

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



Una Institución Adventista

Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de suelos aplicando el ensayo de refracción sísmica y el método (MASW) en el pueblo Joven Belén Distrito Yauri Espinar-Cusco

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil

Por:
Rudy Merma Quispe

Asesor:
Ing. Yampara Ticona Rina Luzmeri

Juliaca, agosto de 2021

DECLARACIÓN JURADA DE AUTORÍA DEL INFORME DE TESIS

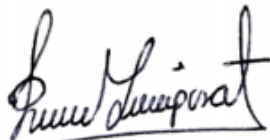
Rina Luzmeri Yampara Ticona, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que el presente informe de investigación titulado: "EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE SUELOS APLICANDO EL ENSAYO DE REFRACCIÓN SÍSMICA Y EL MÉTODO (MASW) EN EL PUEBLO JOVEN BELÉN DISTRITO YAURI ESPINAR-CUSCO" constituye la memoria que presenta el Bachiller **Rudy Merma Quispe** para obtener el título de Profesional de Ingeniero Civil, cuya tesis ha sido realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este informe son de entera responsabilidad del autor, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente declaración en Juliaca, a los 25 días del mes de agosto del año 2021



Ing. Rina Luzmeri Yampara Ticona
Asesora



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En Puno, Juliaca, Villa Chullunquiari, a 03 día(s) del mes de agosto del año 2021, siendo las 16:00 horas, se reunieron en el Salón de Grados y Títulos de la Universidad Peruana Unión, Filial Juliaca, bajo la dirección del Señor Presidente del jurado: Ing. Ruben Fitzgerald Sosa Aguirre, el secretario: Mg. Efrain Velasquez Mamani y los demás miembros: Ing. Herson Duberly Pari Cusi - Ing. Juana Beatriz Aguirre Pari y el asesor Ing. Rina Luzmei Yampara Bicoma

con el propósito de administrar el acto académico de sustentación de la tesis titulada: "Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de suelos aplicando el ensayo de refracción sísmica y el método (MASW) en el pueblo joven Belén Distrito Yauri Espinán - Cusco"

de el(los)/a(la) bachiller(es): a) Rudy Merma Quispe b)

conducente a la obtención del título profesional de Ingeniero Civil (Nombre del Título Profesional)

con mención en

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando al (los)/a(la)(las) candidato(a)s hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por el(los)/a(la)(las) candidato(a)s. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado.

Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Candidato (a): Rudy Merma Quispe

Finalmente, el Presidente del jurado invitó al(los)/a(la)(las) candidato(a)s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.

Presidente

Secretario

Asesor

Miembro

Miembro

Candidato/a (a)

Candidato/a (b)

DEDICATORIA

A Dios, por el cuidado diario en todo este tiempo de mi existencia y la vida universitaria y con la ayuda se ha hecho realidad y posible otro objetivo más cumplido en mi vida.

A mis padres, Vicente Merma Quispe y Gregoria Quispe Huacso, quienes han sido mi soporte para este logro y en las circunstancias adversas de mi vida.

A mi hermana Luz marina, quien con su apoyo ha hecho que se concreten mis metas.

A mis hermanos, Elizabeth, Josué, Nieves, Alex quienes han puesto un granito de arena en este sueño hecho realidad.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por un regalo de vida, por estar siempre a mi lado en cada lucha y ser mi refugio en las desánimos caídas, por guiarme en el camino que debo andar y más que nada un amigo que brinda ayuda, infinidad de gracias Dios por protegerme y brindar tu infinito amor.

A mis padres, quienes con su motivación y cada palabra de aliento en este sueño, por poner la confianza y el esfuerzo que pusieron durante la carrera universitaria.

A mi Asesor Ing.Rina Luzmeri Yampara Ticona, quien más allá de darme su apoyo en la realización de tesis, ha motivado mi persona a completar mis metas.

A mis docentes Ing. Juana Beatriz Aquise Pari y Ing. Herson Duberly Pari Cusi, quien más allá de brindarme su apoyo académico han sido un buen amigo durante mi crecimiento profesional.

ÍNDICE GENERAL

Índice de tablas	xiii
Índice de figuras	xv
Anexos	xviii
Resumen	19
Abstract.....	20
Capítulo I. El problema	21
1.1. Identificación de problema.....	21
1.2. Formulación de problema	23
1.2.1. Problema General	23
1.2.2. Problemas Específicos.....	23
1.3. Justificación de problema.....	24
1.4. Objetivos	25
1.4.1. Objetivo general	25
1.4.2. Objetivos específicos.....	25
Capítulo II. Marco teórico	26
2.1. Antecedentes de estudio.....	26
2.1.1. Antecedente 01	26
2.1.2. Antecedente 02:.....	27
2.1.3. Antecedente 03:.....	27
2.1.4. Antecedente 04	28
2.2. Marco Conceptual	29

2.2.1. Geología Regional.....	29
2.2.1.1. Estratigrafía.....	29
2.2.1.2. Formación Hualhuani (cretáceo Inferior Ki-Hu)	29
2.2.1.3. Formación Hualhuani (cretáceo Inferior Ki-ar)	30
2.2.1.4. Grupo Maure (Neógeno/Mioceno).....	30
2.2.1.5. Formación Ocoruro (Neógeno/plioceno Nm-oc).....	31
2.2.1.6. Formación Casablanca (Neógeno/plioceno Nq-cb)	31
2.2.1.7. Depósitos Morenicos (Cuaternario/pleistocena Qpl-mo).....	31
2.2.1.8. Depósitos Fluviales (Cuaternario/pleistocena Qpl-fg).....	31
2.2.2. Geología Estructural.....	32
2.2.3. Geotecnia de la Provincia de Espinar.....	32
2.2.4. Geodinámica Externa	32
2.2.4.1. Deslizamientos	32
2.2.4.2. Inundaciones	33
2.2.4.3. Desprendimiento de rocas	33
2.2.5. Geología local del distrito Yauri	33
2.2.6. Geodinámica Interna	34
2.2.6.1. Zonificación de la Zona de Estudio	34
2.2.6.2. Condiciones Geotécnicas	35
2.2.6.3. Suelos compactos (tipos S1)	35
2.2.6.4. Suelos intermedios. (Tipos S2).....	36
2.2.6.5. Suelos flexibles o con estratos de gran espesor. (Tipo S3).....	36
2.2.6.6. Condiciones excepcionales (tipo S4)	36
2.2.7. Los sismos.....	37
2.2.8. Sismicidad en el Perú	38

2.2.9. Peligro sísmico	39
2.2.10. Vulnerabilidad sísmica	40
2.2.11. Riesgo sísmico.....	41
2.3. Sismicidad del área de estudio de local.....	42
2.3.1. Microzonificación geotécnica	42
2.3.2. Microzonificación sísmica y estudio de sitio	42
2.3.3. Sísmica y estudio de sitio Yauri Espinar.....	43
2.3.4. Historial de Sismos en el Distrito Yauri Espinar, Sismos reportados hasta el año 2018.....	43
2.3.5. Sismos reportados hasta el mes de marzo 2019	44
2.3.6. Métodos geofísicos de exploración.....	46
2.3.6.1. Métodos geofísicos	46
2.3.7. Métodos sísmicos	46
2.3.8. Ondas elásticas	47
2.3.8.1. Ondas de compresión	47
2.3.8.2. Ondas de Superficiales.....	49
2.3.9. Fenómenos en la propagación de ondas.....	50
2.3.10. Ley de Snell.....	51
2.3.11. Principio de Huygens	52
2.3.12. Principio de Fermat	54
2.3.13. Método de refracción sísmica	54
2.3.14. Aplicaciones en la ingeniería civil	57
2.3.15. Alcances y limitaciones el método.....	58
2.3.16. Propagación y trayectoria de las ondas	58
2.4. Principios generales de interpretación en refracción	58

2.4.1. Ley de las velocidades aparentes	59
2.4.2. Principio de reciprocidad	59
2.4.3. Principio del intercepto en el origen	61
2.4.4. Principio de paralelismo.....	61
2.5. Método de análisis multicanal de ondas superficiales (MASW)	62
2.5.1. Procedimiento general Adquisición de datos	65
2.5.2. Cálculo de la velocidad de fase	67
2.5.3. Cálculo de módulos elásticos por ensayos de método (MASW)	69
2.5.4. Método de refracción sísmica	73
2.5.4.1. Determinación de Tiempos de arribo	73
2.5.4.2. Curvas Tiempo-Distancia (Dromocronas)	74
2.5.4.3. Obtención de velocidad y espesores.	75
2.5.4.4. Construcción del Perfil de la Onda de Corte.....	75
2.6. Aplicación de métodos experimentales con fines de investigaciones geotécnicas obligatorias norma sismo resistente E030.....	76
2.6.1. Cimentación de edificaciones (estructuras).....	76
2.6.2. Cimentación de presas de tierra y depósitos de relaves	78
2.6.3. Estudio de estabilidad de taludes	79
2.6.4. Estudios de microzonificación sísmica	80
2.6.5. Estudios en obras viales (carreteras, puentes, túneles).....	81
Capítulo III. Materiales y métodos	83
3.1. Lugar de ejecución	83
3.2. Datos generales de la zona de estudio.....	84
3.2.1. Ubicación geografía	84
3.3. Población y muestra	84

3.3.1. Población.....	84
3.3.2. Muestra.....	85
3.4. Diseño de la investigación	87
3.5. Tipos de la investigación.....	88
3.6. Formulación de hipótesis	88
3.6.1. Hipótesis general	88
3.6.2. Hipótesis específica.....	88
3.7. Variables de la investigación	89
3.8. Técnicas de recolección de datos e instrumento	89
3.9. Descripción de equipo de medición utilizado para el ensayo de refracción sísmica y Masw.	90
3.9.1. Sensores o geófonos	90
3.9.2. Cable sísmico conector de geófonos	91
3.9.3. Fuente sísmica (sistema de disparo trigger)	92
3.9.4. Sismógrafo	93
3.9.5. Unidad de control y almacenamiento.....	93
3.10. Procesamiento de campo para la realización de la inspección.....	93
3.10.1. Trabajo de campo refracción sísmica.....	93
3.10.2. Procesamiento por ensayo de refracción sísmica	98
3.10.3. Procesamiento por ensayo (MASW).....	99
Capitulo IV. Resultados y discusión	101
4.1. Trabajo de campo.....	101
4.2. Resultados de Medición mediante Refracción Sísmica	101
4.3. Resultados de Medición de Análisis multicanal de ondas superficiales – MASW	108
4.3.1. Resultados Ensayo 01 (MASW)	109

4.3.2.	Resultados Ensayo 02 (MASW)	110
4.3.3.	Resultados Ensayo 03 (MASW)	111
4.3.4.	Resultados Ensayo 04 (MASW)	111
4.3.5.	Resultados Ensayo 05 (MASW)	112
4.3.6.	Resultados Ensayo 06 (MASW)	112
4.3.7.	Resultados Ensayo 07 (MASW)	113
4.4.	Resultados de Capacidad portante	113
4.4.1.	Resultados Ensayo 01 (capacidad portante).....	115
4.4.2.	Resultados Ensayo 02 (capacidad portante).....	115
4.4.3.	Resultados Ensayo 03 (capacidad portante).....	115
4.4.4.	Resultados Ensayo 04 (capacidad portante).....	116
4.4.5.	Resultados Ensayo 05 (capacidad portante).....	116
4.4.6.	Resultados Ensayo 06 (capacidad portante).....	117
4.4.7.	Resultados Ensayo 07 (capacidad portante).....	117
4.5.	Parámetros Dinámicos	118
4.5.1.	Resultados Ensayo 01 (propiedades dinámicas)	118
4.5.2.	Resultados Ensayo 02 (propiedades dinámicas)	118
4.5.3.	Resultados Ensayo 03 (propiedades dinámicas)	118
4.5.4.	Resultados Ensayo 04 (propiedades dinámicas)	119
4.5.5.	Resultados Ensayo 05 (propiedades dinámicas)	119
4.5.6.	Resultados Ensayo 06 (propiedades dinámicas)	119
4.5.7.	Resultados Ensayo 07 (propiedades dinámicas)	120
4.6.	Resultados de la microzonificación sísmica de suelos.....	120
4.7.	Clasificación periodo de vibración de suelos.....	121
4.7.1.	Resultados Ensayo (MASW)	121

4.8.	Resultados de las características geotécnicas.....	121
4.8.1.	Resultados Muestras 01 a 07 (Granulometría).....	121
4.8.2.	Resultados Muestras 01 a 07 (Clasificación de Suelos).....	122
4.9.	Análisis y discusión de resultados de vulnerabilidad sísmica.....	123
4.9.1.	Análisis y discusión de resultados.....	123
4.10.	Análisis y discusión de resultados de refracción sísmica (Vp).....	123
4.10.1.	Análisis y discusión de resultados.....	123
4.11.	Análisis y discusión de resultado en el ensayo MASW (Vs).....	125
4.11.1.	Análisis y discusión de resultados.....	125
4.12.	Análisis y discusión de resultado de capacidad portante	126
4.12.1.	Análisis y discusión de resultados.....	126
	Capitulo V. Conclusiones y recomendaciones	128
5.1.	Conclusiones	128
5.2.	Recomendaciones.....	129
	Referencias bibliográficas	130
	Anexos	132

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Parámetros sísmicos.	34
Tabla 2: Factores de zona Z.....	35
Tabla 3: Parámetros de resistencia del suelo.	36
Tabla 4: Descripción de características suelos.	37
Tabla 5: Variación de la velocidad de compresión en diversos tipos de materiales geológicos.	47
Tabla 6: Formula empírica para determinar el módulo de Young estático.	71
Tabla 7: Factores de seguridad para suelo y rocas.	72
Tabla 8: Coordenadas UTM de la zona de estudio.....	84
Tabla 9: Imagen de la Zona de estudio.....	87
Tabla 10: Operacionalización de la variable	89
Tabla 11: Instrumentos y técnicas de recolección de datos.....	89
Tabla 12: Resumen de ensayos de Refracción Sísmica.....	101
Tabla 13: Velocidad de la onda de compresión V_p	101
Tabla 14: Caracterización sísmica del suelo.....	109
Tabla 15: Resumen de ensayo MASW.....	109
Tabla 16: Distintos valores de “n” para los suelos y rocas.....	114
Tabla 17: Resultados de capacidad portante mediante la V_s del MASW- 01	115

Tabla 18: Resultados de capacidad portante mediante la Vs del MASW- 02.....	115
Tabla 19: Resultados de capacidad portante mediante la Vs del MASW- 03.....	115
Tabla 20: Resultados de capacidad portante mediante la Vs del MASW- 04.....	116
Tabla 21: Resultados de capacidad portante mediante la Vs del MASW- 05.....	116
Tabla 22: Resultados de capacidad portante mediante la Vs del MASW- 06.....	117
Tabla 23: Resultados de capacidad portante mediante la Vs del MASW- 07.....	117
Tabla 24: Parámetros dinámicos para el ensayo MASW-01	118
Tabla 25: Parámetros dinámicos para el ensayo MASW-02.....	118
Tabla 26: Parámetros dinámicos para el ensayo MASW-03.....	118
Tabla 27: Parámetros dinámicos para el ensayo MASW-04.....	119
Tabla 28: Parámetros dinámicos para el ensayo MASW-05.....	119
Tabla 29: Parámetros dinámicos para el ensayo MASW-06.....	119
Tabla 30: Parámetros dinámicos para el ensayo MASW-07.....	120
Tabla 32: Clasificación del periodo de vibración Vs30, con respecto a la norma sismo resistente E. 030 (2018).....	121
Tabla 33: Características granulométricas y de plasticidad (ASTM D-422).....	121
Tabla 34: Resultado de los ensayos de laboratorio clasificación de suelos	122
Tabla 35: Nivel de vulnerabilidad sísmica.	123
Tabla 36: Márgenes de velocidad de ondas sísmicas por criterio de fiabilidad.	124
Tabla 37: Clasificación de perfiles de suelo.....	125

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Zona de estudio con construcciones de viviendas de adobe.	22
Figura 2: Geología de cuadrángulo de Yauri.....	34
Figura 3: Generación de sismos.....	38
Figura 4: Sismicidad en el Perú.....	39
Figura 5: Mapa de peligro sísmico en el Perú.	40
Figura 6: Vivienda sísmicamente vulnerable.	41
Figura 7: Profundidades (Km) de magnitud sísmica.....	44
Figura 8: Magnitud más alto de 5.2 en Huayhuahusi Yauri.....	45
Figura 9: Onda P.....	48
Figura 10: Ondas S.	49
Figura 11: Onda Love.....	50
Figura 12: Ondas Rayleigh.....	50
Figura 13: Gráfica que muestra la reflexión y la refracción en un interplano aire-agua.....	52
Figura 14: La transportación de la onda plana en el espacio, el rayo horizontal que representa la onda es perpendicular a las frentes de onda.....	53
Figura 15: Reflexión interna total de la luz proveniente de la fuente S; el Angulo critico es (θ_c) 15	54
Figura 16: Modelos de dos capas, la Información de mayor velocidad.	55
Figura 17: Generación de ondas en un medio de 2 capas.....	56
Figura 18: Angulo critico refracción IC.	57
Figura 19: Ley de las velocidades aparentes.	60
Figura 20: Principio de reciprocidad.	60

Figura 21: Tiempo de intercepto en el origen.....	61
Figura 22: Aplicación del principio de paralelismo.	62
Figura 23: Perfil de velocidades de Ondas S. Método MASW.....	64
Figura 24: Esquema de la adquisición de un ensayo MASW.....	65
Figura 25: Esquema proceso de adquisición de datos por medio del método MASW.	66
Figura 26: Sismograma generado por una fuente sísmica puntual.	66
Figura 27: Gráfico de dispersión.	68
Figura 28: Perfil de Velocidad de onda de corte.	69
Figura 29: Determinación de tiempo de arribo en un registro.....	74
Figura 30: Curva tiempo - (Dromocronicas).	74
Figura 31: perfil: a) Modelamiento inicial, B) Modelamiento fotográfico del perfil y C) Modelamiento de perfiles sísmicos con inversión.....	75
Figura 32: Perfil de corte (V_s) versus profundidad, obtenido a partir de las velocidades aparentes.	76
Figura 33: Estudio sísmico (RS y MASW) para la determinación de capacidad portante del material y su estrategia.	77
Figura 34: Estudio de MASW 2D para definir el posible nivel freático filtración y/o debilitamiento del terreno.	78
Figura 35: Estratificación del material en el talud.....	80
Figura 36: Mapa de microzonificación sísmica en el sitio.	81
Figura 37: Ensayo de análisis multicanal de ondas superficiales en la obtención de datos de la estratigrafía del suelo, en la construcción del puente.	82
Figura 38: Localización a Nivel Nacional y provincial Yauri Espinar.	83
Figura 39: Superficie del pueblo joven Belén.	83
Figura 40: Número de puntos de investigación.....	84
Figura 41: Nivel de confianza	86
Figura 42: Geófono de 14 HZ utilizado para ensayos de Refracción sísmica.....	91

Figura 43: Cable sísmico.....	92
Figura 44: Martillo utilizando como fuente sísmica.....	92
Figura 45: Sismógrafo Geode.....	93
Figura 46: Ubicación de la línea sísmica, Pueblo Joven Belén	94
Figura 47: Ejemplo de trazo de la línea de inspección por refracción.	95
Figura 48: Puntos de impacto del ensayo de refracción sísmica	95
Figura 49: Colocación de geófono (izquierdo) conexión de geófono al cable de los geófonos (cable sísmico), el cual que transmite las señales al sismógrafo (derecha).....	96
Figura 50: Coloración del cable de conexión del disparador o tigger a fuente de energía (mazo de 16 libras).	96
Figura 51: Conexión de los cables de los geófonos y del disparador al sismógrafo.	97
Figura 52: Configuración utilizada en el ensayo de refracción sísmica.	97
Figura 53: Uso de la fuente de energía (mazo de 16 libras) en cada uno de los cuatro puntos de disparo trazados.	98
Figura 54: Registros de ondas complejionales.	98
Figura 55: Ejemplo de perfil geosísmico del terreno según la velocidad de la onda P.	99
Figura 56: Procesamiento del registro de campo del ensayo MASW.	100
Figura 57: Resultados y descripción de los ensayos de refracción sísmica LS01.....	102
Figura 58: Resultados y descripción de los ensayos de refracción sísmica LS02.....	103
Figura 59: Resultados y descripción de los ensayos de refracción sísmica LS03.....	104
Figura 60: Resultados y descripción de los ensayos de refracción sísmica LS04.....	105
Figura 61: Resultados y descripción de los ensayos de refracción sísmica LS05.....	106
Figura 62: Resultados y descripción de los ensayos de refracción sísmica LS06.....	107
Figura 63: Resultados y descripción de los ensayos de refracción sísmica LS07.....	108
Figura 64: Resultados de las Velocidades de corte, calculadas a partir del MASW 01	110
Figura 65: Resultados de las velocidades de corte, calculadas a partir del MASW 02.....	110

Figura 66: Resultados de las velocidades de corte, calculadas a partir del MASW 03.....	111
Figura 67: Resultados de las velocidades de corte, calculadas a partir del MASW 04.....	111
Figura 68: Resultados de las velocidades de corte, calculadas a partir del MASW 05.....	112
Figura 69: Resultados de las velocidades de corte, calculadas a partir del MASW 06.....	112
Figura 70: Resultados de las velocidades de corte, calculadas a partir del MASW 07.....	113
Figura 71: Nivel de vulnerabilidad sísmica.....	123
Figura 72: Nivel de vulnerabilidad sísmica LS-03.....	124

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de consistencia	133
Anexo 2: Panel fotográfico.....	135
Anexo 3: Métodos Geofísicos	141
Anexo 4: Cálculo de la Capacidad Portante	153
Anexo 5: Ensayo de Laboratorio	157
Anexo 6: Plano de la microzonificación sísmica	186
Anexo 7: Planos de Peligro Sísmico del Perú	189

RESUMEN

La presente investigación tiene el objetivo de evaluar la vulnerabilidad sísmica de suelos mediante los estudios geotécnicos como ensayos de métodos geofísicos y laboratorio: Refracción sísmica y Análisis multicanal de ondas superficiales (MASW) en el pueblo Joven Belén ubicado en el Distrito de Espinar provincia de Espinar, de la región Cusco, identificado como zona vulnerable de la ciudad. Por los métodos de Refracción Sísmica se sabe el nivel de la estratigrafía del terreno, con el ensayo de Análisis multicanal de ondas superficiales MASW. Se conoció las características dinámicas del suelo y la clasificación del suelo por la norma técnica E. 030, donde los ensayos en laboratorio determinaron las características físicas, químicas y mecánicas del suelo. Por el ensayo de MASW se conoció que el tipo de suelo es de tipo S2 que pertenece al suelo intermedio según la norma técnica E.030, según el código internacional IBC es un suelo muy denso o roca blanda. De la exploración por calicatas se clasificó como arena mal graduada con limo (SP-SM). Obtenidos las ondas de corte V_{s30} de 450 m/s promedio, el tipo de suelo T_s de 0.18 con capacidad de carga promedio de 2.36 Kg/cm². La investigación fue aplicada a una muestra de 7 ensayos distribuidos sistemáticamente en toda la zona de estudio. Del presente investigación se obtuvo que el 10% de suelos es de vulnerabilidad baja, con el 70% presenta vulnerabilidad sísmica de nivel medio y con 20% de vulnerabilidad sísmica alta.

PALABRAS CLAVES: *Vulnerabilidad sísmica, Zonificación, Estudios geofísicos, Refracción sísmica, MASW.*

ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the seismic vulnerability of soils from the performance of geotechnical studies through laboratory tests and geophysical methods: Seismic Refraction and Multichannel Analysis of Surface Waves (MASW) in the Pueblo Joven Belén located in the District of Espinar, province of Espinar, Cusco region, identified as a vulnerable area of the city. With the Seismic Refraction tests the stratigraphy of the ground was known, with the test of Multichannel Analysis of Surface Waves MASW the dynamic properties of the soil and their classification according to the technical standard E. 030 were found, while the laboratory tests determined the properties physical, chemical and mechanical soil. From the MASW test it was obtained that the type of soil is type S2 which corresponds to an intermediate soil according to the technical standard E.030, according to the international code IBC it is a very dense soil or soft rock. From the exploration by pits, it was classified as poorly graded sand with silt (SP-SM). From the results, a V_{s30} (average) of 450 m/s, a T_s (average) of 0.18 and an average admissible load capacity of 2.36 Kg/cm² were obtained. The research was applied to a sample of 7 trials systematically distributed throughout the study area. From the research, it was obtained that 10% of soils present low seismic vulnerability, 70% present medium seismic vulnerability and 20% present high seismic vulnerability. In this way, it is inferred that a large percentage of the soils tested have a medium to high vulnerability. Likewise, it was possible to generate a database of the most frequent deficiencies in the foundations caused by the type of soil. The research provides tools for decision-making on mitigation measures.

1 **KEYWORDS:** *Seismic vulnerability, Zoning, Geophysical studies, Seismic refraction, MASW.*

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1. Identificación de problema

El Perú está en el Cinturón de Fuego del Pacífico junto con otros países, es una de las superficies sísmicas más activas en el mundo, debido a la continua fricción que presenta la placa de Nazca al converger con la placa Sudamericana.

El departamento de Arequipa ha sido escenario de los sismos más grandes acontecidos en el Perú, siendo el más importante el sismo acontecido el 23 de junio del 2001, el cual produjo grandes daños en las viviendas de la población más pobre, debido al alto grado de vulnerabilidad que presentaban estas viviendas. Así mismo, la ciudad de Espinar fue directamente afectada y ha sufrido fuertes sismos ocasionando daños materiales. A pesar de todo lo mencionado anteriormente, no se tiene en consideración las políticas de prevención de desastres mediante la implementación de evaluaciones estructurales que determinen la vulnerabilidad sísmica en las zonas que presentan alto peligro sísmico, de esa manera se pueden desarrollar las medidas correctivas necesarias para contrarrestar el grado de vulnerabilidad que estas presentan.

Así mismo, históricamente el último sismo que se ha presentado fue de 5.6 grados en la escala de Richter, ocurrido el 11 de setiembre del 2018, el epicentro se detectó a 20 km del Distrito de Espinar, comunidad Huayhuawasi del Distrito de Coporaque.

En los últimos años muchas de las áreas pobladas han sido producto del crecimiento y expansión rural, existen muchas áreas que han sido pobladas y construidas reaciamente y con casi o sin ninguna consulta de ingeniería o sin estudios de ingeniería que analicen el peligro del lugar. Estas condiciones son necesarias de analizar y se deben realizar estudios como la presente investigación, que permita que pobladores y autoridades conozcan las condiciones y el grado de peligro al que está expuesto parte de la población de Espinar debido a la acción de los sismos.

Se plantea el presente estudio para identificar y delimitar la zona más vulnerable observada y representativa de la ciudad de Espinar con mayor grado de amenazas sísmicas que pueda causar mayores daños, las características geotécnicas y dinámicas que definen su respuesta dinámica ante soluciones sísmicas y que son importantes para llevar a cabo el diseño sismo

resistente de las edificaciones y obras de ingeniería o califiquen el peligro del lugar. En general las viviendas de adobe en su mayoría están construidas al 60%; y 40% de edificaciones de albañilería son construidas en la ciudad de Espinar.

Por estos motivos la siguiente investigación se llevara a cabo un estudio geotécnico a través del método indirecto, llevar a cabo dl ensayo de refracción sísmica y la elaboración del ensayo de medición de ondas de corte (masw) para alcanzar determinar las características físicas mecánicas y dinámicas del suelo. En el cual se llegar ara encontrar grado de vulnerabilidad sísmica de los suelos.



Figura 1: Zona de estudio con construcciones de viviendas de adobe.
Fuente: Elaboración Propia.

1.2. Formulación de problema

1.2.1. Problema General

¿Cuál es la vulnerabilidad sísmica de suelos aplicando el ensayo de refracción sísmica y el método (Masw) que se presenta en el pueblo Joven Belén del Distrito Yauri, Espinar – Cusco?

1.2.2. Problemas Específicos

- ¿Cuál es la estratigrafía superficial de los suelos mediante el método de refracción sísmica y el método Masw en el área de pueblo Joven Belén del Distrito Yauri Espinar – Cusco?
- ¿Cuáles son los parámetros dinámicos y las capacidades portantes del suelo mediante el método Masw en el área de pueblo Joven Belén del Distrito Yauri Espinar – Cusco?
- ¿Cuál es la microzonificación sísmica de suelos mediante el método Masw y la geología local del pueblo Joven Belén del Distrito Yauri Espinar – Cusco?

1.3. Justificación de problema

A nivel del sur de nuestro país se presencia un sísmico silencioso y se acerca un sismo con mayor magnitud, un sismo mayor al 23 de junio del 2001, el que se presentó con 6.9 de intensidad escala de Richter. Por lo tanto, es importante reconocer las características de los suelos de manera que las estructuras presenten con diseño adecuado y encargadas de soportar los sismos de grandes magnitudes.

En este sentido es importante recordar que el nivel de daño que se puede generar ante un evento sísmico se encuentra relacionado directo con el nivel grado de vulnerabilidad que presenten los suelos.

Como esta manera, el siguiente estudio y trabajo valida poniendo como objetivo primordial de estudiar las propiedades del terreno y encontrar sus características físicas, mecánicas y dinámicas del suelo, con la finalidad de evaluar la vulnerabilidad sísmica de suelos para la construcción de las futuras edificaciones y que beneficiará a los habitantes del pueblo Joven Belén identificado como zona vulnerable del Distrito de Espinar.

Los resultados y logros de la investigación permitirán tomar medidas de prevención y se podrá mitigar el riesgo sísmico de la zona donde el propósito descontar la vulnerabilidad y el valor de la restauración de las estructuras dañadas, por esto se deberían planear otros sistemas basadas constructivos que tengan buen comportamiento bajo cargas sísmicas y luego proponer filosofía de diseño que garanticen el mejor desempeño en salvaguardia de la vida humana.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Evaluar la vulnerabilidad sísmica de suelos aplicando el ensayo de refracción sísmica y el método (Masw) que se presenta en el área del pueblo Joven Belén del Distrito Yauri, Espinar – Cusco.

1.4.2. Objetivos específicos

- Determinar la estratigrafía superficial de los suelos mediante el método de refracción sísmica y el método Masw en el área de pueblo Joven Belén del Distrito Yauri Espinar – Cusco.
- Determinar los parámetros dinámicos y la capacidad portante del suelo mediante el método Masw en el área de pueblo Joven Belén del Distrito Yauri Espinar – Cusco.
- Determinar la microzonificación sísmica de suelos mediante el método Masw, y la geología local del pueblo Joven Belén del Distrito Yauri Espinar – Cusco..

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio

Según la norma E-030 “diseño sismo resistente”, considerando estas características los perfiles de suelo estos se clasifican considerando la investigación de mecánica de suelos, la capa del estrato, el periodo de tiempo fundamental de vibración y la velocidad de propagación de las ondas de corte.

El ensayo geofísico es conocido como una metodología no directa para conocer las características y condiciones del suelo superficial, se sabe que existen muchos estudios que se realizan en la rama de la Ingeniería Civil.

2.1.1. Antecedente 01

Un primer trabajo corresponde a Andrés Felipe Serna Vásquez (2015), que lleva por título “Evaluación de la resolución del método de análisis de dispersión de ondas superficiales Masw en suelos residuales”. El estudio se ejecutó con el fin de lograr un alto grado de asertividad en la determinación del espesor de cada geo material que conforman el estratigráfico en litológicos sedimentarios y velocidad de ondas de corte.

Para realizar este objetivo se utilizó el sismógrafo modelo 16S-U, para esta unidad fue necesario utilizar y poder conectar a una computadora portátil, para ello se utilizó un software de recopilación de registros sísmicos además se visualiza en tiempo real los registros almacenados durante la ejecución de los ensayos.

Este muestreo permite de 0,125 a 2 milisegundos por cada 12 o 24 canales o llamado geófonos con el equipo utilizado, con suficiencia de una duración máxima de registro de 65000 milisegundos, también una vez realizada la adquisición del registro sísmico permite el uso de filtros digitales.

Llevando a la conclusión en la perforación de 30 m el ensayo, en la toma de registros el intervalo usado fue de 1.0 m, y la fuente se localizó a 0.30 m o punto generación de las ondas en promedio desde el eje de la perforación. Las velocidades de onda de corte (S).

2.1.2. Antecedente 02:

Un segundo trabajo corresponde a (Zenon A. Bardales y Jorge E. Alva Hurtado, 2015), quienes hicieron el: “Estudio de Microzonificación sísmica y vulnerabilidad de suelos en la ciudad Arequipa evaluación de la amenaza frente a tsunamis para Arequipa”. En este trabajo se ha propuesto la ejecución de investigación geológica, hidrológica, de evaluación de daños sísmicos, a través del uso de micro trepidaciones y de amplificación sísmica. De este modo logran delimitar estas zonas con diferentes comportamientos sísmicos dentro de la ciudad considerando las condiciones de los suelos de cimentación.

En este trabajo se ha propuesto la microzonificación sísmica preliminar de la zona de Arequipa, por lo tanto ha sido posible delimitar a base de la próxima información.

Estudio de las características geométricas de los suelos de cimentación.

- a. Se ha utilizado para este trabajo medición de micro trepidación de sensores para eso usan 3 sensores: 1 vertical, y dos horizontales, dispuestos ortogonalmente entre sí.
- b. Registro de Información: la vibración es medida y grabada en una cinta magnética, luego la información es procesada en la computadora.
- c. Monitor de registro: se utiliza un oscilógrafo para comprobar la forma de la onda de micro trepidaciones durante la medición y evitar la grabación de perturbación de la onda.

2.1.3. Antecedente 03:

Un tercer trabajo corresponde a Jessica Paola Pulido Yesques y María Daniela Rodríguez Gutiérrez (2015), quienes realizaron la investigación: “Caracterización del suelo superficial aplicando el ensayo geofísico de refracción por microtemores Remi para segmento de la Avenida Circunvalación y parque central sísmico Simón Bolívar” en esta estudio ha propuesto comparar los métodos de refracción por micro temores y refracción sísmica en un segmento de la avenida indicada.

Para elaborar la acumulación de los datos se utilizaron herramientas y equipos de refracción sísmica, para la obtención de las ondas de compresión (V_p), para su elaboración de este estudio se ha utilizado el equipo Seimex S/N, este equipo recibe las señales enviadas por los 16 geófonos, en cada una se instala un geófono y le pertenece un canal y sus señales son filtradas y digitalizadas de acuerdo con las opciones definidas. Luego el equipo es colocado a una portátil que fase lita digitalizar los datos.

2.1.4. Antecedente 04

Un cuarto trabajo corresponde a (Zer geosystem Peru s.a.c, 2010), quien realizó el estudio: “Estudios geofísicos por los métodos de Masw y Mam para la zona de puente Quilca”, en este trabajo se propuso conocer los perfiles stratigráficos de sismo de una dimensión de la onda de corte (V_s), de acuerdo a esto se resaltara la compacidad y resistencia de cada material que integran el suelo del superficie para la cimentación del puente Quilca.

En este trabajo de método Masw y Mam se utilizó el equipo de propagación geofísica ejecutada. Por lo tanto posee señala las características.

- a. Entrada de 12 canales, tiene un convertidor cada uno individual con 24 bit de resolución y muestreo de alta velocidad.
- b. 12 geófonos o sensores de 4.5 Hz de frecuencia, ellos generan y facilitan registrar la vibración del ambiente del terreno producido por contactos artificiales o naturales y el arribo de las ondas P y ondas S producidas por la fuente de energía.
- c. Laptop con procesador Intel Corel dúo.
- d. Geófonos de 180 m cable de conectores.
- e. Celular o radio de comunicación y accesorios varios.

2.2. Marco Conceptual

2.2.1. Geología Regional

El estudio de la geología regional se ha realizado verificando en campo las unidades geológicas regionales, para ello se ha utilizado las cartas geológicas del (INGEMMET), la zona del proyecto se muestra por el cuadrángulo de Velille, Yauri, Ayaviri y Azángaro, hojas: 3-s, 30-t, y 30-u, boletín w58, Serie a: carta Geológica Nacional, Instituto Geológico Minero y Metalúrgico INGEMMET, publicado el año 1995.

La Geología Regional general del proyecto donde se muestran las unidades geológicas regionales aflorantes del área de investigación. En concordancia con el área de obras contempladas. Las bases geo morfológicas presentes en la zona de investigación están dadas por la altiplanicie, cerros lomadas y valles-cañón.

Las formaciones geológicas representadas en la zona investigación tienen edades comprendidas entre el mesozoico (cretáceo-inferior) al cuaternario (holocena), siendo las más antiguas las cuarzoarenitas de la formación Hualhuani (ki-hu), y los más recientes corresponden a gravas de diámetros variables permanentes a depósitos aluviales (Qh-Al).

2.2.1.1. Estratigrafía

Las unidades geológicas formadas en la zona de la investigación que se encuentran representadas en el plano regional. Las cuales están conformadas por rocas que van desde el mesozoico hasta el cenozoico.

2.2.1.2. Formación Hualhuani (cretáceo Inferior Ki-Hu)

Esta formación descrita por primera vez por (Wilson J. y Garcia W. , 1962), aparece en exposiciones cubiertas por secuencias lito estratigráficas más jóvenes, sus mayores afloramientos se encuentran en el cuadrángulo de Yauri.

Está conformada por areniscas cuarzo blanquecinas a blanco amarillenta de grano fino al grueso, intercalados con estratigrafías de tamaños delgados de arenas cuarzosas y cubierto a botolito Abancay y compuesto diorítica granodiorita. También hay cuarzo arenitas gris blanqueados del grano mediado al grande con algunas intercalaciones de areniscas y limo

arcillitas rojas. Se le encuentra aflorando al SQ de la zona de estudio, en un tramo, del canal margen izquierda.

2.2.1.3. Formación Hualhuani (cretáceo Inferior Ki-ar)

Escrita con Jenks, W.F. (op.cit) y Benavides, V. (op.cit), los afloramientos de caliza se encuentran en las zonas de la mina Atalaya Coroccohuayco, sabiendo que son parecidos a las calizas encontrados en el cuadrángulo de Velille, en la parte norte de los cuatro ángulos de Yauri y Noreste del cuatro ángulos de Ayaviri. Se divide en:

- Inferior, constituida por estratos submétricos de calizas métricas con nódulos de Chert.
- Medio, que consta de capa paralela sub métricos de calizas con delgados niveles pelíticos.
- Superior, que consiste en estratos métricos de calizas métricas.

La zona de estudio se encuentra aflorando al SW, cerca de la parte media del canal margen izquierda.

2.2.1.4. Grupo Maure (Neógeno/Mioceno)

Fue descrita por Wilson & García, Carlotto (2002), Velarde (2004), Ing. Walter Ciprian Usca (región cusco área de geología 2012), este grupo tiene 4 unidades: Maure1, Maure2, Maure3, Maure4; las tres primeras unidades están compuestas por sedimentos lacustres y la última unidad se sedimentos piro clásticos.

- Maure 1 (Nm-ma 1), conglomerado polimicticos y areniscas arcoscicas de coloración marrón rojizo.
- Maure 2 (Nm-ma 1), limo arcillitas de coloreado con marrón rojizo y Arenisca.
- Maure 3 (Nm-ma3), dolomitas con colorado beige a gris blanqueada con mucha proporción de diatomea y limo arcillitas.
- Maure 4 (Nm-ma 4), tobas cristalolíticas de composición riolítica a dacítica.

2.2.1.5. Formación Ocoruro (Neógeno/plioceno Nm-oc)

Fue descrita por Audebaud (1973), Klinck (1986), Ing. Walter Ciprian Usca (región Cusco área de geología 2012), compuesta de material mal consolidado con poca matriz, conglomerados gruesos y con material sólido labradas redondeadas exteriormente a subredondeados hasta de 2.5m de sección. Los conglomerados se hallan interestratificados con areniscas guijarrosas y la mayoría de las capas son lateralmente continuas; algunas presentan fases erosivas. El principal material es un conglomerado estratificado horizontalmente. Se le encuentra como un solo afloramiento al SW del sitio de investigación, alejado de la zona de obras.

2.2.1.6. Formación Casablanca (Neógeno/plioceno Nq-cb)

Fue descrita por diferentes autores Chalco (1961), de la Cruz (1995), Cerpa (2004), Tajada (2009), tabas vitroclásticas de composición riolítica, no presenta estratigrafía fija. Cohesionadas por recristalización durante su enfriamiento.

El origen de Casa Blanca conformada conglomeradica lacustrica, muestra una litología monótona con liviana diferencia en los extremos laterales de la cuenca; en donde el borde espacial tiene mayor tobas cineríticas y en el límite occidental que tiene mayor arcilla con conglomeradica: en este aproximadamente se menciona como resultado de un levantamiento de corteza terrestre diferencial, se muestra emergiendo en varias zonas de investigación en afloramiento separado.

2.2.1.7. Depósitos Morenicos (Cuaternario/pleistoceno Qpl-mo)

Comprenden suelos de gravas limosas, gravas arcillosas, arenas limosas y arenas arcillosas, con cantos y fragmentos de rocas generalmente sub angulosos a sub redondeados, de buena consolidación natural, ubicados mayormente por zonas elevadas, en altos cerros y con nevadas, tienen forma alargada, se le encuentra en la parte alta de la cuenca.

2.2.1.8. Depósitos Fluviales (Cuaternario/pleistoceno Qpl-fg)

Compuestos por arenas gravosas y gravas arenosas, con limos y clastos angulosos, subangulosos a subredondeados, con inclusiones de bolos y bloques de rocas aisladas. En la zona se le encuentra en todas partes del área de estudio, a manera de lenguas.

2.2.2. Geología Estructural

El pasado geológico del espacio de investigación se ha transformado como resultados de las fuerzas compresivos y distintivos que genera en el transcurso de las fases tectónicas.

En el espacio de trabajo se registran estructuras de vaciado que afectaron tanto a las rocas sedimentadas de los tiempos pasados como a los nuevos: así mismo los construidos cuentan con variedades en la estructura de ígneos en la primera época de la era cenozoica y en rocas volcánicos que han sido transformado intermitentemente desde el permiano hasta el cenozoico. Observándose plegamientos, fracturamiento y direcciones de flujo característico que permite identificar en el área de estudio en la cuenca de alto Yauri.

2.2.3. Geotecnia de la Provincia de Espinar

La geología del distrito de Yauri está conformado en areniscas cuarzos blanquecinos a blanca amarillentos, de fina a grueso, conformado con combinación de estratigrafía delgada de areniscas cuarzosas de color gris a negra con capitales de lotitas negras, estructuralmente están obliteradas; y se conforma rodeado al botolito Abancay y de conformación diurética grano diurético.

2.2.4. Geodinámica Externa

La geodinámica externa de la provincia de Espinar conformada como la llamada litología, como estructuras geomorfología, clima y la geología, en la provincia de Espinar los que se presentan con frecuencia son los fenómenos naturales de origen geológico-climático.

2.2.4.1. Deslizamientos

En la Provincia de Espinar estos peligros se pueden identificar en los distritos de Condorama, Ocoruro, Alto Pichigua, Coporaque, se tiene un deslizamiento en la comunidad de

Apachacco sector Toquepala, en el Distrito de Suykutambo que genera deslizamientos acompañados con desprendimiento de bloques de rocas en número de dos. Los cuales se ubican en la comunidad de Ichucollo sector de Virginniyoc.

2.2.4.2. Inundaciones

En la ciudad de Espinar no se presentaron inconvenientes geológicos de alto grado o a gran escala, pero no está de más en dar a conocer sobre este problema, se menciona a continuación las más proclives a ser afectadas o estar afectadas son distritos de Ocoruro Alto Pichigua, Pichigua y Coporaque.

2.2.4.3. Desprendimiento de rocas

Muy a menudo de zonas altas en todas la cuencas en especial de las quebradas. Los afloramientos rocosos que más presenta son de composición volcánica y sedimentaria, poseen mayor resistencia a la compresión pero padecen de cambio físico y químico de alteración en partículas, quijas, y bloques de estas rocas con una coloración roja violácea, muy típica de las formaciones rocosas presentes. Se mencionarán las zonas afectados por este tipo de peligro: en el Distrito Pallpata comunidad de Jaruma Acllasana sector de Huallatapata, así como en el pueblo de Suykutambo se tienen tres fenómenos de esta naturaleza que se ubican en el pueblo de Suykutambo como a sus alrededores especialmente en la comunidad de Ichucollo sector de Virginneyoc.

2.2.5. Geología local del Distrito Yauri

La formación Yauri está constituida mayormente por tobas arenosas y conglomeradas lenticulares fluviales. Generalmente las tobas presentan el color de gris blanquecino y por la historia se han formado en estratos delgados que presenta estructuras de slumpin, sobre estas estructuras la secuencia tobácea continua normal y cerca al tope de la transformación se encuentra combinadas con varios niveles de caliza.

El piso se considera que esta en discordancia angular sobre la formación Casa Blanca por lo que la base puede sobre yacer indistintamente a tobas o a estratos conglomerados. Geología Palacios (1995).

Limo-arcillosas y dolomitas de coloración beige a gris a gris blanquecina con abundante contenido de diatomeas. Geología por (Natalio de la cruz, 1995)

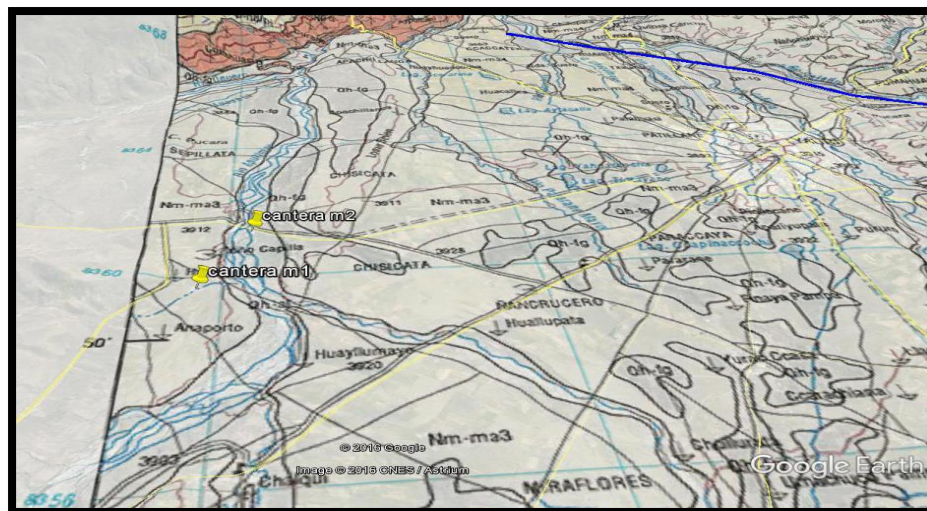


Figura 2: Geología de cuadrángulo de Yauri
Fuente: Geología por Natalio de la Cruz B, (1995).

2.2.6. Geodinámica Interna

La ciudad de Espinar esta ubicada al borde de la zona noreste de gran concentración de sismo intermedio a bajos. Cuyo borde occidental sigue la línea de costa desde Lima hasta la frontera con Chile y cuyo orden oriental se encuentra cercano a la orilla norte del lago Titicaca.

2.2.6.1. Zonificación de la Zona de Estudio

La zona nacional del Perú está dividido en cuatro zonas, actualmente se tiene una normativa técnica con respecto a la zonificación sísmica, el cual se muestra en la Tabla 1 y en la Tabla 2, la zonificación se basa en la repartición especial de la sismicidad observada, las cualidades generales de la propagación sísmica y la atenuación de estos con la distancia epicentro, así como en información geotectónica.

Tabla 1: Parámetros sísmicos.

Factor de zona	z	0.35 g
Perfil del suelo tipo	t	S1
Periodo predominante	Tp	0,4 s
Factor de amplificación	s	1

Fuente: RNE, 2016). R. N. P. Norma Técnica Peruana E 030.

Tabla 2: Factores de zona Z.

Zona	Z
1	0.10
2	0.258
3	0.35
4	0.45

Fuente: RNE, 2016). R. N. P. Norma Técnica Peruana E 030.

2.2.6.2. Condiciones Geotécnicas

Los espesores de capas en suelos se ordenan según las propiedades de la mecánica de suelos, la velocidad de expansión de las ondas de corte y el periodo fundamental de vibración. La clase de perfiles de suelos son cuatro.

Perfil S1: Suelos muy regidos o roca.

Perfil S2: suelos flexibles con capas de gran espesor.

Perfil S3: suelos intermedios.

Perfil S4: `` condiciones excepcionales.

2.2.6.3. Suelos compactos (tipos S1)

Corresponde este tipo a suelos muy rígidos similar a una roca, el tiempo vibrado en el suelo es de mínima amplitud sin exceder los 0.25 s. se incluyen los casos en los cuales se cementa

sobre una roca parcialmente alterada o roca sana, no confinada con una resistencia a la compresión igual o mayor que 500 kpa igual a 5kg/cm².

