

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONOR ORREGO

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

Estudio de licuefacción y diseño de cimentaciones para un edificio multifamiliar en suelos de Los Mangos – Sector El Golf – Trujillo 2022

Línea de investigación: Ingeniería Civil

Sub línea de investigación: Geotecnia

Autores:

Cabrera Rojas, Alejandro Salvador.

Aguilar Rosado, Yolanda Medali.

Jurado Evaluador:

Presidente: Henríquez Ulloa, Juan Paul

Secretario: Burgos Sarmiento, Tito Alfredo

Vocal: Merino Martínez, Marcelo Edmundo

Asesor:

Lujan Silva, Enrique Francisco

Código Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-8960-8810>

TRUJILLO – PERÚ

2023

Fecha de sustentación: 2023/05/30

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

Estudio de licuefacción y diseño de cimentaciones para un edificio multifamiliar en suelos de Los Mangos – Sector El Golf – Trujillo 2022

Línea de investigación: Ingeniería Civil

Sub línea de investigación: Geotecnia.

Autores:

Cabrera Rojas, Alejandro Salvador

Aguilar Rosado, Yolanda Medali

Jurado Evaluador:

Presidente: Henríquez Ulloa, Juan Paul

Secretario: Burgos Sarmiento, Tito Alfredo

Vocal: Merino Martínez, Marcelo Edmundo

Asesor:

Lujan Silva, Enrique Francisco

Código Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-8960-8810>

**TRUJILLO – PERÚ
2023**

Fecha de sustentación: 2023/05/30

Estudio de licuefacción y diseño de cimentaciones para un edificio multifamiliar en suelos de Los Mangos – Sector El Golf – Trujillo 2022

INFORME DE ORIGINALIDAD

6%

INDICE DE SIMILITUD

4%

FUENTES DE INTERNET

0%

PUBLICACIONES

2%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	2%
2	www.scribd.com Fuente de Internet	1%
3	studylib.es Fuente de Internet	1%
4	vsip.info Fuente de Internet	1%
5	pdfcookie.com Fuente de Internet	1%
6	qdoc.tips Fuente de Internet	<1%


Enrique Luján Silva
ING CIVIL
R. CIP. 54460

Excluir citas Activo

Excluir bibliografía Activo

Excluir coincidencias Apagado

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD

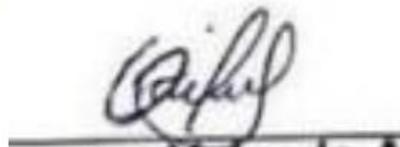
Yo, **Enrique Lujan Silva**, docente del Programa de Estudio de Ingeniería Civil de la Universidad Privada Antenor Orrego, asesor de la tesis de investigación titulada **“Estudio de licuefacción y diseño de cimentaciones para un edificio multifamiliar en suelos de Los Mangos – Sector El Golf – Trujillo 2022”**, del (los) autor (es) **Cabrera Rojas, Alejandro Salvador y Aguilar Rosado, Yolanda Medali**, dejo constancia de lo siguiente:

- El mencionado documento tiene un índice de puntuación de similitud del 6 %. Así lo consigna el reporte de similitud emitido por el software Turnitin el día 05 de mayo del 2023
- He revisado con detalle dicho reporte de la tesis **“Estudio de licuefacción y diseño de cimentaciones para un edificio multifamiliar en suelos de Los Mangos – Sector El Golf – Trujillo 2022”**, y no se advierte indicios de plagio.
- Las citas a otros autores y sus respectivas referencias cumplen con las normas establecidas por la Universidad.

Ciudad y fecha: Trujillo, 20 mayo del 2023



.....
Cabrera Rojas, Alejandro Salvador
DNI: 75397975



.....
Aguilar Rosado, Yolanda Medali
DNI: 76549649



.....
Lujan Silva Enrique Francisco
DNI: 18888927
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8960-8810>

Dedicatoria

A Dios en primer lugar, a mis padres José y María, Mi madre cumplió una gran tarea, quizá la tarea más difícil. A ella le debo todo esto, lo que fui, lo que soy y lo que seré.

Mis hermanos me enseñaron tenacidad y perseverancia, de mis hermanas aprendí a dar valor a lo que tengo, fueron de gran apoyo para lograrlo.

Mis amigos, en especial Edson A. por su paciencia la enseñarme a usar Word y Power point y alentarme a cumplir mis objetivos.

Así mismo quiero hacer una mención especial a Over y Antonia por su apoyo incondicional a lo largo de mi carrera.

Porque el Señor da la sabiduría; de sus labios brotan conocimiento e inteligencia. Proverbios 2:6

Aguilar Rosado, Yolanda

En primer lugar, agradecer a Dios porque me dio la fuerza, sabiduría, persistencia para jamás rendirme y sobre todo salud.

Hago una mención especial a mi padrino Jorge Díaz Muñoz, ya que, sin su ayuda, sus consejos y por su apoyo desinteresado de principio a fin en mi formación universitaria, no hubiera podido llegar hoy a cumplir este sueño tan anhelado, muchas gracias.

A mis padres, Juan y Gloria por sus consejos, su cariño y sobre todo por inculcarme valores y contribuir en mi formación.

A mis tíos, que siempre me ayudaron, por su paciencia y por enseñarme que con mucho esfuerzo y honestidad se consiguen grandes cosas.

Cabrera Rojas, Alejandro

Agradecimiento

Agradecemos a la Universidad Privada Antenor Orrego y a los docentes de la carrera profesional de Ingeniería Civil por permitirnos ser parte de esta gran familia; por forjarnos como estudiantes íntegros, con una educación basada en valores y conocimientos tanto científicos como tecnológicos abriéndonos paso a la nueva era.

Un especial agradecimiento al Dr. Lujan Silva, asesor de nuestra tesis; quién con su apoyo, dedicación, paciencia y estímulo constante en nuestra búsqueda de conocimiento e información hizo posible la culminación de nuestro proyecto como estudiantes en la misma en la que dejamos rastro de nuestras dudas y experiencias que hemos adquirido a lo largo de esta hermosa carrera.

Aguilar Rosado Yolanda y Cabrera Rojas Alejandro

Resumen

Actualmente, el fenómeno de licuación viene produciendo problemas en diversas estructuras como: puentes, pavimentos y edificaciones; ejemplos de esto tenemos el terremoto en Niigata (Japón), México, Turquía y otros países del mundo, en donde se ha evidenciado el gran poder destructivo que genera si no se prevé y se hace un correcto estudio del suelo. La urbanización el Golf, probablemente sea un suelo con potencial de licuación.

Los sondeos SPT realizados in situ hasta una profundidad de 10.00 m con respecto al nivel del terreno. Se utilizó el método empírico y simplificado. Mediante el método empírico se determinó que, en SPT-1 existe licuación a partir de los 3.84 m, y en SPT-2, licua a partir de los 5.19 m y aplicando métodos simplificados, que depende del número de golpes, la norma E.050 nos indica que debemos usar los valores de CRR y CSR, los mismos que sirven para hallar el FS ante licuación, dando como resultado que el suelo presenta licuación. La metodología empleada es de la “Society of Japanese Mechanics and Foundation Engineering” que consiste en realizar la evaluación de la susceptibilidad a la licuación basado en ensayos SPT. Para el diseño de la cimentación se realizó el modelamiento matemático de la superestructura que permitió obtener las cargas axiales, momento flector y las fuerzas cortantes que llegaban al suelo.

Se desarrollaron dos propuestas de cimentaciones, la primera propuesta fue realizar una cimentación superficial, que consiste en plateas de cimentación, zapatas aisladas y zapatas combinadas, la profundidad de desplante $D_f = 1.70$ m. La segunda propuesta consiste en una losa de cimentación en toda el área del terreno, cuya profundidad de desplante $D_f = 1.00$. En términos económicos la cimentación recomendada es la primera propuesta.

Palabras clave: licuefacción, cimentaciones, seguridad, construcción, Trujillo.

Abstract

Currently, the liquefaction phenomenon has been causing problems in various structures such as: bridges, pavements and buildings; examples of this we have the earthquake in Niigata (Japan), Mexico, Turkey and other countries of the world, where the great destructive power that it generates if it is not foreseen and a correct study of the soil is made has been evidenced. The El Golf urbanization is probably soil with liquefaction potential.

The SPT surveys carried out in situ to a depth of 10.00 m with respect to the ground level. The empirical and simplified method was used. Through the empirical method it was determined that, in SPT-1 there is liquefaction from 3.84 m, and in SPT-2, it liquefies from 5.19 m and applying simplified methods, which depends on the number of blows, the E.050 standard indicates that we must use the values of CRR and CSR, the same ones that are used to find the FS before liquefaction, resulting in the soil presenting liquefaction. The methodology used is from the "Society of Japanese Mechanics and Foundation Engineering" which consists of evaluating the susceptibility to liquefaction based on SPT tests. For the design of the foundation, the mathematical modeling of the superstructure was carried out, which allowed obtaining the axial loads, bending moment and the shear forces that reached the ground.

Two foundation proposals were developed, the first proposal was to make a superficial foundation, which consists of foundation plates, isolated footings and combined footings, the depth of foundation $D_f = 1.70$ m. The second proposal consists of a foundation slab in the entire area of the land, whose depth of slope $D_f = 1.00$. In economic terms, the recommended foundation is the first proposal.

Key words: liquefaction, foundations, safety, construction, Trujillo.

Presentación

Señores miembros del jurado:

De acuerdo a conformidad y en cumplimiento de los requisitos que establece el reglamento de grados y títulos de la Universidad Privada Antenor Orrego y el reglamento interno de la Facultad de Ingeniería, ponemos a su disposición el trabajo de investigación que tiene por título: Estudio de licuefacción y diseño de cimentaciones para un edificio multifamiliar en suelos de Los Mangos – Sector El Golf – Trujillo 2022.

Con el motivo de obtener el título de Ingeniero civil, que nos permitirá poder desarrollarnos como profesionales y adquirir mayor conocimiento en el campo práctico y teórico.

Considerando señores miembros del jurado que con las observaciones y recomendaciones brindadas por su parte el presente trabajo pueda mejorar y así poder contribuir a la difusión de la investigación de nuestra universidad.

Índice

Dedicatoria	iv
Resumen	vi
Abstract	vii
Presentación	viii
I. Introducción:	1
1.1. Problema de investigación:	1
1.1.1. Descripción del problema	1
1.1.2. Enunciado del Problema:.....	3
1.2. Objetivos:	3
1.2.1. Objetivo general:.....	3
1.2.2. Objetivo Específico:	3
1.3. Justificación de estudio:	4
II. Marco Referencial:.....	5
2.1. Antecedentes de estudio:.....	5
2.2. Marco Teórico:	9
2.2.1. Definición y Aspectos generales de Licuefacción de suelos:.....	9
2.2.2. Relación entre densidad relativa y relación de vacíos:	12
2.2.3. Tensión efectiva:.....	12
2.2.4. Presión de poros:.....	13
2.2.5. Mecanismos y criterios de licuación:	13
2.2.6. Factores y fenómenos de la licuefacción.....	15
2.2.7. Cimentaciones superficiales:	17
2.2.8. Evaluación de potencial de licuación:	36
2.2.9. Prevención y soluciones ante la licuación:	76
2.3. Marco conceptual:.....	78
2.4. Sistema de Hipótesis:.....	79
2.4.1. Hipótesis:.....	79
2.4.2. Variable e Indicadores:	79
III. Metodología empleada:	78
3.1. Tipo y nivel de investigación:	78

3.1.1.	Investigación Descriptiva:	78
3.1.2.	Enfoque del estudio:	78
3.1.3.	Alcance de estudio:	78
3.2.	Población y muestra:.....	78
3.2.1.	Población:.....	78
3.2.2.	Muestra:.....	78
3.3.	Diseño de Investigación:	79
3.3.1.	Tipo de investigación:	79
3.3.2.	Diseño de investigación experimental:	79
3.4.	Técnicas e instrumentos de investigación:.....	79
3.4.1.	Observación:.....	79
3.4.2.	Instrumentos:	79
3.5.	Procesamiento y Análisis de datos:.....	80
3.5.1.	Desarrollo del proyecto de investigación:	80
3.5.2.	Proceso de obtención de información:.....	81
3.5.3.	Ubicación y Localización:	82
3.5.4.	Propuesta de edificación:	84
3.5.5.	Trabajo de campo:.....	86
3.5.6.	Trabajo de laboratorio:.....	92
IV.	Presentación de resultados:	107
4.1.	Análisis e Interpretación de Resultados:	107
4.1.1.	Métodos de Kishida y Ohsaki:	107
4.1.2.	Criterio de Seed et al.	113
4.1.3.	Criterio de Bray y Sancio:	121
4.1.4.	Método Simplificado:	125
4.1.5.	Sismicidad de la zona:.....	147
4.1.6.	Edificio multifamiliar para el proyecto:	149
4.1.7.	Análisis y diseño de cimentaciones Superficiales:.....	153
V.	Discusión de los resultados:	176
	Conclusiones:.....	177
	Recomendaciones:.....	180
	Referencias bibliográficas	182

Índice de tablas y figuras

Tabla 1	Factor de seguridad contra la licuación mínimo	37
Tabla 2	Valores de MSF de algunos autores propuestos por el NCEER	42
Tabla 3	Factores α_1 y α_2	48
Tabla 4	Ajustes por contenido de finos	51
Tabla 5	Corrección por finos	53
Tabla 6	Factor de corrección CN propuesta por varios autores.....	54
Tabla 7	Eficiencia del martillo recomendada por tipo de martillo (EEUU)	55
Tabla 8	Corrección por diámetro de la perforación.	56
Tabla 9	Corrección por longitud de las barras o varillas.....	56
Tabla 10	Corrección por diámetro del muestreador.....	57
Tabla 11	Densidad Relativa en Suelos granulares.....	57
Tabla 12	Valores de severidad de licuación según P(L).	68
Tabla 13	Cuadro de operacionalización de variables.	77
Tabla 14	Coordenadas de ubicación del proyecto	82
Tabla 15	Resumen de calicatas	97
Tabla 16	Análisis Granulométrico C-1 y C-2	100
Tabla 17	Análisis Granulométrico C-3 y C-4	100
Tabla 18	Análisis Granulométrico SPT - 1	101
Tabla 19	Análisis Granulométrico SPT - 2.....	101
Tabla 20	Límites de Atterberg C-1 y C-2.....	102
Tabla 21	Límites de Atterberg C-3 y C-4.....	102
Tabla 22	Límites de Atterberg SPT-1 y SPT-2.....	102
Tabla 23	Corte Directo C-1 y C-2.....	103
Tabla 24	Corte Directo C-3 y C-4.....	103
Tabla 25	Resumen de ensayos de laboratorio C-1 y C-2	104
Tabla 26	Resumen de ensayos de laboratorio SPT -1.....	105
Tabla 27	Resumen de ensayos de laboratorio C-3 y C-4	105
Tabla 28	Resumen de ensayos de laboratorio SPT -2.....	106
Tabla 29	Dimensión de tamaño efectivo medio SPT – 1.	108
Tabla 30	Dimensión de tamaño efectivo medio SPT – 2.	109
Tabla 31	Método de Kishida SPT – 1	110
Tabla 32	Método de Kishida SPT – 2.....	111
Tabla 33	Método de Ohsaki SPT – 1.....	112
Tabla 34	Método de Ohsaki SPT – 2.....	113
Tabla 35	Datos SPT – 1.....	114
Tabla 36	Datos SPT – 2.....	114
Tabla 37	Datos C - 1.	115
Tabla 38	Datos C - 2.	115
Tabla 39	Datos C – 3.	116
Tabla 40	Datos C – 4.	116
Tabla 41	Criterio de Seed et al., SPT -1.	118
Tabla 42	Criterio de Seed et al., SPT – 2.	119
Tabla 43	Criterio de Seed et al., C-1	119

Tabla 44 Criterio de Seed et al., C-2.	119
Tabla 45 Criterio de Seed et al., C-3.	120
Tabla 46 Criterio de Seed et al., C-4.	120
Tabla 47 Criterio de Bray y Sancio, SPT – 1.	122
Tabla 48 Criterio de Bray y Sancio, SPT – 2.	123
Tabla 49 Criterio de Bray y Sancio, C-1.	123
Tabla 50 Criterio de Bray y Sancio, C-2.	123
Tabla 51 Criterio de Bray y Sancio, C-3.	124
Tabla 52 Criterio de Bray y Sancio, C-4.	124
Tabla 53 Datos de entrada SPT-1.	125
Tabla 54 Esfuerzos totales, esfuerzos efectivos y presión de poros.	126
Tabla 55 Valores del Factor de Corrección C_N usando diversos autores.	127
Tabla 56 Valores de $(N_1)_{60}$	128
Tabla 57 Valores de $(N_1)_{60cs}$ usando diversos autores.	129
Tabla 58 Valores de Densidad relativa usando diversos autores.	130
Tabla 59 Valores de CRR, SPT-1 usando diversos autores.	131
Tabla 60 Valores de MSF $_{Mw=5.5}$ (Magnitude Scaling Factors) usando diversos autores.	132
Tabla 61 Valores de CRR (Corregido por sismo).	133
Tabla 62 Valores de corrección de esfuerzos (r_d) usando diversos autores.	134
Tabla 63 Valores de CSR (Cyclic Stress Ratio).	135
Tabla 64 Valores de Factor de seguridad ante licuación.	136
Tabla 65 Factores de Seguridad ante Licuefacción por SPT-1 para diversos sismos.	137
Tabla 66 Probabilidad de Licuefacción para diversos sismos, SPT-1.	138
Tabla 67 Velocidad de ondas de corte usando diversos autores.	139
Tabla 68 Valores de velocidad de onda de corte normalizada.	140
Tabla 69 Valores de onda de corte normalizada corregido por finos.	141
Tabla 70 Valores de CRR, $Vs1_{cs}$ usando diversos autores.	142
Tabla 71 Valores de CRR corregido por sismo.	143
Tabla 72 Factor de seguridad ante la licuación por velocidad de onda de corte.	144
Tabla 73 Factores de Seguridad ante Licuefacción por ondas de corte para diversos sismos.	145
Tabla 74 Probabilidad de Licuefacción para diversos sismos, $Vs1$	146
Tabla 75 Pesos por piso del Multifamiliar.	150
Tabla 76 Fuerzas de diseño en la base de las columnas.	151
Tabla 77 Fuerzas de diseño en la base de las placas.	152
Tabla 78 Áreas requeridas de Cimentación para cada grupo de diseño.	157
Tabla 79 Asignación de columnas en los grupos de diseño.	158
Tabla 80 Dimensiones de zapatas.	159
Tabla 81 Valores de isobaras de presión.	161
Tabla 82 Valores de Incremento de esfuerzos por el método de Boussinesq bajo cargas axiales.	168
Tabla 83 Espesores de Mejoramiento de Suelo para las Cimentaciones Críticas.	169
Tabla 84 Tabla de Resumen Licuación – Metodo Simplificado.	178
Tabla 85 Presupuesto total cimentación superficial.	181

