condición de un suelo en un cierto lugar puede afectarse por una roca madre que es producida durante un terremoto, que estas pueden ser controladas con la respuesta del sitio ante un movimiento que son causadas por el campo de las ondas. Kirar & Maheshwari [46] nos indican la importancia de las propiedades dinámicas del suelo en la obtención de las respuestas sísmicas del sitio como y la predicción de los movimientos del suelo.

Velocidad de ondas

Youp et al., [47] manifiesta que, las ondas se generan en el momento que se rompe la roca y que estas son trasladadas a una velocidad hacia a la superficie de la tierra, viajando por cualquier medio (material), ya sea líquido o sólido, donde la velocidad que se puede dar en agua es de 1450 m/s y en la tierra es de 5000 m/s. las velocidades de ondas sísmicas pueden ser expresada en relaciones simples, donde la respuesta de un sitio sísmica elástico están caracterizadas por constantes elásticas, dicho de esta manera expresa como las relaciones de estas constantes.

$$V_p = \sqrt{\frac{\lambda + 2\mu}{\rho}} \quad (1)$$

$$V_s = \sqrt{\frac{\mu}{\rho}} \quad (2)$$

Donde:

V_p es la velocidad de onda de compresión medida en m/s

V_s es la velocidad de onda de corte medida en m/s

λ, μ son funciones del módulo de corte, como también tenemos

ρ es la constante densidad de materiales

Estas ecuaciones son la base para la caracterización del material, en base a la velocidad de las ondas sísmicas donde las constantes mencionadas pueden ser determinadas siempre y cuando las velocidades de ondas sísmicas sean medidas experimentalmente.

velocidad de ondas de cuerpo

se relacionan directamente con la rigidez del medio, y no dependen de la frecuencia de los materiales elásticos.

Los investigadores Mazlina et al., [48] especifican que la V_s se pueden transportar por cualquier medio en todas las direcciones excepto líquidos y gases.

velocidades de propagación de ondas S

se asocian con el módulo de corte y son empleadas en la caracterización del suelo por que la velocidad tiene relación con el módulo de corte de las estructuras del suelo. Por otro lado, la velocidad de ondas P están asociadas al módulo longitudinal y son de valor limitado en los suelos saturados esto es debido a los fluidos poros que son determinados en respuesta global de los suelos.

El ensayo SPT y la V_s

Kishida & Tsai [49] menciona que el SPT es un método de recuento de golpes desde una cierta altura, está disponible en muchos lugares debido al tiempo que se ha empleado en una investigación de geotecnia.

según Kirar, et al., [50] el SPT permite estimar la resistencia del suelo y se puede usar los datos de las mediciones in situ para correlacionar y estimar los valores de V_{si} , con lo que se puede obtener la caracterización del sitio en las áreas urbanas pobladas.

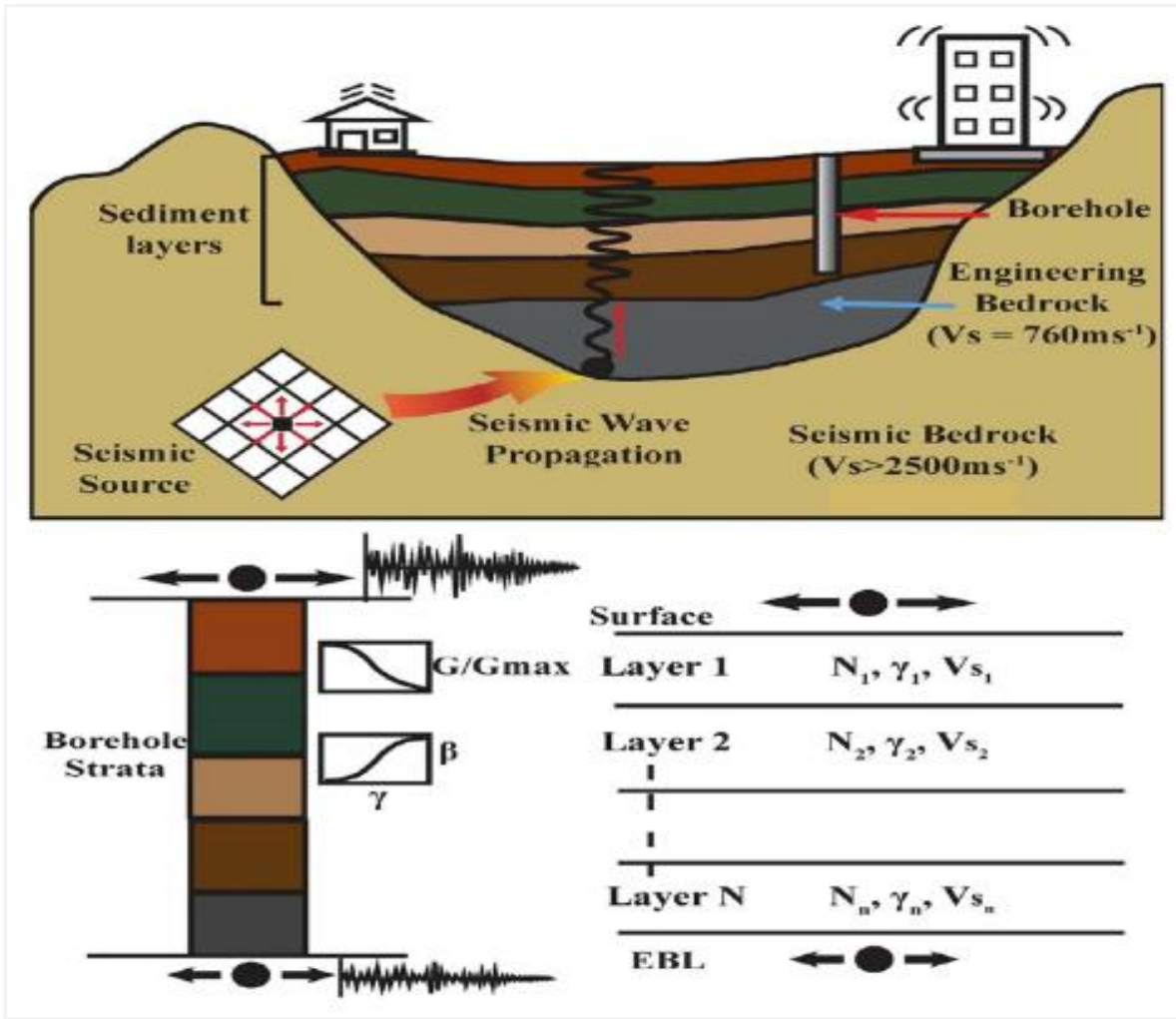


Fig. 16. Ondas Vs y Ensayo SPT. [66]

En la figura 16, se observa las ondas Vs que son transmitidas desde la parte interior de la tierra, donde estas viajan a una velocidad de las diferentes capas hasta llegar a la superficie y transmitir hacia las estructuras, como también se puede observar el ensayo de SPT que es posible realizarla in situ para determinar el Vs mediante correlaciones empíricas.

Proceso de inversión (Vs30)

Liu et al., [51] especifican que, la velocidad de onda de corte promedio de los primeros 30 m del subsuelo (V_{s30}), es un parámetro de sitio importante que se usa para estimar la respuesta del sitio, clasificar sitios en códigos de construcción recientes y estimar posibles pérdidas.

Como también los investigadores Lodi et al., [52] mencionan que, el SPT es uno de los métodos de ensayos más aplicados para determinar el promedio V_{s30} de los primeros 30 m del suelo en estudio. Con el parámetro V_{s30} ayuda a determinar el comportamiento del suelo en un sitio determinado, donde esta juega un papel importante modificar las propiedades del movimiento del suelo.

Consideraciones dinámicas del suelo en Perú y el proceso inverso: Norma E.030

En el Perú la Norma Técnica E.030 [53] clasifica los perfiles del suelo en base a la velocidad de ondas de corte V_{s30} , el número de golpes corregidos N_{60} -SPT y el ponderado de la resistencia al corte no drenado S_u , como se indica en la siguiente tabla.

Tabla III
Clasificación de los Perfiles de Suelo

Perfil del Suelo	Descripción	V_{s30} (m/s)	\bar{N}_{60} – SPT	S_u (Kpa)
So	Roca dura hasta los 30 m	>1500	-	-
S1	Roca fracturada, arena muy densa y arcillas compactas	$500 > V_s > 1500$	>50	>100
S2	Suelos intermedios,	$180 > V_s > 500$	$15 > N_{60}$ - SPT >50	$50 > S_u > 100$
S3	Suelos flexibles Condiciones excepcionales	<180 Clasificación de acuerdo al EMS	<15	$25 > S_u > 50$
S4				

Notas: \bar{V}_{s30} , \bar{N}_{60} – SPT , y \bar{S}_U son los promedios ponderados de cada parámetro respectivamente [20]

Relaciones empíricas propuestas entre N_m -SPT y V_{si}

En la literatura existente se encuentran varias ecuaciones que describen la relación entre N_m -SPT y V_{si} [54]. En lo que corresponde a esta investigación, se revisó y aplico las ecuaciones presentadas por: [55]; [56]; [57]; Seed y Idriss 1981; [58]; Kayabali 1996; [31]; [59]; [17]; [60]. La mayoría de estos estudios se centran en las relaciones entre los valores de N_m - SPT sin corregir y la velocidad de onda de corte V_{si} pudiendo ser aplicables para todos los tipos de suelos, suelos arenosos, limosos y arcilla, con sus respectivas variaciones,

mientras que otras dependen de la profundidad, el contenido de finos o la resistencia a la penetración corregida (N1)60-SPT y la edad geológica según [17]. Lee [61] consideró los efectos del tipo de suelo y el efecto geológico, en un modelo de regresión múltiple con los parámetros N-SPT y la profundidad (z) que implican un significado físico específico, en la

Tabla IV

Relaciones existentes entre SPT-N no corregido y V_s Se presentan algunas de las ecuaciones empíricas publicadas para usar el recuento de golpes del ensayo SPT sin corregir (N_m-SPT), que son de la siguiente forma:

$$V_s = AN^B \tag{3}$$

donde A, B son parámetros constantes y suelen ir acompañados de un coeficiente de correlación R.

Tabla IV
Relaciones existentes entre SPT-N no corregido y V_s

Autores	País	Ec. unificada	Arenas	Limos	Arcillas
Shibata (1970)	Japón		V _s = 31.7 N ^{0.54}		
Ohba and Toriuma (1970)	Japón	V _s = 85.34 N ^{0.31}			
Ohta et al (1972)	Japón		V _s = 87.2 N ^{0.36}		
Fujiwara (1972)	Japón	V _s = 92.1 N ^{0.337}			
Ohsaki and Iwasaki (1973)	Japón	V _s = 81.4 N ^{0.39}			
Imai et al (1975)	Japón	V _s = 89.9 N ^{0.341}			
Imai (1977)	Japón	V _s = 91 N ^{0.337}	V _s = 80.6 N ^{0.331}		V _s = 80.2 N ^{0.292}
Ohta and Goto (1978)	Japón	V _s = 85.35 N ^{0.348}			
Seed and Idriss (1981)	USA	V _s = 61.4 N ^{0.5}			
Imai and Tonouchi (1982)	Japon	V _s = 97 N ^{0.314}			
Okamoto et al (1989)			V _s = 125 N ^{0.3}		
Lee (1990)	Taiwán		V _s = 57.4 N ^{0.49}	V _s = 105.64 N ^{0.32}	V _s = 114.43 N ^{0.31}
Lee (1992)	Taiwán	76.2 N ^{0.24}			V _s = 138.4(N+1) ^0.32
Athanasopoulos (1995)		V _s = 107.6 N ^{0.36}			
Jafari et al (2002)					V _s = 27 N ^{0.73}

Hasancebi and Ulusay (2006)	Turquía	$V_s = 90 N^{0.309}$		
Hanumantharao & Ramana (2008)	India	$V_s = 82.6 N^{0.43}$	$79 N^{0.434}$	$86 N^{0.42}$
Dikmen (2009)	Turquía			
Chatterjee and Choudhury (2013)	India			

Nota: Adaptado de [17], [59], [9]

Lee, [58] analizo 491 pares de datos recopilados de la cuenca de Taipei y para superar el problema de la multicolinealidad aplico las técnicas de análisis estadístico, mediante las pruebas de la "regla general" y la prueba "RSM" los resultados muestran suelos tipo CL y ML pasaron las pruebas con éxito, en tanto que los suelos tipo SM no pasó los criterios. Por lo tanto, el modelo de regresión múltiple en forma:

$$V_s = aN^b D^c \quad (4)$$

los fundamentos físicos del modelo de regresión de la velocidad de la onda de corte se investigaron en [58] de. donde, también encontró que el modelo de regresión múltiple ($V_s = aN^b D^c$) da el mayor coeficiente de determinación (R^2), cuando el tipo de suelo y el efecto geológico son considerados en la ecuación de regresión, Pero el valor N no es independiente de la profundidad. Por lo tanto, se recomendó la ecuación de regresión de $V_s = aDb$ con el valor de R^2 en el segundo rango. Sin embargo, el modelo de regresión para los suelos locales no puede aplicarse a otras situaciones.

La Tabla IV

Relaciones existentes entre SPT-N no corregido y Vsi muestra las ecuaciones empíricas de regresión para las velocidades de las ondas de corte V_s con los parámetros de valor N SPT, para números de golpes sin corregir.

II. MATERIAL Y MÉTODO

2.1. Tipo y Diseño de Investigación

2.1.1. Tipo de investigación

En este trabajo se desarrolló una investigación aplicada, exploratoria, de enfoque cuantitativo (Hernández et al., 2010), que consiste en determinar la relación entre la velocidad de ondas de corte y el número de golpes de la prueba SPT a partir de mediciones en situ

2.1.2. Diseño de la investigación

En esta investigación se aplicó el Diseño transversal correlacional/causal [62], con el propósito de encontrar una relación basada en la estadística predictiva para determinar la relación entre las variables: número de golpes de la prueba SPT (Nm-SPT) y la velocidad de ondas de corte (V_{si}).

2.2. Variables y operacionalización

2.2.1. Variables de la investigación

Variable I

Resistencia del suelo a la penetración estándar (Nm-SPT)

Variable II

Velocidades de ondas de corte (V_s)

2.2.2. Operacionalización

Tabla V

Operacionalización de la Variable I

Variable de estudio	Definición conceptual	Definición operacional	Indicadores	Instrumento	Valores finales	Tipo de variable	de Escala de medición
Resistencia del suelo a la penetración dinámica (Nm-SPT)	es uno de los parámetros más eficientes para la evaluación rápida y económica de las propiedades geotécnicas de los suelos y que se utiliza para obtener la resistencia del suelo contra la penetración del muestreador estándar	Recuento del número de golpes necesarios para hacer avanzar el muestreador los últimos 30 cm acumulados en el ensayo de penetración estándar (SPT)	Numero de golpes (Nm-SPT) de la prueba sin corregir	Formato de recolección de datos	adimensional	numérica	intervalo

Tabla VI

Operacionalización de la Variable II

Variable de estudio	Definición conceptual	Definición operacional	Indicadores	Instrumento	Valores finales	Tipo de variable	de Escala de medición
Velocidad de Onda de Corte (Vsi)	El Vsi se utiliza para determinar la respuesta del suelo en condiciones dinámicas, la clasificación del sitio, el análisis del potencial de licuefacción y la estimación de la resistencia in situ de los suelos granulares [63].	Es el Resultado de la medición en sitio de las pruebas de refracción sísmica de donde se obtiene un perfil de velocidades de ondas S, mediante el proceso de inversión	Vsi	Formato electrónico	m/s	numérica	razón

2.3. Población de estudio, muestra, muestreo y criterios de selección

Población

La Población estudiada en esta investigación la constituyen los suelos de la franja costera del Distrito de Pimentel.

Muestra

La muestra la constituyen los 47 pares de datos obtenidos de las mediciones en situ efectuadas en 9 puntos de exploración geotécnica mediante sondajes SPT y las mediciones efectuadas con la prueba de refracción sísmica MASW.

Muestreo

En este trabajo se utilizó el muestreo por conveniencia sin tomar en cuenta el error en la muestra, sino que el autor selecciono las unidades de forma arbitraria de acuerdo a las características de la zona de estudio

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

2.4.1. Técnicas de recolección de datos

Observación

En este Proyecto de Investigación se realizará la técnica de recolectar datos cuantitativos en el campo de estudio, para desarrollar los objetivos que se ha planteado en esta investigación. [62]

Documentos

Se realizará esta técnica para el enriquecimiento de teoría, y como guía en análisis de documentos, para llegar el cumplimiento con éxito de esta investigación.

2.4.2. Instrumentos de recolección de datos

Guía de la información.

Se emplearon formatos para llenar los datos que se obtienen el en campo in situ y los datos que se desarrollaran en el laboratorio de EMS [64]

Formatos técnicos de registro.

Para hacer la anotación en la recolección de datos se harán el formato propio.

Guía de análisis de documentos.

Esta técnica es de importancia, ya que se recopila una gran cantidad de fuentes que permite redactar para esta investigación, en las cuales estas son revistas indexadas, libros, normas e informes.

Validez de Instrumentos

De manera que en la confiabilidad se basa respecto a las mediciones y resultados iguales. De esta manera se puede decir que los resultados obtenidos en el laboratorio será los mismos.

Confiabilidad de Instrumentos

Para la presente investigación se organizó con respecto a los instrumentos, donde se empleó el programa Excel, y Civil 3D, para la resistencia a la penetración se utilizó el Ensayo Penetración Estándar SPT.

2.5. Procedimiento de Análisis de Datos

2.5.1. Diagrama Flujo de Procesos

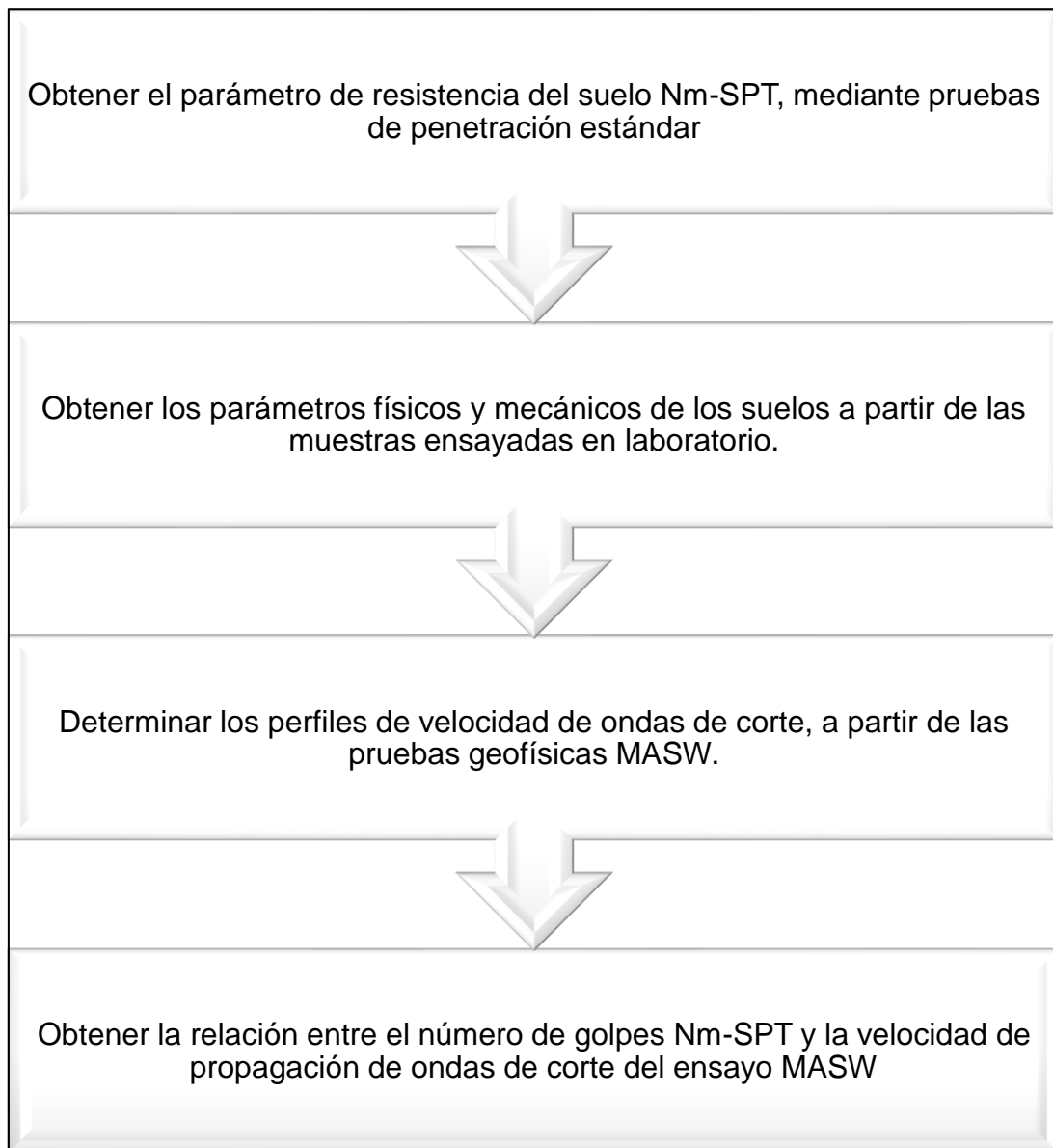


Fig. 17. Proceso de Investigación.

Descripción de los procesos

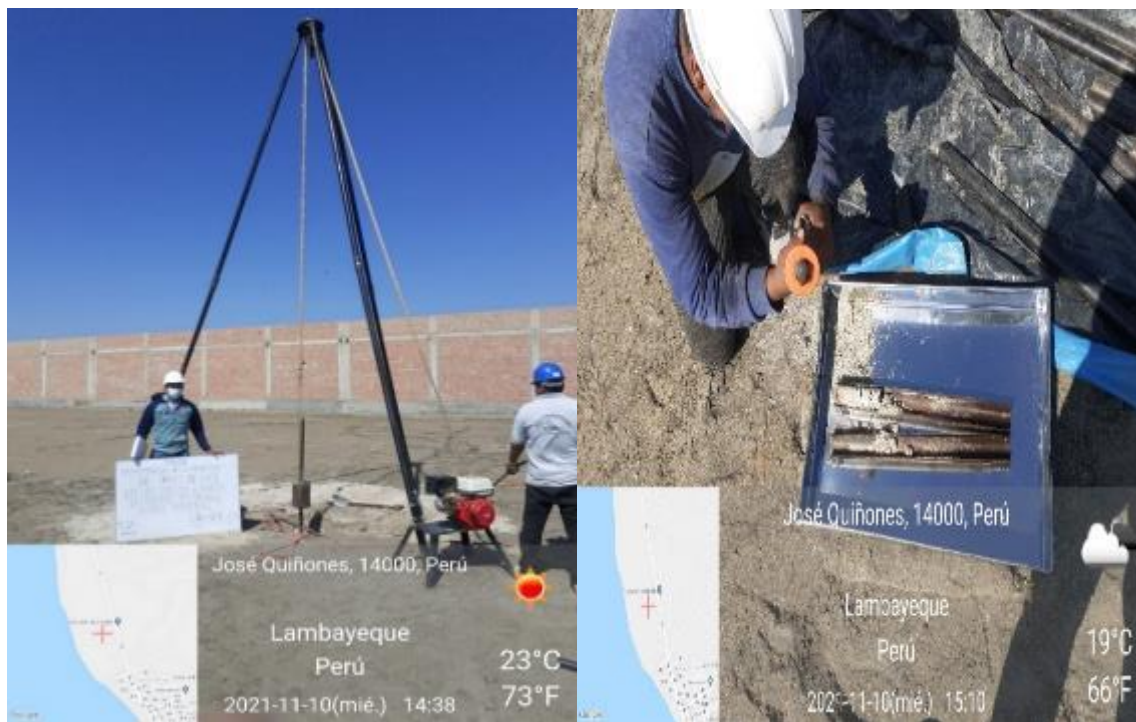


Fig. 18. Ejecución del Ensayo de Penetración Estándar SPT.



Fig. 19. Identificación de las propiedades del suelo perteneciente al terreno estudiado.



Fig. 20. Ensayo MASW, en Franja Costera Pimentel- Lambayeque- Perú.

2.6. Criterios Éticos

Ética de recolectar datos

En el desarrollo de esta investigación se obtuvo datos con responsabilidad, ya que será empleado en el futuro por otros investigadores.

Ética de la publicación

Esta investigación tiene la finalidad de aportar a la ciudadanía y a aquellos investigadores con respecto a la rama de Sismo y Estudios geotécnicos.

Ética de la aplicación

Los resultados que brindara esta investigación son de acuerdo a la especialidad de ingeniería civil, para que esto sea de buen uso en el futuro de investigadores y estudiantes.

Criterios de Rigor Científico

Generalidades

Con respecto a los datos que se obtuvo en campo y el laboratorio de las propiedades del suelo en estudio, afirmará que esta investigación será de Validez

Validez

Los objetivos que se han realizado en esta investigación cumplirán con los resultados que se harán en campo y en laboratorio de tal forma las variables que se tienen, están muy relacionadas entre sí, donde permitirá optar en respuesta a la formulación de problema.

Fiabilidad

Los resultados de esta investigación son de fiabilidad porque son datos reales obtenidos de las muestras del lugar donde se hizo el estudio, de tal forma se empleó el laboratorio mecánico de suelos de la propia universidad que permite mediante los equipos de buena calidad obtener los datos confiables.

Replicabilidad

Esta investigación es posible la replicación porque los resultados obtenidos pueden ser utilizados para comprobar en el lugar de estudio sin que estos resultados nos contradigan ya que se pueden emplear otros temas relacionadas para corroborar.

III. RESULTADOS

En este apartado se desarrollará los resultados mediante la presentación de tablas y figuras obtenidos de los ensayos realizados en campo y laboratorio.

3.1. Resultados de tablas y figuras

Resultado del objetivo 1: Obtención del parámetro de resistencia del suelo Nm-SPT, mediante pruebas de penetración estándar

Ubicación de las pruebas de campo SPT

Se realizaron 9 sondeos de SPT, descritos como SPT-01, SPT-02, SPT -03, SPT- 04, SPT-05, SPT-06, SPT-07, SPT-08, SPT-09; los cuales se realizaron en puntos estratégicos del distrito de Pimentel.

Tabla VII

Coordenadas UTM de los sondeos de SPT en el distrito de Pimentel

Ítem	Código	Coordenadas UTM 17S - WGS 84	
		ESTE	NORTE
1	SPT - 01	618326.491	9239977.084
2	SPT - 02	618549.083	9240051.550
3	SPT - 03	618300.574	9240609.704
4	SPT - 04	618325.594	9241183.600
5	SPT - 05	617891.434	9241539.416
6	SPT - 06	618044.566	9242181.859
7	SPT - 07	617636.641	9242211.500
8	SPT - 08	617417.316	9242826.014
9	SPT - 09	617750.872	9243164.279

Para realizar este ensayo se basó en las normas NTP 339.133 / ASTM D1586-84, por el cual se pudo conocer cuáles fueron las características del suelo en estudio.

Tabla VIII

Resultado de la prueba de penetración estándar (SPT-01)

Prof. (m)	Clasificación SUCS	Descripción	N-SPT	Nm-SPT	Observaciones
1.20			4		
1.35			6		
1.50	SC	Arena arcillosa, arena con presencia de arcillas	9	15	Se encontró nivel freático a 3.55 m de profundidad
1.65			8		
1.80			12		
1.95			13		
2.10			18		
2.25			15		
2.40			33	48	
2.55	SC	Arena arcillosa, arena con presencia de arcillas color pardo / blanquecino, presenta plasticidad media			la perforación se dio por terminada cuando se superó los 50 golpes por capa de 15 cm, debido al riesgo de daño del equipo SPT
2.70					
2.85			32		
3.00			34		
3.15			50	84	
3.30			46		
3.45			54		
3.60			55	109	

Tabla IX

Resultado de ensayo de penetración estándar (SPT-2)

Prof. (m)	Clasificación SUCS	Descripción	N-SPT	Nm-SPT	Observaciones	
1.20			8			
1.35	SC	Arena arcillosa, arena con presencia de arcillas	12	27	Se encontró nivel freático a - 3.70 m de profundidad	
1.50			15			
1.65			12			
1.80			15			
1.95			18			
2.10			-			
2.25			-			
2.40			18		la perforación se dio por terminada cuando se superó los 50 golpes por capa de 15 cm, debido al riesgo de daño del equipo SPT	
2.55	SC	Arena arcillosa, arena con presencia de arcillas color pardo / blanquecino, presenta plasticidad media	24	62		
2.70			38			
2.85			36			
3.00			39			
3.15			46			85
3.30			-			
3.45			44			
3.60			46			
3.75			50	96		

Tabla X

Resultado de ensayo de penetración estándar (SPT-3)

Prof. (m)	Clasificación SUCS	Descripción	N-SPT	Nm-SPT	Observaciones
1.20	SC	Arena arcillosa, presenta baja plasticidad	12	40	No se encontró nivel freático en toda la profundidad de excavación
1.35			20		
1.50			20		
1.65			16		
1.80			22		
1.95			22		
2.10	GC	Grava arcillosa, presenta presencia de arcillas, color pardo / blanquecino, presenta baja plasticidad	18	48	la perforación se dio por terminada cuando se superó los 50 golpes por capa de 15 cm, debido al riesgo de daño del equipo SPT
2.25			18		
2.40			30		
2.55					
2.70					
2.85			33		
3.00			43		
3.15			49		
3.30			46		
3.45			50		
3.60		50	100		

Tabla XI

Resultado de ensayo de penetración estándar (SPT-4)

Prof. (m)	Clasificación SUCS	Descripción	N-SPT	Nm-SPT	Observaciones
1.20	GP-GC	Grava arcillosa, presenta presencia de arcillas, color pardo / blanquecino, presenta baja plasticidad	20	51	No se encontró nivel freático en toda la profundidad de excavación
1.35			35		
1.50			16		
1.65			15		
1.80			18		
1.95			30		
2.10			24		
2.25			35		
2.40			37		
2.55			-		
2.70			-		
2.85			-		
3.00			35		
3.15			50		
3.30			50		

Tabla XII

Resultado de ensayo de penetración estándar (SPT-5)

Prof. (m)	Clasificación SUCS	Descripción	N-SPT	Nm-SPT	Observaciones
1.20	ML	Limos de baja plasticidad	8	29	No se encontró nivel freático en toda la profundidad de excavación
1.35			14		
1.50			15		
1.65			8		
1.80			12		
1.95			11		
2.10	GP-GC	Mezclas de arena mal gradada y limos de baja plasticidad	24	55	No se pudo continuar cuando se alcanzaron los 39 golpes por pie, donde se presentó rebote del martillo
2.25			25		
2.40			30		
2.55			-		
2.70			-		
2.85			-		
3.00	SM	Arena limosa, presenta baja plasticidad	24	66	No se pudo continuar cuando se alcanzaron los 39 golpes por pie, donde se presentó rebote del martillo
3.15			32		
3.30			34		
3.45			34		
3.60			35		
3.75			37		
3.90	SM	Arena limosa, presenta baja plasticidad	36	72	No se pudo continuar cuando se alcanzaron los 39 golpes por pie, donde se presentó rebote del martillo
4.05			38		
4.20			39		
				77	

Comentario: este perfil del terreno presenta estratos de mezclas de arenas y limos de baja plasticidad y no se encontró el nivel freático durante la perforación

Tabla XIII

Resultado de ensayo de penetración estándar (SPT-6)

Prof. (m)	Clasificación SUCS	Descripción	N-SPT	Nm-SPT	Observaciones
1.20	ML	Limos de baja plasticidad	8	29	No se encontró nivel freático en toda la profundidad de excavación
1.35			15		
1.50			14		
1.65			9		
1.80			13		
1.95			15		
2.10	CL-ML	Mezclas de Arcillas y limos de baja plasticidad	18	54	
2.25			26		
2.40			28		
2.55			-		
2.70			-		
2.85			-		
3.00	ML	Limos de baja plasticidad	24	67	No se pudo continuar cuando se alcanzaron los 40 golpes por pie, donde se presentó rebote del martillo
3.15			32		
3.30			35		
3.45			33		
3.60			34		
3.75			38		
3.90	ML	Limos de baja plasticidad	35	72	
4.05			38		
4.20			40		

Comentario: este perfil del terreno presenta estratos de mezclas de arenas y limos de baja plasticidad y no se encontró el nivel freático durante la perforación

Tabla XIV

Resultado de ensayo de penetración estándar (SPT-7)

Prof. (m)	Clasificación SUCS	Descripción	N-SPT	Nm-SPT	Observaciones
1.20	SM	Arena Limosa, presenta baja plasticidad	20	48	No se encontró nivel freático en toda la profundidad de excavación
1.35			30		
1.50			18		
1.65			15		
1.80			18		
1.95			30		
2.10	GP-GC	Grava arcillosa, presenta baja plasticidad	24	72	No se pudo continuar cuando se alcanzaron los 45 golpes por pie, donde se
2.25			35		
2.40			37		
2.55			-		
2.70			-		
2.85			-		

3.00		35		presentó rebote
3.15		39		del martillo
3.30		45	84	

Tabla XV

Resultado de ensayo de penetración estándar (SPT-8)

Prof. (m)	Clasificación SUCS	Descripción	N-SPT	Nm-SPT	Observaciones
1.20	SP-SM	Arena mal gradada	15		No se encontró nivel freático en toda la profundidad de excavación
1.35		y limos de baja	18		
1.50		plasticidad	19	37	
1.65			18		
1.80			23		
1.95			25	48	
2.10	GP-GC	Grava mal gradada con presencia de arcillas	24		No se pudo continuar cuando se alcanzaron los 39 golpes por pie, donde se presentó rebote del martillo
2.25			30		
2.40			33	63	
2.55			-		
2.70			-		
2.85			-		
3.00	SM	Arena limosa, presenta baja plasticidad	28		39 golpes por pie, donde se presentó rebote del martillo
3.15			32		
3.30			35	67	
3.45			34		
3.60			35		
3.75			38	73	
3.90		36			
4.05		36			
4.20		39	75		

Tabla XVI

Resultado de ensayo de penetración estándar (SPT-9)

Prof. (m)	Clasificación SUCS	Descripción	N-SPT	Nm-SPT	Observaciones
1.20			15		
1.35			20		No se encontró
1.50			25	45	nivel freático en
1.65			23		toda la
1.80			26		profundidad de
1.95		Grava Limosa,	28	54	excavación
2.10		Mezclas de	26		
2.25	GM	gravas y limos	30		
2.40		de baja	35	65	
2.55		plasticidad	-		
2.70			-		
2.85			-		No se pudo
3.00			29		continuar cuando
3.15			36		se alcanzaron los
3.30			37	73	50 golpes por pie,
3.45			33		donde se
3.60		Grava Limosa,	37		presentó rebote
3.75		Mezclas de	41	78	del martillo
3.90	GM	gravas y limos	38		
4.05		de baja	42		
4.20		plasticidad	50	92	

Tabla XVII

Resumen de resultados de resistencia a la penetración estándar

Prof. (m)	SPT-01		SPT-02		SPT-03		SPT-04		SPT-05		SPT-06		SPT-07		SPT-08		SPT-09	
	N	Nm	N	Nm	N	Nm	N	Nm	N	Nm	N	Nm	N	Nm	N	Nm	N	Nm
1.20	4	-	8	-	12	-	20	-	8	-	8	-	20	-	15	-	15	-
1.35	6	-	12	-	20	-	35	-	14	-	15	-	30	-	18	-	20	-
1.50	9	15	15	27	20	40	16	51	15	29	14	29	18	48	19	37	25	45
1.65	8	-	12	0	16	-	15	-	8	-	9	0	15	0	18	0	23	-
1.80	12	-	15	0	22	-	18	-	12	-	12	0	18	0	23	0	26	-
1.95	13	25	18	33	22	44	30	48	11	23	13	25	30	48	25	48	28	54
2.10	18	-	-	-	18	-	24	-	24	-	15	0	24	0	24	0	26	-
2.25	15	-	-	-	18	-	35	-	25	-	24	0	35	0	30	0	30	-
2.40	33	48	18	-	30	48	37	72	30	55	25	49	37	72	33	63	35	65
2.55	-	-	24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.70	-	-	38	62	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.85	32	-	36	-	33	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3.00	34	-	39	-	43	-	35	-	24	-	24	-	35	-	28	0	29	-
3.15	50	84	46	85	49	92	50	-	32	-	30	-	39	-	32	0	36	-
3.30	46	0	-	0	46	-	50	100	34	66	32	62	45	84	35	67	37	73
3.45	54	0	44	0	50	-	-	-	34	-	28	-	-	-	34	0	33	-
3.60	55	109	46	0	50	100	-	-	35	-	33	-	-	-	35	0	37	-
3.75	-	-	50	96	-	-	-	-	37	72	35	68	-	-	38	73	41	78
3.90	-	-	-	-	-	-	-	-	36	0	31	-	-	-	36	0	38	-
4.05	-	-	-	-	-	-	-	-	38	0	34	-	-	-	36	0	42	-
4.20	-	-	-	-	-	-	-	-	39	77	35	69	-	-	39	75	50	92
4.35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

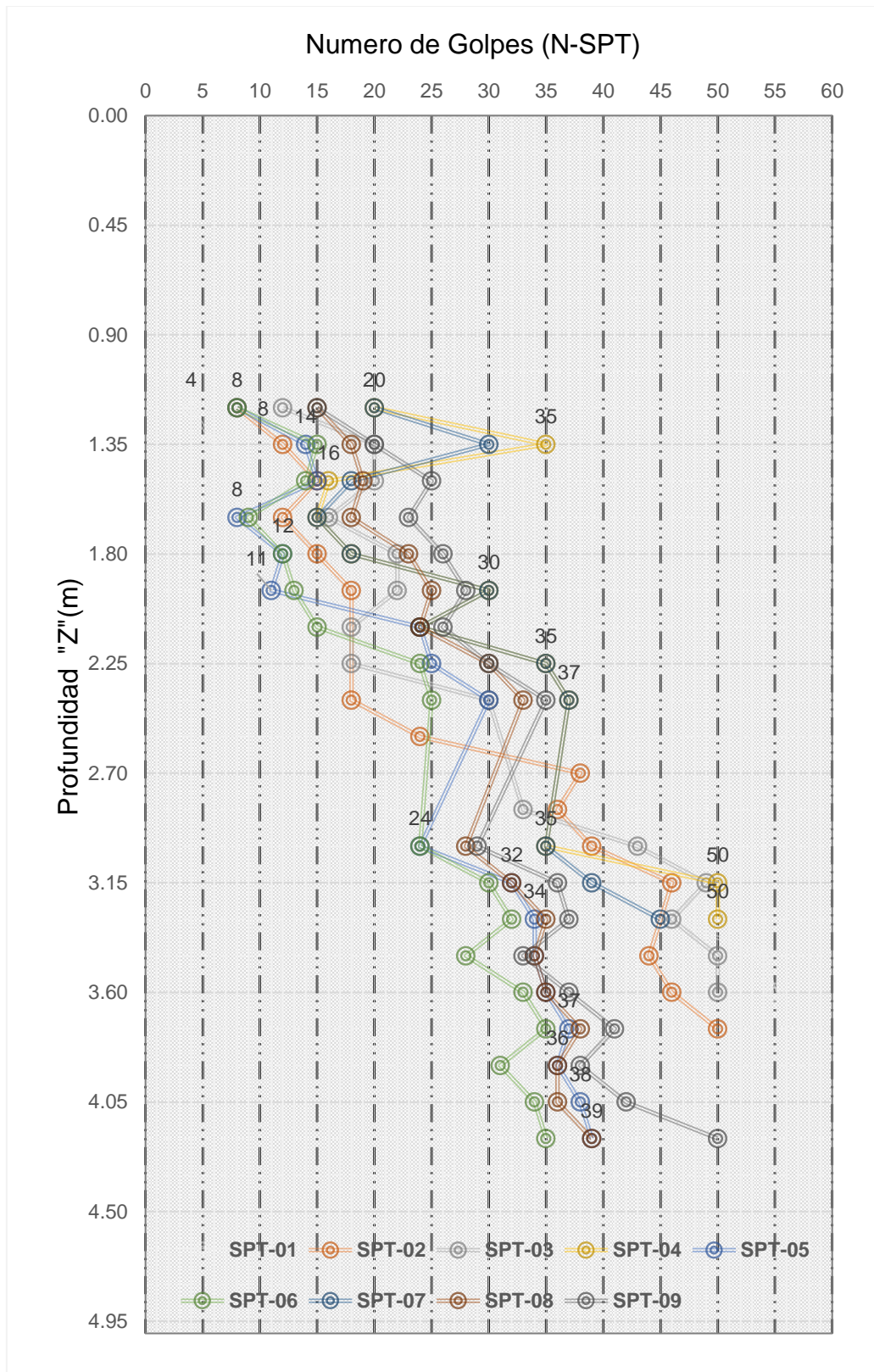


Fig. 21. Parámetros de resistencia N-SPT del terreno a partir de pruebas SPT (01-09).

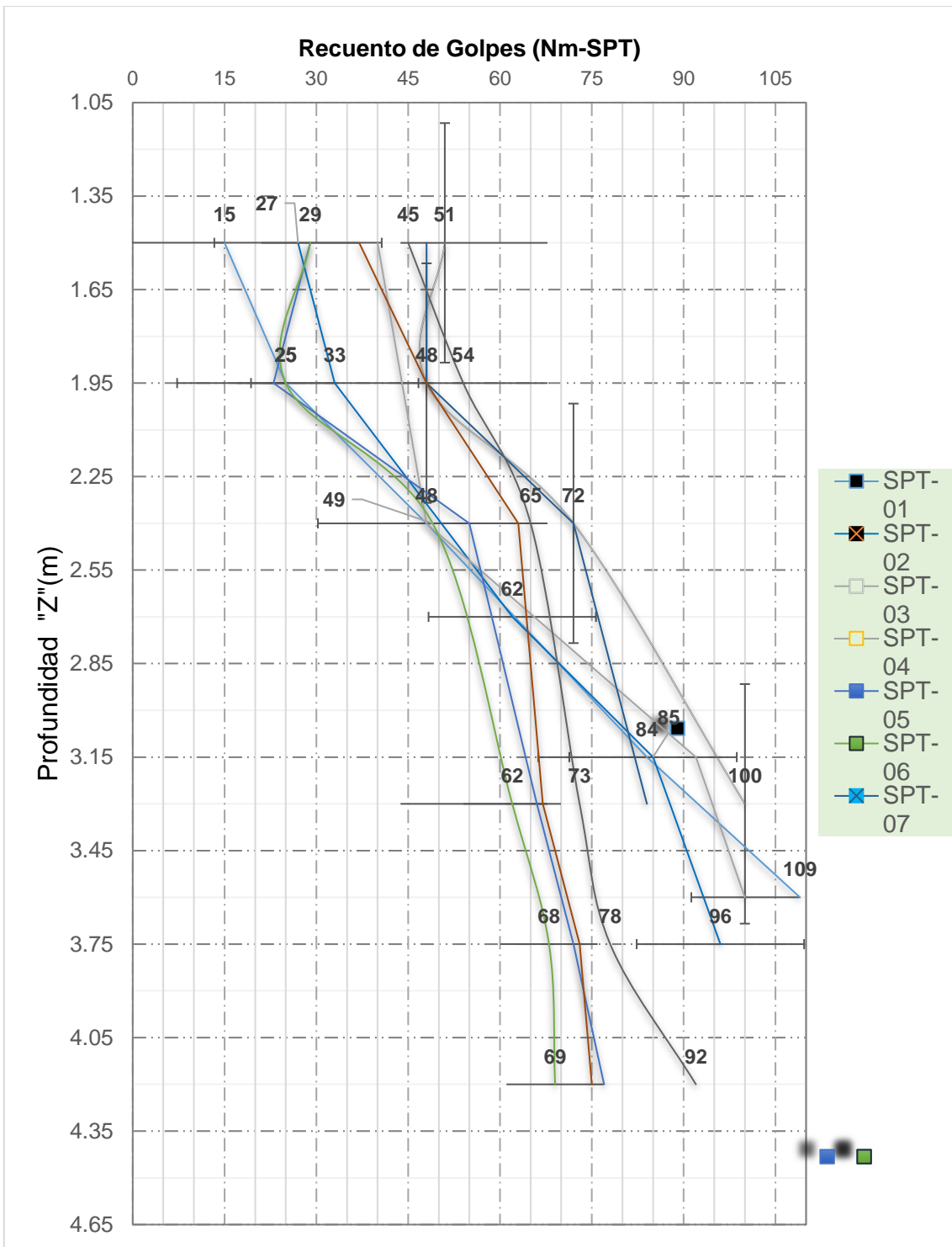


Fig. 22. Resistencia del terreno Nm-SPT obtenido de las pruebas SPT (01-09).

Resultados del objetivo 2: parámetros físicos y mecánicos de los suelos a partir de las muestras ensayadas en laboratorio.

Composición granulométrica

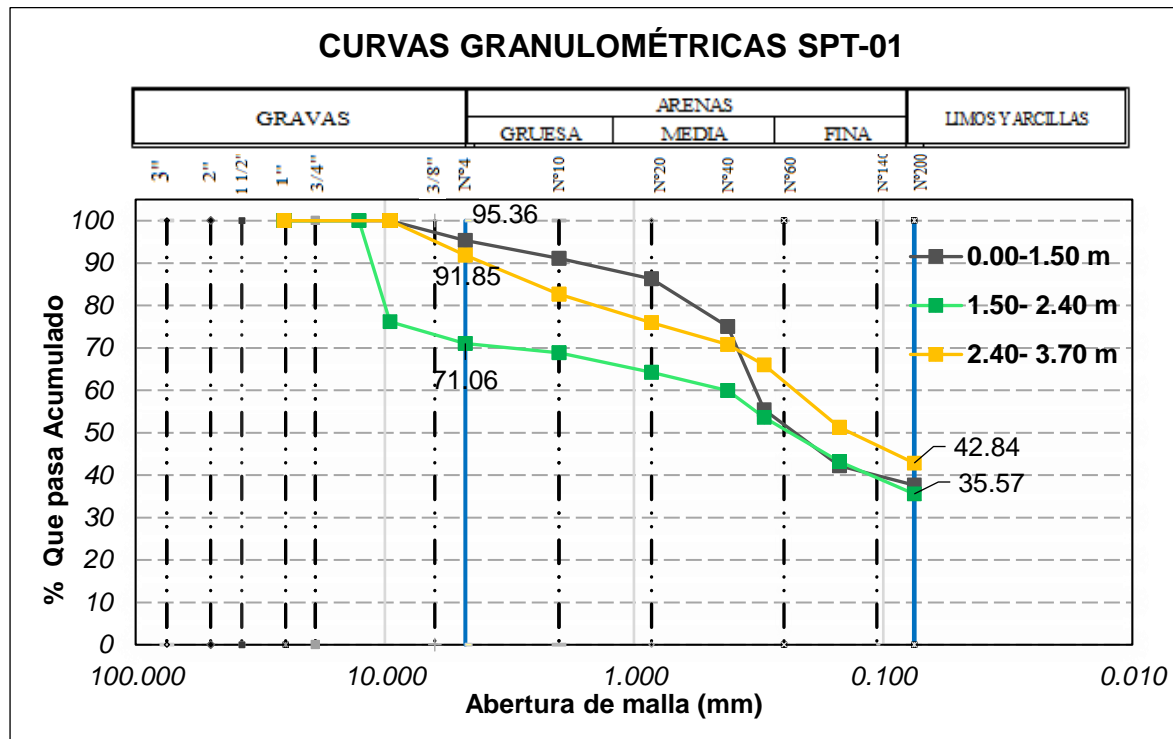


Fig. 23. Curvas granulométricas prueba SPT-01.