- Grava arenosa densa.
- Material cohesivo muy rígido, estrato de no más de 20m. en condición no drenada, con una resistencia al corte, superior a 100 kpa. 1 kg/cm, sobre roca u otro material con velocidad de o nada de corte similar al de una roca.
- Estrato menos de 20 m arena muy densa con N>30, sobre roca u otro material con velocidades de las ondas de corte similares a roca.

2.2.6.4. Suelos intermedios. (Tipos S2)

Se llaman a los sitios como este con suelos intermedios entre los indicados, para los suelos S1 y S2 con características intermedias.

2.2.6.5. Suelos flexibles o con estratos de gran espesor. (Tipo S3)

Se llaman a los suelos de perfil con gran espesor y suelos flexibles en los cuales el periodo de vibraciones de minima amplitud es mayor a 0.6 s.

Tabla 3: Parámetros de resistencia del suelo.

Suelos cohesivos	Resistencia al corte típico en condición no drenada (Kpa)	Capa del estrato (m)
Blandos	<25	20
Medianamente compactos	25-50	25
Compactos	50-100	40
Muy compactos	100-200	60

Fuente: N. T. P la E-030.

2.2.6.6. Condiciones excepcionales (tipo S4)

Son desfavorables particularmente en topografía, corresponden excepcionalmente a suelos flexibles y las zonas en donde las geológicas presentan pendientes.

En todo estudio que querrá analizar el tipo de suelo deberá considerar describir cada lugar y utilizar los valores de periodo del factor de amplificación del suelo S definido en la norma E-030 (2003). Ver tabla 4.

Tabla 4: Descripción de características suelos.

Tipo	Descripción	T_p (S)	S
S4	excepcionales	*	*
S3	Suelos intermedios	0,9	1,4
S2	Suelos flexibles o con estratos de gran espesor	0,6	1,2
S1	Suelos o rocas muy rígidos	0,4	1,0

Fuente: Norma Técnica Peruana la E-030.

2.2.7. Los sismos

Los sismos son vibraciones o movimientos que se dan en el interior de la tierra, se originan principalmente a la interacción de la placa nazca y sodamericana (Tarque N. y Mooquira M., 2005)

La costa peruana que se origina el evento de tectónica de placas, lo cual consiste en la introducción de la placa de Nazca debajo de la placa sudamericana. Es por ello que las ondas sísmicas se originan por la fricción entre estas do (Tarque N. y Mooquira M., 2005)s placas.

Según Sarria (1995) los sismos son medidos según su magnitud y su intensidad. Su magnitud esta correlacionada a la gran cantidad de energía que se libera de las ondas sísmicas. Por otro lado, la intensidad es medida por medio de los daños causados números de edificaciones y en la percepción de las vibraciones sísmicas.

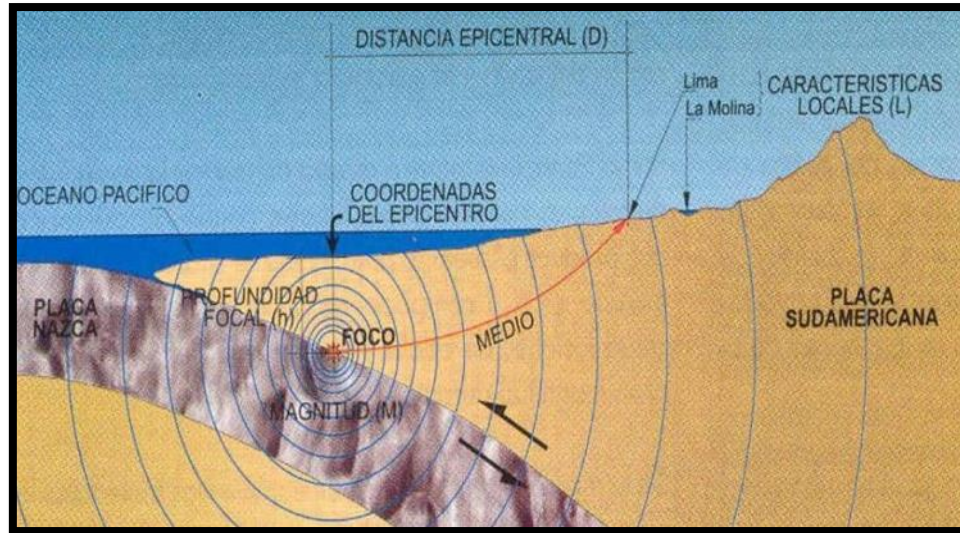


Figura 3: Generación de sismos
 Fuente: Kuroiwa (2002). Reducción de desastres.

2.2.8. Sismicidad en el Perú

Nuestro país está en medio del Cinturón de Fuego, con gran cantidad de riesgo sísmico por el proceso tectónico de placas. Los sismos con elevada magnitud han ocurrido en el sur del Perú, según la historia los sismos más destructivos son de 1604 y 1868 con magnitudes de 8,6 y 8,8 en la escala de Mercalli respectivamente. (CENEPRED, 2017).

Según Bernal & Tavera (2005) los esfuerzos que hacen mover a las placas son mayores al de las fuerzas que se oponen. Con eso se indica que el deslizamiento de una placa se genera con violenta acción. Es por todo lo dicho que según (Zamudio, 2003) generalmente el Perú está propenso y expuesto a la sucesión de sismos de alta magnitud,

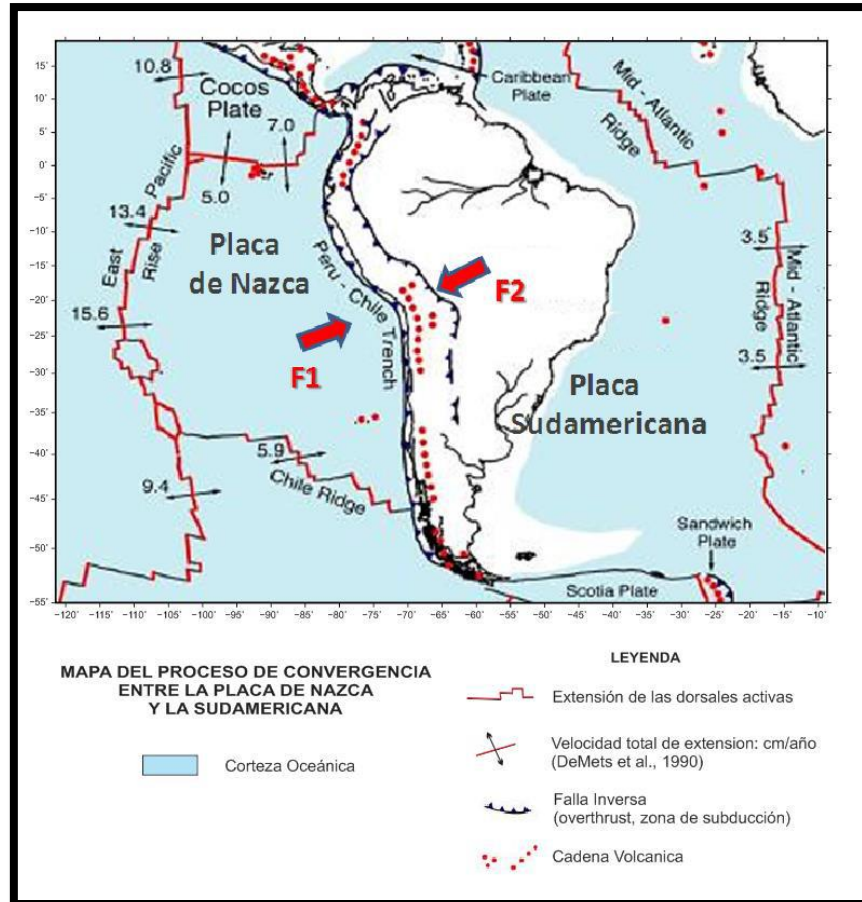


Figura 4: Sismicidad en el Perú.

Fuente: Ramos (2017)

2.2.9. Peligro sísmico

Es probable o propenso a que ocurra un movimiento sísmico en un tiempo definido y con una intensidad calculada, también el peligro sísmico puede causar daño al igual que el sismo, licuefacción de suelos y derrumbes (Bommer, 1998).

De igual modo (Bernal & Tavera, 2005) mencionan que la peligrosidad sísmica es la posibilidad de ocurrencia de un fenómeno físico como resultado de un terremoto, los cuales pueden presentarse como deslizamientos, licuefacción rupturas de fallas, los cuales se denominan efectos colaterales de un terremoto.

Según la investigación realizada por Aguilar (2004) el peligro sísmico se analiza deterministamente como un suceso aproximado de terremoto o probablemente por ocurrir, tamaño ubicación y tiempo.

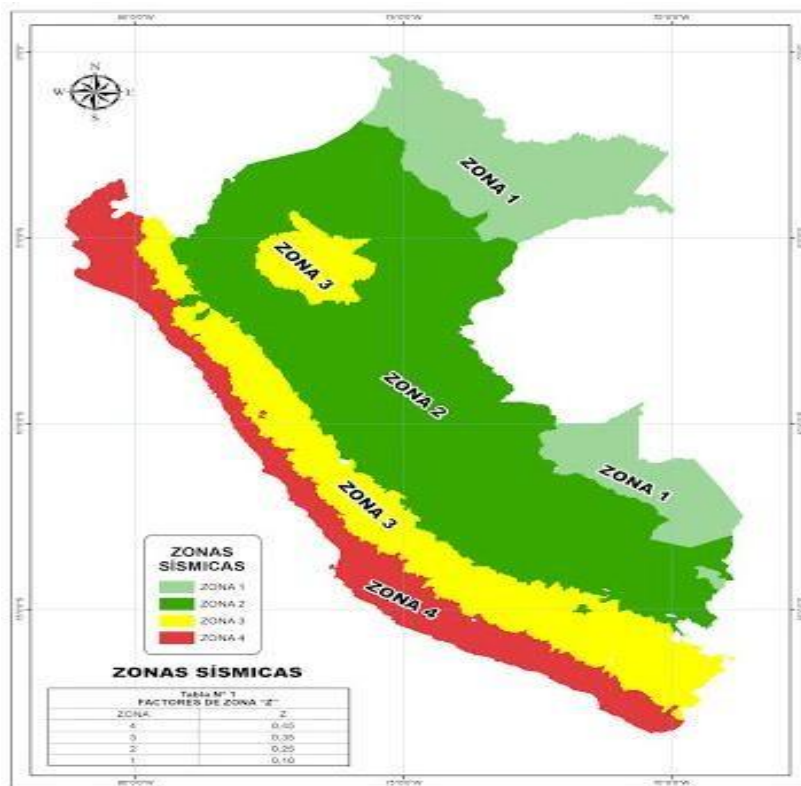


Figura 5: Mapa de peligro sísmico en el Perú.

Fuente: RNP (2016). Reglamento Nacional de Edificaciones. Norma Técnica Peruana E030.

2.2.10. Vulnerabilidad sísmica

Es un conjunto de estructuras de una ciudad poblada, una zona en sufrir daño cuando ocurre un movimiento sísmico según sus características estructurales de diseño (Bontt, 2003).

Así mismo, se puede decir que una estructura puede ser vulnerable, pero no se puede decir que está en riesgo, a menos que se encuentre en un sitio con una cierta peligrosidad sísmica (Yépez, 1994).

Además, Kuroiwa (2002), menciona que la vulnerabilidad sísmica es el nivel de daño que puede experimentar una edificación durante un evento telúrico. Reflejando de esta manera la deficiente capacidad estructural de la edificación para soportar cargas laterales generadas por sismos.

Según el BID (2000) es un ahorro de todo lado como materiales y los costos humanos al reducir la vulnerabilidad de los desastres naturales, para los progresos sostenible.



Figura 6: Vivienda sísmicamente vulnerable.
Fuente: (Bazán, 2007). Tesis: Vulnerabilidad sísmica.

2.2.11. Riesgo sísmico

El riesgo sísmico es el porcentaje aproximado que sufre la estructura en el transcurso del tiempo que se encuentra expuesta a la acción sísmica (Bonett, 2003) también se puede representar por: *Riesgo = peligro x vulnerabilidad* (Kuroiwa, 2002). Necesariamente para esta estructura de cálculo.

Una zona determinada tiene la necesidad de calcular el riesgo sísmico, por ende, el cálculo de riesgo sísmico será altamente afectado en densidad poblacional: *Riesgo = peligro x exposición x vulnerabilidad x costo* (Bommer, 1998). Generalmente es calculado en pérdidas humanas y pérdidas económicas.

2.3. Sismicidad del área de estudio de local

2.3.1. Microzonificación geotécnica

El criterio de aclaración geográfica es un aparato que combina un gran volumen de datos de diferente tipo. Una detallada y rápida presentación gráfica y un acomodado manipuleo de la parte inferior de datos y resultados mediante mapas temáticos. Para diferentes zonas de área estudio de suelo y perfiles de suelos.

Así como es necesario detallar las propiedades en el terreno para obras civiles, también se plantea un plano de microzonificación geotécnica y delimitación de grado, peligrosidad de la zona que generalmente presenta importancia su capacidad de carga admisible de cimentación en una edificación. El diseño de cimentación debe dar certeza el debido proceder satisfactorio de la estructura, es necesario que se cumpla las dos condiciones. (Norma E-0.30)

- A. La cimentación tiene que estar muy segura para que no se ocurra la falla de corte del suelo que está soportando.
- B. El asentamiento que se presenta ocasionado por la carga transmitida por la cimentación debe ser menor que lo permitido en cada clase de edificio.

El estudio de las características geotécnicas de la formación de suelos y los depósitos en el Distrito de Yauri, Espinar, el aviso geológica ya presentada en el presente estudio y recopilación de investigaciones desde más antes para propósitos de pavimentación y cimentación y otras de obras civiles.

2.3.2. Microzonificación sísmica y estudio de sitio

a) Microzonificación sísmica

Principalmente son los que se encargan de estudiar e investigar los fenómenos comprendidos como licuefacción de suelos y efectos sísmicos, tsunamis, deslizamientos. Las investigaciones procesan aviso de posible arreglo de las sucesos sísmicas depende de las condiciones de zonas y fenómenos naturales, así para diseño de construcciones de obras como edificaciones.

Es necesario el estudio de microzonificación sísmica en los casos siguientes.

- Crecimiento de las ciudades.
- Fábricas, colegios u otros.
- La reconstrucción de ciudades derrumbadas por el sismo.

b) Estudio de sitio

Es un estudio de un espacio o lugar necesario, necesariamente al lugar del proyecto que se desarrollará o zona a investigar, llamada también microzonificación sísmica de suelos.

2.3.3. Sísmica y estudio de sitio Yauri Espinar

La actividad sísmica en el Distrito Yauri, Espinar se presenta generalmente cada vez con mayor grado de escala de Richter y con frecuencia en donde se encuentra la falla geológica y el epicentro desde donde se produce el sismo a 25 km a al Distrito Yauri, Espinar, ubicada en el Distrito Coporaque comunidad Huayhuahuasi, y así otra falla geológica se encuentra en el Distrito Pichigua comunidad (sima) donde se vio el hundimiento del suelo en la zona ocasionado por los movimientos sísmicos anteriores comunicando al Distrito Pallpata de la misma provincia, se encuentra un pequeño volcán donde existe aguas calientes en la zona, por lo visto el Distrito Yauri se encuentra en el medio de las tres fallas geológicas mencionadas como riesgo sísmico.

2.3.4. Historial de Sismos en el Distrito Yauri Espinar, Sismos reportados hasta el año 2018

Desde la noche del jueves 4 de octubre, en la ciudad de Espinar, en la región Cusco, se han registrado 16 sismos en total. El primer movimiento telúrico reportado por el Instituto Geofísico del Perú (IGP) ocurrió a las 8.45 p.m. del jueves de la semana a 24 kilómetros al noroeste de Espinar. La magnitud fue de 5.2 grados y de una profundidad de 19 kilómetros.

El ultimo sismo registrado hasta el momento en la provincia de Espinar fue reportado por el IGP durante la madrugada de este sábado, a las 4.39 am según la institución, la magnitud fue de 3,4 grados y tuvo una superficie de 15 kilómetros como ocurrió con los movimientos telúricos precedentes la intensidad fue II en la escala de Mercalli en la localidad de Huayhuahuasi

(Espinar) hasta el momento, el Instituto no ha reportado daños físicos ni materiales en esta zona del sur peruano.

El ingeniero geólogo Carlos Benavente, del Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET), dijo a la agencia Andina que estos sismos están asociados a fallas geológicas activas que suman 53 en diversas zonas de la región Cusco.

Detalló que las fallas geológicas son discontinuidades que hay en la corteza terrestre que se mueven cuando se producen sismos de diversa magnitud e intensidad. El Distrito de Coporaque en la provincia de Espinar, es considerado una zona de peligro sísmico por fallas geológicas encontradas, indico el experto.

Hora: 8:45 p.m.

Magnitud. 5.2 grados

Profundidad: 19 km

Intensidad: III-IV Espinar

Referencia: 24km al norte de Espinar, Espinar-Cusco



Figura 7: Profundidades (Km) de magnitud sísmica.

Fuente: Google earth.

2.3.5. Sismos reportados hasta el mes de marzo 2019

En horas de la mañana siendo 08:02 am se registra un sismo de 4 grados, informado por el Instituto Geofísico del Perú (IGP).

Se produjo en el centro poblado de Huayhuahuasi, provincia de Espinar a 13 kilómetros de profundidad se registró el movimiento telúrico a 7 kilómetros al oeste de la población.

Fecha y hora local: 28/01/2019

Magnitud: 4.0

Profundidad: 13 km

Latitud: -14.68

Longitud: -71.60

Intensidad: III-IV Huayhuahuasi

Referencia: 7 km al Oeste de Huayhuahuasi, Espinar-Cusco

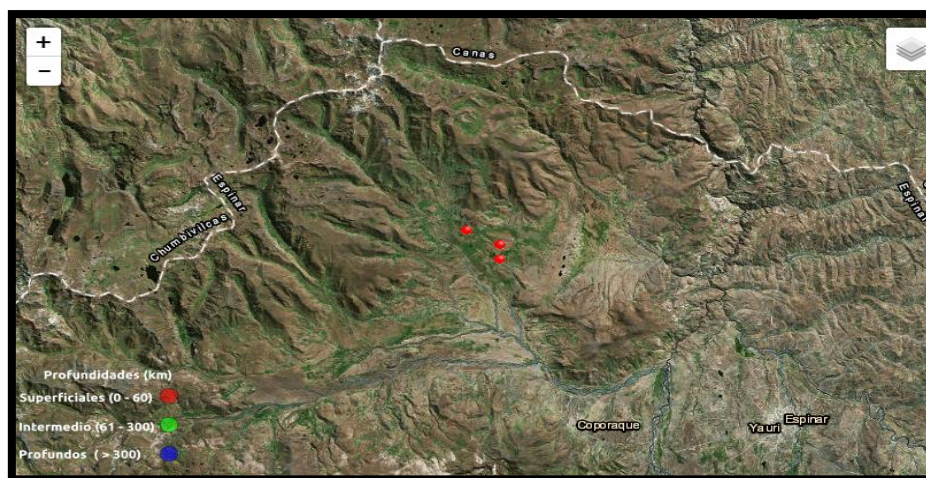


Figura 8: Magnitud más alto de 5.2 en Huayhuahuasi Yauri.
Fuente: Google Earth.

2.3.6. Métodos geofísicos de exploración

2.3.6.1. Métodos geofísicos

A través de los estudios geofísicos artificiales y naturales conocidos en la estructura geológica del sub suelo, especialmente fue creada para la obtención de petróleos y la investigación de depósitos minerales.

Los ensayos geofísicos comenzaron a utilizarse pasando la segunda guerra mundial, principalmente para construcción de túneles, represas, para investigación en suelos blandos en áreas con suelos sedimentarios y suelos blandos como suelos aluviales.

Objetivo de los métodos geofísicos.

- Determinar la estratigrafía de los suelos.
- Determinar el nivel freático y fallas geológicas.
- Determinar características de los suelos, propiedades de rocas y analizar.
- Propiedades físicas de suelo.

2.3.7. Métodos sísmicos

Se encargan en medir cada variación de las ondas de choque en velocidad, ocasionado de forma natural o artificial por una explosión o por un impacto en el suelo, con ellos llega a lograr la figura de espesor de terreno.

Los más usados en el método sísmico son el método Down-hole, cross-hole, Sasw, método de reflexión y refracción sísmica, método de medición de ondas superficiales MASW. Ellos complementan en la teoría de ondas. Así la ley de Snell se da a conocer, el Fermat y Huygens es utilizado cada uno para realizarse la refracción y reflexión de ondas. Se presenta cada uno de las ondas. Los métodos sísmicos y la teoría de ondas antes mencionados, serán presentados a continuación.

2.3.8. Ondas elásticas

Son ondas que viajan dentro del suelo como ondas elásticas. Perturbaciones temporales de campo que ocasionan movimientos menudos en el medio. Así pueden estas ser producidas por vibraciones telúricas naturales. La zona donde se encuentra el asentamiento urbano ha padecido de grandes movimientos telúricos naturales y pueden ocasionar daños.

La generación de velocidad depende de las densidades y de sus características elásticas. Las elásticas proporcionan esfuerzo y sufrir deformación de la cual material sólido pueden sufrir cambios de forma y tamaño también pueden regresar a su condición normal cuando alcanzan a eliminarse las fuerzas externas.

La sacudida de terreno producida de manera natural (sismo) o artificial, ocurren 2 diferentes.

2.3.8.1. Ondas de compresión

a. Ondas de compresión (ondas P):

Tienen la facilidad de viajar por cualquier tipo de material, se comportan dilatando el material por donde viajan, después se trasladan por medio de sólidos y fluidos, generalmente estas ondas viajan con una velocidad rápida así mismo se mueven en sentido de tren de ondas y se pueden mover en agua, aire.

Las ondas pueden alcanzar a 1.73 de velocidad más que las ondas corte S, con una velocidad promedio normalmente de 1450 m/s en agua, 330 m/s en el aire y 4999 m/s en el granito. (Lazcano, 2007).

Tabla 5: *Balanceo de la velocidad de compresión en diversos tipos de materiales geológicos.*

Las categorías de balanceo de la velocidad de compresión en variedades clase de materiales geológicos

Tipo de material	Velocidad de P (compresión) (m/s)	
Material superficial (capa de alteración de suelos y rocas)	304	611

Grava, arena y arcillas (secas y húmedas)	468	915
Arena húmeda	610	1830
Arenisca lutitas	1820	4260
Caliza,	2130	6000
Granito,	4570	5811
Rocas metamórficas	3040	7010

Fuente: Avilés & Barzallo tesis.

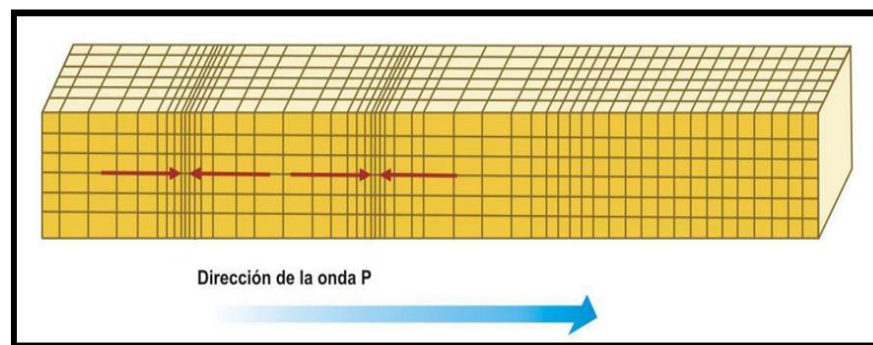


Figura 9: Onda P.

Fuente: Instituto Nacional de Prevención Sísmica - INPRES.

b. Ondas de corte (ondas S):

Se comportan en un transversal al sismo de las partículas, viajan en forma de abajo arriba por medio de solidos no pueden propagarse mediante fluidos porque no habría ningún corte ni soportaría, presenta una diferencia entre las ondas S y las ondas P, las ondas S generan mayor amplitud que las ondas P, generan mayor cantidad de energía, también para propagación de las ondas dependen de las densidades y sus propiedades elásticas.

En las ondas S para todo tipo de material solido la velocidad es más alto que las ondas de compresión alrededor de 58% y teniendo mayor amplitud. En núcleo externo de la tierra, que es un cuerpo de forma líquido, detiene el paso de las ondas S, (Lazcano, 2007).

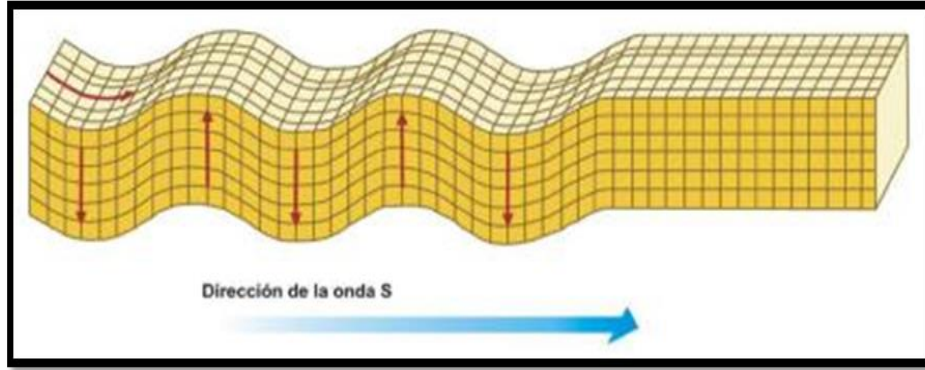


Figura 10: Ondas S.

Fuente: Instituto Nacional de Prevención Sísmica - INPRES.

2.3.8.2. Ondas de Superficiales

Se transportan sobre el subsuelo de la tierra, tienen con gran lentitud de desplazamiento que las ondas de compresión, por su lenta o menor frecuencia provocación de resonancia en estructuras de edificación se mueven sin ningún problema que las ondas de compresión y son las más destructivas. En tal sentido existen dos clases de ondas superficiales: llamada ondas Rayleigh y ondas Love (Lazcano, 2007).

a. Love (ondas L):

Se generan con mayor velocidad, parecido a las ondas S generando vibraciones a las partículas horizontales en sentido perpendicular al de propagación, pero no pueden desplazarse en sentido vertical. (Figura 12) (Lazcano, 2007).

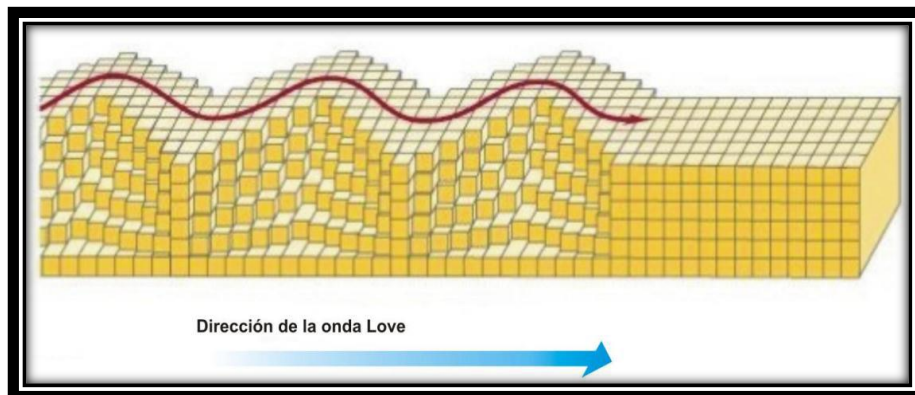


Figura 11: Onda Love.

Fuente: Instituto Nacional de Prevención Sísmica - INPRES.

b. Rayleigh (ondas R):

Tiene la facilidad de transportarse por la parte superficial del suelo, se mueven con pequeña velocidad que las ondas Love y tiene la una propagación a semejanza a la onda S en la superficie del agua, se movilizan vertical simultáneamente y son más destructivas.

Las ondas L y R se generan en discontinuidades de independencia.

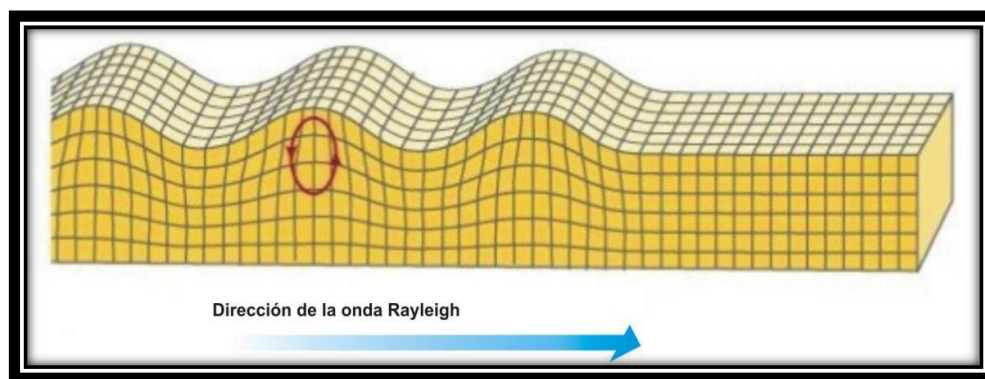


Figura 12: Ondas Rayleigh.

Fuente: Instituto Nacional de Prevención Sísmica - INPRES.

2.3.9. Fenómenos en la propagación de ondas

El fenómeno de movimiento puede darse de diferentes maneras como de naturaleza como mecánica y electrónica, puede conocerse de forma de rayo utilizando los principios de la ley de Huygens y Fermat. Este principio es usado para conocer la propagación de onda. Conocer a través de refracción sísmica y Masw relacionadas a suelos y rocas al hacer seguimiento.

Difracción.

Se define cuando hay desviaciones de rayos u ondas a través de una abertura en una región de una sombra obstaculizada, cuando una luz se encuentra con obstáculo.

Dispersión.

La dispersión está caracterizada por las ondas de subsuelo, la velocidad de una onda superficial depende de su longitud de onda y frecuencia. También se denomina dispersión cuando hay variación de frecuencia con la velocidad. Cuando es usado explosivos se pueden apreciar resultados de dispersión apreciable.

Scattering.

Se trata de formación de ondas pequeñas en todos los sentidos y dirección que propagan la energía. Se forman las partículas libres, chocan con las ondas y materias muy pequeñas igualados con su distancia de onda.

La longitud de la energía de sismo ocasionada por fenómenos va perdiendo la energía por la absorción, generando amortiguamiento. Esto pasa cuando cada onda sísmica se transportan por los espesores el subsuelo. Las frecuencias más altas se más absorben rápido que las frecuencias bajas.

2.3.10. Ley de Snell

La Figura 14, sirve en el cálculo de refracción sísmica de la luz con índice de refracción de la luz al atravesar la superficie de separación entre dos medios de propagación de la luz con índice de refracción distinto. La luz refractada y reflejada se determina por rayos. Los ángulos de incidencia (θ_1), de reflexión (θ_1), y de refracción (θ_2) son medidos con la normal a la superficie y el rayo correspondiente, como se destaca en la Figura 14.

1. Los rayos refractados y reflejados están en el plano construido por el rayo.
2. En la reflexión:

$$\theta_1 = \theta_1 \quad \text{Ecuación 2.1}$$

3. En la refracción:

$$\frac{\text{sen}\theta_1}{\text{sen}\theta_2} = n_{21} \quad \text{Ecuación 2.2}$$

Donde n_{21} un constante denominado índice de refracción del medio 2 con respecto al medio 1. Esto cambia con la distancia de corte. De esto, la refracción, es upuesto de la reflexión, se utilizan para calcular los rayos en sus distancias de las ondas.

Llamado también la ley de Snell con nombre de refracción sísmica. Donde se comportan la onda sísmica similar a esta.

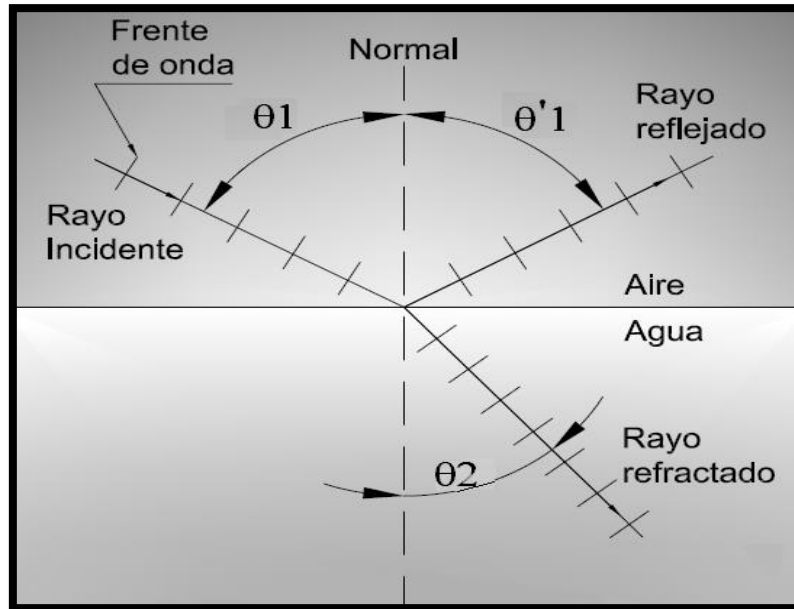


Figura 13: La imagen elustra la reflexión y la refracción en un interplano aire-agua.

Fuente: Lazcano 2007.

2.3.11. Principio de Huygens

Se define la teoría de Huygens como la luz es onda en vez de un rayo también si son ondas longitudinales o transversales y tampoco se sabe las longitudes de ondas.

Se basa en construcción geométrica, que permite lograr la ubicación de un frente de onda en largo tiempo.

De este modo los puntos en el lado de ondas pueden tomarse atención especial como fuentes puntuales que producen ondas esféricas secundarias. De un largo tiempo.

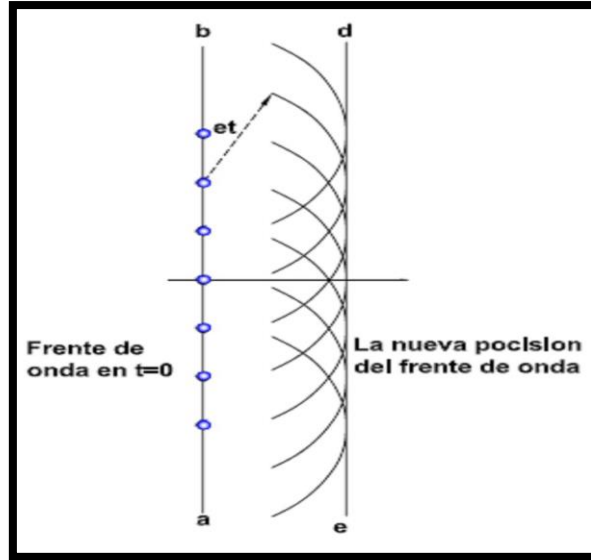


Figura 14: La transportación de la onda plana en el espacio, el rayo horizontal que representa la onda es perpendicular a las frentes de onda.
Fuente: Lazcano 2007.

Se conseguí el Angulo critico haciendo $\theta_2=90^\circ$ en la ley de la refracción

$$n_1 = \text{sen} \theta_c = n_2 \times \text{sen} 90^\circ \quad \text{Ecuación 2.3}$$

$$\text{sen} \theta_c = n_2 / n_1 \quad \text{Ecuación 2.4}$$

Donde:

n_1 : índice de refracción del medio 1

n_2 : índice de refracción del medio 2

La reflexión interior entero no puede pasar cuando la luz u ondas viajan enpesando en un método de escala menor de refracción.

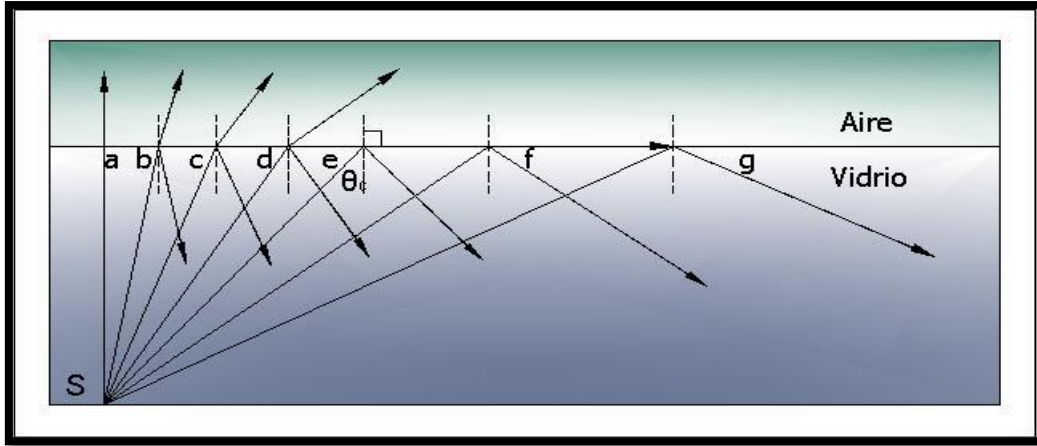


Figura 15: Reflexión interna total de la luz proveniente de la fuente S; el Angulo crítico es (θ_c) .

Fuente: (Lazcano 2007)

2.3.12. Principio de Fermat

En 1662 Pierre Fermat descubrió que una onda o rayo que se transporta de un lugar a otro lugar seguirá un camino y el tiempo en viajar es invariable.

2.3.13. Método de refracción sísmica

El ensayo de refracción sísmica generalmente un método diseñado para la exploración geofísica que se basa en determinar las estratigrafías de los subsuelos en forma no directa. Refiriéndose en el constante modificación las estructuras dinámicas de los materiales que lo permiten para usos en la carrera Ingeniería Civil. También se usa para la medición tipos de espesores en una superficie alcanzable por refracción sísmica.

Existen leyes en la refracción sísmica

1. Ley de Huygens para refracción
2. Ley de Fermat para refracción
3. Ley de Snell para refracción

Ley de refracción

La ley de refracción es una fórmula para calcular el ángulo del seno o refracción de la luz al atravesar la subterránea de separación entre los dos puntos de propagaciones la luz coincide en una refracción distinta.

La transportación de las ondas que se movilizan a través de la superficie en el método de refracción sísmica, se presenta una velocidad representada V_1 , que marque un poco infinito, con velocidad V_2 , mayor que la velocidad V_1 (Figura 16). Después de haberse propagado las ondas en un punto de disparo, las ondas inician a transportarse entre los dos medios conformados de ondas en la superficie.

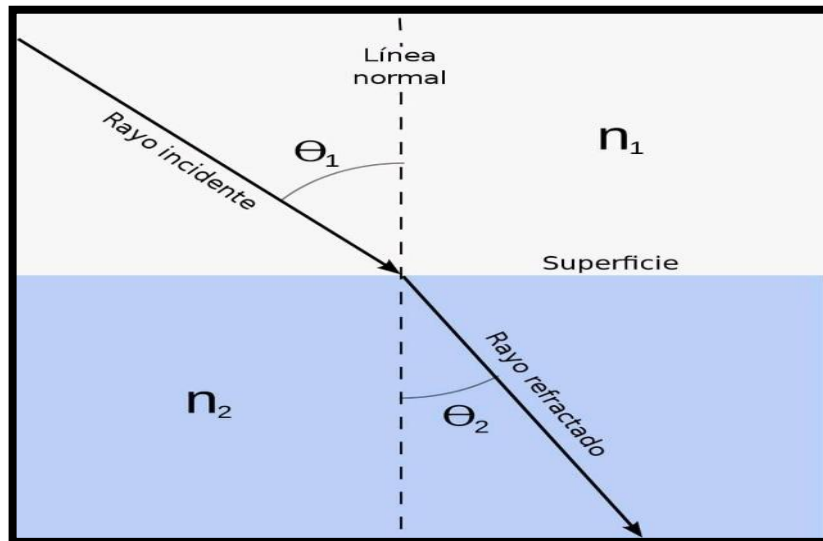


Figura 16: Modelos de dos capas, la Información de mayor velocidad.

Fuente: (Lazcano 2007)

Al realizar el cortante desde arriba fijado en un punto de disparo, se mostrará como en una superficie de dos capas o dos tipos de estratos 1 y 2 (Parte a) de la Figura 17), se llama como ondas directas. En la parte b) de la Figura N°17 a lado de las ondas se topa con límite de medios y se inician las primeras refracciones hasta la capa inferior. En la parte c) se demoró más tiempo las ondas y se denotan al presenciar tres lados de la onda: uno de las ondas directas, dos de las ondas refractadas hacia el estrato subterráneo y tres de las ondas refractadas al estrato superior.

Al ver la imagen se identifica las ondas refractadas en la capa inferior, mayormente no se presenta una curvatura constante, por eso pertenece a 2 frentes de ondas, uno el que se refracta hacia capa superior y el otro hacia el estrato inferior. Como se demuestra que al lado de onda está más lejos del disparo ocasionado que el frente de ondas directas antes de la segunda capa, estas suelen llegar tan rápido a los geófonos donde se demoraba en llegar el frente de ondas directas.

En el lado d), de la figura 17, se ha tardado un buen tiempo después del disparo y se diferencian notablemente las cuatro frentes de ondas.

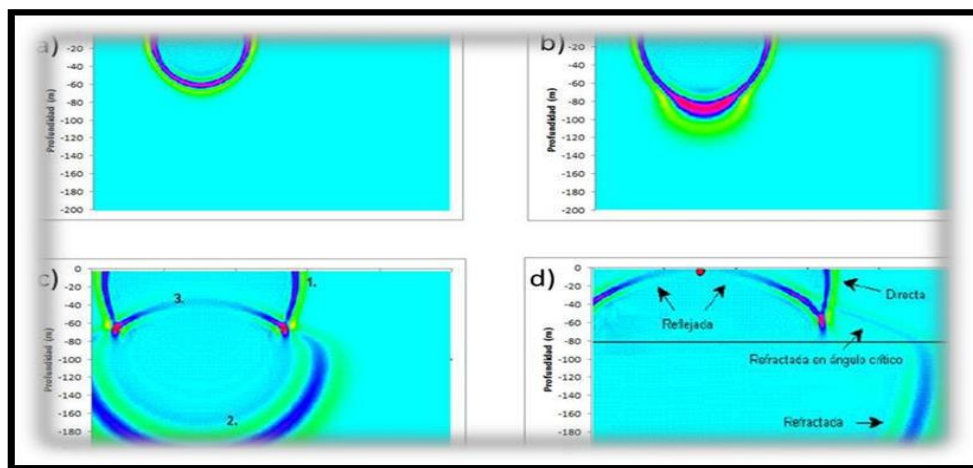


Figura 17: Generación de ondas en un centro de 2 estratos.

Fuente: (p. ej. Boyd, 1999; Masuda, 1983).

Se propagan cuando los rayos entrantes a lado completan en ángulo crítico, IC, entre los medios la interfaz el ángulo mostrado en la figura y refractada tiene 90 grados en este sentido a la normal, se muestra que.

$$SEN(ic) = sen(90) = 1 \quad \text{Ecuación 2.5}$$

Las ondas se generan o se propagan por el subsuelo con la velocidad del estrato de medio, mas no se generan por la capa inferior, siempre basado a la ley de Fermat mostrada en la figura 19. (Masuda, 1983).

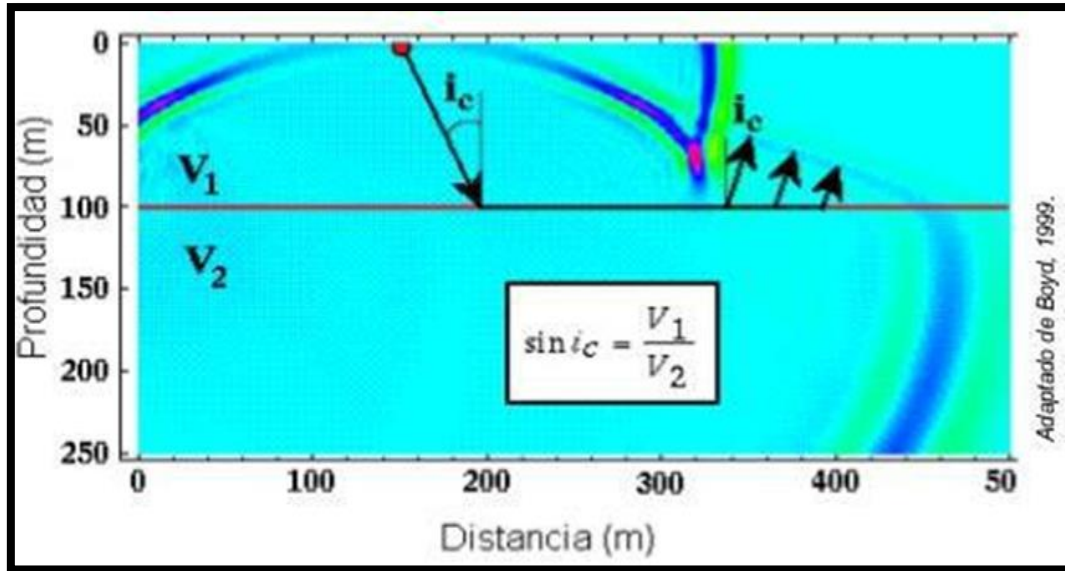


Figura 18: Angulo critico refracción IC.

Fuente: (Masuda, 1983).

2.3.14. Aplicaciones en la ingeniería civil

La aplicación del método de refracción sísmica en la ingeniería civil es para determinar la profundidad de subsuelo en general de las estructuras u obras civiles como edificios, puentes, represas, donde grandes edificaciones y construcciones se asentarán sobre el suelo estudiado mediante refracción sísmica. Resulta importante para marcar la profundidad de basamiento y la velocidad de ondas de compresión, corte en cada capa del suelo.

El método se registra o se detecta el primer arribo de ondas a los geófonos ondas P, de igual manera la llegada de las ondas S, en tal sentido se puedan calcular la conexión de Poisson y los demás módulos dinámicos.

Serria (1998), propone algunas acontecer aplicaciones del método: a) el uso de vibración sísmica para resolver el modulo dinámico más de arcilla; b) evaluación del amortiguamiento; c) evaluación de los límites de Atterberg; d) determinación de módulos E y G en mecánica de rocas; e) explotación de canteras; f) ubicación de sondeos en roca y g) para determinar la capacidad de carga de los pilotes.

2.3.15. Alcances y limitaciones el método

Se menciona los avances y las acotaciones del método en la investigación dinámica de suelos:

Alcances

- Detecta cambios en la longitud de superficie como en dimensión paralela a la línea de la velocidad de la onda de compresión y de la onda de corte.
- Alcanza a la aceptación de la superficie a la parte inferior sobre la que se asienta y de su relieve, de diversas variables como distancia del tendido, como energía de la fuente sísmica, en velocidad del suelo.

Limitaciones

- En este método solo arroja datos reales cuando su velocidad de movimiento de las ondas crece a la subsuelo. En suelos intermedios con velocidad menor es probable que el método presenta con resultados no reales o erróneos.
- En ensayos o estudios urbanos de obras civiles, esta reducirá la extensión por la accesible de la zona con suficiente extensión. El tendido del cable encima del suelo horizontalmente, se llega a un estudio de exploración en la superficie.

2.3.16. Propagación y trayectoria de las ondas

Las ondas sísmicas se propagan después de provocar golpe en el suelo con una fuente, martillo o explosivo, luego se generan las ondas sísmicas internas, ondas de compresión y ondas secundarias también ondas Love y Rayleigh. Las ondas de compresión P o las ondas de forma distanciados tienen mayor relevancia en la refracción sísmica.

2.4. Principios generales de interpretación en refracción

Después de procesar las curvas distancia - tiempo se llega a interpretar. Principalmente el objetivo es conocer las imágenes visibles de las curvas.

- Arroja resultados erróneos en refracción sísmica cuando el estrato o capa del suelo es delgado y la velocidad es menor. De este modo no se daría ninguna inferencia de su presencia en los primeros arribos en cada punto de la línea de sísmica. (p. ej. Sheriff & Geldart, 1991:282).

Existen cinco leyes o principios que interpretan los datos de refracción sísmica. Se conforman de la siguiente manera.

- 1: Principio o ley de Snell.
- 2: Principio o Ley de velocidad aparente.
- 3: Principios o ley de reciprocidad.
- 4: Principio o ley de tiempo inferencial en el origen.
- 5: Ley o principio de paralelismo.

2.4.1. Ley de las velocidades aparentes

Se conoce cuando la velocidad con que simula al enviar información una onda en un cierto punto del superficial de la tierra es igual cociente entre la velocidad superficial y el seno del ángulo de emergencia, agarrando los dos en un solo sitio. Donde el Angulo de la acción para evitar el ángulo de urgencia es creada por las ondas emergente con la sima (p. ej. Cantos, 1973).

2.4.2. Principio de reciprocidad

La ley o el principio determina que el tiempo de generación de la onda sísmica del punto A al otro punto B, es igual que al punto B hacia al punto A. (Cantos, 1980).