Figura 1	Reordenamiento de las partículas reducción de vacíos por acción sísmica.....	10
Figura 2	Desestabilización del edificio por Licuación	11
Figura 3	Aumento de la presión de poros y ascenso del agua	11
Figura 4	Criterios de rigidez en zapatas aisladas.....	18
Figura 5	Distribución de la reacción del suelo	19
Figura 6	Tipos de cimentación	20
Figura 7	Fallas por capacidad de carga del suelo.....	22
Figura 8	Modos de falla de una cimentación en arena.....	23
Figura 9	Mecanismo de falla de un cimiento continuo poco profundo según Terzagui.	24
Figura 10	Modelo de falla según Meyerhof	25
Figura 11	Cimentaciones cargadas excéntricamente.....	31
Figura 12	Análisis de cimentación con excentricidad en dos sentidos	33
Figura 13	Esfuerzo vertical bajo en un área rectangular cargada uniformemente	34
Figura 14	Factor de reducción r_d versus profundidad por debajo del nivel	40
Figura 15	Factores de escala por magnitud de sismo obtenidos según varios autores.....	44
Figura 16	Relación entre resistencia cíclica equivalente y el valor de SPT(N1)60 para un evento de magnitud de $M \approx 7.5$ para diferentes contenidos de finos	45
Figura 17	Correlación gráfica propuesta por Blake para la estimación del CSR	47
Figura 18	Interpretación de Datos SPT, teniendo en cuenta la profundidad	60
Figura 19	Distribución en campo de los geófonos en el ensayo de refracción sísmica	61
Figura 20	Métodos para hallar la velocidad de onda de corte in situ.	62
Figura 21	Cuadro para evaluación del potencial de licuefacción para arenas, limos y gravas basado en la velocidad de onda de corte.....	65
Figura 22	Cuadro de resistencia a la licuación para un modelo actualizado logístico para una base de datos combinada	69
Figura 23	Susceptibilidad de licuación de suelo finos – Bray y Sancio.	70
Figura 24	Susceptibilidad de licuación de suelo finos – Seed et al.....	70
Figura 25	Resistencia del suelo licuado vs el número de golpes SPT corregido.....	71
Figura 26	Relación de golpes SPT vs Resistencia postlicuefacción S_u -liq.....	72
Figura 27	Relación $(N1)_{60CS}$ y la resistencia postlicuefacción	73
Figura 28	Relación $(N1)_{60CS}$ y la resistencia postlicuefacción	74
Figura 29	Proceso de recolección de información	81
Figura 30	Distrito de Víctor Larco Herrera – Trujillo	82
Figura 31	Urbanización El Golf.....	83
Figura 32	Plano de Localización	83
Figura 33	Distribución del 1° al 4° piso.	84
Figura 34	Distribución del 5° al 6° piso.....	85
Figura 35	Vista general del terreno en estudio	86
Figura 36	Excavación de calicata	87
Figura 37	Medición de la profundidad de la calicata.....	87
Figura 38	Extracción de muestras de la calicata 1.....	88
Figura 39	Extracción de muestras de la calicata 2.....	88
Figura 40	Extracción de muestras de la calicata 3.....	89
Figura 41	Extracción de muestras de la calicata 4.....	89
Figura 42	SPT-1, a la profundidad de 2.50 m.....	90

Figura 43 SPT-1, a la profundidad de 3.80 m.....	90
Figura 44 SPT-2, a la profundidad de 2.30 m.....	91
Figura 45 SPT-2, a la profundidad de 7.10 m.....	91
Figura 46 Vista satelital de la zona de estudio y puntos tomados para calicatas	93
Figura 47 Perfil Estratigráfico SPT – 1	98
Figura 48 Perfil Estratigráfico SPT - 2.....	99
Figura 49 Susceptibilidad de Licuación en suelos finos, SPT – 1 (0.95 – 2.75).	117
Figura 50 Susceptibilidad de Licuación en suelos finos, SPT – 1 (3.20 – 3.65).	118
Figura 51 Susceptibilidad de Licuación en suelos finos, SPT – 2 (0.95 – 2.75).	121
Figura 52 Susceptibilidad de Licuación en suelos finos, SPT – 2 (3.20 – 3.65).	122
Figura 53 Mapa de zonificación sísmica.....	148
Figura 54 Modelado estructural del multifamiliar de 6 pisos.....	149
Figura 55 Distribución de columnas y placas en planta	150
Figura 56 Prototipo inicial de cimentación.	160
Figura 57 Grafica de bulbos de presión de las cimentaciones bajo carga axial	162
Figura 58 Zapata rectangular	162
Figura 59 Dimensiones de Zapata Combinada C3 y C4	164
Figura 60 Primera propuesta de cimentaciones.	165
Figura 61 Modelado de cimentaciones, primera propuesta (Asentamientos).....	166
Figura 62 Modelado de cimentaciones, primera propuesta (Esfuerzos admisibles).....	167
Figura 63 Modelado de cimentaciones, primera propuesta (Falla por punzonamiento).	170
Figura 64 Segunda propuesta de cimentaciones.....	171
Figura 65 Modelado de cimentaciones, segunda propuesta (Asentamiento).	172
Figura 66 Modelado de cimentaciones, segunda propuesta (Esfuerzos admisibles).	173
Figura 67 Modelado de cimentaciones, segunda propuesta (Punzonamiento).	174

I. Introducción:

1.1. Problema de investigación:

1.1.1. Descripción del problema

La realidad problemática es consecuencia de la construcción masiva de infraestructuras para promover el desarrollo del país, ya que ha aumentado la demanda de lugares con suelos para ubicar las cimentaciones de estas edificaciones en suelos sueltos o muy sueltos, que suelen ser más susceptibles a la licuefacción. Este es un tema fundamental porque tiene un efecto directo en el comportamiento de los suelos durante los terremotos.

A nivel Internacional, los terremotos ocurridos en la isla en Indonesia en 2018 y en Japón en 2011 causaron mayores víctimas mortales debido al fenómeno de la licuefacción del suelo; que se produjo a lo largo de los cimientos en los edificios donde vivían, dejando el suelo sólido y firme transformado en una masa líquida, observando en imágenes de satélite, conjuntos de casas que se amontonaron en un espacio mínimo, dejando atrás una extensión de tierra sin nada encima, por lo tanto, en la licuefacción, los suelos, arenas y gravas se transforman. (BBC News Mundo, 2018)

A nivel latinoamericano, en 2017, se produjo un terremoto de magnitud 8,1 en México, y se destacó que el núcleo de la Ciudad de México tiene un suelo blando y húmedo. Además, la tierra es susceptible a la licuefacción, que es la capacidad de convertir el barro en un líquido espeso cuando se perturba lo suficiente. Por lo cual, las edificaciones que tienen cimientos superficiales en suelos que son altamente licuables pueden presentar riesgo a colapso, ya que el suelo que pierde su capacidad portante y falla debido a los desplazamientos o asentamientos. (Vidale, 2017)

A nivel nacional, el Perú tiene una alta probabilidad de licuefacción del suelo ya que es una de las naciones con mayor actividad sísmica del mundo. Esto es resultado del proceso de subducción entre la placa de Nazca y la placa sudamericana. La deformación interna de la placa de Nazca bajo la Cordillera de los Andes, a profundidades de 100 km o más, provoca ocurrencias sísmicas con magnitudes de hasta 7 MW y, en general, procesos de licuefacción de suelos en las zonas subandinas. Por ejemplo, el terremoto ocurrido en Loreto en 2005 (7,0 Mw). Asimismo, los terremotos de Arequipa de 2001 y de Pisco de 2007 provocaron sacudidas considerables del suelo, con valores de aceleración de 0,4 g, suficientes para causar daños en viviendas frágiles o de suelo inestable. En 1990 y 1991 se produjeron incidentes recientes (6,5 Mw) en San Martín, seguidos de deslizamientos y licuefacción del suelo. (Tavera , 2017).

Asimismo, según el RNE (2018), norma E.030 el Perú se divide en cuatro zonas sísmicas en función de la peligrosidad, ubicándose la costa en la zona IV que es de alta peligrosidad sísmica.

A nivel local, el perfil del suelo del sector El Golf está formado por arena limosa de grano fino (SM) que está contaminada con materia orgánica hasta una profundidad de 1,20 metros. Además, la capa subyacente está compuesta por arena limosa de grano fino y mal graduada (SP-SM), de color amarillo y plomizo, que contiene proporciones variables de limo orgánico no plástico, y es bastante gruesa. Alcanza una profundidad de 4 metros. Asimismo, en esta zona, el nivel freático es casi superficial y la capacidad portante aceptable del suelo oscila entre 1 kg/cm² y 0,5 kg/cm² para una profundidad de cimentación de 1 m. Ello caracteriza a la zona como sensible a la licuefacción del suelo. (INDECI, 2018)

Es por ello que se requiere realizar un exhaustivo estudio de mecánica de suelos y ver en qué condiciones se encuentra y para definir y diseñar la cimentación.

1.1.2. Enunciado del Problema:

¿Cuál es el estudio de licuefacción y diseño de cimentaciones para un edificio multifamiliar en suelos de Los Mangos – Sector El Golf – Trujillo 2022?

1.2. Objetivos:

1.2.1. Objetivo general:

Estudiar la influencia de la licuefacción en el diseño de cimentaciones para un edificio multifamiliar en suelos de Los Mangos -Sector El Golf – Trujillo 2022.

1.2.2. Objetivo Específico:

- Realizar ensayos geotécnicos para determinar el tipo de suelo y las condiciones iniciales en las que este se encuentra.
- Hacer el ensayo SPT para determinar si el suelo es susceptible a este fenómeno.
- Elaborar el modelamiento matemático de la superestructura.
- Ejecutar el diseño de cimentaciones que contrarreste la influencia de la licuación.

1.3. Justificación de estudio:

La presente tesis se justifica de manera social porque logra ser una solución trascendente al prevenir posibles daños que una obra civil pueda llegar a sufrir a causa del fenómeno de licuación y evitando la proyección de este problema que afecta a la sociedad con grandes pérdidas humanas y materiales debido al incremento de la población y al desarrollo urbanístico desordenado de las ciudades.

Se justifica de forma teórica porque a través de ensayos in situ como SPT, y de ensayos de laboratorio para fines de cimentación nos permitirán conocer los tipos de suelos que componen el estrato y también que, a través de los métodos simplificados y empíricos, además de simular diferentes magnitudes de sismo, se podrá determinar si existe el fenómeno de licuación de la zona, y así generar una data que servirá para futuras investigaciones cuyos objetivos de estudios sean similares.

Se justifica de manera académica porque para el proyecto se aplicarán los conocimientos aprendidos durante la etapa universitaria, en cursos y seminarios correspondientes a la rama de suelos. Así mismo, esto permitirá saber que ensayos se deben realizar, así como la correcta interpretación de estos, para determinar la existencia del fenómeno de licuación en la urbanización el Golf, que nos permita diseñar la cimentación adecuada para evitar daños en la estructura propuesta.

Se justifica de forma económica porque al tener en consideración la realización de ensayos SPT y no únicamente ensayos con fines de cimentación, permite conocer los efectos de licuación de suelos y así al realizar las cimentaciones estas no sean afectadas durante la obra, evitando generar gastos adicionales, ya que al conocer el suelo se podrá diseñar la cimentación adecuada que aporte mayor estabilidad a los sistemas estructurales.

II. Marco Referencial:

2.1. Antecedentes de estudio:

A nivel internacional, según, (Pastor y otros, 2018), en su artículo titulado “Estudio comparativo del potencial de licuación de suelos usando las normas españolas y el Euro código”, tuvo el **objetivo** de realizar un estudio comparativo sobre las diferencias y similitudes en la metodología de comprobación del potencial de licuefacción utilizada en las distintas normas, utilizando la **metodología** experimental, homogeneizando la nomenclatura utilizada para hacer más clara la comparación entre las cuatro normas (NCSE-02, NCSP-07, ROM, Euro código), hablando en cada caso del valor de la resistencia a la licuefacción (RRC). De forma similar, se utilizará el esfuerzo cortante cíclico adimensional (RSC) para la verificación de la seguridad frente a la licuefacción, **concluyendo** que Alicante tiene una aceleración sísmica fundamental (a_b) de 0,15g. Su suelo está compuesto por arena (menos del 15% de partículas) y el nivel freático se encuentra a 0,2 metros de profundidad. El suelo tiene una densidad aparente de 16kN/m^3 y una densidad saturada de 19kN/m^3 . El suelo considerado tiene un coeficiente C de 1,8 y un coeficiente K de 1, lo que lo clasifica como suelo licuable. El **aporte** fue que se determinó que las normas más apropiadas, NCSE-02 y NCSP-07, tenían los mayores factores de seguridad.

(Adriana Cubides, 2017), en su tesis titulada “Zonificación a partir del potencial de licuación de la zona urbana del Municipio de Apartadó, Antioquia”, realizada en la Universidad Nacional de Colombia, desarrolló una metodología para la identificación y caracterización de los materiales potencialmente licuables a partir de métodos geofísicos. Con ese fin, se efectuaron ensayos de Análisis Multicanal de Ondas Superficiales (MASW) y refracción de Microtemores (ReMi) en cuatro diferentes puntos, a ello sumó ensayos disponibles de 150 sondeos de ensayos de penetración estándar (SPT) y ensayos de laboratorio, cuyos datos se dieron uso para la evaluación del potencial de licuación en suelos finos y granulares mediante métodos deterministas y probabilistas. Las metodologías empleadas para la determinación del potencial de licuación fueron basadas en la velocidad de onda de corte V_s y el ensayo SPT, donde

se observaron similitud entre ambas metodologías. La investigación concluye ratificando que la confiabilidad de los resultados depende de la calidad de caracterización que se efectúa a la zona de estudio; además, que la metodología que propone el autor se aplica de una manera sencilla, rápida y económica, ya que se optimizan los sondeos con recuperación de muestras y ensayos de laboratorio.

A nivel nacional, según (Adanaque Guerrero, 2019), en su tesis titulada "*Evaluación del potencial de licuefacción de suelos en las zonas costeras de Lambayeque y Mórrope, Provincia de Lambayeque, 2017*", tuvo el **objetivo** de evaluar la posible licuación de los suelos en las zonas costeras de Lambayeque y Mórrope, utilizando el **método** experimental Sondeos Eléctricos Verticales (SEV's), con el fin de establecer una zonificación adecuada. De igual manera, se realizaron ensayos de penetración estándar (SPT), análisis granulométrico, límites de Atterberg, peso volumétrico y peso específico para evaluar los parámetros físicos del suelo. Llegando a la **conclusión** de que evaluado cuánto potencial tiene el suelo de la zona costera de Mórrope y Lambayeque para presentar el fenómeno de licuefacción; para un sismo de magnitud 5.5 Mw, presenta la característica de que "No es licuable"; para un sismo de magnitud 6.5, "Es licuable" solo en la zona 1 (1-2 Km); para un sismo de una magnitud de 7.5 Mw, es "Muy Licuable" en las zonas 1, 2, 6, 8 y 9 y generó como **aporte** dar métodos para mitigar la licuación de suelos y así contribuir a la prevención de daños que una obra de infraestructura llegue a sufrir por causa de estos movimientos telúricos.

(Henry Farina y Manuel Huapaya, 2019), en su tesis titulada "Formulación De Cimentación Superficial Para Un Centro Comercial De 3 Pisos En Una Zona Con Suelos Licuables En La Encantada – Chorrillos" tiene como principal objetivo proponer una cimentación superficial para un Centro Comercial de tres pisos en una zona con susceptibilidad a la licuación de suelos en la Urb. La Encantada de Villa, ubicada en el distrito de Chorrillos. La investigación se enfoca en evaluar la susceptibilidad de licuación en arenas, por lo que es necesario describir las propiedades físicas más relevantes relacionadas al fenómeno, es decir, se describe la granulometría de este

tipo de suelo y la forma de las partículas, pues tienen incidencia directa con la licuación. Los métodos utilizados fueron empíricos y simplificados, los ensayos que se realizan in situ son el SPT y CPT, los cuales brindan datos para, posteriormente, usar métodos que se encargaran en encontrar el potencial de licuación como los de Seed e Idriss, Seed y otros, Iwasaki, Tokimatsu y Yoshimi, Iai, la Asociación de Caminos de Japón, Seed y De Alba, Ishihara, Shibata y Teparaksa y Robertson y Campanella. Concluye que es factible utilizar cimientos superficiales para la construcción de un centro comercial de 3 pisos, los cálculos realizados son válidos para suelos similares con estratos licuables de hasta aproximadamente 2.50 metros de profundidad. De tal forma que, para profundidades mayores a 2.50 metros, el aporte es que a través de un mejoramiento de suelos con material controlado gravoso compactado en capas de 25 centímetros a una profundidad de 2.50 metros sirve para mitigar el fenómeno de la licuación y el asentamiento calculado con el método de Richards para suelos granulares.

A nivel local, en Trujillo, (González Cabos & Torres Araujo, 2018) , realizaron la tesis titulada “*Microzonificación geotécnica y diseño de cimentaciones superficiales en el sector Taquila de las Delicias, Distrito de Moche, Provincia de Trujillo – La Libertad*”, planteando el **objetivo** de identificar las zonas de muestreo en la región de la investigación, la perforación de pozos exploratorios, la definición del perfil estratigráfico y la recogida de muestras, la realización de experimentos de laboratorio y de campo, y la evaluación e interpretación de los resultados constituyeron el **método** experimental, de lo cual, se determinó que de que el suelo es potencialmente licuable hasta una profundidad de -3,00 metros. Para llevar a cabo estos análisis, se simuló un terremoto con una magnitud de $M = 7,5$ Ms y una aceleración máxima de $a = 0,23$ g, lo que lleva a la **conclusión** de que los principales problemas del sector son los altos niveles freáticos, la licuefacción del suelo y la baja capacidad portante. Además, realizaron un **aporte** al proporcionar un plan de cimentación y una caracterización exhaustiva del suelo que puede utilizarse como cimiento para las futuras estructuras.