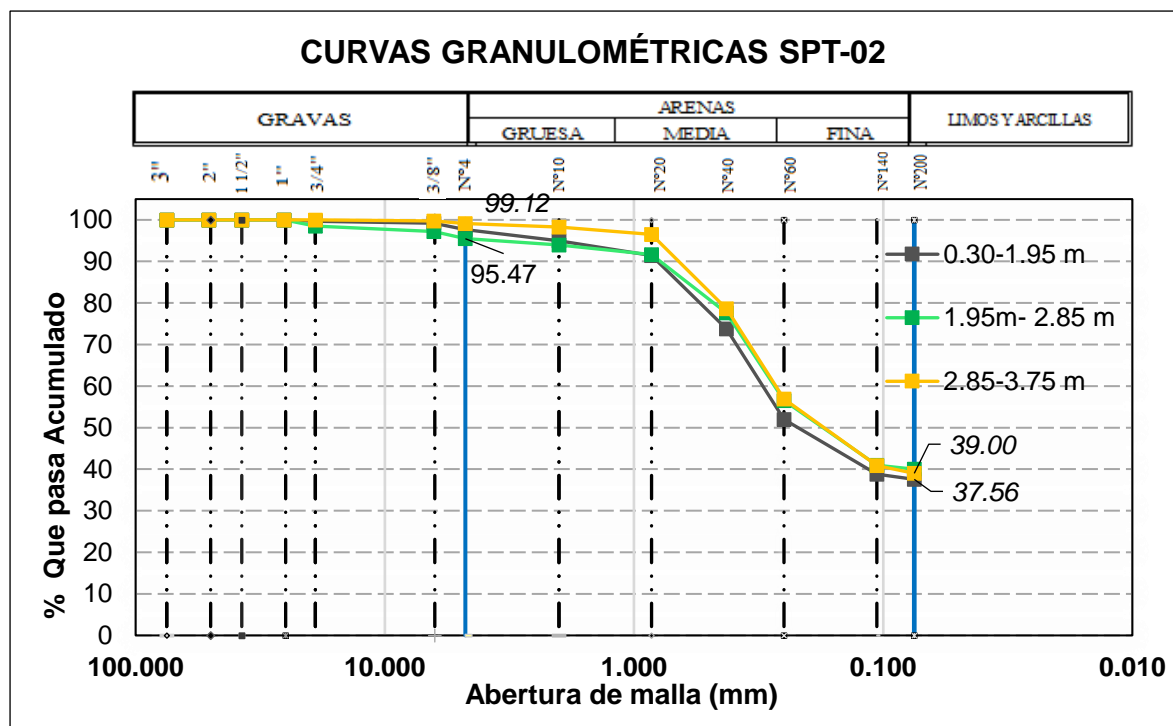


Fig. 24. Curvas granulométricas prueba SPT-02.

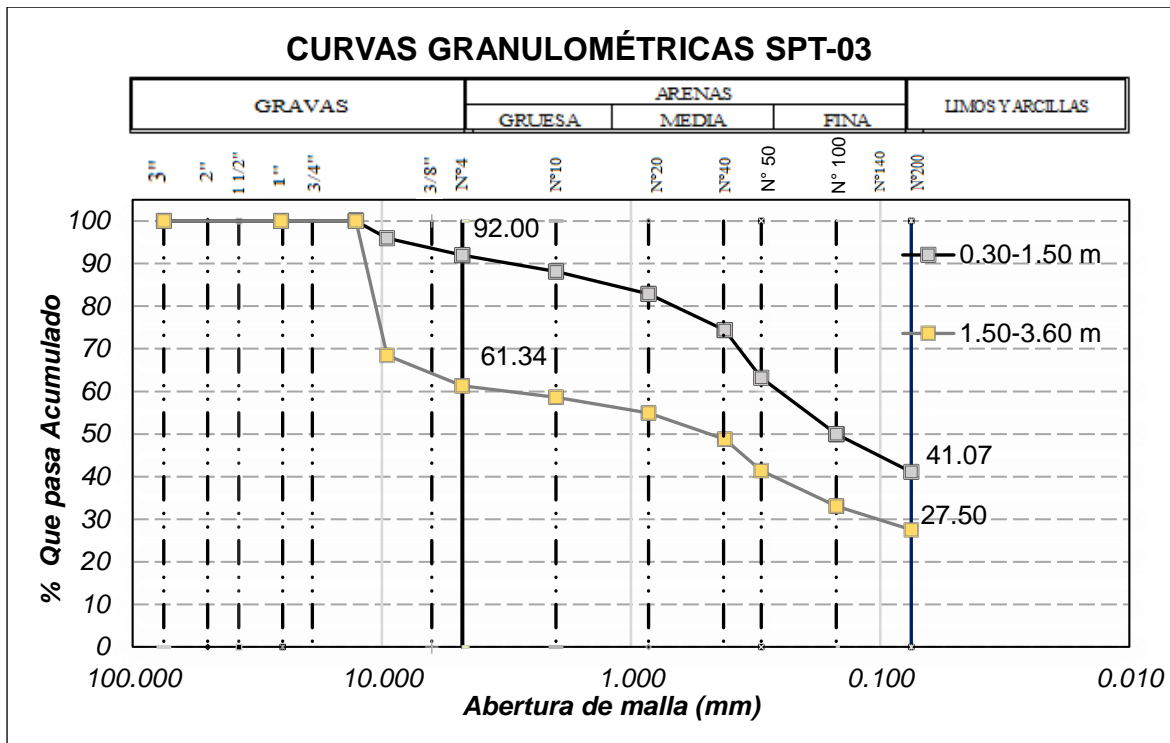


Fig. 25. Curvas granulométricas prueba SPT-03.

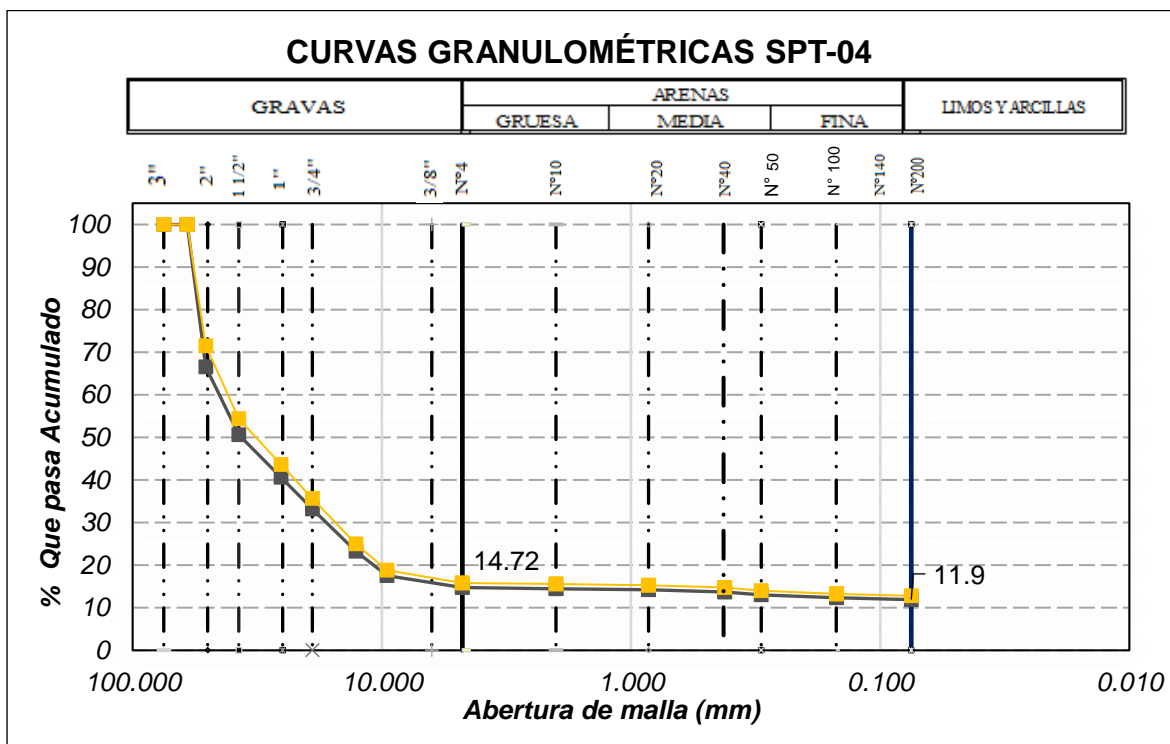


Fig. 26. Curvas granulométricas prueba SPT-04.

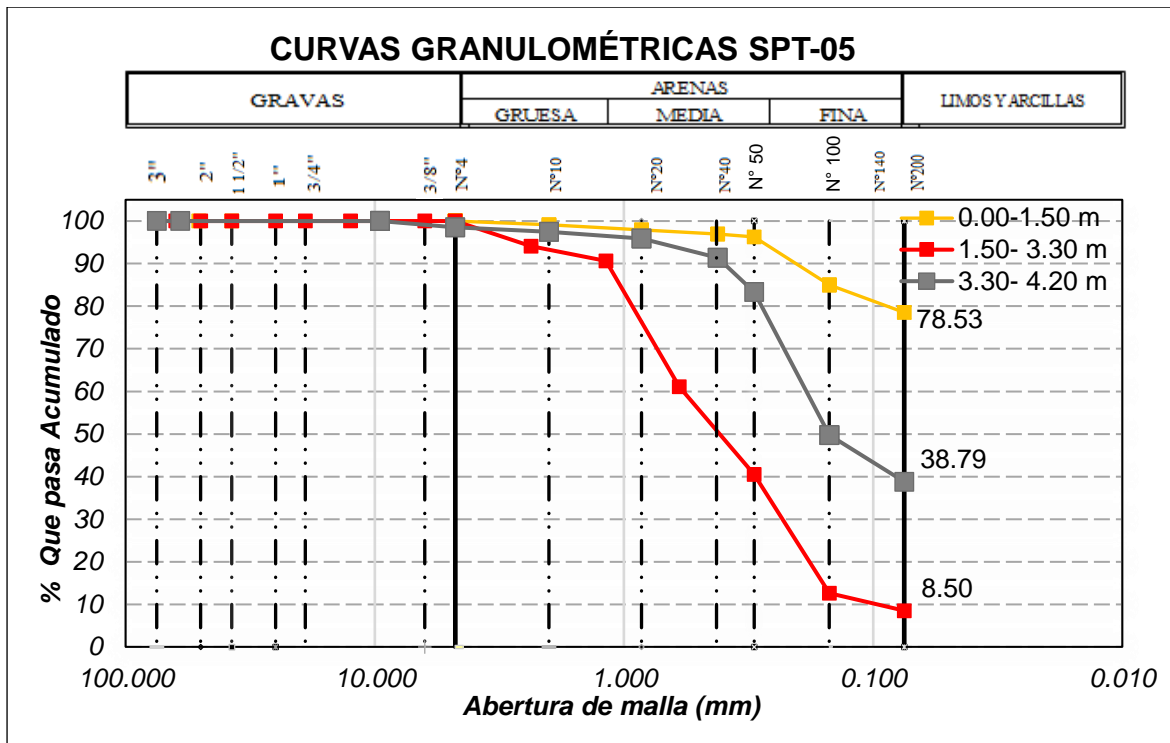


Fig. 27. Curvas granulométricas prueba SPT-05.

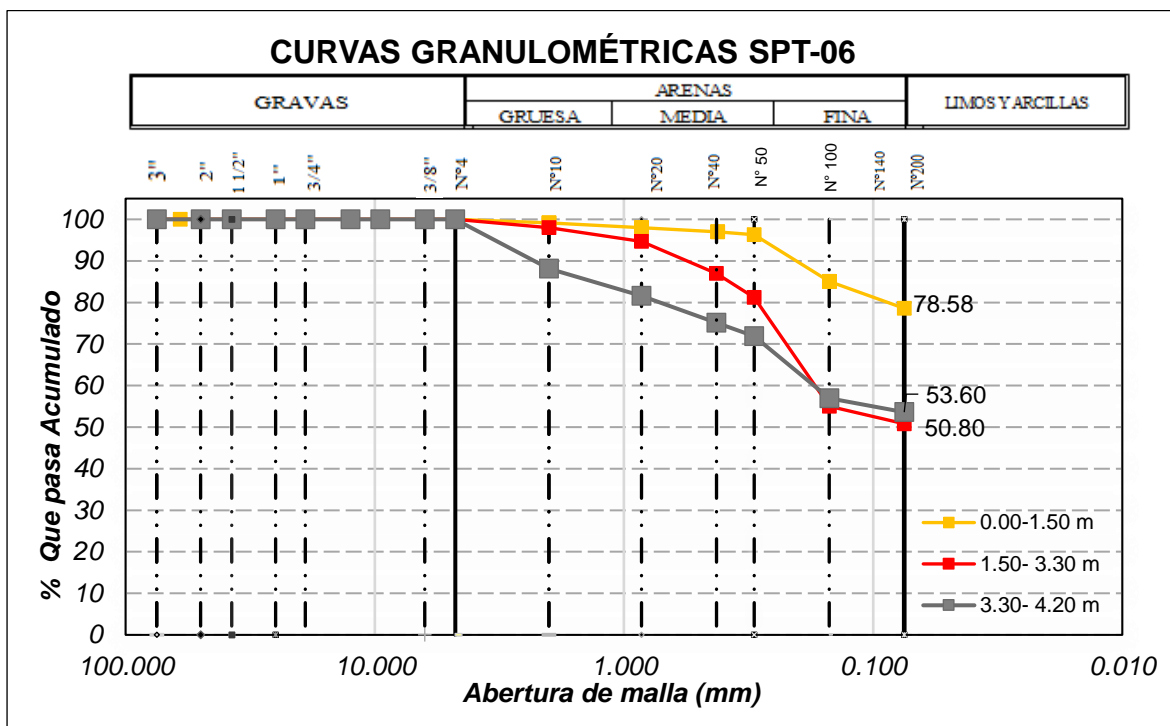


Fig. 28. Curvas granulométricas prueba SPT-06.

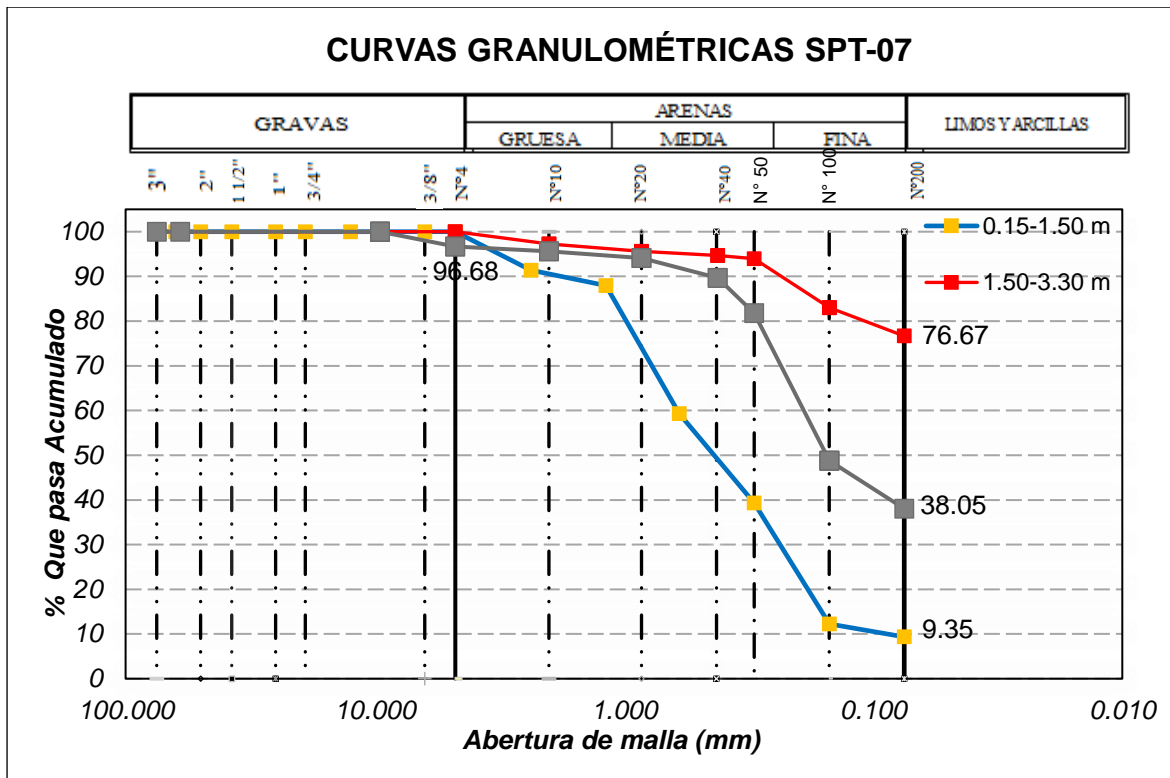


Fig. 29. Curvas granulométricas prueba SPT-07.

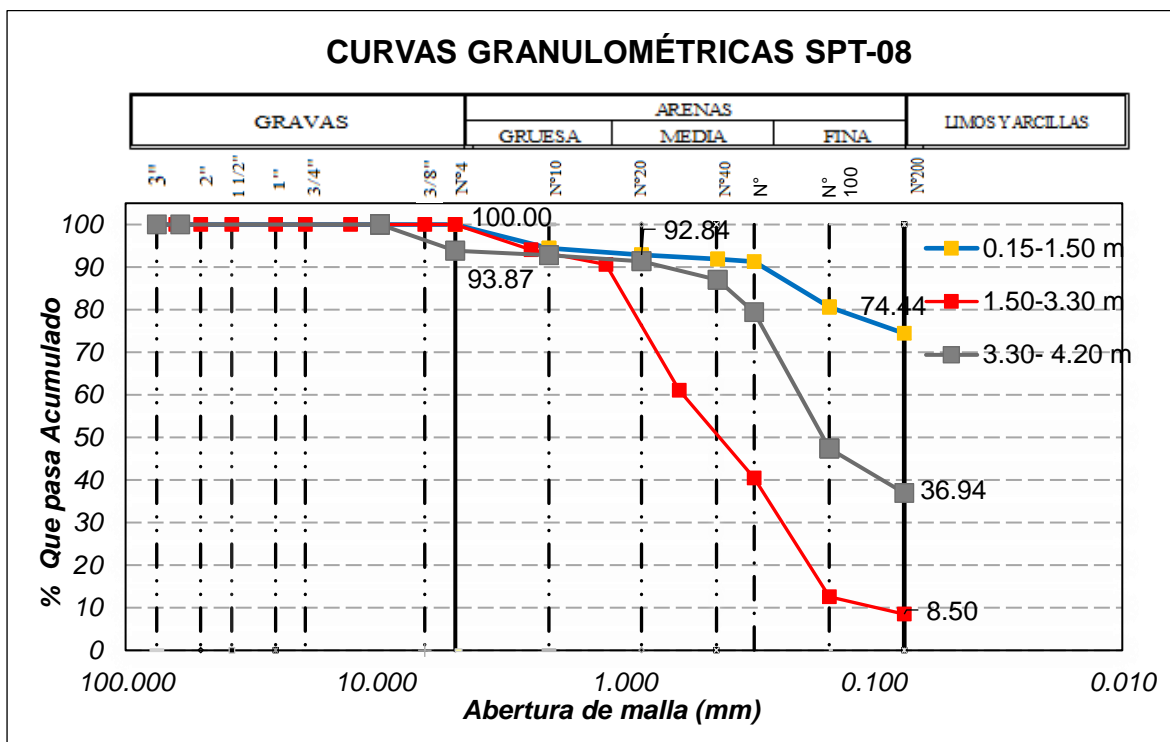


Fig. 30. Curvas granulométricas prueba SPT-08.

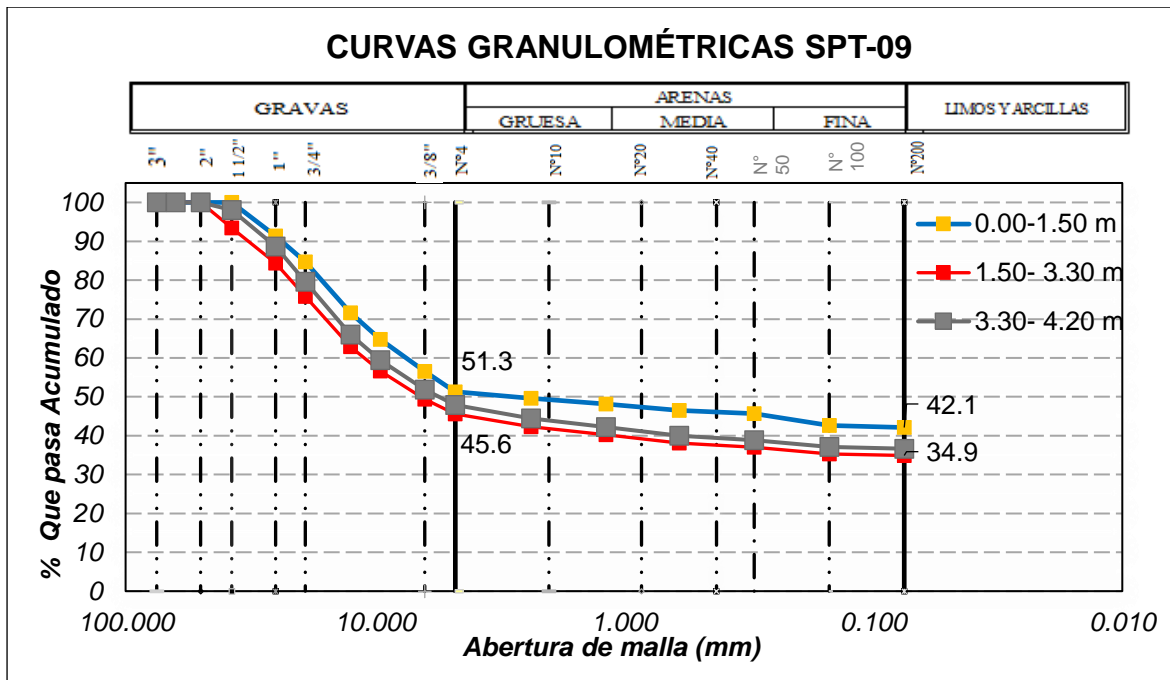


Fig. 31. Curvas granulométricas prueba SPT-09.

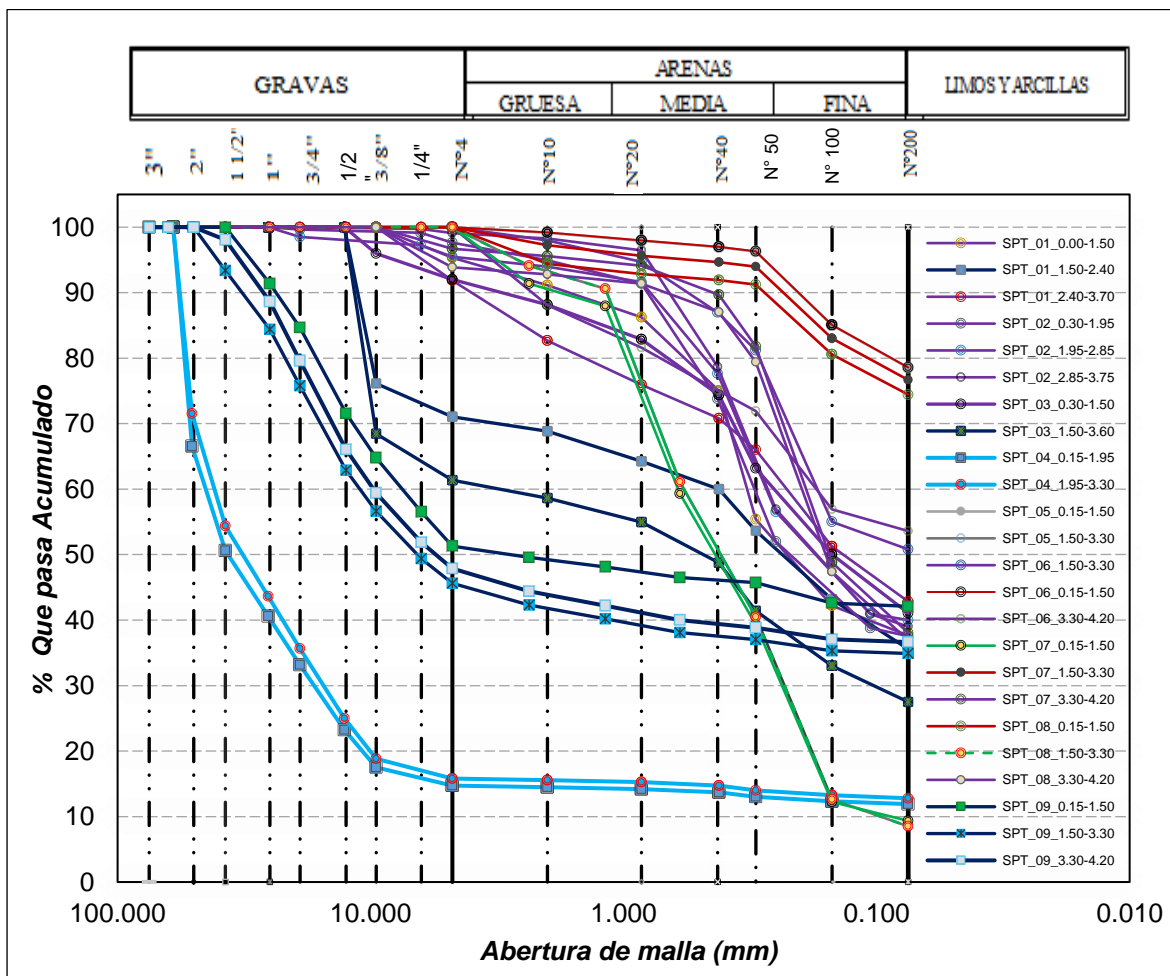


Fig. 32. Resumen curvas granulométricas perforaciones SPT (01-09).

Tabla XVIII

Porcentaje de finos presente en las muestras de suelo analizadas

Prof. (m)	Perforación SPT								
	SPT-01	SPT-02	SPT-03	SPT-04	SPT-05	SPT-06	SPT-07	SPT-08	SPT-09
1.00 - 1.50	37.64	37.56	41.07	11.90	78.53	78.58	9.35	74.44	42.10
1.50 - 1.95	37.64	37.56	27.50	12.79	8.50	50.80	76.67	8.50	36.65
1.95 - 2.40	35.57	40.00	27.50	12.79	8.50	50.80	76.67	8.50	36.65
2.40 - 2.85	35.57	40.00	27.50	12.79	8.50	50.80	76.67	8.50	36.65
2.85 - 3.30	35.57	39.00	27.50	12.79	8.50	50.80	76.67	8.50	36.65
3.30 - 3.70	39.00	39.00	27.50	12.79	8.50	53.60	38.05	36.94	34.90
3.70 - 4.20	-	-	-	-	-	53.60	38.05	36.94	34.90
4.20 - 4.65	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.65 - 5.10	-	-	-	-	-	-	-	-	-

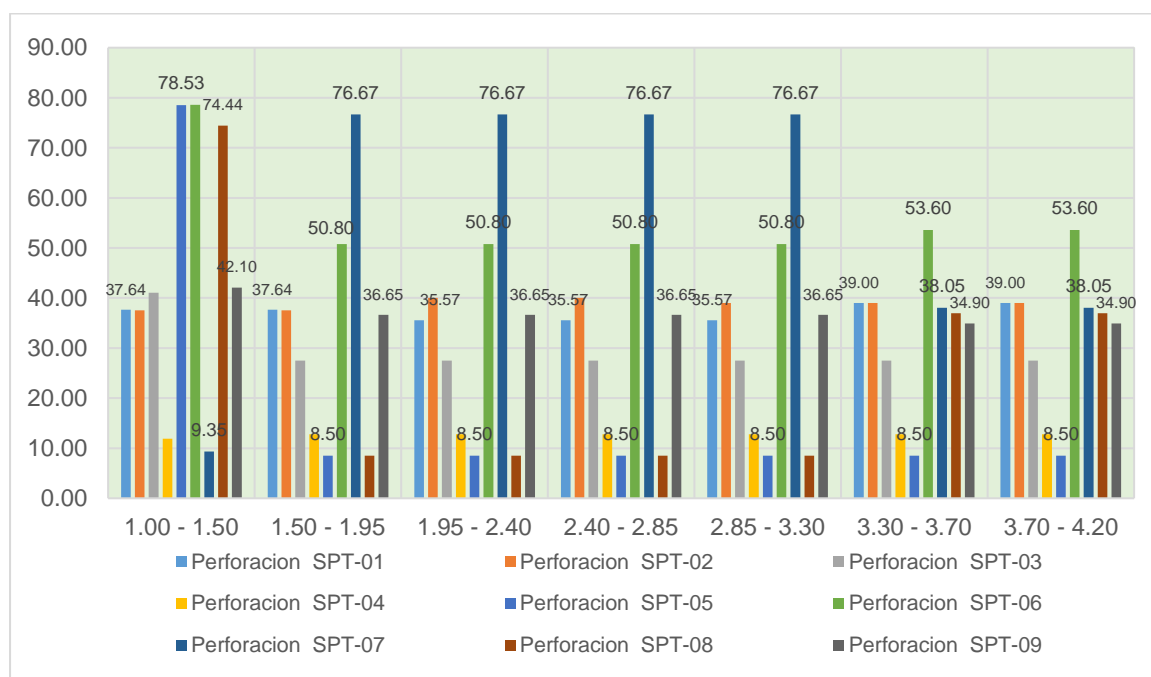


Fig. 33. Porcentaje de finos presente en las muestras de suelo analizadas.

Límites y consistencia

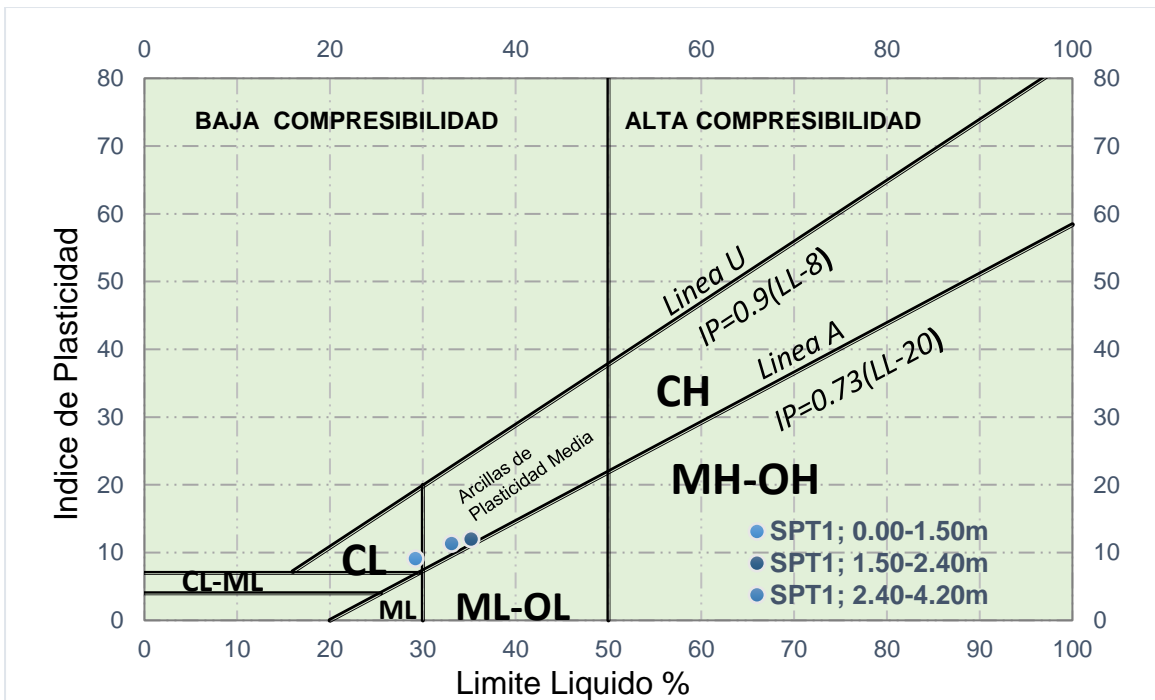


Fig. 34. Plasticidad del suelo muestras del perfil SPT-01.

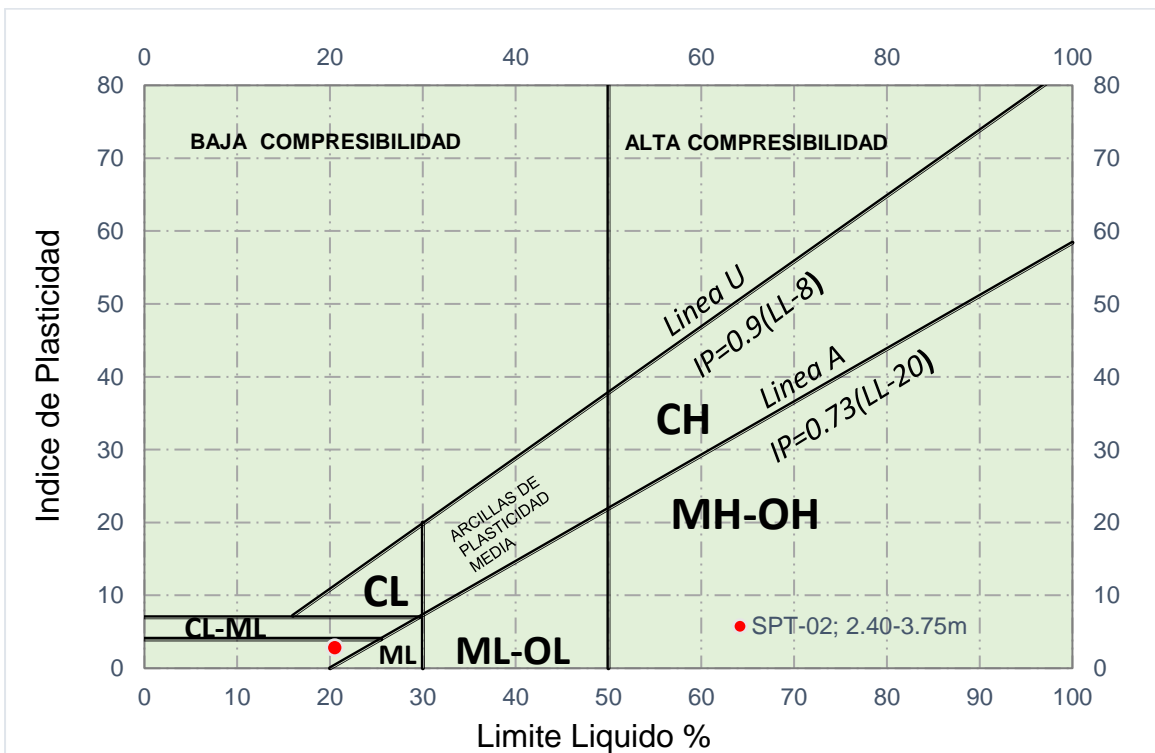


Fig. 35. Plasticidad del suelo muestras del perfil SPT-02.

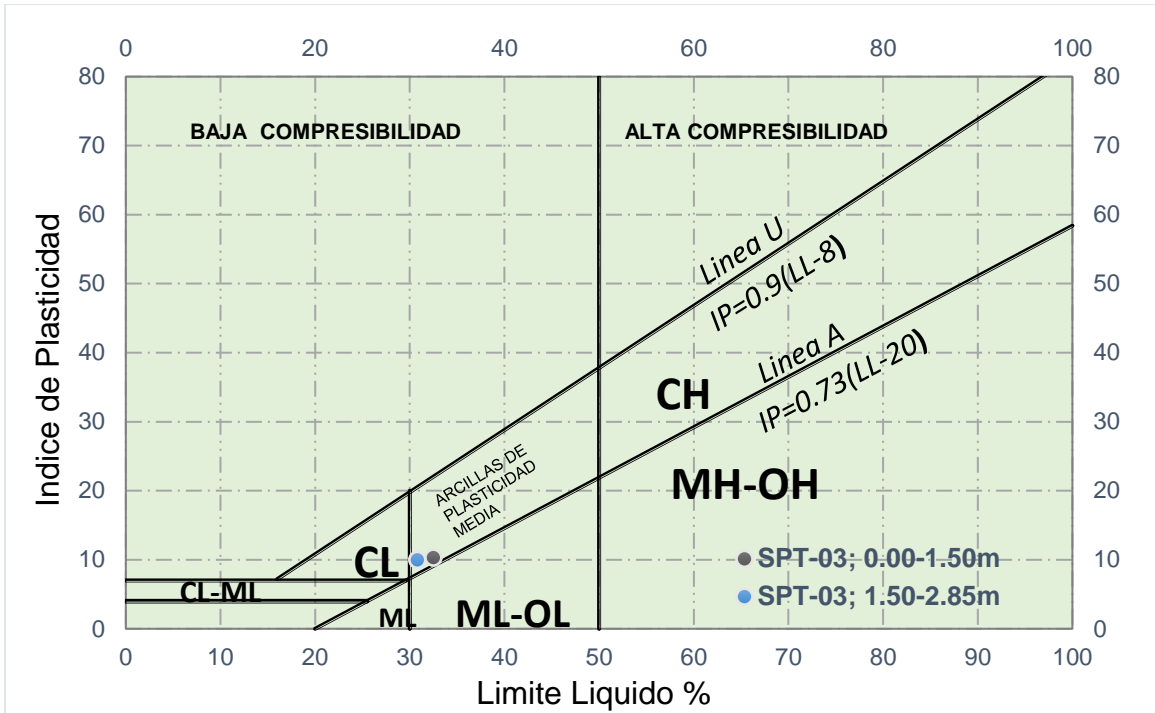


Fig. 36. Plasticidad del suelo muestras del perfil SPT-03.

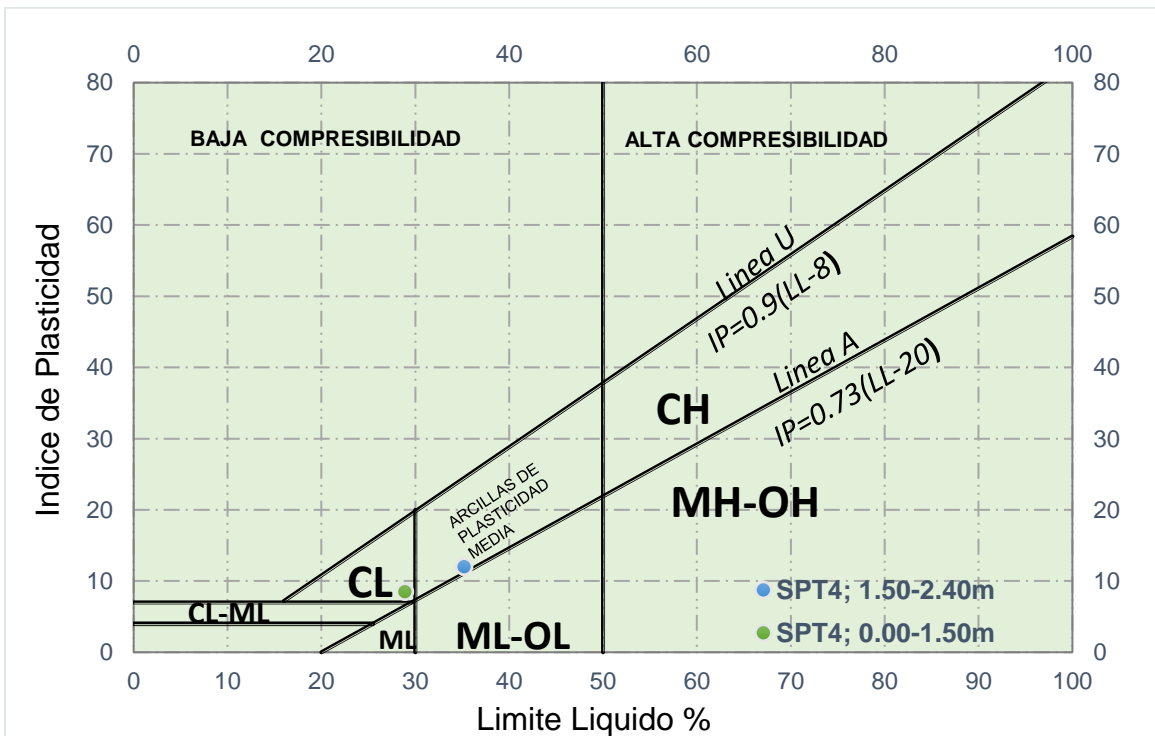


Fig. 37. Plasticidad del suelo muestras del perfil SPT-04.

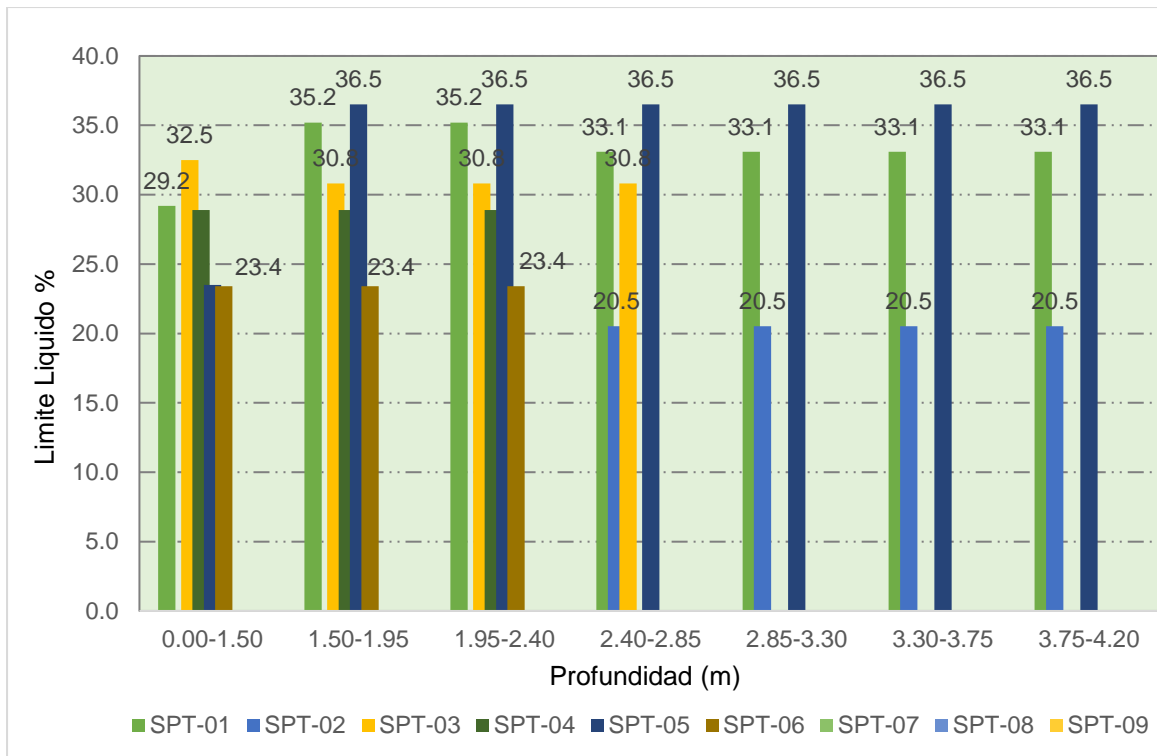


Fig. 40. Variación del Limite liquido en las muestras de los perfiles SPT (01-09).

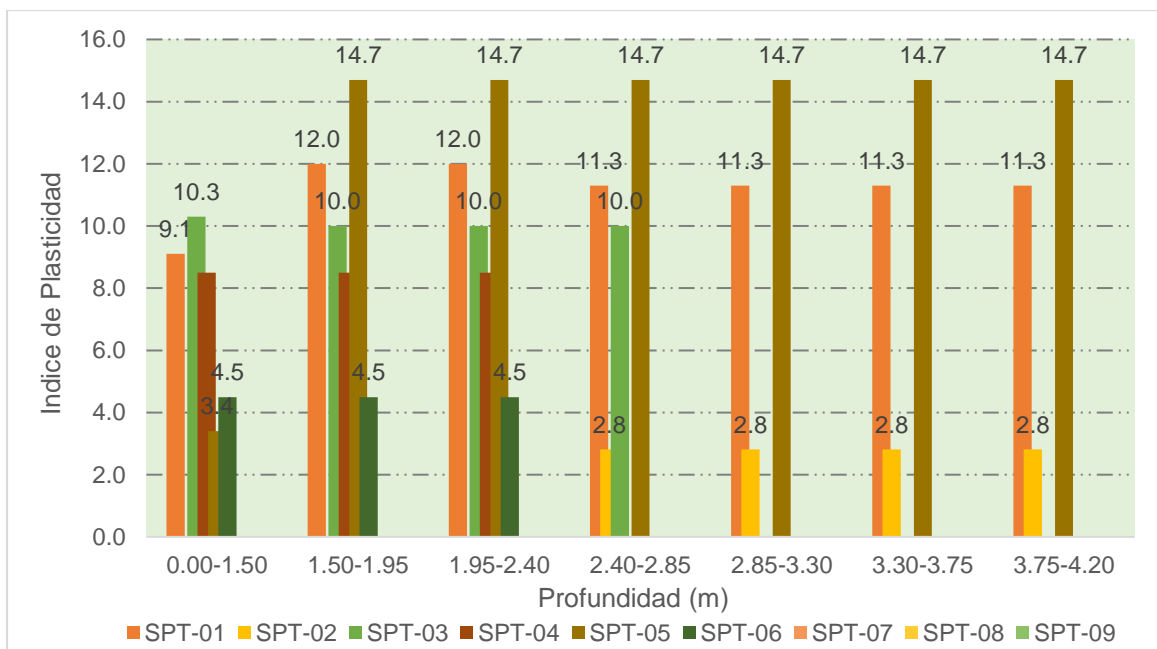


Fig. 41. Variación del Índice de plasticidad en las muestras de los perfiles SPT (01-09).

Tabla XIX

Resumen límites de consistencia de las muestras analizadas SPT (01-09)

Prof. (m)	SPT-01			SPT-02			SPT-03			SPT-04			SPT-05			SPT-06			SPT-07			SPT-08			SPT-09			
	LL	LP	IP	LL	LP	IP	LL	LP	IP	LL	LP	IP	LL	LP	IP	LL	LP	IP	LL	LP	IP	LL	LP	IP	LL	LP	IP	
0.00-1.50	29.2	20.1	9.1	NP	NP	NP	32.5	22.2	10.3	28.9	20.4	8.5	23.5	20.1	3.4	23.4	18.9	4.5	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP
1.50-1.95	35.2	23.2	12.0	NP	NP	NP	30.8	20.8	10.0	28.9	20.4	8.5	36.5	21.8	14.7	23.4	18.9	4.5	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP
1.95-2.40	35.2	23.2	12.0	NP	NP	NP	30.8	20.8	10.0	28.9	20.4	8.5	36.5	21.8	14.7	23.4	18.9	4.5	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP
2.40-2.85	33.1	21.8	11.3	20.5	17.7	2.9	30.8	20.8	10.0	NP	NP	NP	36.5	21.8	14.7	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP
2.85-3.30	33.1	21.8	11.3	20.5	17.7	2.9	NP	NP	NP	NP	NP	NP	36.5	21.8	14.7	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP
3.30-3.75	33.1	21.8	11.3	20.5	17.7	2.9	NP	NP	NP	NP	NP	NP	36.5	21.8	14.7	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP
3.75-4.20	33.1	21.8	11.3	20.5	18.7	1.9	NP	NP	NP	NP	NP	NP	36.5	21.8	14.7	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP

Clasificación de suelos

Tabla XX

Resumen de la clasificación de suelos por la metodología SUCS

Prof (m)	SPT-01	SPT-02	SPT-03	SPT-04	SPT-05	SPT-06	SPT-07	SPT-08	SPT-09
0.00 - 1.00	SC	SC	SC	GP-GC	ML	ML	SM	SP-SM	GM
1.00 - 1.50	SC	SC	SC	GP-GC	ML	ML	SM	SP-SM	GM
1.50 - 1.95	SC	SC	GC	GP-GC	GP-GC	CL-ML	SM	GP-GC	GM
1.95 - 2.40	SC	SC	GC	GP-GC	GP-GC	CL-ML	GP-GC	GP-GC	GM
2.40 - 2.85	SC	SC	GC	GP-GC	GP-GC	CL-ML	GP-GC	GP-GC	GM
2.85 - 3.30	SC	SC	GC	GP-GC	GP-GC	CL-ML	GP-GC	GP-GC	GM
3.30 - 3.75	SC	SC	GC	GP-GC	SM	ML	GP-GC	GP-GC	GM
3.75 - 4.20	SC	SC	GC	GP-GC	SM	ML	GP-GC	GP-GC	GM
4.20 - 4.65	SC	SC	GC	GP-GC	SM	ML	GP-GC	GP-GC	GM
4.65 - 5.10	SC	SC	GC	GP-GC	-	-	-	-	-

Resistencia al esfuerzo cortante

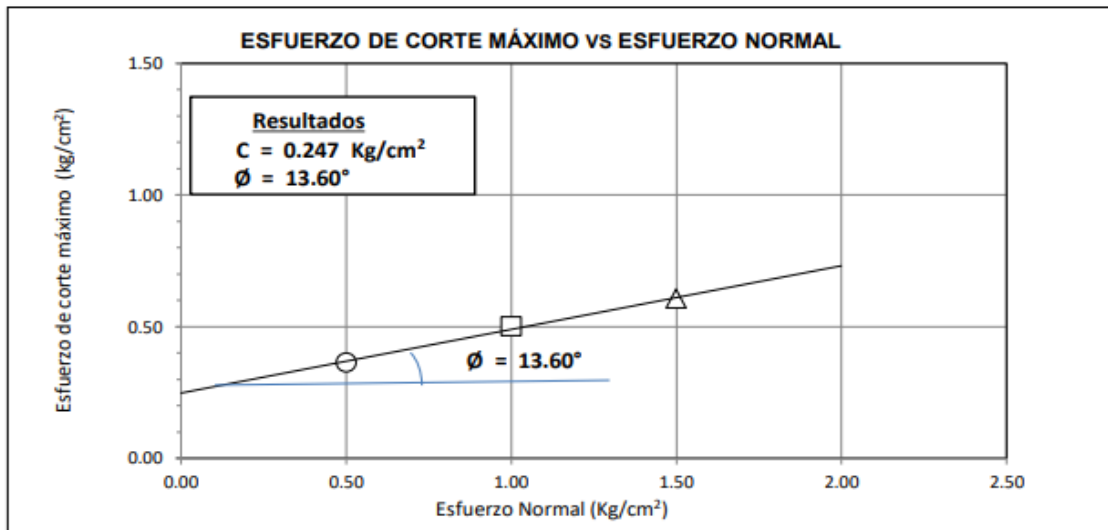


Fig. 42. Parámetros de resistencia al esfuerzo cortante, perfil SPT-01.