2.4.3. Principio del intercepto en el origen

Se presente refractor inclinado (Figura 22) hágase que estimar que desde espacio bidimensional se llevan a cabo dos tiros en O y que se ponen de manifiesto las ondas en dos puntos A y D; el inicio de tiempo de tiempo de intercepto en el inicio se aumentan las dromocronas A y D hasta el punto que se corta el eje del tiempo se intercepta en el inicio se dan iguales (Cantos, 1973).

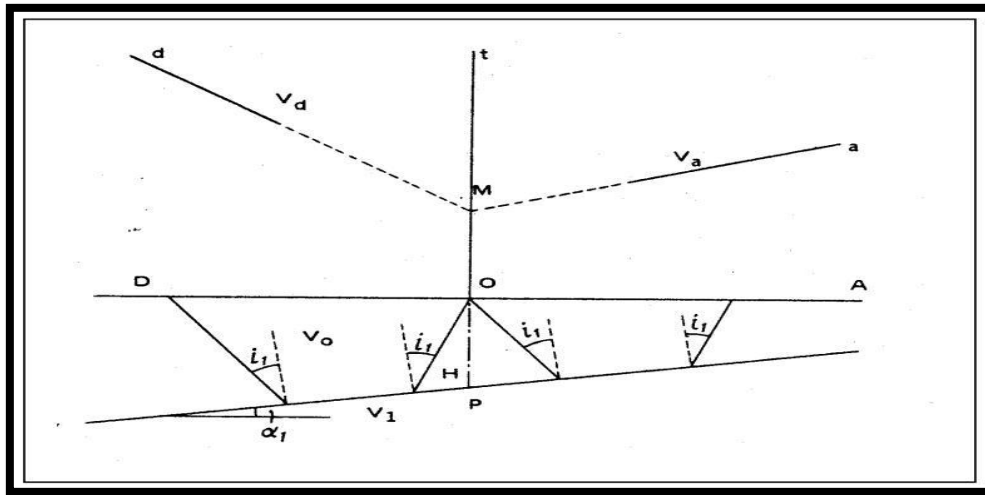


Figura 21: Tiempo de intercepto en el comienzo.

Fuente: (Cantos, 1980).

2.4.4. Principio de paralelismo

Funcionan de la siguiente forma, dos rectas presentadas en un plano, son semejanzas si o bien son lo mismo y recta son líneas concordantes o, por el contrario, no comparten ningún punto. De tal manera que son análogos, en el espacio dos planos son paralelos. Esta ley de paralelismo es para refractores rectas, inclinados o horizontales, en cambio para líneas o refractores cóncavos y longitudes cortas se transportan por encima del reflector. En cambio, para longitudes largas se transportan más rápido por dentro del reflector. (Siguiendo el Principio de Fermat).

Según la Figura 23 la dromocrona intermedia OIHE' se pueden se puede descontar por básico semejantes de las dos dromocronas agregados ODE y O'FG desde el punto de supuesto explosión OI (Cantos, 1973).

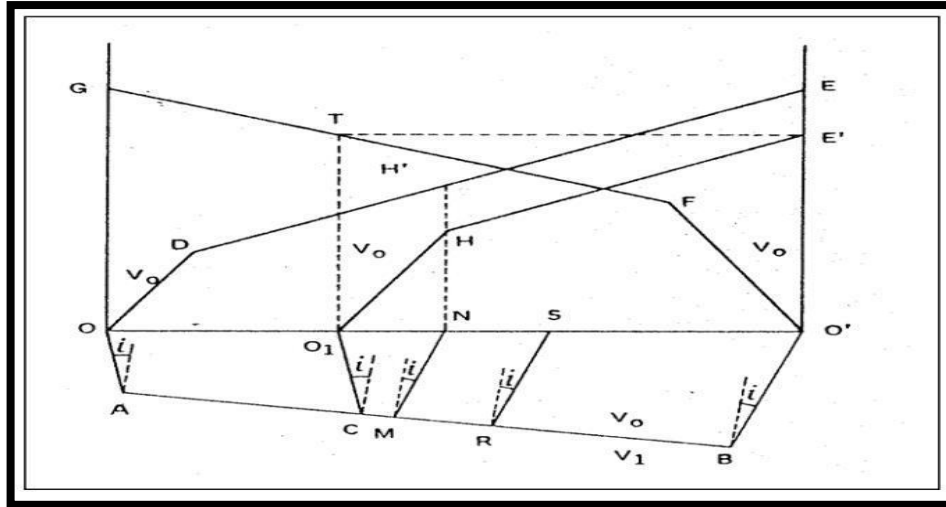


Figura 22: Aplicación del origen de paralelismo.

Fuente: (Cantos, 1973).

2.5. Método de análisis multicanal de ondas superficiales (MASW)

El estudio de MASW, Análisis de Ondas Superficiales en Arreglo Multicanal o exploración sísmica, se diseñó para obras civiles en la ingeniería civil, para el análisis del sub suelo y perfiles estratigráficos.

El método de Análisis de ondas superficiales MASW sirve para interpretar las ondas ligeras de un registro en arreglo multicanal. Provocadas con un martillo en diferentes puntos ubicadas a cada 2 metros dependiendo del caso que sea a lo largo de un eje sobre la superficie de suelo, teniendo el contorno de velocidades de las ondas de corte (V_s) para una representación de una línea fija el método de Análisis de multicanal de ondas superficiales, se puede determinar y obtener el perfil de onda S hasta una profundidad promedio de 25m a 30m.

El objetivo en este estudio sobre la aclaración de los anotes se refiere en adquirir de ellos una curva de dispersión, velocidad de fase vs la frecuencia, el perfil de velocidades de ondas de corte del terreno se construye a través de fácil cambio. Este cambio aprecia que la distancia de onda se haga operación matemática a partir de la frecuencia y la velocidad de fase.

Casi con mayor frecuencia en los últimos años se viene utilizando constantemente en la exploración geotécnica para obras civiles como para la cimentación de edificaciones, puentes, represas, relaves obteniéndose buenas correlaciones con los capas del suelo en los casos en donde se ha podido determinar diamantinas, así como con los hechos obtenidos de SPT, por lo que obtiene un gran confiabilidad y aumenta un ahorro económico para la examinación de los variables elásticos del suelo de origen.

La forma de ensayo generalmente para el método MASW se presenta en tres pasos.

- Exploración sísmica. Obtención de los registros en campo
- Análisis de dispersión. Se trata de extraer las curvas de dispersión, el propósito es obtener dos o más curvas de dispersión.
- Inversión: se utiliza la operación matemática de la variabilidad de la velocidad de la onda de corte versus la superficie.

Un estudio no ruinoso ni invasivo y autoriza la exploración de profundidad de sitio. La distribución vertical de la velocidad de corte es determinada por el método MASW (Figura 24), referido en la dispersión de las ondas Rayleigh, un tipo de onda superficial. Las velocidades de las ondas de corte presentan su característica del tipo de suelo, al hacer este tipo de ensayo resulta que en las rocas hay mayor velocidad de corte que en el suelo.

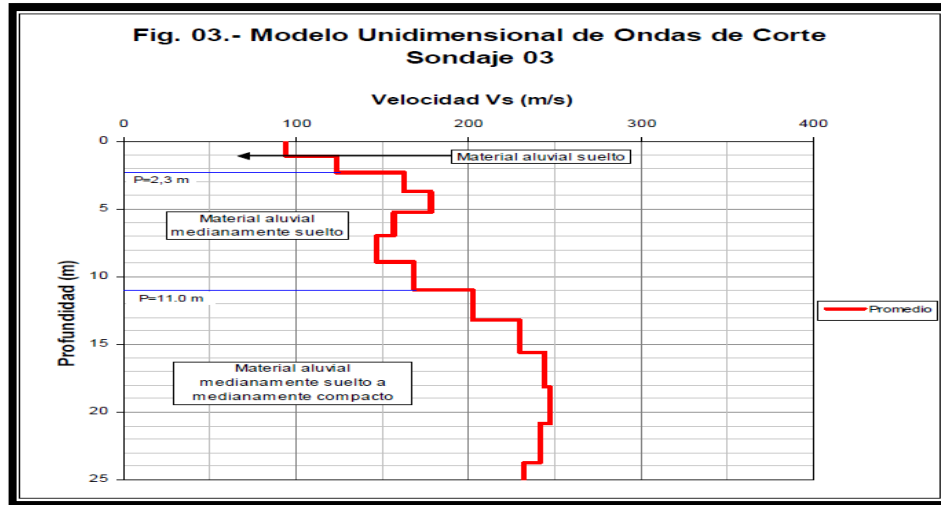


Figura 23: Perfil de velocidades de Ondas S. Método MASW.

Fuente: Zer Geosystem Perú SAC.

Haciendo el cálculo de la velocidad de corte se puede determinar la estratigrafía del subsuelo bajo un punto en forma indirecta, generadas por una fuente sísmica.

Calculada las ondas de corte generalmente es usado para determinar la capacidad de carga del suelo para las cimentaciones u otros. Park et al, (1999).

Para realizar de forma correcta el ensayo MASW es necesario el tendido de geófonos en forma vertical y con separación de geófonos en el mismo sentido. En seguida es primordial una fuente de impacto vertical para generar ondas en el suelo. Se muestra la forma de ensayo Masw en la Figura 25. (Louie, J. 2001).

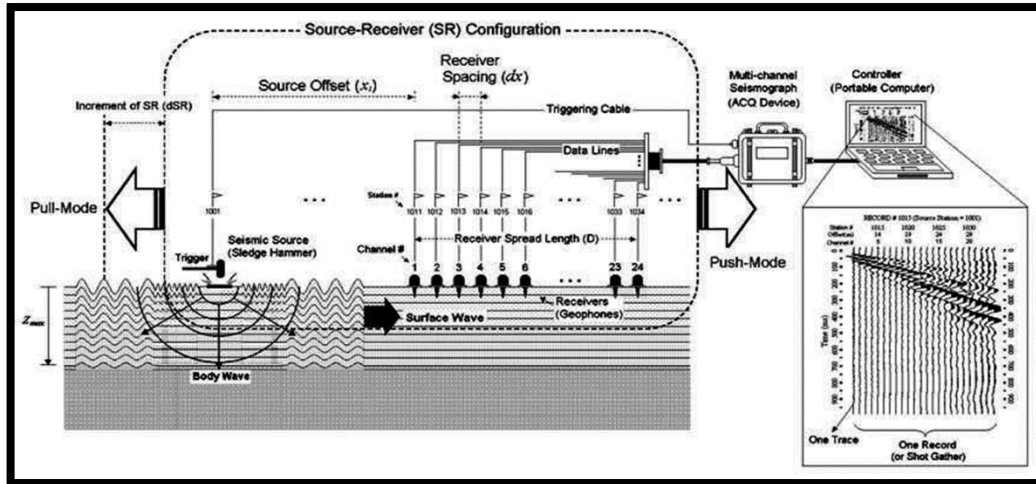


Figura 24: Esquema de la adquisición de un ensayo MASW.

Fuente: Obtenido de <http://www.masw.com/References.html>

Las ventajas de ensayo MASW sobre métodos geofísicos

- La velocidad de la onda se incrementa con la profundidad del terreno
- No son afectados por los ruidos urbanos, por simple hecho las ondas de superficie viajan a una profundidad larga. (la señal es más grande).
- El ensayo de MASW es más resultante y usado frecuentemente en trabajos urbanos por que mantiene un perfil constante de los suelos en superficial.

2.5.1. Procedimiento general Adquisición de datos

Se pueden instalar en una superficie de línea recta se colocan geófonos a una distancia de 2 metros o en conveniencia se colocan verticalmente en el terreno luego está conectado a una tarjeta de obtención, la tarjeta está conectado a un computador que dispone a un software que procesa los datos.

Luego, el uso martillo o una fuente sísmica es capaces de crear y generan las ondas sísmicas en la superficie del sub suelo para conocer su perfil en cada estrato y velocidad de ondas de corte, el pesado aproximadas de 10 kg. Usos de placa base de 20 a 25 cm metálica, ayuda a

generar ondas en el sub suelo del terreno de menor frecuencia, obteniendo la resolución de perfil de velocidad de onda de corte.

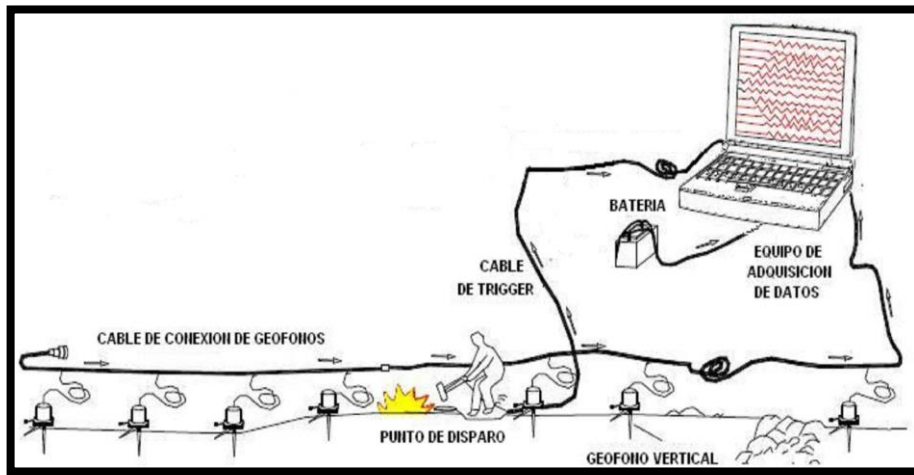


Figura 25: Esquema proceso de adquisición de datos por medio del método MASW.

Fuente: SeisImager SW.

Cuando se generan o viajan las ondas sísmicas de forma de tren empiezan a recoger los datos y luego se determinan los perfiles estratigráficos de la velocidad de ondas de corte. (Granda et al., 2005).

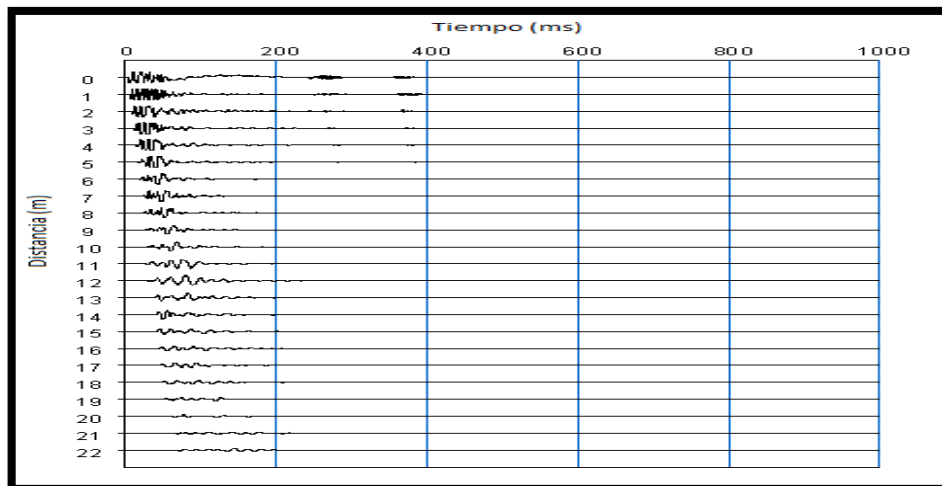


Figura 26: Sismograma generado por una fuente sísmica puntual.

Fuente: SeisImager SW.

2.5.2. Cálculo de la velocidad de fase

En una elaboración de una curva de dispersión el sismograma es considerado principalmente que corresponde a desplazamiento tiempo (x,t), donde x es el desplazamiento medio por los receptores en m y t el tiempo de medición en milisegundos. Notablemente el sismograma se define por la siguiente manera $f(x,t)$ siguiendo a la Ley de Fourier.

$$F(X, W) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} f(x, t) e^{-i\omega t} dt \quad \text{Ecuación 2.6}$$

Transformación de función $f(x,t)$ donde su función es desplazamiento a tiempo a una función $F(x, w)$ con dominio ser desplazamiento- frecuencia.

$F(x,w)$ puede ser expresado como:

$$F(x, w) = P(x, w) A(x, w) \quad \text{Ecuación 2.7}$$

Donde $A(x,w)$ corresponde a espectro de amplitudes y $P(x,w)$ corresponde al espectro de fase.

El espectro de fase $P(x,w)$ se encarga en conservar sus características dispersivas de las ondas propagadas también el espectro de amplitud conservan las propiedades de atenuación de ondas. Presenta de la siguiente manera $F(x,w)$:

$$F(x, w) = e^{-i\varphi x} A(x, w) \quad \text{Ecuación 2.8}$$

Donde $\varphi = w/Cw$. W =frecuencia en radianes y Cw = velocidad de fase en función de la frecuencia.

La gráfica de curva de dispersión se propaga en función de los cambios de fase a través de la siguiente transformada:

$$F(c, w) = \int_{-\infty}^{\infty} F(x, w) t e^{-i\omega \frac{x}{c}} dx. \quad \text{Ecuación 2.9}$$

Luego la función $F(c,w)$ tendrá máximos a lo largo del dominio de Cw lo cual permitirá graficar la curva de dispersión. (Suarez 2017)

Después de obtener los pares de $F(c,w)$ con las velocidades de fase cw , se realizan a combinar todos los pares construyendo el grafico de dispersión, como se aprecia en la Figura 28.

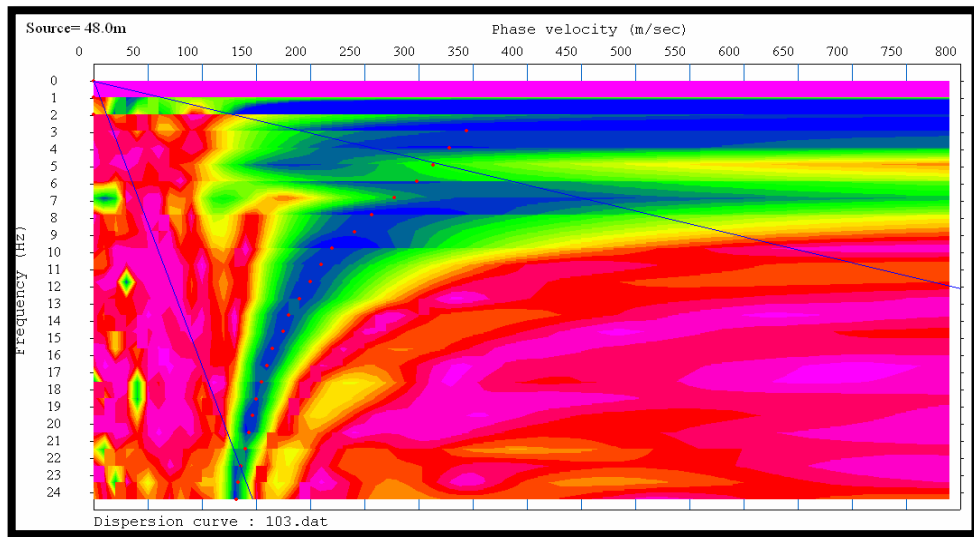


Figura 27: Gráfico de dispersión.

Fuente: (Suarez 2017)

Inversión de los datos

El resultado del perfil de velocidad de la onda cortante V_s , es calculado mediante un procedimiento de inversión iterativo que requiere de los datos de dispersión y de estimaciones de la distribución de la densidad y del módulo de Poisson. Posteriormente se llega a métodos de inversión de registros obtenidos mediante un medio de procesos de optimización llamado algoritmo genético (Gas).

Obteniendo la curva de dispersión como información de menor calidad, se tenga la dificultad en converger a un perfil definitivo. Se debe eliminarse los datos de baja calidad de la curva de dispersión.

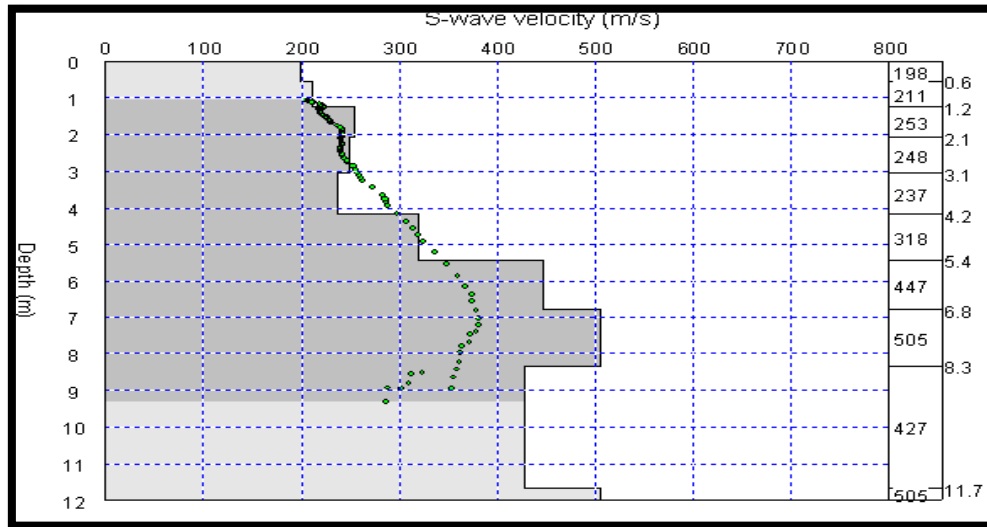


Figura 28: Perfil de Velocidad de onda de corte.

Fuente: Pickwin.

2.5.3. Cálculo de módulos elásticos por ensayos de método (MASW)

Para el siguiente estudio se han utilizado los constantes elásticos de materiales que mantienen su volumen. Estos ensayos son formados por esfuerzos tensionales y compresivos que ocasionan cambio relativo transversales. Los cuales equilibran el cambio relativo producido en sentido longitudinal.

Los ensayos sísmicos nos facilitan determinar las velocidades de expansión de las ondas sísmicas como ondas de compresión y ondas de corte. Teniendo estas velocidades de propagación a través de un ensayo del suelo y los valores volumétricos alcanzados se resuelve la relación de Poisson (ν), el Módulo de Elasticidad Dinámico (E_d), el Módulo de Corte Dinámico (G_d), y el Módulo Volumétrico Dinámico (K_d) de los materiales o macizos rocosos.

- **Coefficiente de Poisson**

Es la relación existente que está presente entre la alteración que forma un Angulo recto a la fuerza de alteración de camino que se sigue de tensión. Este es una relación que se elabora entre una modificación de su radio y un radio y una modificación distancia.

$$u = \frac{\left(\frac{V_p}{V_s}\right)^2 - 2}{2\left(\left(\frac{V_p}{V_s}\right)^2 - 1\right)} \quad \text{Ecuación 2.10}$$

- **Módulo de corte y el módulo endometrio**

El módulo de corte G, y el módulo E_c , estos están directamente enumerados con las velocidades V_s y V_p por las expresiones.

$$G_{din} = \rho V_s^2 (KN / m^2) \quad \text{Ecuación 2.11}$$

Donde ρ : densidad de masa dada por $\rho = \gamma/g$.

- **Módulo de Young (E)**

Es la contante de cualidad de estar en conformidad. Cuando mayor sea el valor de E para un cuerpo sólido mayor será la alteración creada por algún esfuerzo. La alteración del material es distancia mente y semejanza a los esfuerzos.

$$E_d = 2.G_d(1 + V) \quad \text{Ecuación 2.12}$$

- **Módulo Volumétrico Bulk (K)**

Es la resistencia del cuerpo a la variación de volumen cuando le es empleada una. También explicado como la conexion entre una presión hidrostática y la fracción de variacion volumétrico inducido.

$$K_{din} = \frac{E_{din}}{3(1 - 2\mu)} \cdot (KN / m^2) \quad \text{Ecuación 2.13}$$

El uso de la prospección para estimar los módulos estáticos, es factible solo con servicio de una serie de relaciones de correlación, artos estudios en distintos regiones de la ex URSS

presentan algunas de las correlaciones para el módulo de Young. Tabla. 6, Formulas empíricas para determinar el módulo de Young estático (Aguay & Dinachnikov, 2015).

Tabla 6: *Formula empírica para determinar el módulo de Young estático.*

<i>Eest (kg/cm²)</i>	Descripción
$0,08539E_{din}+30$	En los suelos con presencia arenas con humedad natural que presentan de 2 a 2,5 m sobre el nivel freático.
$0,0445E_{din}+31$	Para suelos con arena y presentan 0,5m bajo el nivel freático
$0,08176E_{din}-46$	Aproximación de nivel freático (NF-2,5m<Z<NF+0,5)
$0,1116E_{din}-42$	En suelo Saprolíticos de los Urales que yacen sobre el nivel freático
$0,09346E_{din}+4$	Los Suelos con arena -arcillosa que yacen sobre el nivel freático
$0,045E_{din}+70$	Los Suelos con limos no saturados tipo Loess

Fuente:(Aguay & Dinachnikov, 2015)

- **Análisis de capacidad carga**

El análisis de la capacidad de carga se halla por medio el uso de las velocidades de ondas de corte, son valores empíricos y garantizan valores reales mediante las investigaciones comparadas con SPT, estos resultados concuerdan con la siguiente ecuación Terzagui y Peck (Kaptan, 2012).

$$q_a = 0.1\gamma.V_s / n \quad \text{Ecuación 2.14}$$

Dónde:

V_s: Velocidad cortante (m/s)

γ: Densidad del suelo (kN/m³)

q_a: Presión de carga admisible (kpa).

n: Factor de seguridad

Donde la densidad del suelo se puede calcular mediante la expresión empírica:

$$\gamma = 4.3 V_s^{0.25} \text{ (KN/m)} \quad \text{Ecuación 2.15}$$

- **Periodo fundamental de vibración del suelo (Ts)**

$$T_s = \frac{4H}{V_{s30}} \quad \text{Ecuación 2.16}$$

Vs30: Velocidad promedio de onda en los 30m superficiales

Ts: periodo fundamental de vibración del suelo

H: Profundidad total de sondaje

Los factores de seguridad (n), tal como las memorias relativas de carga admisible que se obtiene de un número de ensayos realizados y de varias investigaciones como en 550 sitios para finalmente construir una tabla.

Tabla 7: Factores de seguridad para suelo y rocas.

Tipo de suelo	Vs-rango (m/s)	n	$q_a \left(\frac{kn}{m^2} \right)$
Rocas "duras"	$V_s \geq 4000$	$n=1.4$	$0.071\gamma V_s$
Rocas "blandas"	$750 \leq V_s \leq 4000$	$n = 4.6 - 8.10^{-6}V_s$	$0.1\gamma V_s/n$
Suelos	$V_s \leq 750$	$n=4.0$	$0.025\gamma v_s\beta$

Fuente: Investigación de campo.

En donde los valores propuestos de este factor de corrección β para diversa dimensión de la cimentación B, se muestra así.

$$A = \pi r^2 \beta = 1.00 \text{ para } 0 \leq B \leq 1.2m \quad \text{Ecuación 2.17}$$

$$\beta = 1.13 - 0.11B \text{ para } 1.2 \leq B \leq 3.00m \quad \text{Ecuación 2.18}$$

$$\beta = 0.83 - 0.01B \text{ para } 3.00 \leq B \leq 12 \quad \text{Ecuación 2.19}$$

Para su determinación de resultados directos es necesario asumir el valor de C y ϕ de acuerdo de cada clase de suelo en la zona de investigación. De esta manera se escoge el valor de C y ϕ se asemejan cálculos similares entre la ecuación de Terzagui (1943) la ecuación presentada por Tercan et al (2006) estos resultados o valores se asemejan al nivel del suelo rasante, es decir $D_f = 0$, es decir:

$$q_a = (cN_c + \gamma D_f N_q + 0.5\gamma B N_\gamma) F_s = 0.1\gamma V_s/n \quad \text{Ecuación 2.20}$$

Dónde:

$D_f = 0$ Profundidad de cimentación

γ : Peso específico del suelo

B : Ancho de cimentación

N_c, N_q : Factores de capacidad de carga que son adimensionales y funciones sólo del ángulo de fricción del suelo ϕ .

F_s : Factor de seguridad

2.5.4. Método de refracción sísmica

2.5.4.1. Determinación de Tiempos de arribo

El sismograma llamado sismógrafo presenta número de arribo sísmico, q presenta un gráfico de muchas trazas. En cada uno de las recepciones le pertenece una traza. Se señala que las trazas de menor ocurrencia antes de ser impactado, apuntan la arribo de las ondas directas y refractadas por una alteración considerable; para lo cual requiere uso del software llamado Pickwin versión 3.14. Ver Figura 29.

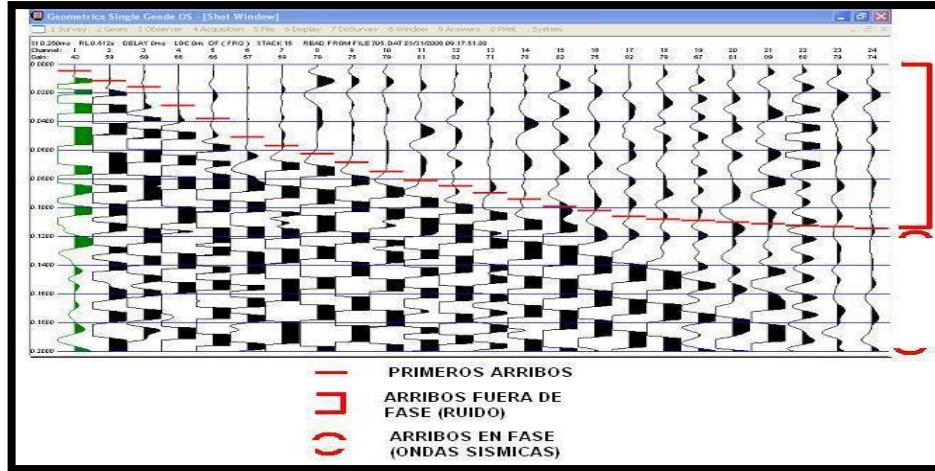


Figura 29: Determinación de tiempo de arribo en un registro.

Fuente: Pickwin.

2.5.4.2. Curvas Tiempo-Distancia (Dromocronas)

Después de presentar los tiempos de llegada para todo geófono, después de eso se abstraen las figuras distancia y tiempo o conocido como curvas Dromocronas, en la gráfica mostrada se procesa el cambio de pendiente de los tiempos determinados para cada geófono, en forma recta, esto da a saber la pendiente m y las líneas presenta velocidad aparente V_i , para un perfil i . Ver Figura 30.

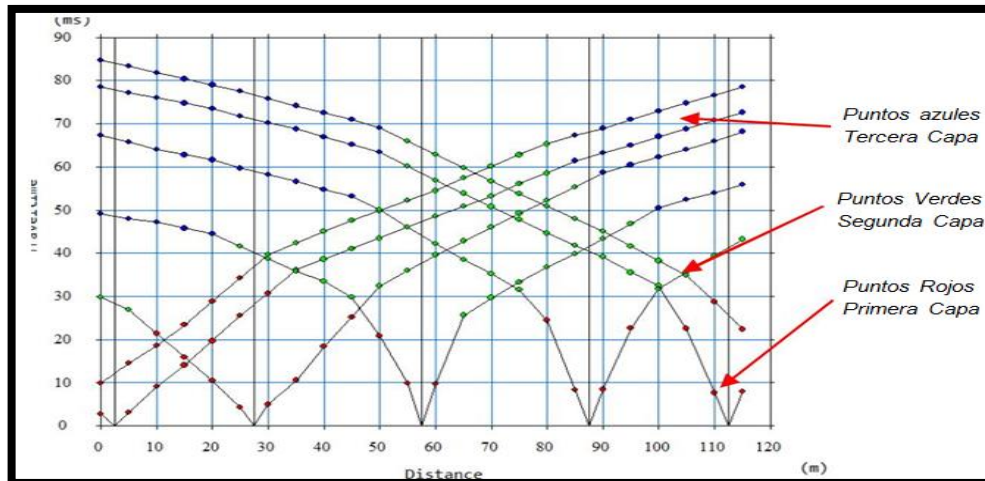


Figura 30: Curva tiempo - (Dromocronas).

Fuente: Pickwin.

2.5.4.3. Obtención de velocidad y espesores.

La siguiente presentación como la capa del suelo y las velocidades de corte son procesadas mediante software. En el transcurso de elaboración se hace cambio de hecho por topografía de cada geófono y en el lugar de explosión. En el mismo momento se acciona una aplicación de procedimiento de comienzo y modelamiento de inversión Ver Figura 31.

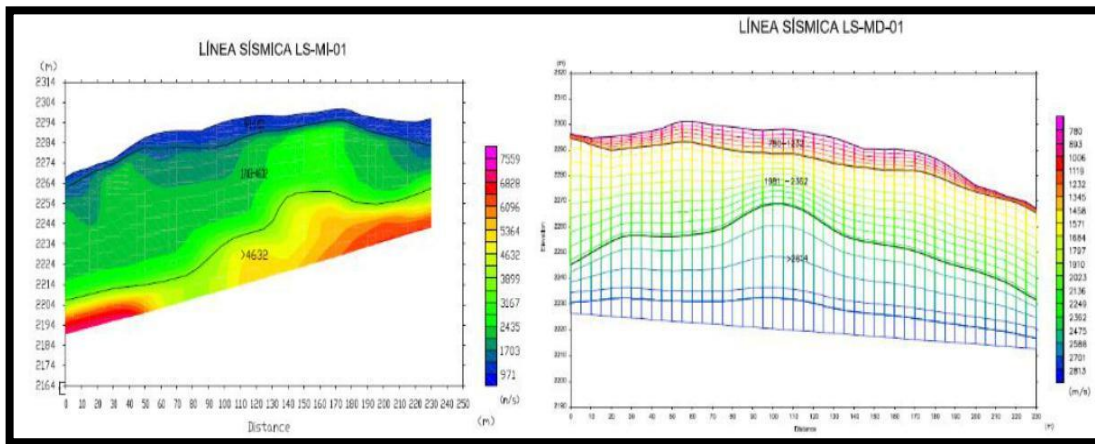


Figura 31: perfil: a) Modelamiento de inicio, B) Modelamiento fotográfico del perfil.

Fuente: Pickwin.

2.5.4.4. Construcción del Perfil de la Onda de Corte

Dispuse de determinar la velocidad que parece de la curva de dispersión, se calculan los valores de velocidad de onda de corte del sub suelo (Ver Figura 32), se hace una línea de mínimos cuadrados a cada curva de dispersión para construcción de perfil de la velocidad de ondas de corte. (Xia et al., 1999).

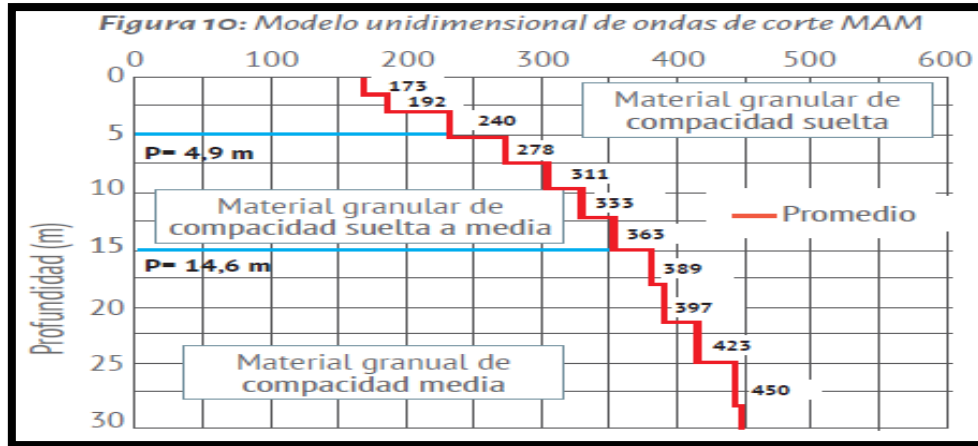


Figura 32: Perfil de corte (V_s) versus profundidad, obtenido a partir de las velocidades aparentes.

Fuente: Pickwin.

2.6. Aplicación de métodos experimentales con fines de investigaciones geotécnicas obligatorias norma sismo resistente E-030.

En estos últimos años está siendo utilizado con mayor frecuencia en los estudios geotécnicos como: estudio de suelos para cimentación de estructuras, cimentación en construcción de puentes, microzonificación sísmica de zonas urbanas, depósito de relave, carreteras, el aumento de mayor uso de estos métodos está creciendo como método sísmico, magnético, gravimétrico y otros, el método sísmico tiene mayor alcance en un estudio de suelos alcanzando una profundidad mayor y son métodos no invasivos sin necesidad de exploración de suelos, los ensayos tienen la facilidad de elaborarse en menos tiempo como ahorrar económicamente.

2.6.1. Cimentación de edificaciones (estructuras)

(Braja, 1997). En el área de ingeniería civil las cimentaciones para cada tipo de estructura como hospitales, edificios y otros necesitan un estudio amplio ya que las estructuras descansan sobre ella, deben resistir la vibración y el peso. En el diseño de cimentación adecuada, el ingeniero debe tomar buenas decisiones y conocer tipos de suelos, rocas. Se sabe que el suelo en diferentes zonas, sitios no son homogéneos, los perfiles de los suelos son variantes, por ello es lógico obtener la estratigrafía del sub suelo o capas bajo la superficie del suelo y sus

propiedades físicas. Con el objetivo de adquirir testimonio que hace favor al ingeniero geotécnico en:

La elección de cimentación óptima para su construcción de la estructura cuando el sitio presenta un terreno sano entonces la cimentación será de tipo superficial conocido como zapata y cuando se encuentra a más profundidad se diseñan llamado pilotes.

Conocer características del suelo, como pero volumétrico, módulo de corte, densidad del suelo. Determinar la localización del nivel freático.

En un ensayo y estudio del subsuelo se define varios ensayos en el sitio, entre ellos se menciona como ensayos directos; llamado perforación diamantina, calicata trinchera entre otros. Se nombran también como métodos indirectos; método de ondas sísmicas el refracción sísmica, Análisis de Multicanal de Ondas Superficiales Masw, Man, Cross Hole, Down Hole y el método de tomografía eléctrica este ensayo se utiliza principalmente para medir el nivel freático, en este ensayo analizamos por el método sísmico llamado ensayo de refracción sísmica y análisis de multicanal de ondas superficiales donde determinan las ondas de compresión y ondas de corte, determinan valores dinámicos, siendo la principal valor dinámico para tomar decisiones en la construcción de obras civiles. Ver Figura 33.

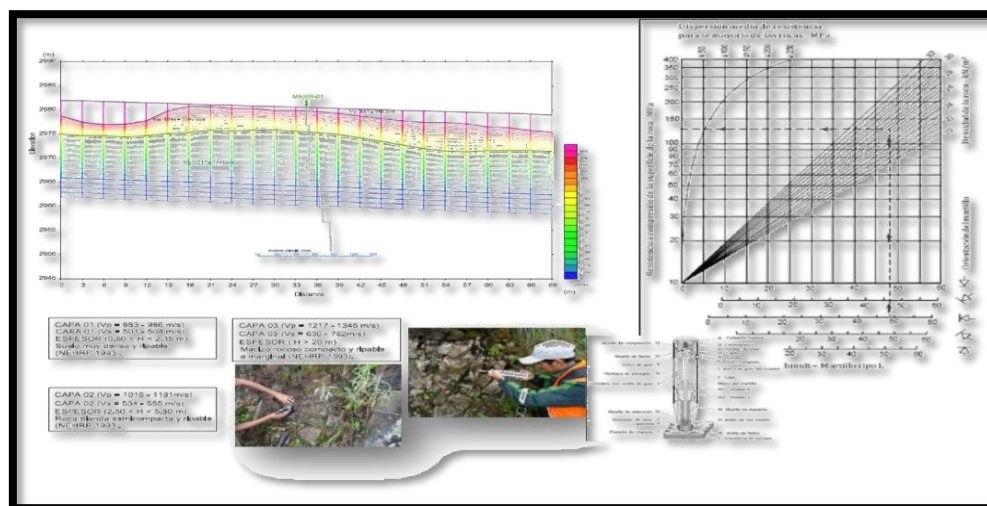


Figura 33: Estudio sísmico (RS y MASW) para la realización de capacidad portante del cuerpo y su estrategia.

Fuente: Pickwin.

2.6.2. Cimentación de presas de tierra y depósitos de relaves

Para la construcción de obras civiles como represas, acumulación de aguas y depósito de relave es muy importante el análisis y la investigación de mecánica de suelos llamado geología, estudio de rocas, estudio geofísico y el impacto ambiental. Dentro de ello se calculan las propiedades mecánicas, físicas, dinámicas, de los materiales para la decisión de una buena cimentación que será capaz de resistir grandes pesos de las estructuras en el futuro ya que estas son construidas transversalmente, estas estructuras pueden ser estructuras de tierra, roca para depósito de agua o acumulación que son necesarios para irrigaciones, para detener inundaciones de agua y abastecimiento de aguas y otros.

Para analizar la resistencia del suelo y el tipo del suelo como la capacidad de carga, permeabilidad en el suelo entre otros, para determinar los parámetros y propiedades de los suelos entre tantos ensayos geotécnicos existen métodos nuevos y garantizados como métodos sísmicos como geo eléctricos, en este tipo de ensayos determina la estratigrafía del suelo, cálculo de nivel freático, basamento rocoso de mayores áreas de estudio nos permiten y resultados en secciones bidimensionales comparado con estudios de ensayo directo que presentan de forma puntual y específica además son de menos costo que los ensayos directos. Ver Figura 34.

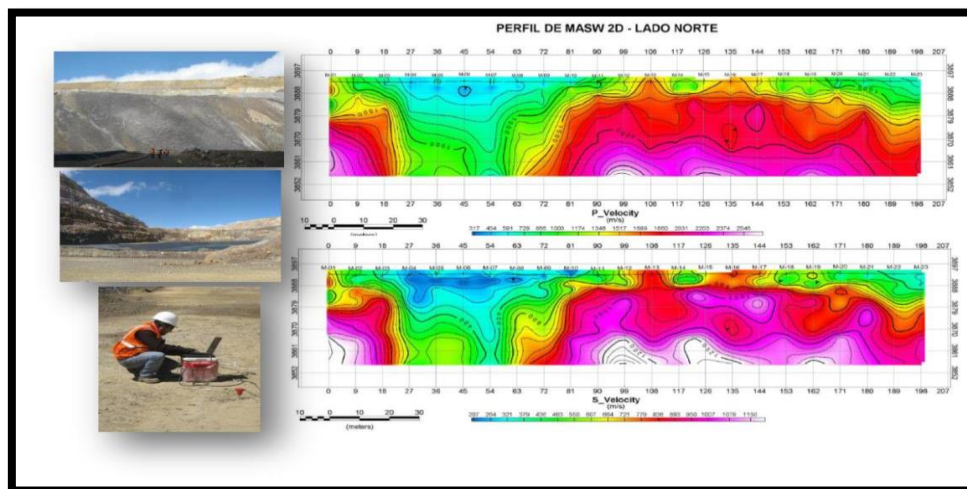


Figura 34: Estudio de MASW 2D para definir el posible nivel freático filtración y/o debilitamiento del terreno.

Fuente: Pickwin.

2.6.3. Estudio de estabilidad de taludes

Se llama también con el nombre de talud cuando esta inclinada en una superficie contacto suelo macizo de suelo y roca. Se pueden presentar de forma natural o determinarse de forma artificial denominado taludes de corte y terraplén.

En las obras de geotecnia en la evaluación de estudio de represas, minas a tajo abierto entre otros. Para ello es necesario la evaluación de estratificación de suelos, filtración en los taludes, determinación de fallas de desprendimiento de rocas, por ello son importantes el análisis de los métodos numéricos para su cálculo de estabilidad de los suelos a nivel de estudio por los elementos finitos.

En el estudio de estabilidad requiere estudio geotécnico con el deseo de culminar las características geotécnicas para la obtención de nivel freático del suelo, la estratigrafía a nivel del sub suelo son realizados por los estudios de método geofísico conocidos estudios sísmicos y otros.

En un desprendimiento de suelos o rocas en un talud natural o artificial se generan movimientos o contactos entre la roca alterada o la roca sana y suelos depositados que se asientan sobre ella. Para lo cual es muy importante analizar la posición de este tacto, que por centros de estudio indirectos y/o cualitativos pueden alcanzar este aviso. Ver Figura 35.

El estudio por los dos métodos refracción y MASW definen el análisis de clasificación de materiales y la estratificación del material en el talud.

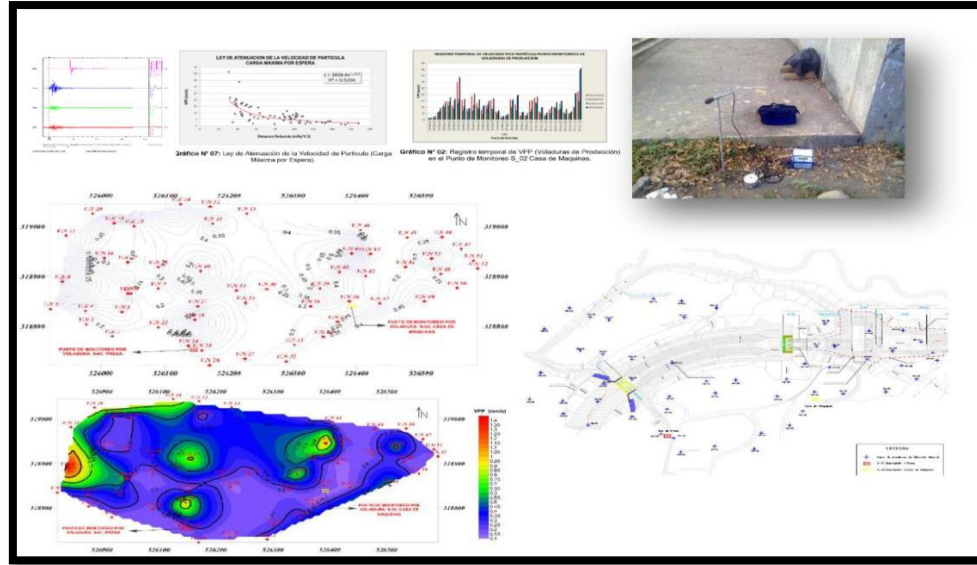


Figura 36: Mapa de microzonificación sísmica en el sitio.

Fuente: Pickwin.

2.6.5. Estudios en obras viales (carreteras, puentes, túneles)

La importancia de estudio de suelos en obras viales que parece indispensable debido a que es una obra vial también es muy importante como puentes, túneles, carreteras que requieren una cimentación antes de su construcción. También para estos estudios el ensayo de geofísica ha sido útil y una importante herramienta, como se ha mencionado; en puentes el nivel freático de suelos para cimentación, para zonas de relleno, la estratificación de suelos y de los otros factores que pueda ocasionar un malestar en la construcción.

La exploración geofísica en el trabajo de carreteras resulta más meticulosa, optemos por lo que tiene la zona extensa en realizarse, los estudios de exploración y pérdida de tiempo en su realización, por último, los ensayos geofísicos reducen el costo económico.

Para estudio de suelos en puentes es importante el análisis de suelos como macizo rocoso en cada margen que se proyecte. Ver Figura 37.

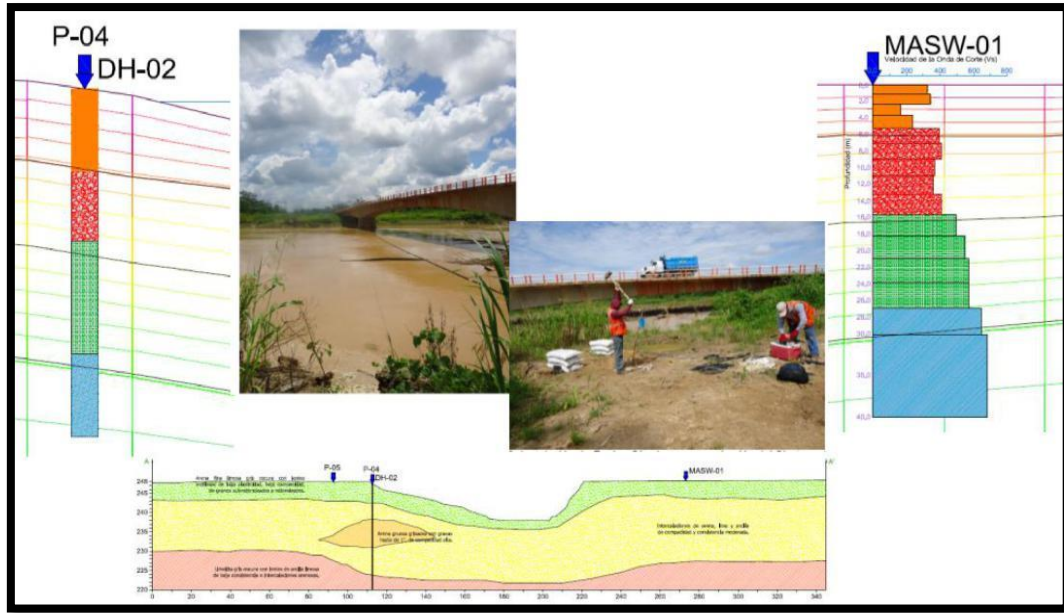


Figura 37: Estudio de análisis multicanal de ondas superficiales en la obtención de datos de la estratigrafía del suelo, en la construcción del puente.