(Pepe Heras ,2020) en su tesis titulada “DETERMINACIÓN DE LAS ZONAS DE RIESGO DE LICUEFACCIÓN DE SUELOS DURANTE UN SISMO EN EL DISTRITO DE VÍCTOR LARCO HERRERA, TRUJILLO 2018” tiene como objetivo determinar las zonas de riesgo de licuefacción de suelos en el distrito de Víctor Larco Herrera- Trujillo, el método escogido es la ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA ya que la presente investigación es no experimental y el método se encarga de recolectar, presentar y caracterizar un conjunto de datos con el fin de describir apropiadamente las diversas características de ese conjunto. Concluye que las zonas de riesgo de licuación de suelos en el sector El Progreso se clasifican en tres tipos: los suelos que licuan en su totalidad, los suelos que solo licua 5 metros de profundidad, y los suelos que licuan en absoluto. Su investigación tiene como aporte que el terreno de fundación presenta una capacidad portante mínima: para cimiento corrido igual a 0.53 kg/cm^2 , para cimentación cuadrada 1.21 kg/cm^2 y cimentación rectangular 1.06 kg/cm^2 . Asentamientos máximos: para cimiento corrido igual a 0.23 cm. cimentación cuadrada 0.77 cm y cimentación rectangular 0.69 cm.

2.2. Marco Teórico:

2.2.1. Definición y Aspectos generales de Licuefacción de suelos:

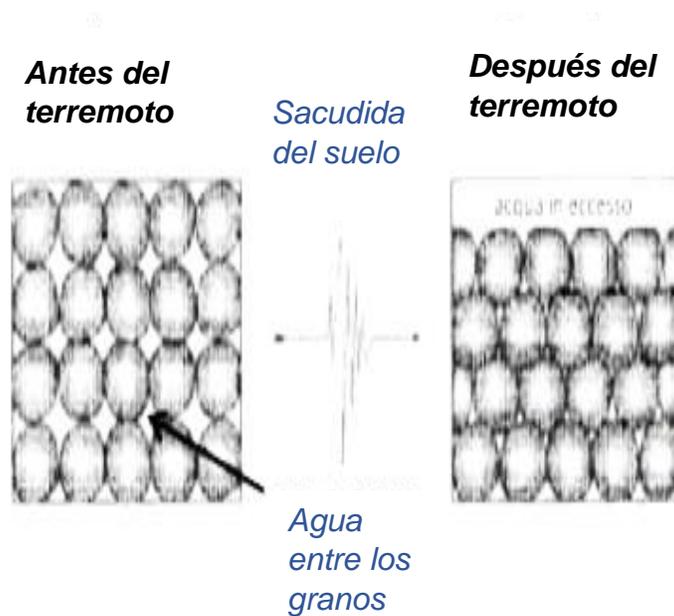
La licuefacción es el estado en que se puede encontrar un terreno arenoso saturado cuando su resistencia al corte se reduce considerablemente por el aumento de la acumulación de presiones intersticiales a causa de un sismo.

Crespo (2006) señala que en el suelo arenoso se produce un fenómeno de licuefacción llegando a perder resistencia al corte y este se iguala con el agua comportándose como un líquido. Asimismo, Ballantyne (2007) indica que los sismos varían considerablemente la resistencia que posee el suelo y las consecuencias que se han visto en este fenómeno es que logra que el suelo pierda tanto la resistencia como la rigidez, haciéndolo muy inestable y además peligroso para poder cimentar.

Además, según Greene et al. (2006) algunos factores que producen el fenómeno de licuación en los suelos son: las ondas sísmicas (ondas de corte), que en contacto con suelos granulares saturados, este se altera su estructura granular y el reordenamiento de los grupos sueltos de partículas, como se ve en la figura, el reordenamiento de las partículas hace que aumenten la presión de poros.

Figura 1

Reordenamiento de las partículas reducción de vacíos por acción sísmica.



Nota: Adaptado de European Geociencias Unión (2016)

Es preciso mencionar que Holtz y Kovacs (1981, pág. 116) consideran que las arenas saturadas en estado suelto cuando están sometidas a cargas rápidas, tienen la tendencia a disminuir su volumen. Esto causa un incremento de presión en los poros genera cuando hay disminución en la tensión efectiva de la masa de tierra. Entonces la presión de poros iguala a la tensión efectiva, y por lo tanto la arena va perdiendo su fuerza y decimos que se está dando el fenómeno de licuación.

Figura 2

Desestabilización del edificio por Licuación.

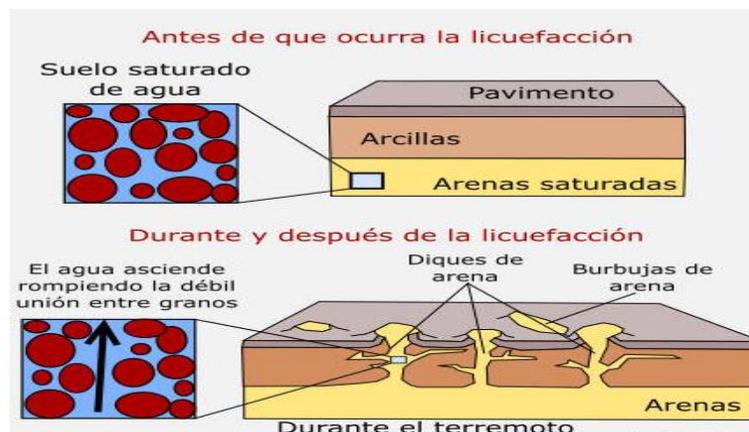


Nota: Adaptado de Constructivo (2018)

Asimismo, un tipo de licuefacción diferente a la que se da por la presión estática, es la que está dada por un terremoto que causa que la presión aumente en los vacíos de las arenas saturadas de densidad media y alta. También en suelos en los que se produce dilatación ante cargas estáticas. Las arenas en estado suelto, fallan en un menor número de ciclos (Holtz & Kovacs, 1981, pág. 118).

Figura 3

Aumento de la presión de poros y ascenso del agua



Nota. Adaptado de Geología web (2018)

2.2.2. Relación entre densidad relativa y relación de vacíos:

Las investigaciones han demostrado que la arena en estado suelto es más propensa a la licuación que la arena densa. También se ha demostrado que los suelos que se han licuado han tenido una compacidad relativa de 50 % o de un valor menor y en arenas con un grado de compacidad de 70% o mas no se produjo este fenómeno.

$$D_R (\%) = \left(\frac{e_{max} - e_o}{e_{max} - e_{min}} \right) * 100 \text{ --- --- --- (1)}$$

2.2.3. Tensión efectiva:

Según Braja (2011) la tensión efectiva se define como la fuerza vertical en la parte sólida del suelo sobre una determinada área. Además, la compresibilidad del suelo que está sometido a cargas es debido a la deformación de vacíos que es causado por desplazamiento de agua principalmente.

Las partículas sólidas que yacen en el suelo son las que soportan el esfuerzo de corte, ya que como se sabe el agua no tiene resistencia al corte. Por ende, podríamos decir que el esfuerzo normal es la suma de dos factores: la parte sólida del suelo y la presión ejercida por el agua.

El principio de esfuerzos efectivos acuñado por Terzaghi, indica que, si un terreno sufre deformación, entonces la tensión efectiva puede cambiar. Algunos factores como la resistencia y compresibilidad del suelo dependen de la variación que hay entre el esfuerzo total causado por la carga externa, σ , y por la presión en los vacíos, μ (Suarez, 2009).

$$\sigma' = (\sigma - \mu) \text{ --- --- --- (2)}$$

2.2.4. Presión de poros:

Es la presión que ejerce el agua en los suelos identificada con la letra “ μ ”, disminuyendo en las partículas los esfuerzos normales efectivos y también la resistencia a la fricción.

Si colocamos una carga en el suelo podremos observar que las presiones en los poros sufrirán un cambio que se denominará como $\Delta\mu$ (exceso de presión de poros).

Consideramos que el agua no tiene movimiento en el suelo, por lo cual se genera la presión hidrostática:

$$\mu = \gamma_w \cdot Z_w \text{ --- --- --- --- --- (3)}$$

Donde:

γ_w = peso unitario del agua

Z_w = profundidad vertical del punto por debajo del nivel de agua freática.

2.2.5. Mecanismos y criterios de licuación:

Licuefacción de flujo:

Corresponde a un evento producido cuando el esfuerzo de corte necesario para que se mantenga el equilibrio supera a la resistencia de corte en el suelo licuado. La licuación puede producir algunos fenómenos como, por ejemplo: asentamientos, fallas y otros.

Movilidad cíclica:

Kramer y Stewart (2008), señalan que este evento sucede cuando la tensión inicial del suelo llega a un bajo nivel por el aumento de presiones durante el sismo; en ese instante es donde se producirá diversas fallas estructurales. Los sismos pueden producir deformaciones en el suelo, pero también depende de las características del

suelo y en el estado en que se encuentre. Asimismo, Johansson (2010) señala que la presión de vacíos asciende a la superficie cuando se da este fenómeno, arrastrando consigo materiales.

Criterios históricos:

La licuefacción se puede dar en un mismo lugar siempre y cuando las condiciones sigan siendo las mismas, por esto se puede obtener datos históricos de este fenómeno.

Criterios basados en la composición del suelo:

Las arenas que son limpias y gradadas, la cual se encuentran compuestas por partículas redondeadas, mientras que el suelo bien gradados que tienen partículas angulares. Según estudios realizados, los finos plásticos ($IP > 10$), disminuye la susceptibilidad del suelo ante la licuación.

Criterios basados en el estado del suelo:

El suelo está vinculado a factores importantes como la densidad del suelo en el lugar y las tensiones efectivas. El suelo en estado suelto es muy susceptible a la licuación que los que se encuentran en estado denso.

Suelos no cohesivos:

La licuefacción del suelo está relacionada con los suelos granulares no cohesivos, sueltos, saturados, bajo contenido de finos entre otros. Asimismo, Brandes (2007)

Suelos con presencia de finos:

Tal como señala Johansson (2010), las arenas eran consideradas el único tipo de suelo propenso a la licuación, pero se ha demostrado que también se presenta en otros tipos de suelos. Por otro lado, según Kramer y Stewart (2008) presentaron algunos criterios:

- Fracción de arcilla (finos menores de 0,005 mm) $\leq 15\%$
- Límite líquido, LL $\leq 35\%$
- Contenido natural de humedad del suelo, $w \geq 0,9$ LL

2.2.6. Factores y fenómenos de la licuefacción

Para analizar la licuefacción, lo primero que debemos hacer es determinar el riesgo de diversos factores existentes para que se produzca este fenómeno. Ciertas investigaciones han podido demostrar que la licuefacción depende de ciertas características.

Tipo de suelo:

La licuación en el suelo se produce por diversos factores: el estado suelto en que se encuentra el material y su granulometría. También podemos decir que las arenas que pueden estar saturados, son propensas a la licuación.

Densidad relativa:

Las investigaciones reconocieron que la licuación está relacionada con los de vacíos del suelo y la densidad relativa del suelo. La licuefacción puede darse cuando los suelos sean saturados, sueltos, no cohesivos, y al densificarse aumenta la presión en los poros, pero se reduce el volumen del suelo, llegando a que la presión intersticial es igual a la normal y consecuentemente el suelo pierde resistencia y finalmente falla.

Nivel de la capa freática:

La presión en los vacíos se da porque el agua ocupa estas partes que no se encuentran cubiertas por las partículas del suelo, entonces dándose el nivel freático y las vibraciones producidas por el sismo, esta incrementa. Luego, la posición de la napa freática será muy importante porque a profundidades inferiores a 3 m, hay probabilidad de licuefacción. Por debajo de los 5 m de profundidad, la susceptibilidad a la licuefacción es muy baja.

Magnitud del movimiento sísmico:

La propagación de ondas producidas por un sismo, puede traer consigo una distribución de esfuerzos de corte en función del tiempo, y con esto causar una deformación en el suelo. Múltiples ensayos de laboratorio realizados por Seed y Lee (2009) mostraron que cuando más grande es el esfuerzo o deformación, menor se hace número de ciclos requeridos para producir el fenómeno de licuación. Las evidencias en campo demuestran que los depósitos de arena suelta han podido soportar sismos de baja intensidad (aprox. 0.005g) y han sufrido licuación ante sismos de mayor intensidad. (0.16g). Según algunas investigaciones, cuando $a_{max} < 0,09g$, el suelo se considera no licuable.

Duración del movimiento sísmico:

Si un movimiento sísmico de mayor intensidad influyera la condición no drenada, la disipación de la presión de poro traerá, por consiguiente, un aumento en la presión de vacíos, produciendo esfuerzos efectivos nulos, y luego la licuación.

Fallas de flujo:

Son fallas peligrosas ya que producen grandes desplazamientos de masa de suelo compuestos por bloques que flotan sobre el suelo, mayormente en terrenos con pendiente.

Desplazamientos laterales

Este desplazamiento se debe por las fuerzas gravitacionales e inerciales dadas por el movimiento sísmico.

Pérdida de capacidad de carga:

Las cimentaciones que se encuentran sobre el suelo se comienzan a licuar perdiendo su resistencia y presentando deformaciones que produce que las estructuras se inclinen y se dé el asentamiento.

Oscilaciones del terreno:

Cuando el terreno es plano la licuación de un estrato profundo se puede desestabilizar y consecuentemente desestabilizar el estrato superior del suelo.

2.2.7. Cimentaciones superficiales:

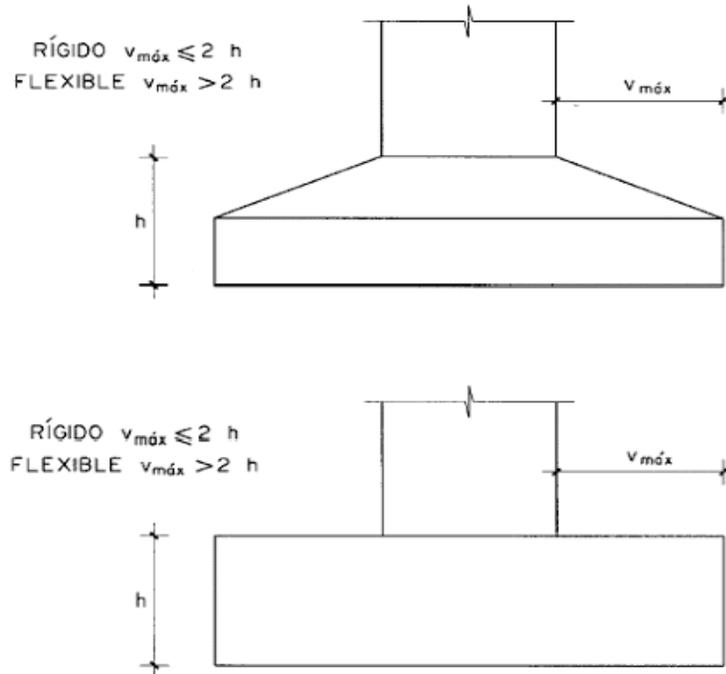
Según Sarmiento (2019) las cimentaciones son elementos estructurales cuya principal función es la de transmitir las cargas de las columnas y muros que soporta al terreno de la fundación. El esfuerzo que resiste las columnas y muros puede llegar a ciento de toneladas por metro cuadrado, pero el suelo no sería capaz de resistir este esfuerzo porque su capacidad es de solo algunas toneladas por metro cuadrado, por lo que es necesario la distribución de estas cargas en una mayor área. También es necesario que proporcione resistencia al deslizamiento y volteo. (p. 271)

Podemos decir que las cimentaciones superficiales se encuentran a poca profundidad midiéndose desde el nivel 0+00, es decir desde la superficie del terreno. También recordemos que hay tipos de zapatas como: corridas, aisladas, combinadas, conectadas por vigas y losa de cimentación, que más adelante se definirán cada uno de ellos.

Las cimentaciones superficiales pueden ser flexibles o rígidas. Podemos decir que la cimentación es rígida cuando el voladizo máximo o mayor es menor a dos veces el peralte y la distribución de esfuerzos es no lineal, mientras que una cimentación es flexible cuando el voladizo máximo es mayor a dos veces el peralte y la distribución de esfuerzo podemos considerarla como lineal.

Figura 4

Criterios de rigidez en zapatas aisladas.



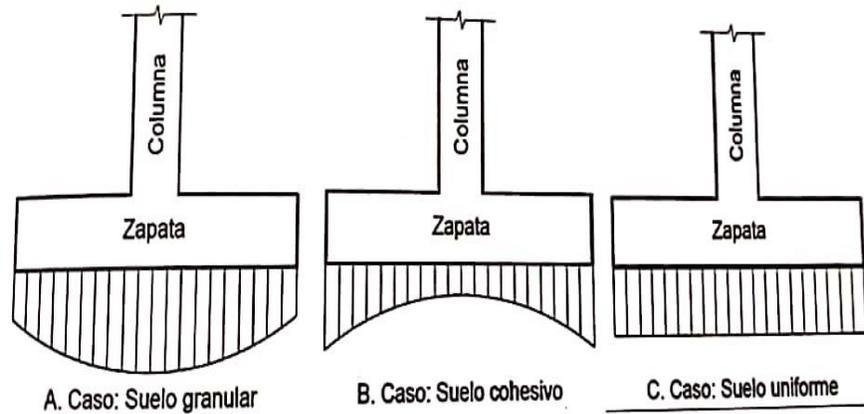
Nota: Adaptado de Mecánica (2006)

2.2.7.1. Presión del Terreno:

Sabemos que el suelo reacciona de diferentes maneras antes las cargas externas que esta tiene que soportar, todo esto depende de diversos factores como por ejemplo la flexibilidad de la cimentación, la profundidad y sobre todo que tipo de cimentación se utilizara. Sarmiento (2019, pág. 272) Afirma que en los suelos granulares la presión en los bordes es menor que en el centro porque la presión tiende a desplazar el suelo hacia los extremos. Este desplazamiento depende de la profundidad de la cimentación, ya que, si es demasiado profunda, el propio peso del suelo no permitirá que se desplace internamente. Además, en los suelos cohesivos, la presión en los bordes es mayor y la fuerza de reacción es mayor porque el suelo alrededor de la zona sometida a tensión se apoya en la cohesión.

Figura 5

Distribución de la reacción del suelo.