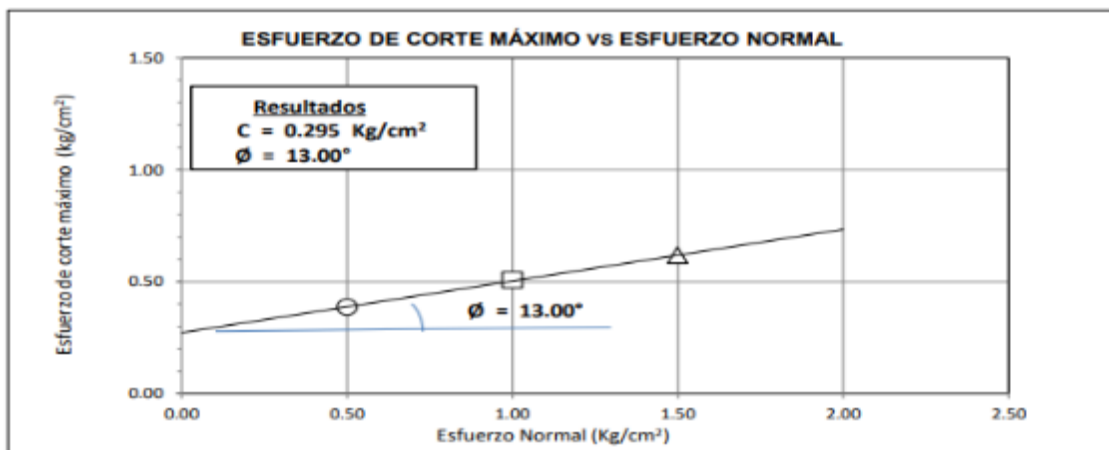


Fig. 43. Parámetros de resistencia al esfuerzo cortante, perfil SPT-02.

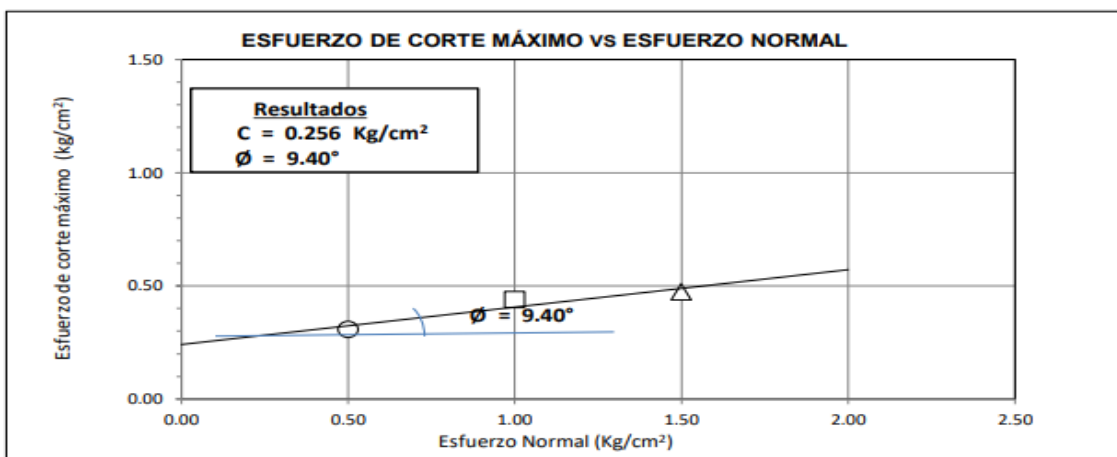


Fig. 44. Parámetros de resistencia al esfuerzo cortante, perfil SPT-03.

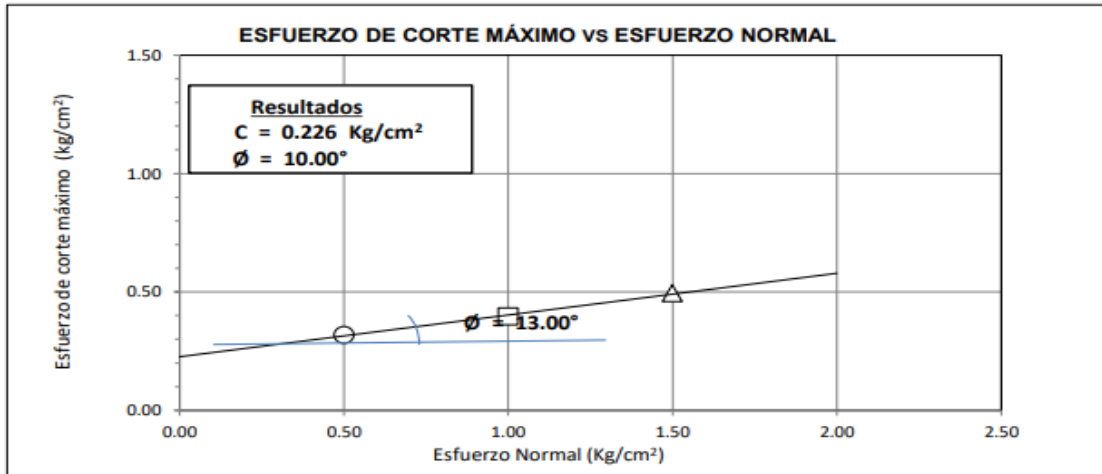


Fig. 45. Parámetros de resistencia al esfuerzo cortante, perfil SPT-04.

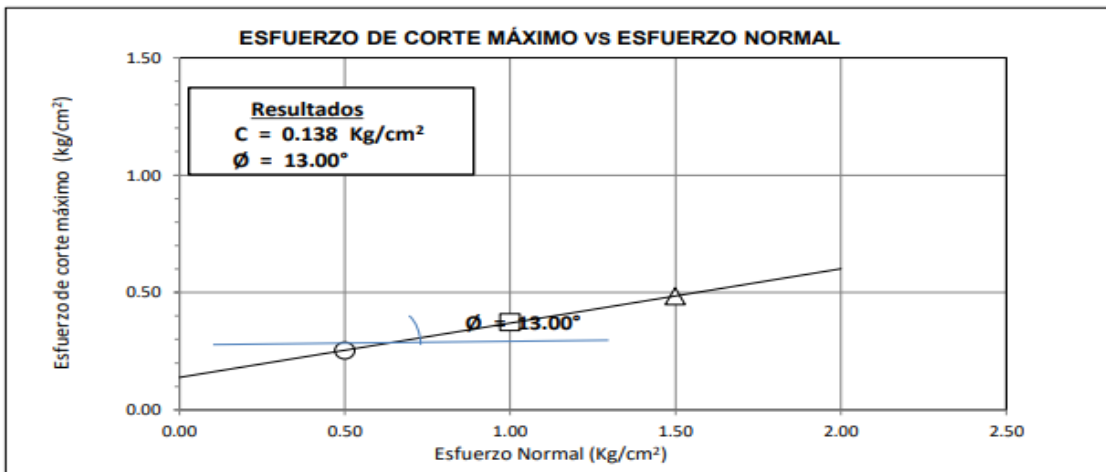


Fig. 46. Parámetros de resistencia al esfuerzo cortante, perfil SPT-05.

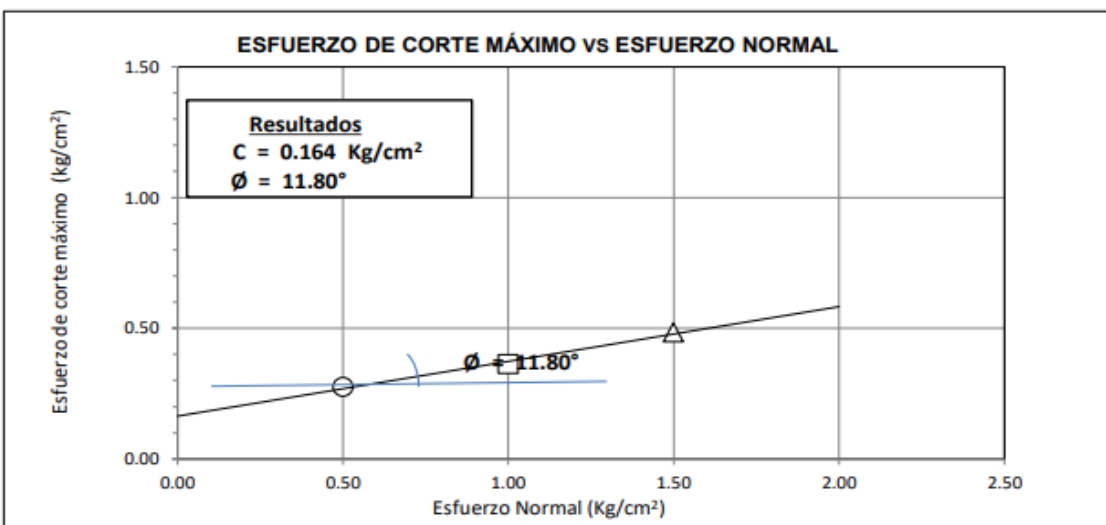


Fig. 47. Parámetros de resistencia al esfuerzo cortante, perfil SPT-06.

Tabla XXI

Resumen de los parámetros de Resistencia al esfuerzo cortante

Z. (m)	SPT-01		SPT-02		SPT-03		SPT-04		SPT-05		SPT-06		SPT-07		SPT-08		SPT-09	
	Ø	C'	Ø	C'	Ø	C'	Ø	C'	Ø	C'	Ø	C'	Ø	C'	Ø	C'	Ø	C'
0.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-1.50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13.27	0.27	14.38	0.27
-1.95	-	-	13.00	0.295	9.40	0.256	10.00	0.226	13.00	0.138	-	-	13.79	0.25	-	-	-	-
-2.10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11.80	0.224	-	-	-	-	-	-
-2.30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-2.45	13.60	0.247	-	-	-	-	11.06	0.09	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-2.60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-2.75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-2.90	-	-	11.64	0.13	13.34	0.29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-3.05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-3.20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-3.35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-3.50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-3.65	-	-	17.85	0.23	-	-	17.09	0.22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-3.80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-3.95	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-4.10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Resultados del objetivo 3: Perfiles de velocidad de ondas de corte, a partir de pruebas geofísicas MASW.

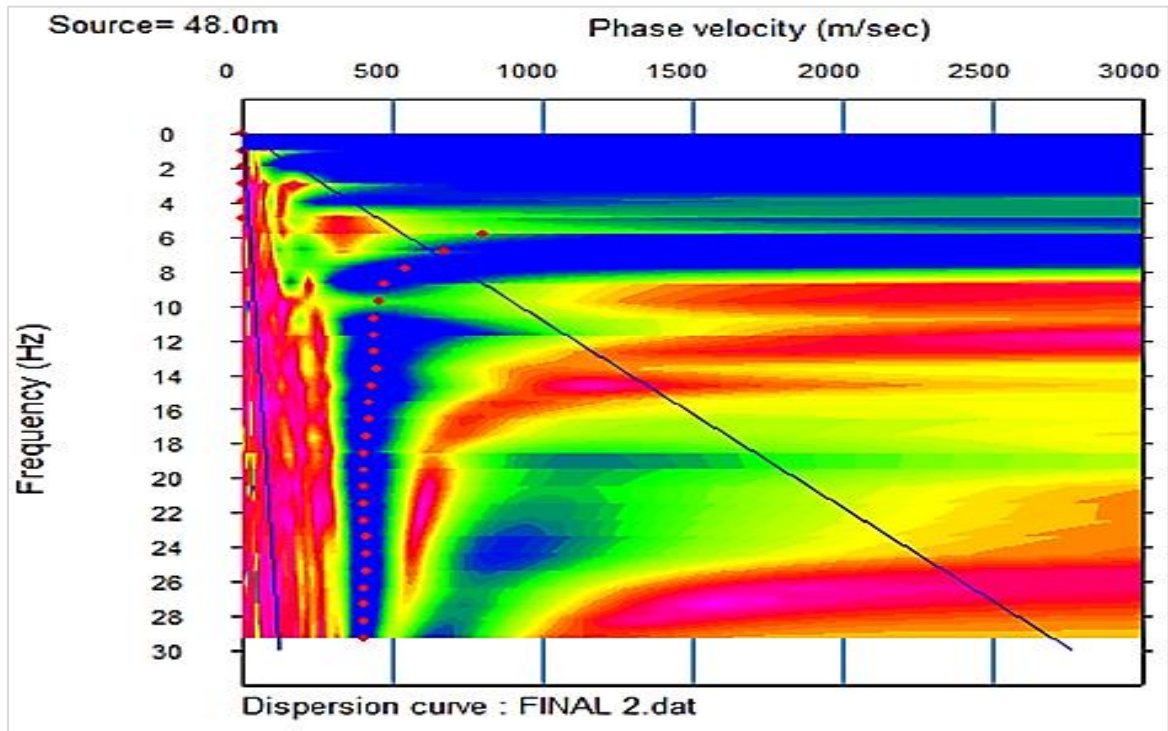


Fig. 48. Curva de dispersión perfil SPT-01.

Tabla XXII

Velocidad de propagación de onda de corte Vs30, Perfil SPT-01

Prof. m.	Tipo de Suelo	Vsi m/s	di m	di/Vsi
1.10	SC	384.00	1.10	0.00
2.30	SC	398.00	1.20	0.00
3.70	SC	409.00	1.40	0.00
5.30	SC	415.00	1.60	0.00
7.00	-	427.00	1.70	0.00
8.90	-	437.00	1.90	0.00
11.00	-	442.00	2.10	0.00
13.20	-	451.00	2.20	0.00
15.60	-	465.00	2.40	0.01
18.10	-	475.00	2.50	0.01
20.90	-	507.00	2.80	0.01
23.70	-	541.00	2.80	0.01
26.80	-	587.00	3.10	0.01
30.00	-	620.00	3.20	0.01
Σ			30.00	0.06
Vs30	m/s			479

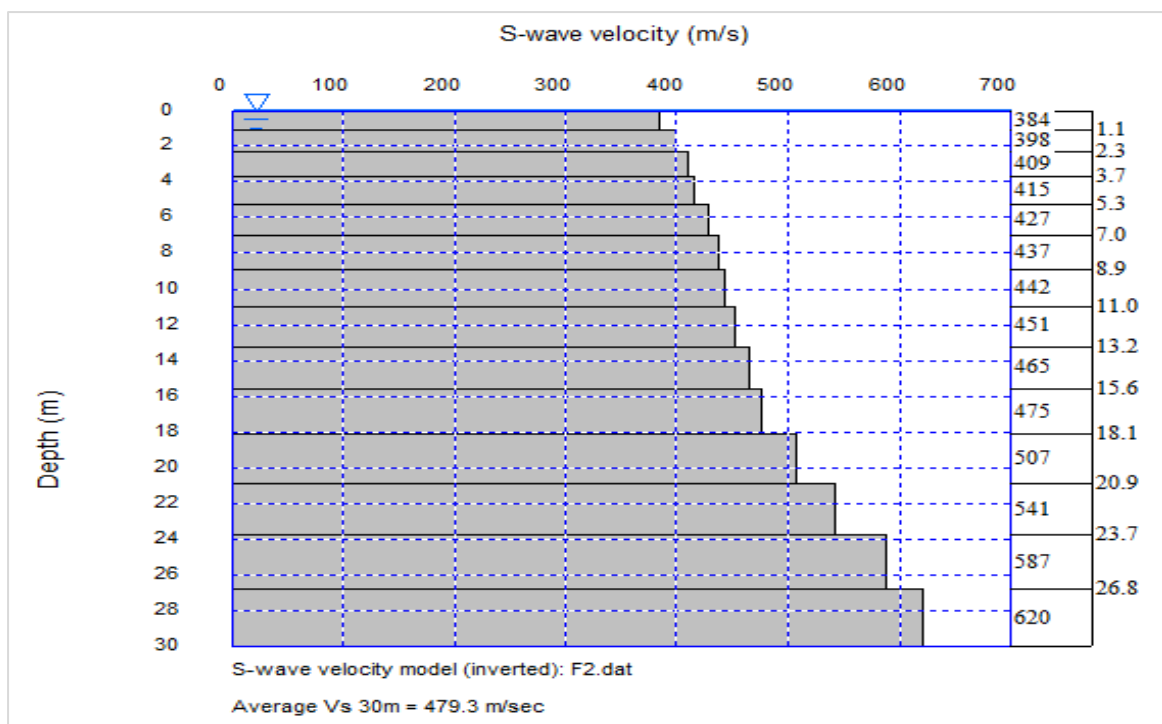


Fig. 49. Velocidad de propagación de onda de corte Vs30, Perfil SPT-01.

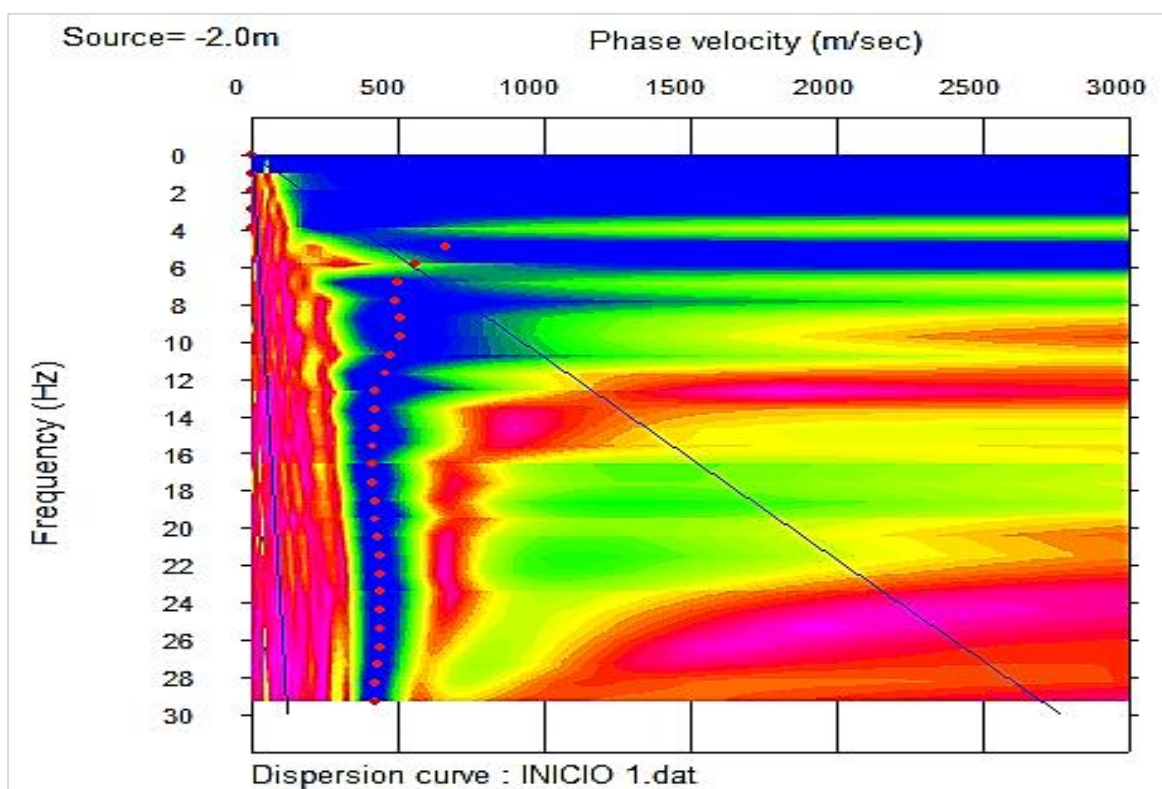


Fig. 50. Curva de dispersión perfil SPT-02.

Tabla XXIII

Velocidad de propagación de onda de corte Vs30, Perfil SPT-02

Prof. m.	Tipo de Suelo	Vsi m/s	di m	di/Vsi
1.10	SC	427.00	1.10	0.003
2.30	SC	433.00	1.20	0.003
3.70	SC	440.00	1.40	0.003
5.30	SC	442.00	1.60	0.004
7.00	-	451.00	1.70	0.004
8.90	-	435.00	1.90	0.004
11.00	-	466.00	2.10	0.005
13.20	-	486.00	2.20	0.005
15.60	-	510.00	2.40	0.005
18.10	-	529.00	2.50	0.005
20.90	-	537.00	2.80	0.005
23.70	-	559.00	2.80	0.005
26.80	-	578.00	3.10	0.005
30.00	-	578.00	3.20	0.006
Σ			30.00	0.060
Vs30	m/s			501.05

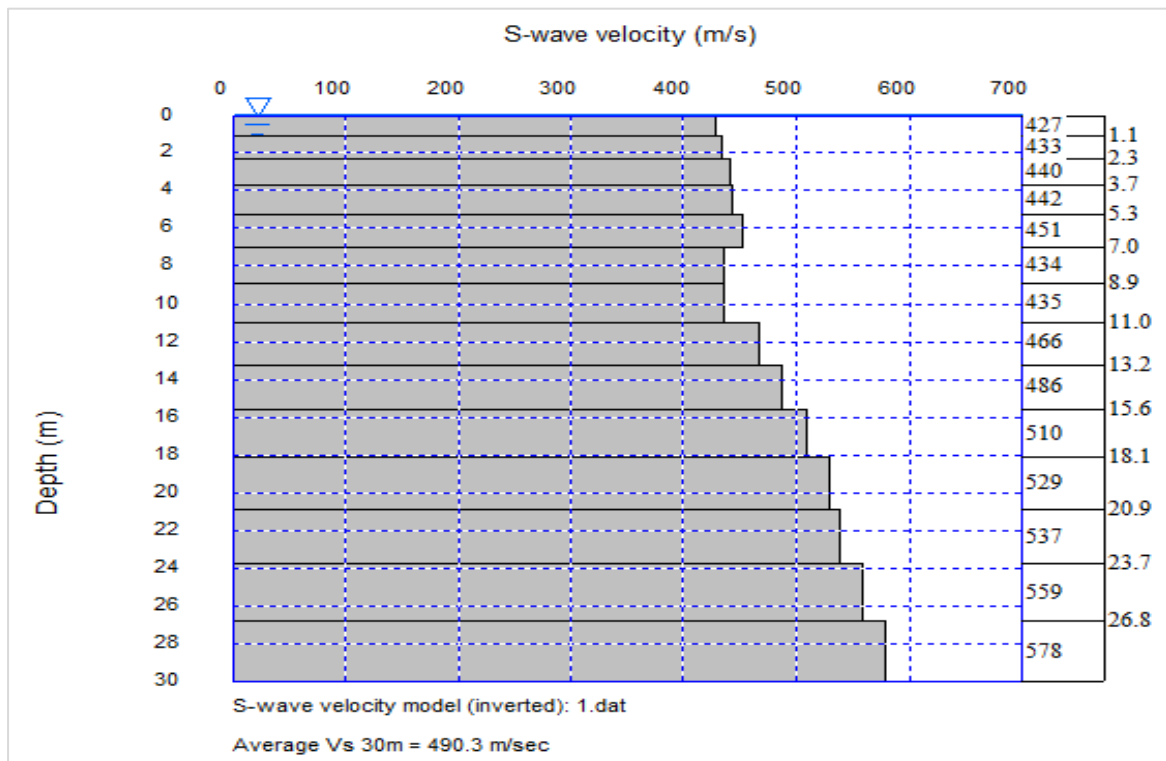


Fig. 51. Velocidad de propagación de onda de corte Vs30, Perfil SPT-02.

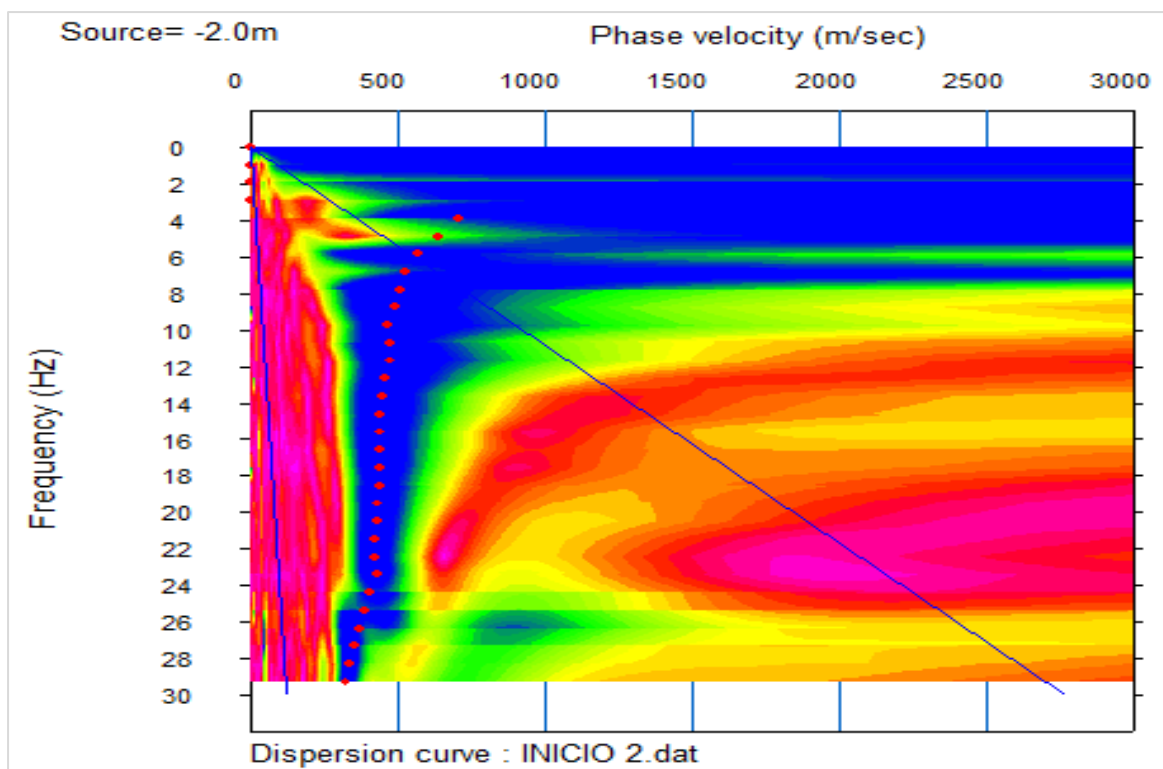


Fig. 52. Curva de dispersión perfil SPT-03.

Tabla XXIV

Velocidad de propagación de onda de corte Vs30, Perfil SPT-03

Prof m.	Tipo de Suelo	Vsi m/s	di m	di/Vsi
1.10	SC	286.00	1.10	0.00
2.30	GC	319.00	1.20	0.00
3.70	GC	356.00	1.40	0.00
5.30	GC	413.00	1.60	0.00
7.00	-	431.00	1.70	0.00
8.90	-	446.00	1.90	0.00
11.00	-	449.00	2.10	0.00
13.20	-	472.00	2.20	0.00
15.60	-	484.00	2.40	0.00
18.10	-	510.00	2.50	0.00
20.90	-	525.00	2.80	0.01
23.70	-	565.00	2.80	0.00
26.80	-	593.00	3.10	0.01
30.00	-	593.00	3.20	0.01
Σ			30.00	0.06
Vs30	m/s			470.73

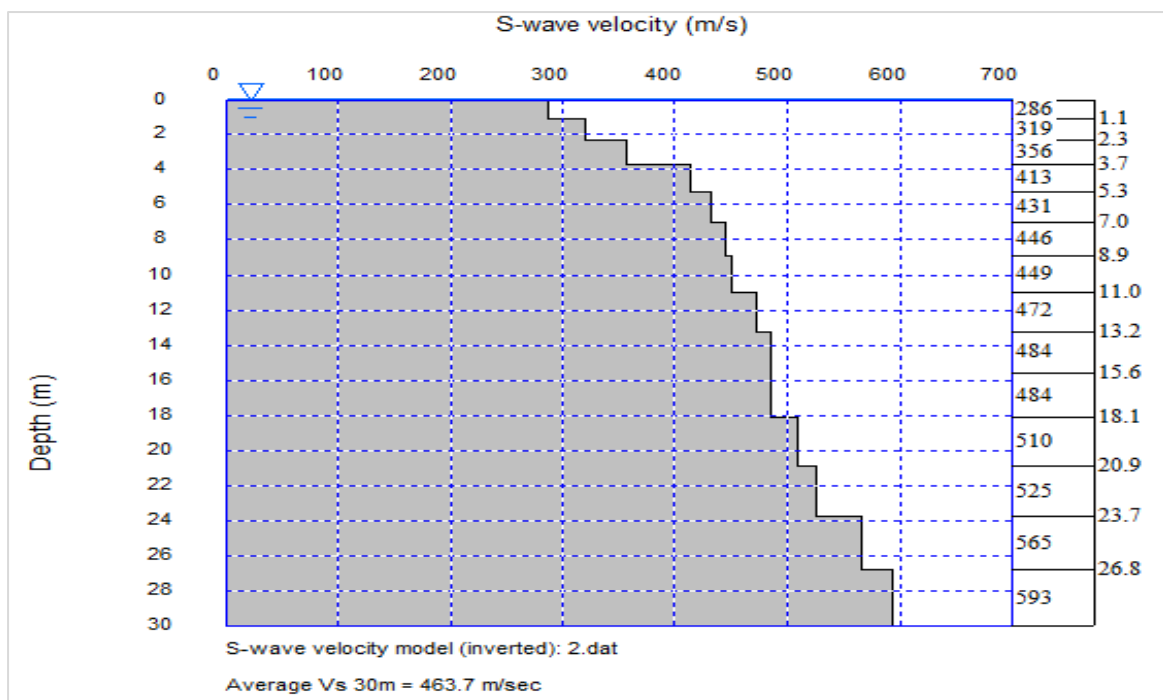


Fig. 53. Velocidad de propagación de onda de corte Vs30, Perfil SPT-03.

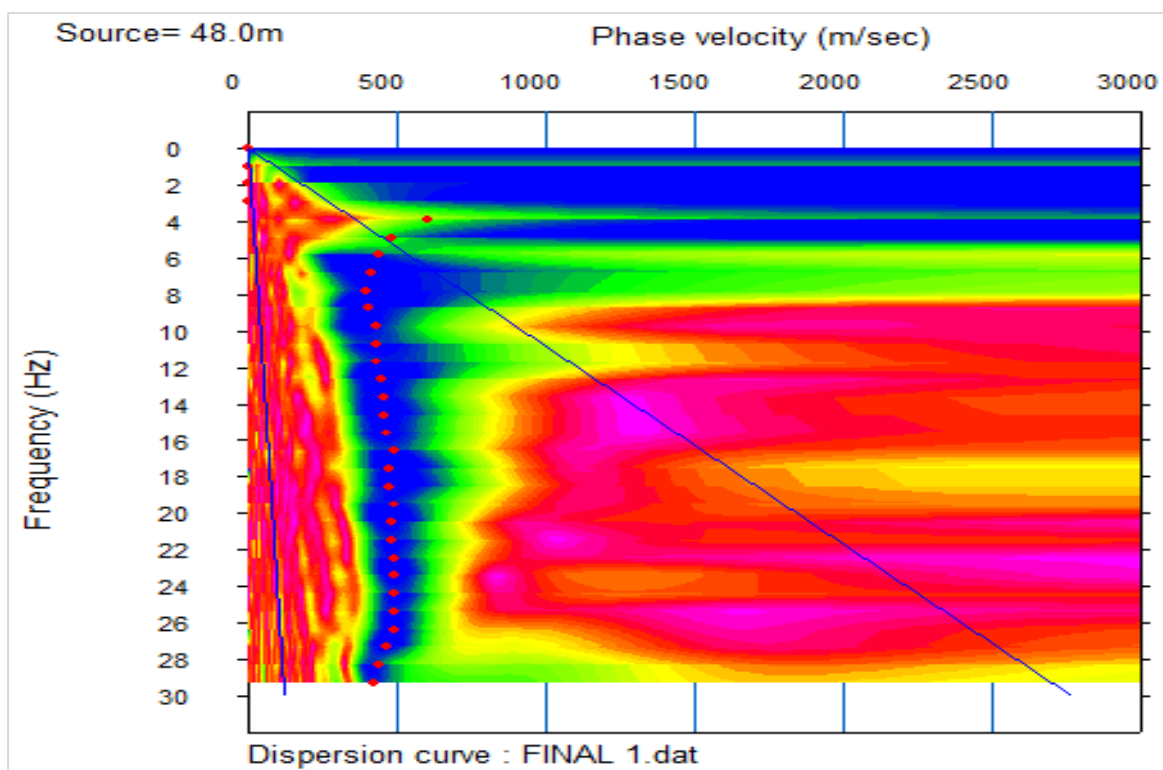


Fig. 54. Curva de dispersión perfil SPT-04.

Tabla XXV

Velocidad de propagación de onda de corte Vs30, Perfil SPT-04

Prof. m.	Tipo de Suelo	Vsi m/s	di m	di/Vsi
1.10	GP-GC	444.00	1.10	0.00
2.30	GP-GC	448.00	1.20	0.00
3.70	GP-GC	456.00	1.40	0.00
5.30	GP-GC	472.00	1.60	0.00
7.00	-	502.00	1.70	0.00
8.90	-	505.00	1.90	0.00
11.00	-	497.00	2.10	0.00
13.20	-	461.00	2.20	0.00
15.60	-	442.00	2.40	0.01
18.10	-	424.00	2.50	0.01
20.90	-	422.00	2.80	0.01
23.70	-	433.00	2.80	0.01
26.80	-	483.00	3.10	0.01
30.00	-	519.00	3.20	0.01
Σ			30.00	0.06
Vs30	m/s			463.15

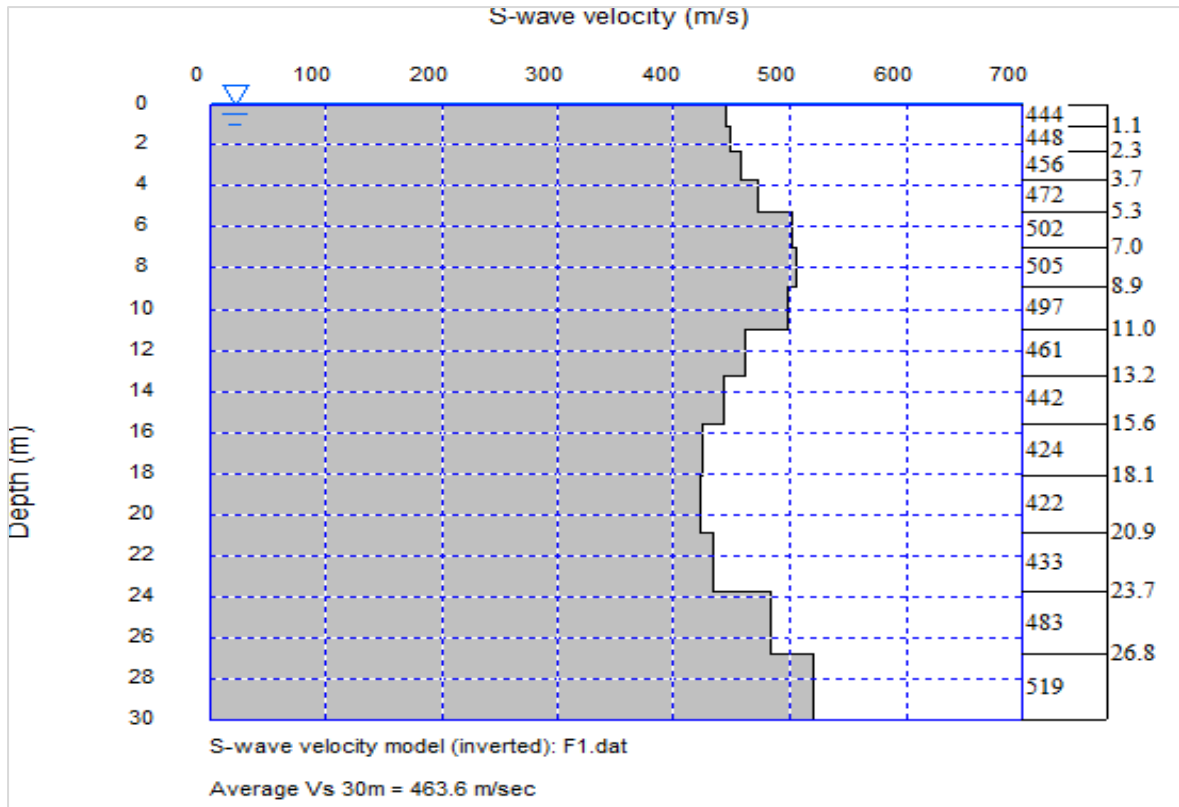


Fig. 55. Velocidad de propagación de onda de corte Vs30, Perfil SPT-04.

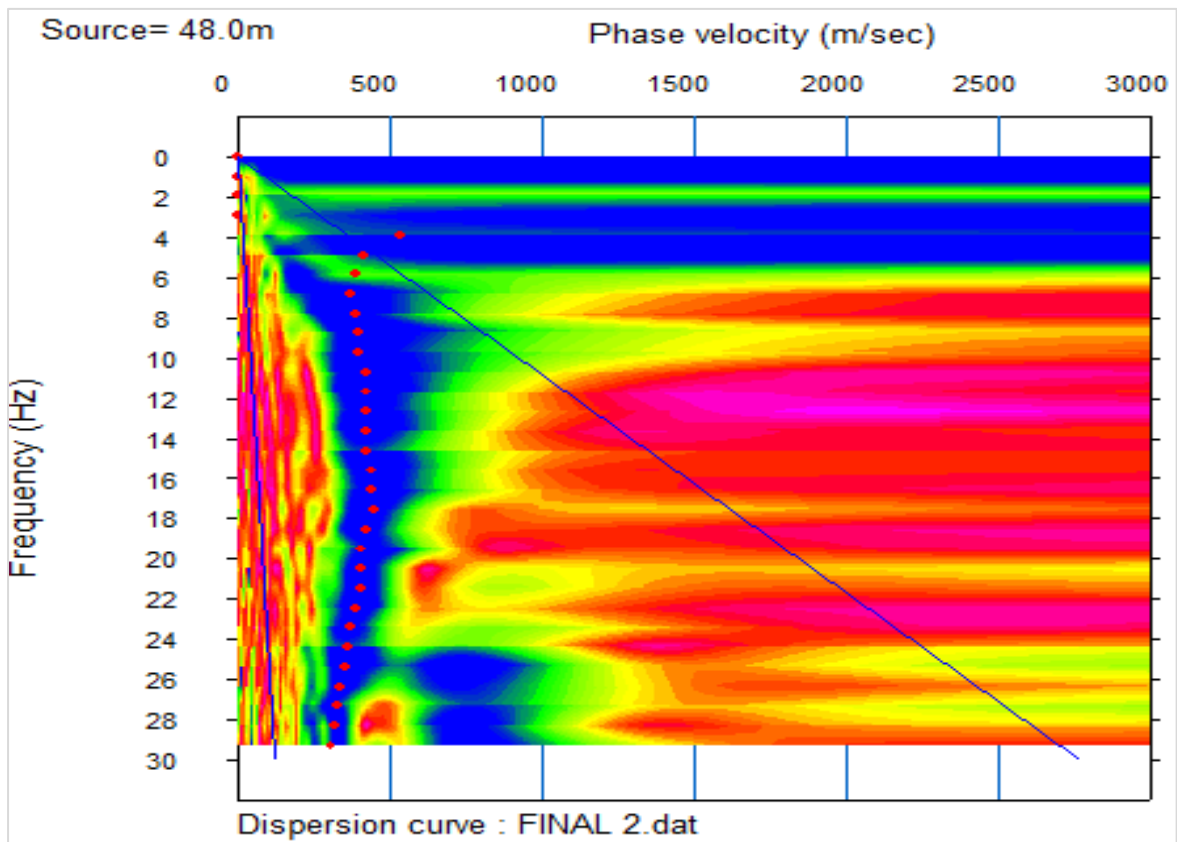


Fig. 56. Curva de dispersión perfil SPT-05.

Tabla XXVI

Velocidad de propagación de onda de corte Vs30, Perfil SPT-05

Prof m.	Tipo de Suelo	Vsi m/s	di m	di/Vsi
1.10	ML	291.00	1.10	0.00
2.30	GP-GC	314.00	1.20	0.00
3.70	SM	332.00	1.40	0.00
5.30	GP-GC	378.00	1.60	0.00
7.00	-	426.00	1.70	0.00
8.90	-	461.00	1.90	0.00
11.00	-	462.00	2.10	0.00
13.20	-	440.00	2.20	0.01
15.60	-	424.00	2.40	0.01
18.10	-	391.00	2.50	0.01
20.90	-	391.00	2.80	0.01
23.70	-	407.00	2.80	0.01
26.80	-	416.00	3.10	0.01
30.00	-	430.00	3.20	0.01
Σ			30.00	0.07
Vs30	m/s			401.62

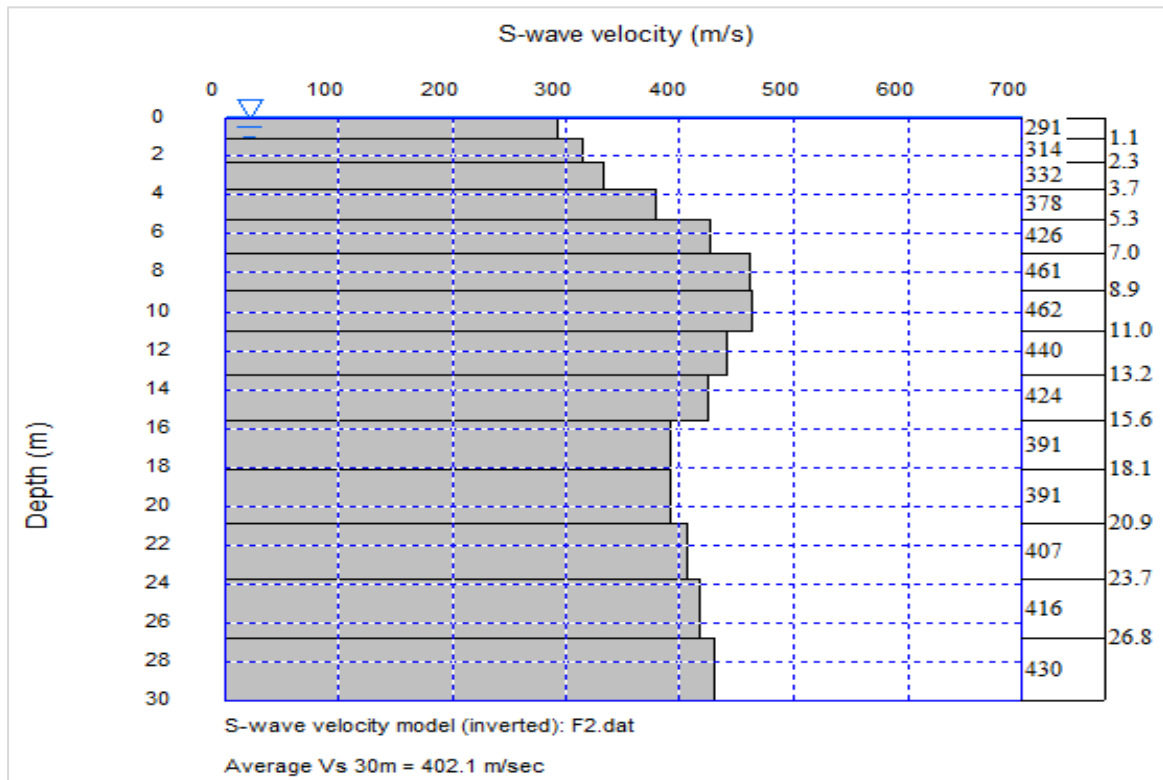


Fig. 57. Velocidad de propagación de onda de corte Vs30, Perfil SPT-05.

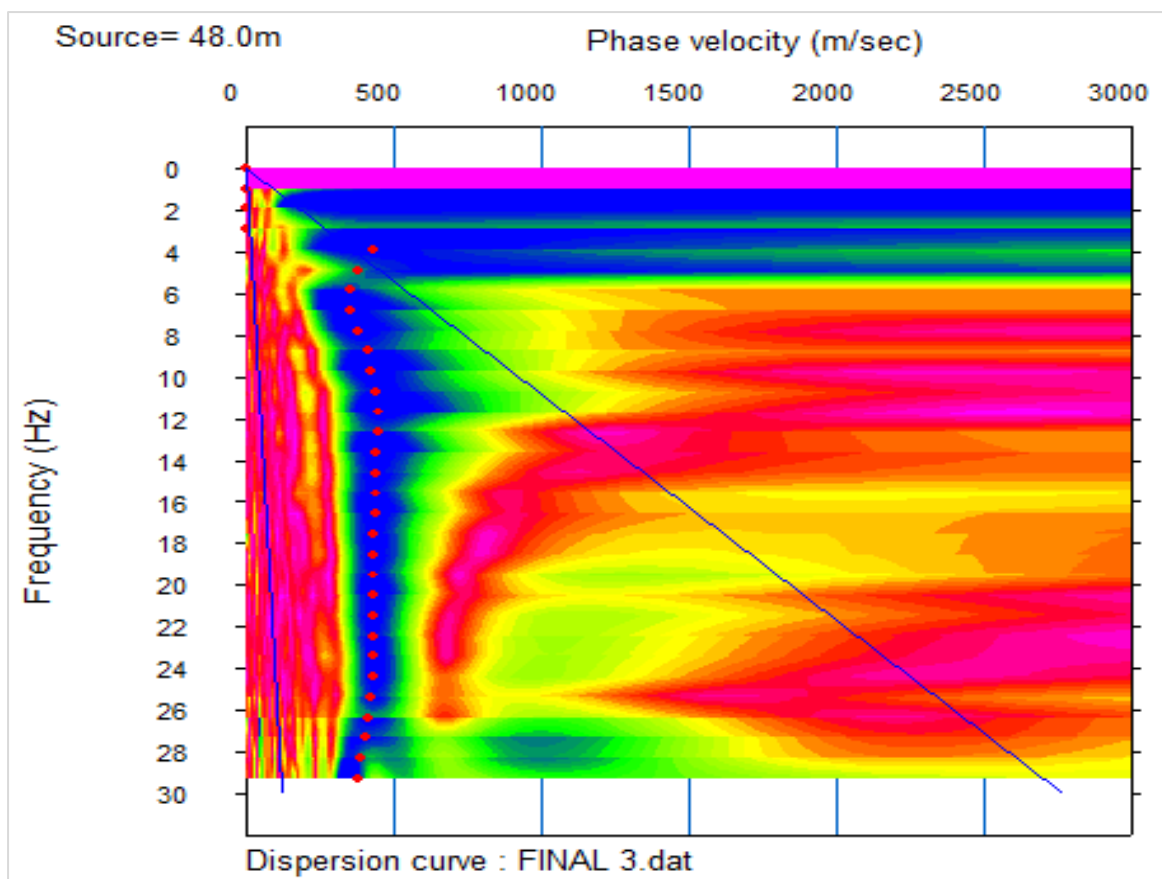


Fig. 58. Curva de dispersión perfil SPT-06.