Fuente: Pickwin.

CAPITULO III MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

El estudio se desarrolló en el pueblo Joven Belén, Distrito de Espinar, Provincia de Espinar, Departamento Cusco.

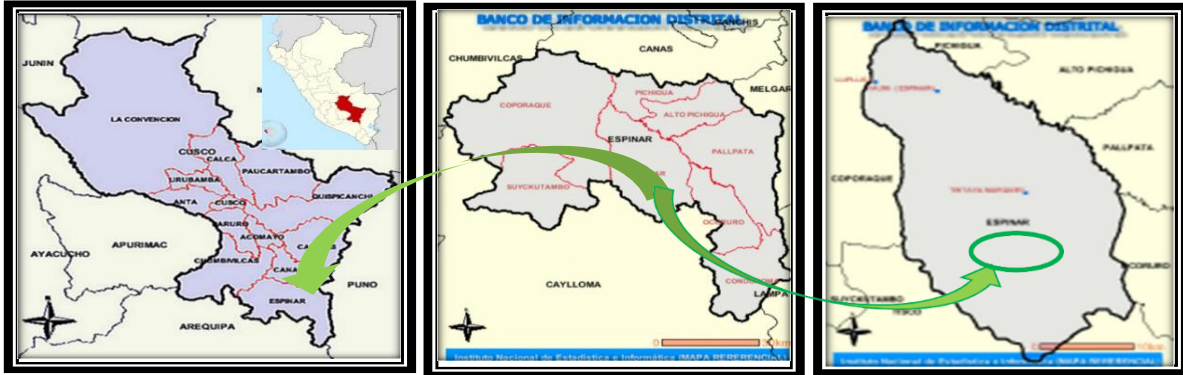


Figura 38: Localización a Nivel Nacional y provincial Yauri Espinar.

Fuente: https://es.Wikipedia.org/wiki/provincia_Espinar



Figura 39: Superficie del pueblo joven Belén.

Fuente: (plano referencial Google Earth)

3.2. Datos generales de la zona de estudio

3.2.1. Ubicación geografía

El pueblo Joven Belén Distrito de Espinar, Provincia Espinar está localizado en la zona sierra- sur del Perú, en la Provincia de Espinar del Departamento de Cusco.

Tabla 8: *Coordenadas UTM de la zona de estudio.*

Norte	Distrito de Coporaque y Pichigua.
Sur	Distrito de Suykutambo.
Este	Distrito de Pallpata y Alto Pichigua.
Oeste	Distrito de Coporaque y Suykutambo

Fuente: Elaboración propia.

3.3. Población y muestra

3.3.1. Población

Vara (2012) lo resolverse como al grupo de cosas o sujetos las cuales poseen una o más características en común y se presentan en un territorio o espacio en el cual se va a estudiar.

En el siguiente estudio se localizó como población de investigación al pueblo Joven Belén ubicado en el noreste de la ciudad del Distrito de Yauri Espinar- Cusco.

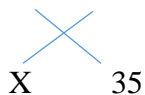
Para alcanzar la cantidad de puntos de estudio se ha anotado los datos capaces por el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) Norma E-050 suelos y cimentaciones.

TABLA N° 2.3.2	
NUMERO DE PUNTOS A INVESTIGAR	
Tipo de edificación	Número de puntos a investigar (n)
A	1 cada 225 m ²
B	1 Cada 450 m ²
C	1 cada 800 m ²
Urbanizaciones	3 por cada Ha. de terreno habilitado

Figura 40: cantidad de puntos de estudio

La presente espacio de superficie total de estudio perteneciente a 35 hectáreas alrededor de (350,000 m²). Después la población a estudiar se presenta el siguiente mencionado:

3 puntos - 1 hectárea



$$3 * 35 = 1 * X$$

$$\text{Población} = 3 * 35$$

Población = 105 puntos de investigación

3.3.2. Muestra

La muestra representativa de la población de donde se extrae la muestra tamaño adecuado para garantizar el análisis estadístico, también llamado muestra un sub conjunto y en momento de acción continua de selección se le comprende o se entiende como “muestreo”

Vara (2021) aclara la muestra como la cantidad seleccionado o extraído de una población de un método racional que usualmente comienza de la población.

En este caso sabemos el tamaño de la población y poner en practica la continuación de la fórmula para hacer el análisis matemático del tamaño maestral propuesta por (Spiegel y Stephens, 2009).

$$n = \frac{N * Z_{\alpha}^2 * p * q}{e^2 * (N - 1) + Z_{\alpha}^2 * p * q} \quad \text{Ecuación 3.1}$$

Donde:

n= El Tamaño real de una muestra después de la selección de la población.

N= Cantidad de números elementos en conformar la población.

Z= grado de confiabilidad, 1.96 para el 5% del nivel de significado, es decir que el 95% de probabilidad de que el valor verdadero de lo que se está haciendo el ejercito del entendimiento en la población, se ubica en la muestra analizada. A continuación se calcula el valor de “z” con la asistencia de tabla para la compartición normal normalizada, que alcanza a ser .96 como se le muestra en la figura 42.

Nivel de confianza	Z _{alfa}
99.7%	3
99%	2,58
98%	2,33
96%	2,05
95%	1,96
90%	1,645
80%	1,28
50%	0,674

Figura 41: Nivel de confianza

Fuente: (Spiegel y Stephens, 2009)

e = es un valor asumido de error en el cálculo, cuando no tiene un valor generalmente se utiliza un valor resaltante variante entre el 0.01 (1%) y 0.009 (9%). Para este caso asumiremos el máximo error permitido de 0.09, es decir el 9%.

p= es la probabilidad donde la población presenta las mismas características. (0.99 para 99%)

q= característica de que la población no presencia las propiedades. (0.01 para 1%)

Sustituyendo en la ecuación poseemos:

$$n = \frac{N * Z_{\alpha}^2 * p * q}{e^2 * (N - 1) + Z_{\alpha}^2 * p * q} \quad \text{Ecuación 3.2}$$

$$n = \frac{105 * (1.96)^2 * 0.99 * 0.01}{(0.09)^2 * (105 - 1) + (1.96)^2 * 0.99 * 0.01} = 5$$

De acuerdo al análisis matemático desarrollo se tiene que la cantidad de muestra es de desarrollar 5 calicatas para 35 hectáreas.

Tabla 9: *Imagen de la Zona de investigación.*

Zona de investigacion	Numero de estudio	Profundidad de investigación	Caracterización del área
Áreas vulnerables por actividad sísmica.	RS-Masw 1	25 @ 30 m, Masw	Mercado zonal PP. JJ. Belén
	RS-Masw2	25 @ 30 m, Masw	Terreno Colegio Almirante Miguel Grau
	RS-Masw 3	25 @ 30 m, Masw	Terreno tablada plaza de ganados
	RS-Masw 4	25 @ 30 m, Masw	Calle Santo Domingo local barrial PP. JJ. Belén -2
	RS-Masw 5	25 @ 30 m, Masw	Calle Inka con calle Buenos Aires PP. JJ. Belén
	RS-Masw 6	25 @ 30 m, Masw	Coliseo municipal PP.JJ. Belén -Espinar
	RS-Masw 7	25 @ 30 m, Masw	Calle Quinsachata lote 48 PP. JJ. Belén

Fuente: Elaboración propia (mapa referencial)

3.4. Diseño de la investigación

Diseño de la investigación es cuantitativa

Hernández, Fernández (2010) cita que el acercamiento cuantitativo se formula por plantear un marco teórico, de este modo nacen una y cambia la hipótesis de la adquisición de información, con parte inferior en la dosificación numérica y el análisis mediante métodos estadísticos, con la intención de examinar teorías.

Por este caso, la inestable cuantitativa se mide utilizando un aparato o por medio lo que se nota. Las mediciones poseer un valor numérico.

3.5. Tipos de la investigación

El tipo de investigación es descriptivo

Busca detallar como es y cómo se manifiesta nuestro fenómeno de estudio, medir u obtener información sobre los conceptos o variable de estudio, finalmente el estudio es descriptivo puesto que la realidad se describe sin alteraciones (Kelling, 1992).

3.6. Formulación de hipótesis

3.6.1. Hipótesis general

El grado de vulnerabilidad sísmica de suelos aplicando el ensayo de refracción sísmica y el metodo (Masw) en la zona del pueblo Joven Belen del Distrito de Yauri Espinar – Cusco es alto por que es susceptible a la licuefacción.

3.6.2. Hipótesis específica

- A partir de refracción sísmica presenta un material suelto con diferentes estratos hasta una profundidad de 30 m y a partir del multicanal de las ondas superficiales (Masw) presenta con material de compacidad suelto y material de compacidad medianamente suelta, con velocidades de corte que varía de 300 a 700 m/s.
- El material muestra las características dinámicas según el perfil de suelo S2 conforme a la NTE E.0.30 y la capacidad portante de suelos varía de 0.5 a 1.2 kg/cm² en suelos de arcilla blanda y arcilla limosa mediante el ensayo de Masw.
- La microzonificación sísmica de suelo en el área estudiada aplicando el ensayo de Masw corresponde a suelos intermedios.

3.7. Variables de la investigación

Tabla 10: Operacionalización de la variable

Tipo de Variable	Variable	Definición conceptual	Indicadores
Independiente	Características de suelo de fundación, capacidad portante de suelos, calidad de los materiales y microzonificación.	Son las características del suelo que se desarrolla lo primero de una construcción	estratigrafía nivel friático velocidad velocidad de compresión velocidad de corte capacidad portante deformación resistencia
Dependiente	Nivel de vulnerabilidad sísmica de suelos	Es el grado de susceptibilidad estructural que presenta las propiedades del suelo a sufrir daños por la acumulación de los movimientos sísmicos	método indirecto método geofísico

Fuente: Elaboración propia.

3.8. Técnicas de recolección de datos e instrumento

Tabla 11: Instrumentos y técnicas de recolección de datos

Variables	Técnicas	Instrumentos
característica de suelos	medición, observación	sismógrafo, fuente sísmica, cables de geófono
estratigrafía del subsuelo	medición	sismógrafo, fuente sísmica, cables de geófono
ondas sísmicas	medición	sismógrafo, fuente sísmica, cables de geófono

Fuente: Elaboración propia

3.9. Descripción de equipo de medición utilizado para el ensayo de refracción sísmica y Masw.

3.9.1. Sensores o geófonos

Se llama sensores y receptores que se encargan en transformar el movimiento sísmico del material a señales eléctricas de frecuencia y amplitudes análogas mediante una onda sísmica que son recibidos y registradas por un sismógrafo, los llamados sensores están acoplados conformados por una sistema de amortiguamiento base en la cual se intercalan varias espiras y un imán, un sistema mecánico de colgar y encima una capacidad para regular de la señal que puede ser empleado también el dominio de atenuación.

Al ocasionarse un impacto severo en la superficie del terreno este sistema recibe una señal del voltaje llamado pulsos eléctricos, se sabe que para valores menores los sensores tienen una frecuencia natural, conociendo que, para medida de importancia pequeños a esa frecuencia, el espacio de un terreno del movimiento decrece longitudinalmente hasta llegar a cero. Los geófonos se conectan a un metro de distancia hasta dos metros aproximadamente de forma lineal luego son enlazados al cable del sismógrafo

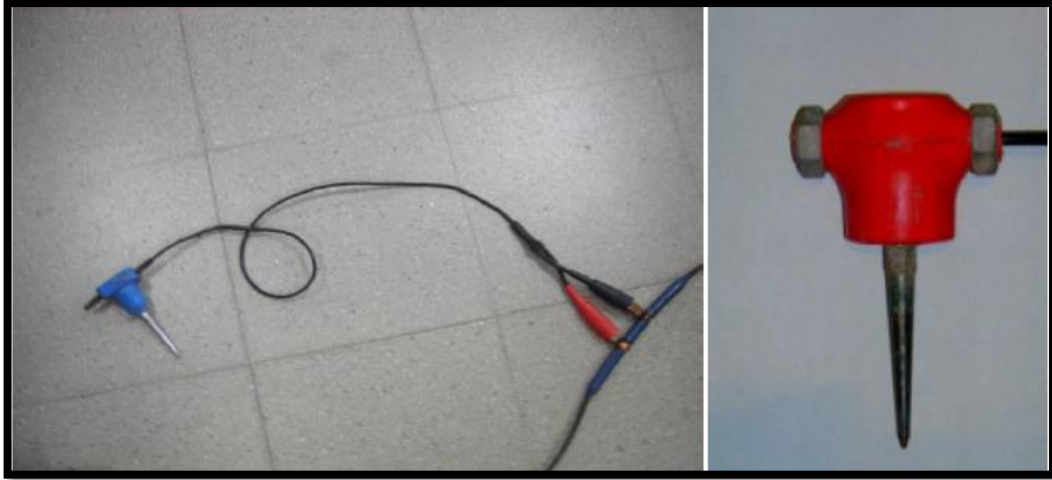


Figura 42: Geófono de 14 HZ utilizado para estudio de Refracción sísmica.

Fuente: Elaboración Propia

3.9.2. Cable sísmico conector de geófonos

Los cables sísmicos son conectores de los geófonos se extienden de forma lineal y van conectado por cada geófono distanciado de 1 metro a 2 metros de longitud aproximadamente. Este cable se encarga en transportar las señales eléctricas convertidas por los geófonos, también tiene centros de enlace eléctrica donde se coloca a cada receptor a intervalo uniforme. (ver Figura 43).



Figura 43: Cable sísmico.

Fuente: Elaboración Propia

3.9.3. Fuente sísmica (sistema de disparo trigger)

Llamado fuente sísmica, martillo o disparo trigger cuando al provocar un fuerte impacto en suelo se generen las ondas sísmicas como llamado vibraciones en el suelo. se encarga en enviar de la señal a la grupo de obtención de información provocados en el momento de impacto o la explosión, (ver Figura 44).

El uso de adecuado para los estudios sísmicos de refracción como análisis de multicanal de las ondas superficiales se recomienda un martillo de 10 libras, para este proyecto de investigación de refracción sísmica y análisis de multicanal de ondas superficiales se logró utilizar el martillo de 16 libras convirtiendo para una buena propagación en terreno o zonas que puedan ser desfavorables en el ensayo. (Ver figura N°44). Es esencial para conseguir y llegar superficial de estudio más grandes a 25 m de profundidad.



Figura 44: Martillo utilizando como fuente sísmica.

Fuente: Elaboración Propia

3.9.4. Sismógrafo

El sismógrafo se encarga en recibir los impulsos eléctricos generados y enviados de los geófonos luego se convierten en señales analógicas a señales digitales, de esta manera se almacenan los datos sísmicos. Después del almacenamiento en el sismógrafo es directamente procesado mediante los usos de software usado por una laptop que finalmente facilita el rápido resultado de datos de forma archivo digital. Un sismógrafo GEODE de 24 canales es más común con la diferencia que los geófonos aplicados son de 4.5 Hz de frecuencia. (Ver Figura 45).

CARACTERÍSTICAS	VALOR NOMINAL
Nº de canales	24
Resistencia de salida	> 600 Ω
Rango de frecuencia	10 - 400 Hz
Filtro de frecuencias	10, 15, 25, 35, 50, 70, 100, 140, 200, 280, 400 Hz.
Ganancia	63X(36 dB) 2%
Tiempo de registro	64, 128, 256, 512, 1024
Tiempo de retardo de registro	0-999 ms
Tiempo de pre-arranque	90% duración general
Sistema de mando	Computadora IBM AT-80386sx
Tensión de alimentación	12 V
Potencia de consumo	48




Figura 45: Sismógrafo Geode.

Fuente: Geometrics

3.9.5. Unidad de control y almacenamiento

Consiste en dos tipos de almacenamiento como sismógrafos propios y por otro lado consiste en una laptop portátil en donde se ha instalado el sistema operativo conectado procesamiento de datos y adquisición de información de los parámetros (ver figura 45). En muchos modelos de sismógrafos, la interface entre la laptop y el sismógrafo es a través de una caja NIB (Net Interfac Box) y un cable especial de conexión entre la NIB y el sismógrafo.

3.10. Procesamiento de campo para la realización de la inspección

3.10.1. Trabajo de campo refracción sísmica

El trabajo de campo se realizó el día 22 de agosto de 2020 a las 8.30 am, en el pueblo Joven Belén de la ciudad de Espinar departamento Cusco. En la figura 47 se coloca una representación gráfica de localización de la línea de vigilancia por refracción realizada.

La tomografía del sitio es actualmente plana, sin vegetación, 60 % de calles pavimentados no se encontraron cúmulos de basura, en el sitio se encuentra tres obras civiles importantes.

Con respecto a la temperatura, se presentó un día de cielo despejado, con escasa posibilidad de llovizna, la temperatura presenta aproximadamente de los 14 grados centígrados. Por otro lado, el lugar presenta muy bueno para el trabajo de investigación, lo que se pudo observar todas las comodidades del suelo sin pendientes considerables.

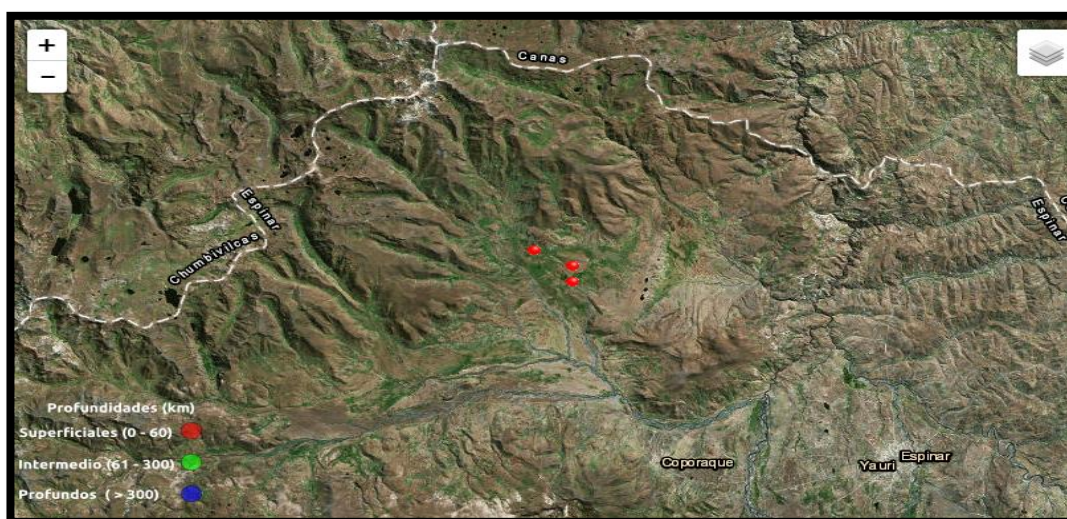


Figura 46: Ubicación de la línea sísmica, Pueblo Joven Belén

Fuente: Adaptado de Google Earth

Para preparar la sesión en primer lugar es necesario extender la cinta métrica fijando en el extremo de la tierra con una varilla de acero cortado y tendido de cable sísmico por refracción y Masw, a nivel del suelo uniforme en línea recta desde el punto de inicio y final con una longitud de 69 metros, de esta manera se realizó la localización de 24 geófonos y lugares de disparo, en línea recta a espaciado uniforme (ver fotografía 47).



Figura 47: Ejemplo de trazo de la línea de inspección por refracción.

Fuente: Elaboración Propia

Tendido de geófono. Se colocaron los 24 geófonos verticales de HZ espaciados a una longitud de 2m cada una uniformemente introducido al suelo y se colocan al cable de tendido, el cual a su vez se colocan al sismógrafo. Por necesidad se sugiere colocar el cable de conexión de los geófonos al sismógrafo a la izquierda de la línea de geófonos, tomado como apoyo la localización del sismógrafo (ver Figura 49).

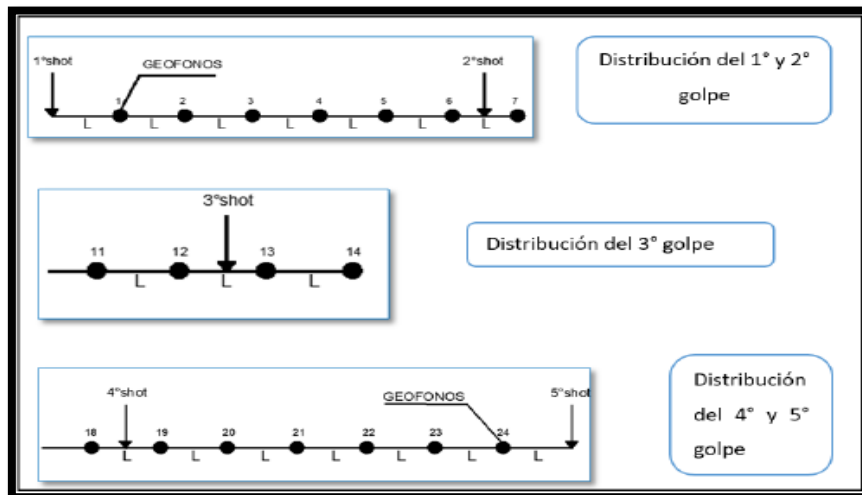


Figura 48: Puntos de impacto del ensayo de refracción sísmica



Figura 49: Colocación de geófono (izquierdo) conexión de geófono al cable de los geófonos (cable sísmico), el cual que transmite las señales al sismógrafo (derecha).

Fuente: Elaboración Propia

Se coloca la placa de acero circular de aproximadamente 15 x 5 x 1.5 cm con cable extendido en el punto de inicio menos un 1 m del geófono N° 1 y el extendido del cable de la fuente sísmica de 16 libras ambos conectados al sismógrafo (ver fotografía 50).



Figura 50: Coloración del cable de conexión del disparador o tigger a fuente de energía (mazo de 16 libras).

Fuente: Elaboración Propia

Seguidamente se realizó la conexión de los cables sísmico del sismógrafo (ver Figura 51).



Figura 51: Conexión de los cables de los geófonos y del disparador al sismógrafo.

Fuente: Elaboración Propia

Se realizó los puntos de disparo entre tres a cuatro golpes en cada uno de los puntos, con la finalidad de obtener mejor recepción en las señales, el primer disparo a 0.00 metros, segundo disparo de 0.00 a 1.50 metros, tercer disparo de 1.50 metros a 1 metros cercano de primer geófono, cuarto disparo entre los geófonos 7 a 8, quinto disparo entre los geófonos 12 a 13, sexto disparo entre los geófonos 18 a 19 y séptimo disparo más 1 metro del geófono 24, octavo disparo más 1.50 metros.

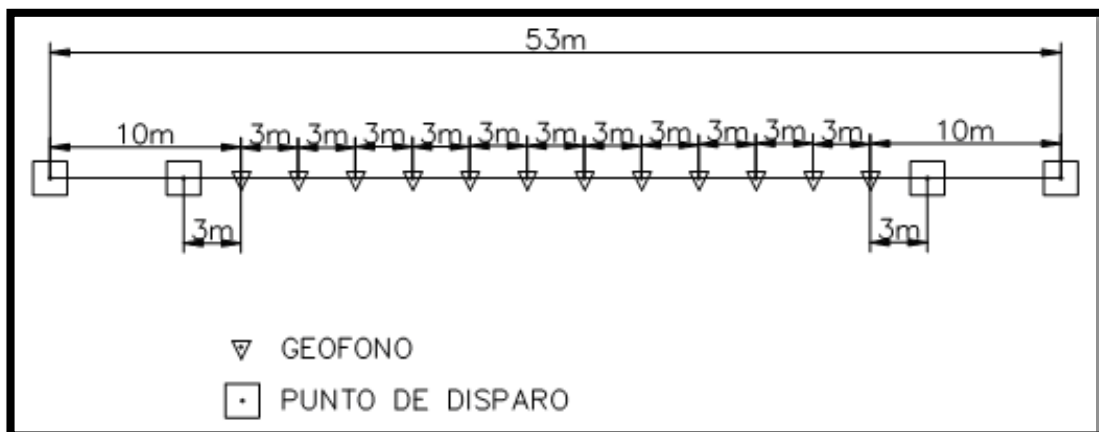


Figura 52: Configuración usado en el estudio de refracción sísmica.

Fuente: Elaboración Propia.



Figura 53: el uso de la fuente de energía (mazo de 16 libras) en los cuatro puntos de disparo trazados.

Fuente: Elaboración Propia.

3.10.2. Procesamiento por ensayo de refracción sísmica

En la realización de desarrollo de la información de refracción sísmica, también se ha hecho el análisis para la localización de los inicios de arribo de la onda de compresión dando sitio a las dromocronas donde se observa y se denota el número de estratos que podemos tener.

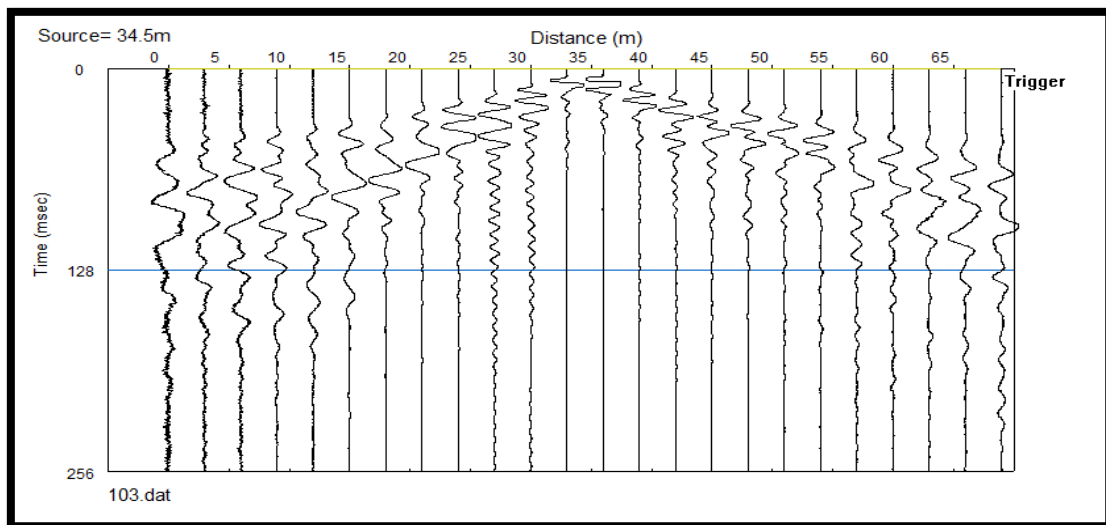


Figura 54: Registros de ondas complejionales.

Fuente: Elaboración Propia.

Después de establecer las capas de estratigrafía se consiguió un perfil geo sísmico de las ondas de compresión y a la vez se puede alcanzar la tomografía por medio del proceso de inversión de ondas, este cálculo presenta una medida importancia de la velocidad como ondas de compresión vs profundidad en rangos más sincretizados, en el cual se ve el perfil del suelo de parecer al relieve de las capas.

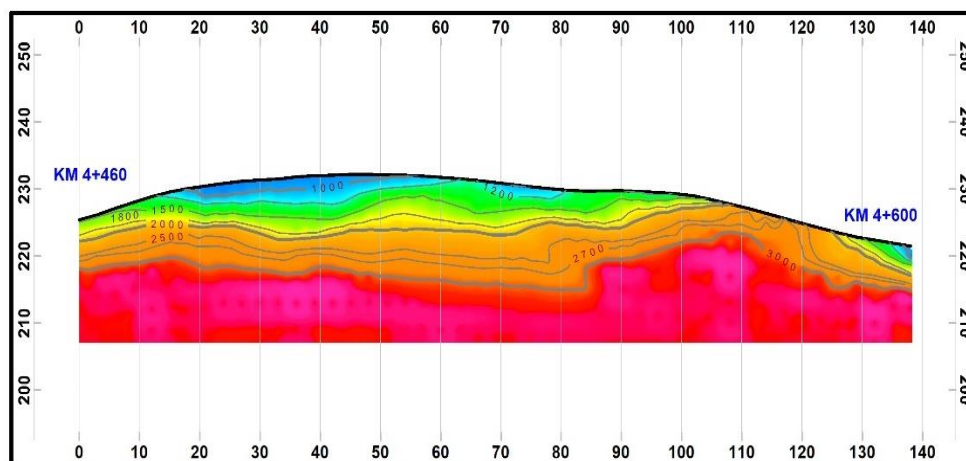


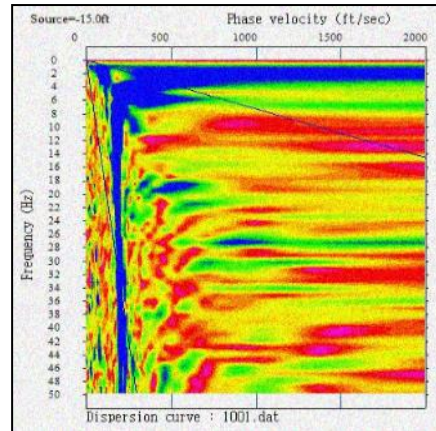
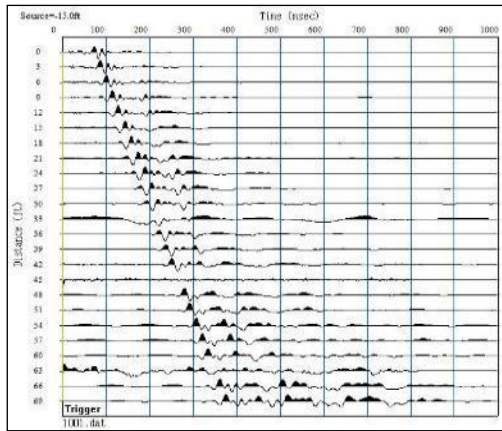
Figura 55: Ejemplo de perfil geo sísmico del suelo al igual de velocidad ondas de compresion.

Fuente: Elaboración Propia.

3.10.3. Procesamiento por ensayo (MASW)

Para operación de registros de campo, se desarrollan las inversiones de las velocidades de ondas de corte por análisis de dispersión de las ondas de subsuelo.

Mediante un procesamiento minucioso se obtiene un gráfico de longitud versus tiempo y después por las conversiones de Fourier se alcanza las curvas de velocidad de fase versus frecuencia en cuando se puede mostrar la orientación de la onda de fase que luego determina la velocidad de la onda de corte, de esta manera se obtienen las curvas de dispersión. En el modo fundamental producido en el ensayo. (Ver Figura 56).



a) Tiempo de arribo de la onda de corte para diferentes distancias.

b) Curva de la velocidad de fase vs frecuencia.

Figura 56: operación del registro de campo del ensayo MASW.

Fuente: Manual Seisimager 2D, 2009).

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Trabajo de campo

Como parte del estudio geofísico se desarrollaron la acontenuacion líneas de refracción sísmica.

Tabla 12: *Resumen de ensayos de Refracción Sísmica*

N°	RS	Longitud (m)	Coordenadas UTM (WGS 84)			
			Inicio		Final	
			Este	Norte	Este	Norte
1	RS 01	46	239593.24	8363029.34	239601.21	8362977.12
2	RS 02	69	239777.47	8363075.39	239718.81	8363044.20
3	RS 03	69	239743.74	8363440.29	239748.61	8363372.74
4	RS 04	69	239630.26	8363596.00	239554.64	8363611.05
5	RS 05	69	239486814	836.306.316	239748.61	8363372.74
6	RS 06	69	239479.16	8362686.97	239461.49	8362752.88
7	RS 07	69	239736.11	8362859.10	239745.37	8362787.72

Fuente: Elaboración propia

Para la interpretación del perfil de refracción se hace uso de cuadros con inportancia parecidos de velocidad de compresión.

Tabla 13: *Velocidad de la onda de compresión Vp.*

Descripción	Vp (m/s)
Suelo intemperizado	241 - 611
Grava suelta, arena seca	461 - 915
Grava compacta, arena saturada, roca alterada	1220 - 1830
Roca	3050 - 7000

Fuente: Según la Norma ASTM – D 5777-95.

4.2. Resultados de Medición mediante Refracción Sísmica

Conforme la informacion obtenidos de campo se obtuvo el siguiente perfil geo sísmico.

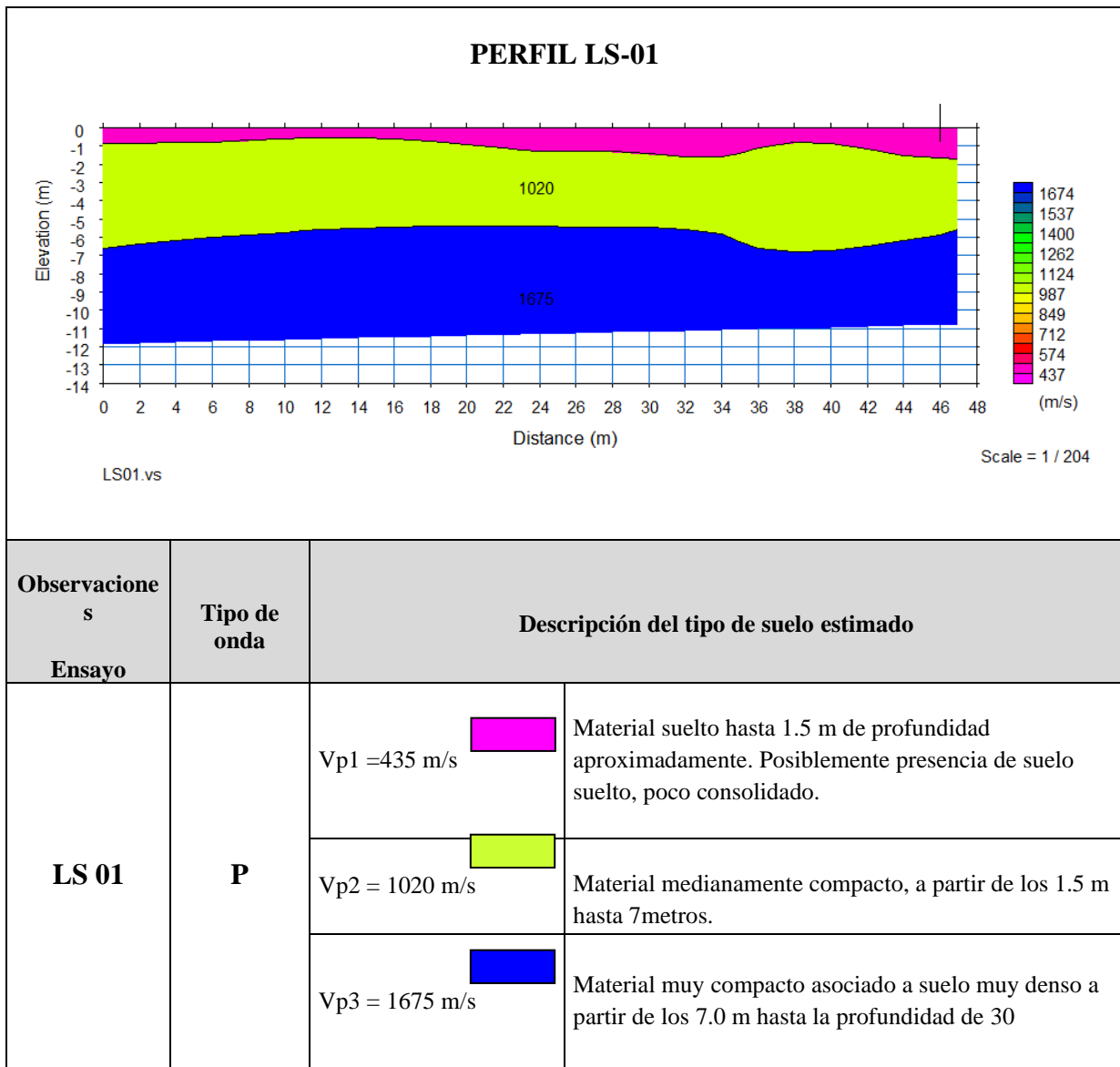


Figura 57: Resultados y descripción de los ensayos de refracción sísmica LS01.

Fuente: Elaboración Propia.

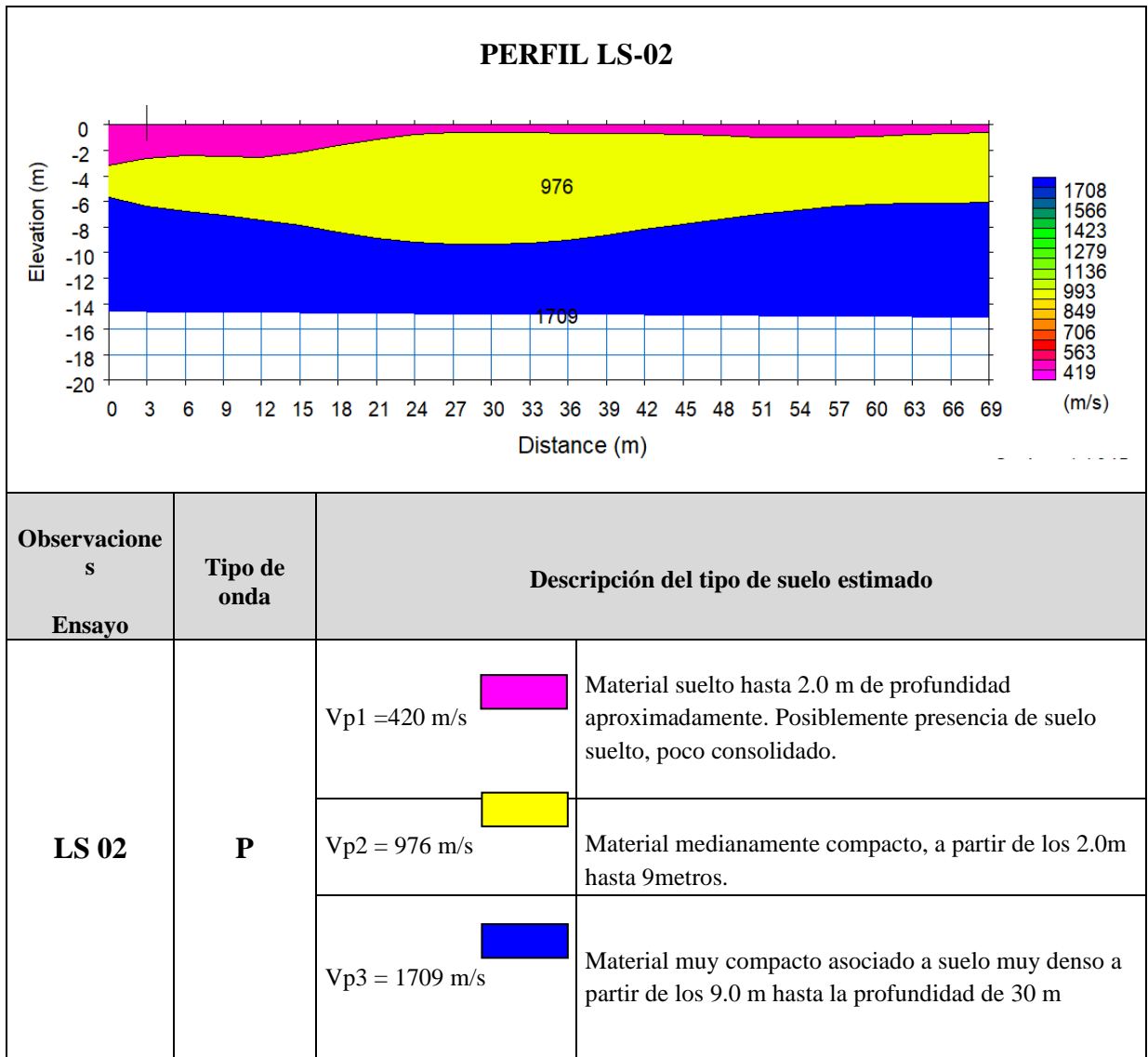


Figura 58: Resultados y descripción de los ensayos de refracción sísmica LS02.

Fuente: Elaboración propia.

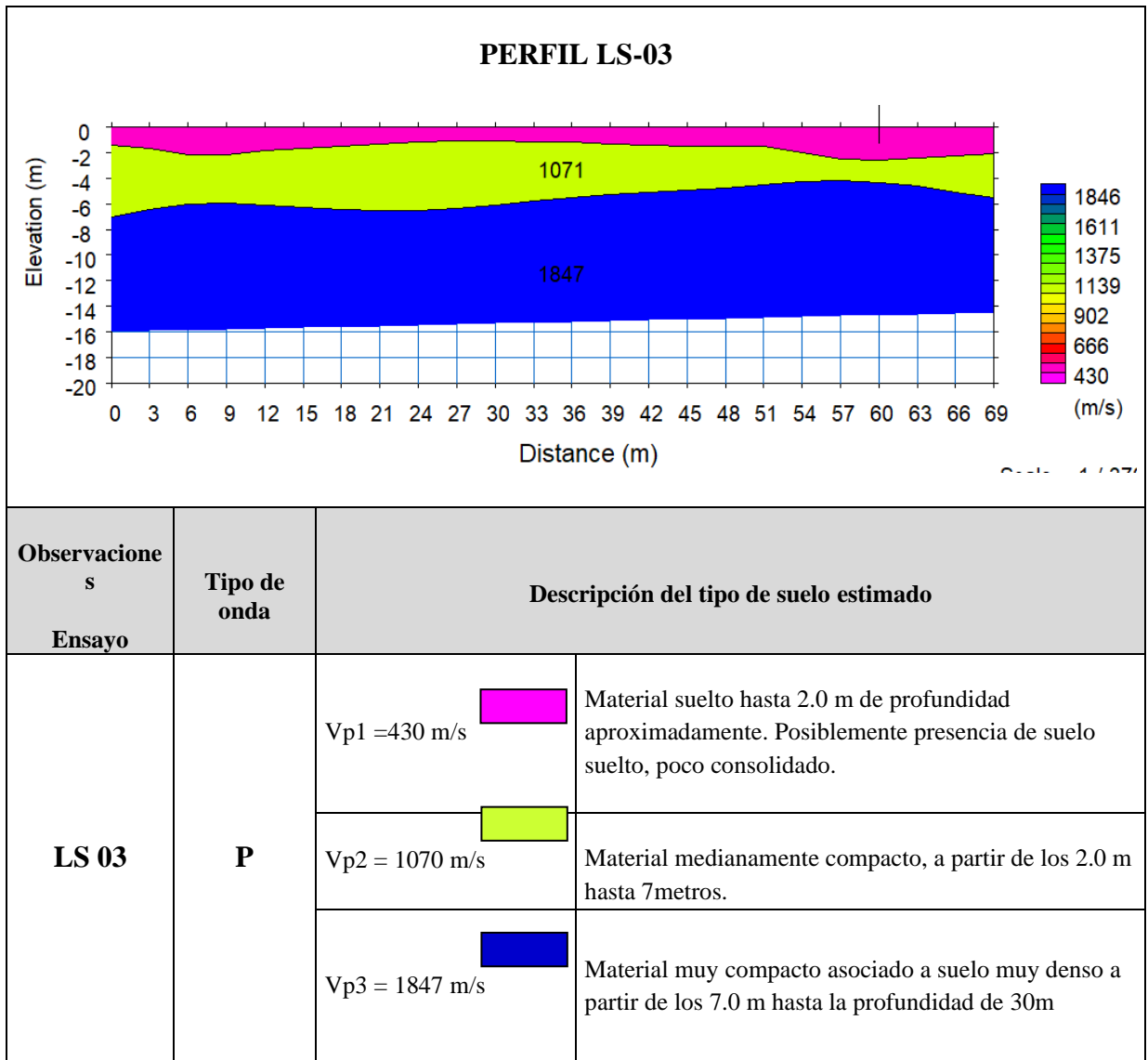


Figura 59: Resultados y descripción de los ensayos de refracción sísmica LS03.

Fuente: Elaboración propia.

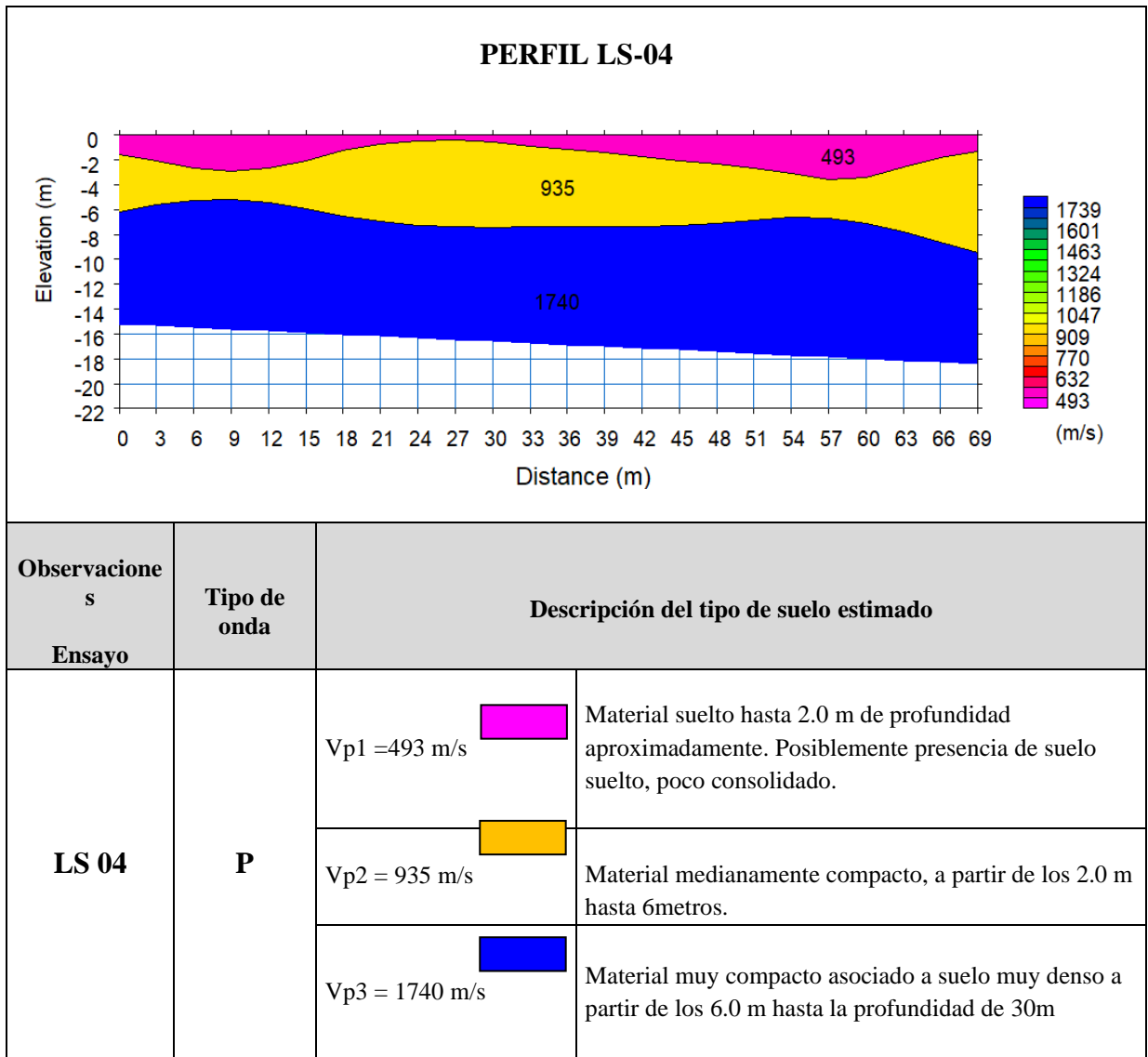


Figura 60: Resultados y descripción de los ensayos de refracción sísmica LS04.