Nota: Adaptado de Oviedo (2019)

Tipos de Zapatas:

Zapata corrida:

Son utilizadas cuando las cargas soportadas por una columna sean tan grandes que sea imposible ser soportada por el suelo con una zapata simple o cuadrada. Además, son útiles ya que permiten que las cargas se centren cuando hay excentricidades muy grandes.

Zapata aislada:

Las podemos diseñar de forma cuadradas y se usan cuando las cargas son pequeñas y en suelos rígidos o estructuras aporricadas. Pueden ser centradas, medianeras o esquineras.

Zapatas combinadas:

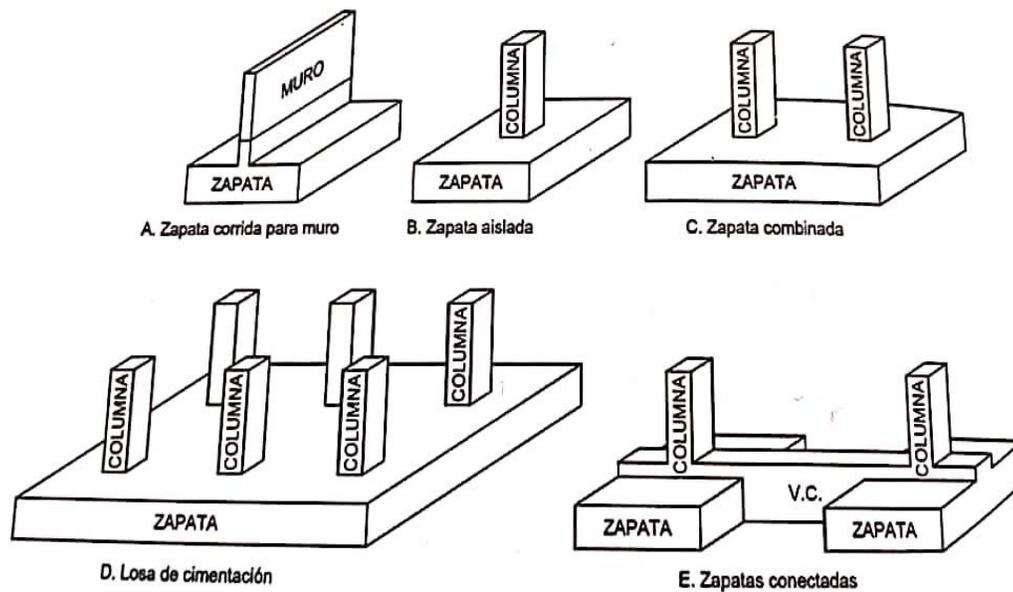
Según Bravo y Huapaya (2019) Se trata de la conexión de dos cimentaciones aisladas resultante de una gran separación o excentricidad que debe controlarse. En suelos intermedios se recomienda este tipo de cimentación de acuerdo con E.030 Criterios de Diseño Sísmico.

Losa de cimentación:

Sarmiento (2019, pág. 272) señala que se refiere a una losa de hormigón con una gran superficie para soportar varios pilares y muros. Se utiliza cuando la resistencia del forjado es baja y la carga sobre los pilares es muy elevada.

Figura 6

Tipos de cimentación.



Nota: Adaptado de Oviedo (2019)

Tipos de fallas:

- Falla general por corte:

Das (2011) considera que el caso en el que una cimentación en franjas se asienta sobre una superficie de suelo arenoso denso o cohesivo rígido, como se muestra en la figura (a). Si ahora se añade gradualmente una carga a la cimentación, el asentamiento aumentará. En algún momento, cuando la carga por unidad de superficie sea igual, el suelo que soporta la cimentación se dañará rápidamente y la superficie dañada en el suelo se extenderá hasta la superficie (p.133).

- Falla local por corte:

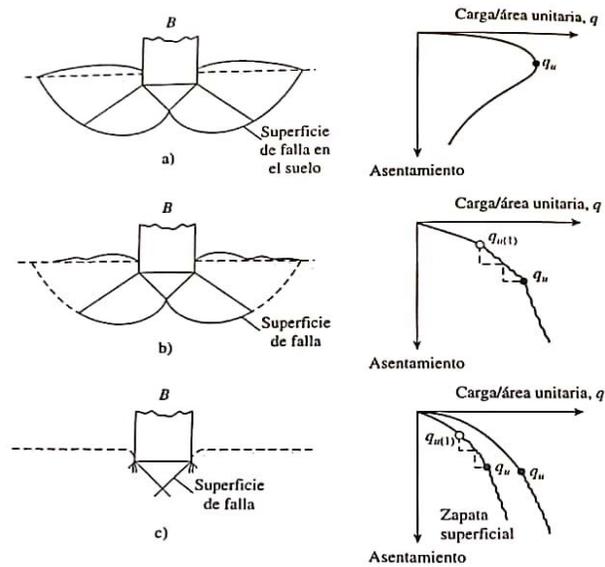
Según Das (2011) si los cimientos están contruidos sobre un suelo arenoso o arcilloso moderadamente rígido, un aumento de la carga sobre los cimientos va acompañado de un aumento del asentamiento. En este caso, sin embargo, la superficie de daño del suelo se extiende gradualmente hacia el exterior de los cimientos, como se muestra en la figura (b) (p.133).

- Falla de corte por punzonamiento:

Según (Das, 2011) si los cimientos se apoyan en un suelo muy suelto, el diagrama de asentamiento de la carga en el suelo no se extiende hasta la superficie. Por encima de la carga de daño extrema, como se muestra en la figura (c), el diagrama de asentamiento de carga se vuelve muy empinado y prácticamente lineal (p.134).

Figura 7

Fallas por capacidad de carga del suelo.

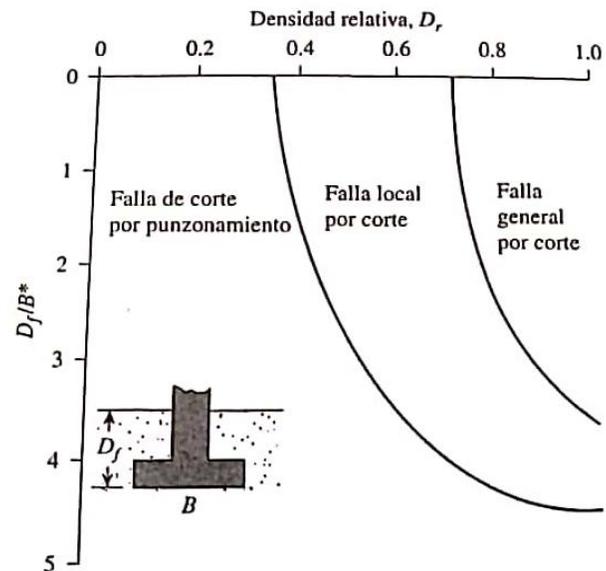


Nota: Adaptado de Braja (2011)

Tal como señala Das (2011) en base en los resultados experimentales obtenidos en Vesic (1963) se propone una relación para el modo de falla por capacidad de carga de cimentaciones que se apoyan sobre arenas (p.134).

Figura 8

Modos de falla de una cimentación en arena



Nota: Adaptado de Braja (2011)

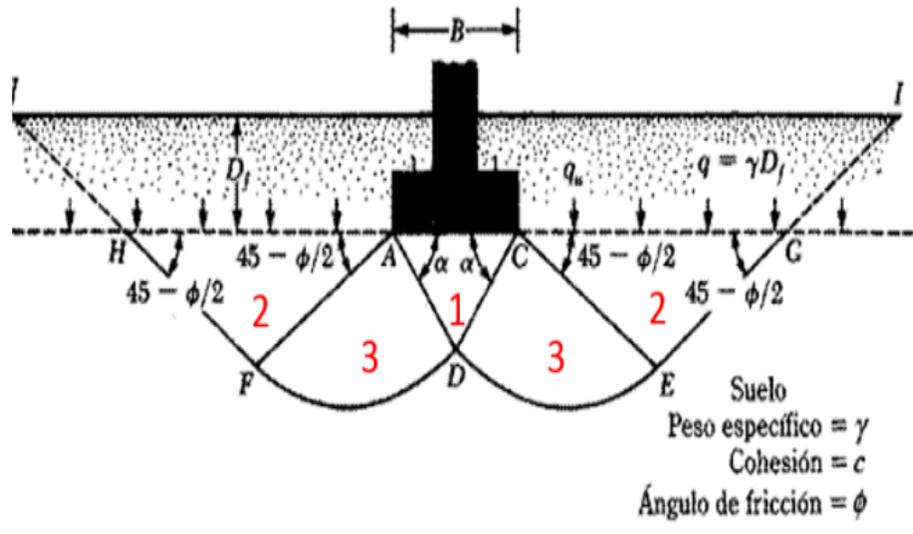
2.2.7.4. Teorías para determinar la capacidad de carga:

- Teoría de Capacidad de carga de Terzagui:

Según lo señalado por Das (2011, pág. 136) Terzagui fue el primero en proponer una teoría para evaluar la capacidad portante última de cimentaciones superficiales aproximadas. Según esta teoría, un cimiento es poco profundo si su profundidad (D_f) es inferior a su anchura. Sin embargo, investigadores posteriores han descubierto que los cimientos con un valor de D_f igual a tres o cuatro veces la anchura también pueden definirse como cimientos poco profundos.

Figura 9

Mecanismo de falla de un cimiento continuo poco profundo según Terzagui.



Nota: Adaptado de El murete (2015)

Terzagui, expuso una ecuación matemática para la capacidad de carga última de la siguiente manera:

- Cimentación continua

$$q_u = c' \cdot N_c + q \cdot N_q + \frac{1}{2} \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \text{ --- (4)}$$

- Cimentación cuadrada

$$q_u = 1.3 c' N_c + q N_q + 0.4 \gamma B N_\gamma \text{ --- (5)}$$

- Cimentación circular

$$q_u = 1.3 c' N_c + q N_q + 0.3 \gamma B N_\gamma \text{ --- (6)}$$

Donde:

c' = Cohesión del suelo

γ = peso específico del suelo

$q = \gamma D_f$

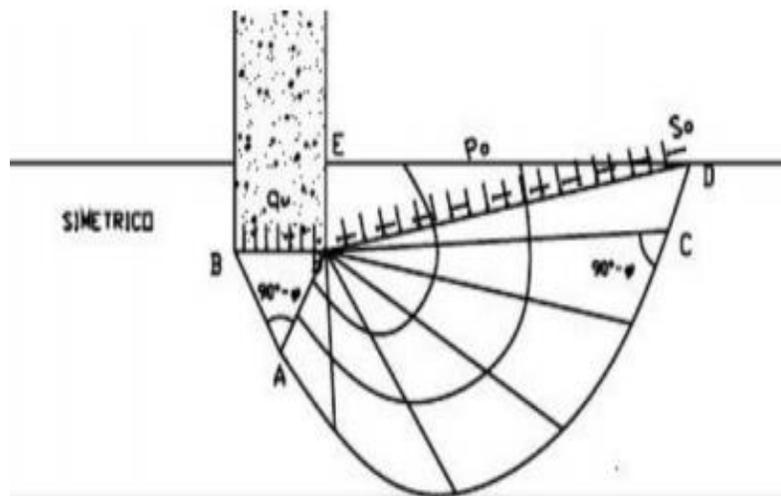
N_c, N_q, N_γ = Factores de la capacidad de carga (Ver anexo 1.81).

- **Teoría de Meyerhof:**

Las ecuaciones de Terzagui mencionadas anteriormente no toman en cuenta la resistencia al corte a lo largo de la superficie de falla en el suelo, por eso Meyerhof propuso la siguiente ecuación que abarcaba este detalle y nos permite un mejor resultado:

Figura 10

Modelo de falla según Meyerhof.



Nota: Adaptado de Quesada (2017)

$$q_u = c' N_c F_{cs} F_{cd} F_{ci} + q N_q F_{qs} F_{qd} F_{qi} + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma F_{\gamma s} F_{\gamma d} F_{\gamma i} \text{ --- --- (7)}$$

Donde:

c' = cohesión

q = esfuerzo efectivo al nivel del fondo de la cimentación.

γ = peso específico del suelo

B = ancho de la cimentación o diámetro de la cimentación

$F_{cs}, F_{qs}, F_{\gamma s}$ = Factor de forma

$F_{cd}, F_{qd}, F_{\gamma d}$ = Factores de profundidad

$F_{ci}, F_{qi}, F_{\gamma i}$ = Factores de la inclinación de la carga

N_c, N_q, N_γ = Factores de capacidad de carga (ver anexo 1.82)

- **Capacidad de carga según Vesic:**

Vesic considero una modificación de la ecuación general de carga de Meyerhof a fin de calcular las variables F_{cc} , F_{qc} , $F_{\gamma c}$ que son factores de compresibilidad del suelo. (ver tabla 3)

$$q_u = c' N_c F_{cs} F_{cd} F_{ci} + q N_q F_{qs} F_{qd} F_{qi} + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma F_{\gamma s} F_{\gamma d} F_{\gamma i} \text{ --- --- (8)}$$

De acuerdo con lo que propuso, para calcular los siguientes factores mencionados anteriormente se deben seguir los siguientes pasos:

1. Calcule el índice de rigidez a una profundidad aproximada de $B/2$ por debajo de la cimentación.

$$I_r = \frac{G_s}{c' + q' \tan \phi'} \text{ --- --- (9)}$$

Donde:

G_s = Modulo de corte del suelo.

q = Profundidad efectiva de sobrecarga a una profundidad de $D_f + B/2$

2. Calcular el Índice de rigidez crítico.

$$I_r(cr) = \frac{1}{2} \left[\exp\left((3.30 - 0.45 \frac{B}{L}) \cot(45 - \frac{\phi'}{2}) \right) \right] \text{--- --- --- (10)}$$

Las variaciones entre el $I_r(cr)$ con B/L se muestra en la tabla.

3. En caso que $I_r \geq I_r(cr)$ entonces se tomará en cuenta lo siguiente:

$$F_{cc} = F_{qc} = F_{\gamma c} = 1$$

4. En caso que $I_r < I_r(cr)$ haremos lo siguiente:

$$F_{\gamma c} = F_{qc} = \exp \left[\left(-4.4 + 0.6 \frac{B}{L} \right) \tan \phi' + \left(\frac{(3.07 \text{sen} \phi') (\log 2I_r)}{1 + \text{sen} \phi'} \right) \right] \text{--- --- --- (11)}$$

- **Capacidad de carga en losas de cimentación:**

La capacidad de carga ultima en una losa de cimentación la podemos determinar con la ecuación de Meyerhof para cimentaciones superficiales.

$$q_u = c' N_c F_{cs} F_{cd} F_{ci} + q N_q F_{qs} F_{qd} F_{qi} + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma F_{\gamma s} F_{\gamma d} F_{\gamma i} \text{--- --- --- (12)}$$

En la cual el termino B en la ecuación es la menor dimensión de la losa. La capacidad de carga ultima neta es la siguiente:

$$q_{neta}(u) = q_u - q \text{--- --- --- (13)}$$

Asimismo, Das (2011, pág. 296) indica que para calcular la capacidad de carga permisible neta se debe emplear un factor de seguridad apropiado. Para losas sobre arcillas, el factor de seguridad no debe de ser menor que 3 bajo carga muerta o viva máxima. Sin embargo, ante las condiciones más extremas, el factor de seguridad debe ser de al menos 1.75 a 2. Para las losas construidas sobre arena normalmente se debe emplear un factor de seguridad de 3. En la mayoría de condiciones de trabajo, el factor de seguridad contra la falla de capacidad de carga de losas sobre arena es muy grande.

$$q_u = c_u N_c F_{sc} F_{cd} + q \text{ --- --- --- --- --- (14)}$$

Según (Das, 2011), para arcillas saturadas con $\Phi = 0$ y en condición de carga vertical, la ecuación (11) da donde c_u = condición no drenada (Nota: $N_c = 5.14$, $N_q = 1$ y $N_\gamma = 0$)” (p.296).

$$F_{CS} = 1 + \frac{B}{L} \left(\frac{N_q}{N_c} \right) = 1 + \left(\frac{B}{L} \right) \left(\frac{1}{5.14} \right) = 1 + \frac{0.195B}{L} \text{ --- --- --- --- --- (15)}$$

$$F_{CD} = 1 + 0.4 \left(\frac{Df}{B} \right) \text{ --- --- --- --- --- (16)}$$

Al sustituir los factores de profundidad y de forma de la ecuación anterior podemos obtener (Das, 2011):

$$q_u = 5.14c_u \left(1 + \frac{0.195B}{L} \right) \left(1 + 0.4 \frac{Df}{B} \right) + q \text{ --- --- --- --- --- (17)}$$

Entonces, la carga ultima neta es:

$$q_{neta(u)} = q_u - q = 5.14c_u \left(1 + \frac{0.195B}{L} \right) \left(1 + 0.4 \frac{Df}{B} \right) \text{ --- --- --- --- --- (18)}$$

Para un FS = 3, la capacidad de carga neta es:

$$q_{neta} = \frac{q_{neta(u)}}{FS} = 1.713c_u \left(1 + \frac{0.195B}{L} \right) \left(1 + 0.4 \frac{Df}{B} \right) \text{ --- --- --- --- --- (19)}$$

Según (Das, 2011): “La capacidad de carga permisible neta para losas construidas sobre depósitos de suelos granulares se puede determinar a partir de los números de penetración estándar” (p.297).

$$q_{neta} \left(\frac{kN}{m^2} \right) = \frac{N_{60}}{0.08} \left(\frac{B + 0.3}{B} \right)^2 F_d \left(\frac{S_e}{25} \right) \text{--- --- --- (20)}$$

Donde:

N_{60} = Resistencia de la penetración estándar.

B = ancho (m).

$$F_d = 1 + 0.33 \left(\frac{D_f}{B} \right) \leq 1.33 \text{--- --- --- (21)}$$

S_e = Asentamiento (mm).