Tabla XXVII

Velocidad de propagación de onda de corte Vs30, Perfil SPT-06

Prof. m.	Tipo de Suelo	Vsi m/s	di m	di/Vsi
1.10	ML	338.00	1.10	0.00
2.30	CL-ML	365.00	1.20	0.00
3.70	CL-ML	400.00	1.40	0.00
5.30	CL-ML	435.00	1.60	0.00
7.00	-	448.00	1.70	0.00
8.90	-	451.00	1.90	0.00
11.00	-	456.00	2.10	0.00
13.20	-	468.00	2.20	0.00
15.60	-	449.00	2.40	0.01
18.10	-	419.00	2.50	0.01
20.90	-	395.00	2.80	0.01
23.70	-	387.00	2.80	0.01
26.80	-	416.00	3.10	0.01
30.00	-	430.00	3.20	0.01
Σ			30.00	0.07
Vs30	m/s			419.21

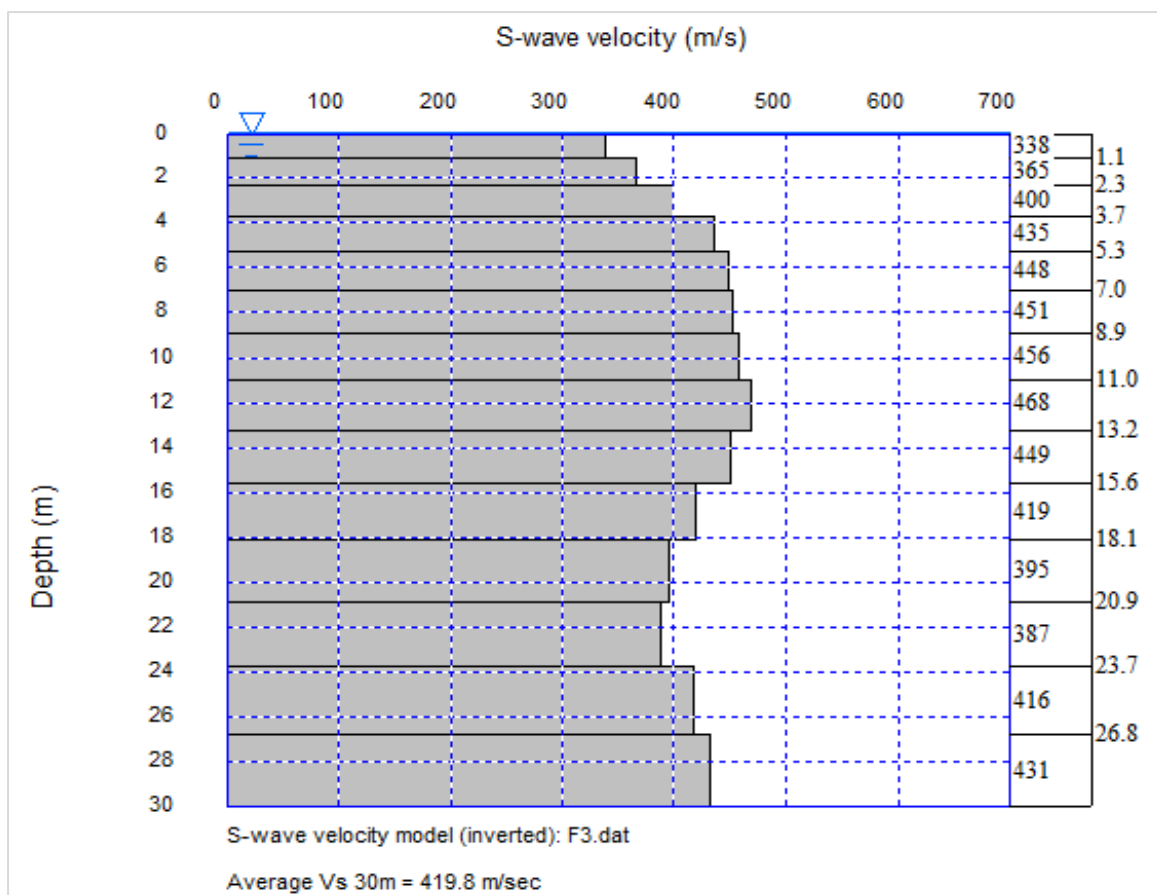


Fig. 59. Velocidad de propagación de onda de corte Vs30, Perfil SPT-06.

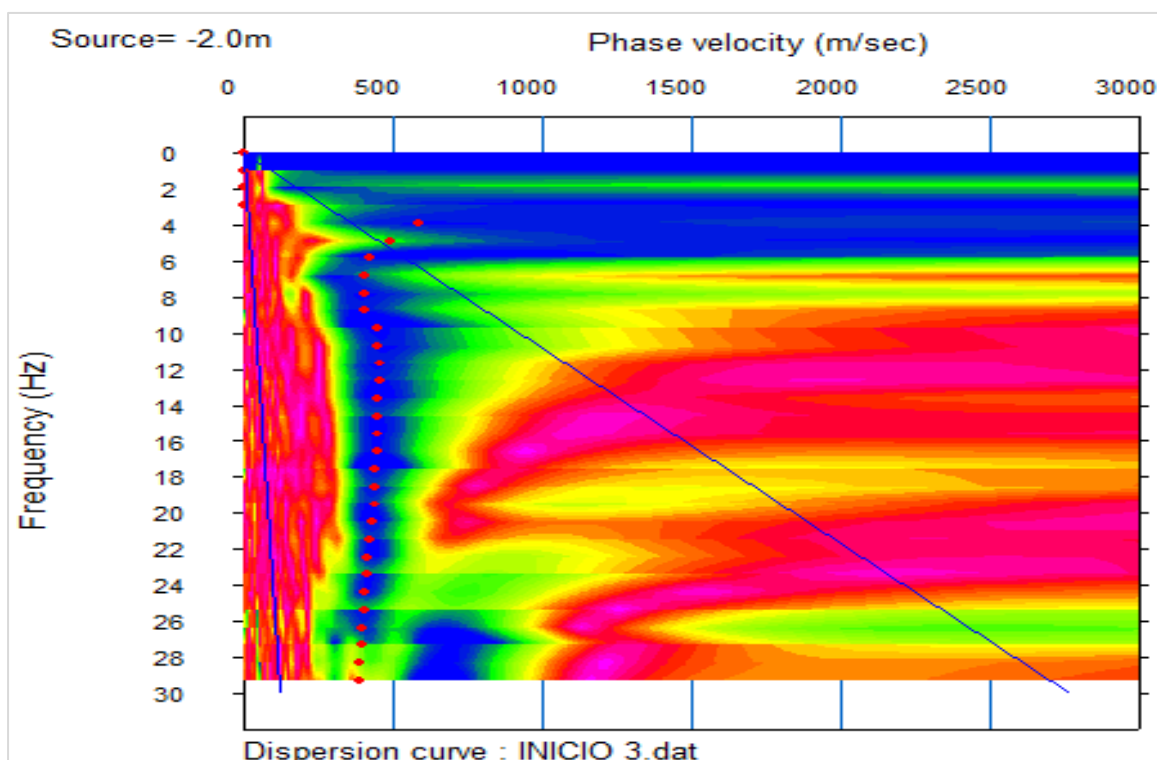


Fig. 60. Curva de dispersión perfil SPT-07.

Tabla XXVIII

Velocidad de propagación de onda de corte Vs30, Perfil SPT-07

Prof. m.	Tipo de Suelo	Vsi m/s	di m	di/Vsi
1.10	SM	361.00	1.10	0.00
2.30	GP-GC	369.00	1.20	0.00
3.70	GP-GC	387.00	1.40	0.00
5.30	GP-GC	407.00	1.60	0.00
7.00	-	437.00	1.70	0.00
8.90	-	451.00	1.90	0.00
11.00	-	459.00	2.10	0.00
13.20	-	466.00	2.20	0.00
15.60	-	465.00	2.40	0.01
18.10	-	452.00	2.50	0.01
20.90	-	427.00	2.80	0.01
23.70	-	449.00	2.80	0.01
26.80	-	488.00	3.10	0.01
30.00	-	526.00	3.20	0.01
Σ			30.00	0.07
Vs30	m/s			446.63

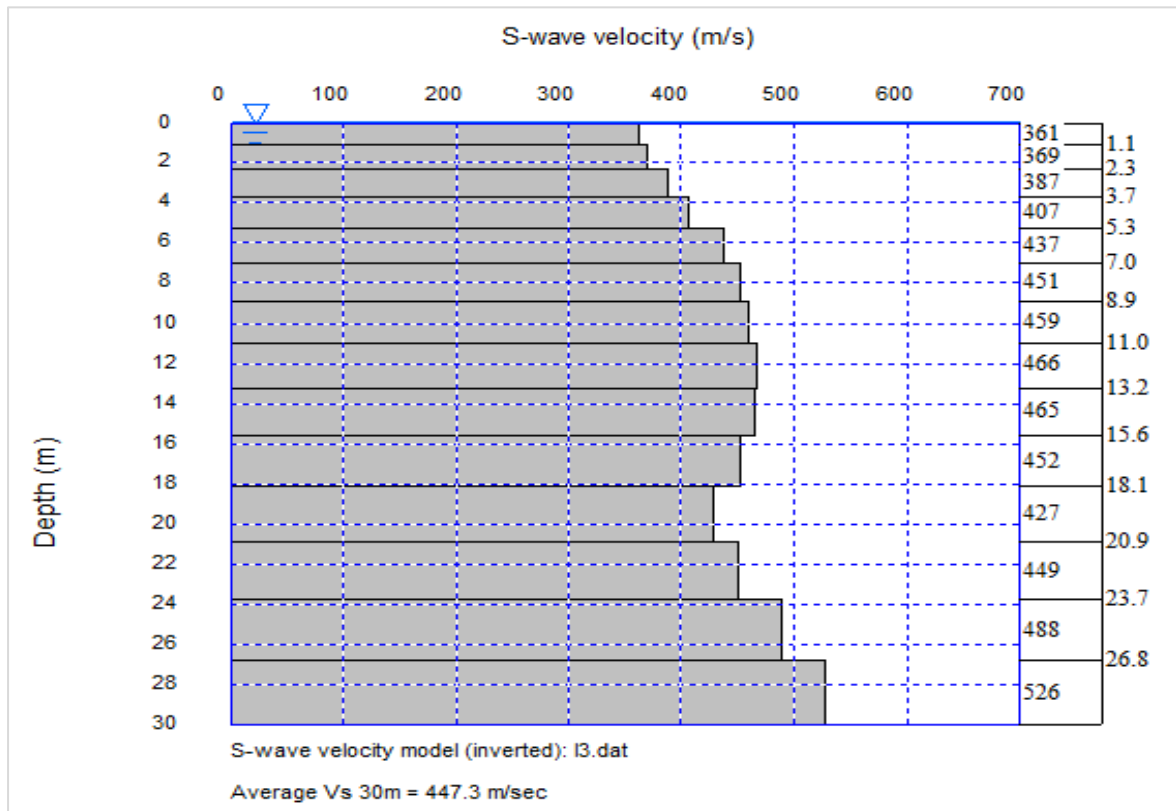


Fig. 61. Velocidad de propagación de onda de corte Vs30, Perfil SPT-07.

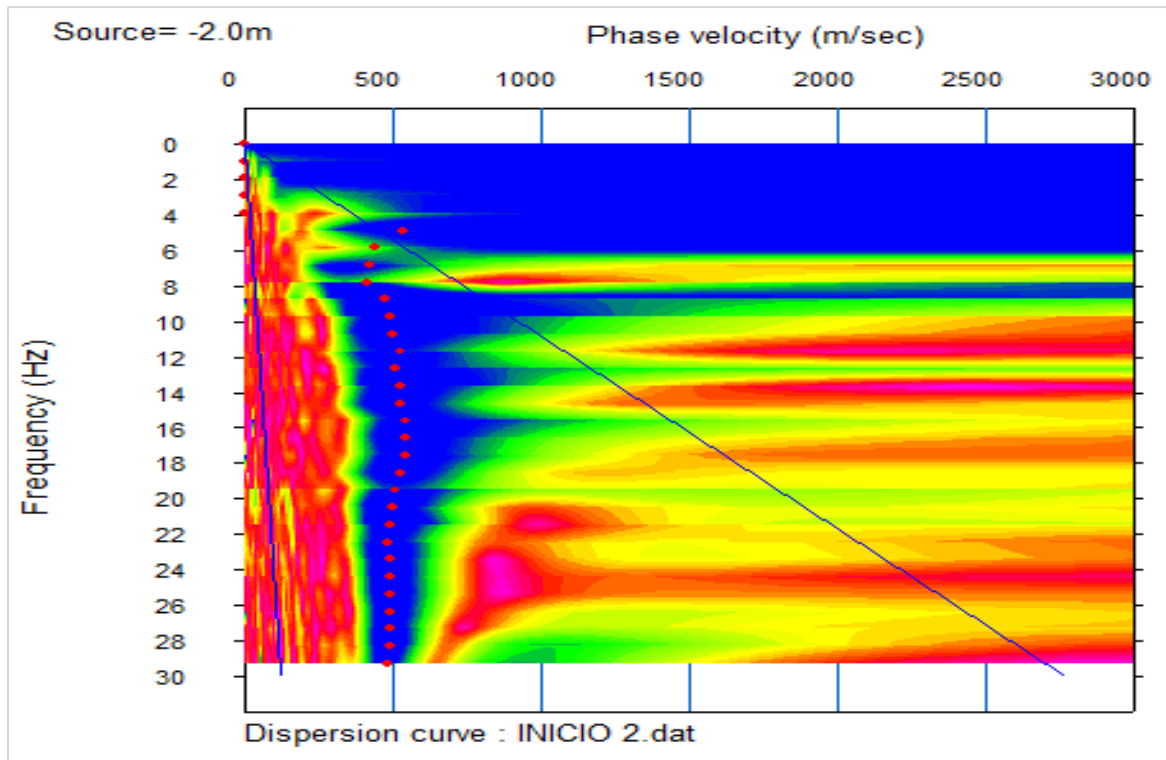


Fig. 62. Curva de dispersión perfil SPT-08.

Tabla XXIX

Velocidad de propagación de onda de corte Vs30, Perfil SPT-08

Prof. m.	Tipo de Suelo	Vsi m/s	di m	di/Vsi
1.10	SP-SM	465.00	1.10	0.00
2.30	GP-GC	472.00	1.20	0.00
3.70	GP-GC	481.00	1.40	0.00
5.30	GP-GC	488.00	1.60	0.00
7.00	-	502.00	1.70	0.00
8.90	-	521.00	1.90	0.00
11.00	-	548.00	2.10	0.00
13.20	-	547.00	2.20	0.00
15.60	-	536.00	2.40	0.00
18.10	-	516.00	2.50	0.00
20.90	-	472.00	2.80	0.01
23.70	-	455.00	2.80	0.01
26.80	-	472.00	3.10	0.01
30.00	-	491.00	3.20	0.01
Σ			30.00	0.06
Vs30	m/s			496.05

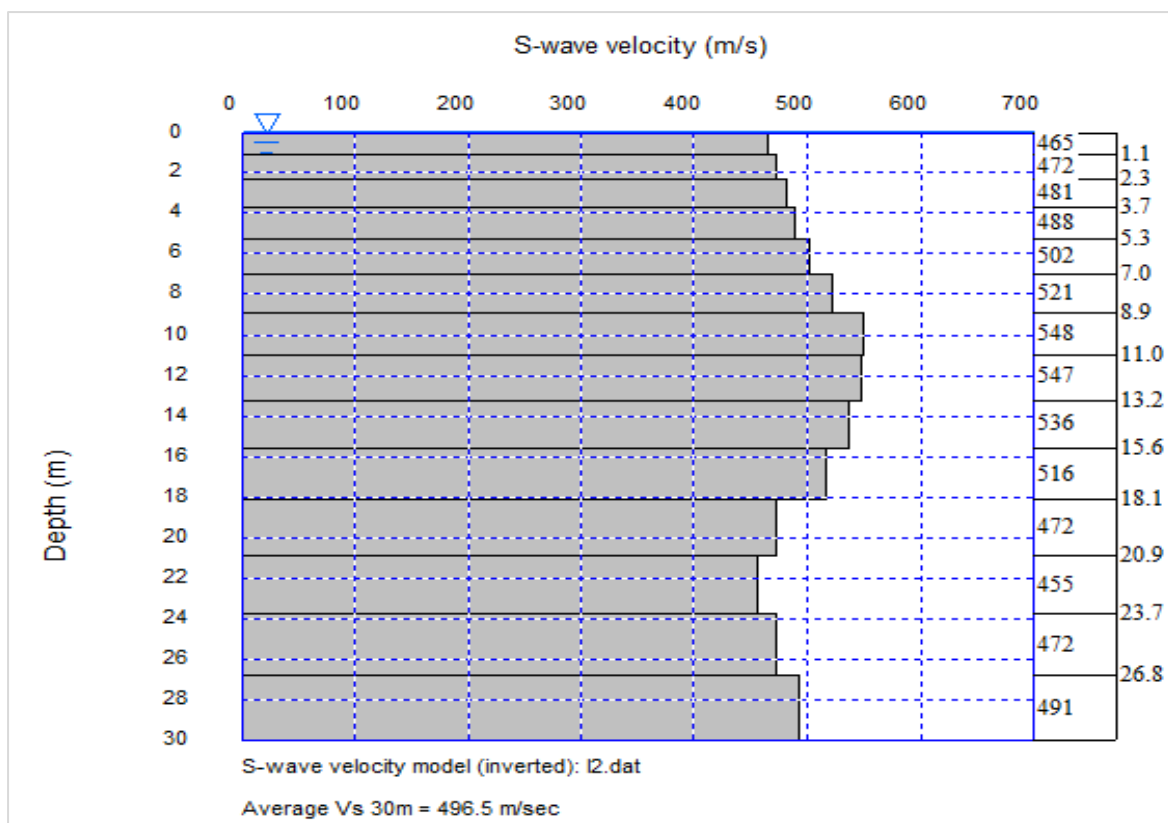


Fig. 63. Velocidad de propagación de onda de corte Vs30, Perfil SPT-08.

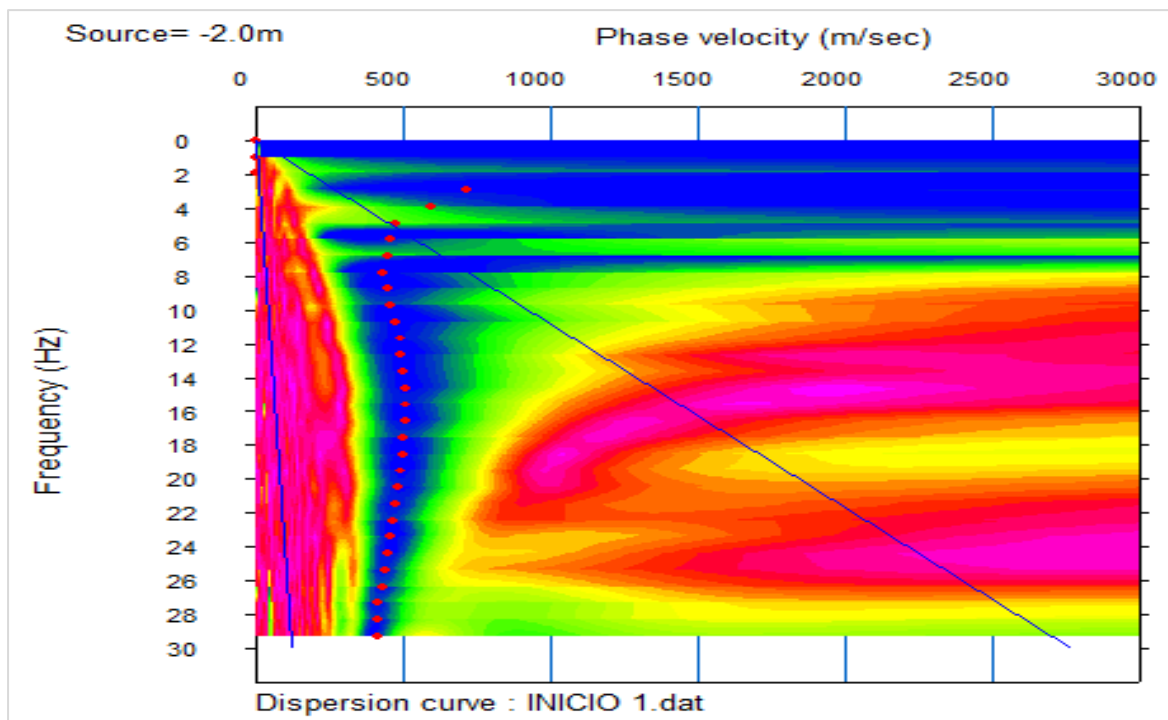


Fig. 64. Curva de dispersión perfil SPT-09.

Tabla XXX

Velocidad de propagación de onda de corte Vs30, Perfil SPT-09

Prof. m.	Tipo de Suelo	Vsi m/s	di m	di/Vsi
1.10	GM	381.00	1.10	0.00
2.30	GM	395.00	1.20	0.00
3.70	GM	413.00	1.40	0.00
5.30	GM	431.00	1.60	0.00
7.00	-	477.00	1.70	0.00
8.90	-	505.00	1.90	0.00
11.00	-	521.00	2.10	0.00
13.20	-	518.00	2.20	0.00
15.60	-	499.00	2.40	0.00
18.10	-	466.00	2.50	0.01
20.90	-	453.00	2.80	0.01
23.70	-	455.00	2.80	0.01
26.80	-	466.00	3.10	0.01
30.00	-	488.00	3.20	0.01
Σ			30.00	0.06
Vs30	m/s			466.20

NOTA: las Tablas de los perfiles Vs30 que presentamos fueron calculadas en Microsoft Excel en base a la data obtenida del ensayo geofísico Masw, donde la Vs30 se calculó de acuerdo a la ecuación que indica la E0.30 del RNE vigente

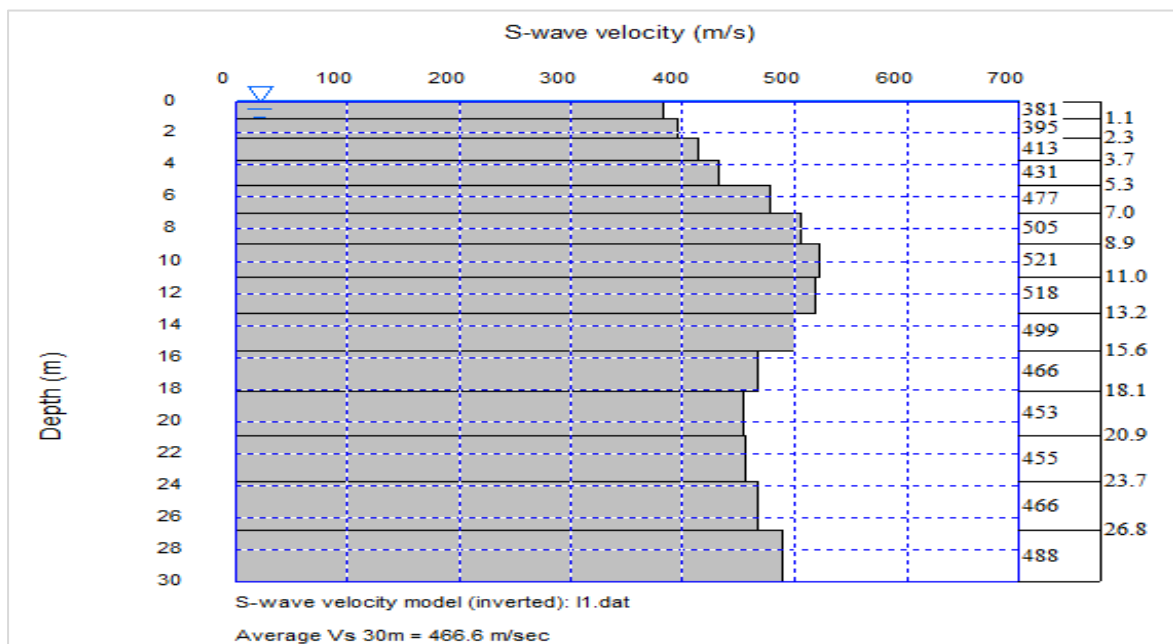


Fig. 65. Velocidad de propagación de onda de corte Vs30, Perfil SPT-08.

NOTA: las figuras de los perfiles Vs30 que presentamos fueron obtenidas a partir del ensayo geofísico Masw y procesadas en el software Surface Wave Analysis Wizard

Clasificación de los perfiles del suelo

Tabla XXXI

Clasificación de los perfiles del suelo en función de la velocidad de ondas de corte Vs30

Sondaje	VS30	Tipo de suelo	Descripción
MASW-01	479.03	S ₂	Suelo Intermedio
MASW-02	501.05	S ₂	Suelo Intermedio
MASW-03	470.73	S ₂	Suelo Intermedio
MASW-04	463.15	S ₂	Suelo Intermedio
MASW-05	401.62	S ₂	Suelo Intermedio
MASW-06	419.21	S ₂	Suelo Intermedio
MASW-07	446.63	S ₂	Suelo Intermedio
MASW-08	496.05	S ₂	Suelo Intermedio
MASW-09	466.20	S ₂	Suelo Intermedio



Fig. 66. Clasificación de los perfiles del suelo de acuerdo a RNE e 0.30.

Resultados del objetivo 4: relación entre el número de golpes Nm-SPT y la velocidad de propagación de ondas de corte del ensayo MASW.

Valores obtenidos de las mediciones en situ

Tabla XXXII

Valores Nm-SPT y Vsi de las mediciones en situ, perfil S-1

Prof m.	Tipo de Suelo	N-SPT 15 cm	Nm-SPT 30 cm	Vsi m/s
1.20	SC	4		
1.35	SC	6		
1.50	SC	9	15	384.00
1.65	SC	8		
1.80	SC	12		
1.95	SC	13	25	384.00
2.10	SC	18		
2.25	SC	15		
2.40	SC	33	48	398.00
2.55	SC	-		
2.70	SC	-		
2.85	SC	32		
3.00	SC	34		
3.15	SC	50	84	398.00
3.30	SC	46		
3.45	SC	54		
3.60	SC	55	109	409.00

Tabla XXXIII

Valores Nm-SPT y Vsi de las mediciones en situ, perfil S-2

Prof m.	Tipo de Suelo	N-SPT 15 cm	Nm-SPT 30 cm	Vsi m/s
1.20	SC	8.00		
1.35	SC	12.00		
1.50	SC	15.00	27.00	427.00
1.65	SC	12.00		
1.80	SC	15.00		
1.95	SC	18.00	33.00	427.00
2.10	SC	-		
2.25	SC	-		
2.40	SC	18.00		
2.55	SC	24.00		
2.70	SC	38.00	62.00	433.00
2.85	SC	36.00		
3.00	SC	39.00		
3.15	SC	46.00	85.00	
3.30	SC	-		
3.45	SC	44.00		

3.60	SC	46.00		
3.75	SC	50.00	96.00	440.00

Tabla XXXIV

Valores Nm-SPT y Vsi de las mediciones en situ, perfil S-3

Prof m.	Tipo de Suelo	N-SPT 15 cm	Nm-SPT 30 cm	Vsi m/s
1.20		12.00		
1.35	SC	20.00		
1.50	-----	20.00	40.00	286.00
1.65		16.00		
1.80		22.00		
1.95		22.00	44.00	286.00
2.10		18.00		
2.25		18.00		
2.40		30.00	48.00	319.00
2.55	GC			
2.70				
2.85		33.00		
3.00		43.00		
3.15		49.00	92.00	319.00
3.30		46.00		
3.45		50.00		
3.60		50.00	100.00	356.00

Tabla XXXV

Valores Nm-SPT y Vsi de las mediciones en situ, perfil S-4

Prof. m.	Tipo de Suelo	N-SPT 15 cm	Nm-SPT 30 cm	Vsi m/s
1.20		20.00		
1.35		35.00		
1.50		16.00	51.00	444.00
1.65		15.00		
1.80		18.00		
1.95	GP-GC	30.00	48.00	444.00
2.10		24.00		
2.25		35.00		
2.40		37.00	72.00	448.00
2.55		-		
2.70		-		
2.85	-----	-		

3.00	35.00		
3.15	50.00		
3.30	50.00	100.00	456.00

Tabla XXXVI

Valores Nm-SPT y Vsi de las mediciones en situ, perfil S-5

Prof. m.	Tipo de Suelo	N-SPT 15 cm	Nm-SPT 30 cm	Vsi m/s
1.20		8.00		
1.35	ML	14.00		
1.50		15.00	29.00	291.00
1.65		8.00		
1.80		12.00		
1.95		11.00	23.00	291.00
2.10		24.00		
2.25	GP-GC	25.00		
2.40		30.00	55.00	314.00
2.55		-		
3.00		24.00		
3.15		32.00		
3.30		34.00	66.00	314.00
3.45		34.00		
3.60		35.00		
3.75	SM	37.00	72.00	332.00
3.90		36.00		
4.05		38.00		
4.20		39.00	77.00	332.00

Tabla XXXVII

Valores Nm-SPT y Vsi de las mediciones en situ, perfil S-6

Prof. m.	Tipo de Suelo	N-SPT 15 cm	Nm-SPT 30 cm	Vsi m/s
1.20		8.00		
1.35	ML	15.00		
1.50		14.00	29.00	338.00
1.65		9.00		
1.80		13.00		
1.95		15.00	28.00	338.00
2.10		18.00		
2.25	CL-ML	26.00		
2.40		28.00	54.00	365.00
2.55		-		
3.00		24.00		
3.15		32.00		

3.30		35.00	67.00	365.00
3.45		33.00		
3.60		34.00		
3.75	ML	38.00	72.00	400.00
3.90		35.00		
4.05		38.00		
4.20		40.00	78.00	400.00

Tabla XXXVIII

Valores Nm-SPT y Vsi de las mediciones en situ, perfil S-7

Prof. m.	Tipo de Suelo	N-SPT 15 cm	Nm-SPT 30 cm	Vsi m/s
1.20		20		
1.35		30		
1.50	SM	18	48	361.00
1.65		15		
1.80		18		
1.95		30	48	361.00
2.10		24		
2.25		35		
2.40		37	72	369.00
2.55		-		
2.70	GP-GC	-		
2.85		-		
3.00		35		
3.15		39		
3.30		45	84	387.00

Tabla XXXIX

Valores Nm-SPT y Vsi de las mediciones en situ, perfil S-8

Prof. m.	Tipo de Suelo	N-SPT 15 cm	Nm-SPT 30 cm	Vsi m/s
1.20		15		
1.35	SP-SM	20		
1.50		25	45	465.00
1.65		23		
1.80		26		
1.95		28	54	465.00
2.10	GP-GC	26		
2.25		30		
2.40		35	65	472.00
2.55		-		
2.70		-		

2.85	-		
3.00	29		
3.15	36		
3.30	37	73	472.00
3.45	33		
3.60	37		
3.75	41	78	481.00
3.90	38		
4.05	42		
4.20	50	92	481.00

Tabla XL

Valores Nm-SPT y Vsi de las mediciones en situ, perfil S-9

Prof. m.	Tipo de Suelo	N-SPT 15 cm	Nm-SPT 30 cm	Vsi m/s
1.20		15		
1.35		20		
1.50		25	45	381.00
1.65		23		
1.80		26		
1.95	GM	28	54	381.00
2.1		26		
2.25		30		
2.40		35	65	395.00
3.00		29		
3.15		36		
3.30		37	73	395.00
3.45		33		
3.60		37		
3.75	GM	41	78	413.00
3.90		38		
4.05		42		
4.20		50	92	413.00

Relación entre el número de golpes Nm-SPT y la Velocidad de onda de corte en los estratos superficiales Vsi

Tabla XLI

Resumen de datos N, Nm-SPT y Vsi de las mediciones en situ

Tipo	SUCS	Nm-SPT	Vsi (m/s)	
Arcillas y Limos	CL-ML	28	338.00	
	ML	29	291.00	
	ML	29	338.00	
	CL-ML	54	365.00	
	CL-ML	67	365.00	
	ML	72	400.00	
	ML	78	400.00	
	SC	15	384.00	
	SC	25	384.00	
	SC	27	427.00	
Arenas	SC	33	427.00	
	SC	40	286.00	
	SM	48	361.00	
	SM	48	361.00	
	SC	48	398.00	
	SC	62	433.00	
	SM	72	332.00	
	SM	77	332.00	
	SC	84	398.00	
	SC	85	433.00	
	SC	96	440.00	
	SC	109	409.00	
	Gravas	GP-GC	23	291.00
		GC	44	286.00
GM		45	381.00	
GM		45	465.00	
GC		48	319.00	
GP-GC		48	444.00	
GP-GC		51	444.00	
GM		54	381.00	
GM		54	465.00	
GP-GC		55	314.00	
GM		65	395.00	
GM		65	472.00	
GP-GC		66	314.00	
GP-GC		72	369.00	
GP-GC		72	448.00	
GM		73	395.00	
GM		73	472.00	
GM		78	413.00	
GM		78	481.00	
GP-GC		84	387.00	
GC	92	319.00		
GM	92	413.00		
GM	92	481.00		
GC	100	356.00		

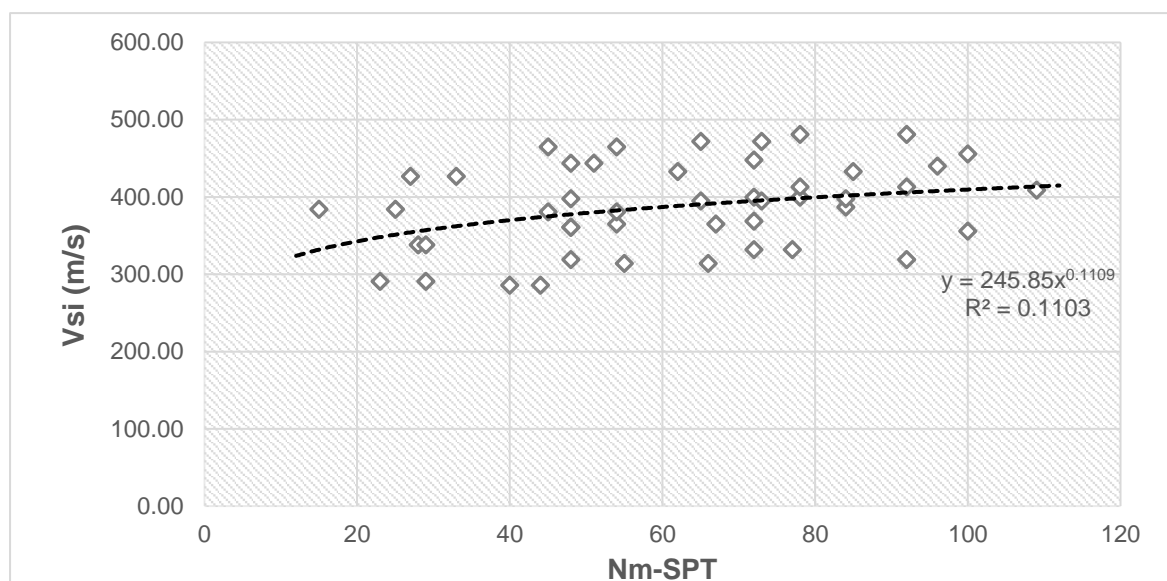


Fig. 67. Relación entre el número de golpes N-SPT y la Velocidad de onda de corte en los estratos superficiales Vsi.

Tabla XLII

Parámetros estadísticos de la relación inicial de Nm-SPT y Vsi

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0.334
R Square	0.112
Adjusted R Square	0.092
Standard Error	53.537
Observations	47

Tabla XLIII

Análisis de varianzas Anova para la relación inicial

ANOVA	df	SS	MS	F	P-value
Regression	1.00	16244.14	16244.14	5.667380496	0.022
Residual	45.00	128981.35	2866.252171		
Total	46.00	145225.49			

Comentario: el valor del coeficiente de Pearson presentado en esta tabla como en la Fig. 67 nos indica que no existe una buena relación entre el número de golpes N-SPT y la velocidad de onda de corte en los estratos superficiales debido a que dicho valor resulta muy bajo,

siendo $R^2 < 0.4$. Así mismo el análisis de varianzas Anova nos indica que existe un buen valor de significancia $P\text{-value} < 0.05$, lo que nos permite efectuar un análisis de regresión para estimar los valores predictivos de la velocidad V_{si}

Desarrollo del análisis de regresión para valores Nm-SPT no corregidos y V_{si}

Tabla XLIV

Datos ordenados respecto de Nm-SPT y V_{si} tomados en situ

N	SUCS	N-SPT	V_{si}
1	SC	15	384
2	GP-GC	23	291
3	SC	25	384
4	SC	27	427
5	CL-ML	28	338
6	ML	29	291
7	ML	29	338
8	SC	33	427
9	SC	40	286
10	GC	44	286
11	GM	45	381
12	GM	45	465
13	GC	48	319
14	SM	48	361
15	SM	48	361
16	SC	48	398
17	GP-GC	48	444
18	GP-GC	51	444
19	CL-ML	54	365
20	GM	54	381
21	GM	54	465
22	GP-GC	55	314
23	SC	62	433
24	GM	65	395
25	GM	65	472
26	GP-GC	66	314
27	CL-ML	67	365
28	SM	72	332
29	GP-GC	72	369
30	ML	72	400
31	GP-GC	72	448
32	GM	73	395
33	GM	73	472
34	SM	77	332
35	ML	78	400
36	GM	78	413
37	GM	78	481
38	GP-GC	84	387
39	SC	84	398
40	SC	85	433
41	GC	92	319
42	GM	92	413
43	GM	92	481
44	SC	96	440
45	GC	100	356
46	GP-GC	100	456
47	SC	109	409

X Average	61.60	388.57
SSX	25363.3	145225
Distrib T Inv	2.01174	t

Notas: X Average es el promedio, SSX es la suma de los cuadrados de las desviaciones estándar por encima de la media de la muestra, Distrib T Inv es la inversa de la distribución t- student de dos argumentos.

Tabla XLV

Análisis de Regresión para valores N-SPT y Vsi

N	Predicted Y	Residuos	Standard Residuals	Sorted Residuals	Y	LCI	UCI	LPI	UPI
1	351.285	32.715	0.618	-89.595	286.000	316.07	386.495	237.972	464.597
2	357.687	-66.687	-1.259	-76.281	291.000	327.22	388.152	245.758	469.616
3	359.287	24.713	0.467	-75.451	314.000	329.97	388.602	247.666	470.909
4	360.888	66.112	1.249	-70.451	319.000	332.71	389.070	249.559	472.217
5	361.688	-23.688	-0.447	-67.151	332.000	334.07	389.311	250.499	472.877
6	362.489	-71.489	-1.350	-61.164	338.000	335.42	389.558	251.436	473.541
7	362.489	-24.489	-0.462	-30.666	356.000	335.42	389.558	251.436	473.541
8	365.690	61.310	1.158	-30.151	361.000	340.77	390.605	255.142	476.237
9	371.292	-85.292	-1.611	-28.451	365.000	349.84	392.742	261.473	481.110
10	374.493	-88.493	-1.671	-21.680	369.000	354.78	394.201	265.001	483.984
11	375.293	5.707	0.108	-15.093	381.000	355.99	394.600	265.873	484.713
12	375.293	89.707	1.694	-1.379	384.000	355.99	394.600	265.873	484.713
13	377.694	-58.694	-1.108	-0.536	395.000	359.49	395.897	268.463	486.925
14	377.694	-16.694	-0.315	4.392	398.000	359.49	395.897	268.463	486.925
15	377.694	-16.694	-0.315	5.405	400.000	359.49	395.897	268.463	486.925
16	377.694	20.306	0.383	8.307	409.000	359.49	395.897	268.463	486.925
17	377.694	66.306	1.252	22.836	413.000	359.49	395.897	268.463	486.925
18	380.095	63.905	1.207	27.805	427.000	362.83	397.362	271.016	489.174
19	382.496	-17.496	-0.330	38.836	433.000	365.97	399.024	273.531	491.460
20	382.496	-1.496	-0.028	47.621	440.000	365.97	399.024	273.531	491.460
21	382.496	82.504	1.558	48.849	444.000	365.97	399.024	273.531	491.460
22	383.296	-69.296	-1.309	60.177	448.000	366.96	399.627	274.362	492.230
23	388.898	44.102	0.833	62.491	456.000	373.19	404.611	280.055	497.741
24	391.299	3.701	0.070	75.621	465.000	375.42	407.177	282.431	500.166
25	391.299	80.701	1.524	76.307	472.000	375.42	407.177	282.431	500.166
26	392.099	-78.099	-1.475	89.405	481.000	376.11	408.089	283.215	500.983
27	392.899	-27.899	-0.527	93.740	489.800	376.77	409.029	283.995	501.804
28	396.901	-64.901	-1.226	100.730	497.087	379.69	414.115	287.831	505.971
29	396.901	-27.901	-0.527	107.720	504.374	379.69	414.115	287.831	505.971
30	396.901	3.099	0.059	114.710	511.662	379.69	414.115	287.831	505.971
31	396.901	51.099	0.965	121.699	518.949	379.69	414.115	287.831	505.971
32	397.701	-2.701	-0.051	128.689	526.236	380.20	415.202	288.585	506.817
33	397.701	74.299	1.403	135.679	533.523	380.20	415.202	288.585	506.817
34	400.902	-68.902	-1.301	142.669	540.810	382.05	419.753	291.562	510.243
35	401.703	-1.703	-0.032	149.658	548.097	382.47	420.935	292.296	511.110
36	401.703	11.297	0.213	156.648	555.385	382.47	420.935	292.296	511.110
37	401.703	79.297	1.498	163.638	562.672	382.47	420.935	292.296	511.110
38	406.504	-19.504	-0.368	170.628	569.959	384.68	428.330	296.612	516.397
39	406.504	-8.504	-0.161	177.618	577.246	384.68	428.330	296.612	516.397

40	407.305	25.695	0.485	184.607	584.533	385.00	429.605	297.317	517.292
41	412.907	-93.907	-1.773	191.597	591.821	387.03	438.783	302.138	523.675
42	412.907	0.093	0.002	198.587	599.108	387.03	438.783	302.138	523.675
43	412.907	68.093	1.286	205.577	606.395	387.03	438.783	302.138	523.675
44	416.108	23.892	0.451	212.566	613.682	388.03	444.182	304.806	527.410
45	419.309	-63.309	-1.196	219.556	620.969	388.96	449.663	307.410	531.208
46	419.309	36.691	0.693	226.546	628.256	388.96	449.663	307.410	531.208
47	426.511	-17.511	-0.331	233.536	635.544	390.81	462.212	313.045	539.978

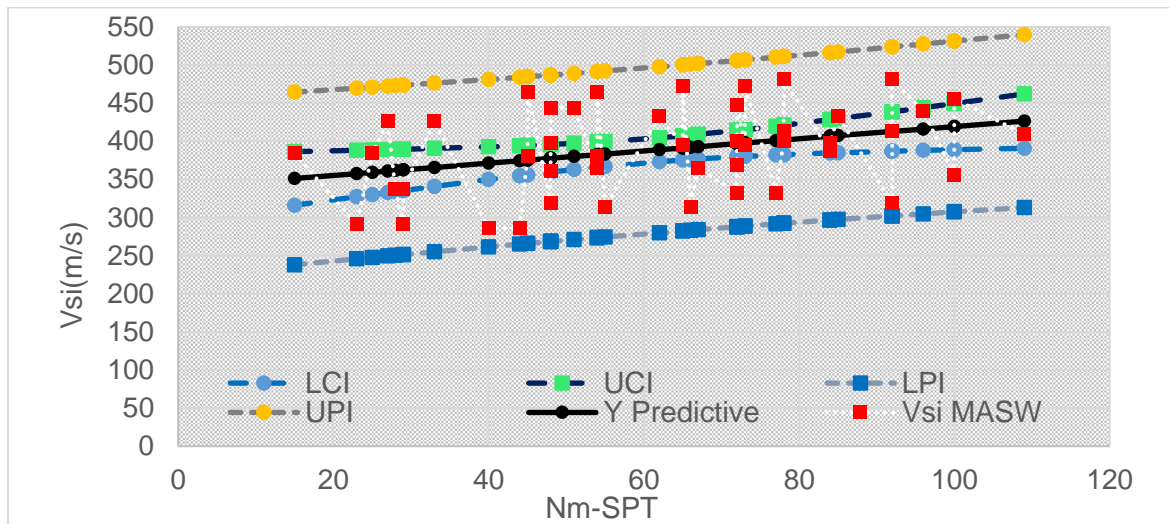


Fig. 68. Límites para la relación predictiva de Nm-SPT y Vsi.

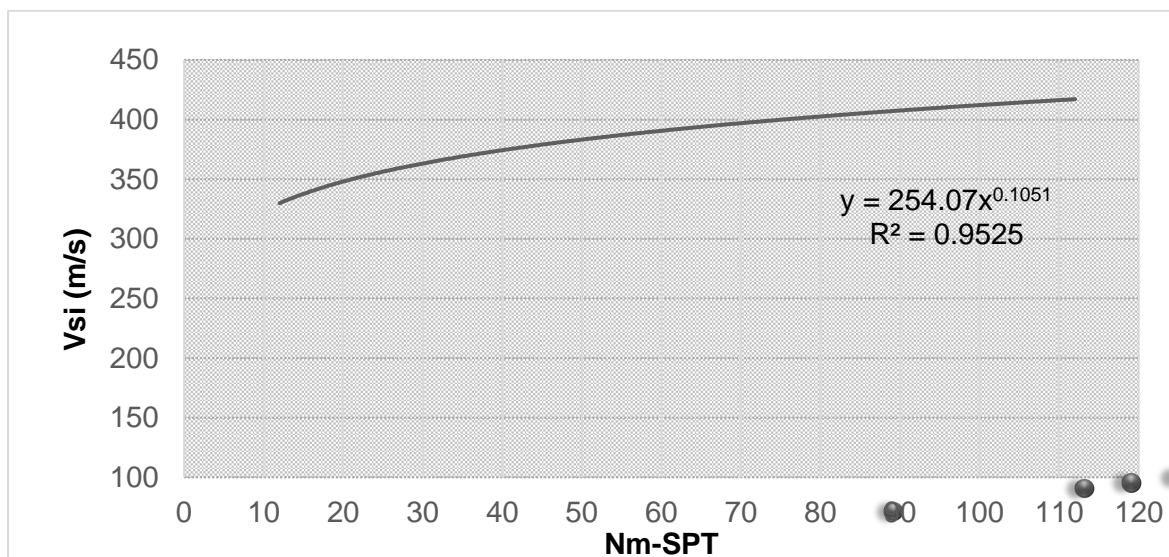


Fig. 69. Relación estadística predictiva entre la Velocidad de Onda de corte Vsi y el número de golpes Nm-SPT.

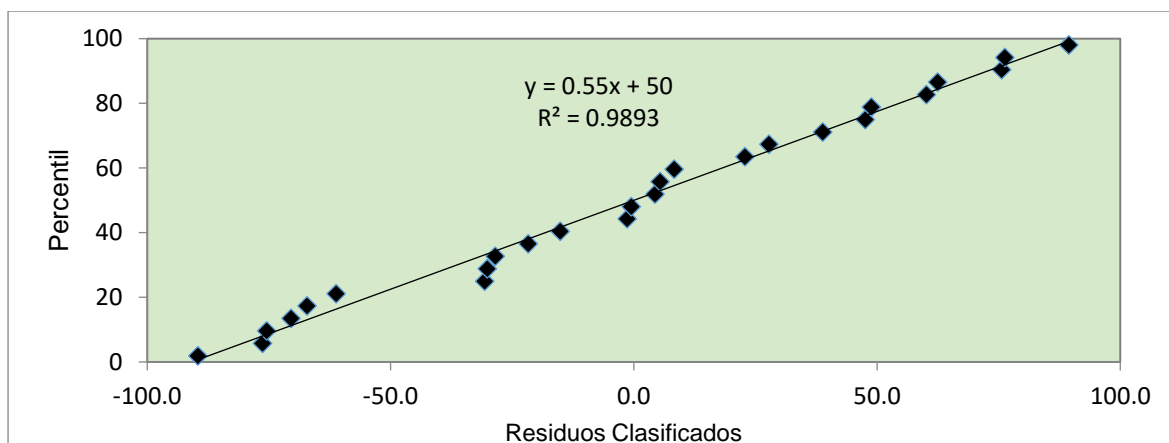


Fig. 70. Residuos clasificados de la relación predictiva de Nm-SPT y Vsi.