Fuente: Elaboración propia

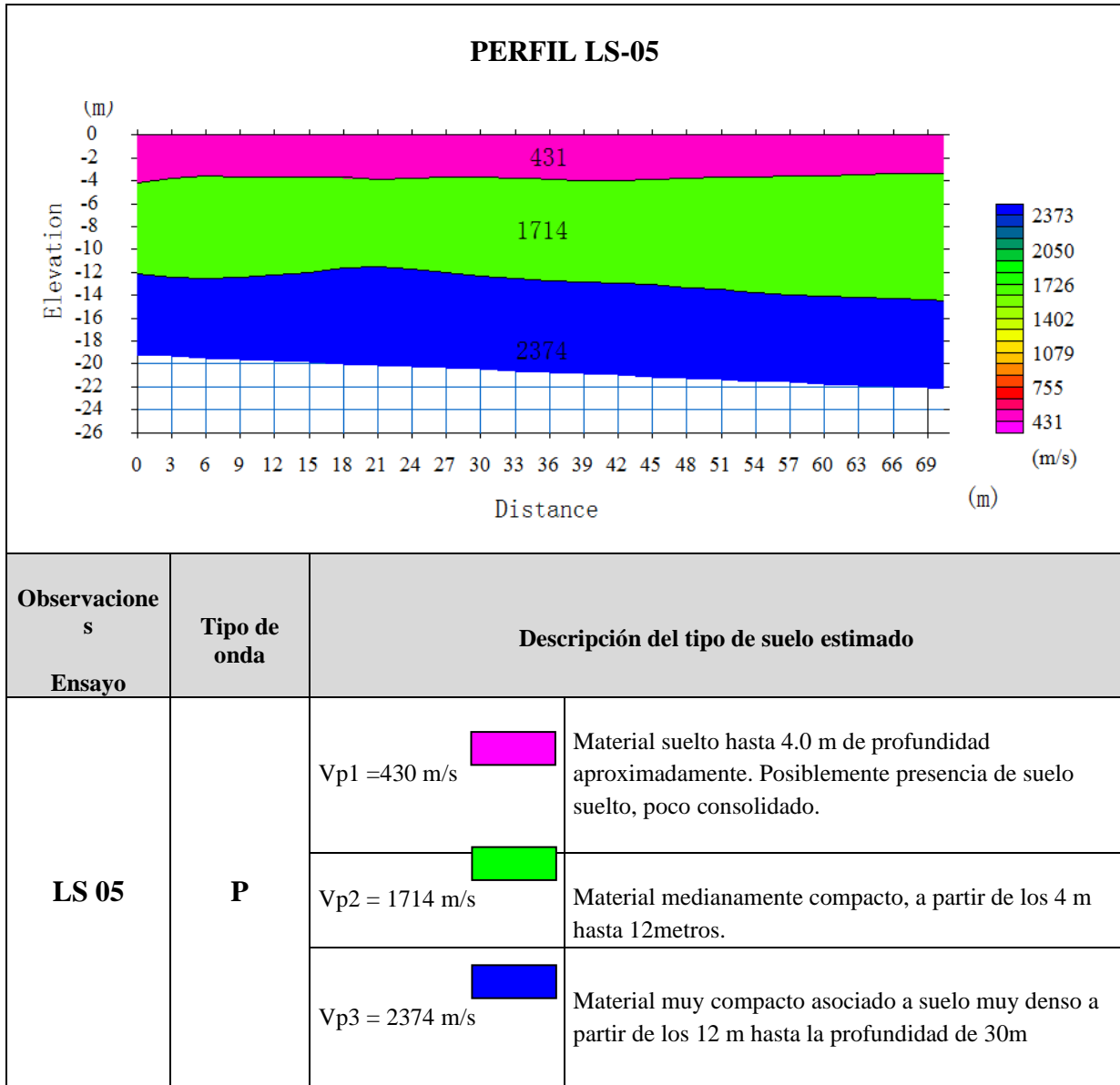


Figura 61: Resultados y descripción de los ensayos de refracción sísmica LS05.

Fuente: Elaboración Propia.

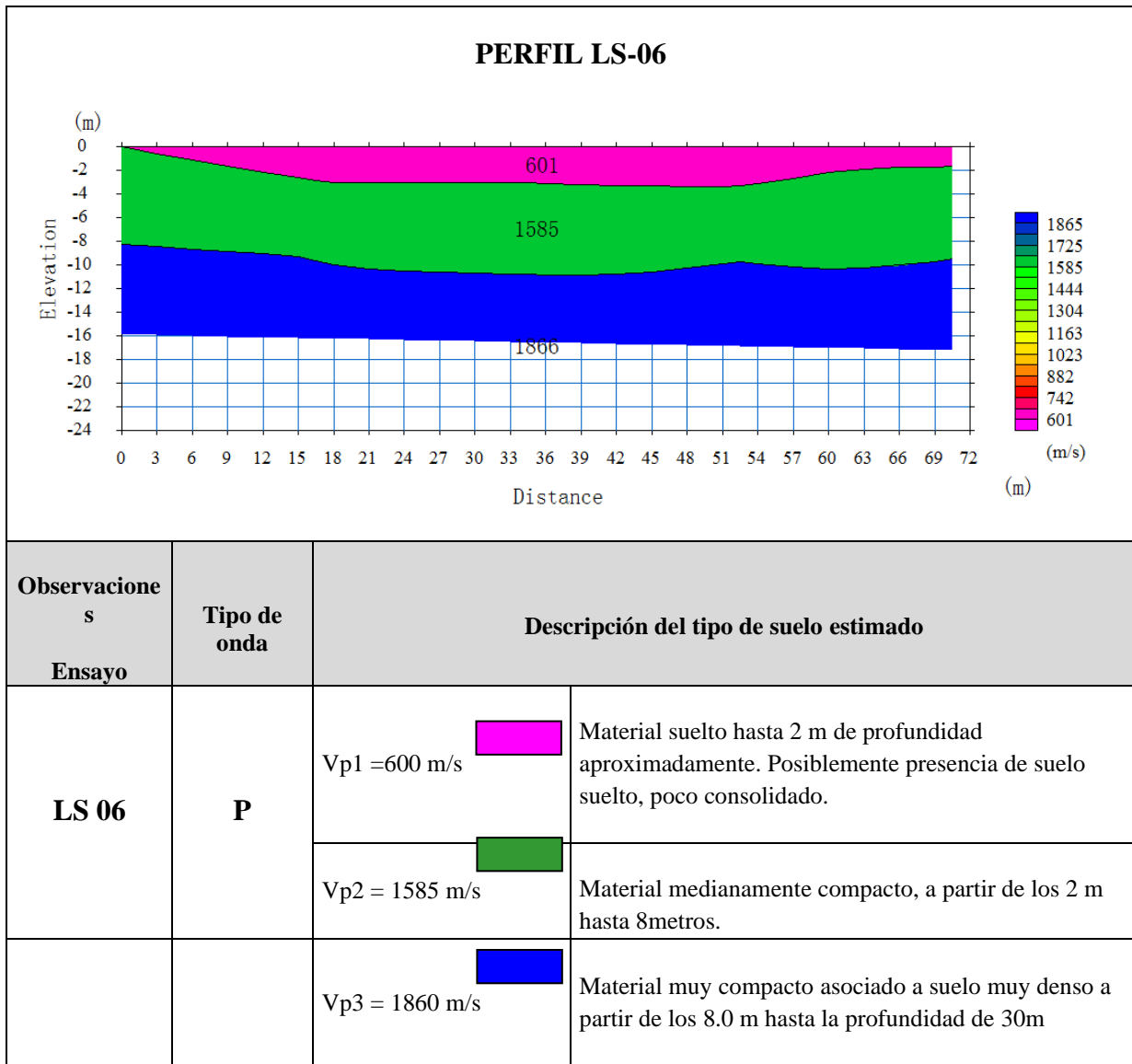


Figura 62: Resultados y descripción de los ensayos de refracción sísmica LS06.

Fuente: Elaboración Propia.

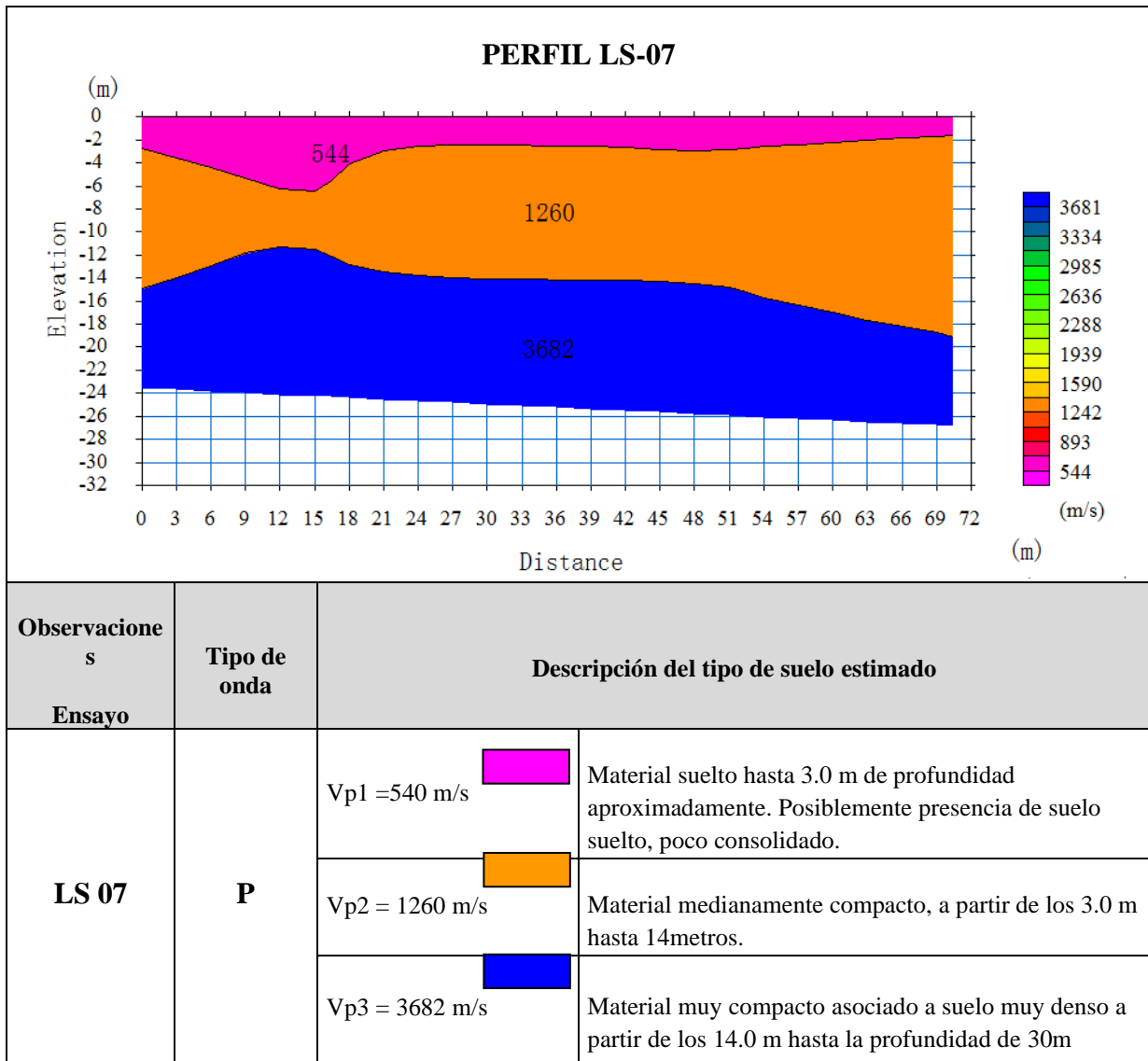


Figura 63: Resultados y descripción de los ensayos de refracción sísmica LS07.

Fuente: Elaboración propia.

En el Anexo A.1: “Ensayos de Refracción Sísmica”, se adjunta los registros y resultados de los ensayos de Refracción Sísmica.

4.3. Resultados de Medición de Análisis multicanal de ondas superficiales – MASW

Para ordenar sísmicamente el terreno se nombró el código internacional IBC del 2015 (International Building Code) que está resuelto la clase y el nombre del terreno de acuerdo a la velocidad promedio de los 30m más superficiales ($V_s 30$), tal como se nota en la Tabla 14:

Tabla 14: Caracterización sísmica del suelo.

Tipo de suelo	clasificación de suelos	características Promedio en los primeros 30 metros (Vs30*)		
		Velocidad Vs (m/s)	Resistencia a la Penetración estándar, NSTP	Resistencia al corte no drenado S(psf)
A	Roca muy dura	$V_s > 1500$	N/A	N/A
B	Roca	$760 < V_s \leq 1500$	N/A	N/A
C	Suelo muy rígido	$360 < V_s \leq 760$	NSPT >50	$S_u \geq 2000$
D	Suelo Rígido	$180 \leq V_s \leq 360$	$15 \leq \text{NSPT} \leq$	$1\ 000 \leq S_u \leq 2000$
E	Suelo blando	$V_s < 180$	NSPT <15	$S_u < 1000$

Fuente: (código internacional IBC-2015).

Tabla 15: Resumen de ensayo MASW.

MASW	Tipo de onda	Coordenadas UTM		Vs 30 (m/s)	Vs 10 (m/s)	(Ts)	Clasificación	
		Este	Norte				Código Internacional IBC	Norma Técnica E030
MASW-01	S	239601	8363010	446	344	0.27	C: Suelo muy denso o roca blanda	S2: Suelo intermedio
MASW-02	S	239773	8363068	439	312	0.27	C: Suelo muy denso o roca blanda	S2: Suelo intermedio
MASW-03	S	239746	8363407	433	290	0.28	C: Suelo muy denso o roca blanda	S2: Suelo intermedio
MASW-04	S	239618	8363596	436	323	0.28	C: Suelo muy denso o roca blanda	S2: Suelo intermedio
MASW-05	S	239486	836306	403	289	0.30	C: Suelo muy denso o roca blanda	S2: Suelo intermedio
MASW-06	S		8362758	405	315	0.30	C: Suelo muy denso o roca blanda	S2: Suelo intermedio
MASW-07	S	239745	8362798	437	345	0.27	C: Suelo muy denso o roca blanda	S2: Suelo intermedio

Fuente: Elaboración Propia.

En seguida, se muestra la descripción del perfil unidimensional obtenido a partir del ensayo MASW.

4.3.1. Resultados Ensayo 01 (MASW)

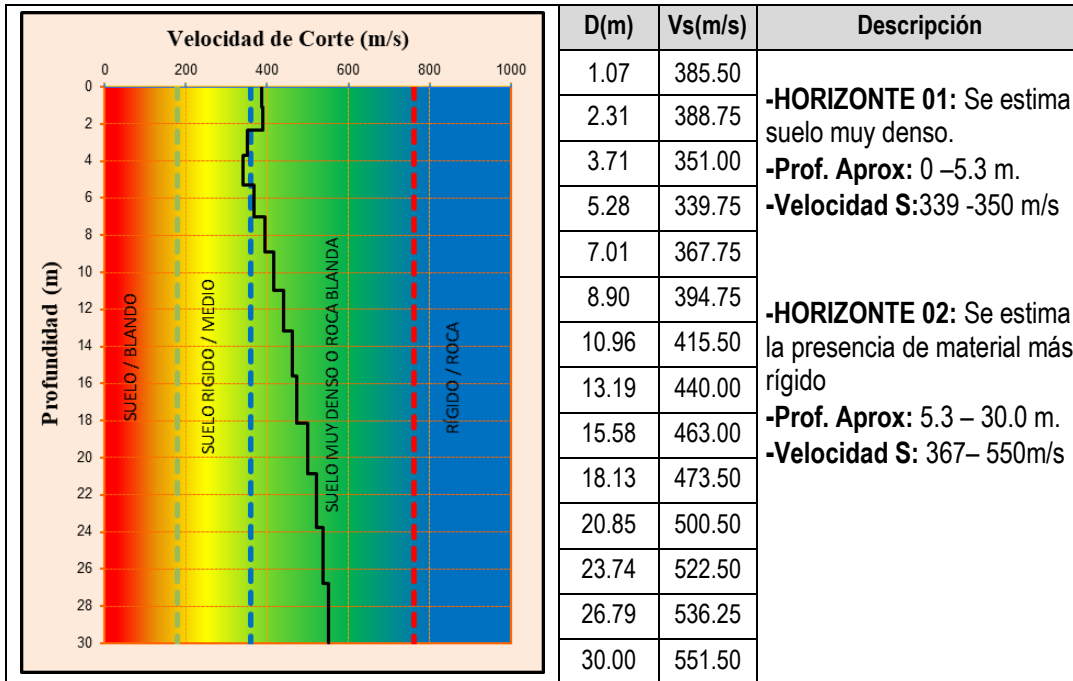


Figura 64: Resultados de las Velocidades de corte, por análisis matemático a partir del MASW 01

Fuente: Elaboración Propia.

4.3.2. Resultados Ensayo 02 (MASW)

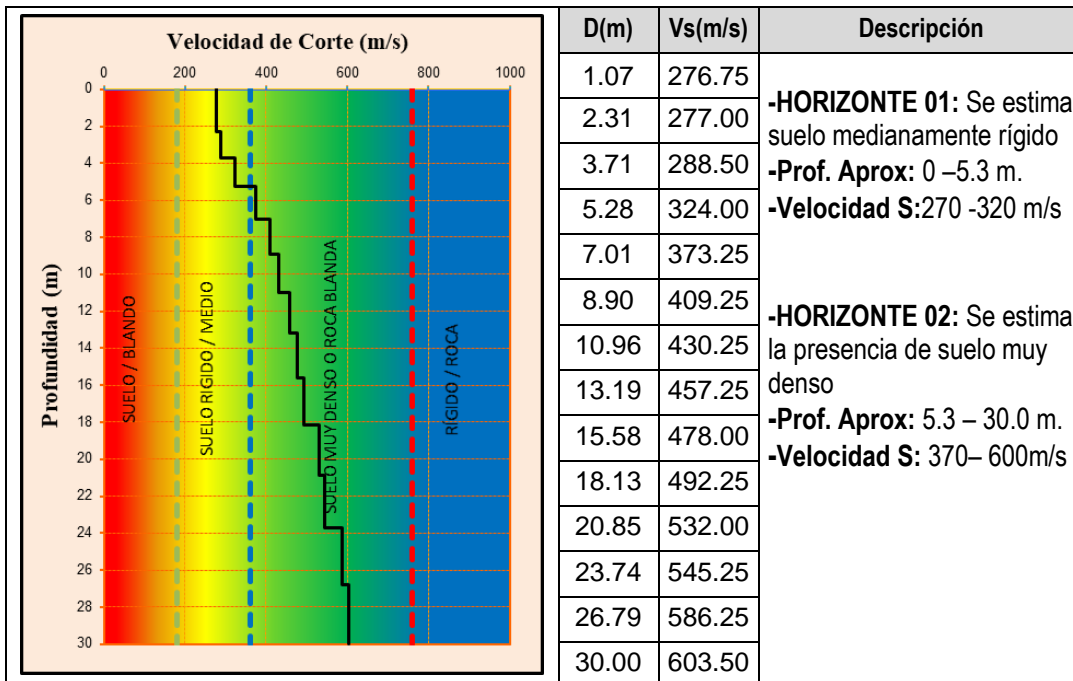


Figura 65: Resultados de las velocidades de corte, por análisis matemático a partir del MASW 02.

Fuente: Elaboración propia.

4.3.3. Resultados Ensayo 03 (MASW)

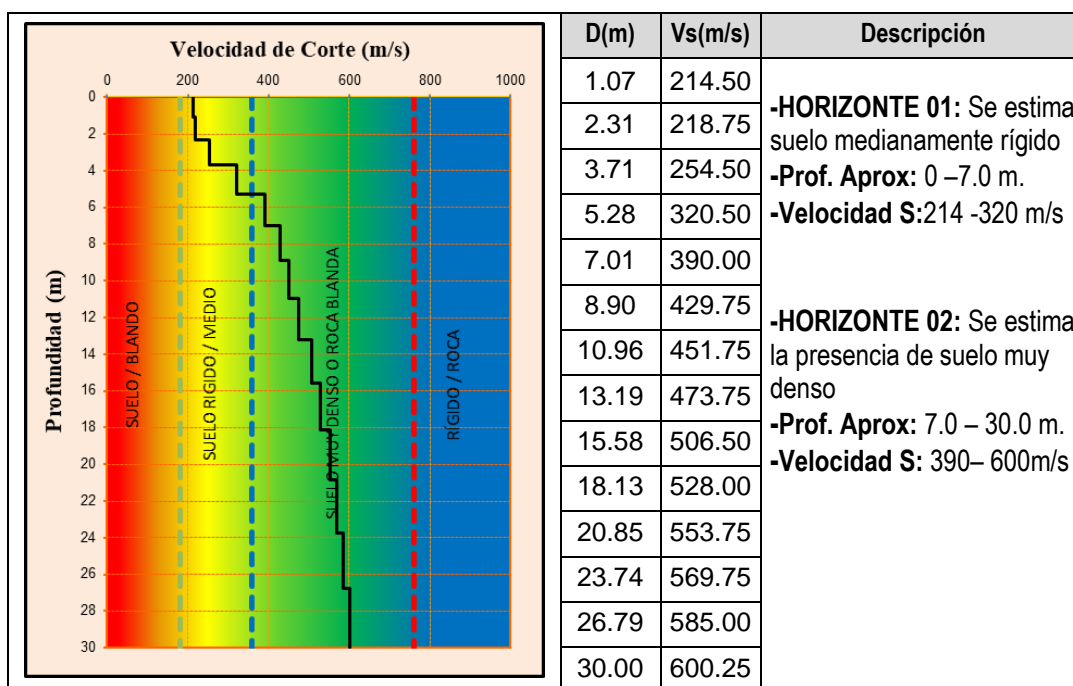


Figura 66: Resultados de las velocidades de corte, por análisis a partir del MASW 03.

Fuente: Elaboración Propia.

4.3.4. Resultados Ensayo 04 (MASW)

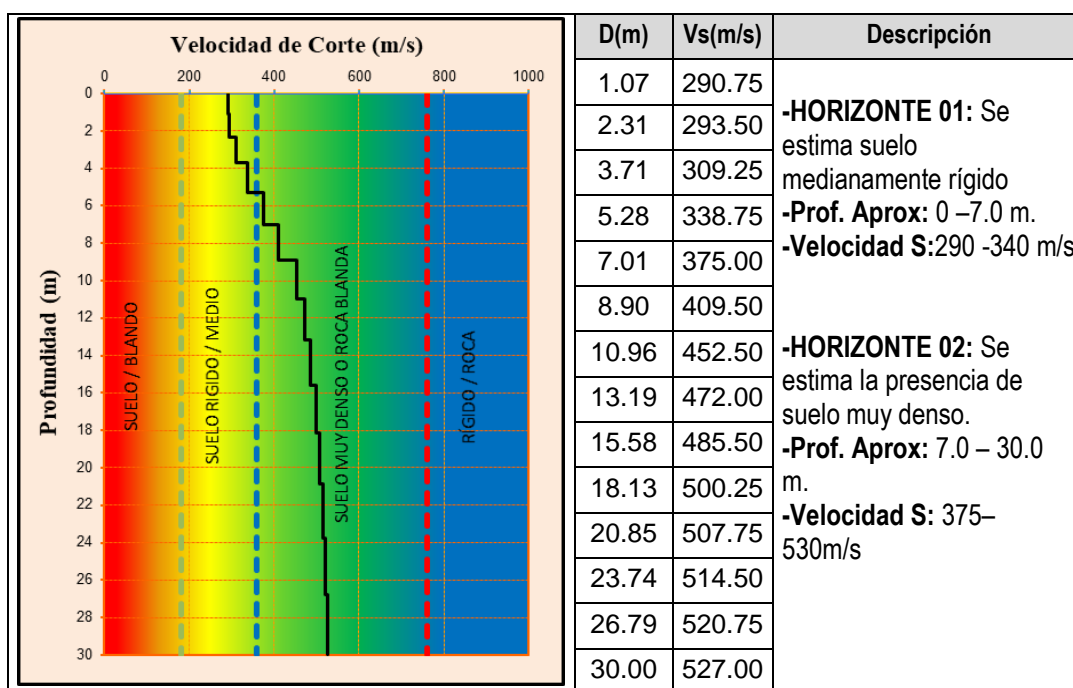


Figura 67: Resultados de las velocidades de corte, calculadas a partir del MASW 04.

Fuente: Elaboración Propia.

4.3.5. Resultados Ensayo 05 (MASW)

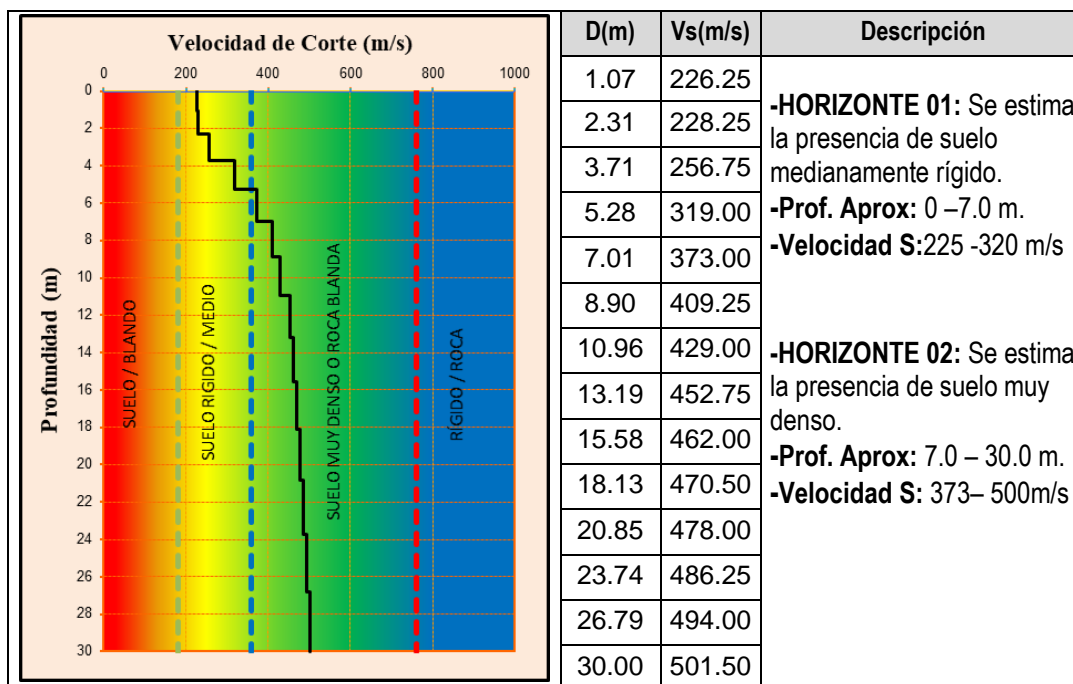


Figura 68: Resultados de las velocidades de corte, calculadas a partir del MASW 05.
Fuente: Elaboración Propia.

4.3.6. Resultados Ensayo 06 (MASW)

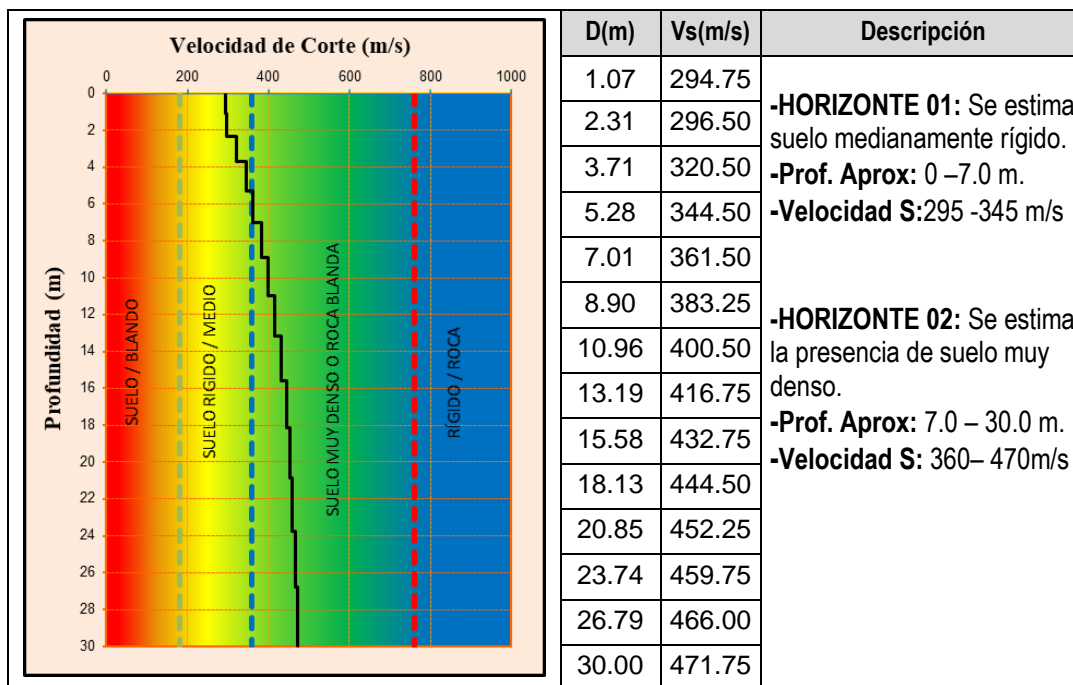


Figura 69: Resultados de las velocidades de corte, calculadas a partir del MASW 06.
Fuente: Elaboración propia.

4.3.7. Resultados Ensayo 07 (MASW)

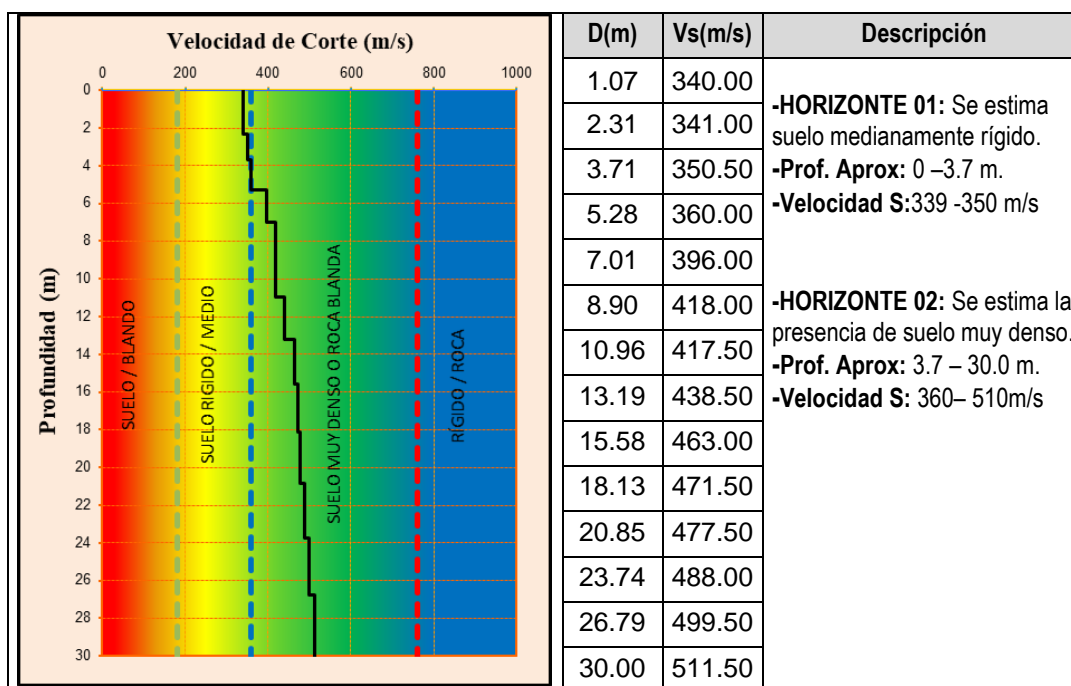


Figura 70: Resultados de las velocidades de corte, por análisis matemático a partir del MASW 07.

Fuente: Elaboración propia.

En el Anexo A.2: “Ensayos de MASW”, se agrega los anotes y resultados de los ensayos de MASW.

En base a los resultados de las velocidades de ondas primarias V_p y ondas de corte V_s , alcanzados de los estudios geofísicos, se han obtenido los siguientes valores del módulo de elasticidad del suelo para cada estrato:

4.4. Resultados de Capacidad portante

Tezcan, Ozdemir, Keceli, & Erkarl (2007) sugieren relacionar la capacidad portante con las ondas V_s y un factor de seguridad “n” que depende del centro en donde se harán las cimentaciones:

$$q_{adm} = 0.1 * \gamma * \frac{V_s}{n} \quad \text{Ecuación 3.1}$$

Donde:

γ = peso específico (obtenido por las ondas sísmicas).

V_s = El valor de la onda de corte.

n = factor para suelo y roca.

Terzaghi y Peck (determinan que el valor de carga admisible se ve reducido por el ancho de zapata (B), agregándose un factor de corrección denominado (α).

Donde:

$$\alpha = 1.00, \text{ para } 0 \leq B \leq 1.2m$$

$$\alpha = 1.13 - 0.11B \text{ para } 1.2 \leq B \leq 3.00m$$

$$\alpha = 0.83 - 0.01B \text{ para } 3.00 \leq B \leq 12$$

Tabla 16: *Distintos valores de “n” para los suelos y rocas.*

Tipo de suelo	V_s -rango (m/s)	n	$q_a \left(\frac{kn}{m^2} \right)$
Rocas “duras”	$V_s \geq 4000$	$n=1.4$	$0.071\gamma V_s$
Rocas “blandas”	$750 \leq V_s \leq 4000$	$n = 4.6 - 8.10^{-6}V_s$	$0.071 \gamma V_s$
suelos	$V_s \leq 750$	4.0	$0.025* \gamma *v_s*\alpha$

Fuente: tomando de (Tezcan et al. 2007)

Se hizo el análisis matemático la capacidad portante para las muestras

En la tabla 17, se muestra los resultados del cálculo de la capacidad portante a través de la V_s del MASW-01.

4.4.1. Resultados Ensayo 01 (capacidad portante)

Tabla 17: Resultados de capacidad portante mediante la Vs del MASW- 01

Línea Sísmica (zona)	Profundidad (m)	Vp (m/s.)	Vs (m/s.)	Peso específico KN/m3.	Factor de corrección (α)	Factor de seguridad (n.)	Capacidad carga admisible (Kn/m2)	Capacidad carga admisible (Kg/cm2)
perfil LS -01	1,50	637	386	19,1	0,91	4	183,6	1,87
	7,00	1020	368	18,8	0,91	4	173,1	1,77
	30,00	1675	552	20,8	0,91	4	287,3	2,93
								2.19

Fuente: Elaboración propia

4.4.2. Resultados Ensayo 02 (capacidad portante)

Tabla 18: Resultados de capacidad portante mediante la Vs del MASW- 02

Línea Sísmica (zona)	Profundidad (m)	Vp (m/s.)	Vs (m/s.)	Peso específico KN/m3.	Factor de corrección (α)	Factor de seguridad (n.)	Capacidad carga admisible (Kn/m2)	Capacidad carga admisible (Kg/cm2)
perfil LS -02	1,50	420	277	17,5	0,91	4	121,3	1,24
	7,00	976	430	19,6	0,91	4	210,6	2,15
	30,00	1709	604	21,3	0,91	4	321,6	3,28
								2.22

Fuente: Elaboración propia

4.4.3. Resultados Ensayo 03 (capacidad portante)

Tabla 19: Resultados de capacidad portante por la Vs del MASW- 03.

Línea Sísmica (zona)	Profundidad (m)	Vp (m/s.)	Vs (m/s.)	Peso específico KN/m3.	Factor de corrección (α)	Factor de seguridad (n.)	Capacidad carga admisible (Kn/m2)	Capacidad carga admisible (Kg/cm2)
----------------------	-----------------	-----------	-----------	------------------------	-----------------------------------	--------------------------	-----------------------------------	------------------------------------

perfil LS -03	2,00	430	219	16,5	0,91	4	90,4	0,92
	7,00	1070	430	19,6	0,91	4	210,3	2,14
	30,00	1847	600	21,3	0,91	4	319,4	3,26
								2,11

Fuente: Elaboración propia

4.4.4. Resultados Ensayo 04 (capacidad portante)

Tabla 20: Resultados de capacidad portante por la Vs del MASW- 04.

Línea Sísmica (zona)	Profundidad (m)	Vp (m/s.)	Vs (m/s.)	Peso específico KN/m3.	Factor de corrección (α)	Factor de seguridad (n.)	Capacidad carga admisible (Kn/m2)	Capacidad carga admisible (Kg/cm2)
perfil LS -04	2,00	493	293	17,8	0,91	4	130,5	1,33
	6,00	935	410	19,3	0,91	4	198,0	2,02
	30,00	1740	527	20,6	0,91	4	271,4	2,77
								2,04

Fuente: Elaboración propia

4.4.5. Resultados Ensayo 05 (capacidad portante)

Tabla 21: Resultados de capacidad portante por la Vs del MASW- 05.

Línea Sísmica (zona)	Profundidad (m)	Vp (m/s.)	Vs (m/s.)	Peso específico KN/m3.	Factor de corrección (α)	Factor de seguridad (n.)	Capacidad carga admisible (Kn/m2)	Capacidad carga admisible (Kg/cm2)
perfil LS -05	4,00	431	226	16,7	0,91	4	94,3	0,96
	12,00	1714	453	19,8	0,91	4	224,5	2,29
	30,00	2374	502	20,3	0,91	4	255,1	2,60
								1,95

Fuente: Elaboración propia

4.4.6. Resultados Ensayo 06 (capacidad portante)

Tabla 22: Resultados de capacidad portante por la Vs del MASW- 06.

Línea Sísmica (zona)	Profundidad (m)	Vp (m/s.)	Vs (m/s.)	Peso específico KN/m3.	Factor de corrección (α)	Factor de seguridad (n.)	Capacidad carga admisible (Kn/m2)	Capacidad carga admisible (Kg/cm2)
perfil LS -06	2,00	600	297	17,8	0,91	4	132,3	1,35
	8,00	1585	383	19,0	0,91	4	182,3	1,86
	30,00	1860	472	20,0	0,91	4	236,3	2,41
								1,87

Fuente: Elaboración propia

4.4.7. Resultados Ensayo 07 (capacidad portante)

Tabla 23: Resultados de capacidad portante por la Vs del MASW- 07.

Línea Sísmica (zona)	Profundidad (m)	Vp (m/s.)	Vs (m/s.)	Peso específico KN/m3.	Factor de corrección (α)	Factor de seguridad (n.)	Capacidad carga admisible (Kn/m2)	Capacidad carga admisible (Kg/cm2)
perfil LS -07	3,00	540	351	18,6	0,91	4	163,0	1,66
	14,00	1260	463	19,9	0,91	4	230,9	2,35
	30,00	3682	512	20,4	0,91	4	261,5	2,67
								2,23

Fuente: Elaboración propia

4.5. Parámetros Dinámicos

4.5.1. Resultados Ensayo 01 (propiedades dinámicas)

Tabla 24: variables dinámicos po el ensayo MASW-01

Línea Sísmica (zona)	Profundidad (m)	Vp (m/s.)	Vs (m/s.)	Densidad (Tn/m3.)	Relación de Poisson μ	Módulo de Corte Ge (Kg/cm2)	Módulo de Young Ee (Kg/cm2)	Módulo Volumétrico Ke (Kg/cm2)
perfil LS -01	1,50	637	386	1,8	0,16	227,5	529,4	262,4
	7,00	1020	368	1,9	0,40	218,5	609,9	974,9
	30,00	1675	552	1,9	0,41	491,4	1389,7	2694,3

Fuente: Elaboración propia

4.5.2. Resultados Ensayo 02 (propiedades dinámicas)

Tabla 25: Variables dinámicos para el ensayo MASW-02

Línea Sísmica (zona)	Superficie (m)	Vp (m/s.)	Vs (m/s.)	Densidad (Tn/m3.)	Relación de Poisson μ	Módulo de Corte Ge (Kg/cm2)	Módulo de Young Ee (Kg/cm2)	Módulo Volumétrico Ke (Kg/cm2)
perfil LS -02	1,50	420	277	1,8	0,08	93,8	203,3	81,5
	7,00	976	430	1,9	0,34	299,1	800,7	826,6
	30,00	1709	604	1,9	0,40	588,4	1647,9	2753,6

Fuente: Elaboración propia

4.5.3. Resultados Ensayo 03 (propiedades dinámicas)

Tabla 26: Variables dinámicos para el ensayo MASW-03.

Línea Sísmica (zona)	Superficie (m)	Vp (m/s.)	Vs (m/s.)	Densidad (Tn/m3.)	Relación de Poisson μ	Módulo de Corte Ge (Kg/cm2)	Módulo de Young Ee (Kg/cm2)	Módulo Volumétrico Ke (Kg/cm2)
perfil LS -03	2,00	430	219	1,8	0,28	58,6	149,7	111,9
	7,00	1070	430	1,9	0,37	298,4	816,6	1034,2
	30,00	1847	600	1,9	0,42	582,1	1649,0	3286,3

Fuente: Elaboración propia

4.5.4. Resultados Ensayo 04 (propiedades dinámicas)

Tabla 27: Variables dinámicos para el ensayo MASW-04

Línea Sísmica (zona)	Superficie (m)	Vp (m/s.)	Vs (m/s.)	Densidad (Tn/m3)	Relación de Poisson μ	Módulo de Corte Ge (Kg/cm2.)	Módulo de Young Ee (Kg/cm2.)	Módulo Volumétrico Ke (Kg/cm2)
perfil LS -04	2,00	493	293	1,8	0,18	105,3	248,0	128,2
	6,00	935	410	1,9	0,34	270,9	726,6	761,0
	30,00	1740	527	1,9	0,43	448,7	1281,4	2961,9

Fuente: Elaboración propia

4.5.5. Resultados Ensayo 05 (propiedades dinámicas)

Tabla 28: Variables dinámicos para el ensayo MASW-05

Línea Sísmica (zona)	Superficie (m)	Vp (m/s)	Vs (m/s)	Densidad (Tn/m3)	Relación de Poisson μ	Módulo de Corte Ge (Kg/cm2.)	Módulo de Young Ee (Kg/cm2.)	Módulo Volumétrico Ke (Kg/cm2)
perfil LS -05	4,00	431	226	1,8	0,26	62,7	158,0	109,9
	12,00	1714	453	1,9	0,45	331,2	957,6	2943,5
	30,00	2374	502	1,9	0,47	406,3	1191,2	5799,5

Fuente: Elaboración propia

4.5.6. Resultados Ensayo 06 (propiedades dinámicas)

Tabla 29: Variables dinámicos para el ensayo MASW-06

Línea Sísmica (zona)	Superficie (m)	Vp (m/s.)	Vs (m/s.)	Densidad (Tn/m3.)	Relación de Poisson μ	Módulo de Corte Ge (Kg/cm2.)	Módulo de Young Ee (Kg/cm2.)	Módulo Volumétrico Ke (Kg/cm2)
perfil LS -06	2,00	600	297	1,8	0,29	107,6	278,0	222,1
	8,00	1585	383	1,9	0,45	237,3	690,5	2547,7
	30,00	1860	472	1,9	0,45	359,6	1042,8	3486,6

Fuente: Elaboración propia

4.5.7. Resultados Ensayo 07 (propiedades dinámicas)

Tabla 30: Variables dinámicas para el ensayo MASW-07.

Línea Sísmica (zona)	Superficie (m.)	Vp (m/s.)	Vs (m/s.)	Densidad (Tn/m3.)	Relación de Poisson μ	Módulo de Corte Ge (Kg/cm2.)	Módulo de Young Ee (Kg/cm2.)	Módulo Volumétrico Ke (Kg/cm2.)
perfil LS -07	3,00	540	351	1,8	0,10	150,4	330,9	137,8
	14,00	1260	463	1,9	0,39	346,3	963,8	1479,1
	30,00	3682	512	1,9	0,49	422,7	1255,8	14320,5

Fuente: Elaboración propio

4.6. Resultados de la microzonificación sísmica de suelos

Microzonificación sísmica de suelos

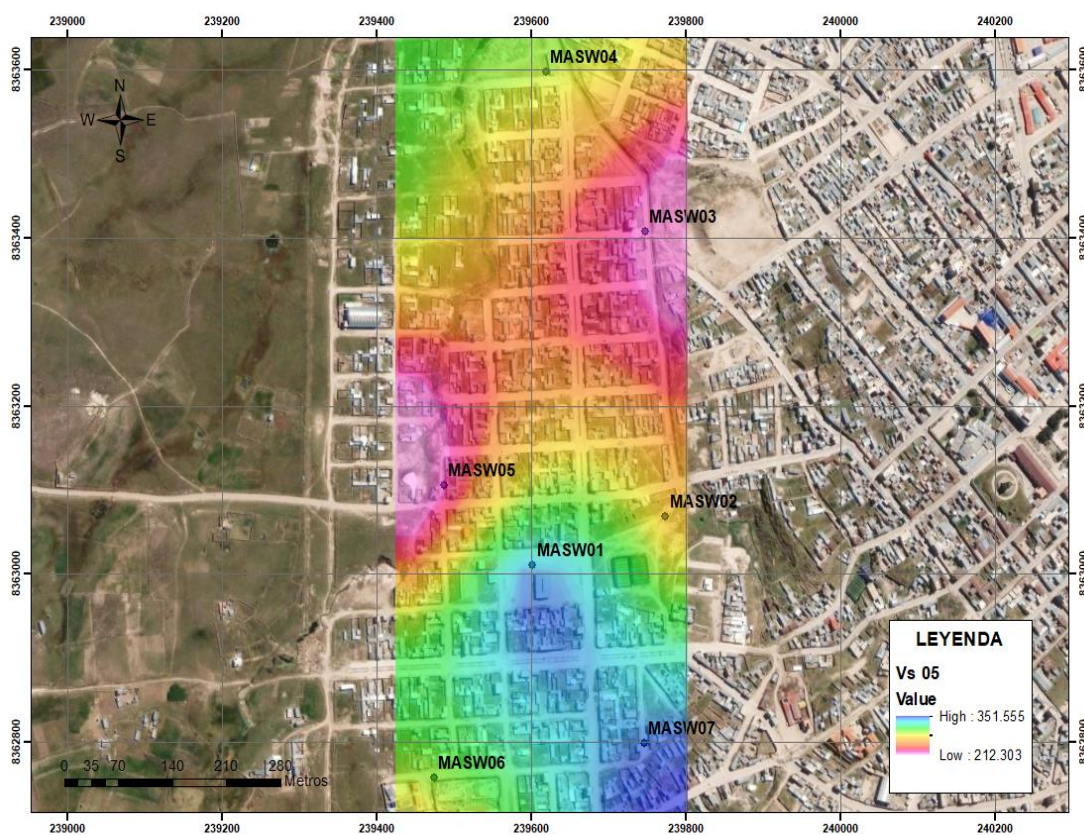


Figura 71: Microzonificación sísmica de suelos

Fuente: Propia

4.7. Clasificación periodo de vibración de suelos

El tipo de suelos se clasifico según a la norma NTE -30 y el periodo fundamental de vibración del suelo (Ts), se calculó. Se tiene en cuenta el valor referencial. Se usó la fórmula para este estudio según el código internacional Building Code del 2009.

$$T_s = \frac{4H}{V_{s30}} \quad \text{Ecuación 3.2}$$

Donde:

H= la potencia del estrato para nosotros 30m.

Vs30= El valor de la onda de corte Vs promedio.

4.7.1. Resultados Ensayo (MASW)

Tabla 31: Clasificación del periodo de vibración Vs30, con respecto a la norma sismo resistente E. 030 (2018).

.MASW-01.	.MASW-02.	.MASW-03.	.MASW-04.	.MASW-05.	.MASW-06.	MASW-07
Tipo suelo s1	Tipo suelo s2	Tipo suelo s3	Tipo suelo s4	Tipo suelo s5	Tipo suelo s6	Tipo suelo s7
Vs30(m/s)435	Vs30(m/s)437	Vs30(m/s)410	Vs30(30/s) 394	Vs30(m/s) 394	Vs30(m/s) 384	Vs30(m/s) 442
Ts 0.20	Ts 0.30	Ts 0.40	Ts 0.30	Ts 0.30	Ts 0.40	Ts 0.30
.Suelo muy denso o roca blanda	.Suelo muy denso o roca blanda	.Suelo muy denso o roca blanda	.Suelo muy denso o roca blanda	.Suelo muy denso o roca blanda	.Suelo muy denso o roca blanda	.Suelo muy denso o roca blanda

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a la Norma Técnica Peruana Sismo resistente E.30 la clase de suelo es S2 pertenece a suelos muy denso o roca blanda, con una velocidad de movimiento de ondas de corte en los treinta metros de profundidad (Vs30) balanceo desde 310 a 394 m/s y un periodo de oscilación del suelo (Ts) que anda desde 0.20 a 0.40, poseyendo un medio de Ts=0.30.

4.8. Resultados de las características geotécnicas

4.8.1. Resultados Muestras 01 a 07 (Granulometría)

Tabla 32: Características granulométricas y de plasticidad (ASTM D-422).

N° Calicata	% Gravas	% Arenas	% Finos	LL	LP	IP	Humedad (%)
C-01							
M-01	3.28	64.41	30.13	NP	NP	NP	NP
C-02							
M-01	1.60	93.40	5.00	27.90	23.94	3.97	4.46
C-03							
M-01	4.96	35.42	55.26	NP	NP	NP	24.65
C-04							
M-01	9.90	81.40	8.70	40.80	0.00	NP	15.65
C-05							
M-01	4.21	39.52	52.41	NP	NP	NP	21.68
C-06							
M-01	5.5	49.7	44.8	20.1	19.3	0.8	9.8
C-07							
M-01	4.8	44.61	48.6	NP	NP	NP	NP

Fuente: Elaboración Propia.