Cuando el ancho B es grande, la ecuación anterior se puede aproximar con:

$$q_{neta} \left(\frac{kN}{m^2} \right) = \frac{N_{60}}{0.08} F_d \left(\frac{S_e}{25} \right) = \frac{N_{60}}{0.08} \left(1 + 0.33 \left(\frac{D_f}{B} \right) \right) \left(\frac{S_e(mm)}{25} \right) \leq 16.63 N_{60} \left(\frac{S_e(mm)}{25} \right)$$

Según Das (2011) en general, las cimentaciones superficiales se diseñan para un asentamiento máximo de 25 mm y un asentamiento diferencial de aproximadamente 19 mm” (p.298). Sin embargo, el ancho de las losas de cimentación es mayor que el de las zapatas ensanchadas aisladas. De aquí para una losa de cimentación, la profundidad de la zona de influencia es probable que sea mucho mayor que la de una zapata ensanchada. Así pues, los depósitos de suelo suelto debajo de una losa pueden estar distribuidos más uniformemente, lo que resulta en un asentamiento diferencial menor. En consecuencia, la suposición es que, para un asentamiento máximo de la losa de 50 mm, el asentamiento diferencial será de 19 mm. Utilizando esta lógica suponiendo de manera conservadora que $F_d = 1$, se pueden aproximar respectivamente las ecuaciones anteriores de la siguiente manera. (p.298)

$$q_{neta} = q_{neta} \left(\frac{kN}{m^2} \right) \cong 25N_{60} \text{ --- --- --- --- (23)}$$

La presión permisible aplicada a la cimentación la podemos expresar de la siguiente manera (Das, 2011):

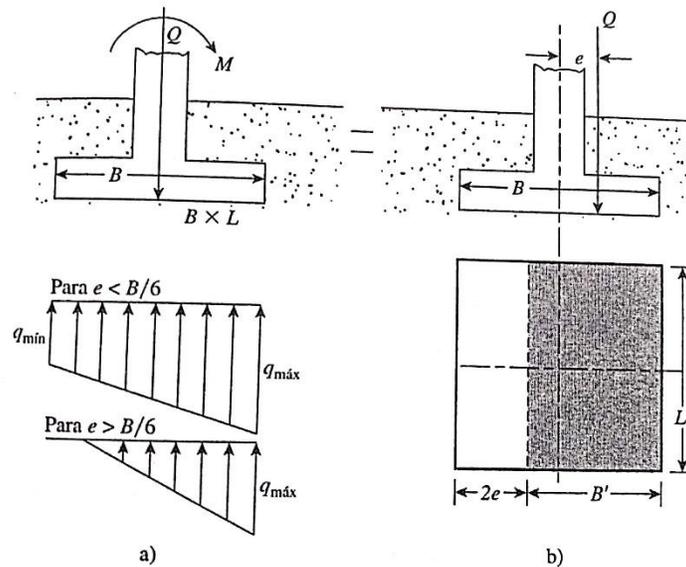
$$q = \frac{Q}{A} - \gamma Df \text{ --- --- --- --- (23)}$$

Cimentaciones cargadas excéntricamente:

Nosotros como ingenieros sabemos que, las cimentaciones están sujetas a fuerzas de momento y cargas axiales, pero también a una excentricidad lo cual ocasiona que la distribución de esfuerzos por debajo de la cimentación no sea uniforme.

Figura 11

Cimentaciones cargadas excéntricamente.



Nota: Adaptado de Braja (2011)

La distribución de presiones se puede calcular con las siguientes ecuaciones:

$$q_{\max} = \frac{Q}{BL} + \frac{6M}{B^2L} \quad (23)$$

$$q_{\min} = \frac{Q}{BL} - \frac{6M}{B^2L} \quad (24)$$

Donde:

Q = Carga vertical total.

M = Momento sobre la cimentación.

Observe que, en estas ecuaciones, cuando la excentricidad e toma el valor $B/6$, q_{min} es cero. Pero $e > B/6$, q_{min} será negativa, lo que significa que se desarrollará una tensión. Debido a que el suelo no puede soportar tensiones, habrá una separación entre la cimentación y el suelo debajo de ella". (Das, 2011, pág. 158)

$$q_{max} = \frac{4Q}{3L(B-2e)} \quad (25)$$

- **Capacidad de carga última (excentricidad en un sentido)**

Según (Das, 2011) afirma: "Meyerhof propuso una teoría a la que generalmente se le refiere como método del área efectiva"

A continuación, detallara el procedimiento paso a paso para poder determinar la carga última del suelo y el factor de seguridad.

Paso 1: Determinar las dimensiones de la cimentación.

$$B'(\text{ancho}) = B - 2e$$

$$L'(\text{longitud}) = L$$

Paso 2: Utilizamos la ecuación de capacidad de carga ultima

$$q'u = c' N_c F_{cs} F_{cd} F_{ci} + q N_q F_{qs} F_{qd} F_{qi} + \frac{1}{2} \gamma B' N_\gamma F_{\gamma s} F_{\gamma d} F_{\gamma i} \quad (26)$$

Paso 3: La carga ultima que puede soportar la cimentación es:

$$Q_{ult} = q'_u(B')(L') \quad (27)$$

Paso 4: El factor de seguridad ante la falla de capacidad de carga

$$F.S = \frac{Q_{ult}}{Q} \quad (28)$$

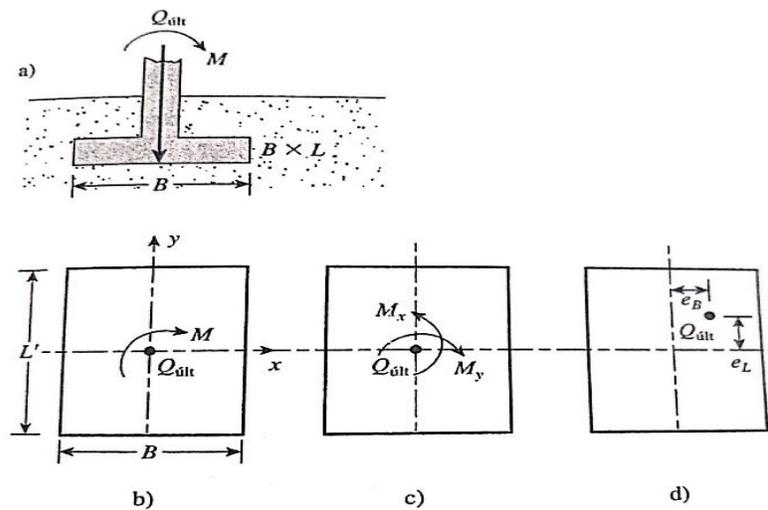
- Capacidad de carga (excentricidad en dos sentidos)

Considere una situación en la que una cimentación se somete a una carga vertical ultima Q_{ult} y a un momento M . Para este caso, las componentes del momento con respecto a los ejes x y y se pueden determinar cómo M_x y M_y respectivamente. (Das, 2011, pág. 165)

$$q'_u = c' N_c F_{cs} F_{cd} F_{ci} + q N_q F_{qs} F_{qd} F_{qi} + \frac{1}{2} \gamma B' N_\gamma F_{\gamma s} F_{\gamma d} F_{\gamma i} \quad (29)$$

Figura 12

Análisis de cimentación con excentricidad en dos sentidos.



Nota: Adaptado de (Braja, 2011)

Consideremos las siguientes ecuaciones:

$$eB = \frac{My}{Q_{ult}} \quad (30)$$

$$eL = \frac{My}{Q_{ult}} \quad (31)$$

Para hallar el Q_{ult} se debe usar la siguiente ecuación:

$$Q_{ult} = q'u A' \quad (32)$$

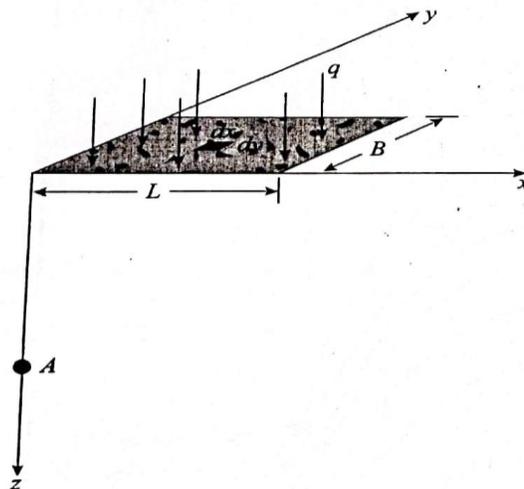
Para hallar el $q'u$ debemos utilizar la ecuación general de capacidad de carga.

Esfuerzo vertical en un área rectangularmente cargada:

Según (Das, 2001): “La solución de Boussinesq también se usa para calcular el incremento del esfuerzo vertical debajo de un área rectangularmente cargada, como se muestra en la figura. El área cargada se localiza en la superficie del terreno y tiene longitud L y ancho B ”. (pag.133)

Figura 13

Esfuerzo vertical bajo en un área rectangular cargada uniformemente



Nota: Adaptado de (Braja, 2011)

El incremento de esfuerzo debajo del punto se expresaría de la siguiente manera:

$$\Delta\sigma = q * I \quad (33)$$

Donde:

$$I = \frac{1}{4\pi} \left(\frac{2mn\sqrt{m^2 + n^2 + 1}}{m^2 + n^2 + m^2n^2 + 1} \left(\frac{m^2 + n^2 + 2}{m^2 + n^2 + 1} \right) + \tan^{-1} \left(\frac{2mn\sqrt{m^2 + n^2 + 1}}{m^2 + n^2 - m^2n^2 + 1} \right) \right) \quad (34)$$

$$m = \frac{B}{z}$$

$$n = \frac{L}{z}$$

Para el caso en que, se desee calcular el incremento de esfuerzo en el centro del área rectangular, la ecuación varia de la siguiente manera:

$$\Delta\sigma = q * (4I) \quad (35)$$

2.2.8. Evaluación de potencial de licuación:

Los métodos para evaluar el potencial de licuación se pueden tomar de acuerdo a la importancia de las estructuras, el lugar de estudio y precisión geotécnica:

- Métodos basados en las condiciones geológicas y topográficas.
- Métodos basados en la exploración de campo. (SPT, Vs, CPT, Granulometría)
- Métodos basados en la vulnerabilidad a la licuefacción en laboratorio y análisis dinámicos de la respuesta del terreno.

El primer método se usa para evaluar el potencial de licuefacción en grandes superficies de terreno, el segundo método se usa en especificaciones de puentes y normas de diseño de fundaciones de edificios y el tercer método se emplea en estructuras importantes como edificios de gran altura y puentes de gran vano.

También se nos da algunas consideraciones adicionales para las exploraciones en campo, según (NORMA TÉCNICA E.050 SUELOS Y CIMENTACIONES,2018):

Cuando la historia sísmica del lugar haga sospechar la posibilidad de ocurrencia de Licuación, el programa de exploración de toda el área comprometida por la estructura se realiza de acuerdo a lo indicado en la Tabla 6 y con perforaciones hasta 15 m de profundidad como mínimo. (p.50)

Las perforaciones deben tener una profundidad mínima de 15 m y deben ser realizadas por las técnicas de lavado o rotativa. Dentro de las perforaciones se llevan a cabo Ensayos de Penetración Estándar SPT (NTP 339.133) espaciados obligatoriamente cada 1 m. (p.50)

Factor de seguridad contra la licuación:

Según (NORMA TÉCNICA E.050 SUELOS Y CIMENTACIONES, 2018): El PR determina los factores de Seguridad frente a la ocurrencia de licuación (FSL) con el valor mínimo indicado en la Tabla 13.A. el que depende del tipo de importancia de la obra clasificada de acuerdo a la Norma E0.30. (p.50)

Tabla 1

Factor de seguridad contra la licuación mínimo

Categoría de las edificaciones (E0.30)	FSL mínimo
A	1.25
B	1.15
C	1

Nota: Adaptado de Norma técnica E.050 (p.28), por RNE, 2018.

Relación de esfuerzo cíclico (CSR):

Según (NORMA TÉCNICA E.050 SUELOS Y CIMENTACIONES, 2018): “Se define como el esfuerzo cortante promedio τ_{av} actuante en un estrato generado por el sismo, normalizado por el esfuerzo efectivo de sobre tapada σ'_{vo} “(p.25).

Seed e Idriss (1971) incorporaron un factor de reducción de esfuerzos r_d y posteriormente, Seed et al. (1975) transforman los registros sísmicos convencionales a una serie de ciclos uniformes equivalentes: $\tau_{prom} = \tau_{max} 0.65$ ”

$$CSR_{7.5} = \frac{\tau_{prom}}{\sigma'_o} = 0.65 * \left(\frac{a_{max}}{g}\right) * \left(\frac{\sigma_{max}}{\sigma'_o}\right) * r_d \quad (36)$$

Donde:

a_{max} = Aceleración máxima del sismo.

g = Aceleración de la gravedad.

σ_{\max} = Esfuerzo total.

σ'_o = Esfuerzo efectivo.

rd = Factor de reducción de esfuerzos.

Factor de reducción de esfuerzos (rd):

El factor de reducción rd, puede ser calculado a partir de las siguientes expresiones:

- **NCEER (National Center for Earthquake Engineering Research) 1997.**

$$r_d = 1.0 - 0.00756 * z \quad z \leq 9.15m \quad (37)$$

$$r_d = 1.174 - 0.0267 * z \quad 9.15 < z \leq 23m \quad (38)$$

$$r_d = 0.744 - 0.008 * z \quad 23 < z \leq 30m \quad (39)$$

$$r_d = 0.50 \quad z > 30 \quad (40)$$

- **Liao et al. (1988)**

$$r_d = 1.0 - 0.00756 * z \quad z \leq 9.15m \quad (41)$$

$$r_d = 1.174 - 0.0267 * z \quad 9.15 < z \leq 23m \quad (42)$$

- **Rauch (1971)**

$$r_d = 1.0 + 1.6 * 10^{-6}(z^4 - 42z^3 + 105z^2 - 4200z) \quad (43)$$

- **Tomas F. Blake (FugroWest Inc., Ventura, California)**

$$r_d = \frac{(1.000 - 0.4113z^{0.5} + 0.04052z + 0.001753z^{1.5})}{(1.000 + 0.4177z^{0.5} + 0.05729z - 0.006205z^{1.5} + 0.001210z^2)} \quad (44)$$

- **Idriss and Golesorkhi (1989)**

$$r_d = \exp(\alpha(z) + \beta(z) \cdot M) \quad (45)$$

$$\alpha(z) = -1.012 - 1.126 \sin\left(\frac{z}{11.73} + 5.133\right) \quad (46)$$

$$\beta(z) = 0.106 + 0.118 \sin\left(\frac{z}{11.28} + 5.142\right) \quad (47)$$

- **Idriss y Boulanger (2006)**

$$r_d = 1.0 \quad z \leq 4.00m \quad (48)$$

$$r_d = 1.0 - (0.015z) - 4 \quad z > 4.00m \quad (49)$$

- **Iwasaki et al (1978)**

$$r_d = 1.0 - 0.015z \quad (50)$$

- **Norma ROM 0.5-05 (Recomendaciones para Obras Marítimas) de España**

$$r_d = 1.0 - 0.001z^2 \quad (51)$$

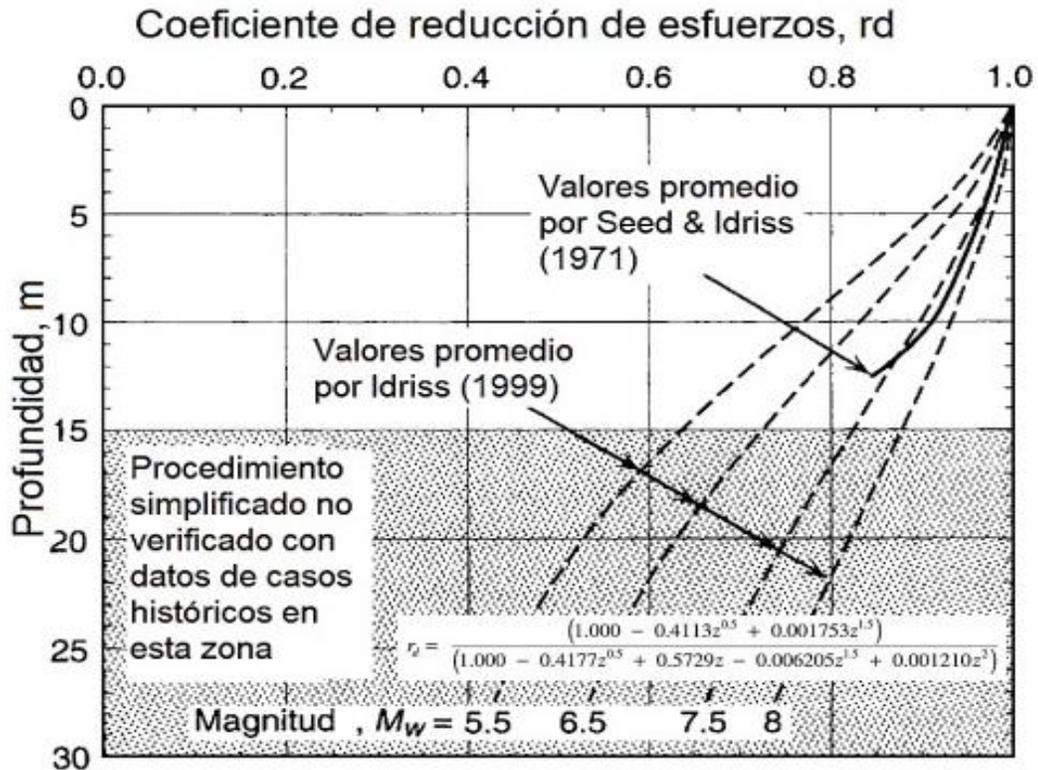
- **Kayen et al. (1992)**

$$r_d = 1.0 - 0.012z \quad (52)$$

También se puede obtener el factor de reducción r_d a partir de la siguiente tabla mostrada en la figura, en donde se relaciona la magnitud del sismo con la profundidad de análisis.

Figura 14

Factor de reducción r_d versus profundidad por debajo del nivel .



Nota: Adaptado De Andrus y Stokoe, 2000

Factor de escala por magnitud de sismo (MSF):

La expresión para obtener CSR fue originalmente concebida para un sismo de magnitud $M_w = 7,5$, en caso de utilizar un sismo de otra magnitud los valores del $CRR_{7.5}$ se deben dividir por un factor de escala (MSF), que se calcula con las siguientes ecuaciones:

- **Tokimatsu y Seed**

$$MSF = 2.5 - 0.2 M \quad (53)$$

- **Idriss (NCEER 1997)**

$$MSF = \left(\frac{7.5}{M}\right)^{2.56} \quad (54)$$

- **Idriss y Boulanger (2008)**

$$MSF = 6.9 \exp\left(\frac{-M}{4}\right) - 0.058 \quad (55)$$

$$MSF = 1 + (MSF_{max} - 1) \left(8.64e^{\left(\frac{-M}{4}\right)} - 1.325\right) \quad (56)$$

$$MSF_{max} = 1.09 + \left(\frac{N_{1,60cs}}{31.5}\right)^2 \quad (57)$$

- **Celtin (2004)**

$$MSF = \left(\frac{7.5}{M}\right)^{2.218} \quad (58)$$

Algunos autores propuestos por el NCEER (Reporte de 1997) son mostradas a continuación en la siguiente tabla:

Tabla 2

Valores de MSF de algunos autores propuestos por el NCEER

Magnitud, M	Seed e Idriss (1982)	Idriss (1995)	Ambraseys (1985)	Arango (1996)		Andrus y Stokoe (1997)
				Basado en la distancia	Basado en la cantidad de energía	
5.5	1.43	2.20	2.86	3.00	2.20	2.80
6.0	1.32	1.76	2.20	2.00	1.65	2.10
6.5	1.19	1.44	1.69	1.60	1.40	1.60
7.0	1.08	1.19	1.30	1.25	1.10	1.25
7.5	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
8.0	0.94	0.84	0.67	0.75	0.85	0.80
8.5	0.89	0.72	0.44			0.65

Nota: Se muestran los valores de MSF, utilizando diferentes magnitudes de sismo.