Comparación entre las relaciones empíricas publicadas y los resultados de la relación Nm-SPT y Vsi del análisis de regresión.

Tabla XLVI

Comparación entre relaciones empíricas para Vs y Vsi del análisis de regresión.

Nm-SPT	Hanumantharao & Ramana 2008	Okamoto et al 1989	Seed et al 1983	Lee 1990	Otha et al 1972	Otha & Goto 1978	Chatterj. & Choud 2013	Imai et al 1975	Vsi Masw	Regress. Analysis
15	264.67	281.67	218.44	216.37	231.16	219.02	218.87	226.36	384.00	351.28
23	318.07	320.21	270.48	266.78	269.61	254.15	257.47	261.88	291.00	357.69
25	329.68	328.32	282.00	277.91	277.83	261.63	265.75	269.44	384.00	359.29
27	340.77	335.98	293.06	288.59	285.63	268.73	273.64	276.60	427.00	360.89
28	346.14	339.67	298.44	293.78	289.40	272.15	277.45	280.05	338.00	361.69
29	351.41	343.26	303.72	298.87	293.08	275.50	281.17	283.42	291.00	362.49
29	351.41	343.26	303.72	298.87	293.08	275.50	281.17	283.42	338.00	362.49
33	371.48	356.83	323.99	318.41	307.03	288.17	295.32	296.19	427.00	365.69
40	403.52	378.03	356.70	349.88	329.05	308.12	317.72	316.27	286.00	371.29
44	420.40	389.00	374.12	366.61	340.53	318.51	329.44	326.72	286.00	374.49
45	424.48	391.63	378.34	370.67	343.30	321.01	332.26	329.23	381.00	375.29
45	424.48	391.63	378.34	370.67	343.30	321.01	332.26	329.23	465.00	375.29
48	436.43	399.28	390.75	382.58	351.37	328.30	340.51	336.56	319.00	377.69
48	436.43	399.28	390.75	382.58	351.37	328.30	340.51	336.56	361.00	377.69
48	436.43	399.28	390.75	382.58	351.37	328.30	340.51	336.56	361.00	377.69
48	436.43	399.28	390.75	382.58	351.37	328.30	340.51	336.56	398.00	377.69
48	436.43	399.28	390.75	382.58	351.37	328.30	340.51	336.56	444.00	377.69
51	447.96	406.61	402.78	394.11	359.12	335.30	348.45	343.59	444.00	380.09
54	459.10	413.65	414.45	405.31	366.59	342.04	356.10	350.35	365.00	382.50
54	459.10	413.65	414.45	405.31	366.59	342.04	356.10	350.35	381.00	382.50
54	459.10	413.65	414.45	405.31	366.59	342.04	356.10	350.35	465.00	382.50
55	462.74	415.93	418.27	408.97	369.02	344.23	358.59	352.55	314.00	383.30
62	487.20	431.15	444.09	433.69	385.28	358.89	375.29	367.25	433.00	388.90
65	497.20	437.30	454.71	443.85	391.89	364.84	382.09	373.22	395.00	391.30
65	497.20	437.30	454.71	443.85	391.89	364.84	382.09	373.22	472.00	391.30
66	500.48	439.31	458.20	447.19	394.05	366.78	384.32	375.17	314.00	392.10
67	503.72	441.30	461.65	450.49	396.19	368.70	386.52	377.10	365.00	392.90
72	519.56	450.93	478.57	466.66	406.59	378.06	397.24	386.46	332.00	396.90
72	519.56	450.93	478.57	466.66	406.59	378.06	397.24	386.46	369.00	396.90
72	519.56	450.93	478.57	466.66	406.59	378.06	397.24	386.46	400.00	396.90
72	519.56	450.93	478.57	466.66	406.59	378.06	397.24	386.46	448.00	396.90

73	522.65	452.80	481.88	469.83	408.61	379.87	399.32	388.29	395.00	397.70
73	522.65	452.80	481.88	469.83	408.61	379.87	399.32	388.29	472.00	397.70
77	534.77	460.11	494.91	482.27	416.54	386.99	407.50	395.41	332.00	400.90
78	537.75	461.89	498.11	485.33	418.48	388.73	409.50	397.16	400.00	401.70
78	537.75	461.89	498.11	485.33	418.48	388.73	409.50	397.16	413.00	401.70
78	537.75	461.89	498.11	485.33	418.48	388.73	409.50	397.16	481.00	401.70
84	555.16	472.27	516.91	503.28	429.79	398.89	421.20	407.32	387.00	406.50
84	555.16	472.27	516.91	503.28	429.79	398.89	421.20	407.32	398.00	406.50
85	557.99	473.95	519.98	506.21	431.63	400.54	423.10	408.97	433.00	407.30
92	577.31	485.34	540.97	526.22	444.10	411.72	436.02	420.16	319.00	412.91
92	577.31	485.34	540.97	526.22	444.10	411.72	436.02	420.16	413.00	412.91
92	577.31	485.34	540.97	526.22	444.10	411.72	436.02	420.16	481.00	412.91
96	587.97	491.58	552.60	537.31	450.96	417.86	443.12	426.30	440.00	416.11
100	598.38	497.63	564.00	548.17	457.63	423.84	450.05	432.27	356.00	419.31
100	598.38	497.63	564.00	548.17	457.63	423.84	450.05	432.27	456.00	419.31
109	620.97	510.67	588.83	571.81	472.05	436.75	465.03	445.17	409.00	426.51
Desv. Est	85.24	54.01	89.23	85.54	57.20	51.63	58.58	51.84	56.19	18.79

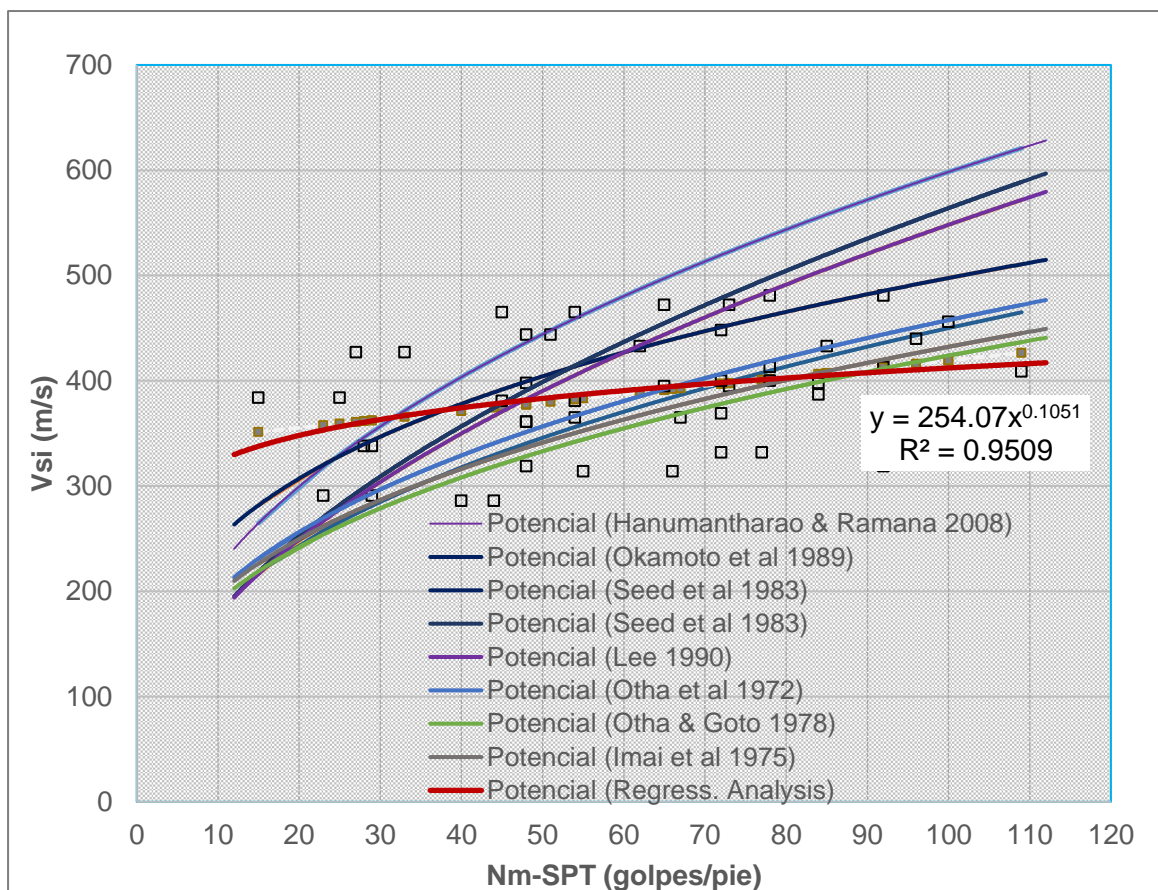


Fig. 71. Rendimiento de las relaciones empíricas para V_{si} .

Notas: los términos Nm-SPT, se refieren a los valores de la prueba SPT sin corregir, V_{si} se refiere a los valores de la velocidad de onda de corte obtenida del análisis de regresión en base a los datos de las pruebas MASW, todas las curvas se extendieron 3 periodos en el pasado para tratar de obtener relaciones para $Nm_SPT < 15$ golpes/pie

Tabla XLVII

Ratios de consistencia normalizada entre Vsi del análisis de regresión y las relaciones empíricas

Nm-SPT	Hanumantharao & Ramana 2008	Okamoto et al 1989	Seed et al 1983	Lee 1990	Otha et al 1972	Otha & Goto 1978	Chatterj. & Choud 2013	Imai et al 1975	Regress. Analysis
15	7.96	6.82	11.04	11.18	10.19	11.00	11.01	10.51	2.18
23	-1.18	-1.27	0.89	1.05	0.93	1.60	1.46	1.94	-2.90
25	2.17	2.23	4.08	4.24	4.25	4.89	4.73	7.64	0.99
27	3.19	3.37	4.96	5.13	5.24	5.86	5.68	10.03	2.45
28	-0.29	-0.06	1.41	1.58	1.74	2.35	2.16	3.86	-0.85
29	-2.08	-1.80	-0.44	-0.27	-0.07	0.53	0.34	0.51	-2.47
29	-0.46	-0.18	1.18	1.35	1.55	2.16	1.96	3.64	-0.84
33	1.68	2.13	3.12	3.29	3.64	4.21	3.99	8.72	1.86
40	-2.94	-2.30	-1.77	-1.60	-1.08	-0.55	-0.79	-2.02	-2.13
44	-3.05	-2.34	-2.00	-1.83	-1.24	-0.74	-0.99	-2.71	-2.01
45	-0.97	-0.24	0.06	0.23	0.84	1.33	1.08	3.45	0.13
45	0.90	1.63	1.93	2.10	2.70	3.20	2.95	9.05	1.99
48	-2.45	-1.67	-1.49	-1.32	-0.67	-0.19	-0.45	-1.17	-1.22
48	-1.57	-0.80	-0.62	-0.45	0.20	0.68	0.43	1.63	-0.35
48	-1.57	-0.80	-0.62	-0.45	0.20	0.68	0.43	1.63	-0.35
48	-0.80	-0.03	0.15	0.32	0.97	1.45	1.20	4.10	0.42
48	0.16	0.93	1.11	1.28	1.93	2.41	2.16	7.16	1.38
51	-0.08	0.73	0.81	0.98	1.66	2.13	1.87	6.69	1.25
54	-1.74	-0.90	-0.92	-0.75	-0.03	0.43	0.16	0.98	-0.32
54	-1.45	-0.60	-0.62	-0.45	0.27	0.72	0.46	2.04	-0.03
54	0.11	0.95	0.94	1.11	1.82	2.28	2.02	7.64	1.53
55	-2.70	-1.85	-1.90	-1.73	-1.00	-0.55	-0.81	-2.57	-1.26
62	-0.87	0.03	-0.18	-0.01	0.77	1.20	0.93	4.38	0.71
65	-1.57	-0.65	-0.92	-0.75	0.05	0.46	0.20	1.45	0.06
65	-0.39	0.53	0.27	0.43	1.23	1.65	1.38	6.59	1.24
66	-2.83	-1.90	-2.18	-2.02	-1.21	-0.80	-1.07	-4.08	-1.18
67	-2.07	-1.14	-1.44	-1.28	-0.47	-0.06	-0.32	-0.81	-0.42
72	-2.60	-1.65	-2.04	-1.87	-1.04	-0.64	-0.91	-3.63	-0.90
72	-2.09	-1.14	-1.52	-1.36	-0.52	-0.13	-0.39	-1.16	-0.39
72	-1.66	-0.71	-1.09	-0.93	-0.09	0.30	0.04	0.90	0.04
72	-0.99	-0.04	-0.42	-0.26	0.58	0.97	0.71	4.10	0.71
73	-1.75	-0.79	-1.19	-1.03	-0.19	0.21	-0.06	0.45	-0.04
73	-0.69	0.26	-0.14	0.03	0.87	1.26	1.00	5.58	1.02
77	-2.63	-1.66	-2.12	-1.95	-1.10	-0.71	-0.98	-4.23	-0.89
78	-1.77	-0.79	-1.26	-1.09	-0.24	0.14	-0.12	0.19	-0.02
78	-1.60	-0.63	-1.09	-0.93	-0.07	0.31	0.04	1.06	0.14
78	-0.73	0.25	-0.22	-0.06	0.80	1.18	0.92	5.59	1.02
84	-2.00	-1.02	-1.55	-1.38	-0.51	-0.14	-0.41	-1.35	-0.23
84	-1.87	-0.88	-1.42	-1.25	-0.38	-0.01	-0.28	-0.62	-0.10
85	-1.47	-0.48	-1.02	-0.86	0.02	0.38	0.12	1.60	0.30
92	-2.81	-1.81	-2.41	-2.25	-1.36	-1.01	-1.27	-6.74	-1.02
92	-1.79	-0.79	-1.39	-1.23	-0.34	0.01	-0.25	-0.48	0.00
92	-1.05	-0.05	-0.65	-0.49	0.40	0.75	0.49	4.06	0.74
96	-1.54	-0.54	-1.17	-1.01	-0.11	0.23	-0.03	0.91	0.25
100	-2.42	-1.42	-2.08	-1.92	-1.02	-0.68	-0.94	-5.08	-0.63
100	-1.42	-0.42	-1.08	-0.92	-0.02	0.32	0.06	1.58	0.37
109	-1.94	-0.93	-1.65	-1.49	-0.58	-0.25	-0.51	-2.41	-0.16

Desv	1.87	1.59	2.31	2.30	2.01	2.09	2.13	4.16	1.17
------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

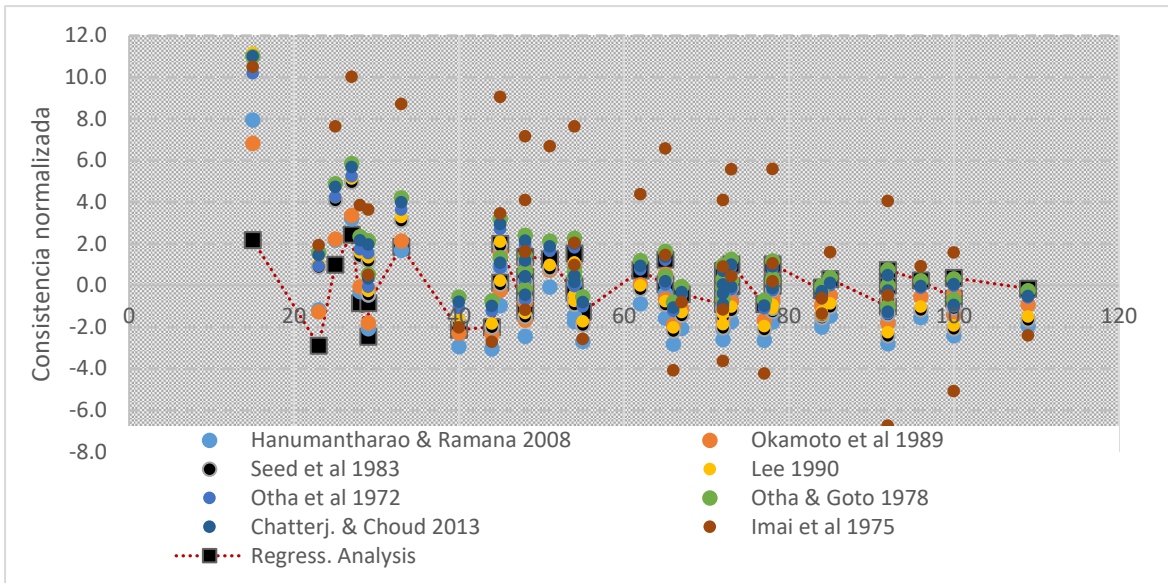


Fig. 72. Análisis grafico de ratios de consistencia normalizada.

Tabla XLVIII

Comparación del error relativo porcentual entre Vsi del análisis de regresión y las relaciones empíricas

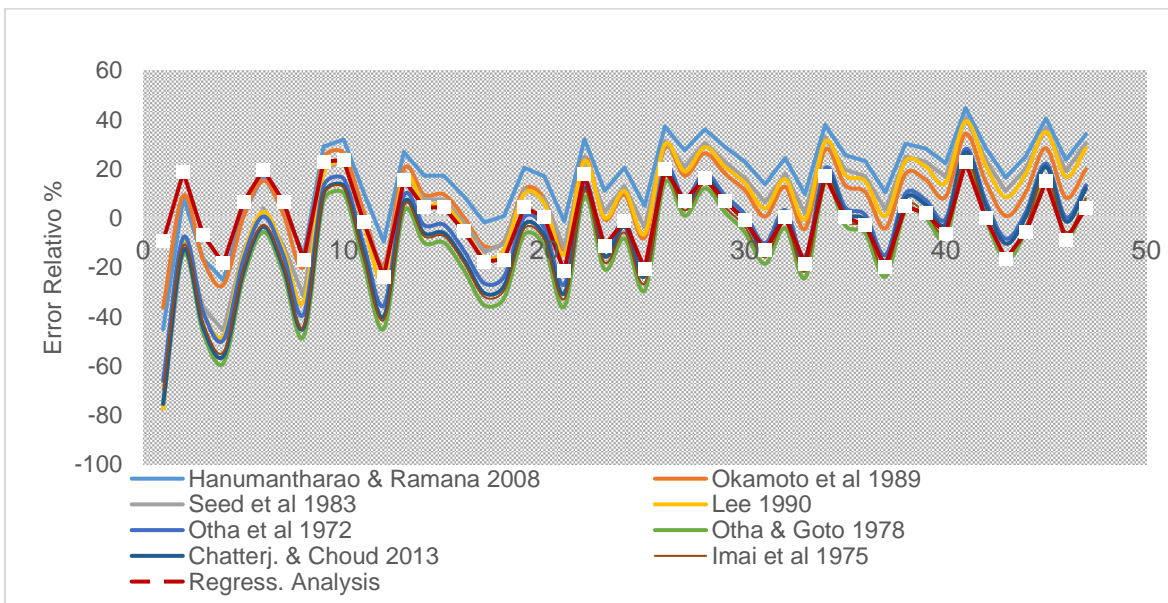


Fig. 73. Comparación del error relativo porcentual entre Vsi del análisis de regresión y las relaciones empíricas.

Tabla XLIX

Velocidades de onda Vsi, a partir de relaciones empíricas Sondeo S-01

Z m.	Nm- SPT 30 cm	Chatterj. and Choud		Hanumantharao and Ramana		Okamoto		Vsi	
		Imai et al 1975	2013	Otha et al 1972	2008	et al 1989	Vsi MASW	Regress Analysis	
1.50	SC	15.00	226.36	218.87	230.63	255.89	281.67	384.00	337.72
1.95	SC	25.00	269.44	265.75	277.19	319.40	328.32	384.00	356.35
2.40	SC	48.00	336.56	340.51	350.56	423.92	399.28	398.00	381.64
3.15	SC	84.00	407.32	421.20	428.80	540.46	472.27	398.00	404.76
3.60	SC	109.00	445.17	465.03	470.97	605.16	510.67	398.00	415.99
3.70	SC	109.00	445.17	465.03	470.97	605.16	510.67	409.00	415.99
5.30	-	124.00	465.18	488.39	493.35	639.99	530.81	415.00	421.67
7.00	-	132.00	475.20	500.13	504.58	657.59	540.86	427.00	424.45
8.90	-	153.00	499.73	528.99	532.12	701.11	565.35	437.00	431.09
11.00	-	153.00	499.73	528.99	532.12	701.11	565.35	442.00	431.09
13.20	-	153.00	499.73	528.99	532.12	701.11	565.35	465.00	431.09
15.60	-	153.00	499.73	528.99	532.12	701.11	565.35	465.00	431.09
Desv. Est.			99.81	113.42	110.16	163.20	103.39	25.43	31.64

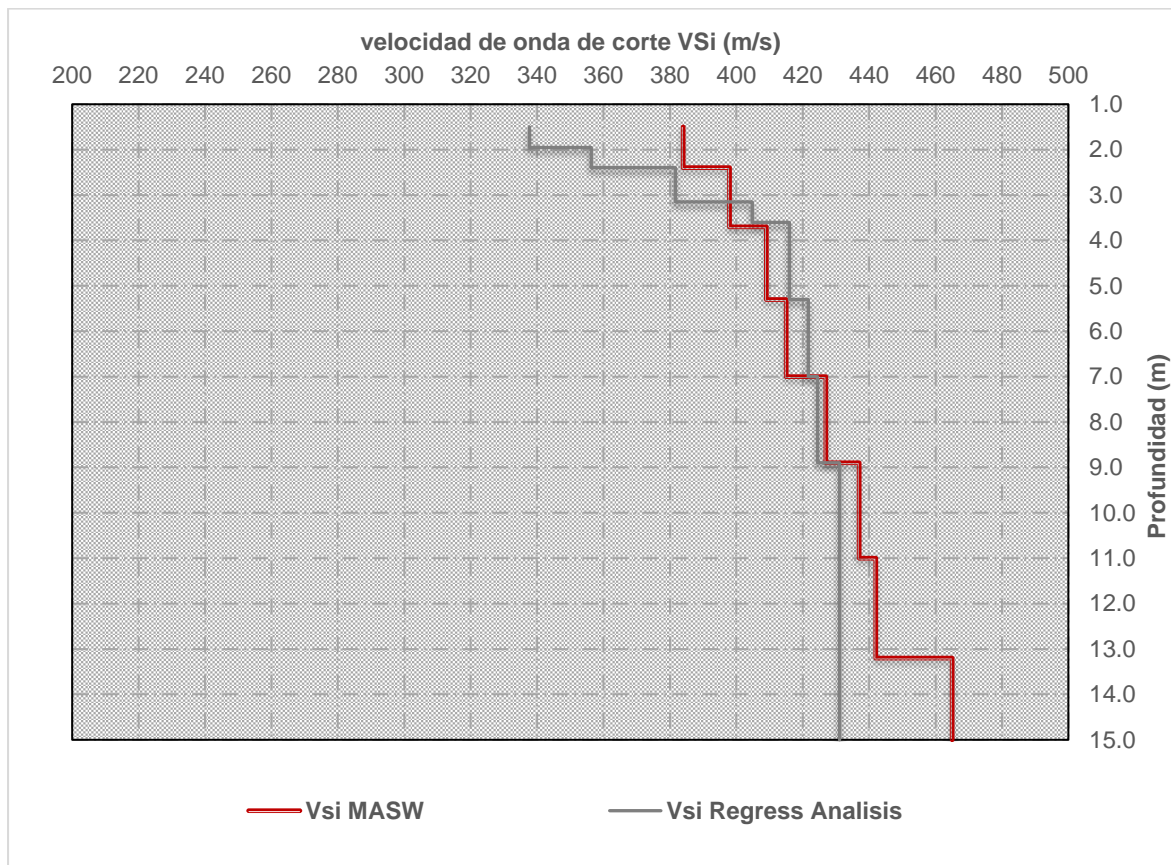


Fig. 74. Perfil de velocidades de onda de corte en la superficie, sondaje S-01.

Tabla L

Velocidades de onda Vsi, a partir de relaciones empíricas Sondeo S-02

Z m.	N-SPT SUCS	30 cm	Hasansebi		Hanumantharao		Vsi		
			Imai et al 1975	and Ulusay 2007	Otha et al 1972	and Ramana 2008	Okamoto et al 1989	MASW	Regress Analysis
1.50	SC	27	276.60	259.89	284.98	330.25	335.98	427.00	359.24
1.95	SC	33	296.19	277.07	306.33	360.30	356.83	433.00	366.90
2.70	SC	62	367.25	338.81	384.40	473.72	431.15	440.00	392.04
3.15	SC	85	408.97	374.68	430.64	543.24	473.95	440.00	405.26
3.70	SC	96	426.30	389.52	449.92	572.71	491.58	440.00	410.48
5.30	-	135	478.85	434.27	508.67	664.04	544.52	442.00	425.45
7.00	-	135	478.85	434.27	508.67	664.04	544.52	451.00	425.45
8.90	-	147	492.96	446.23	524.51	689.04	558.61	434.00	429.28
11.00	-	147	492.96	446.23	524.51	689.04	558.61	435.00	429.28
13.20	-	147	492.96	446.23	524.51	689.04	558.61	466.00	429.28
15.60	-	147	147.00	147.00	147.00	147.00	147.00	466.00	429.28
Desv. Est.			100.73	86.91	110.83	163.19	111.04	10.79	25.96

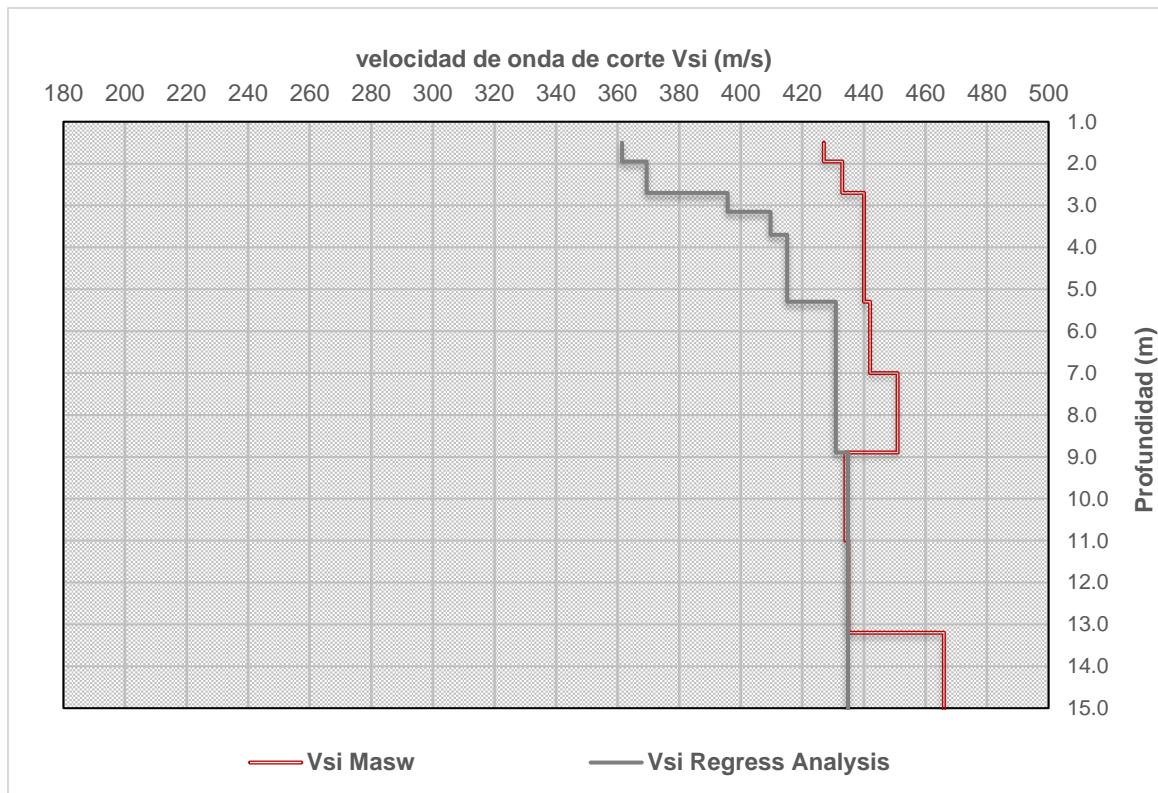


Fig. 75. Perfil de velocidades de onda de corte en la superficie, sondaje S-02.

Tabla LI

Velocidades de onda Vsi, a partir de relaciones empíricas Sondeo S-03

Z m.	Nm- SPTS 15 cm	Imai et al 1975	Hasansebi & Ulusay 2007	Chatterj. & Choud 2013	Otha et al 1972	Okamoto et al 1989	MASW Vs 30	Vsi Regress Analisis	
1.50	SC	40	316.27	294.60	317.72	328.29	378.03	319.00	465.28
1.95	GC	44	326.72	303.70	329.44	339.75	389.00	319.00	466.87
2.40	GC	48	336.56	312.25	340.51	350.56	399.28	356.00	468.33
3.15	GC	92	420.16	384.26	436.02	443.08	485.34	413.00	479.37
3.60	GC	100	432.27	394.62	450.05	456.58	497.63	431.00	480.81
5.30	GC	153	478.85	434.27	555.48	557.34	741.35	431.00	488.19
7.00	-	174	522.14	470.89	555.48	557.34	741.35	446.00	490.45
8.90	-	174	522.14	470.89	555.48	557.34	741.35	449.00	490.45
11.00	-	174	522.14	470.89	555.48	557.34	741.35	472.00	490.45
13.20	-	174	522.14	470.89	555.48	557.34	741.35	484.00	484.00
15.00	-	174	522.14	470.89	555.48	557.34	741.35	484.00	490.45
Desv. Est.			87.94	75.26	101.68	97.89	149.77	60.97	10.13

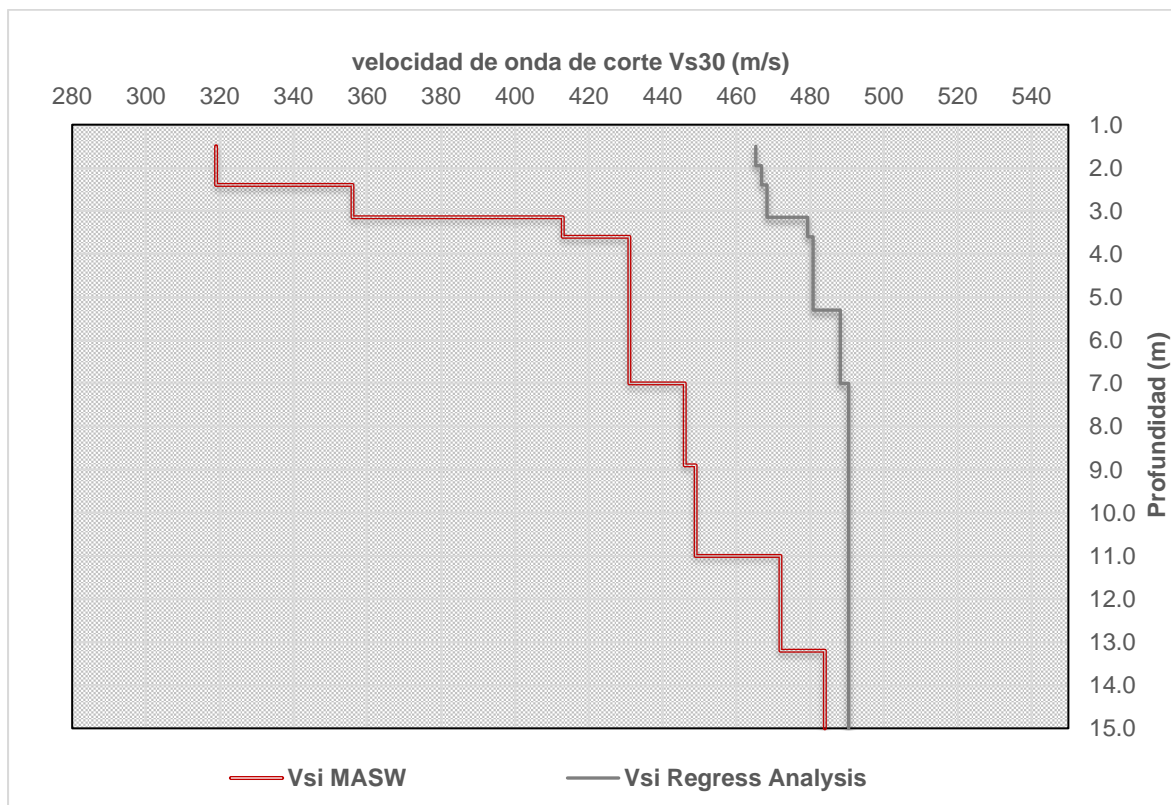


Fig. 76. Perfil de velocidades de onda de corte en la superficie, sondaje S-03.

Tabla LII

Velocidades de onda Vsi, a partir de relaciones empíricas Sondeo S-04

Z m.	Nm- SPTSUCS	Imai et al 1975	Chatterj. & Choud 2013	Otha et al 1972	Hanumantharao & Ramana 2008	Okamoto et al 1989	MASW Vsi	Vsi Regress Analysis
1.50	GP-GC 51	343.59	348.45	358.30	447.96	406.61	448.00	387.43
1.95	GP-GC 48	336.56	340.51	350.56	436.43	399.28	448.00	384.88
2.40	GP-GC 72	386.46	397.24	405.66	519.56	450.93	456.00	402.29
3.30	GP-GC 100	432.27	450.05	456.58	598.38	497.63	456.00	416.97
3.70	GP-GC 132	475.20	500.13	504.58	674.26	540.86	472.00	429.79
5.30	- *153	499.73	528.99	532.12	718.45	565.35	502.00	436.77
7.00	- *153	499.73	528.99	532.12	718.45	565.35	505.00	436.77
8.90	- *150	496.37	525.02	528.34	712.36	562.00	497.00	435.82
11.00	- *132	475.20	500.13	504.58	674.26	540.86	461.00	429.79
13.20	- *116	454.72	476.16	481.64	637.82	520.29	442.00	423.77
15.60	- 116	454.72	476.16	481.64	637.82	520.29	424.00	423.77
Desv. Est.		62.13	71.78	69.13	105.58	107.43	24.66	19.74

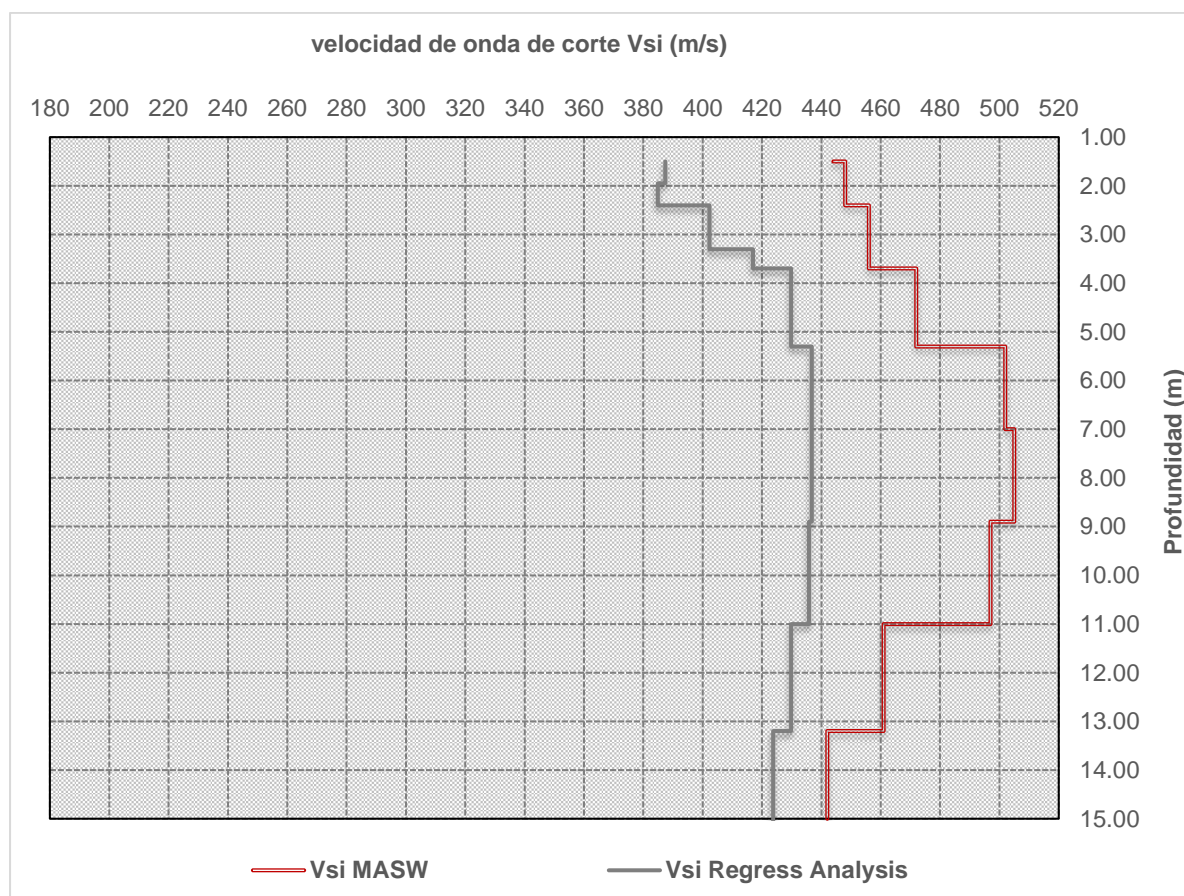


Fig. 77. Perfil de velocidades de onda de corte en la superficie, sondaje S-04.

Tabla LIII

Velocidades de onda Vsi, a partir de relaciones empíricas Sondeo S-04

Z m.	SUCS	Nm- SPT 30 cm	Imai et al 1975	Hasancebi & Ulusay 2007	Otha et al 1972	Hanumantharao & Ramana 2008	Okamoto et al 1989	Vsi MASW	VSI Regress Analysis
1.50	ML	29.00	283.42	254.76	285.75	351.41	343.26	291.00	364.29
1.95		23.00	261.88	237.15	263.25	318.07	320.21	314.00	355.19
2.40	GP- GC	55.00	352.55	310.47	383.25	462.74	415.93	314.00	390.64
3.30		66.00	375.17	328.46	424.50	500.48	439.31	314.00	398.49
3.75	SM	72.00	386.46	337.41	447.00	519.56	450.93	332.00	402.29
4.20	SM	77.00	395.41	344.48	465.75	534.77	460.11	378.00	405.24
5.30	SM	77.00	395.41	344.48	465.75	534.77	460.11	378.00	405.24
7.00	-	*121.00	461.31	396.12	630.75	649.50	526.92	426.00	425.73
8.90	-	*132.00	475.20	406.91	672.00	674.26	540.86	461.00	429.79
11.00	-	*135.00	478.85	409.75	683.25	680.81	544.52	462.00	430.84
13.20	-	*130.00	472.73	405.00	664.50	669.85	538.39	440.00	429.07
15.60	-	*130.00	472.73	405.00	664.50	669.85	538.39	424.00	429.07
Desv. Est.			75.49	59.93	152.84	126.93	77.84	61.34	25.95

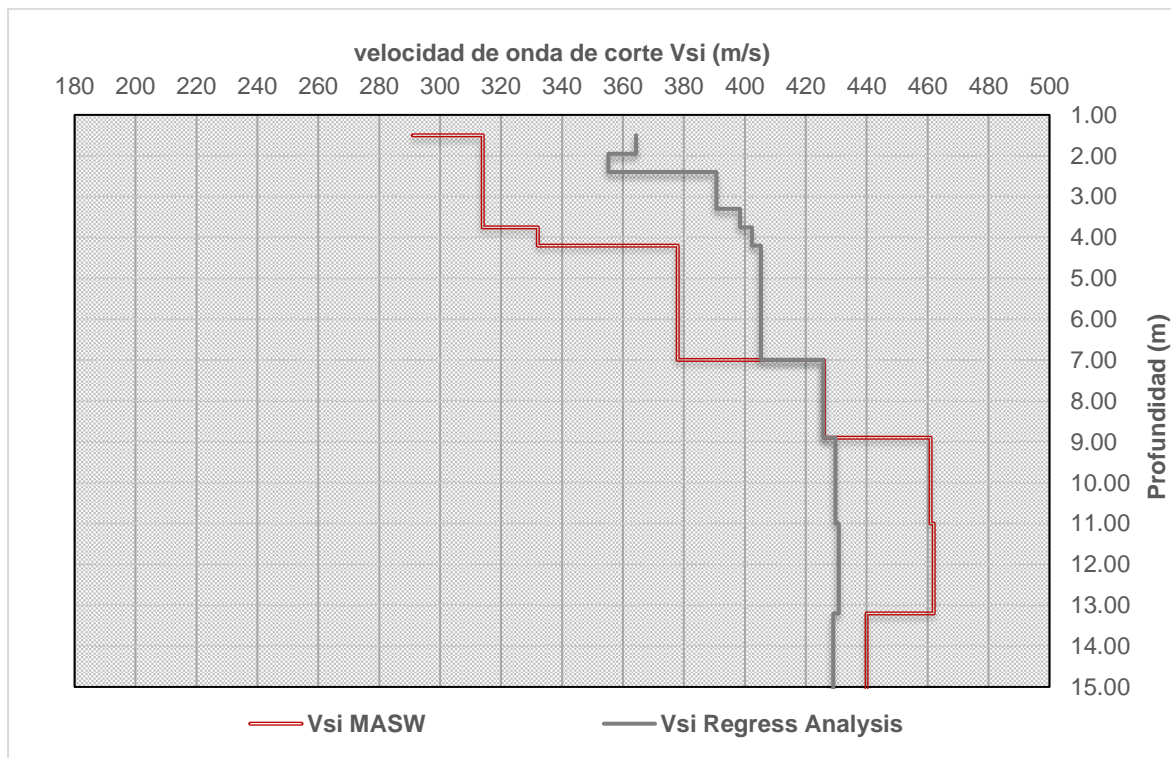


Fig. 78. Perfil de velocidades de onda de corte en la superficie, sondaje S-05.

Tabla LIV

Velocidades de onda Vsi, a partir de relaciones empíricas Sondeo S-06

Z m.	Nm- SPT SUCS	Imai et al 1975	Hasansebi & Ulusay 2007	Otha et al 1972	Hanumantharao & Ramana 2008	Okamoto et al 1989	VSI		
							Vsi MASW	Regress Analysis	
1.50	ML	29	283.42	265.88	292.40	353.76	343.26	338.00	364.29
1.95	CL-ML	28	280.05	262.92	288.73	348.58	339.67	365.00	362.90
2.40	CL-ML	54	350.35	324.20	365.75	459.31	413.65	400.00	389.86
3.30	CL-ML	67	377.10	347.30	395.28	502.86	441.30	400.00	399.14
3.75	ML	72	386.46	355.36	405.66	518.30	450.93	435.00	402.29
4.20	ML	78	397.16	364.55	417.52	536.02	461.89	435.00	405.81
5.30	ML	78	397.16	364.55	417.52	536.02	461.89	435.00	405.81
5.30	-	132	475.20	431.17	504.58	668.56	540.86	448.00	429.79
7.00	-	132	475.20	431.17	504.58	668.56	540.86	451.00	429.79
8.90	-	132	475.20	431.17	504.58	668.56	540.86	456.00	429.79
11.00	-	135	478.85	434.27	508.67	674.90	544.52	468.00	430.84
13.20	-	132	475.20	431.17	504.58	668.56	540.86	449.00	429.79
15.60	-	132	475.20	431.17	504.58	668.56	540.86	449.00	429.79
Desv. Est.			77.92	67.10	86.28	128.36	80.15	39.12	26.38

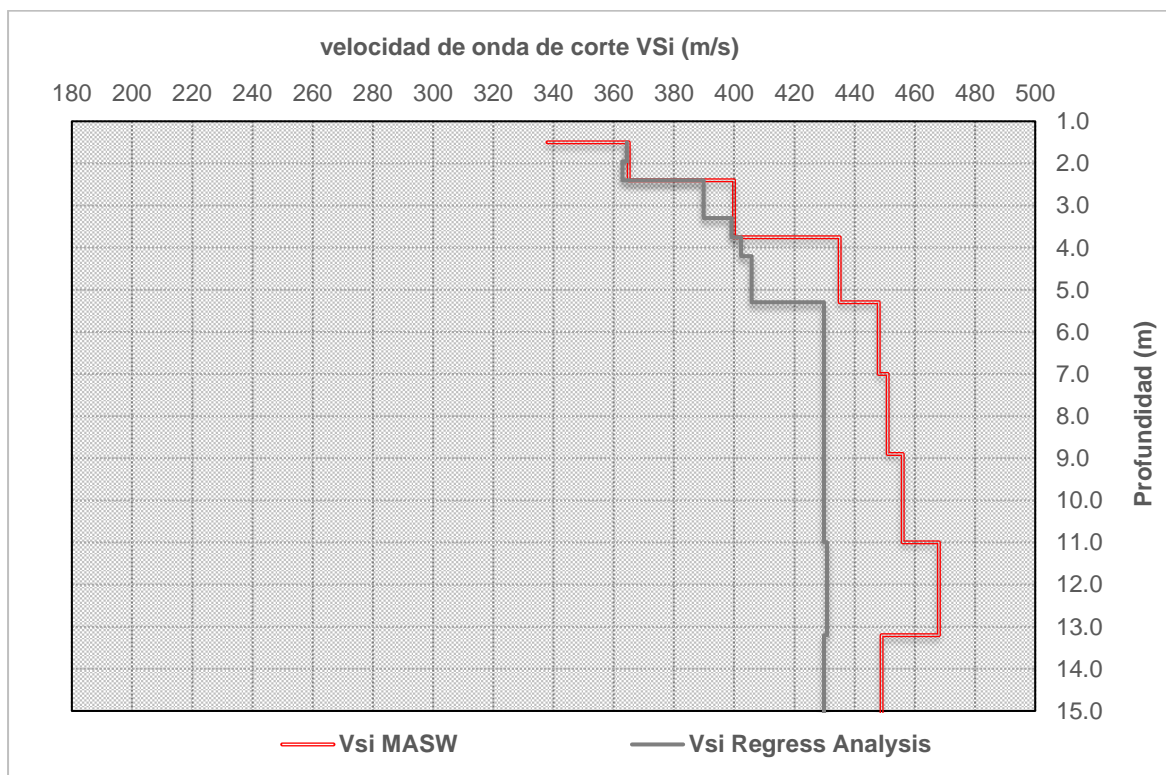


Fig. 79. Perfil de velocidades de onda de corte en la superficie, sondaje S-06.