4.8.2. Resultados Muestras 01 a 07 (Clasificación de Suelos)

Tabla 33: Resultado de los ensayos de laboratorio clasificación de suelos

Densidad natural	Cohesión	modulo Young	Angulo fricción	Capacidad portante	Símbolo	Clasificación según SUCS
Tn/m3	(Kpa)	Kg/cm2	ϕ (°)	Kg/cm2		Denominación
(C-01) 1.67	0	0.00	0.00	2.30	0.00	Arena mal graduada con limo (SP-SM)
(C-02) 1.88	0	0.00	35.97	2.36	0.00	Arena mal graduada con limo (SP-SM)
(C-03) 1.67	13.75	45.67	28.00	0.85	ML	Limo de Baja plasticidad - Arenoso
(C-04) 1.89	0	0.00	36.26	2.47	0.00	Arena mal graduada con limo (SM)
(C-05) 1.73	8.95	45.67	28.00	1.10	ML	Suelo partículas finos – Material Fino
(C-06) 1.67	8.00	45.67	30.40	3.87	SP-SM	A-4 (3) - Arena Limosa
(C-07) 0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Fuente: Elaboración Propia.

4.9. Análisis y discusión de resultados de vulnerabilidad sísmica.

En el presente estudio los resultados fueron alcanzados a través de los estudios de laboratorio de mecánica de suelos y método geofísico de refracción sísmica y MASW.

4.9.1. Análisis y discusión de resultados

Tabla 34: Nivel de vulnerabilidad sísmica.

Nivel de vulnerabilidad	Nº de viviendas	porcentaje
Baja	1	10%
Media	4	70%
Alta	2	20%
Total	7	100%

Fuente: Elaboración propia

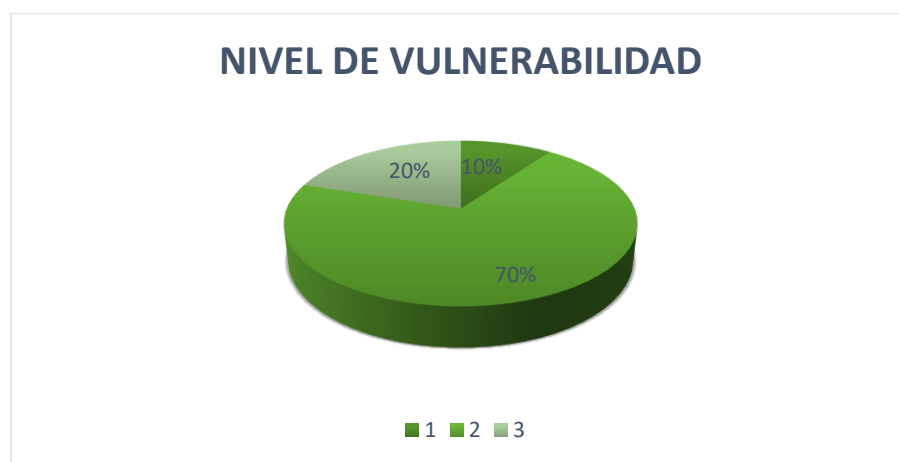


Figura 71: Nivel de vulnerabilidad sísmica.
Fuente: Elaboración Propia.

Según la Figura 71 podemos apreciar que el 70% de los suelos presenta una vulnerabilidad media, de manera que podemos imaginar que este mismo porcentaje.

4.10. Análisis y discusión de resultados de refracción sísmica (Vp)

4.10.1. Análisis y discusión de resultados

De este modo los resultados alcanzados del estudio de refracción sísmica en la zona de investigación, se denotaron 3 capas de estratificación hasta una profundidad de 30m.

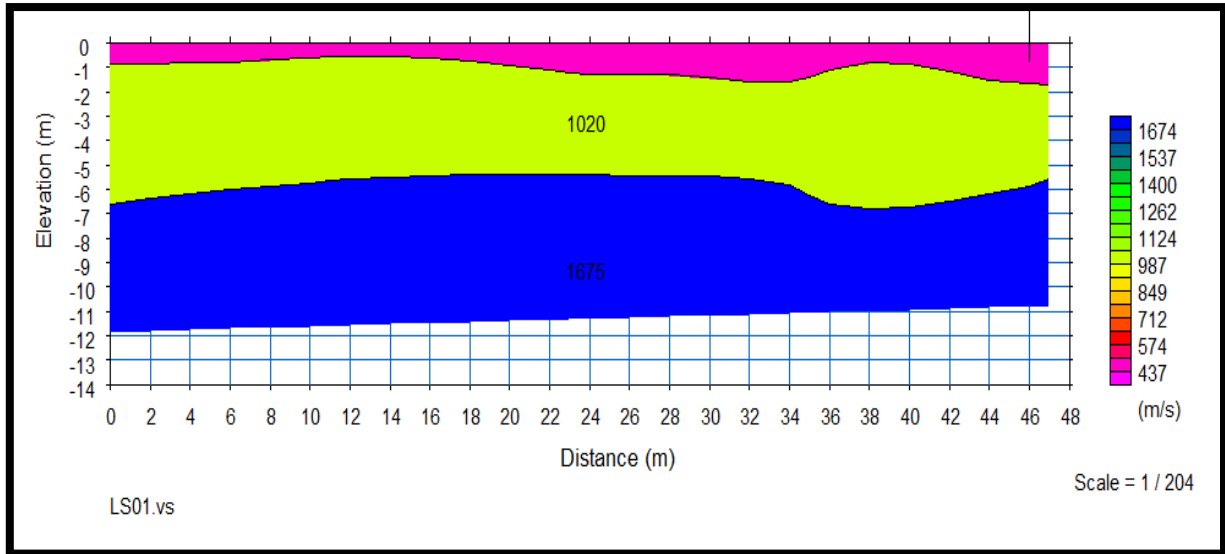


Figura 72: Nivel de vulnerabilidad sísmica LS-03.

Fuente: Elaboración Propia.

Se realizará la descripción de cada estrato dependiendo del Vp observa en la Tabla 36.

Tabla 35: Márgenes de velocidad de ondas sísmicas por criterio de fiabilidad.

Descripción	Vp (m/s)
suelo intemperado	240 - 610
grava suelta, arena seca	460 - 915
grava compacta, arena saturada, roca alterada	1220 - 1830
roca	3050 - 7000
Descripción	Vp (m/s)

Fuente: Norma ASTM – D 5777

Descripción de cada perfil de estrato:

Estrato 1: con velocidad de onda Vp de 435 m/s, correspondiente al material suelto hasta 1.50 m de profundidad aproximadamente posiblemente presencia de suelo poco consolidado.

Estrato 2: con velocidad de onda Vp 1020 m/s, correspondiente a material medianamente compacto a partir de los 1.50 m hasta 7 metros.

Estrato 3: con velocidad de onda V_p de 1675 m/s, correspondiente a material muy compacto asociado a suelo asociado a suelo muy denso a partir de los 7.0 m hasta la profundidad de 30 m.

Como observamos, a más superficial va creciendo la densidad de suelo, esto quiere decir, que mientras es más profundo el suelo tiene más dureza y por la cual es demoroso excavar.

4.11. Análisis y discusión de resultado en el ensayo MASW (V_s).

4.11.1. Análisis y discusión de resultados

Los perfiles del suelo reflejado muestran un aumento suave en la velocidad de onda V_s a una superficie 7.0 m probablemente representado terreno muy espeso o roca blanda compuesto por arenas este investigación alcanzo una superficie de 30 m.

Del estudio del MASW se poseyó lo siguiente.

Tipo de suelo : S2 (intermedio)

V_s 30 (promedio) : 360 m/s

T_s (promedio) : 0.30

Carga admisible (promedio) : 2.47 kg/cm²

De acuerdo al V_s 30 que es 360 m/s, el perfil al cual pertenece la clase de suelo es el S2. MASW nos orientaremos de la tabla que muestra las velocidades de onda V_s 30 para los semejantes clases de estratos.

Tabla 36: Clasificación de perfiles de suelo.

PERFIL	VS30	TIPO
S0	>1500 M/S	Roca Dura
S1	500 M/S A 1500 M/S	Roca o suelo muy rígido
S2	180 m/s a 1500 m/s	Suelos Intermedios
S3	<180 m/s	SUELOS Blandos
S4		Condiciones Excepcionales

separacion basada en el EMS

Fuente: (NTE E-030, 208)

Perfil Tipo S2: se clasifican como de este tipo los sitios con características intermedias entre las indicadas para los perfiles S y S3.

4.12. Análisis y discusión de resultado de capacidad portante

4.12.1. Análisis y discusión de resultados

Después de realizar los estudios de refracción sísmica y Análisis de multicanal de las ondas superficiales (MASW) se sugiere realizar calicatas para completar así las investigaciones de geotecnia del suelo y alcanzar el ensayo de corte directo para determinar así la capacidad portante del terreno.

En seguida, se iguala los resultados alcanzados de la capacidad portante entre el método de Terzaghi y Peck (1967) y el ensayo MASW según Tezcan et al, (2007).

- Para la calicata 1. Por el ensayo de análisis de multicanal de ondas superficiales (MASW) se obtiene 1.87 kg/cm² y por el método tradicional se obtiene 2.30 kg/cm².
- Para la calicata 2. Por el ensayo de análisis de multicanal de ondas superficiales (MASW) se obtiene 1.24 kg/cm² y por el método tradicional se obtiene 2,36 kg/cm².
- Para la calicata 3. Por el ensayo de análisis de multicanal de ondas superficiales (MASW) se obtiene 0.92 kg/cm² y por el método tradicional se obtiene 0.85 kg/cm².
- Para la calicata 4. Por el ensayo de análisis de multicanal de ondas superficiales (MASW) se obtiene 1.33 kg/cm² y por el método tradicional se obtiene 2.47 kg/cm².
- Para la calicata 5. Por el ensayo de análisis de multicanal de ondas superficiales (MASW) se obtiene 0.96 kg/cm² y por el método tradicional se obtiene 1.10 kg/cm².
- Para la calicata 6. Por el ensayo de análisis de multicanal de ondas superficiales (MASW) se obtiene 1.35 kg/cm² y por el método tradicional se obtiene 3.87 kg/cm².
- Para la calicata 7. Por el ensayo de análisis de multicanal de ondas superficiales (MASW) se obtiene 1.66 kg/cm² y por el método tradicional se obtiene 2.50 kg/cm².

Alcanzando a la conclusión que el método geofísico es muy conservador y el método tradicional da resultados más reales.

Asimismo, las capacidades portantes calculadas demuestran que la superficie de estudio tiene un tiempo de suelo preparado para cimentar.

4.13. Análisis y discusión de resultado microzonificación sísmica de suelos

4.13.1. Análisis y discusión de resultados

Según la microzonificación sísmica de suelos de V_s se puede evidenciar 3 zonas que varían en función de sus velocidades.

Zona 1: coloración rosada, asociada materiales más blandos o sueltos

Zona 2: coloración verde-amarillo, asociado a materiales medianamente compactos.

Zona 3: Coloracion azul, materiales más rígidos con valores V_s más altos hasta 5 metros.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Luego de haber terminado el presente alcance de estudio se ha obtenido alcanzar a la continuación conclusión:

- El 10% de suelos alcanza vulnerabilidad sísmica baja, el 70% presenta una vulnerabilidad sísmica Media y el 20% el resto presenta vulnerabilidad sísmica Alto. De este modo se relata que cantidad porcentaje de suelos ensayados muestra una vulnerabilidad sísmica de intermedio.
- A partir de la refracción sísmica se ha logrado determinar 3 velocidades que caracterizan 3 capas hasta una superficie de 30 m. el primer estrato pertenece a suelo suelto, poco consolidado hasta 3 m de profundidad, el segundo material medianamente compacto, a partir de los tres 3.0 m hasta 14 metros y el tercer material muy compacto asociado a suelo muy denso a partir de los 14 m hasta 30 m. de igual manera se realizó el registro de velocidades de propagación de las ondas P (Vp) promedio de 480 m/s con material de mediana compacidad según la norma ASTM – D 577-95, la cual nos corresponde la manera adecuada de desarrollar las excavaciones y por el método Masw se realizó la presencia de un material muy rígido asociada a suelo muy denso, con velocidad promedio de ondas de corte de 360 m/s, alcanzando hasta una profundidad de 30 m de investigación aproximadamente. Según el código internacional IBC es un suelo muy denso y según la norma técnica E.030 realizo un estrato tipo S2 que baja la fuerza sísmica replazante en la edificación.
- A través del ensayo de MASW se desarrolló las características dinámicas del suelo en el área investigada entendiendo así el módulo de Poisson (ν) que varía de 0.16 a 0.47, el módulo de Young (E) que varía de 2,244.8 a 19,787.9 kg/cm², el módulo de Corte (G) que varía de 1,406.8 a 5,072.5 kg/cm², un módulo volumétrico (kd) de 1,717.2 a 69,593.9 kg/cm² y La capacidad portante de suelos según el ensayo MASW varía de 0.85 a 3.87 kg/cm² presentando un suelo de arena fina, alcanzando a la conclusión que el método geofísico es muy conservador y el método tradicional da resultados más reales.

Según la microzonificación sísmica de suelos en la zona de pueblo Joven Belén presenta tres zonas diferentes, zona 1 color rosado suelo blando, zona 2 color verde suelo medianamente compacto y zona 3 color azul suelo con materiales más rígidos.

5.2. Recomendaciones

Se dan las recomendaciones siguientes de la ejecución del presente alcance de investigación obtenida.

- Se recomienda la evaluación de la vulnerabilidad sísmica en zonas vulnerables como se ha podido apreciar en el lugar de estudio.
- Se recalca la aplicación del método refracción sísmica y MASW en zonas de superficie plana ya que estas ofrecen conocer la estratigrafía del suelo hasta 30 m de profundidad y por el ensayo MASW identificar el tipo del suelo mediante la velocidad de corte se determina los modelos elásticos. Los métodos ayudan a reducir el costo y el tiempo de su ejecución.
- Se recomienda que las investigaciones geofísicas necesariamente deben complementarse con exploraciones mecánicas que ayudan a determinar los perfiles sísmicos, las estratigrafías de manera correcta y las características mecánicas de los suelos y sus características.
- Se notifica que las venideras infraestructuras desarrolladas en el Distrito de Espinar tengan en cuenta el mapa de microzonificación sísmica que alcanzamos, para prevenir daños materiales y humanos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Referencias

- Aguay H. & Dranichnikov. (2005). *Calculo de capacidad portante basado en geofísica y método convencional*.
- Bonett, R. (2003). *Vulnerabilidad y riesgo sísmico de edificios*. Obtenido de <https://www.researchgate.net>
- Braja, M. (2001). *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica*.
- Cantos, J. (1973). *Tratado de geofísica aplicada. Madrid. S.P.I.* España: Universidad de Madrid.
- Cenepred, J. (2017). *Manual para la evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales*. Obtenido de <https://sigrid.god.pe>
- Granda et al. (2005). *Análisis multicanal de ondas superficiales (Masw)*. Estados unidos.
- Kartan, K. (2012). *A refined formula for the allowable soil preure using shear wave velocities*. estados unidos: Universidad andina.
- Lazcano, G. (2007). *Presentando un movimiento de tipo elipsoidal y retrogrado, son de menor velocidad que las ondas love, pero son más destructivas*. Obtenido de <http://dspace.ucuenca.ce>
- Natalio de la cruz, B. (1995). *Geología de los cuadrángulos de velille, Yauri, Ayaviri y Azángaro, Instituto Geología Minero y Metalúrgico*. Peru.
- Norma E_0.30. (2004). *Microzonificación sísmica de suelos. Reglamento nacional de edificaciones*. Peru: RNP.
- Par C., Miller R., Xia J & Ivanov J. (2001). *“Seismic characterization of geotechnical sites by Multichannel Analysis of Surfaces Waves (MASW) method”*. Filadelfia.
- Park. (1999). *Technque has been applied to seismic charaterisation of pavements; detection of voids*. Obtenido de <https://www.researchgate.net>
- Park C., Miller D. and Xia J, Julian M. (1999). *Multichannel Analysis of Surface Waves to Map Bedrock, Kansas Geological Survey, and Lawrence, Kansas*. Estados unidos.
- Park C., Miller R. y Xia J. . (1999). *Multichannel analysis of surface waves”*. *Geophysics*. Estados unidos: Vol. 64. Nº 3.

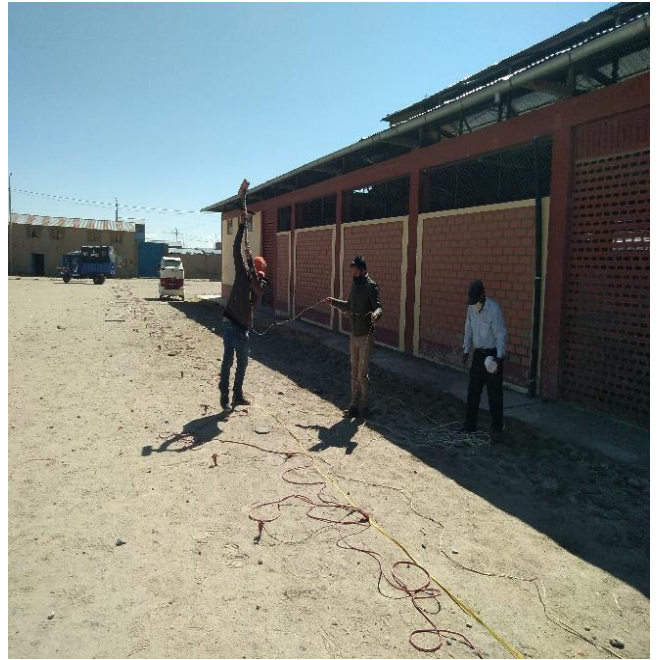
- Redpatt, B. (1973). *Seismic Refraccion Exploration for Engineering Site Invistigation, Explosibe Excavation Research Laboratory Livemore*. California.
- Reglamento Nacinal de Cimentaciones. (2006). “*Norma E-050 de Suelos y Cimentaciones*”. Lima - Peru.
- Sheriff R & Geldart L. (1991). *Applied Geophysics 2 da ede*. Obtenido de <http://www.researcgate.net>
- Tarque N. y Mooquira M. (2005). *Riesgo sísmico de las edificaciones en la urbanización Horacio zeballos de Cajamarca-2005*. Obtenido de <https://repositorio.upn.edu.pe>
- Tavera H. y Bernal I. (2005). *Evaluación del peligro asociado a los sismos y efectos secundarios en el peru*. Obtenido de <https://www.indeci.god.pe>
- Vasquez, A. (2015). Evaluación de la resolución del método de análisis de dispersión de ondas superficiales masw (análisis multicanal de las ondas superficiales) en suelos residuales. Tacna, Peru: Universidad Privada de Tacna.
- Wilson J. y Garcia W. . (1962). *Geología de los cuadrángulos de pachia y palca*. Obtenido de <https://repositorio.ingemmet.gob.pe>
- Zenon A. Bardales y Jorge E. Alva Hurtado. (2015). Estudio de microzonificación sísmica y vulnerabilidad en la ciudad de Arequipa evaluación de la amenaza frente a tsunami para Arequipa. Arequipa, Peru: Tesis para optar titulo profesional de Ingenieria Civil, Universidad nacional de san Agustin de Arequipa.
- Zer geosystem Peru s.a.c. (2010). *Ensayos geofísicos por los métodos de masw y mam para el área de emplazamiento del puente Quilca*. Obtenido de <http://zer-geosystem.com>

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	MARCO TEÓRICO	VARIABLES E INDICADORES	METODOLOGÍA
<p>PROBLEMA PRINCIPAL</p> <p>¿Cuál es la vulnerabilidad sísmica de suelos aplicando el ensayo de refracción sísmica y el método (Masw) en el pueblo Joven Belén del Distrito Yauri Espinar-Cusco?</p> <p>PROBLEMAS ESPECÍFICOS</p> <p>¿Cuál es la estratigrafía superficial de los suelos por medio el método de refracción sísmica y el método Masw en el área de pueblo Joven Belén del Distrito Yauri Espinar-Cusco?</p> <p>¿Cuáles son los parámetros dinámicos y las capacidades portantes del suelo mediante el método Masw en el área de pueblo Joven Belén del Distrito Yauri Espinar-Cusco?</p> <p>¿Cuál es la microzonificación sísmica de suelos mediante el método Masw, y la geología local del pueblo Joven Belén del Distrito Yauri Espinar – Cusco?</p>	<p>OBJETIVO GENERAL</p> <p>•Evaluar la vulnerabilidad sísmica de suelos aplicando el ensayo de refracción sísmica y el método (Masw) en el área del pueblo Joven Belén Distrito Yauri Espinar-Cusco.</p> <p>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</p> <p>•Determinar la estratigrafía superficial de los suelos mediante el método de refracción sísmica y el método Masw en el área de pueblo Joven Belén del Distrito Yauri Espinar-Cusco.</p> <p>•Determinar los parámetros dinámicos y la capacidad portante del suelo mediante el método Masw en el área de pueblo Joven Belén del Distrito Yauri Espinar-Cusco</p> <p>•Determinar la microzonificación sísmica de suelos mediante el método Masw, y la geología local del pueblo Joven Belén del Distrito Yauri Espinar – Cusco.</p>	<p>HIPÓTESIS GENERAL</p> <p>El grado de vulnerabilidad sísmica de suelos aplicando el estudio de refracción sísmica por el método (Masw) en el lugar del pueblo joven Belén del distrito de Yauri Espinar-Cusco es alto susceptible a la licuefacción.</p> <p>HIPÓTESIS ESPECÍFICAS</p> <p>•A partir de refracción sísmica presenta un material suelto con diferentes estratos hasta una profundidad de 30 m y a partir del multicanal de las ondas superficiales (Masw) presenta con material de compactación suelto y material de compactación medianamente suelta, con velocidades de corte que varía de 300 a 700 m/s.</p> <p>•El suelo presenta las características dinámicas del suelo de perfil de suelo S3 de acuerdo a la norma NTE E.0.30 y la capacidad portante de suelos varía de 0.5 a 1.2 kg/cm² en suelos de arcilla blanda y arcilla limosa mediante el ensayo de Masw.</p> <p>• La microzonificación sísmica de suelo aplicando el ensayo de Masw es alto por que es susceptible a la licuefacción y presenta suelos blandos.</p>	<p>1.1: Evaluación de la vulnerabilidad sísmica y estudio de sitio.</p> <p>a. Microzonificación sísmica</p> <p>Investigación de la influencia de las condiciones locales del terreno de distrito de espinar y proyecto de la ingeniería ante la acción sísmica.</p> <p>Los ensayos suministran datos sobre la posible corrección de los hechos sísmicos por razón de las condiciones de los estudios se considere para el diseño. Construcción de edificaciones.</p> <p>Requisito la realización de estudio de microzonificación.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Áreas de expansión de ciudades • Complejos industriales o similares. • Reconstrucción de áreas urbanas destruidas por asimismo y fenómenos asociados. <p>b. estudio de sitio</p> <p>Como estos ensayos están acortada a la zona del proyecto y suministran datos sobre la posible corrección de las acciones sísmicas y otros fenómenos naturales y por su condición local.</p> <p>1.2: condiciones geotécnicas</p> <p>Los estratos de suelos se ordenan tomando en cuenta las características mecánicas del terreno, el espesor de capa, el periodo fundamental de vibración y la velocidad de movimiento de las ondas de corte.</p> <p>1. tipos de perfiles de suelos</p> <ul style="list-style-type: none"> • suelos muy rígidos • suelos intermedios • suelos flexibles • condiciones 	<p>HIPÓTESIS GENERAL</p> <p>X1: Variable independiente (x)</p> <p>Microzonificación sísmica</p> <p>Indicadores:</p> <p>Características de suelo de fundación, capacidad portante de suelos, calidad de los materiales y estado de conservación.</p> <p>Y1: Variable dependiente (y)</p> <p>Indicadores:</p> <p>Nivel de vulnerabilidad sísmica de suelos</p>	<p>TIPO DE INVESTIGACIÓN BÁSICA</p> <p>-Nivel de investigación</p> <p>- descriptivo</p> <p>-Diseño</p> <p>Cualitativo</p> <p>-técnicas de recolección de información</p> <p>indirecta</p> <p>-instrumentos</p> <p>Geófonos Martillo Cables sísmicos Laptop Plato metálico</p> <p>-factores</p> <p>Bibliografías tratados</p>

Anexo 2: Panel fotográfico



Fotografía 01 Línea Sísmica - 01 Mercado Zonal PP.JJ. Belén (refracción Sísmica y MASW)



Fotografía 02 Línea Sísmica - 02 terreno colegio Almirante Miguel Grau



Fotografía 03 Línea Sísmica - 03 Terreno Tablada Plaza de ganados (Refracción Sísmica y MASW)



Fotografía 04 Línea Sísmica - 04 Calle Santo Domingo local barrial PP. JJ Belén (Refracción Sísmica y MASW)



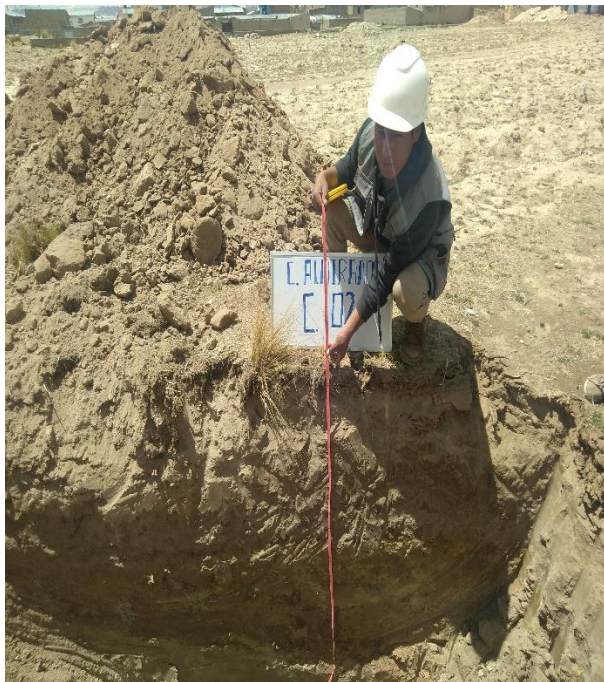
Fotografía 05 Línea Sísmica - 05 Calle Inka con Calle buenos aires PP.JJ. Belén (Refracción Sísmica y MASW)



Fotografía 06 Línea Sísmica – 06 Coliseo Municipal PP. JJ Belén (Refracción Sísmica y MASW)



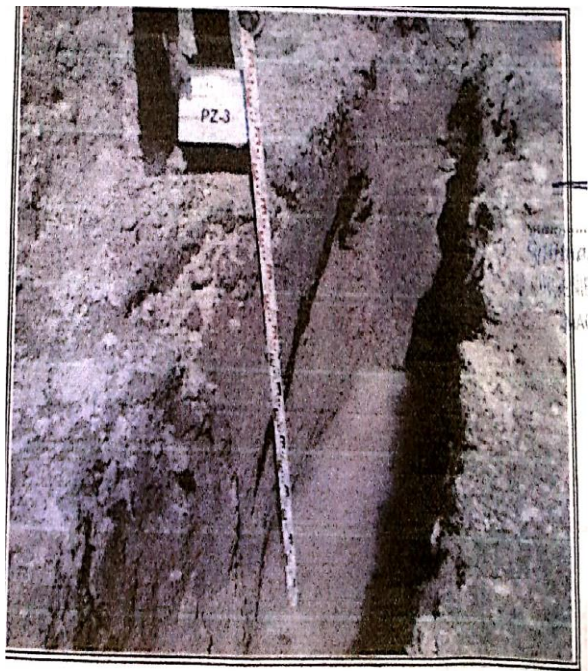
Fotografía 07 Línea Sísmica - 07 Calle Quinsachata lote 48 PP.JJ. Belén (Refracción Sísmica y MASW)



Fotografía 08 Recolección de muestra de la C-02 – 02 terreno colegio Almirante Miguel Grau



Fotografía 09 Recolección de muestra de la C-04 – 04 Calle Santo Domingo local barrial PP. JJ Belén



Fotografía 10 Recolección de muestra de la C-03 – 03 Terreno Tablada Plaza de ganados

Anexo 3: Métodos Geofísicos

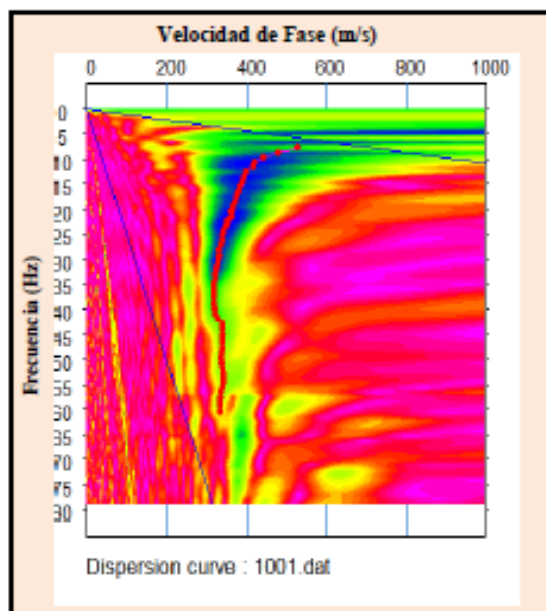
- **Refracción Sísmica**
- **Masw**

ANÁLISIS MULTICANAL DE ONDAS SUPERFICIALES

MASW-01

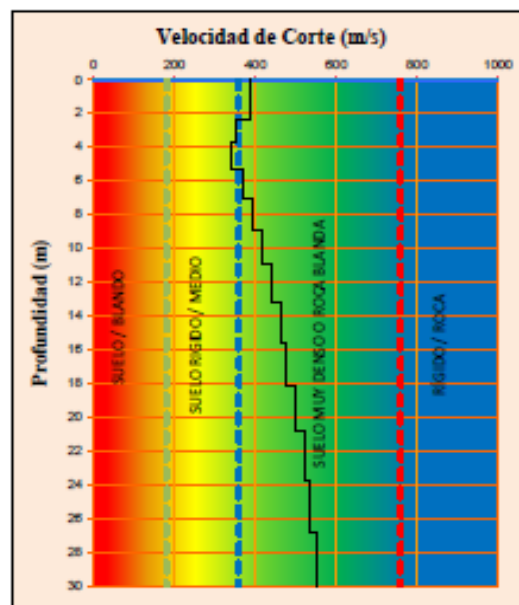
Proyecto: EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE SUELOS APLICANDO EL ENSAYO DE REFRACCIÓN SÍSMICA POR EL MÉTODO (MASW) EN EL PUEBLO JOVEN BELÉN DISTRITO YAURI ESPINAR-CUSCO
Ubicación: MERCADO ZONAL PP. JJ. BELEN
Coordenadas: E: 239601.306 N:8363010.808
Fecha: Agosto 2020

Curva de Dispersión



Vs10: Velocidad promedio de onda en los 10m superficiales
Vs30: Velocidad promedio de onda en los 30m superficiales

Perfil Unidimensional



Periodo fundamental (Ts)	0.27	S2
---------------------------------	-------------	-----------

Suelo intermedio

Cuadro Resumen

D(m)	Vs(m/s)	D/Vs
1.07	385.50	0.00280
2.31	388.75	0.00320
3.71	351.00	0.00401
5.28	339.75	0.00461
7.01	367.75	0.00471
8.90	394.75	0.00481
10.98	415.50	0.00496
13.19	440.00	0.00506
15.58	463.00	0.00516
18.13	473.50	0.00540
20.85	500.50	0.00544
23.74	522.50	0.00553
26.79	536.25	0.00569
30.00	551.50	0.00584
Σ		0.06721

Vs 10 (m/s)	344
--------------------	------------

Vs 30 (m/s)	446
--------------------	------------

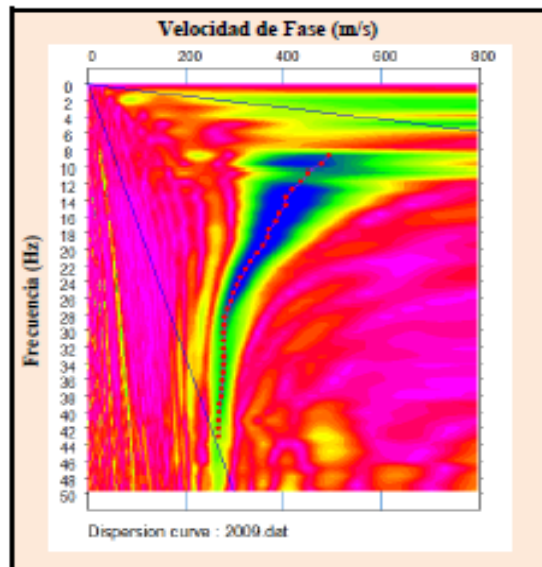
Tipo de Suelo	C
----------------------	----------

ANÁLISIS MULTICANAL DE ONDAS SUPERFICIALES

MASW-02

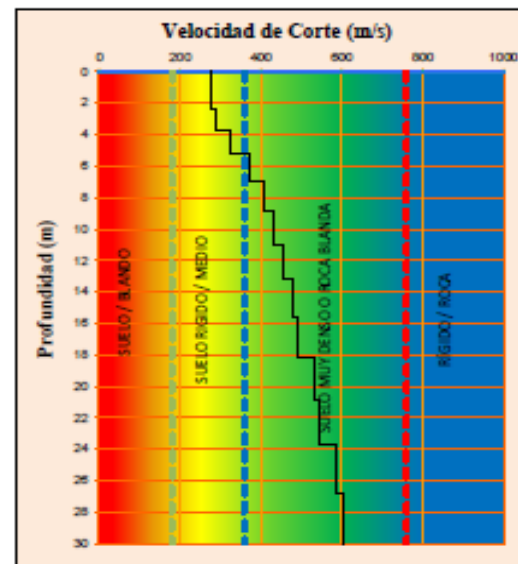
Proyecto: EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE SUELOS APLICANDO EL ENSAYO DE REFRACCIÓN SÍSMICA POR EL MÉTODO (MASW) EN EL PUEBLO JOVEN BELÉN DISTRITO YAURI ESPINAR-CUSCO
Ubicación: TERRENO COLEGIO ALMIRANTE MIGUEL G.
Coordenadas: E: 239773.358 N: 8363068.649
Fecha: Agosto 2020

Curva de Dispersión



Vs10: Velocidad promedio de onda en los 10m superficiales
Vs30: Velocidad promedio de onda en los 30m superficiales

Perfil Unidimensional



Periodo fundamental (Ts) **0.27** **S2**

Suelo intermedio

Cuadro Resumen

D(m)	Vs(m/s)	D/Vs
1.07	276.75	0.00387
2.31	277.00	0.00448
3.71	288.50	0.00488
5.28	324.00	0.00484
7.01	373.25	0.00484
8.90	409.25	0.00463
10.96	430.25	0.00479
13.19	457.25	0.00487
15.58	478.00	0.00500
18.13	492.25	0.00519
20.85	532.00	0.00515
23.74	545.25	0.00534
26.79	586.25	0.00530
30.00	603.50	0.00545
		Σ 0.06839

Vs 10 (m/s) **312**

Vs 30 (m/s) **439**

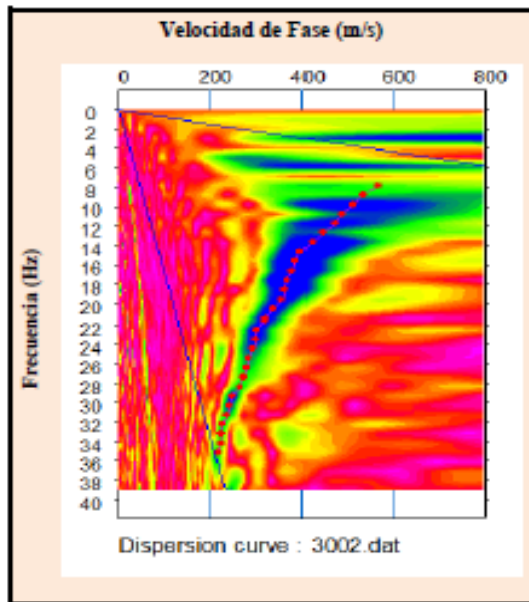
Tipo de Suelo **C**

ANÁLISIS MULTICANAL DE ONDAS SUPERFICIALES

MASW-03

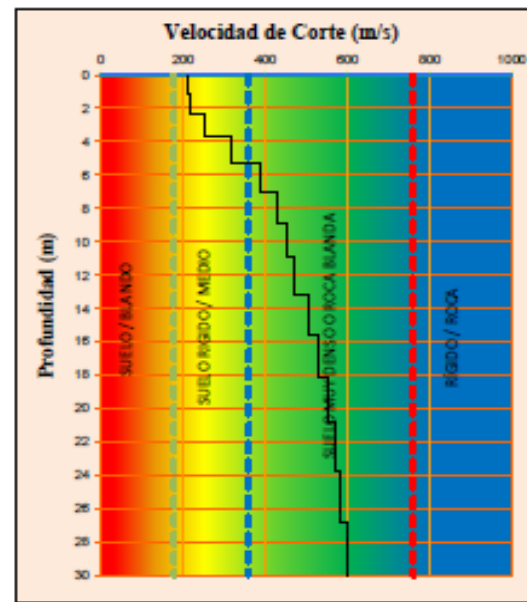
Proyecto: EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE SUELOS APLICANDO EL ENSAYO DE REFRACCIÓN SÍSMICA POR EL MÉTODO (MASW) EN EL PUEBLO JOVEN BELÉN DISTRITO YAURI ESPINAR-CUSCO
Ubicación: TABLADA PLAZA DE GANADOS
Coordenadas: E:239746807 N: 8363407.332
Fecha: Agosto 2020

Curva de Dispersión



Vs10: Velocidad promedio de onda en los 10m superficiales
Vs30: Velocidad promedio de onda en los 30m superficiales

Perfil Unidimensional



Periodo fundamental (Ts)	0.28	S2
---------------------------------	-------------	-----------

Suelo intermedio

Cuadro Resumen

D(m)	Vs(m/s)	D/Vs
1.07	214.50	0.00500
2.31	218.75	0.00565
3.71	254.50	0.00551
5.28	320.50	0.00489
7.01	390.00	0.00444
8.90	429.75	0.00442
10.96	451.75	0.00457
13.19	473.75	0.00470
15.58	506.50	0.00472
18.13	528.00	0.00484
20.85	553.75	0.00492
23.74	569.75	0.00507
26.79	585.00	0.00523
30.00	600.25	0.00537
Σ		0.06933

Vs 10 (m/s)	290
--------------------	------------

Vs 30 (m/s)	433
--------------------	------------

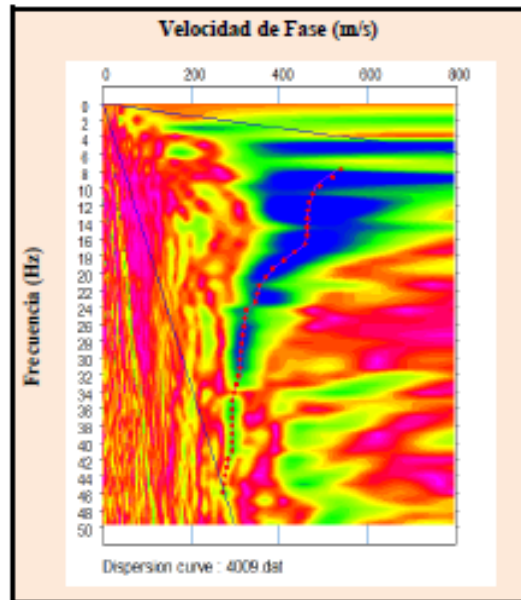
Tipo de Suelo	C
----------------------	----------

ANÁLISIS MULTICANAL DE ONDAS SUPERFICIALES

MASW-04

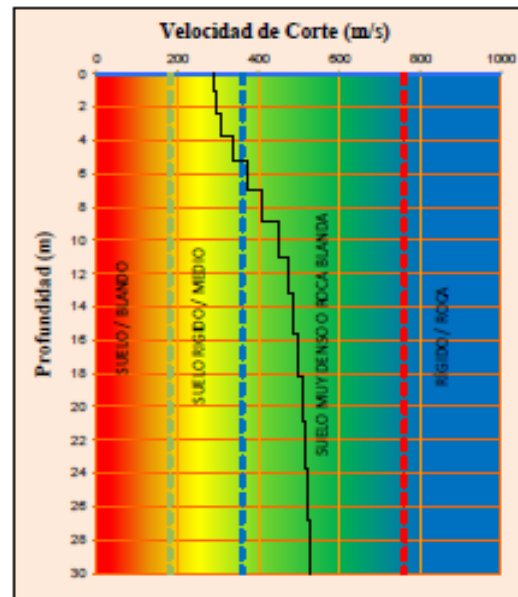
Proyecto: EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE SUELOS APLICANDO EL ENSAYO DE REFRACCIÓN SÍSMICA POR EL MÉTODO (MASW) EN EL PUEBLO JOVEN BELÉN DISTRITO YAURI ESPINAR-CUSCO
Ubicación: CALLE SANTO DOMINGO LOCAL BARRIAL PP. JJ. BELEN -2
Coordenadas: E:239618.39 N:8363596.561
Fecha: Agosto 2020

Curva de Dispersión



Vs10: Velocidad promedio de onda en los 10m superficiales
Vs30: Velocidad promedio de onda en los 30m superficiales

Perfil Unidimensional



Periodo fundamental (Ts)	0.28	S2
---------------------------------	-------------	-----------

Suelo intermedio

Cuadro Resumen

D(m)	Vs(m/s)	D/Vs
1.07	290.75	0.00369
2.31	293.50	0.00422
3.71	309.25	0.00453
5.28	338.75	0.00462
7.01	375.00	0.00463
8.90	409.50	0.00467
10.96	452.50	0.00459
13.19	472.00	0.00474
15.58	485.50	0.00495
18.13	500.25	0.00514
20.85	507.75	0.00538
23.74	514.50	0.00563
26.79	520.75	0.00587
30.00	527.00	0.00612
		Σ 0.06879

Vs 10 (m/s)	323
--------------------	------------

Vs 30 (m/s)	436
--------------------	------------

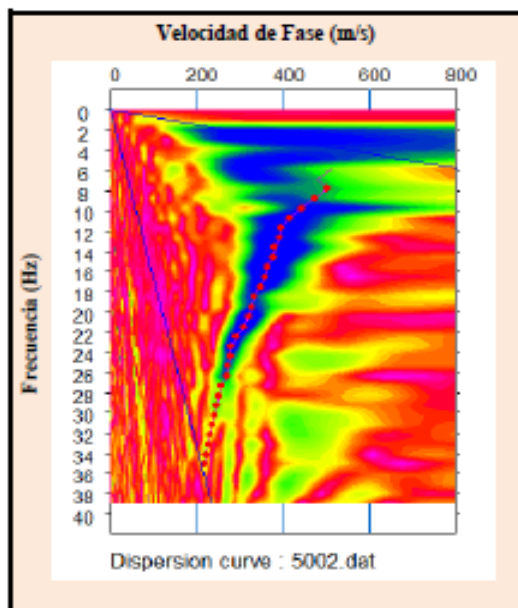
Tipo de Suelo	C
----------------------	----------

ANÁLISIS MULTICANAL DE ONDAS SUPERFICIALES

MASW-05

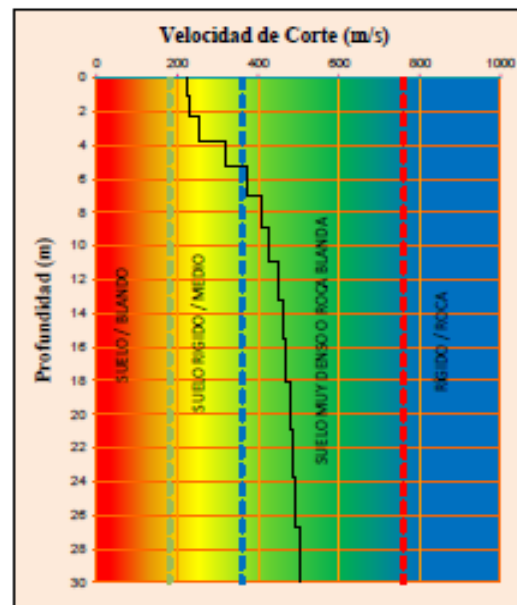
Proyecto: EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE SUELOS APLICANDO EL ENSAYO DE REFRACCIÓN SÍSMICA POR EL MÉTODO (MASW) EN EL PUEBLO JOVEN BELÉN DISTRITO YAURI ESPINAR-CUSCO
Ubicación: CALLE INKA CON CALLE BUENOS AIRES
Coordenadas: E: 239486.814 N:836306.316
Fecha: Agosto 2020

Curva de Dispersión



Vs10: Velocidad promedio de onda en los 10m superficiales
Vs30: Velocidad promedio de onda en los 30m superficiales

Perfil Unidimensional



Periodo fundamental (T_a)	0.30	S2
Suelo intermedio		

Cuadro Resumen

D(m)	Vs(m/s)	D/Vs
1.07	228.25	0.00475
2.31	228.25	0.00543
3.71	256.75	0.00546
5.28	319.00	0.00491
7.01	373.00	0.00465
8.90	409.25	0.00465
10.96	429.00	0.00482
13.19	452.75	0.00492
15.58	462.00	0.00518
18.13	470.50	0.00543
20.85	478.00	0.00570
23.74	486.25	0.00594
26.79	494.00	0.00619
30.00	501.50	0.00643
	Σ	0.07443

Vs 10 (m/s) **289**

Vs 30 (m/s) **403**
Tipo de Suelo **C**

ANÁLISIS MULTICANAL DE ONDAS SUPERFICIALES

MASW-06

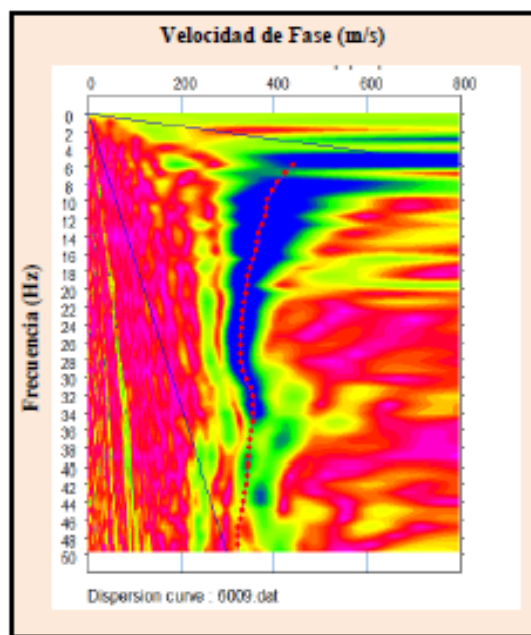
Proyecto: EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE SUELOS APLICANDO EL ENSAYO DE REFRACCIÓN SÍSMICA POR EL MÉTODO (MASW) EN EL PUEBLO JOVEN BELÉN DISTRITO YAURI ESPINAR-CUSCO

Ubicación: COLISEO MUNICIPAL PP.JJ. BELEN -ESPINAR

Coordenadas: E:239473.46 N:8362758.598

Fecha: Agosto 2020

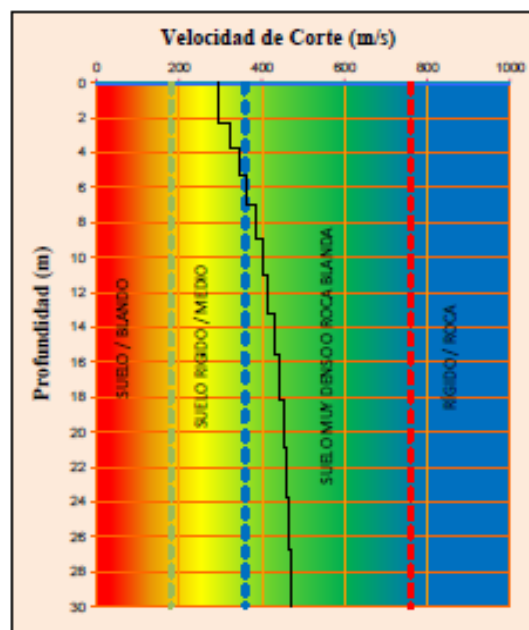
Curva de Dispersión



Vs10: Velocidad promedio de onda en los 10m superficiales

Vs30: Velocidad promedio de onda en los 30m superficiales

Perfil Unidimensional



Periodo fundamental (Ts) **0.30** **S2**

Suelo intermedio

Cuadro Resumen

D(m)	Vs(m/s)	D/Vs
1.07	294.75	0.00368
2.31	296.50	0.00422
3.71	320.50	0.00441
5.28	344.50	0.00455
7.01	361.50	0.00479
8.90	383.25	0.00495
10.96	400.50	0.00515
13.19	416.75	0.00535
15.58	432.75	0.00553
18.13	444.50	0.00575
20.85	452.25	0.00602
23.74	459.75	0.00628
26.79	466.00	0.00654
30.00	471.75	0.00681
Σ		0.07402