Ahora se presentará analíticamente los criterios mostrados por los diversos autores de la tabla 1:

- **Seed e Idriss (1982)**

$$MSF = 0.0067M^3 - 0.1062M^2 + 0.3114M + 1.8243 \quad (59)$$

- **Idriss (1995)**

$$MSF = 174.76M^{-2.565} \quad (60)$$

- **Ambraseys (1988)**

$$MSF = 0.1538M^2 - 2.9398M + 14.339 \quad (61)$$

- **Arango (1996) – Basado en la distancia de la fuente, con M entre 5.50 – 8.00**

$$MSF = -0.2111M^3 + 4.5857M^2 - 33.619M + 84.289 \quad (62)$$

- **Arango (1996) – Basado en la energía, con M entre 5.50 – 8.00**

$$MSF = -0.0741M^3 + 1.6857M^2 - 13.053M + 35.314 \quad (63)$$

- **Andrus y Stokoe (1997)**

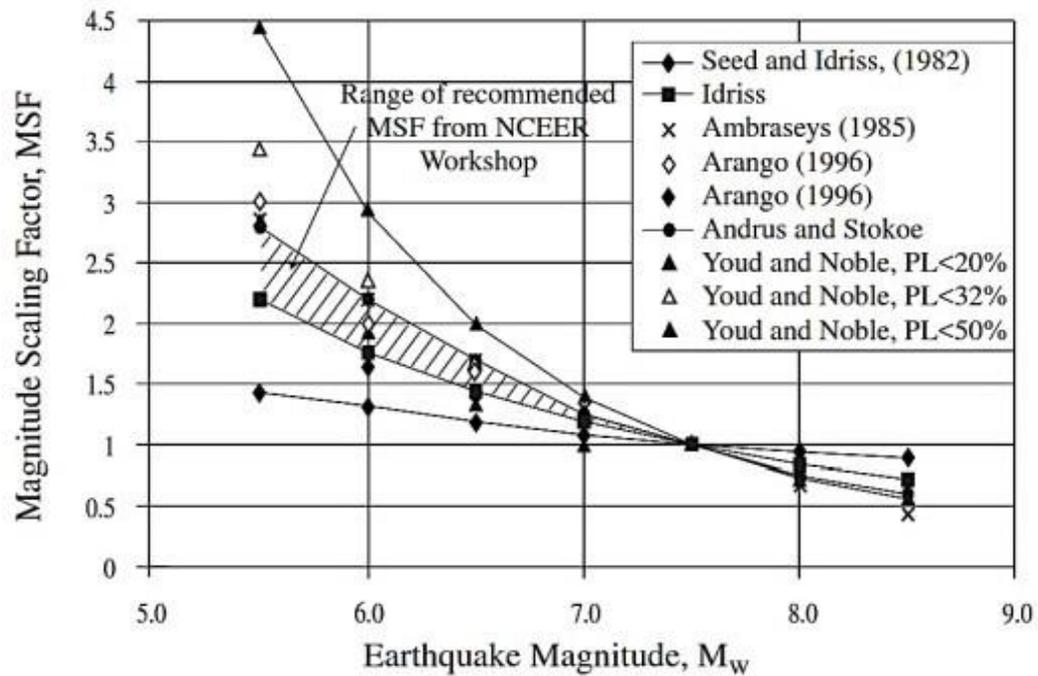
$$MSF = -0.0556M^3 + 1.3786M^2 - 11.725M + 34.829 \quad (64)$$

- **Seed e Idriss (1982)**

$$MSF = \frac{10^{2.24}}{M^{2.56}} \quad (65)$$

Figura 15

Factores de escala por magnitud de sismo obtenidos según varios autores



Nota: Adaptado De Andrus y Stokoe, 2000.

Adicionalmente, Boulanger e Idriss (2015) definen en base a las lecturas del SPT; con sus debidas correcciones, para estimación del mencionado parámetro:

$$MSF_{max} = 1.09 + \left(\frac{(N1)_{60-cs}}{31.5} \right)^2 \leq 2.2 \quad (66)$$

Donde:

MSF = Magnitud Scaling Factor.

M = Magnitud del Sismo.

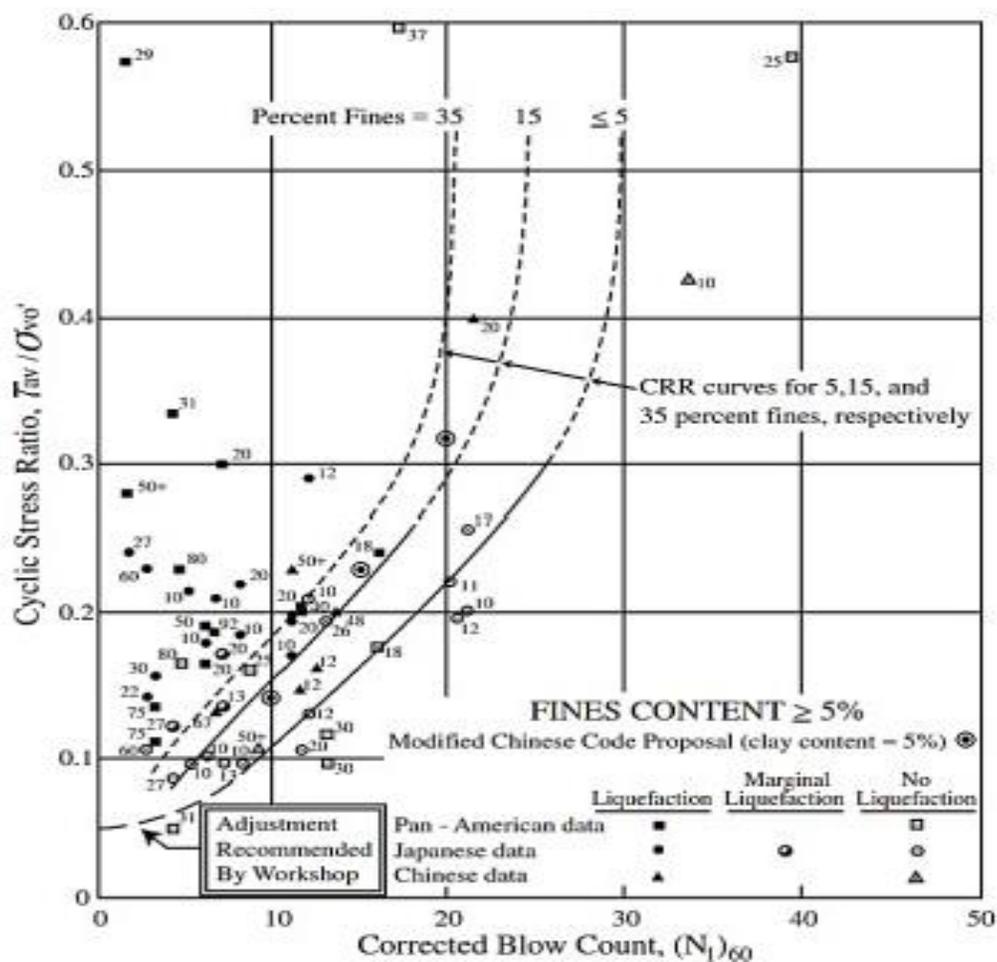
$(N1)_{60cs}$ = Corrección de $(N1)_{60}$ para equivalente a una arena limpia.

Relación de resistencia cíclica (CRR) a partir del SPT:

Según (NORMA TÉCNICA E.050 SUELOS Y CIMENTACIONES, 2018): Se define como el menor esfuerzo cortante cíclico resistente mínimo normalizado por la presión efectiva de tapada σ'_{vo} que produce licuación para un valor dado de $(N_1)_{60}$, el porcentaje de finos ($\% < 75 \mu m$) y para un valor de magnitud momento (M_w) igual a 7.5. (p.25)

Figura 16

Relación entre resistencia cíclica equivalente y el valor de SPT $(N_1)_{60}$ para un evento de magnitud de $M \approx 7.5$ para diferentes contenidos de finos



Nota: Adaptado de Seed et al., 1985.

- **Método de Youd et al. (2001)**

$$CRR_{7.5} = \frac{1}{34 - (N1)_{60cs}} + \frac{(N1)_{60cs}}{135} + \frac{50}{(10 * (N1)_{60cs} + 45)^2} - \frac{1}{200} \quad (67)$$

Donde:

$(N1)_{60cs}$ = Valor equivalente a arena limpia del número de golpes SPT corregido, el cual está relacionado tanto con el contenido de finos (% FC) y como el valor N_{60} corregido a un esfuerzo vertical de 100 kPa.

- **Metodo de Idris Y Boulanger (2003)**

$$CRR = \exp\left(\left(\frac{(N1)_{60-CS}}{14.1}\right) + \left(\frac{(N1)_{60-CS}}{126}\right)^2 + \left(\frac{(N1)_{60-CS}}{23.6}\right)^3 + \left(\frac{(N1)_{60-CS}}{25.4}\right)^4 - 2.8\right) \quad (68)$$

- **Metodo de Blake (1997)**

$$CRR_{7.5} = \frac{a + cx + ex^2 + gx^3}{1 + bx + dx^2 + fx^3 + hx^4} \quad (69)$$

Donde:

$$a = 0.048$$

$$f = -0.0003285$$

$$b = -0.1248$$

$$g = -1.673 \times 10^{-5}$$

$$c = -0.004721$$

$$h = 3.714 \times 10^{-6}$$

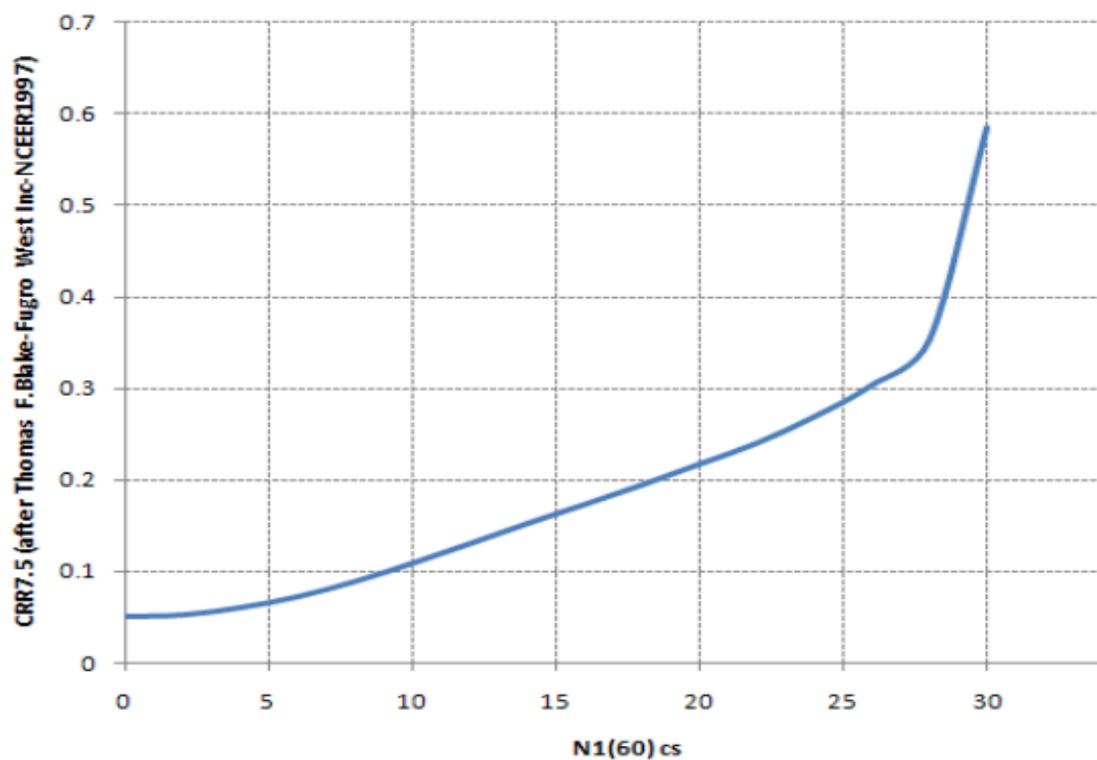
$$d = 0.009578$$

$$x = (N1)_{60}$$

$$e = 0.0006136$$

Figura 17

Correlación gráfica propuesta por Blake para la estimación del CSR



Nota: Adaptado de Blake (1997)

- **Fellenius (2016)**

$$CRR = \alpha_1 * e^{(\alpha_2 * (N1)_{60})} \quad (70)$$

Donde:

α_1 y α_2 = Factores dependientes del contenido de finos (FC)

Tabla 3Factores α_1 y α_2

Fines Content FC (%)	α_1	α_2
< 5	0.050	0.072
10	0.060	0.084
30	0.070	0.092

Nota: Adaptado de Fellenius, (2016) los valores α_1 y α_2 son coeficientes que dependen del contenido de finos para hallar el CRR propuesto por el autor.

- **Juang et al. (2000)**

$$CRR_{7.5} = 0.829 * \left(\frac{(N1)_{60-CS}}{35} \right) + \frac{0.739}{(35 - (N1)_{60-CS})^{0.1}} - 0.485 \quad (71)$$

- **Método propuesto por el Código Japonés para Puentes**

$$CRR_{M=7.5, \sigma=1} = 0.0882 * \sqrt{\frac{(N1)_{60CS}}{\sigma'_v + 0.7}} + 0.255 \log\left(\frac{0.35}{D_{50}}\right) + R_3, 0.05 \text{ mm} \leq D_{50} < 0.6 \text{ mm}$$

$$CRR_{M=7.5, \sigma=1} = 0.0882 * \sqrt{\frac{(N1)_{60CS}}{\sigma'_v + 0.7}} - 0.5, 0.06 \text{ mm} \leq D_{50} < 2 \text{ mm} \quad (73)$$

Donde:

D_{50} = Tamaño medio del grano, en mm

$R_3 = 0$, si $FC < 40\%$

$R_3 = 0.004 FC - 0.16$ si $FC > 40\%$

σ_v = Esfuerzo efectivo en sitio, kg/cm²

- **Método propuesto por Ishihara (1990) – Método chino**

$$CRR = \frac{1}{1000} (9.5 N_{60} + 0.466 N_{60}^2) \quad (74)$$

Donde:

N_{60} = Corrección de numero de golpes SPT

$$N_{60} = C_N \times N \quad (75)$$

N = Numero de Golpes.

C_N = Factor de Corrección.

$$C_N = \frac{1.7}{\sigma'_v + 0.7} \quad (76)$$

σ_v = Esfuerzo efectivo en sitio, en kg/cm²

- **Método propuesto por Tokimatsu y Yoshimi (1983)**

$$CRR = a * C_r \left(\frac{16\sqrt{N_{1,60} + \Delta N_f}}{100} + \left(\frac{16\sqrt{N_{1,60} + \Delta N_f}}{C_s} \right) \right) \quad (77)$$

Donde:

$a = 0.45$

$C_r = 0.57$

$N_{1,60}$ = Numero de golpes normalizado a 100 kPa.

$\Delta N_f = 0$ para arenas limpias y 5 para arenas limosas.

C_s = Constante empírica que depende de la amplitud de deformación a corte.

Ensayo triaxial cíclico (amplitud 1,00%)

$$C_s = 97 - 19 \log(2\gamma) \quad (78)$$

Ensayo de corte directo cíclico (amplitud 0,1% - 1,00%)

$$C_s = 94 - 19 \log(\gamma) \quad (79)$$

Corrección de $(N1)_{60}$, para equivalente a una arena limpia $(N1)_{60CS}$:

Robertson y Wride (1997) sugieren corregir $(N1)_{60}$ a su equivalente $(N1)_{60CS}$ empleando el siguiente factor de corrección, esta recomendación es para suelos con finos no plásticos ($IP \leq 5\%$).

$$(N1)_{60CS} = K_S * (N1)_{60} \quad (80)$$

$$K_S = 1 + \left(\left(\frac{0.75}{30} \right) * (FC - 5) \right) \quad (81)$$

Idriss y Seed recomiendan para corregir por finos las siguientes expresiones:

$$(N1)_{60CS} = \alpha + \beta * (N1)_{60} \quad (82)$$

$$\alpha = 0 \quad \text{for } FC \leq 5\%$$

$$\alpha = \exp \left(1.76 - \left(\frac{190}{FC^2} \right) \right) \quad \text{for } 5\% < FC < 35\%$$

$$\alpha = 5.0 \quad \text{for } FC \geq 35\%$$

$$\beta = 1.0 \quad \text{for } FC \leq 5\%$$

$$\beta = \left(0.99 + \left(\frac{FC^{1.5}}{1000} \right) \right) \quad \text{for } 5\% < FC \leq 35\%$$

$$\beta = 1.2 \quad \text{for } FC \geq 35\%$$

Dewoolkar et al. (2015); en base a la densidad relativa de la arena en estudio, propuso la siguiente correlación:

$$(N1)_{60CS} = 46 * \left(\frac{D_r}{100} \right)^2 \quad (83)$$

Donde:

$(N_1)_{60CS}$ = Corrección de $(N_1)_{60}$ para equivalente a una arena limpia.

D_r = Densidad relativa de la arena expresada en razón de porcentaje.

A continuación, Seed (1987) presenta la siguiente correlación para la corrección de $(N_1)_{60}$ para el equivalente a una arena limpia $(N_1)_{60CS}$

$$(N_1)_{60CS} = (N_1)_{60} + \Delta(N_1)_{60} \quad (84)$$

Donde:

$(N_1)_{60CS}$ = Corrección de $(N_1)_{60}$ para el equivalente a una arena limpia.