Tabla LV

Velocidades de onda Vsi, a partir de relaciones empíricas Sondeo S-07

Z		Nm-	Imai et	Hasansebi	Otha			Vsi	
m.	SUCS	SPT	al	& Ulusay	et al	Hanumanthara&	Lee	Vsi	Regress
		30	1975	2007	1972	Ramana 2008	1990	MASW	Analysis
1.00	SM	30	286.72	268.77	295.99	356.57	301.76	361.00	365.64
1.50	SM	48	336.56	312.25	350.56	436.43	379.91	369.00	384.88
1.95	SM	48	336.56	312.25	350.56	436.43	379.91	369.00	384.88
2.40	GP- GC	72	386.46	355.36	405.66	519.56	463.41	369.00	402.29
3.30		84	407.32	373.27	428.80	555.16	499.77	369.00	409.11
3.70		51	343.59	318.34	358.30	447.96	391.37	387.00	387.43
5.30	-	81	402.30	368.97	423.23	546.55	490.94	407.00	407.49
7.00	-	132	475.20	431.17	504.58	674.26	623.67	437.00	429.79
8.90	-	132	475.20	431.17	504.58	674.26	623.67	451.00	429.79
11.00	-	132	475.20	431.17	504.58	674.26	623.67	459.00	429.79
13.20	-	132	475.20	431.17	504.58	674.26	623.67	466.00	429.79
15.60	-	132	475.20	431.17	504.58	674.26	623.67	465.00	429.79
Desv. Est.			105.95	94.92	71.68	110.28	112.71	41.29	21.26

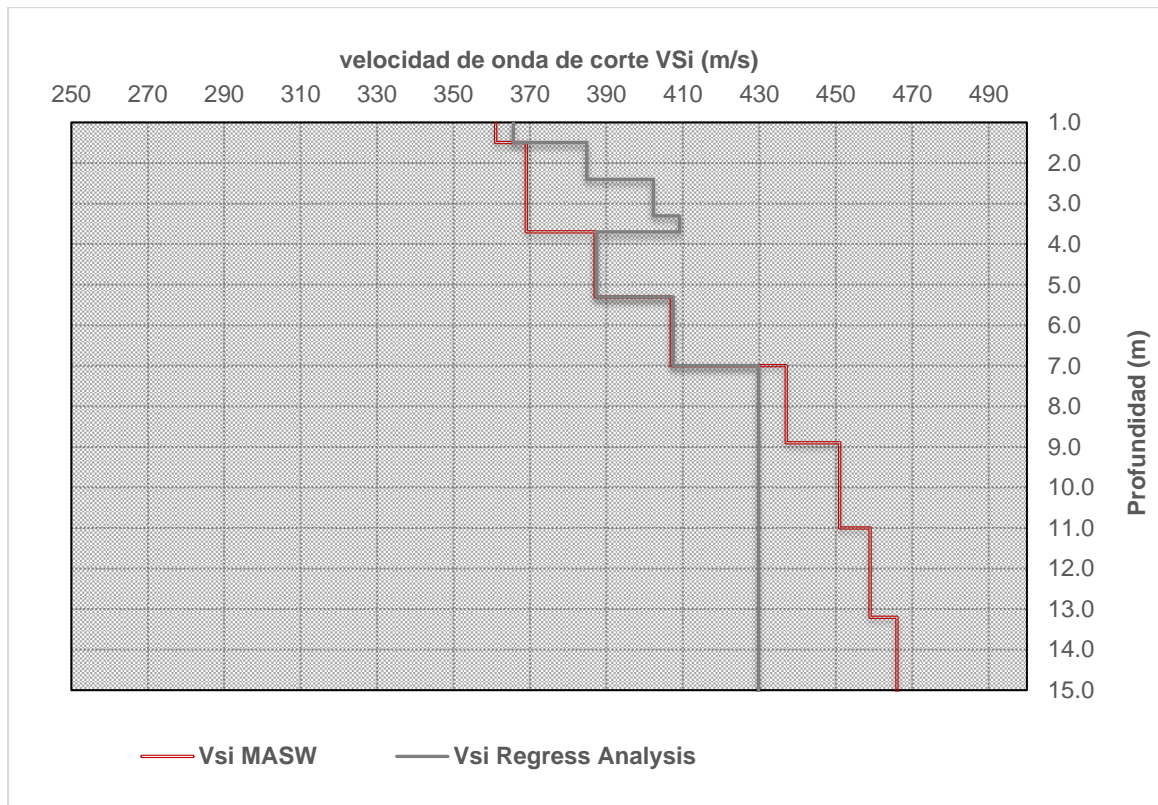


Fig. 80. Perfil de velocidades de onda de corte en la superficie, sondaje S-07.

Tabla LVI

Velocidades de onda Vsi, a partir de relaciones empíricas Sondeo S-08

Z m.	SUCS	Nm- SPT 30 cm	Imai et al 1975	Hasansebi & Ulusay 2007	Otha et al 1972	Hanumantharao & Ramana 2008	Okamoto et al 1989	Vsi MASW	Vsi Regress Analys
1.50	SP-SM	45.00	329.23	305.88	342.51	424.48	391.63	465.00	382.18
1.95	GP-GC	54.00	350.35	324.20	365.75	459.10	413.65	465.00	389.86
2.40	GP-GC	65.00	373.22	343.95	390.99	497.20	437.30	472.00	397.82
3.30	GP-GC	73.00	388.29	356.93	407.68	522.65	452.80	472.00	402.89
3.75	GP-GC	78.00	397.16	364.55	417.52	537.75	461.89	481.00	405.81
4.20	GP-GC	92.00	420.16	384.26	443.08	577.31	485.34	481.00	413.19
5.30	-	122.00	462.60	420.47	490.47	651.80	528.22	488.00	426.11
7.00	-	132.00	475.20	431.17	504.58	674.26	540.86	502.00	429.79
8.90	-	180.00	528.21	476.01	564.18	770.45	593.60	521.00	444.58
11.00	-	180.00	528.21	476.01	564.18	770.45	593.60	548.00	444.58
13.20	-	180.00	528.21	476.01	564.18	770.45	593.60	547.00	444.58
15.60	-	180.00	528.21	476.01	564.18	770.45	593.60	536.00	444.58
Desv. Est.			74.82	63.89	81.46	127.83	73.87	30.68	22.48

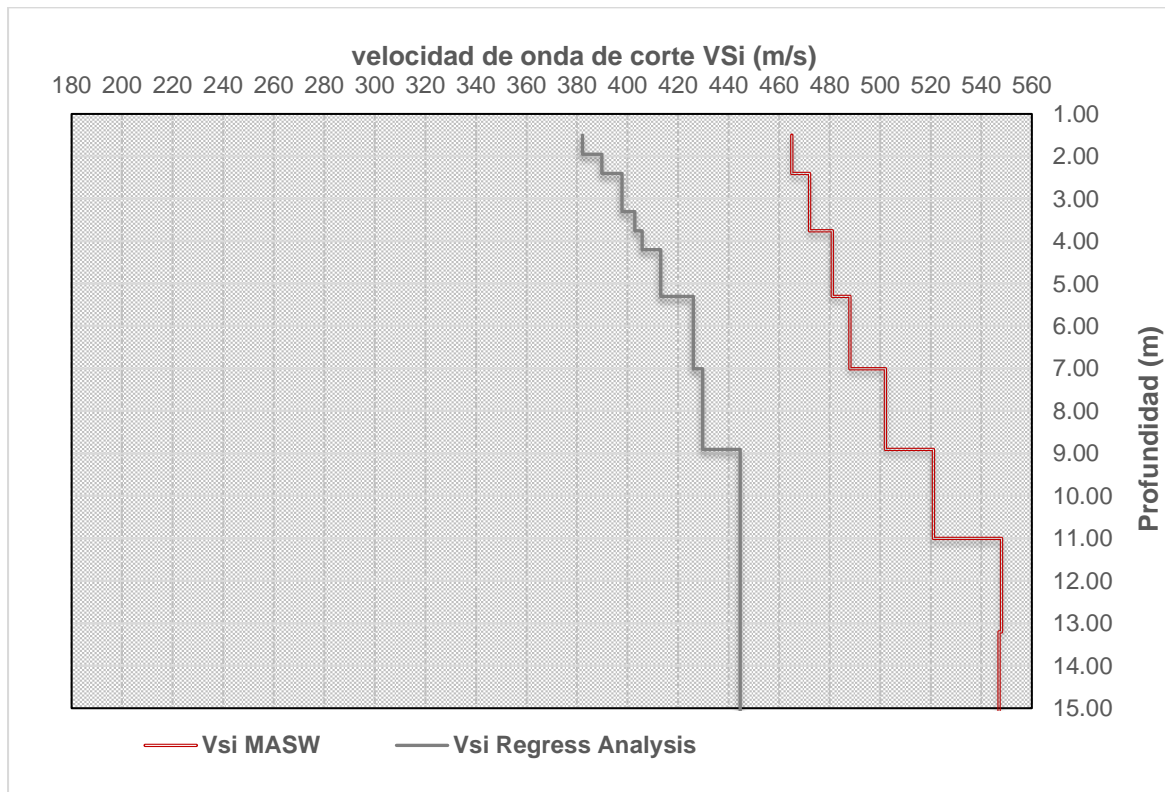


Fig. 81. Perfil de velocidades de onda de corte en la superficie, sondaje S-08.

Tabla LVII

Velocidades de onda Vsi, a partir de relaciones empíricas Sondeo S-09

Z m.	Nm- SPT 30	Imai et al 1975	Hasansebi & Ulusay 2007	Otha et al 1972	Hanumantharao & Ramana 2008	Okamoto et al 1989	Vsi MASW	Vsi Regress Analysis	
1.00	GM	42	321.58	299.23	334.11	400.05	383.61	379.31	
1.50	GM	45	329.23	305.88	342.51	412.21	391.63	382.18	
1.95	GM	54	350.35	324.20	365.75	446.16	413.65	389.86	
2.40	GM	65	373.22	343.95	390.99	483.54	437.30	397.82	
3.30	GM	73	388.29	356.93	407.68	508.52	452.80	402.89	
3.75	GM	78	397.16	364.55	417.52	523.35	461.89	405.81	
4.20	GM	92	420.16	384.26	443.08	562.23	485.34	413.19	
5.30	-	132	475.20	431.17	504.58	657.59	540.86	429.79	
7.00	-	140	484.83	439.34	515.38	674.60	550.49	432.56	
8.90	-	149.	495.24	448.15	527.07	693.09	560.87	435.51	
11.00	-	144.	489.51	443.30	520.63	682.90	555.16	433.89	
13.20	-	140	484.83	439.34	515.38	674.60	550.49	432.56	
15.60	-	132	475.20	431.17	504.58	657.59	540.86	429.79	
Desv. Est.			64.52	55.28	66.68	101.92	60.93	47.85	18.97

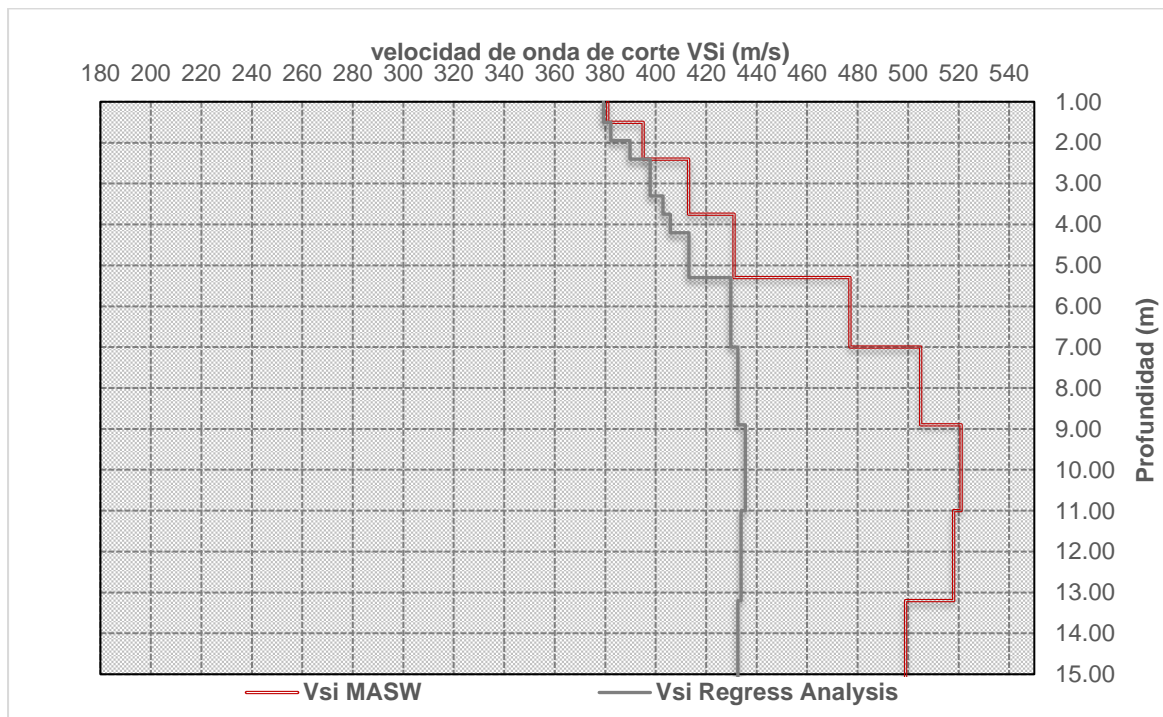


Fig. 82. Perfil de velocidades de onda de corte en la superficie, sondaje S-09.

Comentario: la desviación estándar $\sigma=18.97$ presentada en la tabla anterior indica un buen rendimiento de la relación Nm-SPT y Vsi para suelos tipo GM, tal como se observa en esta figura

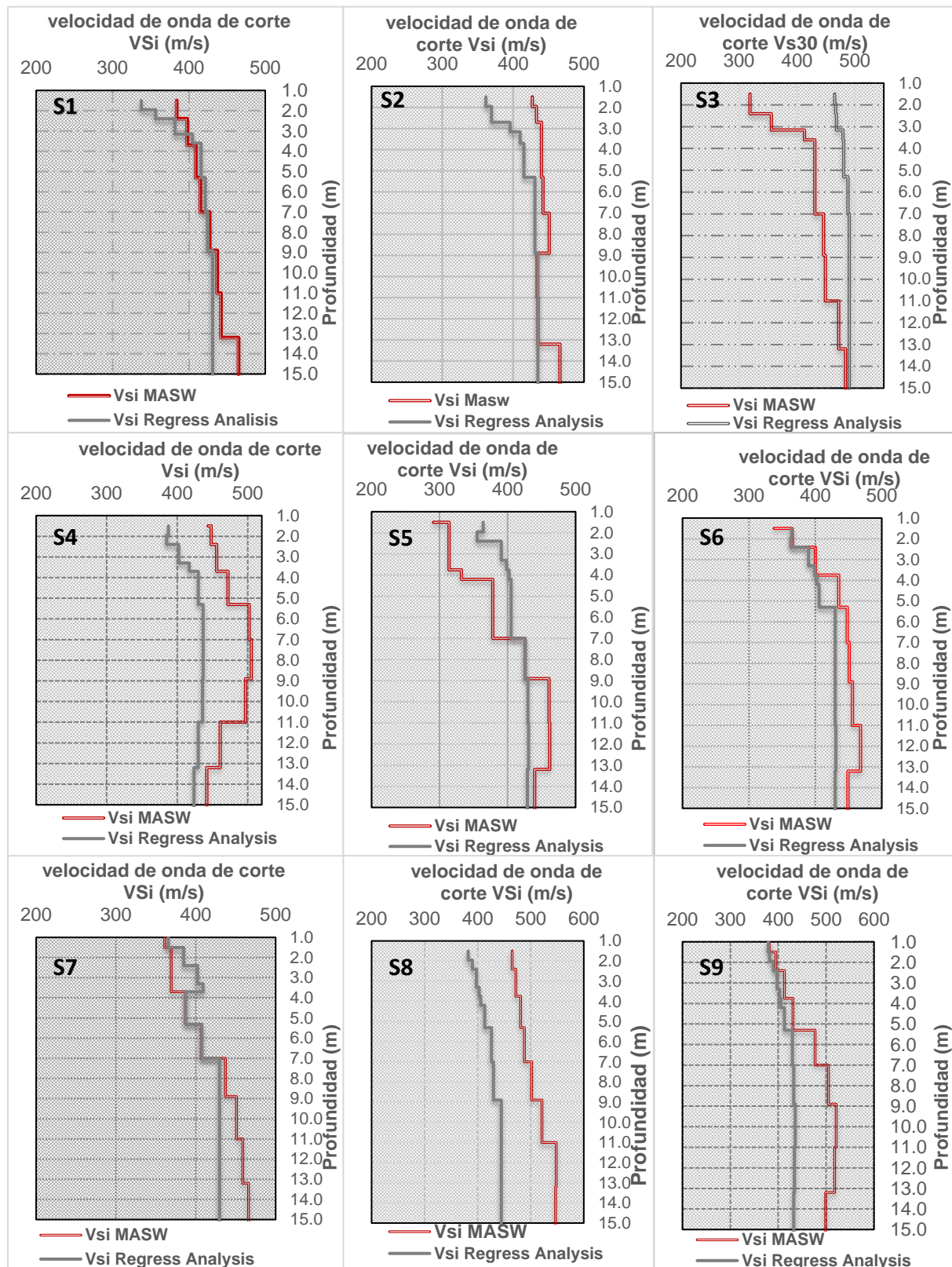


Fig. 83. Perfil de velocidades de onda de corte en la superficie, sondajes S1-S9.

3.2. Discusión

La evaluación del rendimiento de la ecuación propuesta en este trabajo nos indica que esta puede ser usada en la estimación de la V_{si} para valores de $N_m-SPT > 50$ golpes/pie, en cambio el rendimiento de las ecuaciones empíricas existentes en la bibliografía existente indican que pueden ser aplicables para valores de $N_m-SPT < 50$ golpes/ pie, para el caso de suelos granulares, puesto que para valores mayores a los 50 golpes de N_m-SPT se saturan sobreestimando los valores de la velocidad de onda de corte.

La evaluación del coeficiente de consistencia normalizada de la relación N_m-SPT y V_{si} nos indican valores que varían entre 2 y -2 y que están por debajo de la consistencia de las relaciones propuestas en la bibliografía existente.

El análisis multivariable de los 47 pares de datos efectuados en este trabajo indica que la relación entre el número de golpes N_m-SPT y la velocidad de onda de corte predictiva V_{si} , tienen una consistencia fuerte, con un coeficiente de determinación alto, mientras que no existe mucha influencia del tipo de suelo, contenido de finos CF y la plasticidad IP , en cambio la en la investigación realizada por (Tsai et al.) que obtuvieron una correlación exitosa entre N_m-SPT y V_{si} , aplicable para la región de Taiwán y sus diferentes tipos de suelos, encontraron influencia de los parámetros del estrés de confinamiento CN , CF y IP .

IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

1. En esta investigación se efectuó el análisis de regresión de 47 pares de datos de Nm-SPT y V_{si} , donde en primera instancia se encontró un coeficiente de Pearson $r^2=0.1103$, lo que indica que no existe una relación entre ambas variables, por lo que se recurrió a la estadística predictiva aplicando el análisis de regresión basándose en estimaciones lineales, lo que dio como resultado la obtención de valores V_{si} predictivos y cuyo valor de $r^2=0.9509$.

2. Las pruebas efectuadas a la relación obtenidas de la regresión lineal como el análisis de varianzas Anova nos indica que existe un buen valor de significancia $P\text{-value} < 0.05$, el análisis de residuos clasificados nos indica una distribución lineal donde los residuos tienen acercarse a la línea de pendiente y presenta un valor de $r^2= 0.9893$, el análisis de consistencia normalizada presenta valores entre 2 y -4, que resultaron menores comparados con los ratios de consistencia presentados en las relaciones empíricas propuestas por diferentes autores. En tanto que el error relativo porcentual de la relación, del análisis de regresión indica valores menores comparados con las relaciones empíricas con diferentes autores.

3. Con lo mencionado conclusión 1 y 2, se observa que la relación propuesta en esta investigación puede tomar en cuenta valores de Nm-SPT mayores a 50 golpes sobre pie, en tanto que las relaciones existentes son confiables para valores menores a 35 golpes por pie, debido que para valores mayores a Nm-SPT se sobreestima de V_{si} .

4.2. Recomendaciones:

1. Para las evaluaciones de la resistencia a la penetración estándar de un suelo en base a pruebas de campo SPT, se recomienda tomar como un valor límite el número de golpes $N_m\text{-SPT} = 50$ ya que sobre-esforzar el equipo puede ser la causa de la falla o deterioro del mismo.

2. En las investigaciones de tipo correlacional en mecánica de suelos se recomienda realizar la caracterización de las propiedades físicas como: composición granulométrica, contenido de finos, límites y plasticidad ya que pueden ser un indicador para determinar la incidencia de estas propiedades básicas en los estudios de dinámica de suelos.

3. En los análisis de relación y correlación de dos variables en la que se requiera la obtención de los datos en pares, se recomienda efectuar pruebas físicas en campo, para ambos casos, en particular para estimar la velocidad de ondas de corte en base a pruebas SPT.

V. REFERENCIAS

- [1] K. Ulmer, R. Green y A. Rodriguez-Marek, «A consistent correlation between Vs, SPT, and CPT Metrics for use in Liquefaction Evaluation Procedures,» *ASCE LIBRARY*, pp. 132-140, 2020.
- [2] C.-C. Lu y J.-H. Hwang, «Correlations Between Vs and SPT-N by different borehole measurement methods: Effect on Seismic Site Classification,» *Bulletin of Earthquake Engineering*, pp. 1139-1159, 01 03 2019.
- [3] K. Bajaj y P. Anbazhagan, «Seismic site classification and correlation between Vs and SPT-N for deep soil sites in Indo-Gangetic Basin,» *Journal of Applied Geophysics*, pp. 55-72, 2019.
- [4] M. Motaleb Nejad, K. Nega Manahiloh y M. Sadegh Momeni, «Random-effects regression model for shear wave velocity as a function of standard penetration test resistance, vertical effective stress, fines content, and plasticity index,» *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, vol. 103, pp. 95-104, 2017.
- [5] A. Kumar , L. Wagner, S. Beck, M. Log, G. Zandt, B. Young, H. Tavera y E. Minaya, «Seismicity and state of stress in the central and southern Peruvian flat slab,» *Earth and Planetary Science Letters*, pp. 71-80, 2016.
- [6] L. Wagner y E. Okal, «The Pucallpa Nest and its constraints on the geometry of the Peruvian Flat Slab,» *Tectonophysics*, pp. 97-108, 2019.
- [7] W. Viveen y F. Schlunegger, «Prolonged extension and subsidence of the Peruvian forearc during the Cenozoic,» *Tectonophysics*, pp. 48-62, 2018.
- [8] L. Wei y Y. Huajian, «Rupture Process of the 26 May 2019 Mw 8.0 Northern Peru Intermediate-depth,» *geophysical research letters*, 2020.
- [9] O. Ataei, N. Moghaddas y G. Lashkaripour, «Estimating shear wave velocity of soil using standard penetration test (SPT) blow counts in Mashhad city,» *J. Earth Syst. Sci.*, pp. 1-25, 2018.
- [10] Z. Jiang, S. Li, L. Zhang, T. Song y L. Chen, «Estimation of Time-Averaged Shear Wave Velocity (SWV) to 30 m Considering Site SWV structural Characteristic,» *Hindawi*, pp. 1-10, 2019.
- [11] C.-C. Tsai, T. Kishida y C.-H. Kuo, «Unified correlation between SPT-N and shear wave velocity for a wide range of soil types considering strain-dependent behavior,» *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, vol. 126, pp. 1-12, 2019.
- [12] P. Thamarux, M. Matsuoka, N. Poovarodom y J. Iwahashi, «Vs30 Seismic Microzoning Based on a Geomorphology Map: Experimental Case Study of Chiang Mai, Chiang Rai, and Lamphun, Thailand,» *ISPRS International Journal of Geo-Information*, vol. 8, nº 7, pp. 1-18, 2019.
- [13] M. Trujillo, Correlación Empírica Entre la Velocidad de Propagación de las Ondas s (Vs) y el resultado de ensayos de resistencia a la Penetración Estandar, aplicados a los suelos

Departamento de Huila, Putumayo y Casanara - Colombia., Huancavelica: Universidad Nacional de Huancavelica, 2018.

- [14] S. Nalvarte y J. Oyarce, Obtencion de Perfil de Velocidad de Ondas de Corte Medinate la Inversion del Cociente Espectral H/V en el Distrito de Santa Rosa - Lima, Lima: Universidad Peruana de Ciencia Aplicadas, 2018.
- [15] M. Condori, Caracterización Estratigráfica y Microzonificación Sismica del Distrito de Chimbote medinate el Ensayo MASW, Chimbote: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, 2016.
- [16] INDECI, Mapa de Peligros de Pimentel, Pimentel : Instituto Nacional de Defensa Civil , 2003.
- [17] Ü. Dikmen, «Statistical correlations of shear wave velocity and penetration resistance for soils,» *Journal of Geophysics and Engineering*, vol. 6, nº 1, pp. 61-72, 2009.
- [18] R. Mora Ortiz, E. Munguía Balvanera, S. Díaz, F. Magana Hernández, E. Angel Meraz y A. Bolaina Juárez, «Mechanical Behavior of Masonry Mortars Made With Recycled Mortar Aggregate,» *Materials*, pp. 1-14, 2020.
- [19] J. Villegas-Santiago, F. Gómez-Navarro, A. Domínguez-Niño, M. García-Alvarado, M. Salgado-Cervantes y G. Luna-Solano, «Effect of Spray-drying conditions on moisture content and particle size of coffee extract in a prototype dryer,» *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, pp. 767-781, 2019.
- [20] E. O. RNE, «E.050 Suelos y Cimentaciones,» ICG, Perú, 2018.
- [21] B. Das, Fundamentos de Ingeniería Geotécnica, Mexico: Cengage Learning , 2013.
- [22] K. Mahmood, S. Afzal, Q. Iqbal, . F. Karim y S. Iqbal, «Equivalent Linear and Nonlinear Site-Specific Ground Response Analysis of Pashto Cultural Museum Peshawar, Pakistan,» *Iranian Journal of Science and Technology, Transactions of Civil Engineering*, pp. 1-13, 2020.
- [23] A. Ramírez, H. Flores , A. Preciado, w. Bandy, S. Lazcano, L. Alcantara, J. Aguirre y M. Korn, «Subsoil classification and geotechnical zonation for Guadalajara City, México: Vs30, soil fundamental periods, 3D structure and profiles,» *Near Surface Geophysics*, pp. 1-25, 2020.
- [24] M. Nikolinakou, A. Whittle, S. Savidis y U. Schran, «Prediction and Interpretation of the Performance of a Deep Excavation in Berlin Sand,» *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, pp. 1047-1061, 2011.
- [25] A. Ghorbani, A. Eslami y M. Ghasemi, «Site Response Analysis of Deep Sedimentary Deposits Using Electrical Resistivity Logging; Case Study: Guilan Province, Iran,» *Geotech Geol Eng*, pp. 1-23, 2019.
- [26] MTC, «Manual de Ensayos de Materiales,» MTC, Perú, 2016.
- [27] Geotecnia224, «Suelos Cohesivos Parcialmente Saturados,» Organo Oficial de la Sociedad Mexicana de Ingeniería Geotécnica A. C., Mexico, 2012.

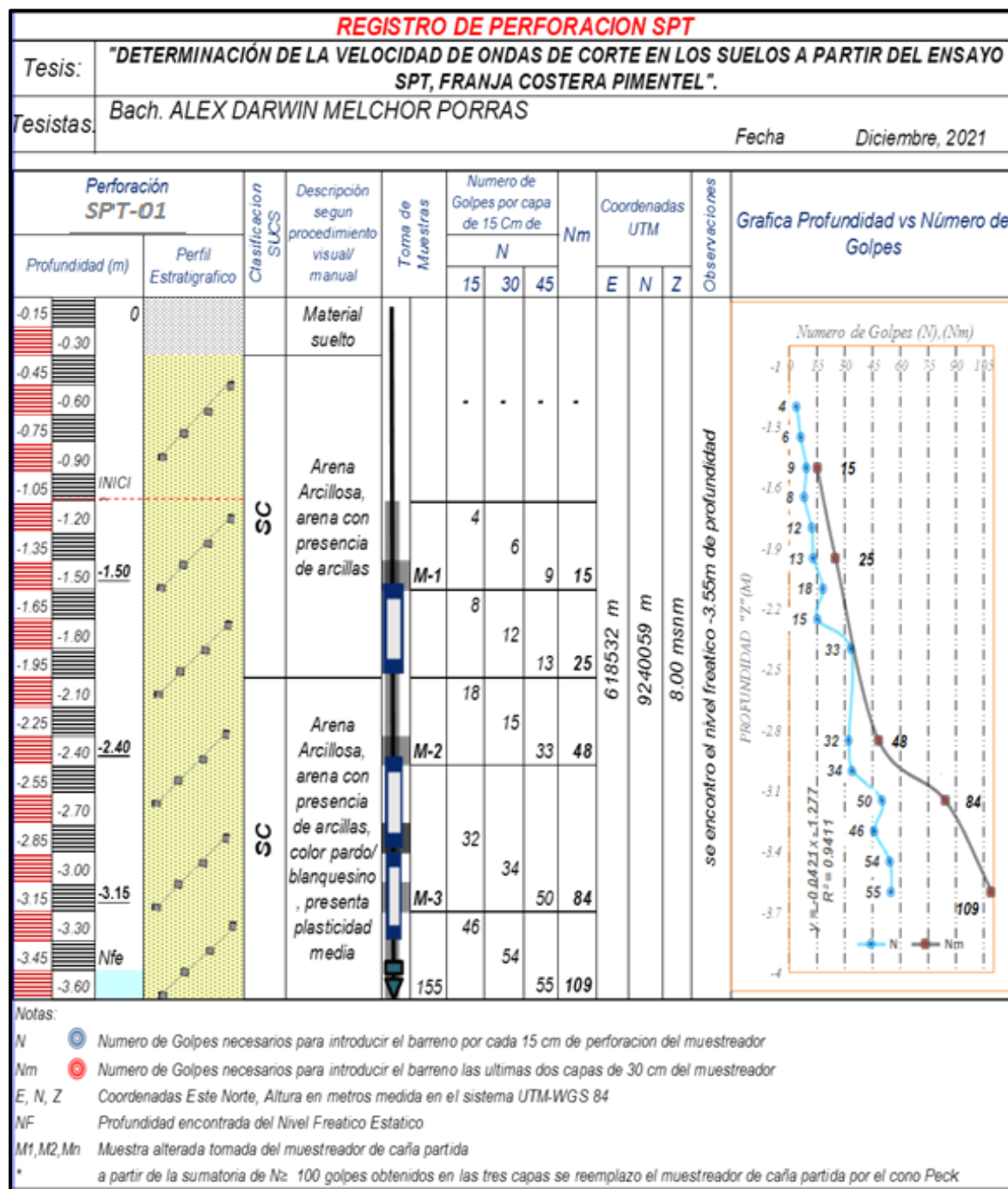
- [28] C. Gómez, «comportamiento Geotécnico de suelos arcillosos compactados, respuesta a cargas estáticas y dinámicas,» Universidad Complutense de Madrid , Madrid, 2019.
- [29] L. Roque, «Cractaeristica Física - Química y Grado de Conocimiento de los Consumidores y Comercializadores de las Arcillas Comestibles (cha'qo) de la Región de Puno,» Universidad Nacional de Altiplano, Puno, 2017.
- [30] L. Taxa, «Sistema Tradicional de Clasificación de Tierras Utilizado por la Comunidad Campesina de LarOS - Yauyos,» Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo, 2015.
- [31] N. Hasancebi y R. Ulusay, «Empirical correlations between shear wave velocity and penetration resistance for ground shaking assessments,» *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, pp. 203-213, 2007.
- [32] J. Ordóñez, «Calculo de la Enegia Liberada por Sismos a Distancias Telesismicas Mediante el Metodo de la Integral del Espectro de Potencia de las Ondas de Volumen,» Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque, 2005.
- [33] J. Pérez , «Desarrollo e Implementación de Metodos Avanzados de Exploración Sísmica Activa y Pasiva, y del Metodo del Gradiente Topográfico en el Análisi de Microzonificación Sísmica en el Sureste de la Península Ibérica,» Universidad Politécnica de Cartagena, Cartagena, 2015.
- [34] A. Sil y J. Haloi, «Site-Supecific ground response analysis of a proposed bridge site over Barak River along Silchar Bypass Road, India,» *Innovative Infrastructure Solutions*, pp. 1-19, 2018.
- [35] A. Liu, T. Liu, Y. Cui y H. Zheng, «Discussion on the Site Effect Coefficient and Topographic Effect Coefficient of Ground Motion Peak Acceleration and Its Relationship,» *IOPSCIENCE*, pp. 1-11, 2019.
- [36] J. I. Fernandez Silva y N. E. Vazques Diaz, Método de inyección mortero para mejorar suelos potencialmente licuables, Santa Rosa, Lambayeque. 2019, Chiclayo, 2022.
- [37] S. Lazcano , «Perfiles de Velocidad de Ondas de Corte y análisis del comportamiento Sísmico del suelo en el poniente de Guadalajara, Jal,» Sociedad Mexicaca de Ingeniería Geotécnica, A.C., Guadalajara, 2012.
- [38] Y. Miao, Y. Shi y S.-Y. Wang, «Estimating Near-Surface Shear Wave Velocity Using The P-Wave Seismograms Method in Japan,» *Earthquake Engineering Research Institute*, pp. 1955-1971, 2018.
- [39] C. Shreyasvi, K. Venkataramana y S. Chopra, «Local site effect incorporation in probabilistic seismic hazard analysis - A case study from southern peninsular India, an intraplate region,» *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, pp. 381-398, 2019.
- [40] P. Guaraca, «Velocidad de Ondas de Corte y Periodos de Vibración del Suelo en la Parroquia Jubones de la Ciudad de Machala,» UTMACH, Machala, 2016.

- [41] N. Huarca , «Aplicación de Tomografía Geoeléctrica, Refracción Sísmica y MASW en Investigaciones Geotécnicas en la Localidad de Patashuaylla-Urubamba,» Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Arequipa, 2018.
- [42] Z. Rahman , S. Siddiqua y M. Kamal, «Shear wave velocity estimation of the near-surface materials of Chittagong City, Bangladesh for seismic site characterization,» *Journal of Applied Geophysics*, pp. 210-225, 2016.
- [43] R. Villarreal, «Estudio Estratigráfico del Sector Central de la Ciudad de Panamá mediante el uso de la Tomografía de Refracción y un Análisis Multicanal de Ondas Superficiales en 2 y 3D,» Universidad de Panamá Vicerrectoría de Investigación y Postgrado, Panamá, 2018.
- [44] E. Steiakakis, A. Lazaropoulos, A. Vafidis, Z. Agioutantis y G. Kritikakis, «Determination of shear wave velocities in sediment deposits,» *International Journal of Geotechnical Engineering*, pp. 2-11, 2017.
- [45] M. Akin , S. Kramer y T. Topal, «Dynamic soil characterization and site response estimation for Erbaa, Takat (Turkey),» *Nat Hazards*, pp. 1-36, 2016.
- [46] B. Kirar y B. Maheshwari, «Dynamic Properties of Soils at Large Strains in Roorkee region Using Field and Laboratory Test,» *India Geotech J*, pp. 1-17, 2017.
- [47] D. Youp , S. Brandenberg, A. Mikami y J. Stewart, «Prediction Equations for Estimating Shear-Wave Velocity from Combined Geotechnical and Geomorphic Indexes Based on Japanese Data Set,» *Bulletin of the Seismological Society of America*, vol. 105, nº 4, pp. 1919-1930, 2015.
- [48] M. Mazlina, M. Liew, A. Adnan, I. Harahap y N. Hamid, «Determination of Shear Wave Velocity in Offshore Terangganu for Ground Response Analysis,» *Earth and Environmental Science*, pp. 1-9, 2018.
- [49] T. Kishida y C.-C. Tsai, «Prediction Model of Shear Wave Velocity by Using SPT Blow Counts Based on the Conditional Probability Framework,» *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, pp. 1-10, 2016.
- [50] B. Kirar, B. Maheshwari y P. Muley, «Correlation Between Shear wave Velocity (V_s) and SPT Resistance (N) for Roorkee Region,» *Int. J of Geosynth and Ground Eng.*, pp. 1-11, 2016.
- [51] W. Liu, Q. Chen, C. Wang, C. Juang y G. Chen, «Spatially Correlated multiscale V_{s30} Mapping and a case study of the Suzhou site,» *Engineering Geology*, pp. 110-122, 2017.
- [52] S. Lodi, M. Kumar, M. Samad y A. Wasim, «Predictive Relationship for Estimation of V_{s30} Using Shallow Bore Logs for Karachi,» *Geotech Geol Eng.*, pp. 1-15, 2015.
- [53] E.030, R.N.E., «E.030 Diseño Sismorresistente,» ICG, Lima, Perú, 2018.
- [54] I. Akkaya, A. Ozvan y E. Ozvan, «A New Empirical Correlation Between Pressuremeter modules (EM) and Shear Wave Velocity (V_s) for Clay Soils,» *Journal of Applied Geophysics*, vol. 171, pp. 1-14, 2019.

- [55] T. Imai y Y. Yoshimura, «Elastic wave velocity and soil properties in soft soil,» pp. 17-22, 1970.
- [56] T. Imai y Y. Yoshimura, The relation of mechanical properties of soils to P and S-wave velocities for ground in Japan, 1975.
- [57] Y. Ohta y N. Goto, «Empirical shear wave velocity equations in terms of characteristics soil indexes,» *Earthquake Engineering Structural Dynamics*, vol. 6, pp. 167-187, 1978.
- [58] S. H.-H. Lee, «Analysis of the Multicollinearity of Regression Equations of Shear Wave Velocities,» *Soils and Foundations*, vol. 32, pp. 205-214, 1992.
- [59] C. Hanumantharao y G. Ramana, «Dynamic soil properties for microzonation of Delhi, India,» *Journal of Earth System Science*, vol. 117, pp. 719-730, 2008.
- [60] K. Chatterjee y D. Choudhury, «Variations in shear wave velocity and soil site class in Kolkata city using regression and sensitivity analysis,» *Natural Hazards*, vol. 69, n° 3, pp. 2057-2082, 2013.
- [61] S. H. Lee, «Regression models of shear wave velocities in Taipei basin,» *Journal of the Chinese Institute of Engineers*, vol. 13, pp. 519-532, 1990.
- [62] R. Hernández, C. Fernández y P. Baptista, Metodología de la Investigación, México: INTERAMERICANA, 2010.
- [63] A. Abbaszadeh y S. Naderi, «Modified correlations to predict the shear wave velocity using piezocone penetration test data and geotechnical parameters: a case study in the southwest of Sweden,» *Innovative Infrastructure Solutions*, vol. 1, pp. 1-9, 2016.
- [64] C. Bernal, Metodología de la Investigación, Colombia : PEARSON EDUCACIÓN, 2010.
- [65] D. Shukla y C. Solanki, «Estimated Empirical Correlation Between Shear Wave Velocity and SPT-N Value for Indore City Using NLR and ANN,» *Indian Geotech J*, pp. 1-17, 2020.
- [66] C.-C. Tsai, T. Kishida y C.-H. Kuo, «Unified correlation between SPT-N and shear wave velocity for a wide range of soil types considering strain-dependent behavior,» *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, pp. 1-12, 2019.

VI. ANEXOS

Registros de perforaciones SPT



REGISTRO DE PERFORACION SPT

Tesis: "DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD DE ONDAS DE CORTE EN LOS SUELOS A PARTIR DEL ENSAYO SPT, FRANJA COSTERA PIMENTEL".

Tesistas: Bach. ALEX DARWIN MELCHOR PORRAS

Fecha Diciembre, 2021

Perforación SPT-02		Clasificación SUCS	Descripción según procedimiento visual/manual	Toma de Muestras	Número de Golpes por capa de 15 Cm de			Nm	Coordenadas UTM			Observaciones	Grafica Profundidad vs Número de Golpes
Profundidad (m)	Perfil Estratigrafico				N				E	N	Z		
					15	30	45						
0.15	0	SC	Material suelto					618537.32 m	9240106.07 m	6.50 msnm	se encontro el nivel freatico a la profundidad de 3.70 m		
-0.30													
-0.45		SC	Arena Arcillosa, arena con presencia de arcillas										
-0.60													
-0.75													
-0.90													
-1.05	INICIO												
-1.20													
-1.35													
-1.50	-1.50												
-1.65		SC	Arena Arcillosa, arena con presencia de arcillas, color pardo/blanquesino, presenta plasticidad media										
-1.80													
-1.95	-1.95												
-2.10													
-2.25													
-2.40													
-2.55													
-2.70													
-2.85	-2.85												
-3.00													
-3.15													
-3.30	-3.30												
-3.45													
-3.60													
-3.75													

Notas:

- N Número de Golpes necesarios para introducir el barreno por cada 15 cm de perforación del muestreador
- Nm Número de Golpes necesarios para introducir el barreno las últimas dos capas de 30 cm del muestreador
- E, N, Z Coordenadas Este Norte, Altura en metros medida en el sistema UTM-WGS 84
- NF Profundidad encontrada del Nivel Freatico Estático
- M1, M2, Mn Muestra alterada tomada del muestreador de caña partida
- * a partir de la sumatoria de N ≥ 100 golpes obtenidos en las tres capas se reemplazo el muestreador de caña partida por el cono Peck

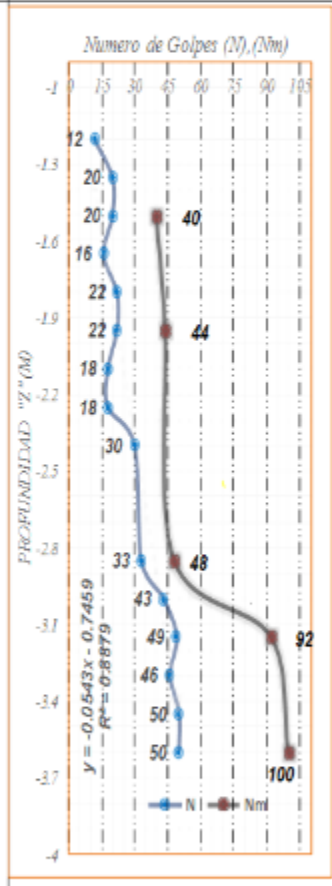
REGISTRO DE PERFORACION SPT

Tesis: "DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD DE ONDAS DE CORTE EN LOS SUELOS A PARTIR DEL ENSAYO SPT, FRANJA COSTERA PIMENTEL".