Vs 10 (m/s) **315**

Vs 30 (m/s) **405**

Tipo de Suelo **C**

ANÁLISIS MULTICANAL DE ONDAS SUPERFICIALES

MASW-07

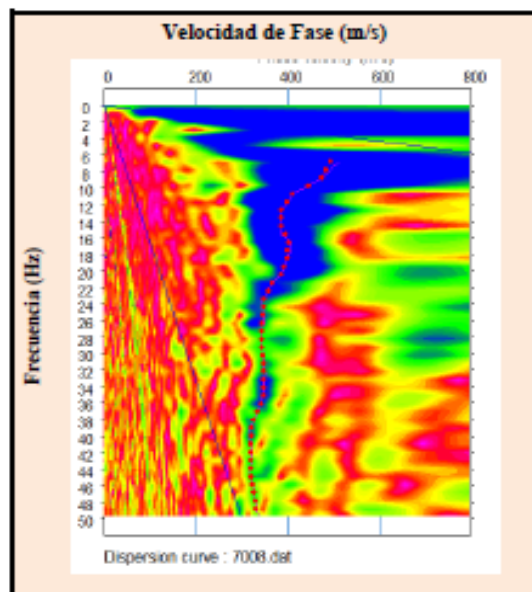
Proyecto: EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE SUELOS APLICANDO EL ENSAYO DE REFRACCIÓN SÍSMICA POR EL MÉTODO (MASW) EN EL PUEBLO JOVEN BELÉN DISTRITO YAURI ESPINAR-CUSCO

Ubicación: CALLE QUINSACHATA LOTE 48

Coordenadas: E:239745.332 N:8362798.429

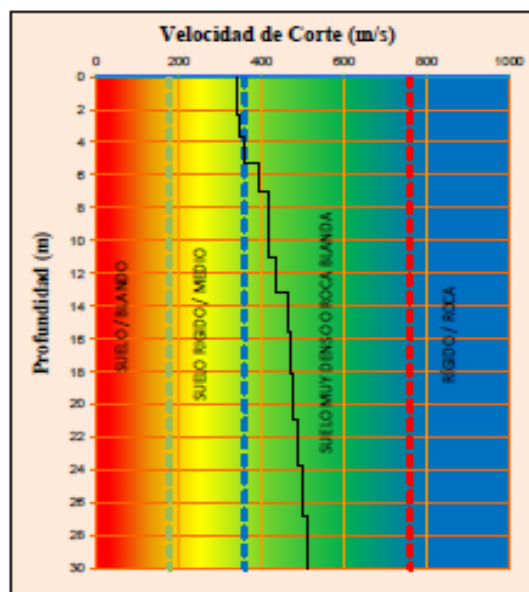
Fecha: Agosto 2020

Curva de Dispersión



Vs10: Velocidad promedio de onda en los 10m superficiales
Vs30: Velocidad promedio de onda en los 30m superficiales

Perfil Unidimensional



Periodo fundamental (T_e)	0.27	S2
Suelo intermedio		

Cuadro Resumen

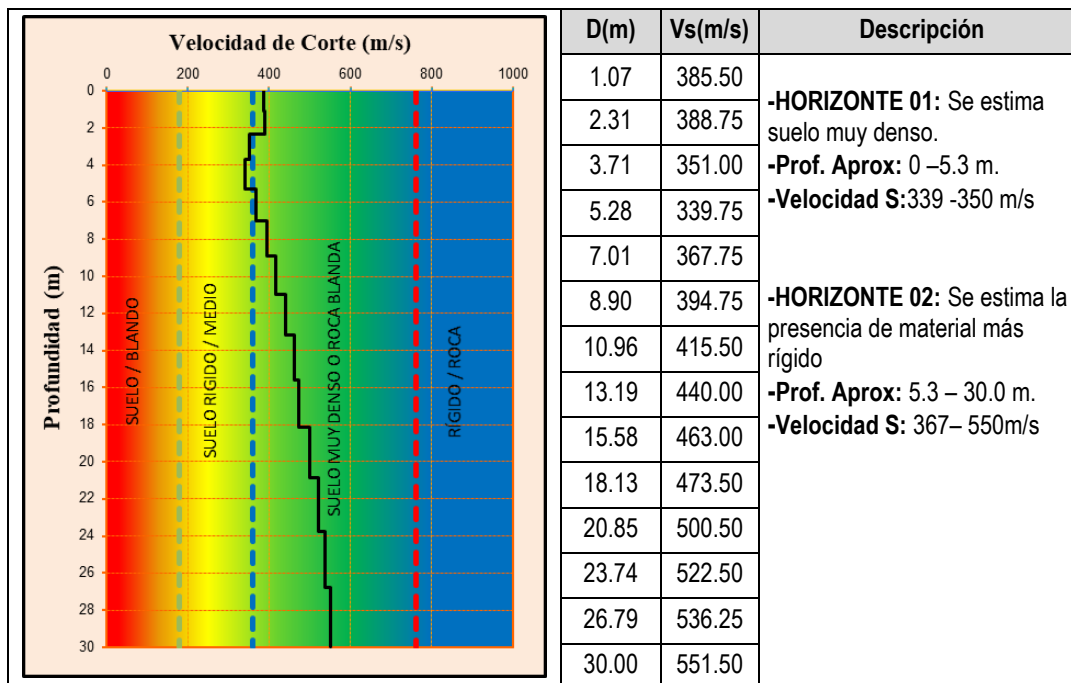
D(m)	Vs(m/s)	D/Vs
1.07	340.00	0.00315
2.31	341.00	0.00362
3.71	350.50	0.00400
5.28	360.00	0.00435
7.01	396.00	0.00437
8.90	418.00	0.00454
10.96	417.50	0.00494
13.19	438.50	0.00508
15.58	463.00	0.00516
18.13	471.50	0.00542
20.85	477.50	0.00570
23.74	488.00	0.00591
26.79	499.50	0.00611
30.00	511.50	0.00629
	Σ	0.06864

Vs 10 (m/s) **345**

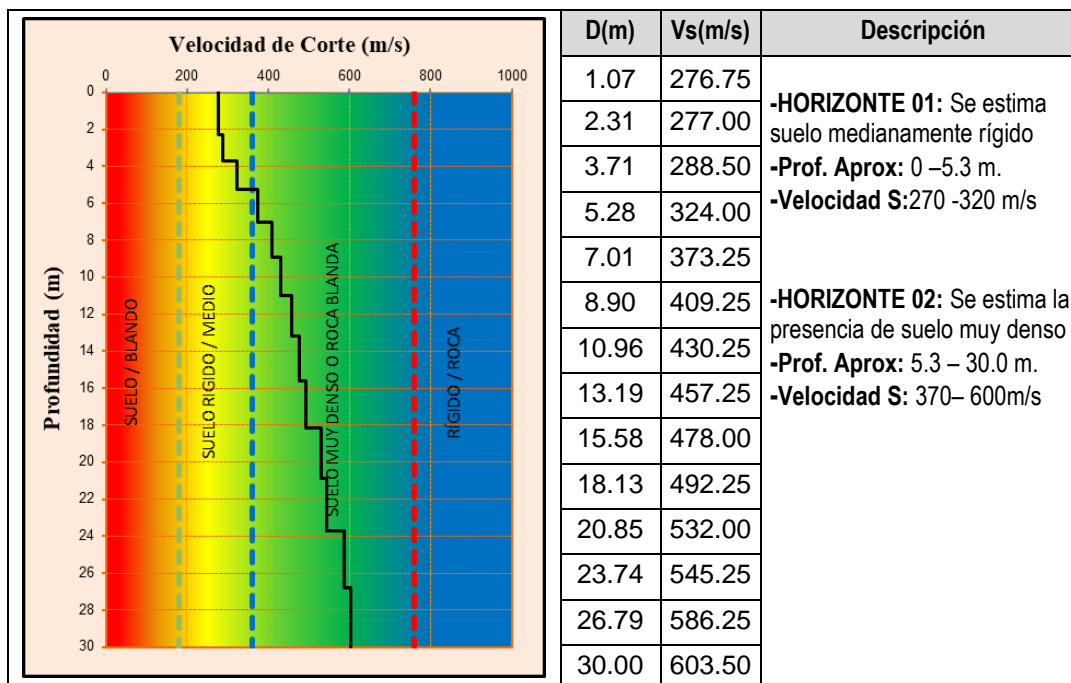
Vs 30 (m/s) **437**
Tipo de Suelo **C**

A continuación, se presenta la descripción del perfil unidimensional obtenido a partir del ensayo MASW.

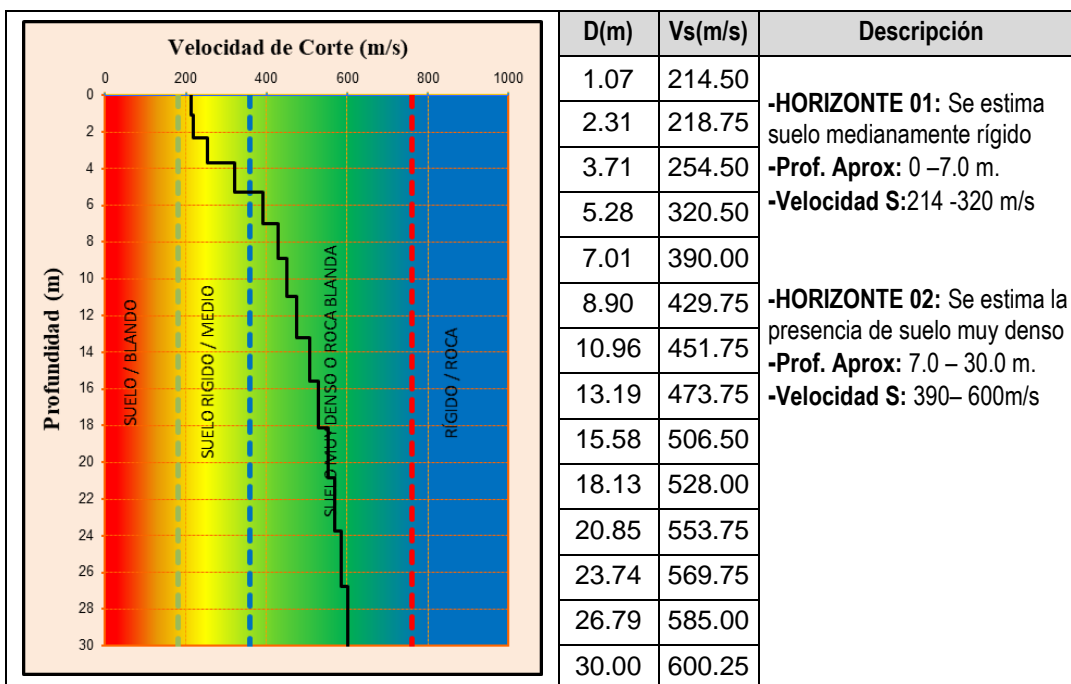
Cuadro 0.1. Velocidades de corte, calculadas a partir del ensayo MASW 01.



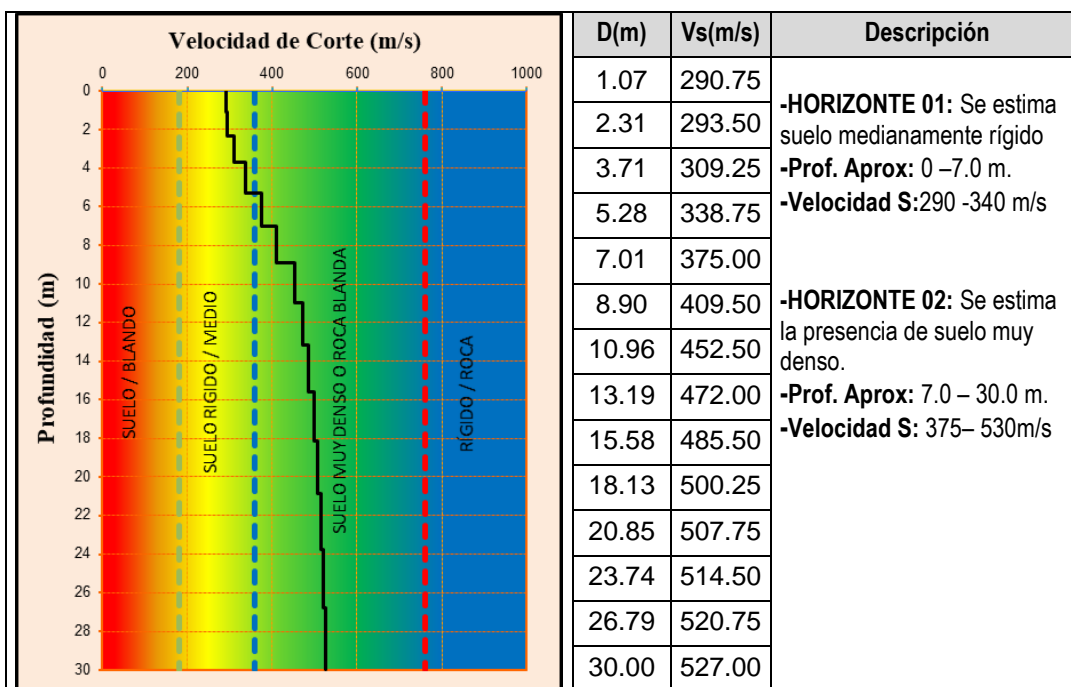
Cuadro 0.2. Velocidades de corte, calculadas a partir del ensayo MASW 02.



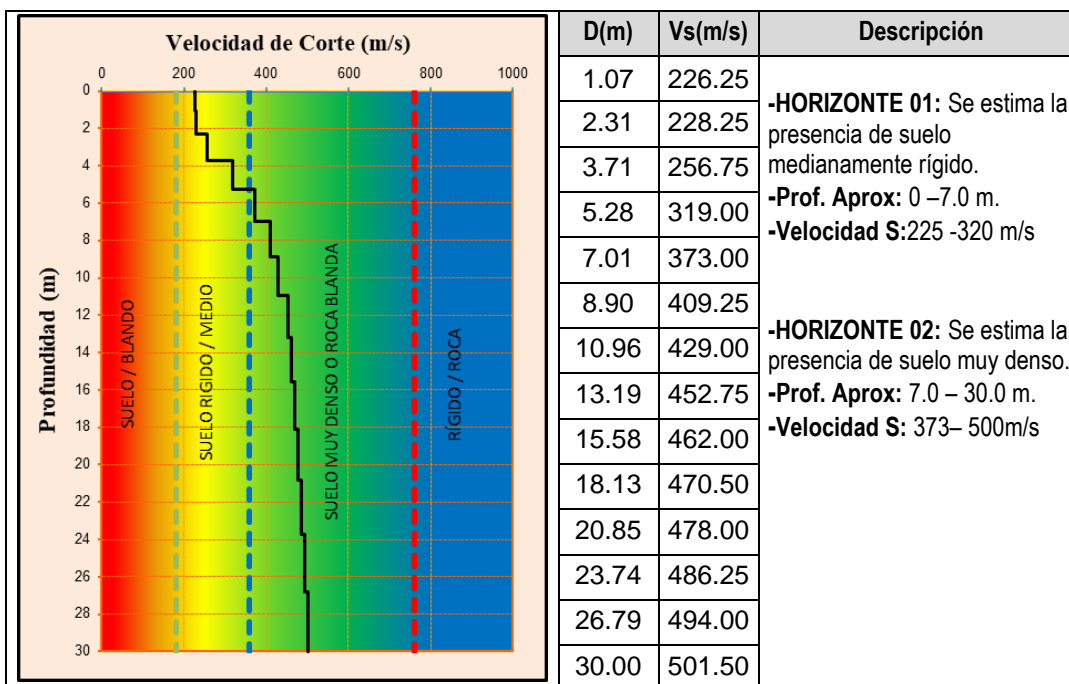
Cuadro 0.3. Velocidades de corte, calculadas a partir del ensayo MASW 03



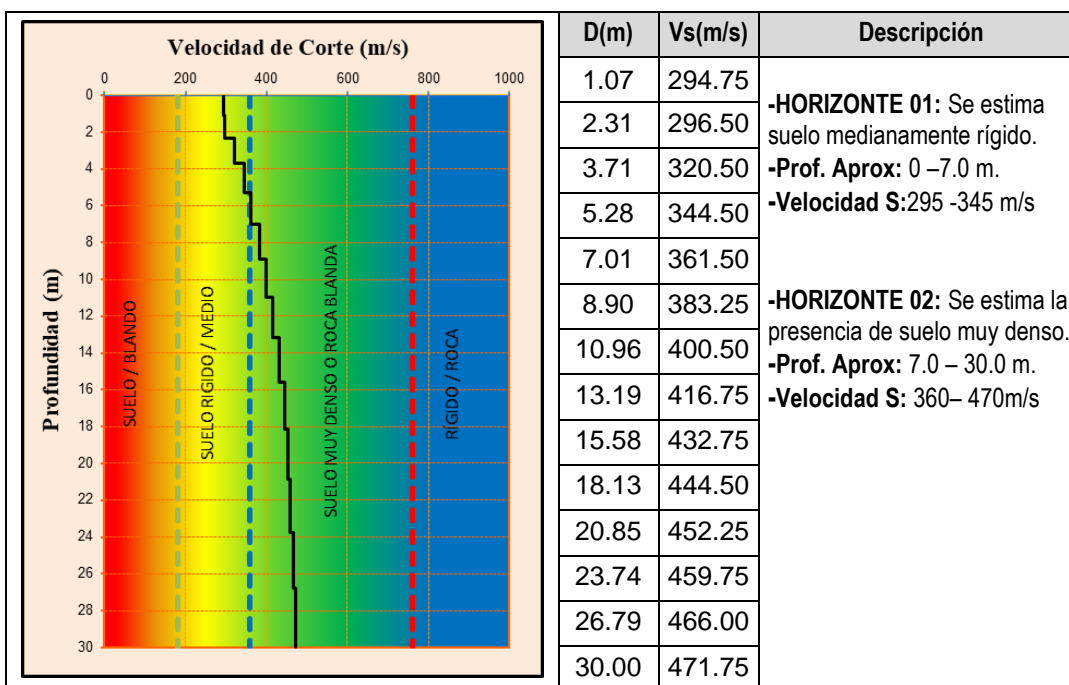
Cuadro 0.4. Velocidades de corte, calculadas a partir del ensayo MASW 04.



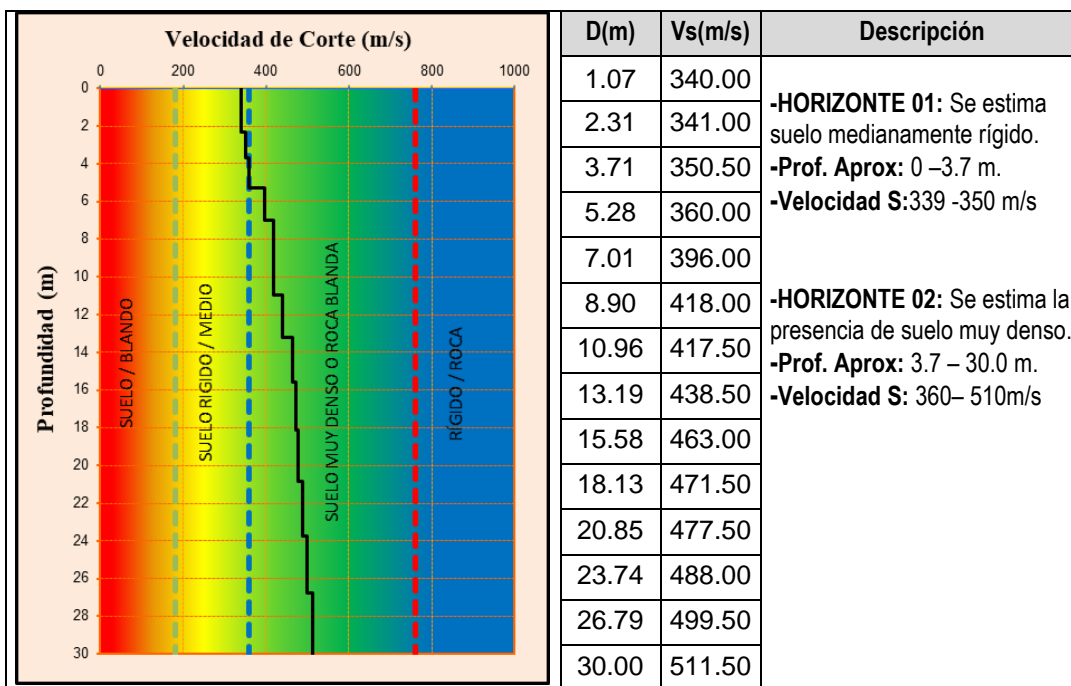
Cuadro 0.5. Velocidades de corte, calculadas a partir del ensayo MASW 05



Cuadro 0.6. Velocidades de corte, calculadas a partir del ensayo MASW 06



Cuadro 0.7. Velocidades de corte, calculadas a partir del ensayo MASW 07



Anexo 4: Cálculo de la Capacidad Portante

Capacidad portante mercado zonal PP.JJ. Belén

Línea Sísmica (zona)	Profundidad (m)	Vp (m/s)	Vs (m/s)	Peso específico KN/m ³	Factor de corrección (α)	Factor de seguridad (n)	Capacidad carga admisible (KN/cm ²)	Capacidad carga admisible (Kg/cm ²)
perfil LS - 01	1,50	637	386	19,1	0,91	4	183,6	1,87
	7,00	1020	368	18,8	0,91	4	173,1	1,77
	30,00	1675	552	20,8	0,91	4	287,3	2,93
								2,19

Fuente: Elaboración propia

Capacidad portante terreno colegio Almirante Miguel Grau

Línea Sísmica (zona)	Profundidad (m)	Vp (m/s)	Vs (m/s)	Peso específico KN/m ³	Factor de corrección (α)	Factor de seguridad (n)	Capacidad carga admisible (KN/cm ²)	Capacidad carga admisible (Kg/cm ²)
perfil LS - 02	1,50	420	277	17,5	0,91	4	121,3	1,24
	7,00	976	430	19,6	0,91	4	210,6	2,15
	30,00	1709	604	21,3	0,91	4	321,6	3,28
								2,22

Fuente: Elaboración propia

Capacidad portante calle Santo Domingo local barrial PP. JJ. Belén

Línea Sísmica (zona)	Profundidad (m)	Vp (m/s)	Vs (m/s)	Peso específico KN/m ³	Factor de corrección (α)	Factor de seguridad (n)	Capacidad carga admisible (KN/cm ²)	Capacidad carga admisible (Kg/cm ²)
perfil LS -03	2,00	430	219	16,5	0,91	4	90,4	0,92
	7,00	1070	430	19,6	0,91	4	210,3	2,14
	30,00	1847	600	21,3	0,91	4	319,4	3,26
								2,11

Fuente: Elaboración propia

Calle Santo Domingo local barrial PP. JJ. Belén

Línea Sísmica (zona)	Profundidad (m)	Vp (m/s)	Vs (m/s)	Peso específico KN/m ³	Factor de corrección (α)	Factor de seguridad (n)	Capacidad carga admisible (KN/cm ²)	Capacidad carga admisible (Kg/cm ²)
perfil LS - 04	2,00	493	293	17,8	0,91	4	130,5	1,33
	6,00	935	410	19,3	0,91	4	198,0	2,02
	30,00	1740	527	20,6	0,91	4	271,4	2,77
								2.04

Fuente: Elaboración propia

Calle Inka con calle Buenos Aires PP. JJ. Belén

Línea Sísmica (zona)	Profundidad (m)	Vp (m/s)	Vs (m/s)	Peso específico KN/m ³	Factor de corrección (α)	Factor de seguridad (n)	Capacidad carga admisible (KN/cm ²)	Capacidad carga admisible (Kg/cm ²)
perfil LS - 05	4,00	431	226	16,7	0,91	4	94,3	0,96
	12,00	1714	453	19,8	0,91	4	224,5	2,29
	30,00	2374	502	20,3	0,91	4	255,1	2,60
								1,95

Fuente: Elaboración propia

Coliseo Municipal PP.JJ. Belén – Espinar

Línea Sísmica (zona)	Profundidad (m)	Vp (m/s)	Vs (m/s)	Peso específico KN/m ³	Factor de corrección (α)	Factor de seguridad (n)	Capacidad carga admisible (KN/cm ²)	Capacidad carga admisible (Kg/cm ²)
perfil LS - 06	2,00	600	297	17,8	0,91	4	132,3	1,35
	8,00	1585	383	19,0	0,91	4	182,3	1,86
	30,00	1860	472	20,0	0,91	4	236,3	2,41
								1,87

Fuente: Elaboración propia

Calle Quinsachata lote 48 PP. JJ. Belén

Línea Sísmica (zona)	Profundidad (m)	Vp (m/s)	Vs (m/s)	Peso específico KN/m ³	Factor de corrección (α)	Factor de seguridad (n)	Capacidad carga admisible (KN/cm ²)	Capacidad carga admisible (Kg/cm ²)
perfil LS - 07	3,00	540	351	18,6	0,91	4	163,0	1,66
	14,00	1260	463	19,9	0,91	4	230,9	2,35
	30,00	3682	512	20,4	0,91	4	261,5	2,67
								2,23

Fuente: Elaboración propia

Anexo 5: Ensayo de Laboratorio

- **Ensayos Estándar**
- **Ensayos especial**
- **Capacidad Portante**



6. INVESTIGACIÓN EXPLORATORIA Y MUESTREO.

Los trabajos de campo siguieron el siguiente procedimiento:

6.1. Prospecciones.

Los trabajos de campo siguieron el siguiente procedimiento:

Se realizaron excavaciones (02) con pozos de hasta 1.60 m de profundidad, suficiente para la carga estimada proveniente de la estructura que soportará el suelo y según nos muestra el diagrama de presiones inducidas en el suelo (Boussinesq).

6.2. TENSIÓN INDUCIDA EN EL SUBSUELO (Boussinesq)

Distancia al punto de aplicación de la carga : $r = 0,0$ m.

Carga concentrada: : $Q = 40$ Tn.

Prof. del punto de aplica. del sondeo	Distancia del punto de aplica. del sondeo	Carga concentrada	Incremento de tensión en el subsuelo
z m del p.c.	r m	Q t	Δq kg/cm^2
1.00	0.00	40.00	10.10
1.50	0.00	40.00	6.49
2.00	0.00	40.00	4.77
3.00	0.00	40.00	2.12
4.00	0.00	40.00	1.19
5.00	0.00	40.00	0.75
6.00	0.00	40.00	0.53
7.00	0.00	40.00	0.39
8.00	0.00	40.00	0.30
9.00	0.00	40.00	0.24
10.00	0.00	40.00	0.19

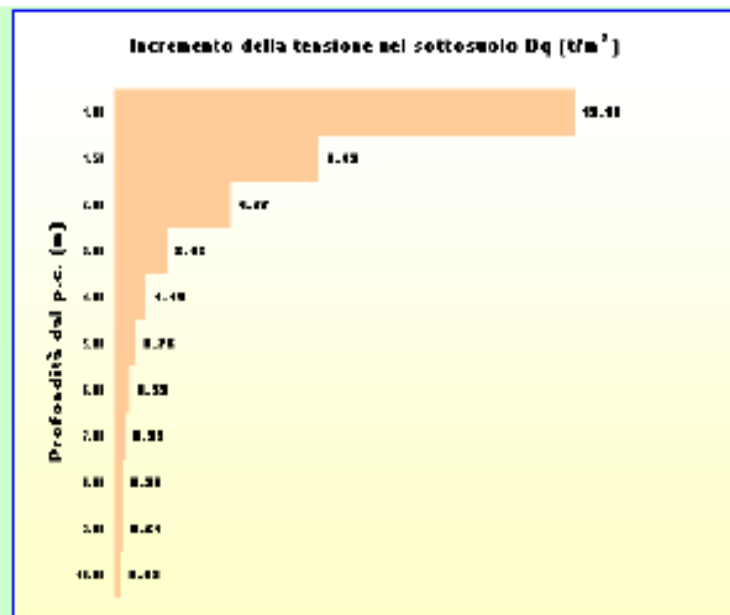


Gráfico - El diagrama de la tensión en el subsuelo inducida por la carga.

Prospecciones. - Se realizaron excavaciones con pozos a cielo abierto (02 sondeos), hasta los 1.60 m. de profundidad.

Muestreo. - Debido al tipo de suelo encontrado, se tomaron muestras alteradas por estrato.

Estratigrafía. - Se realizó la descripción de cada capa identificada.



6.3. ENSAYOS IN SITU.

Según las condiciones del suelo encontrado, se realizaron los siguientes procedimientos de identificación y muestreo in situ.

TÉCNICAS AUXILIARES	NORMAS APLICABLES
Pozos o Calicatas y Perforaciones	ASTM D 420, UNE 7-371:1975
Técnicas de muestreo	ASTM D 420
Descripción Visual de Suelos y Rocas	ASTM D 2487 - ISRM
Standard Practice for Soil Investigation and Sampling by Auger Borings	ASTM D1452-80(2000)
Densidad Natural	UNE -103-105-93
Ensayo de Penetración Dinámica DPL	ASTM D 3080

6.4. ENSAYOS DE LABORATORIO

Para determinar los parámetros de caracterización del terreno en cuanto a sus propiedades índices y estructurales, se realizaron los siguientes ensayos normalizados:

ENSAYO DE LABORATORIO	NORMAS APLICABLES
Preparación de Muestras	ASTM D 420-69, UNE 103-100-95
Análisis Granulométrico	ASTM D 422, UNE 103-101-95
Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock	ASTM D 4643, WK14112
Límite Líquido y Plástico	ASTM D 4318, UNE 103-103-94
Clasificación Unificada de Suelos SUCS - AASHTO	ASTM D 2487/00

7. DESCRIPCIÓN ESTRATIGRÁFICA

7.1. CALICATA N°1: CALICATA C-2 COLEGIO ALMIRANTE MIGUEL GRAU

COORDENADAS	
ESTE	NORTE
239773.358	8363068.649

- Primer Estrato de 0.00 m a 0.10 m de material orgánico con presencia de raíces dentro de una matriz areno limosa, de coloración marrón, con humedad media.
- Segundo Estrato de 0.10 m a 1.00 m de material areno limoso de color marrón sin presencia de material orgánico, caracterizado con el nombre de ARENA MAL GRADUADA CON LIMO (SP-SM) según clasificación SUCS. GRAVAS Y ARENAS LIMOSAS O ARCILLOSAS A-2-4 (0) según clasificación AASHTO.
- Tercer Estrato de 1.00 m a 1.40 m de material areno limoso de color marrón sin presencia de material orgánico, caracterizado con el nombre de ARENA MAL GRADUADA CON LIMO (SP-SM) según clasificación SUCS. GRAVAS Y ARENAS LIMOSAS O ARCILLOSAS A-2-5 (0) según clasificación AASHTO.
- No presenta nivel freático a la profundidad de excavación.



Ilustración 4: Calicata C-2

 PERFIL ESTRATIGRÁFICO
CALICATA C-2

ESC.	LITOLOGIA	DESCRIPCION	COTA	N.F.	CONSTITUCION	OBS.
		Material orgánico con presencia de raíces, coloración marrón.	0.10 m			Terreno normal
0.25 m		SP-SM: Arena mal graduada con limo, coloración marrón, humedad baja	0.90 m		Grava: 1.60 % Arena: 93.40 % Finos : 5.00 %	Terreno normal
0.50 m						
0.75 m						
1.00 m		SP-SM: Arena mal graduada con limo, coloración marrón, humedad baja	1.40 m		Grava: 0.40 % Arena: 89.80 % Finos : 9.80 %	Terreno normal
1.25 m						
1.40 m						

Ilustración 5: Perfil estratigráfico Calicata C-2.

ITM GLOBAL INGENIERIA Y SERVICIOS
 LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO
 Wilfredo Collanque Sanchez
 JEFE DE LABORATORIO



7.2.CALICATA Nº2: CALICATA C-4 CALLE SANTO DOMINGO LOCAL BARRIAL PP. JJ. BELEN-2

COORDENADAS	
ESTE	NORTE
239618.39	8363596.561

- Primer Estrato de 0.00 m a 0.15 m de material orgánico con presencia de raíces dentro de una matriz areno limosa, de coloración marrón, con humedad media.
- Segundo Estrato de 0.10 m a 0.70 m de material areno limoso de color marrón sin presencia de material orgánico, caracterizado con el nombre de ARENA MAL GRADUADA CON LIMO (SP-SM) según clasificación SUCS. GRAVAS Y ARENAS LIMOSAS O ARCILLOSAS A-2-4 (0) según clasificación AASHTO.
- Tercer Estrato de 0.70 m a 1.60 m de material areno limoso de color marrón sin presencia de material orgánico, caracterizado con el nombre de ARENA LIMOSA (SM) según clasificación SUCS. GRAVAS Y ARENAS LIMOSAS O ARCILLOSAS A-2-4 (0) según clasificación AASHTO.
- No presenta nivel freático a la profundidad de excavación.



Ilustración 6: Calicata C-4

[Handwritten Signature]
 Ing. Ruyter Macías Olaya
 ESP. MECÁNICA
 CIP-88840

 ITM GLOBAL INGENIERIA Y SERVICIOS
 LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO
[Handwritten Signature]
 Wilfredo Collanque Sanchez
 JEFE DE LABORATORIO


 PERFIL ESTRATIGRÁFICO
CALICATA C-4

ESC.	LITOLOGIA	DESCRIPCION	COTA	N.F.	CONSTITUCION	OBS.
		Material orgánico con presencia de raíces, coloración marrón.	0.15 m			Terreno normal
0.25 m		SP-SM: Arena mal graduada con limo, coloración marrón, humedad baja			Grava: 9.90 % Arena: 81.40 % Finos : 8.70 %	Terreno normal
0.50 m		SM: Arena limosa, coloración marrón, humedad baja	0.70 m		Grava: 0.50 % Arena: 86.30 % Finos : 13.20 %	Terreno normal
0.75 m						
1.00 m						
1.25 m						
1.50 m						
1.60 m			1.60 m			

Ilustración 7: Perfil estratigráfico Calicata C-4

8. CAPACIDAD DE CARGA

8.1. Fórmula de Meyerhof (1963)

Meyerhof propuso una fórmula para calcular la carga última parecida a la de Terzaghi. Las diferencias consisten en la introducción de nuevos coeficientes de forma. Introdujo un coeficiente s_q que multiplica el factor N_q , factores de profundidad d_i y de pendiente i_i para el caso en que la carga transmitida a la cimentación sea inclinada en la vertical.

Los valores de los coeficientes N se obtuvieron de Meyerhof hipotizando varios arcos de prueba BF (v. mecanismo Prandtl), mientras que el corte a lo largo de los planos AF tenía valores aproximados. A continuación, se presentan los factores de forma tomados de Meyerhof, junto con la expresión de la fórmula.

$$q_u = c' N_c F_{c_d} F_{c_d} F_{c_d} + q N_q F_{q_d} F_{q_d} F_{q_d} + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma F_{\gamma_d} F_{\gamma_d} F_{\gamma_d}$$

ING. WILFREDO COLLANQUE SANCHEZ
ESP. GEOTECNIA
C.P. 6040

ITM GLOBAL INGENIERIA Y SERVICIOS
LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO

Wilfredo Collanque Sanchez
JEFE DE LABORATORIO



- c' = cohesión
- q = esfuerzo efectivo al nivel del fondo de la cimentación
- γ = peso específico del suelo
- B = ancho de la cimentación (= diámetro para una cimentación circular)
- $F_{c'}$, $F_{q'}$, F_{γ} = factores de forma
- $F_{c'd}$, $F_{q'd}$, $F_{\gamma'd}$ = factores de profundidad
- $F_{c'i}$, $F_{q'i}$, $F_{\gamma'i}$ = factores de inclinación de la carga
- N_c , N_q , N_γ = factores de capacidad de carga

Factores de capacidad de carga

La naturaleza básica de la superficie de falla en un suelo sugerida por Terzaghi ahora parece haberse confirmado por estudios de laboratorio y de campo de la capacidad de carga (Vesic, 1973). Sin embargo, el ángulo α que se muestra en la figura 3.5 está más cercano a $45 + \phi'/2$ que a ϕ' . Si se acepta este cambio, los valores de N_c , N_q y N_γ para un ángulo de fricción del suelo dado también cambiarán respecto a los dados en la tabla 3.1. Con $\alpha = 45 + \phi'/2$, se puede demostrar que

$$N_c = \tan^2 \left(45 + \frac{\phi'}{2} \right) e^{\pi \tan \phi'}$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \phi'$$

La ecuación para N_c la dedujo originalmente Prandtl y la ecuación para N_q la presentó Reissner (1924). Caquot y Kerisel (1953) y Vesic (1973) proporcionaron la relación para N_γ como

$$N_\gamma = 2 (N_q + 1) \tan \phi'$$

8.2. ANGULO DE FRICCIÓN INTERNA

Según Terzaghi y Meyerhof (1957), para obtener los valores de ángulo de fricción mediante D_r , puede usarse las siguientes relaciones:

- Suelos granulares con % pasa el tamiz N° 200 mayor al 5%

$$\phi' = 25 + (0.15 \cdot D_r)$$

- Suelos granulares con % pasa el tamiz N° 200 menor al 5%


$$\phi' = 30 + (0.15 \cdot D_r)$$


8.3.CALCULO DE DENSIDAD RELATIVA


(Densidad relativa)

VALOR N		Dr(%)	
0	4	0	15
5	10	15	33
11	30	33	67
31	50	67	85
>	50	85	100

CALCULO DE ANGULO DE FRICCIÓN INTERNA					
CALICATA	ESTRATO	PASANTE TAMIZ Nº 200	N (spt)	Dr	ANGULO DE FRICCIÓN INTERNA
C-2	E-3	9.80%	37.50	73.16%	35.97
C-4	E-3	13.20%	39.50	75.05%	36.26



ITM GLOBAL INGENIERIA Y SERVICIOS
LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO



Wilckey J. Collanque Sanchez
JEFE DE LABORATORIO



Ing. Karen Mejías Quiro
COP. GEOTECNIA
CIP. 64648


8.5.CALICATA Nº2: CALICATA C-4 CALLE SANTO DOMINGO LOCAL BARRIAL PP. JJ. BELEN-2
CAPACIDAD PORTANTE DE UN SUELO CARGADO CENTRICAMENTE

ϕ' =	36.26 grados
Cohesión =	0 kN/m ²
Peso Esp. =	1.892 g/cm ³
=	18.538 kN/m ³
Df =	1.50 m
B =	1.00 m
L =	1.00 m
beta =	0.00 grados
Fq =	3.00
Fc =	3.00
Fg =	3.00

Factores de capacidad de carga

Nq =	39.02
Nc =	51.84
Ng =	58.71

Factores de forma - De Beer (1970)

Fcs =	1.75
Fqs =	1.73
Fgs =	0.60

Factores de profundidad - Hansen (1970)

Fcd =	1.02
Fqd =	1.02
Fgd =	1.00



Factores de inclinación - Meyerhof (1963), Hanna y Meyerhof (1981)

Fci =	0.98
Fqi =	0.98
Fgi =	0.95

Capacidad portante - Meyerhof (1963)

qu =	726.72 kN/m ²
FS =	3.00
Q _{adm} =	242.24 kN/m ²
	2.47 kg/cm ²


 Ing. Rubén Mejías Galarraga
 EXP. CALIFICADA
 CIP. 64648


ITM GLOBAL INGENIERIA Y SERVICIOS
 LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO

 Wilfredo Collanque Sanchez
 JEFE DE LABORATORIO



9. ASENTAMIENTOS.

9.1. ASIENTOS DE SCHMERTMANN

Un método alternativo para calcular los asentamientos es el propuesto por Schmertmann (1970), el cual ha correlacionado la variación del bulbo de tensiones a la deformación. Schmertmann por lo tanto propone considerar un diagrama de las deformaciones de forma triangular donde la profundidad a la cual se tienen deformaciones significativas se toma como igual a $4B$, en el caso de cimentaciones corridas, para cimentaciones cuadradas o circulares es igual a $2B$. Según este acercamiento el asentamiento se expresa con la siguiente ecuación:

$$w = C_1 \cdot C_2 \cdot \Delta q \cdot \sum \frac{I_z \cdot \Delta z}{E}$$

en la cual:

Δq representa la carga neta aplicada a la cimentación; I_z es un factor de deformación cuyo valor es nulo a la profundidad de $2B$, para cimentaciones circulares o cuadradas, y a profundidad $4B$, para cimentaciones corridas (lineales).

El valor máximo de I_z se verifica a una profundidad respectivamente igual a: $B/2$ para cimentaciones circulares o cuadradas y B para cimentaciones corridas y vale

$$I_{z\max} = 0.5 + 0.1 \left(\frac{\Delta q}{\sigma_{vd}} \right)^{0.5}$$

donde σ'_{vd} representa la tensión vertical eficaz a la profundidad $B/2$ para cimentaciones circulares o cuadradas, y a profundidad B para cimentaciones corridas.

E_j representa el módulo de deformación del terreno correspondiente al estrato j -ésimo considerado en el cálculo.

Δz_j representa el espesor del estrato j -ésimo; C_1 e C_2 son dos coeficientes correctores.

El módulo E se considera igual a $2.5 q_c$ para cimentaciones circulares o cuadradas e igual a $3.5 q_c$ para cimentaciones corridas. En los casos intermedios, se interpola en función del valor de L/B . El término q_c que interviene en la determinación de E representa la resistencia a la puntaza obtenida con la prueba SPT.

9.2. ASIENTOS EDMÉTRICOS

El cálculo de los asentamientos con el método edométrico permite valorar un asentamiento de consolidación de tipo unidimensional, producto de las tensiones inducidas por una carga aplicada en condiciones de expansión lateral impedida. Por lo tanto la estimación efectuada con este método se debe considerar como empírica, en vez de teórica. Sin embargo la simplicidad de uso y la facilidad de controlar la influencia de los varios parámetros que intervienen en el cálculo, lo hacen un método muy difuso. El procedimiento edométrico en el cálculo de los asentamientos pasa esencialmente a través de dos fases:

- El cálculo de las tensiones verticales inducidas a las diferentes profundidades con la aplicación de la teoría de la elasticidad;
- La valoración de los parámetros de compresibilidad con la prueba edométrica.

En referencia a los resultados de la prueba edométrica, el asentamiento se valora como:

$$\Delta H = H_0 \cdot R.R \cdot \log \frac{\sigma'_{v0} + \Delta \sigma_v}{\sigma'_{v0}}$$



si se trata de un terreno súper consolidado ($OCR > 1$), o sea si el incremento de tensión debido a la aplicación de la carga no hace superar la presión de preconsolidación $\Delta \sigma'_v$ ($\sigma'_{v0} + \Delta \sigma'_v < \Delta \sigma'_p$).

Si en cambio el terreno es consolidado normal ($\sigma'_{v0} = \Delta \sigma'_p$) las deformaciones se dan en el tracto de compresión y el asiento se valora como:

$$\Delta H = H_0 \cdot CR \cdot \log \frac{\sigma'_{v0} + \Delta \sigma'_v}{\sigma'_{v0}}$$

donde:

RR Relación de recompresión; CR Relación de compresión; H₀ espesor inicial del estrato; $\Delta \sigma'_v$ tensión vertical eficaz antes de la aplicación de la carga; $\Delta \sigma'_v$ incremento de tensión vertical debido a la aplicación de la carga.

Como alternativa a los parámetros RR y CR se hace referencia al módulo edométrico M; pero en tal caso se debe seleccionar oportunamente el valor del módulo a utilizar, teniendo en cuenta el intervalo tensional ($\sigma'_{v0} + \Delta \sigma'_v$) significativo para el problema en examen.

Para la aplicación correcta de este tipo de método es necesario:

- la subdivisión de los estratos compresibles en una serie de pequeños estratos de modesto espesor (< 2,00 m);
- la estimación del módulo edométrico en el ámbito de cada estrato;
- el cálculo del asiento como suma de las contribuciones para cada pequeño estrato

Muchos usan las expresiones antes indicadas para el cálculo del asentamiento de consolidación tanto para las arcillas como para las arenas de granulometría de fina a media, porque el módulo de elasticidad usado viene tomado directamente de pruebas de consolidación. Sin embargo, para terrenos con grano más grueso las dimensiones de las pruebas edométricas son poco significativas del comportamiento global del estrato y, para las arenas, es preferible utilizar pruebas penetrométricas estáticas y dinámicas.

ASIENTO SECUNDARIO

El asiento secundario se calcula con referencia a la relación:

$$\Delta H_s = H_c \cdot C_\alpha \cdot \log \frac{T}{T_{100}}$$

en donde:

H_c es la altura del estrato en fase de consolidación; C_α es el coeficiente de consolidación secundaria como pendiente en el tracto secundario de la curva asiento-logaritmo tiempo; T tiempo en que se desea el asiento secundario; T₁₀₀ tiempo necesario para terminar el proceso de consolidación primaria.

ASIENTOS POR ESTRATO

*Asiento edométrico calculado con: Método consolidación unidimensional de Terzaghi

Z: Profundidad promedio del estrato; $\Delta \sigma'_p$: Incremento de tensiones; W_c: Asiento de consolidación; W_s: Asiento secundario (deformaciones viscosas); W_t: Asiento total.


9.3.CALICATA N°1: C-2 COLEGIO ALMIRANTE MIGUEL GRAU

Estrato	Z (m)	Tensión (Kg/cm ²)	Dp (Kg/cm ²)	Método	Wc (cm)	Ws (cm)	Wt (cm)
3	1.50	0.107	0.285	Edométrico	1.310	0.0	1.310

Asiento total Wt=1.310 cm

9.4.CALICATA N°2: C-4 CALLE SANTO DOMINGO LOCAL BARRIAL PP. J.J. BELEN-2

Estrato	Z (m)	Tensión (Kg/cm ²)	Dp (Kg/cm ²)	Método	Wc (cm)	Ws (cm)	Wt (cm)
3	1.50	0.114	0.298	Edométrico	1.450	0.0	1.450

Asiento total Wt=1.450 cm

10. AGRESION DEL SUELO A LA CIMENTACION

En la zona de proyecto se ha evidenciado nivel freático superficial, se realizaron los ensayos para verificar la agresión del suelo al concreto a nivel de fundación mediante el siguiente ensayo

**ENSAYO DE SALES TOTALES Y SULFATOS EN SUELOS
ASTM D-516 D-1293**

Gramos muestra	150	no flocula		
Capsula N°	2		Crisol N°	2
calcula + sal=a	250		Crisol + Ss=a	300
Tara capsula	45		Tara Crisol b	120
Sales en gramos	6.53	1.49	Sulfato en grs= (a-b)	180
Sales=5(a-b)	0.0059	0.0042	Sulfatos = 5*0.608 (a-b)	547.2
Agua	2.45			

SALES TOTALES (%)	0.0058
SULFATOS (mg)	547.2

Observaciones: La muestra no flocula, por lo que su reacción al concreto será mínima.

VALORES DE GRADO DE ATAQUES PERMISIBLES				
GRADO DE ATAQUE	Ataque Debil	Ataque Moderado	Ataque Fuerte	Ataque muy Fuerte
SULFATO mg	200-600	600-3000	3000-6000	>6000

Fuente: ACI 318



ING. WILFREDO COLLANQUE SANCHEZ
EGR. GEOTECNIA
CIP. 64840


12. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

- De acuerdo a la ubicación del proyecto se tiene las siguientes características:


PARÁMETRO	MAGNITUD	DESCRIPCIÓN
Zona	3	Mapa de Zonificación Sísmica
Factor de Zona	0.35g.	Tabla Nº 1
Perfil de Suelo	Tipo S2	Suelos Intermedios
Parámetros del Suelo (Tabla Nº 4)	$T_p = 0.60 \text{ seg.}$ $T_L = 2.00 \text{ seg}$ $S = 1.15$	Periodo Predominante Factor de Amplificación del Suelo

- Se obtiene la siguiente descripción de las calicatas muestreadas:

CALICATA N°1: CALICATA C-2 COLEGIO ALMIRANTE MIGUEL GRAU

COORDENADAS	
ESTE	NORTE
239773.358	8363068.649

- Primer Estrato de 0.00 m a 0.10 m de material orgánico con presencia de raíces dentro de una matriz areno limosa, de coloración marrón, con humedad media.
- Segundo Estrato de 0.10 m a 1.00 m de material areno limoso de color marrón sin presencia de material orgánico, caracterizado con el nombre de ARENA MAL GRADUADA CON LIMO (SP-SM) según clasificación SUCS. GRAVAS Y ARENAS LIMOSAS O ARCILLOSAS A-2-4 (0) según clasificación AASHTO.
- Tercer Estrato de 1.00 m a 1.40 m de material areno limoso de color marrón sin presencia de material orgánico, caracterizado con el nombre de ARENA MAL GRADUADA CON LIMO (SP-SM) según clasificación SUCS. GRAVAS Y ARENAS LIMOSAS O ARCILLOSAS A-2-5 (0) según clasificación AASHTO.
- No presenta nivel freático a la profundidad de excavación.