$\Delta(N_1)_{60CS}$ = Factor de corrección de acuerdo al contenido de finos.

Tabla 4

Ajustes por contenido de finos

Contenido de Finos (%)	$\Delta(N_1)_{60}$
0	0
10	1
25	2
50	4
75	5

Nota: Adaptado de Seed, 1987.

Cetin et al. (2004), define otro método para la determinación del mencionado parámetro, tomando en cuenta también el contenido de finos (CF):

$$(N_1)_{60CS} = (N_1)_{60} * FC \quad (85)$$

Donde:

$(N_1)_{60CS}$ = Corrección de $(N_1)_{60}$ para el equivalente a una arena limpia.

$(N_1)_{60}$ = Valor de N_{60} corregido a un esfuerzo vertical (100 kPa).

FC = Corrección por finos.

Es de hacer notar que la corrección por contenido de finos de la anterior ecuación (Cetin et al., 2004), es determinado de la siguiente manera:

$$FC = (1 + 0.004CF) + 0.05 * \left(\frac{CF}{(N1)_{60}} \right) \quad (86)$$

Donde:

FC = Corrección por finos.

$(N1)_{60}$ = Valor de N_{60} corregido a un esfuerzo vertical (100 kPa)

CF = Contenido de finos, en %, en donde:

$$CF \leq 5.0 \%, CF = 0$$

$$CF \geq 35 \%, CF = 35\%$$

Stark y Mesri (1992) sugieren la siguiente relación:

$$(N1)_{60CS} = (N1)_{60} + N_{corr} \quad (87)$$

Donde:

$(N1)_{60CS}$ = Corrección de $(N1)_{60}$ para el equivalente a una arena limpia

$(N1)_{60}$ = Valor de N_{60} corregido a un esfuerzo vertical (100 kPa)

N_{corr} = Corrección por finos.

Tabla 5*Corrección por finos.*

% Finos	N_{corr}
0	0
10	2.5
15	4
20	5
25	6
30	6.5
35	7
50	7
75	7

Nota: Adaptado de Stark y Mesri (1992)

Existen muchos factores adicionales al contenido de finos y características granulométricas que influyen los resultados del SPT, la siguiente expresión incorpora estas correcciones:

$$(N1)_{60} = N_m * C_N * C_E * C_B * C_R * C_S \quad (88)$$

Donde:

N_m = Número de golpes medido (golpes/30cm).

C_N = Factor de normalización a presión de sobrecarga de referencia.

C_E = Factor de corrección por relación energía del martillo (ER).

C_B = Factor de corrección por diámetro de la perforación.

C_R = Factor de corrección por longitud de barra.

C_S = Factor de corrección por la presencia de revestimiento.

Factor de corrección por sobrecarga (C_N). Debido a que el valor SPT varia con la presión efectiva, se debe aplicar un factor de corrección de sobrecarga. Este factor se calcula comúnmente con la siguiente expresión (Ishihara, 1993):

$$C_N = \frac{1.7}{0.7 + \frac{\sigma'_v}{98}} \quad (89)$$

También podemos usar otras fórmulas propuestas por otros autores las cuales se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 6

Factor de corrección C_N propuesta por varios autores

Autor	Factor de corrección C_N	Unidades de σ'_v
Gibbs y Holtz, 1957	$C_N = \frac{50}{10 + \sigma'_o}$	psi
Tokimatsu y Yoshimi (1983)	$C_N = \frac{1.7}{0.7 + \sigma'_v}$	kPa
Peck y Bazzarra, 1969	$C_N = \frac{4}{1 + 2 * \sigma'_o} \quad (\text{para } \sigma'_o \leq 1.5)$	kpsf
	$C_N = \frac{4}{3.25 + 0.5 * \sigma'_o} \quad (\text{para } \sigma'_o > 1.5)$	kpsf
Peck, Hanzon y Thornbum, 1974	$C_N = 0.77 * \log\left(\frac{20}{\sigma'_o}\right)$	Kg/cm2
Seed, 1976	$C_N = 1 - 1.25 * \log\left(\frac{\sigma'_o}{98.07}\right)$	kPa
Liao y Whitman, 1986	$C_N = \sqrt{\frac{98.07}{\sigma'_o}}$	kPa
Samson et al., 1986	$C_N = \sqrt{\frac{95.76}{\sigma'_o}}$	KPa
Clayton (1993)	$C_N = \left(\frac{143}{43 + \sigma'_v}\right)$	kPa

Skempton (1986)	$C_N = \left(\frac{2}{1 + \sigma'_{V'}} \right) * 98.0665$	kPa
Robertson et al. (2000)	$C_N = \left(\frac{\sigma'_{V'}}{\sigma_{atm}} \right)^{-0.5}$	kPa

Nota: Adaptado de Seed et al, 2003.

Factor de corrección por energía del martillo (C_E). Es el porcentaje de la energía de impacto teórico del martillo SPT que realmente es transmitida al muestreador.

Tabla 7

Eficiencia del martillo recomendada por tipo de martillo (EEUU)

Equipo	Relación de energía aproximada	CE
Martillo de seguridad (1)	0.4 a 0.75	0.7 a 1.2
Martillo tipo dona (1)	0.3 a 0.6	0.5 a 1.0
Martillo tipo dona (2)	0.7 a 0.85	1.1 a 1.4
Martillo automático	0.5 a 0.80	0.8 a 1.4

Nota: Adaptado de Seed et al, 2003.

Factor de corrección de la penetración (C_B). Esta corrección, aunque puede ser utilizada para cualquier ensayo realizado, es aconsejable principalmente para suelos granulares, ya que la influencia del diámetro de la perforación tiende a ser despreciable en suelos cohesivos. En la tabla se resumen este tipo de correcciones:

Tabla 8*Corrección por diámetro de la perforación.*

Diámetro de perforación	Factor de corrección
60 – 120 mm	1
150 mm	1.05
200 mm	1.15

Nota: Adaptado de Devincenzi y Frank, 2004.

Factor de corrección por longitud de barra (C_R). La longitud de las barras o varillas afectan o inciden en el valor de N, debido a que el peso de éstas aumenta con la profundidad al añadirse varillaje suplementario:

Tabla 9*Corrección por longitud de las barras o varillas.*

Longitud de varillaje	Factor de corrección
> 10 m	1
6 a 10 m	0.95
4 a 6 m	0.85
< 4 m	0.75

Nota: Valores recomendados por Youd et al, 2001 y aceptados por la National Center for Earthquake Engineering Reseach. Obtenido de Devincenzi y Frank, 2004.

Factor de corrección por revestimiento (C_s). El muestreador estándar o normalizado debe poseer un diámetro interno constante de 35 mm (1 3/8") incluyendo el tubo porta muestras. Cuando no se emplea un porta muestras interno, el diámetro interior del muestreador es de 38 mm (1 1/2"). Para este último caso, la fricción desarrollada por el suelo contra la pared interior del muestreador disminuye.

Tabla 10*Corrección por diámetro del muestreador.*

Condición	Factor de corrección
Con tubo muestreador	1
Sin tubo muestreador	1.1 – 1.2

*Nota: Adaptado de Devincenzi y Frank, 2004.****Densidad relativa en arenas, D_r (%):***

La densidad de un suelo granular está relacionado a veces con la densidad relativa del suelo. A mayor porcentaje del mismo, aumenta la compactación del suelo en estudio.

Tabla 11*Densidad Relativa en Suelos granulares.*

Densidad Relativa (%)	Descripción
0 - 20	Muy Suelto
20 - 40	Suelto
40 – 60	Medianamente Denso
60 – 80	Denso
80 - 100	Muy Denso

Nota: Adaptado de (Das, 2011). El porcentaje de densidad determina el grado de compactación del suelo.

A continuación, se presentará algunas fórmulas en donde se relaciona la densidad relativa con el número de golpes SPT.

- **Arenas Normalmente consolidadas (Gibbs y Holtz, 1957)**

$$D_r(\%) = \left(\frac{N}{17 + 24 \left(\frac{\sigma'_v}{98} \right)} \right) \quad (90)$$

- **Arenas cuarcíticas normalmente consolidadas (Meyerhof, 1956)**

$$D_r(\%) = \sqrt{\frac{N}{0.234\sigma'_v + 16}} * 100 \quad (91)$$

- **Arenas finas (Kokusho et al., 1965)**

$$D_r(\%) = 36 \left(\frac{N}{\left(\frac{\sigma'_v}{98} \right) + 1.5} \right)^{0.37} \quad (92)$$

- **Arenas gruesas densas (Peck y Bazaara, 1969)**

$$D_r(\%) = \sqrt{\frac{N}{22 + (0.733\sigma'_v)}} * 100 \quad \text{Para } \sigma'_v \leq 75kPa \quad (93)$$

$$D_r(\%) = \sqrt{\frac{N}{66 + (0.193\sigma'_v)}} * 100 \quad \text{Para } \sigma'_v \geq 75kPa \quad (94)$$

- **Arenas normalmente consolidadas (Skempton, 1986)**

$$D_r(\%) = \sqrt{\frac{N_{60}}{30 + (0.30\sigma'_v)}} * 100 \quad (95)$$

- **Arenas (Hatanaka y Feng, 2006)**

$$D_r(\%) = 1.55N + 40 \quad \text{Para } 0 \leq N \leq 25 \quad (96)$$

$$D_r(\%) = 0.84N + 57.8 \quad \text{Para } 25 \leq N \leq 50 \quad (97)$$

- **Arenas (Idriss y Boulanger, 2003)**

$$D_r(\%) = \left(\sqrt{\frac{N_{1,60}}{46}} \right) * 100 \quad (98)$$

- **Arenas (Kibria y Masood, 1998)**

$$D_r(\%) = (16.5\sqrt{N_{1,60}}) \quad (99)$$

- **Ishihara (1979)**

$$D_r(\%) = 0.9 * (N_{1,60} + 14 + 6.51\log_{10}(FC)) \quad (100)$$

- **Tatsuoka et al. (1980)**

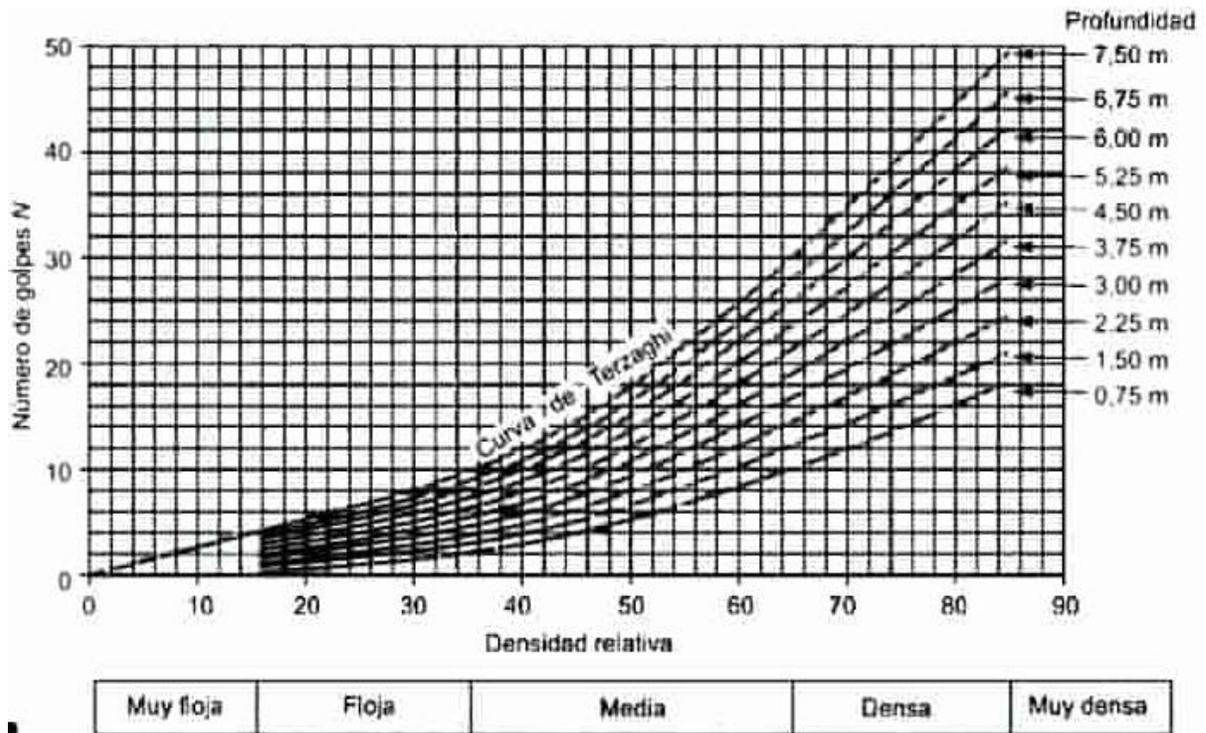
$$D_r(\%) = 0.9 * (N_{1,60} + 14 + 6.51\log_{10}(FC)) \quad (101)$$

- Ishihara, Yasuda y Yokota (1981)

$$D_r(\%) = (0.0676 \sqrt{N_{1,60}}) + 0.085 \log_{10} \left(\frac{0.5}{D_{50}} \right) \quad (102)$$

Figura 18

Interpretación de Datos SPT, teniendo en cuenta la profundidad



Nota: Adaptado de (Thombum, 1963)

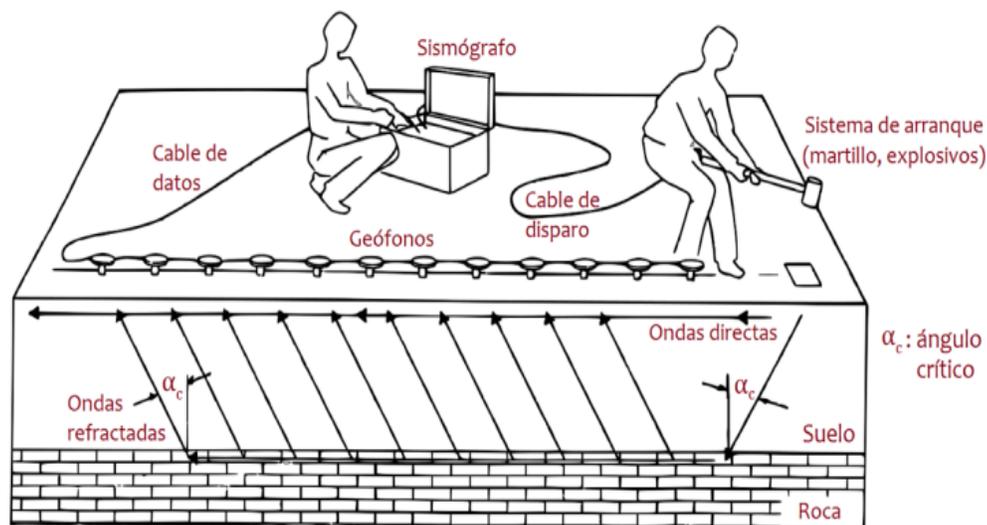
Relación de resistencia cíclica (CRR) a partir del V_s :

La velocidad de propagación de las ondas elásticas al atravesar la roca o suelo depende de la densidad y de las propiedades elásticas del material, y su medida aporta información sobre algunas características.

Varios tipos de técnicas de exploración geofísica permiten efectuar una evaluación rápida de las características del subsuelo.

Figura 19

Distribución en campo de los geófonos en el ensayo de refracción sísmica

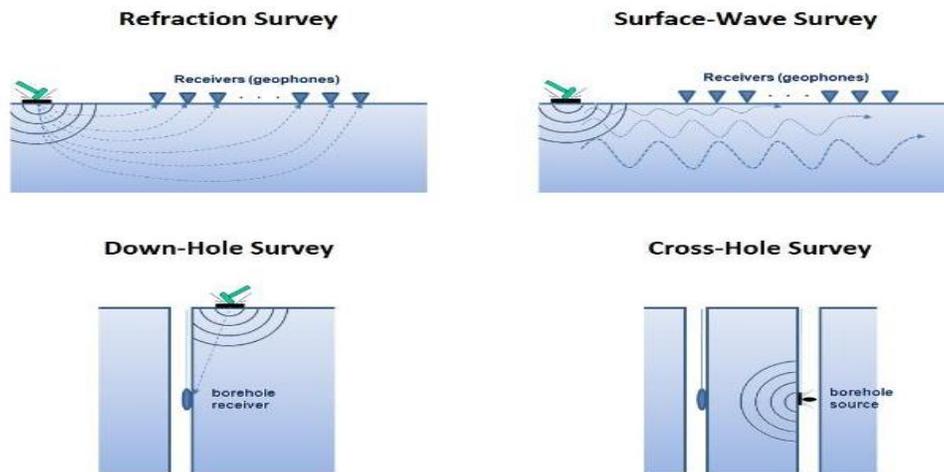


Nota: Adaptado de ASTM D5777 (2011).

La velocidad onda de corte (V_s) se puede medir a través de varios enfoques: levantamiento tanto de ondas de superficie como de refracción, fondo de pozo (Downhole) y pozo cruzado (Crosshole) y medición de laboratorio (Bender elements). Los dos primeros son métodos in situ no destructivos, mientras que los otros requieren la preparación de pozos. y algunos procedimientos adicionales de medición previa.

Figura 20

Métodos para hallar la velocidad de onda de corte in situ.



Nota: Adaptado de Masw (2018)

Al igual que los anteriores casos, se puede determinar dicho parámetro derivado de correlaciones con respecto al SPT.