Tesis: Bach. ALEX DARWIN MELCHOR PORRAS

Fecha: Diciembre, 2021

Perforación SPT-03		Clasificación SUCS	Descripción según procedimiento visual/manual	Toma de Muestras	Número de Golpes por capa de 15 Cm de			Nm	Coordenadas UTM			Observaciones	Grafica Profundidad vs Número de Golpes	
Profundidad (m)	Perfil Estratigrafico				N				E	N	Z			
					15	30	45							
0			Material suelto											
-0.15														
-0.30														
-0.45														
-0.60														
-0.75														
-0.90														
-1.05	INICI	SC	Arena Arcillosa, arena con presencia de arcillas, presenta baja plasticidad											
-1.20														
-1.35														
-1.50														
-1.65		GC	Grava Arcillosa, presenta presencia de arcillas, color pardo/blanquesino , presenta plasticidad baja	M-1	12	20	40							
-1.80														
-1.95														
-2.10														
-2.25														
-2.40														
-2.55														
-2.70														
-2.85														
-3.00														
-3.15														
-3.30														
-3.45	Nfe													
-3.60														
				M-3	33	43	92							
					46	50	100							
					146	50	100							



Notas:

- N ● Número de Golpes necesarios para introducir el barrenador por cada 15 cm de perforación del muestreador
- Nm ● Número de Golpes necesarios para introducir el barrenador las últimas dos capas de 30 cm del muestreador
- E, N, Z Coordenadas Este Norte, Altura en metros medida en el sistema UTM-WGS 84
- Nf Profundidad encontrada del Nivel Freático Estático
- M1, M2, Mh Muestra alterada tomada del muestreador de caña partida
- * a partir de la sumatoria de N= 100 golpes obtenidos en las tres capas se reemplazo el muestreador de caña partida por el cono Peck

REGISTRO DE PERFORACION SPT

Tesis: **MÉTODO DE INYECCIÓN DE MORTERO PARA MEJORAR SUELOS POTENCIALMENTE LICUABLES, SANTA ROSA, 2019**

Tesistas: **Bach. ALEX DARWIN MELCHOR PORRAS** Fecha **Diciembre 2021**

Perforación SPT-04		Clasificación SUCS	Descripción según procedimiento visual/manual	Toma de Muestras	Número de Golpes por capa de 15 Cm de			Nm	Coordenadas UTM			Observaciones	
Profundidad (m)	Perfil Estratigrafico				N				E	N	Z		
		15	30	45									
-0.15	0	GP-GC	Material suelto					618331.00 m	9241182.00 m	7.00 msnm	No se encontro el nivel freatico hasta la profundidad de investigacion alcanzada		
-0.30													
-0.45													
-0.60													
-0.75													
-0.90													
-1.05	INICIO												
-1.20					20								
-1.35						35							
-1.50	-1.50		M-1			16	51						
-1.65				15									
-1.80					18								
-1.95	-1.95					30	48						
-2.10		GP-GC	Grava Mal Gradada con presencia de arcillas					618331.00 m	9241182.00 m	7.00 msnm	No se encontro el nivel freatico hasta la profundidad de investigacion alcanzada		
-2.25					24								
-2.40	-2.40		M-2			35	37						72
-2.55													
-2.70													
-2.85													
-3.00					35								
-3.15						50							
-3.30		M-3				50	100						

Notas:

- N Número de Golpes necesarios para introducir el barreno por cada 15 cm de perforación del muestreador
- Nm Número de Golpes necesarios para introducir el barreno las últimas dos capas de 30 cm del muestreador
- E, N, Z Coordenadas Este Norte, Altura en metros medida en el sistema UTM-WGS 84
- NF Profundidad encontrada del Nivel Freático Estático
- M1, M2, M3 Muestra alterada tomada del muestreador de caña partida
- * a partir de la sumatoria de N ≥ 100 golpes obtenidos en las tres capas se reemplazo el muestreador de caña partida por el cono Peck

REGISTRO DE PERFORACION SPT

Tesis: MÉTODO DE INYECCIÓN DE MORTERO PARA MEJORAR SUELOS POTENCIALMENTE LICUABLES, SANTA ROSA, 2019

Tesistas: Bach. ALEX DARWIN MELCHOR PORRAS

Fecha: Diciembre 2021

Perforación SPT-05		Clasificación SUCS	Descripción según procedimiento visual/manual	Toma de Muestras	Número de Golpes por capa de 15 Cm de profundidad de			Nm	Coordenadas UTM			Observaciones	Grafica Profundidad vs Número de Golpes
Profundidad (m)	Perfil Estratigrafico				N				E	N	Z		
					15	30	45						
-0.15	0	ML	Limos de baja plasticidad	-	-	-	-	618099.00 m	9241636.00 m	7.30 msnm	No se encontro el nivel freatico hasta la profundidad de investigacion alcanzada		
-0.30					-	-	-						
-0.45					-	-	-						
-0.60					-	-	-						
-0.75					-	-	-						
-0.90		-	-	-									
-1.05	INICI	SP-SM	Mezclas de arena mal gradada y limos de baja plasticidad	M-1	8	14	15	29	618099.00 m	9241636.00 m	7.30 msnm	No se encontro el nivel freatico hasta la profundidad de investigacion alcanzada	
-1.20				8	14	15	29						
-1.35				8	12	11	23						
-1.50	-1.50			M-2	24	25	30	55					
-1.65				24	32	34	66						
-1.80				34	35	37	72						
-1.95				36	38	39	77						
-2.10				39	77	77	77						
-2.25				39	77	77	77						
-2.40	-2.85			SM	Arena Limosa, presenta baja plasticidad	-	-	-					
-2.55		-	-	-	-								
-2.70		-	-	-	-								
-2.85		-	-	-	-								
-3.00		-	-	-	-								
-3.15		-	-	-	-								
-3.30		-	-	-	-								
-3.45		-	-	-	-								
-3.60		-	-	-	-								
-3.75	-3.75	-	-	-	-								
-3.90		-	-	-	-								
-4.05		-	-	-	-								
-4.20		-	-	-	-								

Notas:

- N Número de Golpes necesarios para introducir el barrenos por cada 15 cm de perforación del muestreador
- Nm Número de Golpes necesarios para introducir el barrenos las últimas dos capas de 30 cm del muestreador
- E, N, Z Coordenadas Este Norte, Altura en metros medida en el sistema UTM-WGS 84
- NF Profundidad encontrada del Nivel Freatico Estatico
- M1, M2, Mn Muestra alterada tomada del muestreador de caña partida
- * a partir de la sumatoria de N ≥ 100 golpes obtenidos en las tres capas se reemplazo el muestreador de caña partida por el cono Peck

REGISTRO DE PERFORACION SPT

Tesis: MÉTODO DE INYECCIÓN DE MORTERO PARA MEJORAR SUELOS POTEHCIALMENTE LICUABLES, SANTA ROSA, 2019

Tesistas: Bach. ALEX DARWIN MELCHOR PORRAS

Fecha: Diciembre 2021

Perforación SPT-06		Clasificación SUCS	Descripción según procedimiento visual/manual	Toma de Muestras	Número de Golpes por capa de 15 Cm de profundidad de			Nm	Coordenadas UTM			Observaciones	Grafica Profundidad vs Número de Golpes					
Profundidad (m)	Perfil Estratigrafico				N				E	N	Z							
					15	30	45											
-0.15	0	ML	Limos de baja plasticidad	M-1	-	-	-	29	616099.00	9241636.00	7.30	msnm	No se encontro el nivel freatico hasta la profundidad de investigacion alcanzada					
-0.30																		
-0.45																		
-0.60																		
-0.75																		
-0.90																		
-1.05	(NIC)	SP-SM	Mezclas de arena mal gradada y limos de baja plasticidad	M-2	8	15	14	54	616099.00	9241636.00	7.30	msnm	No se encontro el nivel freatico hasta la profundidad de investigacion alcanzada					
-1.20																		
-1.35																		
-1.50	-1.50																	
-1.65																		
-1.80																		
-1.95																		
-2.10																		
-2.25																		
-2.40	-2.85																	
-2.55																		
-2.70																		
-2.85		SM	Arena Limosa, presenta baja plasticidad	M-3	24	32	35	72	616099.00	9241636.00	7.30	msnm	No se encontro el nivel freatico hasta la profundidad de investigacion alcanzada					
-3.00																		
-3.15																		
-3.30																		
-3.45																		
-3.60																		
-3.75	-3.75																	
-3.90																		
-4.05																		
-4.20																		

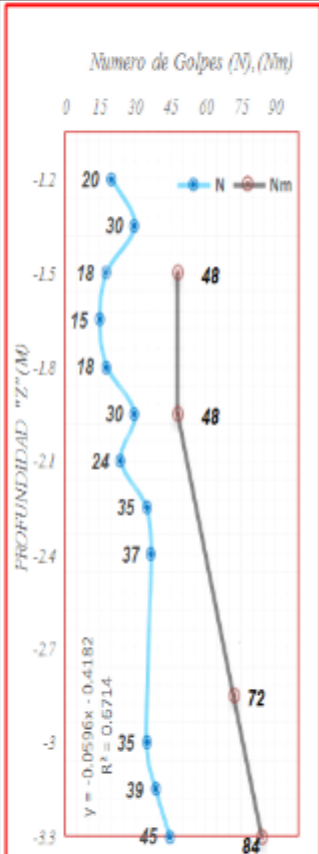
Notas:

- N ● Numero de Golpes necesarios para introducir el barreno por cada 15 cm de perforacion del muestreador
- Nm ● Numero de Golpes necesarios para introducir el barreno las ultimas dos capas de 30 cm del muestreador
- E, N, Z Coordenadas Este Norte, Altura en metros medida en el sistema UTM-WGS 84
- NF Profundidad encontrada del Nivel Freatico Estatico
- M1, M2, Mh Muestra alterada tomada del muestreador de caña partida
- * a partir de la sumatoria de N: 100 golpes obtenidos en las tres capas se reemplazo el muestreador de caña partida por el cono Peck

REGISTRO DE PERFORACION SPT

Tesis:	MÉTODO DE INYECCIÓN DE MORTERO PARA MEJORAR SUELOS POTENCIALMENTE LICUABLES, SANTA ROSA, 2019
Tesistas:	Bach. ALEX DARWIN MELCHOR PORRAS
	Fecha Diciembre 2021

Perforación SPT-07		Clasificación SUCS	Descripción según procedimiento visual/manual	Toma de Muestras	Número de Golpes por capa de 15 Cm de			Nm	Coordenadas UTM			Observaciones	Grafica Profundidad vs Número de Golpes		
Profundidad (m)	Perfil Estratigrafico				N				E	N	Z				
					15	30	45								
-0.15	0														
-0.30															
-0.45															
-0.60															
-0.75															
-0.90															
-1.05	INICIO	SM	Arena Limosa								
-1.20															
-1.35	-1.50					M-1	20	30	18	48					
-1.65							15	18	30	48					
-1.80	-1.95						24	35	37	72					
-2.10		GM	Grava Limosa		24	35	37	72							
-2.25	-2.85			M-2	35	37	72								
-2.40					35	39	45	84							
-2.55					35	39	45	84							
-2.70					35	39	45	84							
-2.85					35	39	45	84							
-3.00	-3.30				35	39	45	84							
-3.15			35	39	45	84									
-3.30			35	39	45	84									
617646.00 m									9242204.00 m			7.40 msnm		No se encontro el nivel freatico hasta la profundidad de investigacion alcanzada	



Notas:

- N ● Numero de Golpes necesarios para introducir el barreno por cada 15 cm de perforacion del muestreador
- Nm ● Numero de Golpes necesarios para introducir el barreno las ultimas dos capas de 30 cm del muestreador
- E, N, Z Coordenadas Este Norte, Altura en metros medida en el sistema UTM-WGS 84
- NF Profundidad encontrada del Nivel Freatico Estatico
- M1, M2, Mn Muestra alterada tomada del muestreador de caña partida
- * a partir de la sumatoria de N ≥ 100 golpes obtenidos en las tres capas se reemplazo el muestreador de caña partida por el cono Peck

Granulometrías



SERVICIOS DE EXPLORACIÓN GEOTECNICA, ASFALTO Y ENSAYO DE MATERIALES

Ca. BRITALDO GONZALES Nº 183 – PUEBLO NUEVO - FERREÑAFE

RESOLUCION Nº 001083-2009/DSD-INDECOPI

Email: leonidasmvas@hotmail.com RPM #947009877 TELEF. 074-456484

CODIGO OSCE Nº S0090112

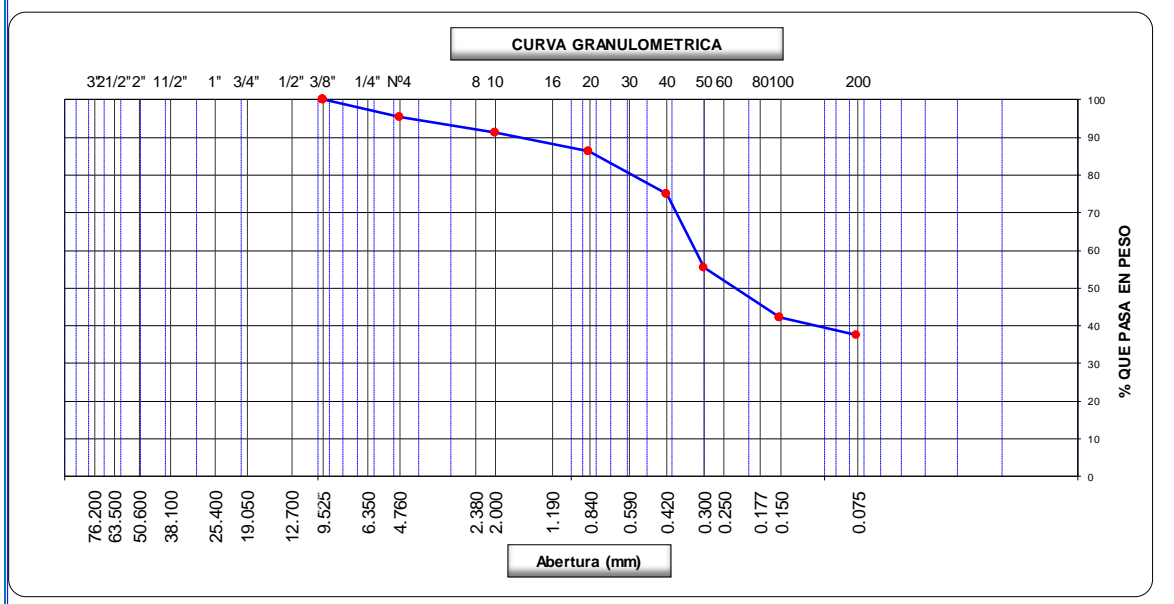
LABORATORIO SEGENMA

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

(ASTM D-422, C-117 / AASHTO T-27, T-88)

TESISTA : MELCHOR PORRAS ALEX DARWIN
PROYECTO TESIS : "DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD DE ONDAS DE CORTE EN LOS SUELOS A PARTIR DEL ENSAYO SPT, FRANJA COSTERA PIMENTEL".
UBICACIÓN : DISTRITO. PIMENTEL, PROVINCIA. CHICLAYO, DEPARTAMENTO. LAMBAYEQUE
PERFORACIÓN : SPT1-M1
PROFUNDIDAD : 0.00 m. a 1.50 m.
FECHA : DICIEMBRE DEL 2021

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	Retenido Parcial	Retenido Acumulado	Porcentaje que Pasa	Material sin Especificación	Descripcion
5"	127.000						1. Peso de Material
4"	101.600						Peso Inicial Total (kg)
3"	73.000						Peso Fraccion Fina Para Lavar (gr) 205.60
2 1/2"	60.300						2. Características
2"	50.800						Tamaño Maximo 3/8"
1 1/2"	37.500						Tamaño Maximo Nominal 1/4"
1"	25.400						Grava (%) 4.6
3/4"	19.000						Arena (%) 57.7
1/2"	12.700						Finos (%) 37.6
3/8"	9.520				100.0		Modulo de Fineza (%)
1/4"	6.350						3. Clasificación
Nº 4	4.750	7.73	4.64	4.6	95.4		Limite Liquido (%) 29.2
Nº 8	2.360						Limite Plastico (%) 20.1
Nº 10	2.000	9.13	4.2	8.9	91.1		Indice de Plasticidad (%) 9.1
Nº 16	1.190						Clasificación SUCS SC
Nº 20	0.850	10.50	4.9	13.7	86.3		Clasificación AASHTO A-4 (1)
Nº 30	0.600						
Nº 40	0.420	24.28	11.3	25.0	75.0		
Nº 50	0.300	42.29	19.6	44.6	55.4		
Nº 60	0.250						
Nº 80	0.180						
Nº 100	0.150	28.47	13.2	57.8	42.2		
Nº 200	0.075	9.80	4.6	62.4	37.6		
Pasante		81.1	37.6	100.0			



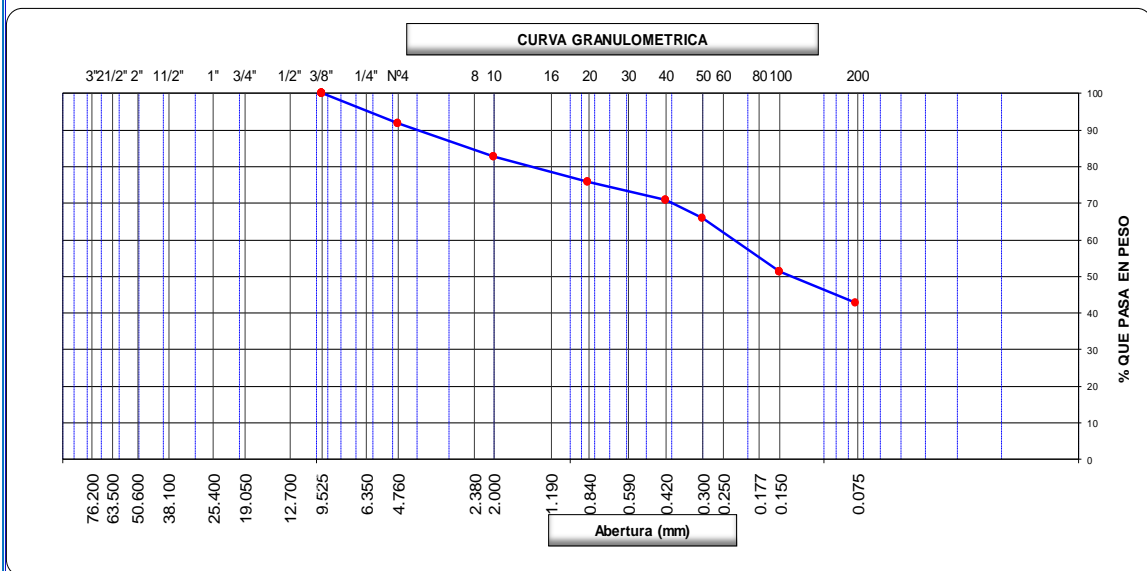


SERVICIOS DE EXPLORACIÓN GEOTECNICA, ASFALTO Y ENSAYO DE MATERIALES
 Ca. BRITALDO GONZALES N° 183 – PUEBLO NUEVO - FERREÑAFE
 RESOLUCION N° 001083-2009/DSD-INDECOPI
 Email: leonidasmvas@hotmail.com RPM #947009877 TELEF. 074-456484
 CODIGO OSCE N° S0090112
 LABORATORIO SEGENMA

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
 (ASTM D-422, C-117 / AASHTO T-27, T-88)

TESISTAS : MELCHOR PORRAS ALEX DARWIN
PROYECTO TESIS : "DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD DE ONDAS DE CORTE EN LOS SUELOS A PARTIR DEL ENSAYO SPT, FRANJA COSTERA PIMENTEL".
UBICACIÓN : DISTRITO. PIMENTEL, PROVINCIA. CHICLAYO, DEPARTAMENTO. LAMBAYEQUE
PERFORACIÓN : SPT1-M2
PROFUNDIDAD : 1.50 m. a 2.45 m.
FECHA : DICIEMBRE 2021

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	Retenido o Parcial	Retenido Acumulado	Porcentaje que Pasa	Material sin Especificacion	Descripcion
5"	127.000						1. Peso de Material
4"	101.600						Peso Inicial Total (kg)
3"	73.000						Peso Fraccion Fina Para Lavar 200.30
2 1/2"	60.300						2. Caracteristicas
2"	50.800						Tamaño Maximo 3/8"
1 1/2"	37.500						Tamaño Maximo Nominal 1/4"
1"	25.400						Grava (%) 8.2
3/4"	19.000						Arena (%) 49.0
1/2"	12.700						Finos (%) 42.8
3/8"	9.520				100.0		Modulo de Fineza (%)
1/4"	6.350						3. Clasificacion
N° 4	4.750	18.37	8.15	8.2	91.9		Limite Liquido (%) 35.2
N° 8	2.360						Limite Plastico (%) 23.2
N° 10	2.000	20.01	9.2	17.3	82.7		Indice de Plasticidad (%) 12.0
N° 16	1.190	14.67	6.7	24.1	75.9		Clasificacion SUCS SC
N° 20	0.850	14.67	6.7	24.1	75.9		Clasificacion AASHTO A-6 (1)
N° 30	0.600						
N° 40	0.420	11.18	5.1	29.2	70.8		
N° 50	0.300	10.47	4.8	34.0	66.0		
N° 60	0.250						
N° 80	0.180						
N° 100	0.150	32.25	14.8	48.8	51.2		
N° 200	0.075	18.27	8.4	57.2	42.8		
Pasante		93.5	42.9	100.0			





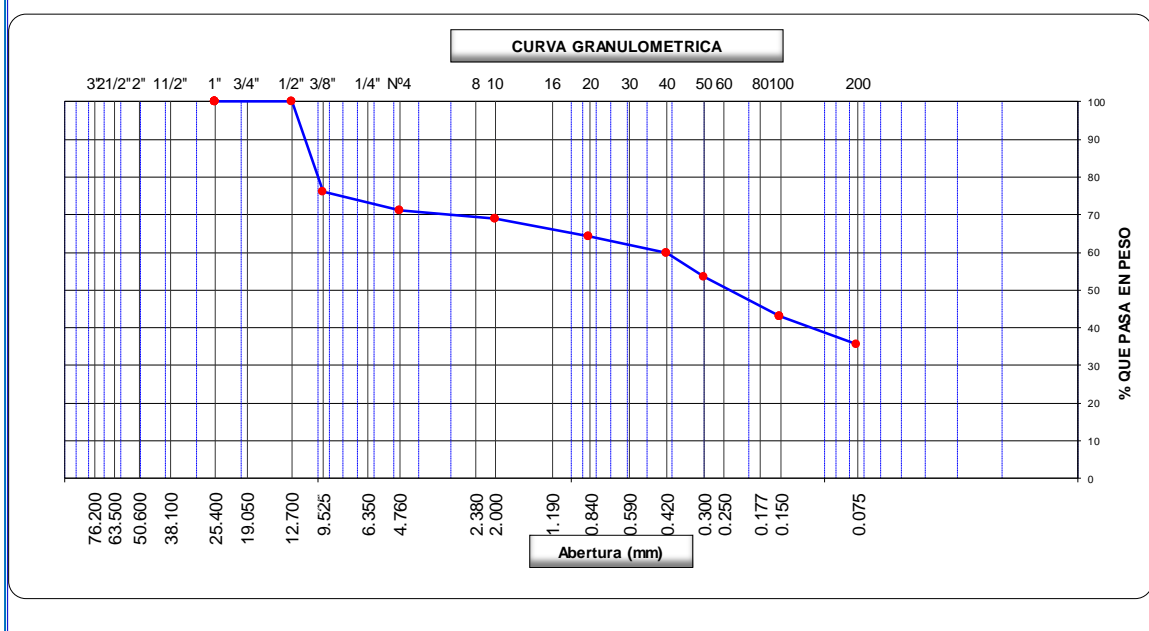
**SERVICIOS DE EXPLORACIÓN GEOTECNICA, ASFALTO
Y ENSAYO DE MATERIALES**
Ca. BRITALDO GONZALES N° 183 – PUEBLO NUEVO - FERREÑAFE
RESOLUCION N° 001083-2009/DSD-INDECOPI
Email: leonidasmvas@hotmail.com RPM #947009877 TELEF. 074-456484
CODIGO OSCE N° S0090112
LABORATORIO SEGENMA

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

(ASTM D-422, C-117 / AASHTO T-27, T-88)

TESISTA : MELCHOR PORRAS ALEX DARWIN
 PROYECTO TESIS : "DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD DE ONDAS DE CORTE EN LOS SUELOS A PARTIR DEL ENSAYO SPT, FRANJA COSTERA PIMENTEL".
 UBICACIÓN : DISTRITO. PIMENTEL, PROVINCIA. CHICLAYO, DEPARTAMENTO. LAMBAYEQUE
 PERFORACIÓN : SPT1-M3
 PROFUNDIDAD : 2.45 m. a 2.75 m.
 FECHA : DICIEMBRE DEL 2021

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	Retenido Parcial	Retenido Acumulado	Porcentaje que Pasa	Material sin Especificación	Descripcion
5"	127.000						1. Peso de Material
4"	101.600						Peso Inicial Total (kg)
3"	73.000						Peso Fraccion Fina Para Lavar (gr) <u>242.30</u>
2 1/2"	60.300						
2"	50.800						2. Caracteristicas
1 1/2"	37.500						Tamaño Maximo <u>1"</u>
1"	25.400				100.0		Tamaño Maximo Nominal <u>3/4"</u>
3/4"	19.000	45.3	18.7	18.7			Grava (%) <u>28.9</u>
1/2"	12.700				100.0		Arena (%) <u>35.5</u>
3/8"	9.520	12.5	5.2	23.9	76.1		Finos (%) <u>35.6</u>
1/4"	6.350						Modulo de Fineza (%)
N° 4	4.750	12.32	5.08	28.9	71.1		
N° 8	2.360						3. Clasificacion
N° 10	2.000	7.65	2.2	31.2	68.8		Limite Liquido (%) <u>33.1</u>
N° 16	1.190						Limite Plastico (%) <u>21.8</u>
N° 20	0.850	15.65	4.6	35.8	64.2		Indice de Plasticidad (%) <u>11.3</u>
N° 30	0.600						Clasificacion SUCS
N° 40	0.420	14.54	4.3	40.0	60.0		Clasificacion AASHTO <u>A-6 (1)</u>
N° 50	0.300	21.65	6.4	46.4	53.6		
N° 60	0.250						
N° 80	0.180						
N° 100	0.150	35.65	10.5	56.8	43.2		
N° 200	0.075	25.87	7.6	64.4	35.6		
Pasante		121.3	35.6	100.0			



INFORME DE ENSAYO N°3370

Expediente : 1492 - 2021 L.E.M. FERMATI S.A.C
Solicitante : MELCHOR PORRAS ALEX DARWIN
Proyecto : DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD DE ONDAS DE CORTE EN LOS SUELOS A PARTIR DEL ENSAYO SPT, FRANJA COSTERA DE PIMENTEL

Lugar : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 20 de Diciembre del 2021

ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico
 : SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo
 : SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. 1a. ed.
NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 399.128 : 1999
 : N.T.P. 399.131
 : N.T.P. 399.127: 1998

Calicata: 02

Muestra: 01

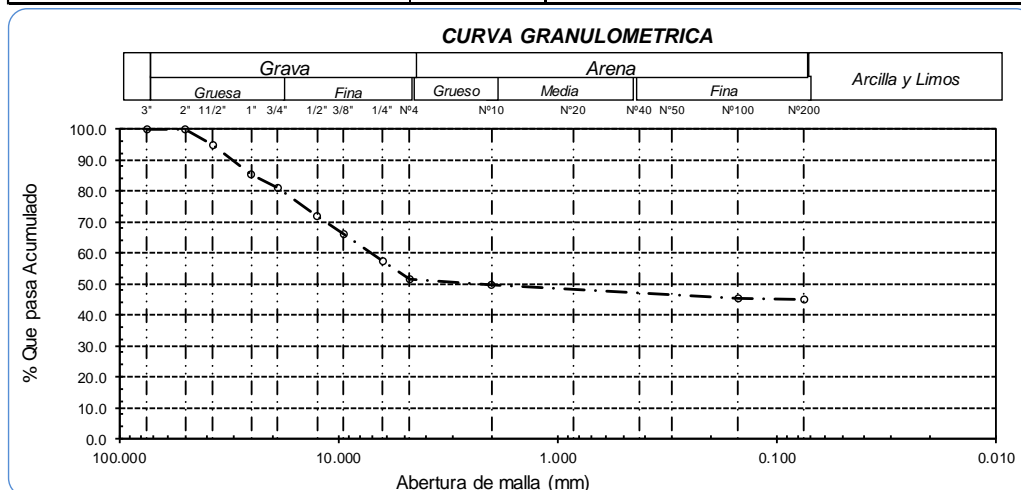
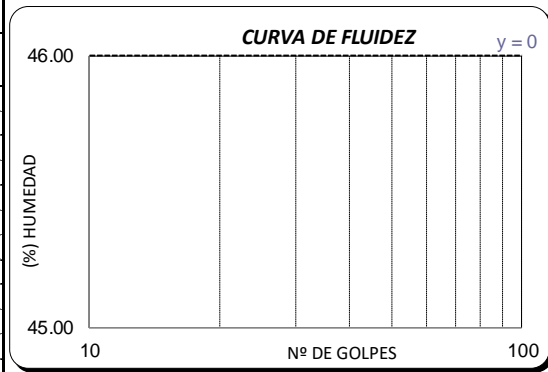
Profundidad:

Análisis Granulométrico por tamizado			
N° Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulados	
		Retenido	Que pasa
3"	75.000	0.0	100.0
2"	50.000	0.0	100.0
1 1/2"	37.500	5.3	94.7
1"	25.000	14.6	85.4
3/4"	19.000	18.9	81.1
1/2"	12.500	27.9	72.1
3/8"	9.500	33.9	66.1
1/4"	6.300	42.7	57.3
Nº 4	4.750	48.4	51.6
Nº 10	2.000	50.2	49.8
Nº 20	0.850	52.2	47.8
Nº 50	0.300	53.6	46.4
Nº 100	0.150	54.7	45.3
Nº 200	0.075	54.9	45.1

Distribución granulométrica			
% Grava	G.G. %	18.9	48.4
	G. F %	29.5	
% Arena	A.G %	1.8	6.5
	A.M %	3.0	
	A.F %	1.7	
% Arcilla y Limo		45.1	45.1
Total			100.0

Contenido de Humedad	
	7.0

Ensayo de Límite de Atterberg	
Límite líquido (LL)	0.00 (%)
Límite Plástico (LP)	0.00 (%)
Índice Plástico (IP)	0.00 (%)
Clasificación (S.U.C.S.)	GM
Descripción del suelo	Grava limosa
Clasificación (AASHTO)	A-4 (2)
Descripción	REGULAR-MALO



INFORME DE ENSAYO N°3370

Expediente : 1492 - 2021 L.E.M. FERMATIS.A.C
 Solicitante : MELCHOR PORRAS ALEX DARWIN
 Proyecto : **DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD DE ONDAS DE CORTE EN LOS SUELOS A PARTIR DEL ENSAYO SPT, FRANJA COSTERA DE PIMENTEL**

Lugar : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.
 Fecha de emisión : Chiclayo, 20 de Diciembre del 2021

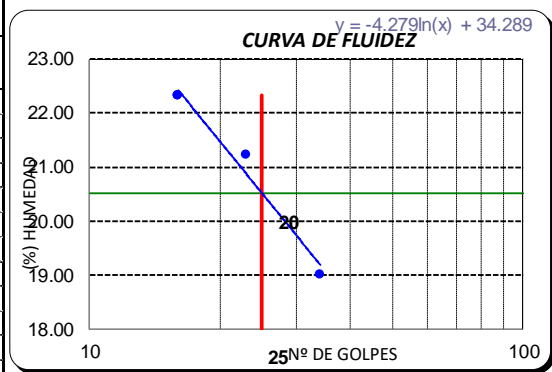
ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico
 : SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo
 : SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. 1a. ed.
 NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 399.128 : 1999
 : N.T.P. 399.131
 : N.T.P. 339.127: 1998

Calicata: 02

Muestra: M-02

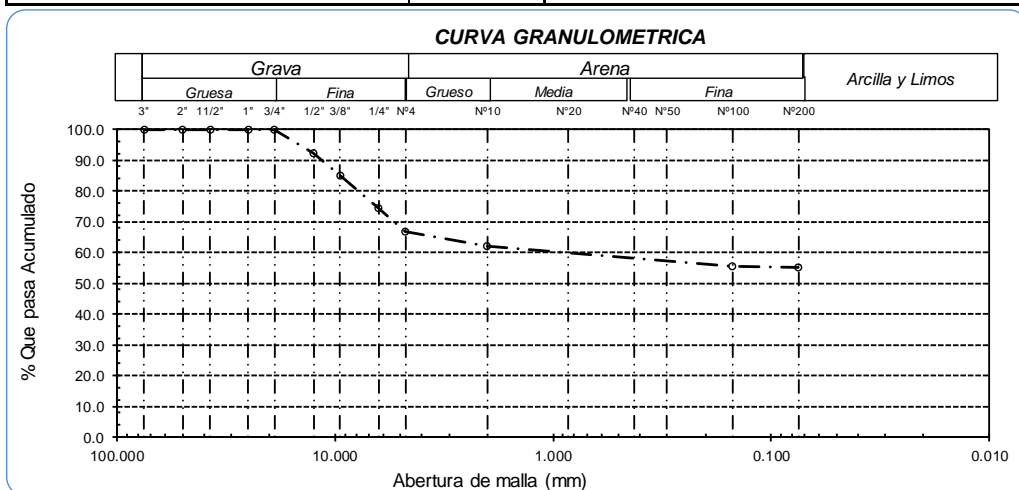
Profundidad:

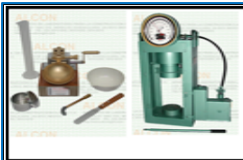
Analisis Granulométrico por tamizado			
N° Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulados	
		Retenido	Que pasa
3"	75.000	0.0	100.0
2"	50.000	0.0	100.0
1 1/2"	37.500	0.0	100.0
1"	25.000	0.0	100.0
3/4"	19.000	0.1	99.9
1/2"	12.500	7.6	92.4
3/8"	9.500	14.9	85.1
1/4"	6.300	25.4	74.6
Nº 4	4.750	33.1	66.9
Nº 10	2.000	38.0	62.0
Nº 20	0.850	41.4	58.6
Nº 50	0.300	43.2	56.8
Nº 100	0.150	44.6	55.4
Nº 200	0.075	44.8	55.2



Distribución granulométrico			
% Grava	G.G. %	0.1	33.1
	G.F %	33.0	
% Arena	A.G %	4.9	11.7
	A.M %	4.6	
	A.F %	2.2	
% Arcilla y Limo		55.2	55.2
Total			100.0

Ensayo de Límite de Atterberg	
Límite líquido (LL)	20.51 (%)
Límite Plástico (LP)	17.65 (%)
Índice Plástico (IP)	2.87 (%)
Clasificación (S.U.C.S.)	ML
Descripción del suelo	
Limo grueso de baja plasticidad con arena	
Clasificación (AASHTO)	A-4 (5)
Descripción	
REGULAR-MALO	





**SERVICIOS DE EXPLORACIÓN GEOTECNICA, ASFALTO
Y ENSAYO DE MATERIALES**

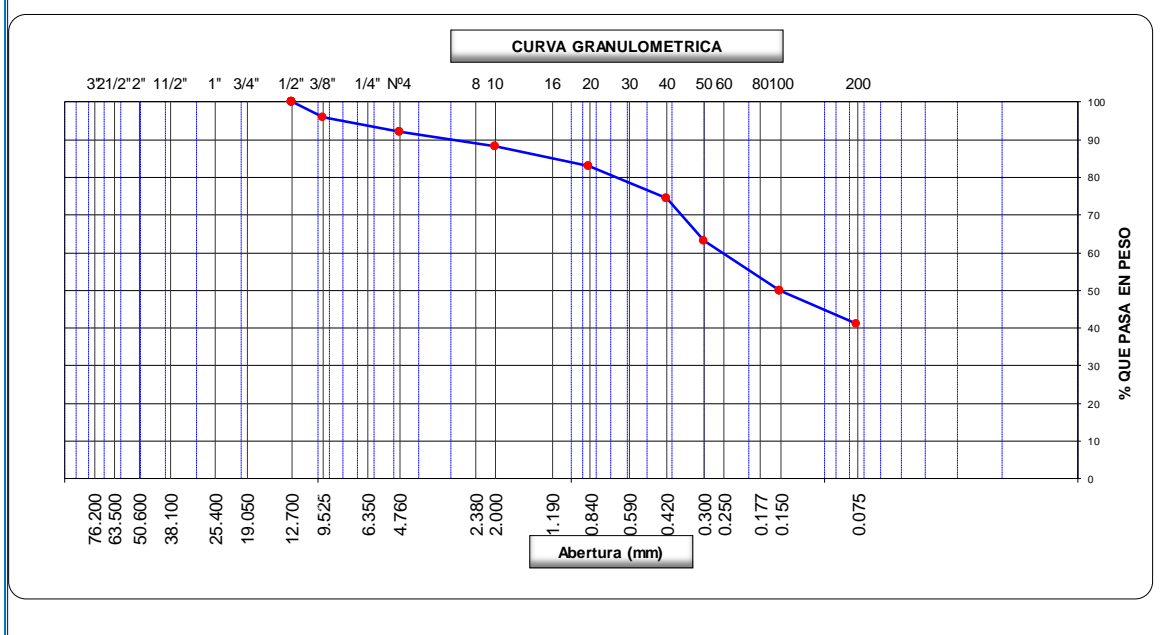
Ca. BRITALDO GONZALES N° 183 – PUEBLO NUEVO - FERREÑAFE
RESOLUCION N° 001083-2009/DSD-INDECOPI
Email: leonidasymas@hotmail.com RPM #947009877 TELEF. 074-456484
CODIGO OSCE N° S0090112
LABORATORIO SEGENMA

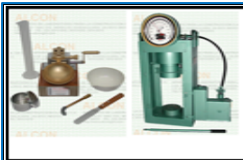
ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

(ASTM D-422, C-117 / AASHTO T-27, T-88)

TESISTA : MELCHOR PORRAS ALEX DARWIN
 PROYECTO TESIS : "DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD DE ONDAS DE CORTE EN LOS SUELOS A PARTIR DEL ENSAYO SPT, FRANJA COSTERA PIMENTEL".
 UBICACIÓN : DISTRITO. PIMENTEL, PROVINCIA. CHICLAYO, DEPARTAMENTO. LAMBAYEQUE
 PERFORACIÓN : SPT3-M1
 PROFUNDIDAD : 0.00 m. a 1.50 m.
 FECHA : DICIEMBRE DEL 2021

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	Retenido Parcial	Retenido Acumulado	Porcentaje que Pasa	Material sin Especificacion	Descripcion
5"	127.000						1. Peso de Material
4"	101.600						Peso Inicial Total (kg)
3"	73.000						Peso Fraccion Fina Para Lavar (gr) <u>217.50</u>
2 1/2"	60.300						2. Características
2"	50.800						Tamaño Maximo <u>3/8"</u>
1 1/2"	37.500						Tamaño Maximo Nominal <u>3/8"</u>
1"	25.400						Grava (%) <u>8.0</u>
3/4"	19.000						Arena (%) <u>50.9</u>
1/2"	12.700				100.0		Finos (%) <u>41.1</u>
3/8"	9.520	8.8	4.0	4.0	96.0		Modulo de Fineza (%)
1/4"	6.350						3. Clasificación
N° 4	4.750	8.64	3.97	8.0	92.0		Limite Liquido (%) <u>32.5</u>
N° 8	2.360						Limite Plastico (%) <u>22.2</u>
N° 10	2.000	9.13	3.9	11.9	88.1		Indice de Plasticidad (%) <u>10.3</u>
N° 16	1.190						Clasificación SUCS <u>SC</u>
N° 20	0.850	12.45	5.3	17.1	82.9		Clasificación AASHTO <u>A-6 (0)</u>
N° 30	0.600						
N° 40	0.420	20.13	8.5	25.6	74.4		
N° 50	0.300	26.43	11.2	36.8	63.2		
N° 60	0.250						
N° 80	0.180						
N° 100	0.150	31.15	13.2	50.0	50.0		
N° 200	0.075	21.12	8.9	58.9	41.1		
Pasante		97.1	41.1	100.0			





SERVICIOS DE EXPLORACIÓN GEOTECNICA, ASFALTO Y ENSAYO DE MATERIALES

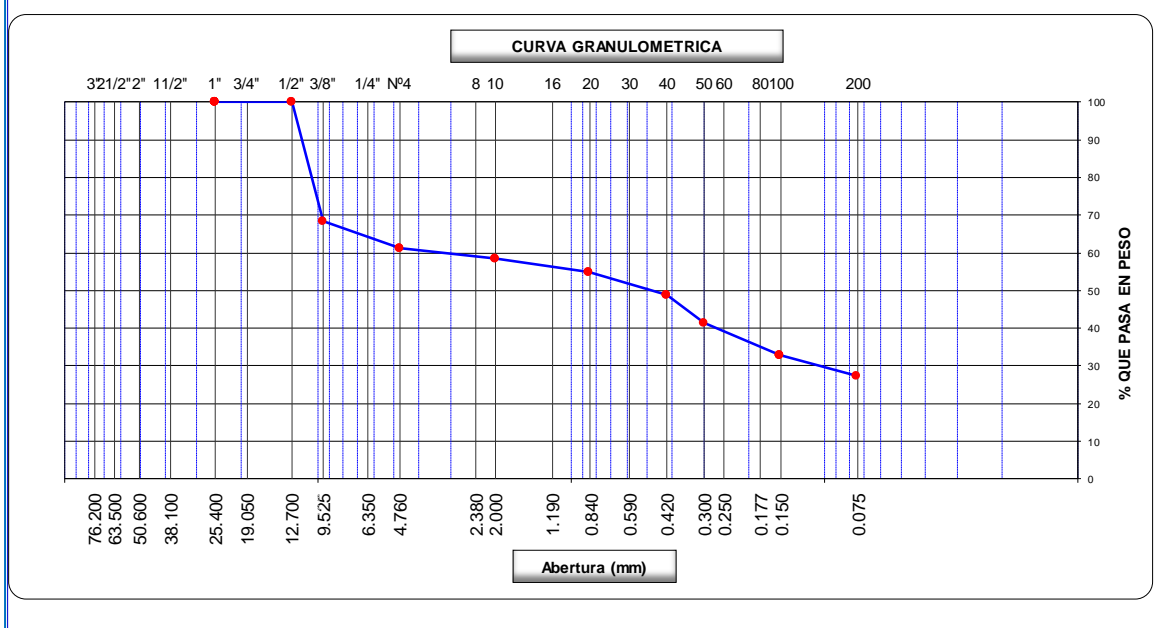
Ca. BRITALDO GONZALES N° 183 – PUEBLO NUEVO - FERREÑAFE
 RESOLUCION N° 001083-2009/DSD-INDECOPI
 Email: leonidasymas@hotmail.com RPM #947009877 TELEF. 074-456484
 CODIGO OSCE N° S0090112
 LABORATORIO SEGENMA

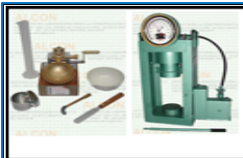
ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

(ASTM D-422, C-117 / AASHTO T-27, T-88)

TESISTA : MELCHOR PORRAS ALEX DARWIN
 PROYECTO TESIS : "DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD DE ONDAS DE CORTE EN LOS SUELOS A PARTIR DEL ENSAYO SPT, FRANJA COSTERA PIMENTEL".
 UBICACIÓN : DISTRITO. PIMENTEL, PROVINCIA. CHICLAYO, DEPARTAMENTO. LAMBAYEQUE
 PERFORACIÓN : SPT3-M2
 PROFUNDIDAD : 1.50 m. a 1.80 m.
 FECHA : DICIEMBRE DEL 2021

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	Retenido Parcial	Retenido Acumulado	Porcentaje que Pasa	Material sin Especificacion	Descripcion
5"	127.000						1. Peso de Material
4"	101.600						Peso Inicial Total (kg)
3"	73.000						Peso Fraccion Fina Para Lavar (gr) <u>260.60</u>
2 1/2"	60.300						
2"	50.800						2. Características
1 1/2"	37.500						Tamaño Maximo <u>1"</u>
1"	25.400				100.0		Tamaño Maximo Nominal <u>3/4"</u>
3/4"	19.000	46.85	18.0	18.0			Grava (%) <u>38.7</u>
1/2"	12.700				100.0		Arena (%) <u>33.8</u>
3/8"	9.520	35.26	13.6	31.6	68.5		Finos (%) <u>27.5</u>
1/4"	6.350						Modulo de Fineza (%)
N° 4	4.750	18.52	7.11	38.7	61.3		3. Clasificación
N° 8	2.360						Limite Liquido (%) <u>30.8</u>
N° 10	2.000	11.54	2.7	41.4	58.6		Limite Plastico (%) <u>20.8</u>
N° 16	1.190						Indice de Plasticidad (%) <u>10.0</u>
N° 20	0.850	15.57	3.7	45.0	55.0		Clasificación SUCS <u>GC</u>
N° 30	0.600						Clasificación AASHTO <u>A-2-4 (0)</u>
N° 40	0.420	26.43	6.2	51.3	48.7		
N° 50	0.300	31.12	7.3	58.6	41.4		
N° 60	0.250						
N° 80	0.180						
N° 100	0.150	35.64	8.4	67.0	33.0		
N° 200	0.075	23.47	5.5	72.5	27.5		
Pasante		116.8	27.5	100.0			





**SERVICIOS DE EXPLORACIÓN GEOTECNICA, ASFALTO
Y ENSAYO DE MATERIALES**

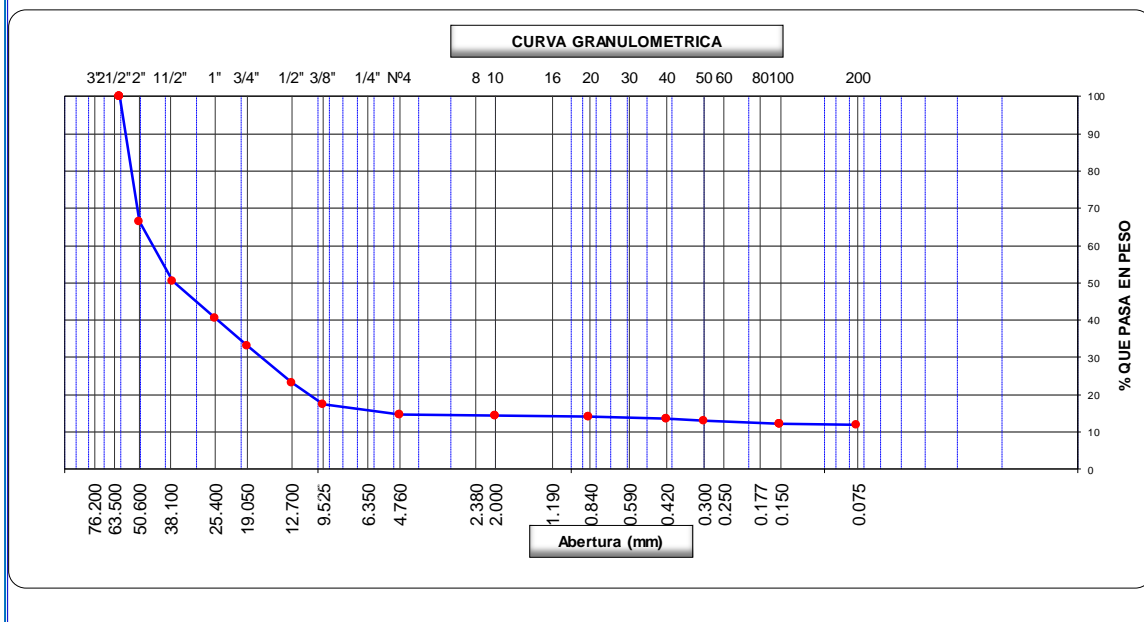
Ca. BRITALDO GONZALES Nº 183 – PUEBLO NUEVO - FERREÑAFE
RESOLUCION Nº 001083-2009/DSD-INDECOPI
Email: leonidasymas@hotmail.com RPM #947009877 TELEF. 074-456484
CODIGO OSCE Nº S0090112
LABORATORIO SEGENMA

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

(ASTM D-422, C-117 / AASHTO T-27, T-88)

TESISTA : MELCHOR PORRAS ALEX DARWIN
 PROYECTO TESIS : "DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD DE ONDAS DE CORTE EN LOS SUELOS A PARTIR DEL ENSAYO SPT, FRANJA COSTERA PIMENTEL".
 UBICACIÓN : DISTRITO. PIMENTEL, PROVINCIA. CHICLAYO, DEPARTAMENTO. LAMBAYEQUE
 PERFORACIÓN : SPT4-M1
 PROFUNDIDAD : 0.00 m. a 1.50 m.
 FECHA : DICIEMBRE DEL 2021

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	Retenido Parcial	Retenido Acumulado	Porcentaje que Pasa	Material sin Especificación	Descripcion
5"	127.000						1. Peso de Material
4"	101.600						Peso Inicial Total (kg)
3"	73.000						Peso Fraccion Fina Para Lavar (gr) 760.50
2 1/2"	60.300				100.0		
2"	50.800	254.5	33.5	33.5	66.5		2. Caracteristicas
1 1/2"	37.500	121.3	16.0	49.4	50.6		Tamaño Maximo 2 1/2"
1"	25.400	76.13	10.0	59.4	40.6		Tamaño Maximo Nominal 2"
3/4"	19.000	56.40	7.4	66.8	33.2		Grava (%) 85.3
1/2"	12.700	75.50	9.9	76.8	23.2		Arena (%) 2.8
3/8"	9.520	43.61	5.7	82.5	17.5		Finos (%) 11.9
1/4"	6.350						Modulo de Fineza (%)
Nº 4	4.750	21.13	2.78	85.3	14.7		
Nº 8	2.360						3. Clasificacion
Nº 10	2.000	12.24	0.2	85.5	14.5		Limite Liquido (%) 28.9
Nº 16	1.190						Limite Plastico (%) 20.4
Nº 20	0.850	15.22	0.3	85.8	14.2		Indice de Plasticidad (%) 8.5
Nº 30	0.600						Clasificacion SUCS GP-GC
Nº 40	0.420	25.35	0.5	86.3	13.7		Clasificacion AASHTO A-2-4 (0)
Nº 50	0.300	35.34	0.7	87.0	13.0		
Nº 60	0.250						
Nº 80	0.180						
Nº 100	0.150	35.64	0.7	87.7	12.3		
Nº 200	0.075	22.05	0.4	88.1	11.9		
Pasante		614.7	11.9	100.0			



INFORME DE ENSAYO N°3370

Expediente : 1492 - 2021 L.E.M. FERMATIS.A.C
 Solicitante : MELCHOR PORRAS ALEX DARWIN
 Proyecto : DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD DE ONDAS DE CORTE EN LOS SUELOS A PARTIR DEL ENSAYO SPT, FRANJA COSTERA DE PIMENTEL

Lugar : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.
 Fecha de emisión : Chiclayo, 20 de Diciembre del 2021

ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico
 : SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo
 : SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. 1a. ed.
 NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 399.128 : 1999
 : N.T.P. 399.131
 : N.T.P. 339.127: 1998

Calicata: 03

Muestra: 01

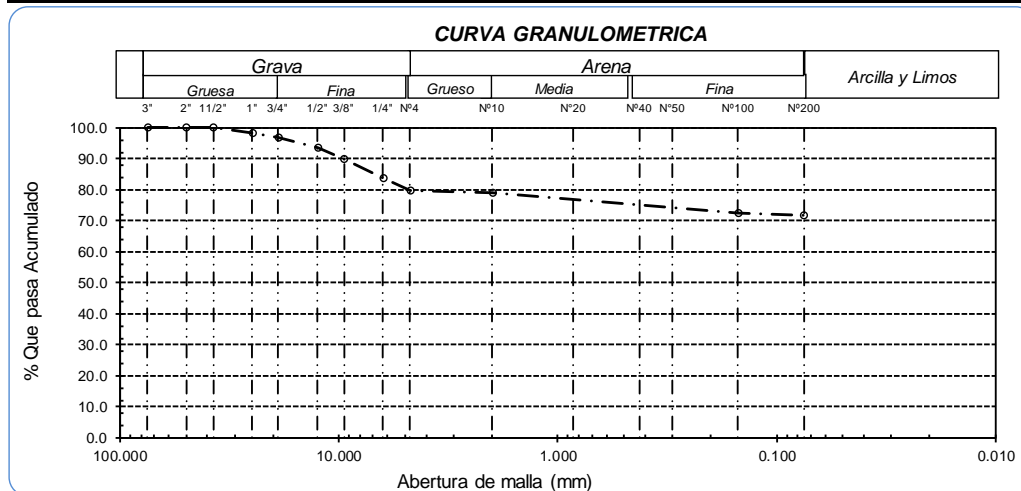
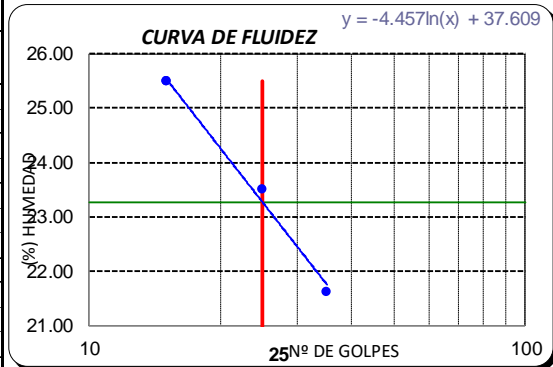
Profundidad:

Analisis Granulométrico por tamizado			
N° Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulados	
		Retenido	Que pasa
3"	75.000	0.0	100.0
2"	50.000	0.0	100.0
1 1/2"	37.500	0.0	100.0
1"	25.000	1.7	98.3
3/4"	19.000	3.3	96.7
1/2"	12.500	6.7	93.3
3/8"	9.500	10.3	89.7
1/4"	6.300	16.4	83.6
Nº 4	4.750	20.4	79.6
Nº 10	2.000	20.9	79.1
Nº 20	0.850	21.6	78.4
Nº 50	0.300	24.6	75.4
Nº 100	0.150	27.6	72.4
Nº 200	0.075	28.2	71.8

Distribución granulométrica			
% Grava	G.G. %	3.3	20.4
	G. F. %	17.1	
% Arena	A.G. %	0.5	7.8
	A.M. %	2.0	
	A.F. %	5.3	
% Arcilla y Limo		71.8	71.8
Total			100.0

Ensayo de Límite de Atterberg	
Límite líquido (LL)	23.26 (%)
Límite Plástico (LP)	15.94 (%)
Índice Plástico (IP)	7.33 (%)
Clasificación (S.U.C.S.)	CL
Descripción del suelo	
Arcilla de baja plasticidad con grava	
Clasificación (AASHTO)	A-4 (8)
Descripción	
REGULAR-MALO	

Contenido de Humedad	
	6.6



INFORME DE ENSAYO N°3370

Expediente : 1492 - 2021 L.E.M. FERMATI S.A.C
 Solicitante : MELCHOR PORRAS ALEX DARWIN
 Proyecto : DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD DE ONDAS DE CORTE EN LOS SUELOS A PARTIR DEL ENSAYO SPT, FRANJA COSTERA DE PIMENTEL