ITM GLOBAL INGENIERIA Y SERVICIOS
 LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO

 Wilder J. Collanque Sanchez
 JEFE DE LABORATORIO


 Ing. Roberto Mayasita Quiroga

 ESP. GEOTECNIA
 CIP: 84548


 PERFIL ESTRATIGRÁFICO
 CALICATA C-2

ESC.	LITOLOGIA	DESCRIPCION	COTA	N.F.	CONSTITUCION	OBS.
		Material orgánico con presencia de raíces, coloración marrón.	0.10 m			Terreno normal
0.25 m		SP-SM: Arena mal graduada con limo, coloración marrón, humedad baja	0.90 m		Grava: 1.60 % Arena: 93.40 % Finos : 5.00 %	Terreno normal
0.50 m						
0.75 m						
1.00 m		SP-SM: Arena mal graduada con limo, coloración marrón, humedad baja			Grava: 0.40 % Arena: 89.80 % Finos : 9.80 %	Terreno normal
1.25 m						
1.40 m			1.40 m			

Ilustración 11: Perfil estratigráfico Calicata C-2.

**CALICATA N°2: CALICATA C-4 CALLE SANTO DOMINGO LOCAL
 BARRIAL PP. JJ. BELEN-2**

COORDENADAS	
ESTE	NORTE
239618.39	8363596.561

ITM GLOBAL INGENIERIA Y SERVICIOS
 LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO

 Wilber Collanque Sanchez
 JEFE DE LABORATORIO

- Primer Estrato de 0.00 m a 0.15 m de material orgánico con presencia de raíces dentro de una matriz areno limosa, de coloración marrón, con humedad media.
- Segundo Estrato de 0.10 m a 0.70 m de material areno limoso de color marrón sin presencia de material orgánico, caracterizado con el nombre de ARENA MAL GRADUADA CON LIMO (SP-SM) según clasificación SUCS. GRAVAS Y ARENAS LIMOSAS O ARCILLOSAS A-2-4 (0) según clasificación AASHTO.
- Tercer Estrato de 0.70 m a 1.60 m de material areno limoso de color marrón sin presencia de material orgánico, caracterizado con el nombre de ARENA LIMOSA (SM) según

Roberto Martínez Quiroz
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 66540



clasificación SUCS. GRAVAS Y ARENAS LIMOSAS O ARCILLOSAS A-2-4 (0) según clasificación AASHTO.

- > No presenta nivel freático a la profundidad de excavación.

PERFIL ESTRATIGRÁFICO CALICATA C-4

ESC.	LITOLOGIA	DESCRIPCION	COTA	N.F.	CONSTITUCION	OBS.
		Material orgánico con presencia de raíces, coloración marrón.	0.15 m			Terreno normal
0.25 m		SP-SM: Arena mal graduada con limo, coloración marrón, humedad baja	0.70 m		Grava: 9.90 % Arena: 81.40 % Finos : 8.70 %	Terreno normal
0.50 m						
0.75 m		SM: Arena limosa, coloración marrón, humedad baja	1.60 m		Grava: 0.50 % Arena: 86.30 % Finos : 13.20 %	Terreno normal
1.00 m						
1.25 m						
1.50 m						
1.60 m						

Ilustración 12-Perfil estratigráfico Calicata C-4

- > El resumen de parámetros correspondientes al suelo de fundación, son los siguientes.

Nro.	CALICATA	SUELO DE FUNDACIÓN	Angulo de Fricción (°)	Cohesión (Kpa)	Peso Especifico (t/m ³)	Asiento Total (cm)	Qadm (Kg/cm ²)	N.F (m)
1	CALICATA N°1: C-2	SP-SM	35.97	-	1.884	1.310	2.36	-
2	CALICATA N°2: C-4	SM	36.26	-	1.892	1.450	2.47	-



- El asentamiento calculado para un periodo de 5 años va entre 1.31 a 1.45 cm, lo cual es tolerable para este tipo de construcción.
- No se evidenciaron acciones físicas o químicas que puedan conducir a procesos de deterioro del suelo de fundación – estructura, por lo que se podrá usar cemento tipo I o IP.
- No presenta potencial licuación de suelos debido a que no se trata de suelos finos y no presenta nivel freático superficial ni la zona está clasificada como zona potencialmente licuable.
- Los resultados obtenidos en el presente estudio, así como las conclusiones y recomendaciones establecidas solo son válidos para la zona investigada y no garantiza a otros proyectos que lo tomen como referencia.

 ITM GLOBAL INGENIERIA Y SERVICIOS
LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO


Wilfredo Collanque Sanchez
JEFE DE LABORATORIO



Ing. Kelvin Mayland Quipe
ESP. INGENIERIA
C.P. 0000



13. PANEL FOTOGRÁFICO



Ilustración 13: Ensayo de DPL

 ITM GLOBAL INGENIERIA Y SERVICIOS
LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO

Wilber J. Collanque Sanchez
JEFE DE LABORATORIO


Ing. Rafael Magaña Quiroz
CIP 68018CNA
CIP 68540

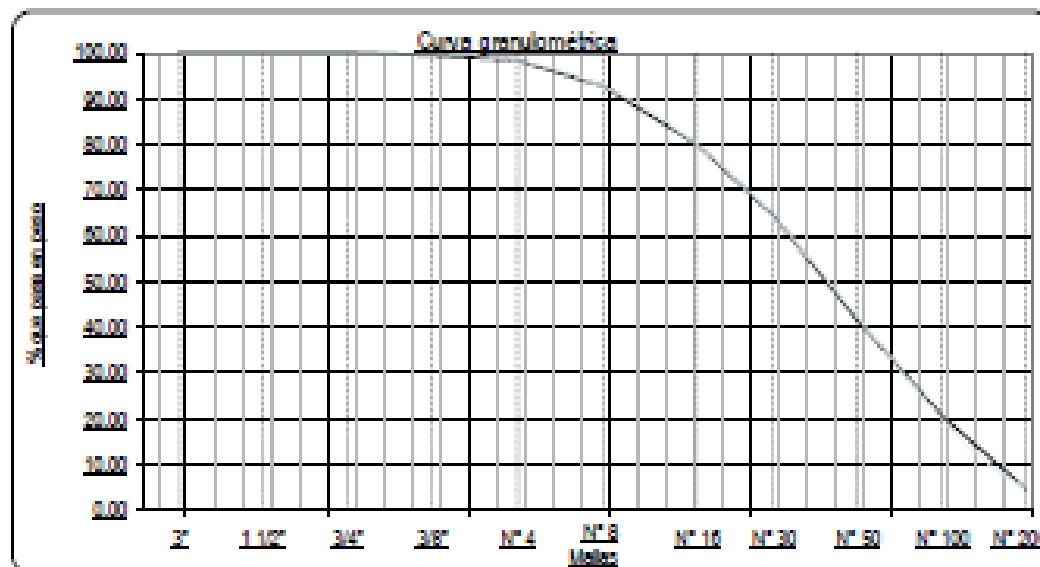

14. ENSAYOS DE LABORATORIO
Análisis granulométrico NTP 339.128

Solicitado : BACH. RUDY MERMA QUISEP
Proyecto : "EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SISMICA DE SUELOS APLICANDO EL ENSAYO DE REFRACCIÓN SISMICA Y MÉTODO (MASW) EN EL PUEBLO JOVEN BELÉN DISTRITO YAURI ESPINAR-CUSCO"
Ubicación : Espiner, Espiner, Cusco
Muestra : CALI CATA C-2 E-2 COLEGIO ALMIRANTE MIGUEL GRAU
Fecha : DICIEMBRE DEL 2020

Tamaño de mallas		Peso retenido g	Retenido en %	% que pasa
(Pulg.)	(mm)			
3"	75.000	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.000	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.500	4.00	0.40	99.60
N° 4	4.750	12.00	1.20	98.80
N° 8	2.380	57.00	5.70	92.70
N° 16	1.190	128.00	12.80	80.10
N° 30	0.590	158.00	15.80	64.50
N° 50	0.297	227.00	22.70	41.80
N° 100	0.149	209.00	20.90	20.90
N° 200	0.075	159.00	15.90	5.00
FONDO		50.00	5.00	0.00
Total :		1000.00	100.00	

% GRANA =	1.00 %
% ARENA =	93.40 %
% FINOS =	5.00 %
TOTAL =	100.00 %

D ₁₀ =	0.000 mm
D ₃₀ =	0.202 mm
D ₆₀ =	0.507 mm
C _u =	5.129
C _c =	0.813
Por. # 10	90.52 %
Por. # 40	54.29 %



ITM GLOBAL INGENIERIA Y SERVICIOS
(LABORATORIOS DE SUELOS Y CONCRETO)

Wildford Collanque Sanchez
 JEFE DE LABORATORIO

Rudy Merma Quisep
 INGENIERO EN MECANICA
 CIP: 86840



LÍMITES DE CONSISTENCIA

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD - NTP 339.129

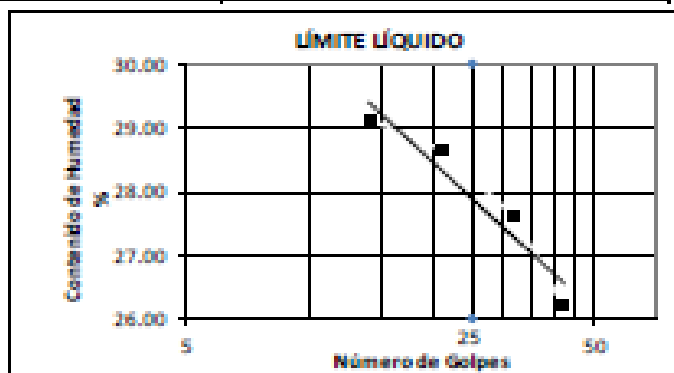
Solicitado: BACH. RUDY MERMA QUISEP
 Proyecto: "EVALUACION DE LA VULNERABILIDAD SISMICA DE SUELOS APLICANDO EL ENSAYO DE REFRACCION SISMICA Y METODO (MASW) EN EL PUEBLO JOVEN BELEN DISTRITO YAURI ESPINAR-CUSCO"
 Ubicación: Espinar, Espinar, Cusco
 Muestra: CALICATA C-2 E-2 COLEGIO ALMIRANTE MIGUEL GRAU
 Fecha: DICIEMBRE DEL 2020

LÍMITE PLÁSTICO



MUESTRA	1	2	3
Peso de la Capsula (gr)	27.87	29.33	28.45
Peso de la Capsula+Suelo Humedo (gr)	33.97	35.08	34.01
Peso de la Capsula+ Suelo Seco (gr)	32.82	33.98	32.92
Peso del Suelo Seco (gr)	4.95	4.63	4.47
Contenido de Humedad (w)	23.23	24.19	24.38
LÍMITE PLÁSTICO	23.84 %		

LÍMITE LÍQUIDO

MUESTRA	1	2	3	4
Peso de la Capsula (gr)	28.99	28.08	24.30	26.55
Peso de la Cap.+Suelo Hum. (gr)	47.44	45.14	44.77	47.34
Peso de la Cap.+ Suelo Seco (gr)	43.81	41.45	40.21	42.85
Numero de golpes	42	32	21	14
Peso del Suelo Seco (gr)	14.82	13.37	15.91	16.10
Contenido de Humedad (w)	26.20	27.80	28.88	29.13
LÍMITE LÍQUIDO	27.80			



LÍMITE LÍQUIDO	27.80 %
LÍMITE PLÁSTICO	23.84 %
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	3.97 %


ITM GLOBAL INGENIERIA Y SERVICIOS
 LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO

 Wilfredo Collanque Sanchez
 JEFE DE LABORATORIO


 Ing. Rudy Merma Quisep
 ESP. CALIFICADA
 C.P. 04040


CLASIFICACIÓN DEL SUELO

Solicitado: BACH. RUDY MERMA QUISEP
Proyecto: EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SISMICA DE SUELOS APLICANDO EL ENSAYO DE REFRACCIÓN SÍSMICA Y MÉTODO MASW EN EL PUEBLO JOVEN BELÉN DISTRITO YALURI ESPINARQUECOP
Ubicación: Espinar, Espinar, Cusco
Muestra: CALICATA C-2 E-2 COLEGIO ALMIRANTE MIGUEL GRAU
Fecha: DICIEMBRE DEL 2020

Ubicación:	C-2	Potencia:	0.90m
Estado:	E-2		

% GRASA =	1.80 %	LÍMITE LÍQUIDO	27.90 %	Cu =	5.13
% ARENA =	83.40 %	LÍMITE PLÁSTICO	23.94 %	Cl =	0.27
% FINOS =	5.00 %	ÍNDICE DE PLASTICIDAD	3.97 %		
TOTAL =	100.00 %				

SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACION DE SUELOS (SUCS)

Retenido malla #200	95.00 %
Pasante malla #200	5.00 %
Porcentaje del retenido en la malla # 200	
Porcentaje de gravas	1.68%
Porcentaje de arenas	98.32%

Arena mal graduada con limo **SP-SM**


CLASIFICACION DE SUELOS SEGUN AASHTO

Porcentaje que pasa malla #200	5.00 %
Porcentaje que pasa malla #40	54.20 %
Porcentaje que pasa malla #10	90.52 %
Índice de grupo	00
Tipo de material	Material Granular
Grupo	A-2
Subgrupo	A-2-4
Tipología	Gravas y arenas limosas o arcillosas
Calidad	Excelente a buena



Arena mal graduada con limo
Gravas y arenas limosas o arcillosas

SP-SM (SUCS)
A-2-4 (U) (AASHTO)

ITM GLOBAL INGENIERIA Y SERVICIOS
 LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO

 Wilber J. Collanque Sanchez
 JEFE DE LABORATORIO

RUDY MERMA QUISEP
 INGENIERO EN GEOTECNIA
 C.P. 01640



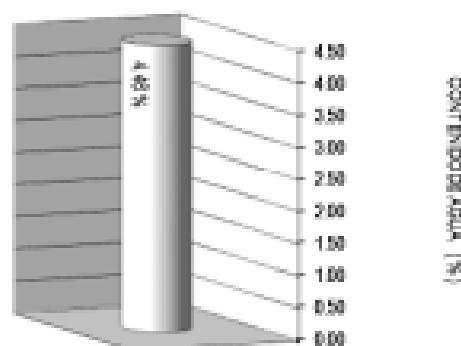
Contenido de humedad de suelos y rocas

Norma ASTM D 2216



Solicitado	█ BACH. RUDY MERMA GUISPE
Proyecto	█ "EVALUACION DE LA VULNERABILIDAD SISMICA DE SUELOS APLICANDO EL EMBAYO DE REFRACCION SISMICA Y MÉTODO (MASW) EN EL PUEBLO JOVEN BELÉN DISTRITO YAURI ESPINAR-CUSCO"
Ubicación	█ Espinar, Espinar, Cusco
Cantera	█ CALICATA C-2 E-3 COLEGIO ALMIRANTE MIGUEL GRAU
Fecha	█ DICIEMBRE DEL 2020

Muestra	1
Peso de Bandeja (g)	45.26
Peso Bandeja+Suelo Humedo (g)	545.28
Peso de la Bandeja + Suelo Seco (g)	523.90
Peso del Suelo Humedo (g)	500.00
Peso del Suelo Seco (g)	478.64
Peso del Agua (g)	21.36
Contenido de Humedad (w)	4.46 %

GRÁFICO DE HUMEDADES



: CALICATA C-2 E-3 COLEGIO ALMIRANTE MIGUEL GRAU


ITM GLOBAL INGENIERIA Y SERVICIOS
 LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO

 Wilker J. Collanque Sanchez
 JEFE DE LABORATORIO




 ING. RUDY MERMA GUISPE
 CIP. 84648



Peso unitario del suelo in situ
Norma NTP 339.143

Solicitado **■ BACH. RUDY MERMA QUISEP**
Proyecto **■ "EVALUACION DE LA VULNERABILIDAD SISMICA DE SUELOS APLICANDO EL ENSAYO DE REFRACCION SISMICA Y METODO (MASW) EN EL PUEBLO JOVEN BELÉN DISTRITO YAURI ESPINAR-CUSCO"**
Ubicación **■ Espinar, Espinar, Cusco**
Cantera **■ CALICATA C-2 E-3 COLEGIO ALMIRANTE MIGUEL GRAU**
Fecha **■ DICIEMBRE DEL 2020**

Muestra		1
Peso de Material + Bolsa	(g)	3058.50
Peso de la Bolsa	(g)	6.00
Peso de Material Neto	(g)	3052.50
Peso de la Arena + Freco	(g)	6785.20
Peso de la Arena que queda	(g)	2689.00
Peso de la Arena en el Embudo	(g)	1768.00
Peso de la Arena en el Hueco	(g)	2328.20
Densidad de la Arena	(g/cm ³)	1.44
Volumen del Hueco	(cm ³)	1616.81
Peso de la Grava Secada al Aire > 3/4"	(g)	0.00
Volumen de la Grava Desplazada	(cm ³)	0.00
Peso Neto del Suelo	(g)	3046.50
Volumen del Suelo	(cm ³)	1616.81
Densidad Humeda	(g/cm ³)	1.884
% de la Humedad Contenido	(%)	4.48%
Densidad Seca	(g/cm ³)	1.804


ITM GLOBAL INGENIERIA Y SERVICIOS
 LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO

 Wilfredo J. Collanque Sanchez
 JEFE DE LABORATORIO

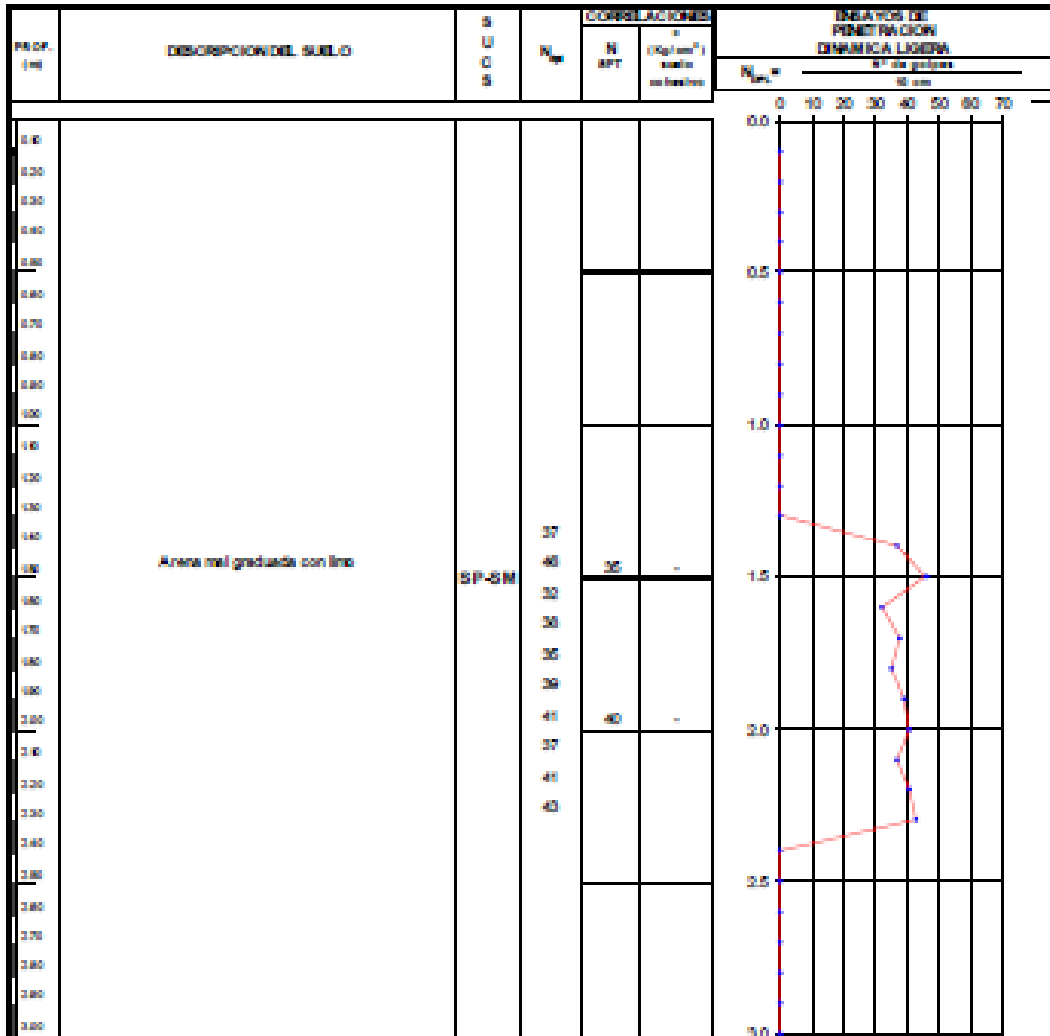

 Rudy Merma Quisep
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 68840



ENSAYO DE PENETRACIÓN DINÁMICA (D.P.L.) - NTP 339.159 ASTM D 3441

Solicitado : DAVID RUDY MÉRMA QUISPE
 Proyecto : EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE SUELOS APLICANDO EL ENSAYO DE REFRACCIÓN SÍSMICA Y MÉTODO (MASW) EN EL PUEBLO JOVEN BELÉN DISTRITO YAURI ESPINARUCUSCO
 Ubicación : Espinar, Espinar, Cusco
 Muestra : CALICATA C-2 E-3 COLEGIO ALMIRANTE MIGUEL GRAU
 Fecha : DICIEMBRE DEL 2020

PERFORACION : DPL-1



OBSERVACIONES:

Se concluyo el ensayo a los 2.40 m de profundidad debido a que el suelo ofrece resistencia a la penetración, se optó por cambiar el punto y se consiguió los mismos resultados.

ITM GLOBAL INGENIERIA Y SERVICIOS
 LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO

 Wilfredo Collanque Sanchez
 JEFE DE LABORATORIO

Ing. Rafael Magallán Quijpe
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 64640



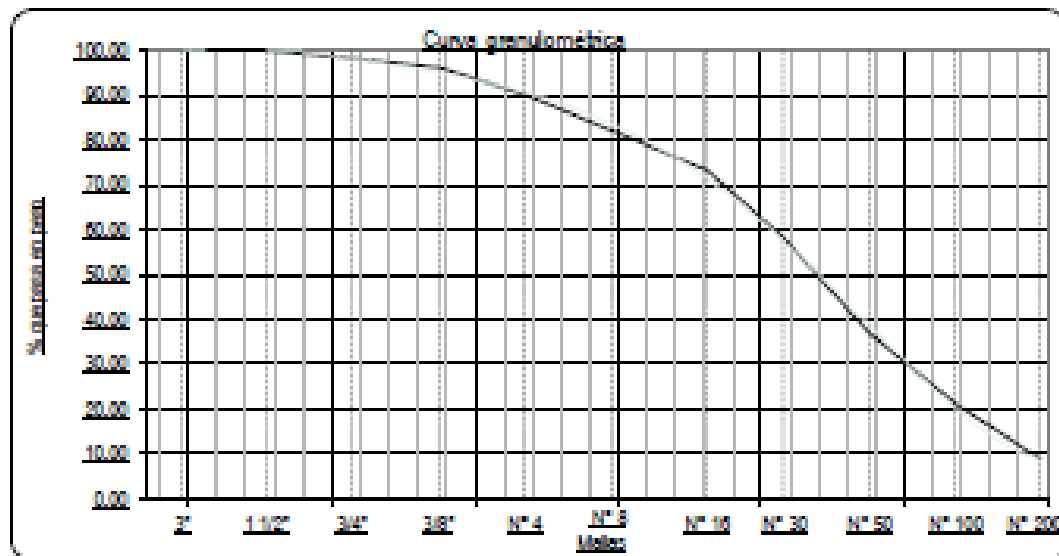
Análisis granulométrico NTP 339.128


Solicitado : BACH. RUDY MERMA GUISEPÉ
Proyecto : "EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE SUELOS APLICANDO EL ENSAYO DE REFRACCIÓN SÍSMICA Y MÉTODO (MASW) EN EL PUEBLO JOVEN BELÉN DISTRITO YAURI ESPINAR-CUSCO"
Ubicación : Espinar, Espinar, Cusco
Muestra : CALICATA C-4 E-2 CALLE SANTO DOMINGO LOCAL BARRIAL PP. JJ. BELÉN-2
Fecha : DICIEMBRE DEL 2020

Tamaño de mallas		Peso retenido	Retenido en %	% que pesa
(Pulg.)	(mm)	g	%	
3"	75.000	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.000	15.00	1.50	98.50
3/8"	9.500	23.00	2.30	96.20
N° 4	4.750	61.00	6.10	90.10
N° 8	2.360	78.00	7.80	82.30
N° 16	1.180	91.00	9.10	73.20
N° 30	0.590	132.00	13.20	58.00
N° 50	0.297	209.00	20.90	37.10
N° 100	0.149	181.00	18.10	21.00
N° 200	0.075	123.00	12.30	8.70
FONDO		87.00	8.70	0.00
Total :		1000.00	100.00	

% GRASA =	0.00 %
% ARENA =	81.40 %
% FINOS =	8.70 %
TOTAL =	100.00 %

D ₁₀ =	0.084 mm
D ₃₀ =	0.215 mm
D ₆₀ =	0.638 mm
C _u =	7.588
C _c =	0.671
Pas. # 10	81.50 %
Pas. # 40	48.81 %



ITM GLOBAL INGENIERIA Y SERVICIOS
 LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO

 Wilford Collanque Sanchez
 JEFE DE LABORATORIO


 Ing. Rafael Mayta Gálvez
 INSP. GEOTECNIA
 CIP. 86540



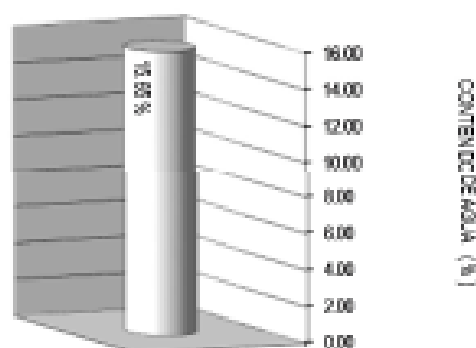
Contenido de humedad de suelos y rocas

Norma ASTM D 2216



Solicitado	▪ BACH. RUDY MERINA CUISPE
Proyecto	▪ "EVALUACION DE LA VULNERABILIDAD SISMICA DE SUELOS APLICANDO EL ENSAYO DE REFRACCION SISMICA Y MÉTODO (MASW) EN EL PUEBLO JOVEN BELÉN DISTRITO YAURI ESPINAR-CUSCO"
Ubicación	▪ Espinar, Espinar, Cusco
Cantera	▪ CALICATA C-4 E-3 CALLE SANTO DOMINGO LOCAL BARRIAL PP. JI. BELÉN-2
Fecha	▪ DICIEMBRE DEL 2020

Muestra	1
Peso de Bandeja (g)	65.24
Peso Bandeja+Suelo Humedo (g)	265.24
Peso de la Bandeja + Suelo Seco (g)	238.17
Peso del Suelo Humedo (g)	200.00
Peso del Suelo Seco (g)	172.93
Peso del Agua (g)	27.07
Contenido de Humedad (w)	15.65 %

GRÁFICO DE HUMEDADES



: CALICATA C-4 E-3 CALLE SANTO DOMINGO LOCAL BARRIAL PP. JI. BELÉN-2




ITM GLOBAL INGENIERIA Y SERVICIOS
 LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO

 Wilton J. Collanque Sanchez
 JEFE DE LABORATORIO


 Ing. Rudy Merina Cuispe
 ESP. GEOTECNIA
 CIP 84660


Peso unitario del suelo in situ
Norma NTP 339.143

Solicitado ■ BACH. RUDY MERMA GUISPE
Proyecto ■ "EVALUACION DE LA VULNERABILIDAD SISMICA DE SUELOS APUGANDO EL ENSAYO DE REFRACCION SISMICA Y MÉTODO (MASW) EN EL PUEBLO JOVEN BELÉN DISTRITO YAURI ESPINAR-CUSCO"
Ubicación ■ Espinar, Espinar, Cusco
Cantera ■ CALICATA C-4 E-3 CALLE SANTO DOMINGO LOCAL BARRIAL PP. AL BELÉN-2
Fecha ■ DICIEMBRE DEL 2020

Muestra		1
Peso de Material + Bolsa	(g)	2778.50
Peso de la Bolsa	(g)	6.00
Peso de Material Neto	(g)	2772.50
Peso de la Arena + Fresco	(g)	6669.00
Peso de la Arena que queda	(g)	2615.00
Peso de la Arena en el Embudo	(g)	1768.00
Peso de la Arena en el Huevo	(g)	2100.00
Densidad de la Arena	(g/cm ³)	1.44
Volumen del Huevo	(cm ³)	1462.50
Peso de la Grava Secada al Aire > 3/4"	(g)	0.00
Volumen de la Grava Desplazada	(cm ³)	0.00
Peso Neto del Suelo	(g)	2766.50
Volumen del Suelo	(cm ³)	1462.50
Densidad Humeda	(g/cm ³)	1.892
% de la Humedad Contenida	(%)	15.85%
Densidad Seca	(g/cm ³)	1.636


ITM GLOBAL INGENIERIA Y SERVICIOS
 LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO

 Wilfredo J. Collanque Sanchez
 JEFE DE LABORATORIO

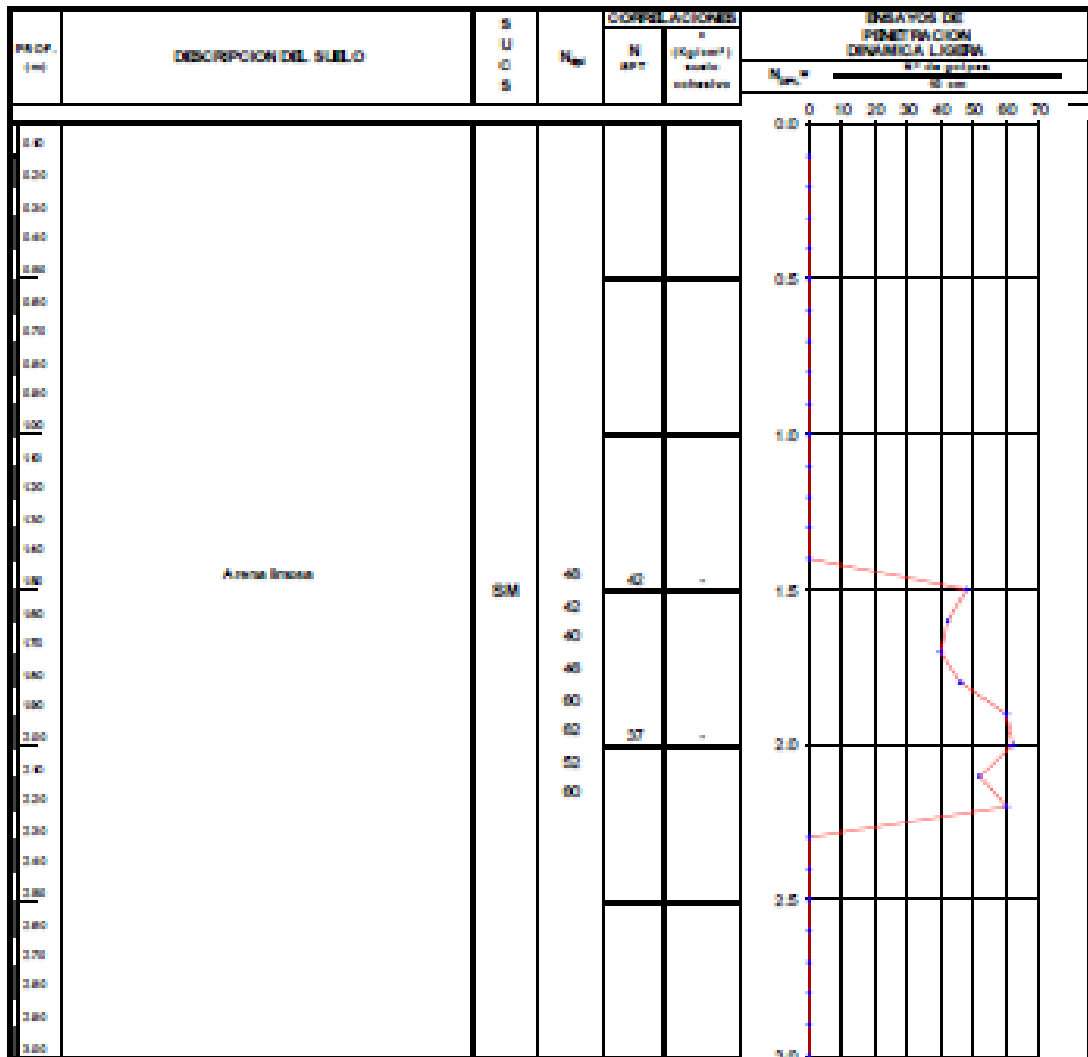

 Ing. Rudy Merma Guispe
 ESP. CALIFICADA
 C.P. 6660



ENSAYO DE PENETRACIÓN DINÁMICA (D.P.L.) - NTP 339.159 ASTM D 3441


Solicitud : DASH FLOYD METRA QUISPE
 Proyecto : EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE SUELOS APLICANDO EL ENSAYO DE RETRACCIÓN SÍSMICA Y MÉTODO (MASW) EN EL PUEBLO JOVEN BELÉN DISTRITO YAUPI ESPINARUCUSCO
 Ubicación : Espinar, Espinar, Cusco
 Muestra : CALICATA C-4 B-3 CALLE SANTO DOMINGO LOCAL BARRIAL PP. JJ. BELÉN-2
 Fecha : DICIEMBRE DEL 2020

PERFORACION : DPL-1



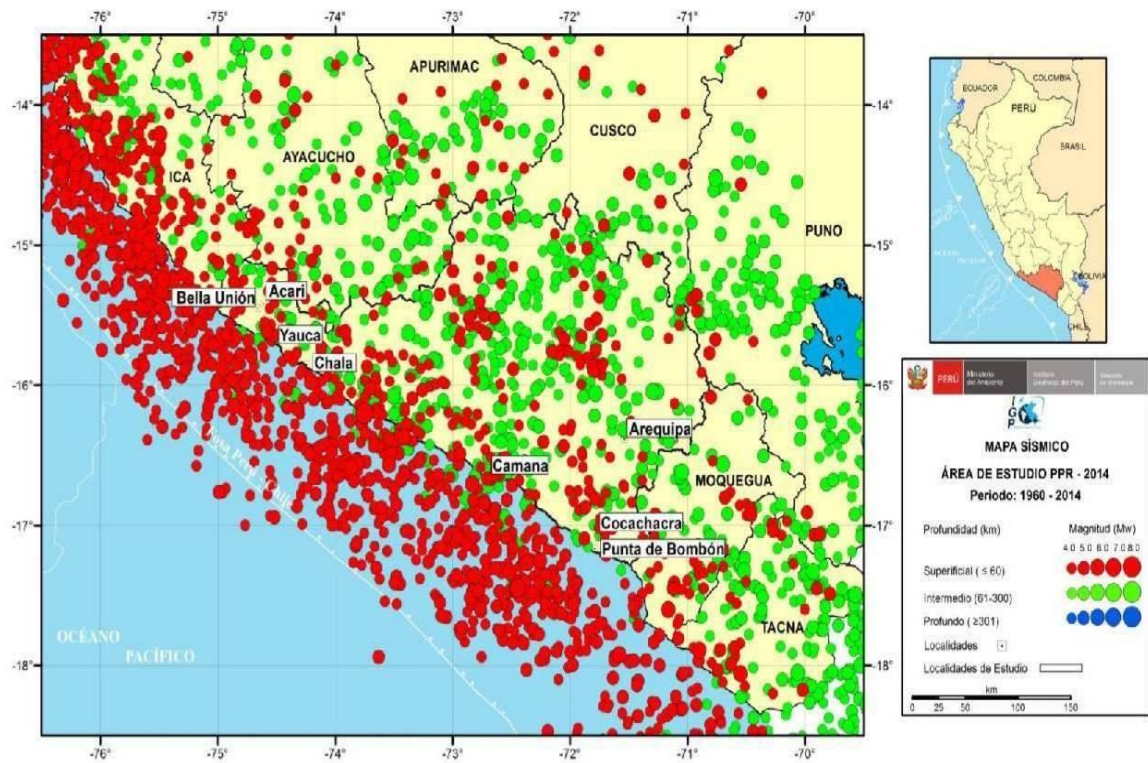
OBSERVACIONES:

Se concluyo el ensayo a los 2.30 m de profundidad debido a que el suelo ofrece resistencia a la penetración, se optó por cambiar el punto y se consiguió los mismos resultados.

ITM GLOBAL INGENIERIA Y SERVICIOS
 LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO

 Wilfredo J. Collanque Sanchez
 JEFE DE LABORATORIO

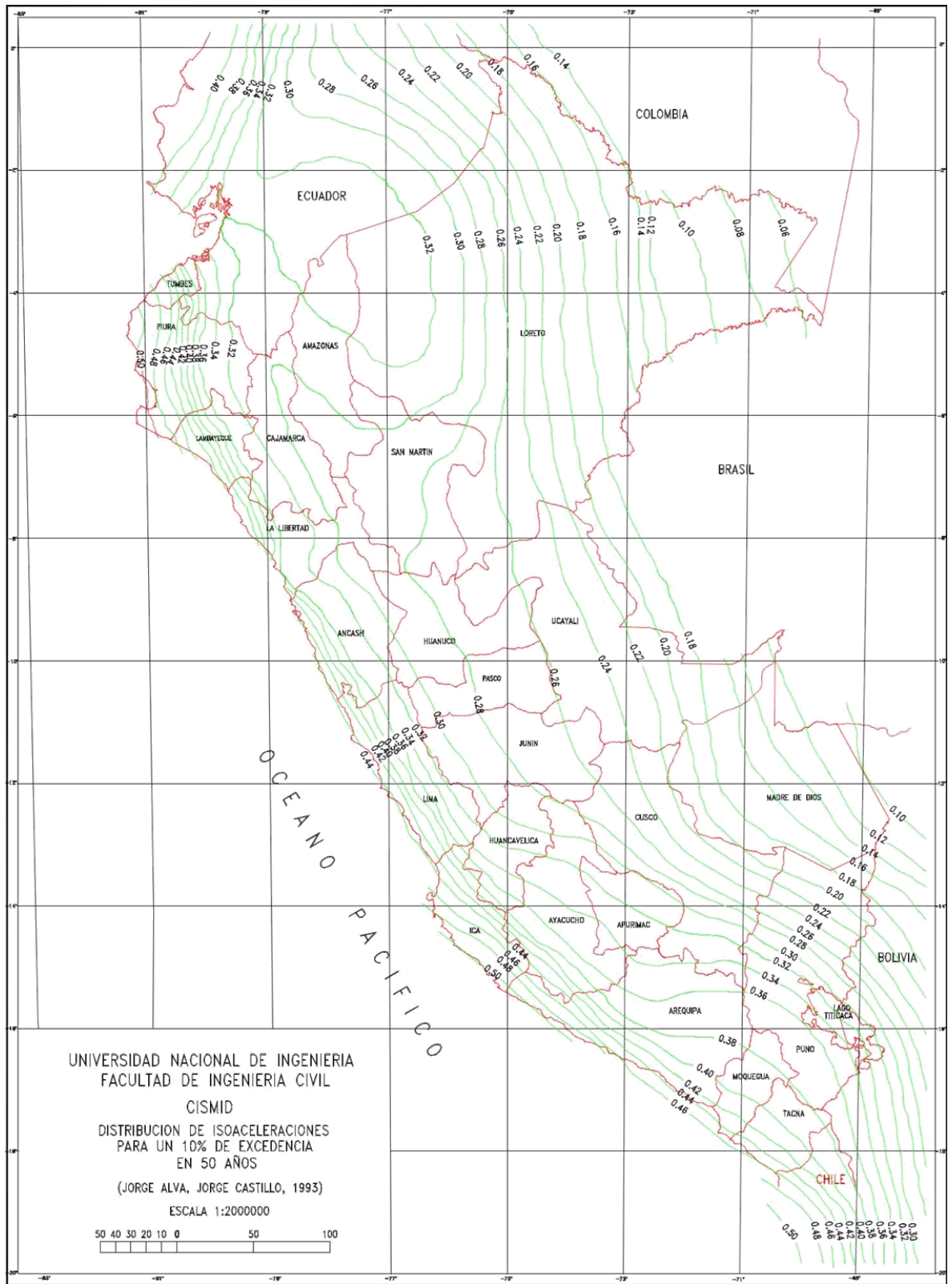

 Inge. Ruben Mayta Quiroga
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 64640

Anexo 6: Aspectos sismológicos de la Zona de estudio (CISMID)

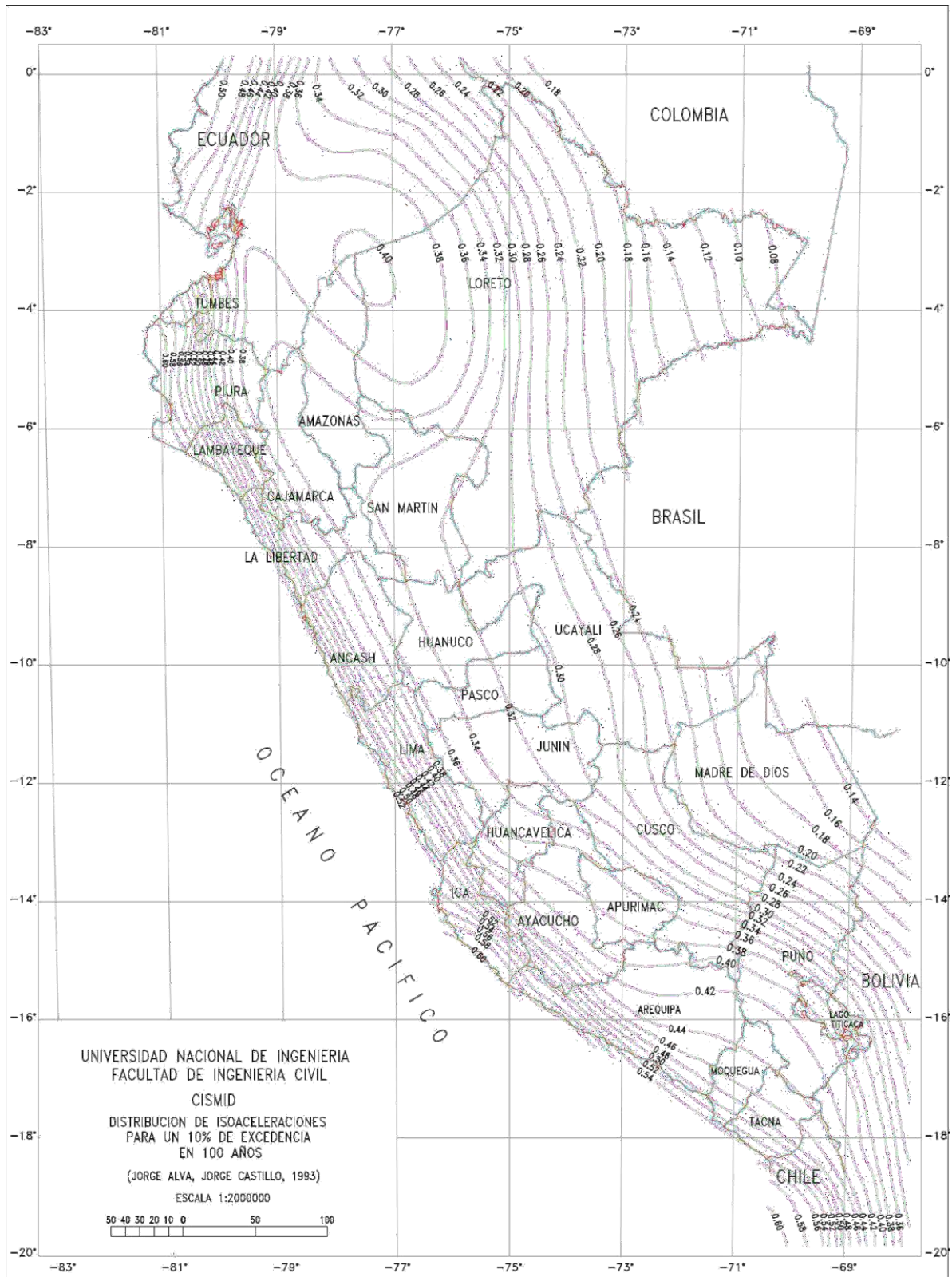


Mapa de sismicidad regional para el borde occidental de la región sur del Perú. Los círculos en rojo corresponden a sismos de foco superficial y los verdes, a sismos de foco intermedio.

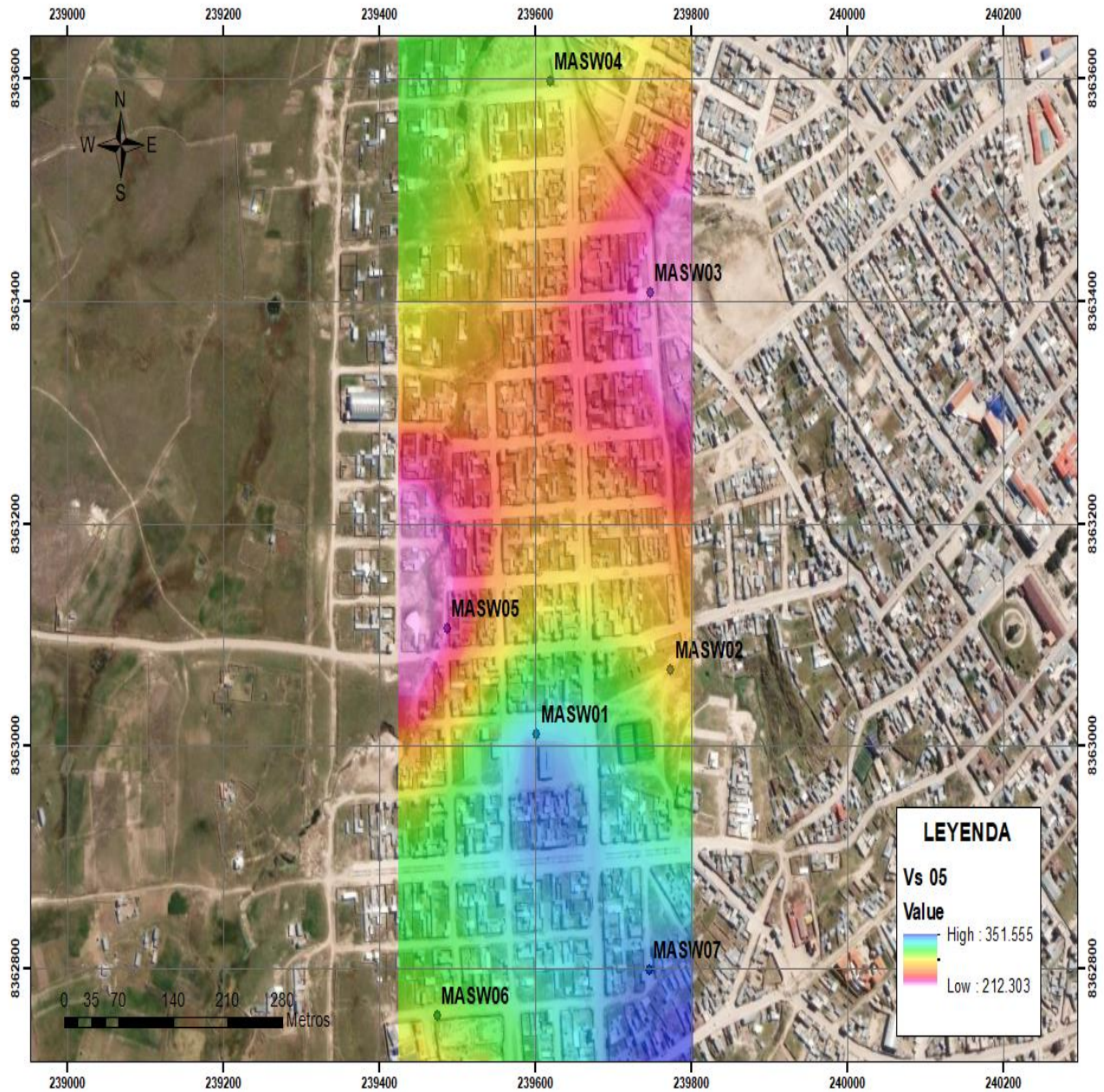
Anexo 7: Planos de Peligro Sísmico del Perú



Distribución de Isoaceleraciones para 10% de Excedencia en 50 años



Distribución de Isoaceleraciones para 10% de Excedencia en 100 años



Según la Zonificación de Vs se puede evidenciar 3 zonas que varían en función de sus velocidades:

ZONA 1: Coloración rosada, asociada materiales más blandos o sueltos.

ZONA 2: Coloración verde-amarillo, asociado a materiales medianamente compactos.

ZONA 3: coloración azul, materiales más rígidos con valores Vs más altos hasta los 5 metros.