Lugar : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.
 Fecha de emisión : Chiclayo, 20 de Diciembre del 2021

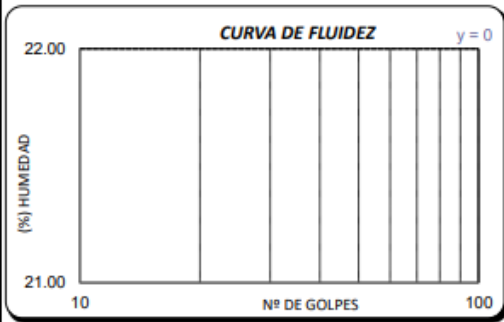
ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico
 : SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo
 : SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. 1a. ed.
 NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 399.128 : 1999
 : N.T.P. 399.131
 : N.T.P. 339.127: 1998

Calicata: 03

Muestra: 02

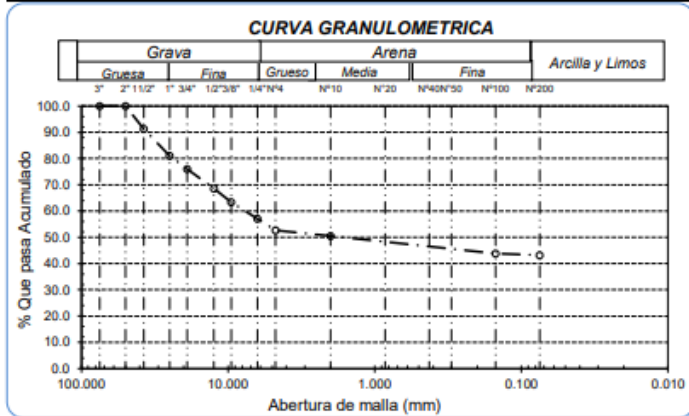
Profundidad:

Análisis Granulométrico por tamizado			
N° Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulados	
		Retenido	Que pasa
3"	75.000	0.0	100.0
2"	50.000	0.0	100.0
1 1/2"	37.500	8.7	91.3
1"	25.000	18.9	81.1
3/4"	19.000	24.0	76.0
1/2"	12.500	31.4	68.6
3/8"	9.500	36.6	63.4
1/4"	6.300	42.9	57.1
N° 4	4.750	47.4	52.6
N° 10	2.000	49.5	50.5
N° 20	0.850	52.1	47.9
N° 50	0.300	54.7	45.3
N° 100	0.150	56.2	43.8
N° 200	0.075	56.8	43.2



Distribución granulométrica			
% Grava	G.G. %	24.0	
	G.F. %	23.4	47.4
% Arena	A.G. %	2.1	
	A.M. %	4.7	
	A.F. %	2.6	9.4
	Total	43.2	43.2
% Arcilla y Limo		43.2	100.0

Ensayo de Límite de Atterberg	
Límite líquido (LL)	0.00 (%)
Límite Plástico (LP)	0.00 (%)
Índice Plástico (IP)	0.00 (%)
Clasificación (S.U.C.S.)	GM
Descripción del suelo Grava limosa	
Clasificación (AASHTO)	A-4 (2)
Descripción REGULAR-MALO	





**SERVICIOS DE EXPLORACIÓN GEOTECNICA, ASFALTO
Y ENSAYO DE MATERIALES**
Ca. BRITALDO GONZALES N° 183 - PUEBLO NUEVO - FERREÑAFE
RESOLUCION N° 001083-2009/DSD-INDECOPI
Email: leonidasmvas@hotmail.com RPM #947009877 TELEF. 074-456484
CODIGO OSCE N° S0090112
LABORATORIO SEGENMA

LIMITES DE CONSISTENCIA

(MTC E-110,111 / ASTM D-4318 / AASHTO T-90, T-89)

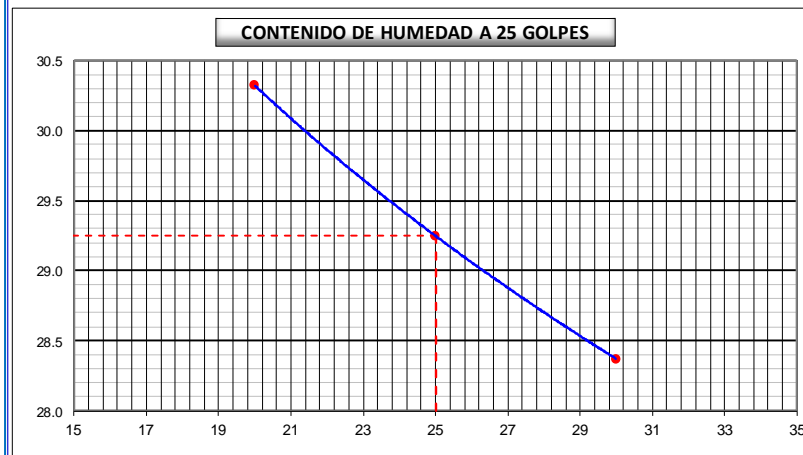
TESISTA : MELCHOR PORRAS ALEX DARWIN
 PROYECTO TESIS : "DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD DE ONDAS DE CORTE EN LOS SUELOS A PARTIR DEL ENSAYO SPT, FRANJA COSTERA PIMENTEL".
 UBICACIÓN : DISTRITO. PIMENTEL, PROVINCIA. CHICLAYO, DEPARTAMENTO. LAMBAYEQUE
 PERFORACIÓN : SPT1-M1
 PROFUNDIDAD : 0.00 m. a 1.50 m.
 FECHA : DICIEMBRE DEL 2021

DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO

N° de Tarro		1	2	3	
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	54.29	55.55	51.42	
Peso de Tarro + Suelo Seco	gr.	47.30	48.48	45.42	
Peso de Tarro	gr.	24.25	24.32	24.26	
Peso de Agua	gr.	6.99	7.07	6.00	
Peso del Suelo Seco	gr.	23.05	24.16	21.16	Limite Liquido
Contenido de Humedad	%	30.32	29.25	28.37	29.2
Numero de Golpes		20	25	30	

DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD

N° de Tarro		4	5		
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	51.95	53.16		
Peso de Tarro + Suelo seco	gr.	46.79	48.23		
Peso de Tarro	gr.	21.26	23.65		
Peso de Agua	gr.	5.16	4.93		
Peso de Suelo seco	gr.	25.53	24.58		Limite Plastico
Contenido de Humedad	%	20.21	20.06		20.1



Constantes Fisicas de la Muestra	
Limite Liquido	29.2
Limite Plastico	20.1
Indice de Plasticidad	9.1
Observaciones	
Pasante Tamiz N° 40	



**SERVICIOS DE EXPLORACIÓN GEOTECNICA, ASFALTO
Y ENSAYO DE MATERIALES**

Ca. BRITALDO GONZALES N° 183 – PUEBLO NUEVO - FERREÑAFE
RESOLUCION N° 001083-2009/DSD-INDECOPI
Email: leonidasymas@hotmail.com RPM #947009877 TELEF. 074-456484
CODIGO OSCE N° S0090112
LABORATORIO SEGENMA

LIMITES DE CONSISTENCIA

(MTC E-110,111 / ASTM D-4318 / AASHTO T-90, T-89)

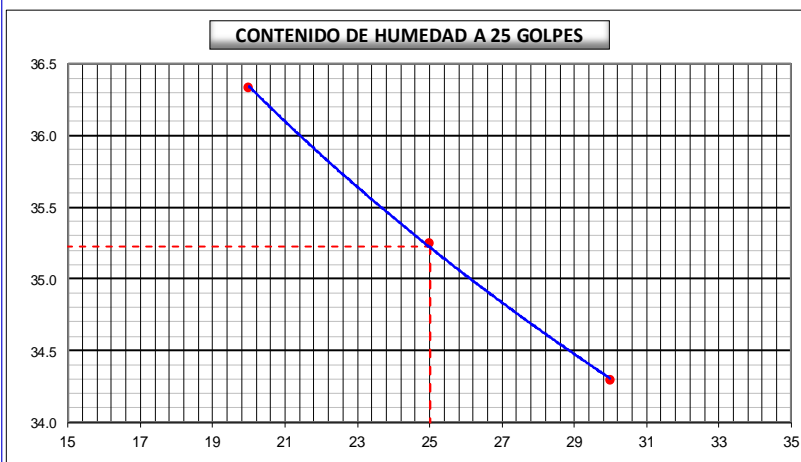
TESISTAS : MELCHOR PORRAS ALEX DARWIN
 PROYECTO TESIS : "DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD DE ONDAS DE CORTE EN LOS SUELOS A PARTIR DEL ENSAYO SPT, FRANJA COSTERA PIMENTEL".
 UBICACIÓN : DISTRITO. PIMENTEL, PROVINCIA. CHICLAYO, DEPARTAMENTO. LAMBAYEQUE
 PERFORACIÓN : SPT1-M2
 PROFUNDIDAD : 1.50 m. a 2.45 m.
 FECHA : DICIEMBRE 2021

DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO

N° de Tarro		6	7	8	
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	53.64	51.69	55.56	
Peso de Tarro + Suelo Seco	gr.	45.81	44.55	47.55	
Peso de Tarro	gr.	24.25	24.29	24.19	
Peso de Agua	gr.	7.83	7.14	8.01	
Peso del Suelo Seco	gr.	21.56	20.26	23.36	Limite Liquido
Contenido de Humedad	%	36.33	35.25	34.29	35.2
Numero de Golpes		20	25	30	

DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD

N° de Tarro		9	10		
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	47.36	44.98		
Peso de Tarro + Suelo seco	gr.	43.03	40.91		
Peso de Tarro	gr.	24.38	23.28		
Peso de Agua	gr.	4.33	4.07		
Peso de Suelo seco	gr.	18.65	17.63		Limite Plastico
Contenido de Humedad	%	23.22	23.11		23.2



Constantes Fisicas de la Muestra	
Limite Liquido	35.2
Limite Plastico	23.2
Indice de Plasticidad	12.0
Observaciones	
Pasante Tamiz N° 40	



**SERVICIOS DE EXPLORACIÓN GEOTECNICA, ASFALTO
Y ENSAYO DE MATERIALES**

Ca. BRITALDO GONZALES N° 183 – PUEBLO NUEVO - FERREÑAFE
RESOLUCION N° 001083-2009/DSD-INDECOPI
Email: leonidasmvas@hotmail.com RPM #947009877 TELEF. 074-456484
CODIGO OSCE N° S0090112
LABORATORIO SEGENMA

LIMITES DE CONSISTENCIA

(MTC E-110,111 / ASTM D-4318 / AASHTO T-90, T-89)

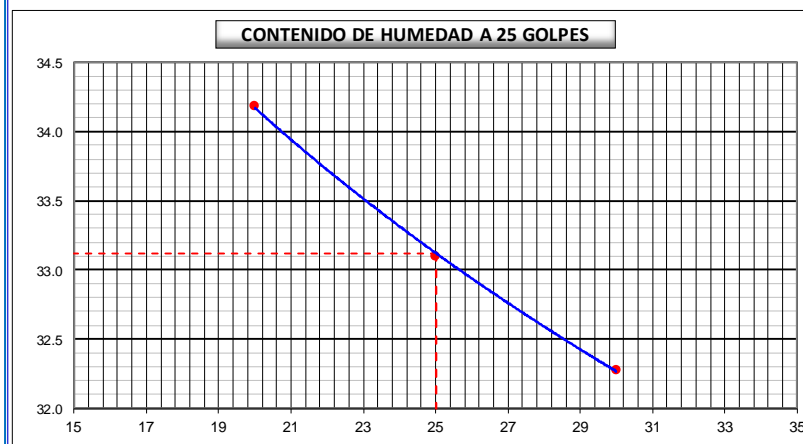
TESISTA : MELCHOR PORRAS ALEX DARWIN
 PROYECTO TESIS : "DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD DE ONDAS DE CORTE EN LOS SUELOS A PARTIR DEL ENSAYO SPT, FRANJA COSTERA PIMENTEL".
 UBICACIÓN : DISTRITO. PIMENTEL, PROVINCIA. CHICLAYO, DEPARTAMENTO. LAMBAYEQUE
 PERFORACIÓN : SPT1-M3
 PROFUNDIDAD : 2.45 m. a 2.75 m.
 FECHA : DICIEMBRE DEL 2021

DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO

N° de Tarro		11	12	13	
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	50.92	50.19	51.70	
Peso de Tarro + Suelo Seco	gr.	43.97	44.06	45.03	
Peso de Tarro	gr.	23.65	25.54	24.36	
Peso de Agua	gr.	6.95	6.13	6.67	
Peso del Suelo Seco	gr.	20.32	18.52	20.67	Limite Liquido
Contenido de Humedad	%	34.18	33.10	32.28	33.1
Numero de Golpes		20	25	30	

DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD

N° de Tarro		14	15		
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	47.27	46.53		
Peso de Tarro + Suelo seco	gr.	43.23	42.43		
Peso de Tarro	gr.	24.58	23.66		
Peso de Agua	gr.	4.04	4.10		
Peso de Suelo seco	gr.	18.65	18.77		Limite Plastico
Contenido de Humedad	%	21.65	21.85		21.8



Constantes Fisicas de la Muestra	
Limite Liquido	33.1
Limite Plastico	21.8
Indice de Plasticidad	11.3
Observaciones	
Pasante Tamiz N° 40	



**SERVICIOS DE EXPLORACIÓN GEOTECNICA, ASFALTO
Y ENSAYO DE MATERIALES**
 Ca. BRITALDO GONZALES Nº 183 – PUEBLO NUEVO - FERREÑAFE
 RESOLUCION Nº 001083-2009/DSD-INDECOPI
 Email: leonidasmvas@hotmail.com RPM #947009877 TELEF. 074-456484
 CODIGO OSCE Nº S0090112
 LABORATORIO SEGENMA

LIMITES DE CONSISTENCIA
 (MTC E-110,111 / ASTM D-4318 / AASHTO T-90, T-89)

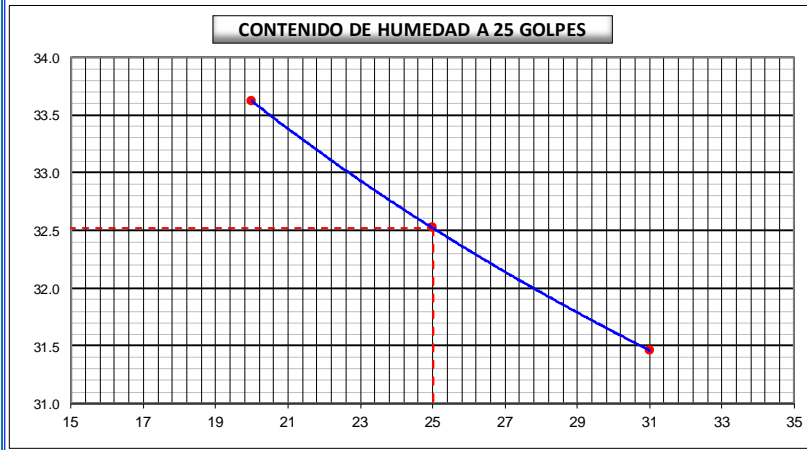
TESISTA : MELCHOR PORRAS ALEX DARWIN
 PROYECTO TESIS : "DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD DE ONDAS DE CORTE EN LOS SUELOS A PARTIR DEL ENSAYO SPT, FRANJA COSTERA PIMENTEL".
 UBICACIÓN : DISTRITO. PIMENTEL, PROVINCIA. CHICLAYO, DEPARTAMENTO. LAMBAYEQUE
 PERFORACIÓN : SPT3-M1
 PROFUNDIDAD : 0.00 m. a 1.50 m.
 FECHA : DICIEMBRE DEL 2021

DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO

Nº de Tarro		16	17	18	
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	50.98	50.50	46.06	
Peso de Tarro + Suelo Seco	gr.	43.90	43.91	40.19	
Peso de Tarro	gr.	22.85	23.65	21.54	
Peso de Agua	gr.	7.08	6.59	5.87	
Peso del Suelo Seco	gr.	21.05	20.26	18.65	Limite Liquido
Contenido de Humedad	%	33.62	32.52	31.46	32.5
Numero de Golpes		20	25	31	

DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD

Nº de Tarro		19	20		
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	50.76	46.21		
Peso de Tarro + Suelo seco	gr.	46.17	41.93		
Peso de Tarro	gr.	25.52	22.59		
Peso de Agua	gr.	4.59	4.28		
Peso de Suelo seco	gr.	20.65	19.34		Limite Plastico
Contenido de Humedad	%	22.21	22.11		22.2



Constantes Fisicas de la Muestra	
Limite Liquido	32.5
Limite Plastico	22.2
Indice de Plasticidad	10.3
Observaciones	
Pasante Tamiz N° 40	



**SERVICIOS DE EXPLORACIÓN GEOTECNICA, ASFALTO
Y ENSAYO DE MATERIALES**
 Ca. BRITALDO GONZALES N° 183 – PUEBLO NUEVO - FERREÑAFE
 RESOLUCION N° 001083-2009/DSD-INDECOPI
 Email: leonidasmvas@hotmail.com RPM #947009877 TELEF. 074-456484
 CODIGO OSCE N° S0090112
 LABORATORIO SEGENMA

LIMITES DE CONSISTENCIA

(MTC E-110,111 / ASTM D-4318 / AASHTO T-90, T-89)

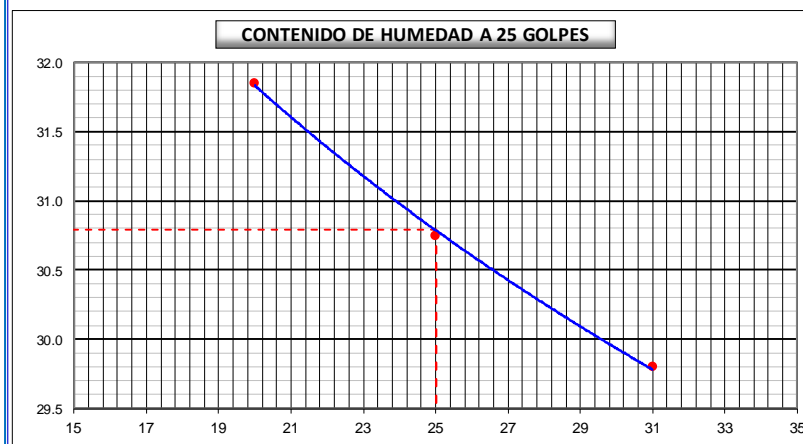
TESISTA : MELCHOR PORRAS ALEX DARWIN
PROYECTO TESIS : "DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD DE ONDAS DE CORTE EN LOS SUELOS A PARTIR DEL ENSAYO SPT, FRANJA COSTERA PIMENTEL".
UBICACIÓN : DISTRITO. PIMENTEL, PROVINCIA. CHICLAYO, DEPARTAMENTO. LAMBAYEQUE
PERFORACIÓN : SPT3-M2
PROFUNDIDAD : 1.50 m. a 1.80 m.
FECHA : DICIEMBRE DEL 2021

DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO

N° de Tarro		21	22	23	
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	49.17	48.68	49.29	
Peso de Tarro + Suelo Seco	gr.	42.89	42.98	43.29	
Peso de Tarro	gr.	23.16	24.44	23.17	
Peso de Agua	gr.	6.28	5.70	6.00	
Peso del Suelo Seco	gr.	19.73	18.54	20.12	Limite Liquido
Contenido de Humedad	%	31.85	30.75	29.80	30.8
Numero de Golpes		20	25	31	

DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD

N° de Tarro		24	25		
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	45.43	47.18		
Peso de Tarro + Suelo seco	gr.	41.59	43.18		
Peso de Tarro	gr.	23.15	23.81		
Peso de Agua	gr.	3.84	4.00		
Peso de Suelo seco	gr.	18.44	19.37		Limite Plastico
Contenido de Humedad	%	20.85	20.65		20.8



Constantes Fisicas de la Muestra	
Limite Liquido	30.8
Limite Plastico	20.8
Indice de Plasticidad	10.0
Observaciones	
Pasante Tamiz N° 40	



**SERVICIOS DE EXPLORACIÓN GEOTECNICA, ASFALTO
Y ENSAYO DE MATERIALES**

Ca. BRITALDO GONZALES N° 183 – PUEBLO NUEVO - FERREÑAFE
RESOLUCION N° 001083-2009/DSD-INDECOPI
Email: leonidasmvas@hotmail.com RPM #947009877 TELEF. 074-456484
CODIGO OSCE N° S0090112
LABORATORIO SEGENMA

LIMITES DE CONSISTENCIA

(MTC E-110,111 / ASTM D-4318 / AASHTO T-90, T-89)

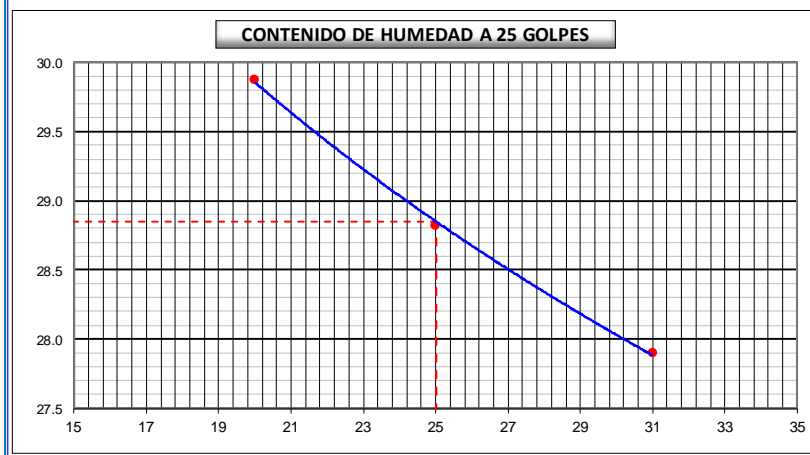
TESISTA : MELCHOR PORRAS ALEX DARWIN
 PROYECTO TESIS : "DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD DE ONDAS DE CORTE EN LOS SUELOS A PARTIR DEL ENSAYO SPT, FRANJA COSTERA PIMENTEL".
 UBICACIÓN : DISTRITO. PIMENTEL, PROVINCIA. CHICLAYO, DEPARTAMENTO. LAMBAYEQUE
 PERFORACIÓN : SPT4-M1
 PROFUNDIDAD : 0.00 m. a 1.50 m.
 FECHA : DICIEMBRE DEL 2021

DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO

N° de Tarro		26	27	28	
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	49.08	53.25	54.74	
Peso de Tarro + Suelo Seco	gr.	42.92	46.59	47.64	
Peso de Tarro	gr.	22.31	23.47	22.19	
Peso de Agua	gr.	6.16	6.66	7.10	
Peso del Suelo Seco	gr.	20.61	23.12	25.45	Limite Liquido
Contenido de Humedad	%	29.87	28.82	27.90	28.9
Numero de Golpes		20	25	31	

DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD

N° de Tarro		29	30		
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	51.51	49.62		
Peso de Tarro + Suelo seco	gr.	46.60	44.86		
Peso de Tarro	gr.	22.47	21.67		
Peso de Agua	gr.	4.91	4.76		
Peso de Suelo seco	gr.	24.13	23.19		Limite Plastico
Contenido de Humedad	%	20.34	20.54		20.4



Constantes Fisicas de la Muestra	
Limite Liquido	28.9
Limite Plastico	20.4
Indice de Plasticidad	8.5
Observaciones	
Pasante Tamiz N° 40	

INFORME DE ENSAYO N°3370

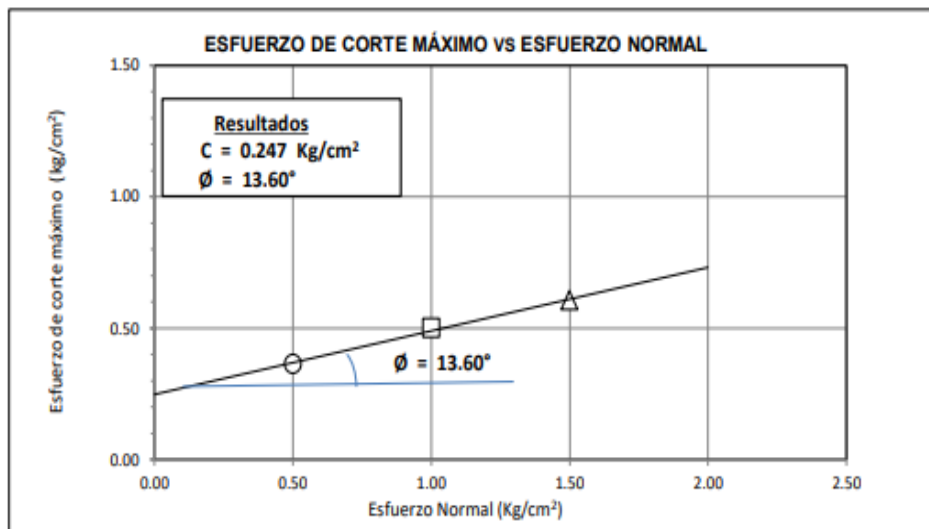
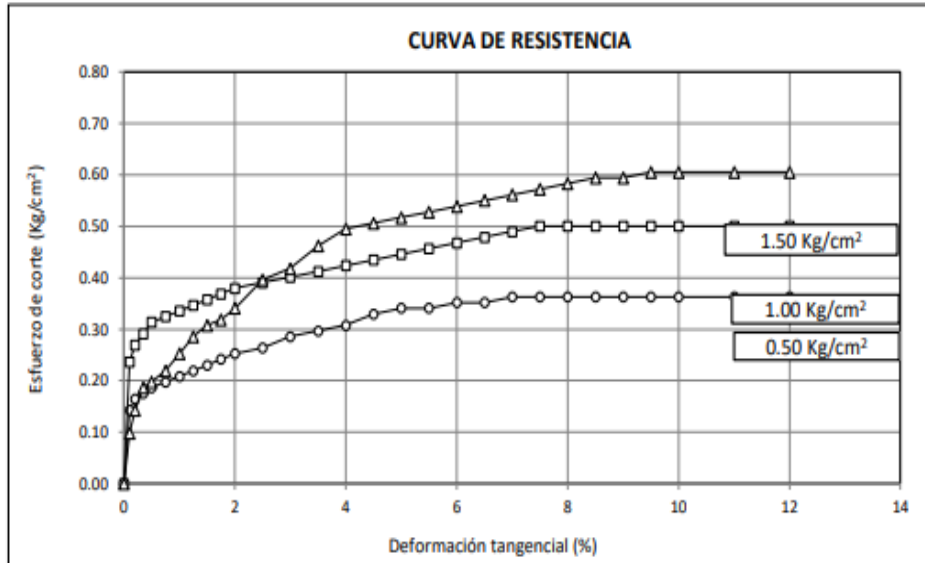
Expediente N° : 1492 - 2021 L.E.M. FERMATI S.A.C
Solicitante : MELCHOR PORRAS ALEX DARWIN
Proyecto : DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD DE ONDAS DE CORTE EN LOS SUELOS A PARTIR DEL ENSAYO DE I.
FRANJA COSTERA DE PIMENTELI *
Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 20 de Diciembre del 2021

ENSAYO: SUELOS. Método de ensayo para el ensayo de corte directo de suelos bajo condiciones consolidadas no drenadas
REFERENCIA: N.T.P. 339.171 - 2002 / ASTM D - 3080

Calicata : C - 1
Muestra : M - 2

Profundidad :

SUCS: GC
Estado: Alterado



INFORME DE ENSAYO N°3370

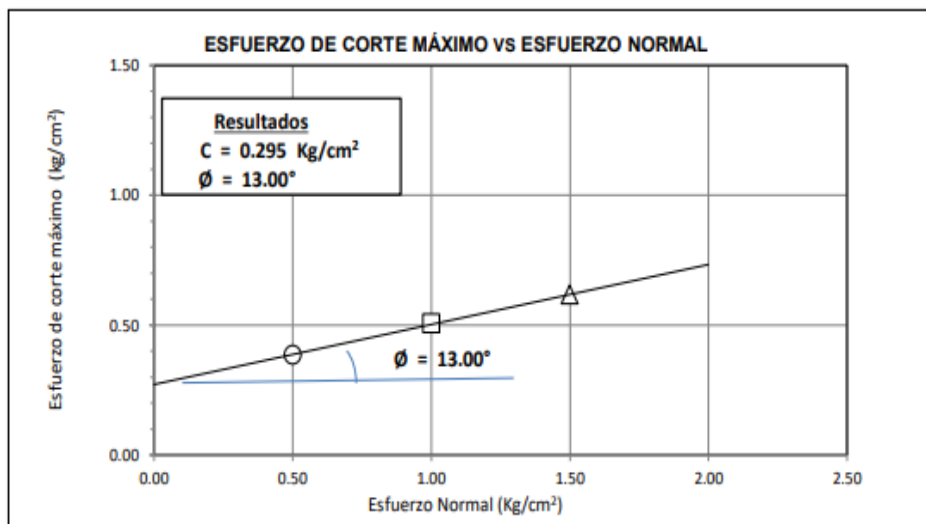
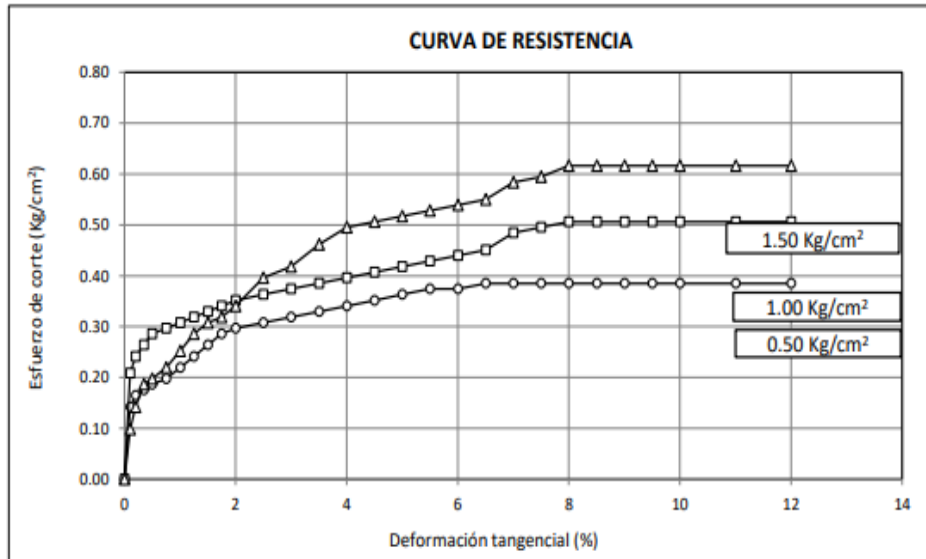
Expediente N° : 1492 - 2021 L.E.M. FERMATI S.A.C
Solicitante : MELCHOR PORRAS ALEX DARWIN
Proyecto : "DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD DE ONDAS DE CORTE EN LOS SUELOS A PARTIR DEL ENSAYO SPT,
FRANJA COSTERA DE PIMENTEL "
Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 20 de Diciembre del 2021

ENSAYO: SUELOS. Método de ensayo para el ensayo de corte directo de suelos bajo condiciones consolidadas no drenadas
REFERENCIA: N.T.P. 339.171 - 2002 / ASTM D - 3080

Calicata : C - 2
Muestra : M - 2

Profundidad :

SUCS: ML
Estado: Alterado



INFORME DE ENSAYO N°3370

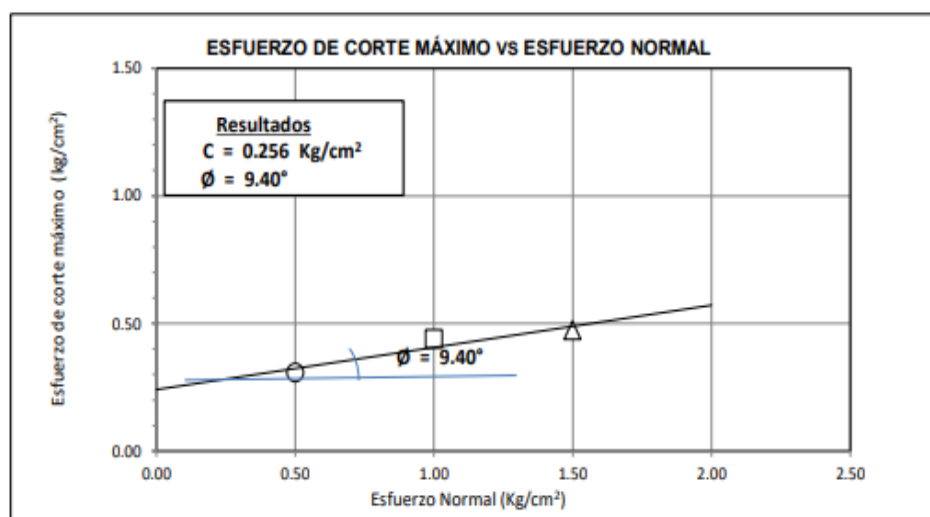
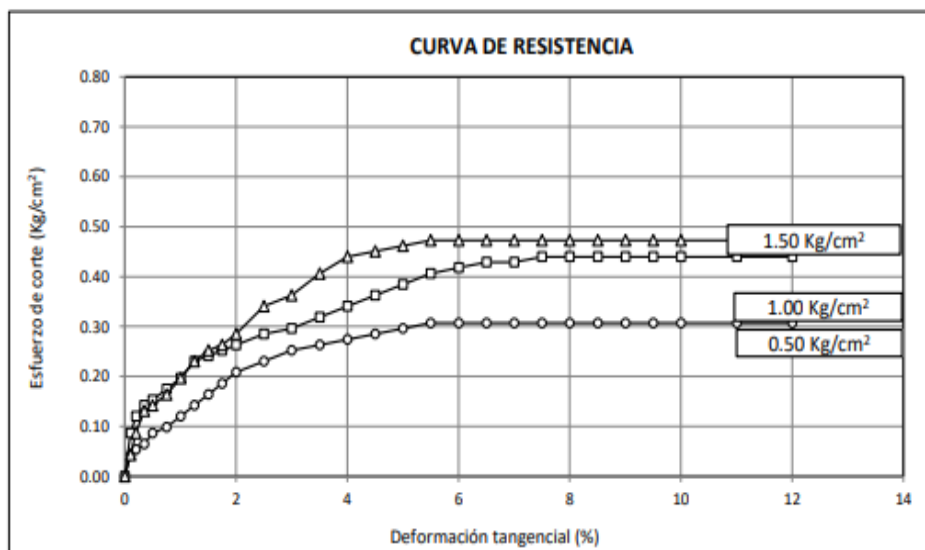
Expediente N° : 1492 - 2021 L.E.M. FERMATI S.A.C
Solicitante : MELCHOR PORRAS ALEX DARWIN
Proyecto : "DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD DE ONDAS DE CORTE EN LOS SUELOS A PARTIR DEL ENSAYO SPT, FRANJA COSTERA DE PIMENTEL "
Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 20 de Diciembre del 2021

ENSAYO: SUELOS. Método de ensayo para el ensayo de corte directo de suelos bajo condiciones consolidadas no drenadas
REFERENCIA: N.T.P. 339.171 - 2002 / ASTM D - 3080

Calicata : C - 3
Muestra : M - 2

Profundidad : 1.40 - 3.00 mts

SUCS: GM
Estado: Alterado



INFORME DE ENSAYO N°3370

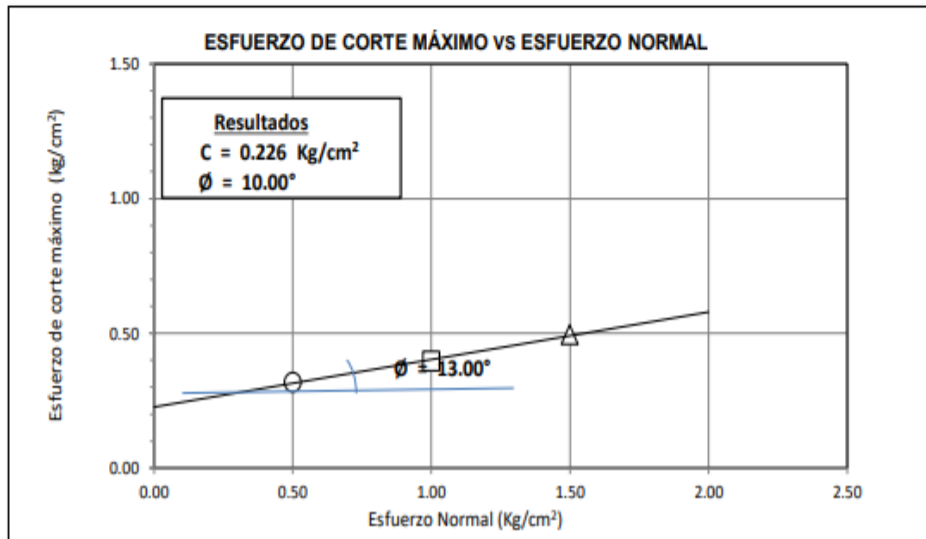
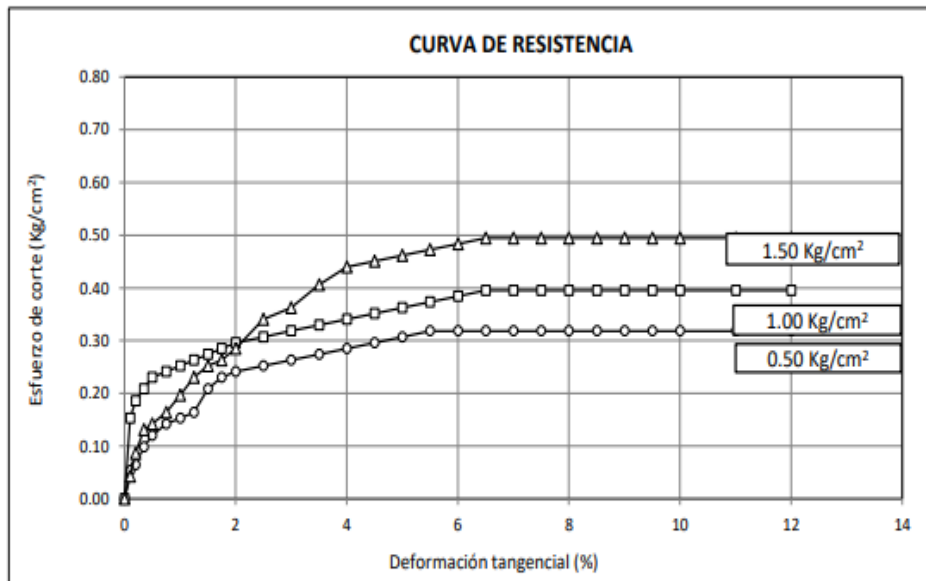
Expediente N° : 1492 - 2021 L.E.M. FERMATI S.A.C
Solicitante : MELCHOR PORRAS ALEX DARWIN
Proyecto : "DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD DE ONDAS DE CORTE EN LOS SUELOS A PARTIR DEL ENSAYO SPT, FRANJA COSTERA DE PIMENTEL "
Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 20 de Diciembre del 2021

ENSAYO: SUELOS. Método de ensayo para el ensayo de corte directo de suelos bajo condiciones consolidadas no drenadas
REFERENCIA: N.T.P. 339.171 - 2002 / ASTM D - 3080

Calicata : C - 4
Muestra : M - 2

Profundidad :

SUCS: ML
Estado: Alterado



INFORME DE ENSAYO N°3370

Expediente N° : 1492 - 2021 L.E.M. FERMATI S.A.C
 Solicitante : MELCHOR PORRAS ALEX DARWIN
 Proyecto : "DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD DE ONDAS DE CORTE EN LOS SUELOS A PARTIR DEL ENSAYO SPT,
 FRANJA COSTERA DE PIMENTEL "

Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.

Fecha de emisión : Chiclayo, 20 de Diciembre del 2021

ENSAYO: SUELOS. Método de ensayo para el ensayo de corte directo de suelos bajo condiciones consolidadas no drenadas
 REFERENCIA: N.T.P. 339.171 - 2002 / ASTM D - 3080

Calicata : C - 5
 Muestra : M - 1

Profundidad :

SUCS: SP-SM

Estado: Alterado

ESPECIMEN N°	DENSIDAD REMOLDEADA g/ cm ³	DENSIDAD SECA g/ cm ³	ESFUERZO NORMAL kg/ cm ²	HUMEDAD NATURAL %	HUMEDAD ENSAYO %	ESFUERZO CORTE MÁX. kg/ cm ²
N° 01	1.881	1.395	0.50	34.81	34.81	0.252
N° 02	1.889	1.392	1.00	35.65	35.65	0.373
N° 03	1.871	1.379	1.50	35.62	35.62	0.484

ESPECIMEN N°01			ESPECIMEN N°02			ESPECIMEN N°03		
DEFORMACIÓN TANGENCIAL (%)	ESFUERZO DE CORTE (Kg/Cm ²)	ESFUERZO NORMALIZ. (Kg/Cm ²)	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (%)	ESFUERZO DE CORTE (Kg/Cm ²)	ESFUERZO NORMALIZ. (Kg/Cm ²)	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (%)	ESFUERZO DE CORTE (Kg/Cm ²)	ESFUERZO NORMALIZ. (Kg/Cm ²)
0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000
0.10	0.054	0.108	0.10	0.153	0.153	0.10	0.043	0.029
0.20	0.065	0.130	0.20	0.186	0.186	0.20	0.087	0.058
0.35	0.098	0.196	0.35	0.208	0.208	0.35	0.131	0.087
0.50	0.120	0.240	0.50	0.230	0.230	0.50	0.142	0.095
0.75	0.142	0.284	0.75	0.241	0.241	0.75	0.164	0.109
1.00	0.153	0.306	1.00	0.252	0.252	1.00	0.197	0.131
1.25	0.164	0.328	1.25	0.263	0.263	1.25	0.230	0.153
1.50	0.175	0.350	1.50	0.274	0.274	1.50	0.252	0.168
1.75	0.197	0.394	1.75	0.285	0.285	1.75	0.263	0.175
2.00	0.208	0.416	2.00	0.296	0.296	2.00	0.285	0.190
2.50	0.230	0.460	2.50	0.307	0.307	2.50	0.340	0.227
3.00	0.252	0.504	3.00	0.318	0.318	3.00	0.362	0.242
3.50	0.252	0.504	3.50	0.329	0.329	3.50	0.406	0.271
4.00	0.252	0.504	4.00	0.340	0.340	4.00	0.439	0.293
4.50	0.252	0.504	4.50	0.351	0.351	4.50	0.450	0.300
5.00	0.252	0.504	5.00	0.362	0.362	5.00	0.461	0.308
5.50	0.252	0.504	5.50	0.373	0.373	5.50	0.473	0.315
6.00	0.252	0.504	6.00	0.373	0.373	6.00	0.484	0.322
6.50	0.252	0.504	6.50	0.373	0.373	6.50	0.484	0.322
7.00	0.252	0.504	7.00	0.373	0.373	7.00	0.484	0.322
7.50	0.252	0.504	7.50	0.373	0.373	7.50	0.484	0.322
8.00	0.252	0.504	8.00	0.373	0.373	8.00	0.484	0.322
8.50	0.252	0.504	8.50	0.373	0.373	8.50	0.484	0.322
9.00	0.252	0.504	9.00	0.373	0.373	9.00	0.484	0.322
9.50	0.252	0.504	9.50	0.373	0.373	9.50	0.484	0.322
10.00	0.252	0.504	10.00	0.373	0.373	10.00	0.484	0.322
11.00	0.252	0.504	11.00	0.373	0.373	11.00	0.484	0.322
12.00	0.252	0.504	12.00	0.373	0.373	12.00	0.484	0.322

INFORME DE ENSAYO N°3370

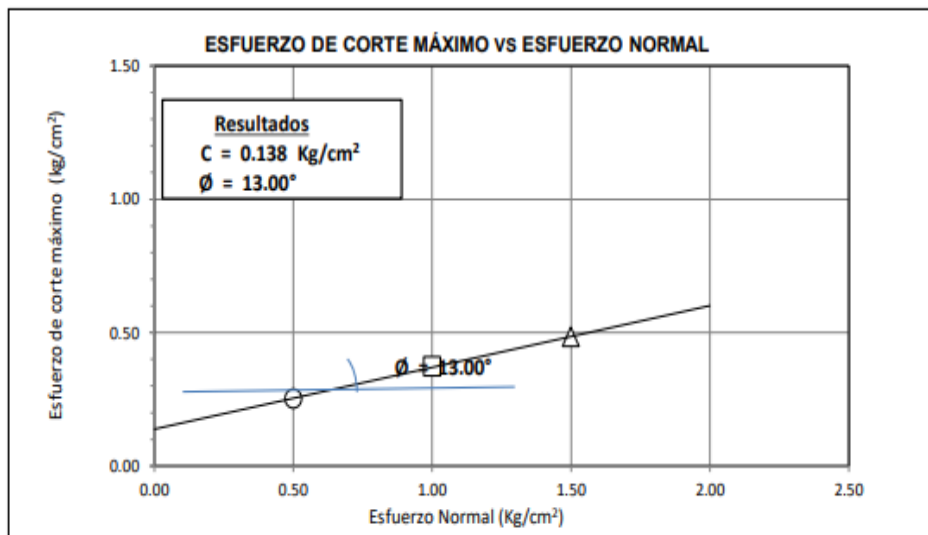
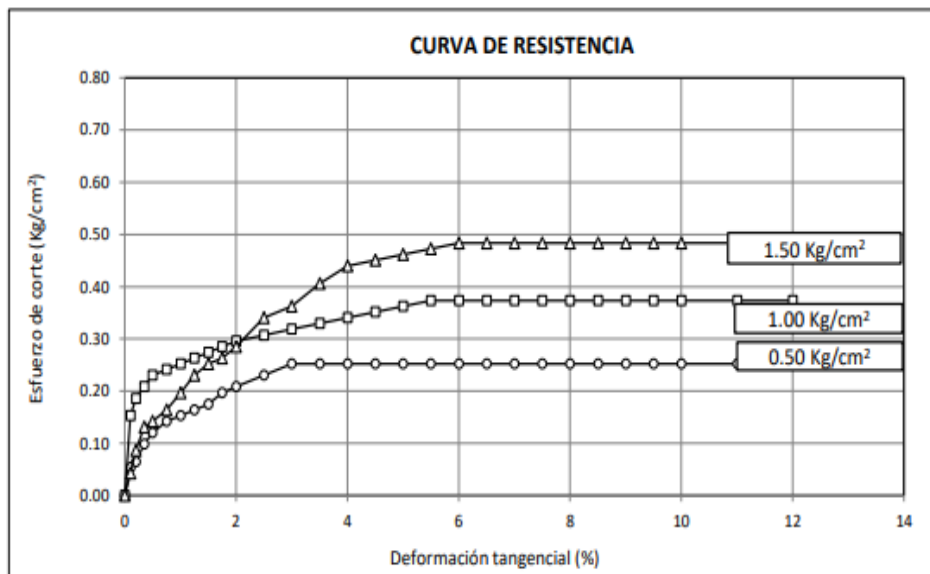
Expediente N° : 1492 - 2021 L.E.M. FERMATI S.A.C
Solicitante : MELCHOR PORRAS ALEX DARWIN
Proyecto : "DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD DE ONDAS DE CORTE EN LOS SUELOS A PARTIR DEL ENSAYO SPT, FRANJA COSTERA DE PIMENTEL "
Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 20 de Diciembre del 2021

ENSAYO: SUELOS. Método de ensayo para el ensayo de corte directo de suelos bajo condiciones consolidadas no drenadas
REFERENCIA: N.T.P. 339.171 - 2002 / ASTM D - 3080

Calicata : C - 5
Muestra : M - 1

Profundidad :

SUCS: SP-SM
Estado: Alterado



INFORME DE ENSAYO N°3370

Expediente N° : 1492 - 2021 L.E.M. FERMATI S.A.C
Solicitante : MELCHOR PORRAS ALEX DARWIN
Proyecto : "DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD DE ONDAS DE CORTE EN LOS SUELOS A PARTIR DEL ENSAYO SPT, FRANJA COSTERA DE PIMENTEL "
Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 20 de Diciembre del 2021

ENSAYO: SUELOS. Método de ensayo para el ensayo de corte directo de suelos bajo condiciones consolidadas no drenadas
REFERENCIA: N.T.P. 339.171 - 2002 / ASTM D - 3080

Calicata : C - 6
Muestra : M - 2

Profundidad :

SUCS: GM
Estado: Alterado