- **Arenas (Schmertmann, 1978)**

$$V_s \left(\frac{m}{s} \right) = 15N \quad (103)$$

- **Arenas Finas (Yoshida et al., 1988)**

$$V_s \left(\frac{m}{s} \right) = 49N^{0.25}(\sigma'_v)^{0.14} \quad (104)$$

- **Todo tipo de suelos (Imai y Yoshimura, 1970)**

$$V_s \left(\frac{m}{s} \right) = 76N^{0.39} \quad (105)$$

- **Arenas (Dickensen, 1994)**

$$V_s \left(\frac{m}{s} \right) = 88.4(N + 1)^{0.30} \quad (106)$$

- **Todo tipo de suelo (Dickmen, 2009)**

$$V_s \left(\frac{m}{s} \right) = 58N^{0.39} \quad (107)$$

- **Arenas (Lee, 1990)**

$$V_s \left(\frac{m}{s} \right) = 57N^{0.49} \quad (108)$$

- **Arenas limpias (Andrus y Stokoe, 2000)**

$$V_s \left(\frac{m}{s} \right) = 93.2N_{1,60}^{0.231} \quad (109)$$

- **Arenas (Shibata, 1970)**

$$V_s \left(\frac{m}{s} \right) = 31.7N^{0.54} \quad (110)$$

- **Arenas (Ohta et al., 1972)**

$$V_s \left(\frac{m}{s} \right) = 87.2N^{0.36} \quad (111)$$

- **Arenas (Imai, 1977)**

$$V_s \left(\frac{m}{s} \right) = 80.6N^{0.331} \quad (112)$$

- Arenas (Sykora y Stokoe, 1983)

$$V_S \left(\frac{m}{s} \right) = 100.5N^{0.29} \quad (113)$$

- Arenas (Okamoto et al., 1989)

$$V_S \left(\frac{m}{s} \right) = 125N^{0.30} \quad (114)$$

La corrección del V_S se realiza para considerar los esfuerzos geo estáticos del subsuelo. Método de Sykora (1987), Kayen et al. (1992), Robertson et al. (1992):

$$V_{S1} = V_S * \left(\frac{P_a}{\sigma'_v} \right) \quad (115)$$

Donde:

V_{S1} = Velocidad de onda cortante corregida por los esfuerzos geostáticos

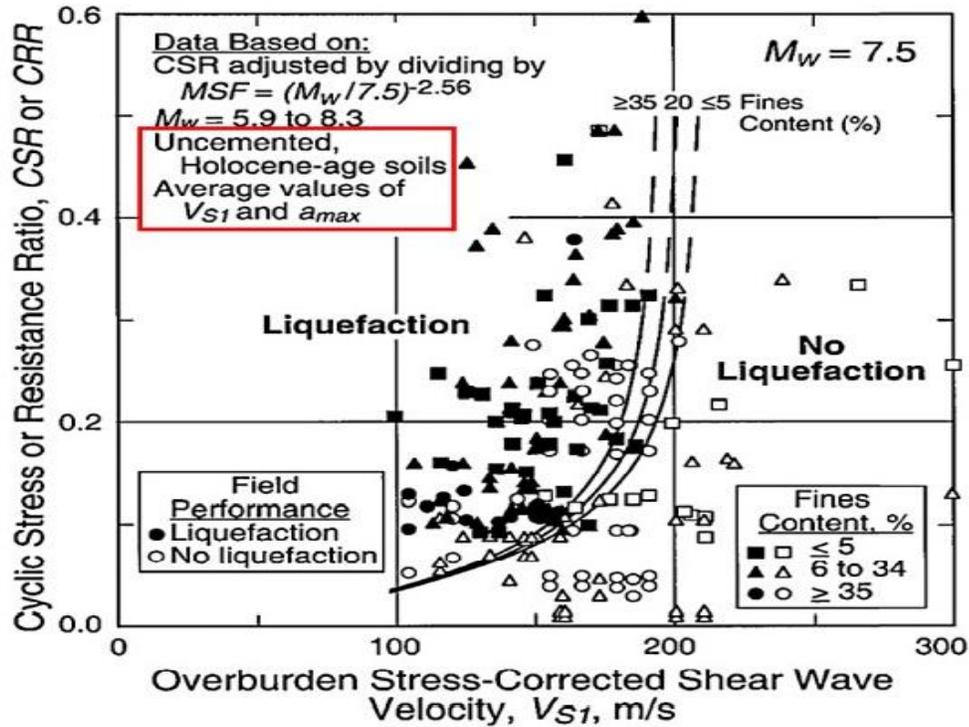
P_a = Presión atmosférica (1 atm) o 100 kPa

σ'_v = Esfuerzo efectivo en el sitio de la medición de V_S .

En la figura a continuación, se están relacionando el CRR y V_{S1} . La curva que fue determinada en laboratorio, a través de distintas pruebas triaxiales aplicadas a diversos tipos de arenas que presenten un porcentaje menor al 10% de finos y 15 ciclos de carga. (Tokimatsu, Uchida, 1990)

Figura 21

Cuadro para evaluación del potencial de licuefacción para arenas, limos y gravas basado en la velocidad de onda de corte



Nota: Adaptado de Andrus y Stokoe, 2000.

Además, Andrus y Stokoe (1997) sugieren la relación $CRR=f(V_{s1})$:

$$CRR = \left(a * \left(\frac{V_{s1}}{100} \right)^2 + b \left(\frac{1}{(V_{s1}^* - V_{s1})} - \frac{1}{V_{s1}^*} \right) \right) * MSF \quad (116)$$

$$V_{s1}^* = 215 \text{ m/s} \quad \text{for } FC \leq 5\%$$

$$V_{s1}^* = 215 - 0.5 * (FC - 5) \frac{m}{s} \quad \text{for } 5\% < FC < 35\%$$

$$V_{s1}^* = 200 \text{ m/s} \quad \text{for } FC \geq 35\%$$

$$MSF = \left(\frac{M_w}{7.5} \right)^{-2.56} \quad (117)$$

Donde:

a, b = Los parámetros de ajuste de la curva = 0.022, 2.8 respectivamente.

FC = Contenido de finos.

M_w = Magnitud del sismo.

MSF = Factor de escala por magnitud de sismo.

- **Método de Andrus (2004)**

$$CRR_{7.5} = 0.022 \left(\frac{V_{S1CS}}{100} \right)^2 + 2.8 \left(\frac{1}{215 - V_{S1CS}} - \frac{1}{215} \right) \quad (118)$$

Donde:

V_{S1CS} = Velocidad de onda de corte normalizada equivalente a una arena limpia en m/s

$$V_{S1CS} = K_{fc} * V_{S1} \quad (119)$$

$$K_{fc} = 1, \text{ Si } FC \leq 5\%$$

$$K_{fc} = 1 + T(FC - 5), \text{ Si } 5 < FC < 35\%$$

$$K_{fc} = 1 + 30T, \text{ Si } FC \geq 35\%$$

$$T = 0.009 - 0.0109 \left(\frac{V_{S1}}{100} \right) + 0.0038 \left(\frac{V_{S1}}{100} \right)^2 \quad (120)$$

- **Método NCEER (1997)**

$$CRR_{7.5} = a \left(\frac{V_{S1}}{100} \right)^2 + \frac{b}{V_{S1C} - V_{S1}} - \frac{b}{V_{S1C}} \quad (121)$$

Donde:

a = 0.03

b = 0.9

V_{s1CS} = Velocidad de onda de corte normalizada equivalente a una arena limpia en m/s

$$V_{s1CS} = 220, \text{ Para } FC < 5\%$$

$$V_{s1CS} = 210, \text{ Para } FC < 35\%$$

$$V_{s1CS} = 200, \text{ Para otros valores de } FC$$

- **Método de Robertson (2009)**

$$CRR = 93 \left(\left(\frac{K_c}{\alpha_{VS}} \right) \left(\frac{V_{s1}^2}{1,000} \right) \right)^3 + 0.08 \quad (122)$$

Arenas limpias ($FC < 5\%$) – ($I_c = 1.60, \sigma'_{VS} = 363.08, K_c = 1.07$)

Arenas limosas ($FC 5\% - 35\%$) – ($I_c = 2.60, \sigma'_{VS} = 1288.25, K_c = 3.43$)

- **Ahmadi et al. (2014)**

$$CRR = (6.2 * 10^{-6} * \rho V_{s1}^2)^{1.92} \quad (123)$$

$$CRR = (7.6 * 10^{-6} * \rho V_{s1}^2)^{2.07} \quad (124)$$

Donde:

ρ = peso unitario del suelo, en gr/cm³.

V_{s1} = Velocidad de onda de corte normalizada en m/s.

Probabilidad de licuefacción (PL):

Vessia y Venisti (2011) proponen un método para calcular la probabilidad de licuación $P(L)$ enfocada en el valor del FSL obtenido del análisis determinístico. Este enfoque, fue desarrollado inicialmente por Juang et al. (2002), y se expresa de la siguiente manera:

$$P(L) = \frac{1}{1 + \left(\frac{FSL}{1.05}\right)^{3.8}} \quad (125)$$

Tabla 12

Valores de severidad de licuación según $P(L)$.

Licuación	PL
Alta	> 50%
Moderada	$10\% \leq PL \leq 50\%$
Baja	$5\% < PL \leq 10\%$
Muy baja	< 5%

Nota: Adaptado de Norma Técnica Peruana E 0.50.

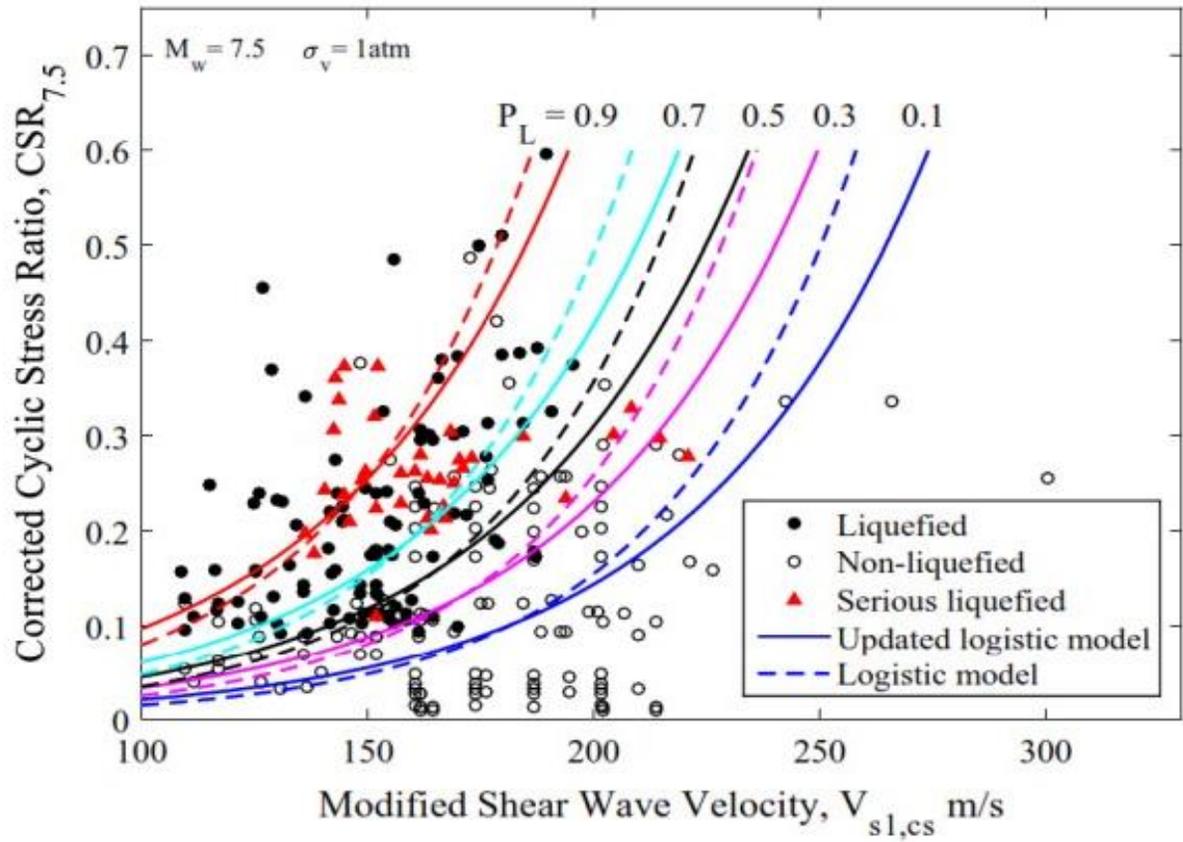
Probabilidad de licuefacción (PL) a partir del V_{s1} .

Shen et al. (2016) desarrollaron un método probabilístico en el cual la probabilidad de licuación, PL, se relaciona con la velocidad de onda de corte V_{s1}^* , corregida por presión de sobrecarga y contenido de finos, y un $CSR_{7.5}$ para un evento de magnitud 7.5. De los muchos modelos propuestos el siguiente es el más conveniente:

$$PL = (1 + \exp(-14.3931 + 0.0552 * V_{s1}^* - 2.8628 \ln(CSR_{7.5})))^{-1} \quad (126)$$

Figura 22

Cuadro de resistencia a la licuación para un modelo actualizado logístico para una base de datos combinada..



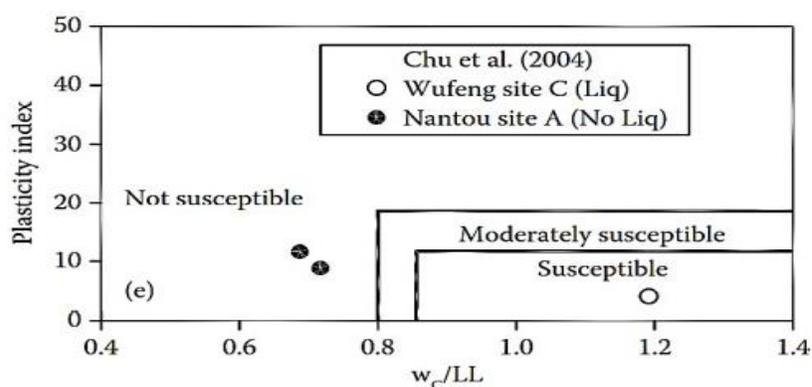
Nota: Adaptado de Shen et al., 2016

Potencial de licuefacción en suelos finos:

En general, los suelos finos son más resistentes a licuar que los de grano grueso. En la mayoría de los casos un suelo con $IP > 20$ no licuará, debido a su tendencia a dilatar. Sin embargo, es susceptible a un “ablandamiento” y consecuentemente la reducción de resistencia y rigidez por el incremento de presión de poros.

Figura 23

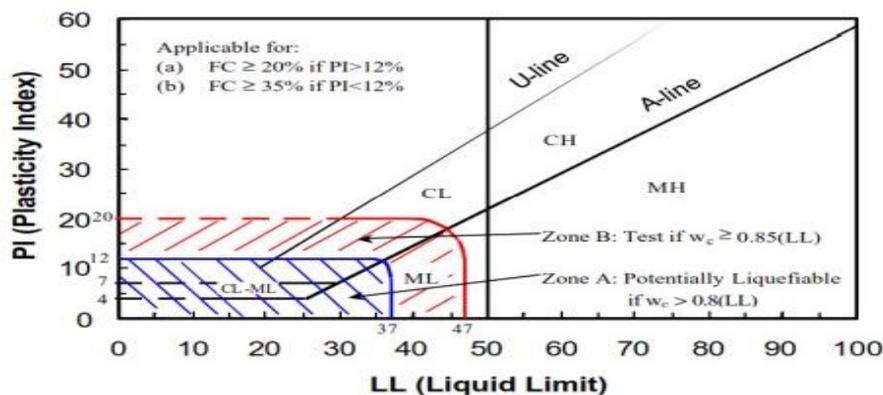
Susceptibilidad de licuación de suelo finos – Bray y sancio.



Nota: Adaptado de Bray, y Sancio, (2006).

Figura 24

Susceptibilidad de licuación de suelo finos - Seed et al.



Nota: Adaptado de Seed et al., 2003.

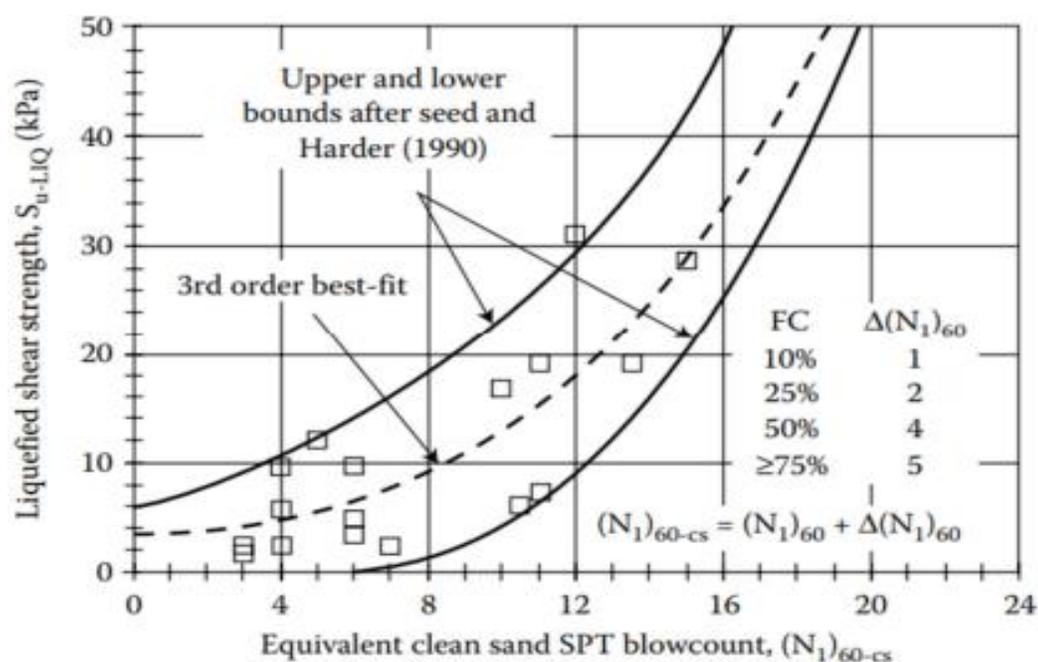
Esfuerzo de corte post-licuefacción, S_{u-liq} (kPa):

Para aplicaciones prácticas, se ha convertido en costumbre relacionar la post-licuefacción o resistencia residual de una arena con el valor SPT corregido por finos, $(N_1)_{60cs}$. No obstante, en algunos casos toma en cuenta el número de golpes SPT normalizado $(N_1)_{60}$

Esta correlación se obtiene derivada del cálculo retrospectivo de los deslizamientos de flujo observados. Los más empleados relación es la desarrollada inicialmente por Seed y Harder (1990), y que se muestra en a continuación:

Figura 25

Resistencia del suelo licuado vs el número de golpes SPT corregido.



Nota: Adaptado de (Seed et al., 1990).

En este orden de ideas, Lumbantoruan (2005) derivó la siguiente expresión para la resistencia del suelo licuado (S_{u-liq}):

$$S_{u-liq}(kPa) = 0.0050(N_{1_{60CS}})^3 + 0.02777(N_{1_{60CS}})^2 + 0.1697(N_{1_{60CS}}) + 3.3376 \quad (127)$$

Donde:

S_{u-liq} = Resistencia post-licuefacción, en kPa.

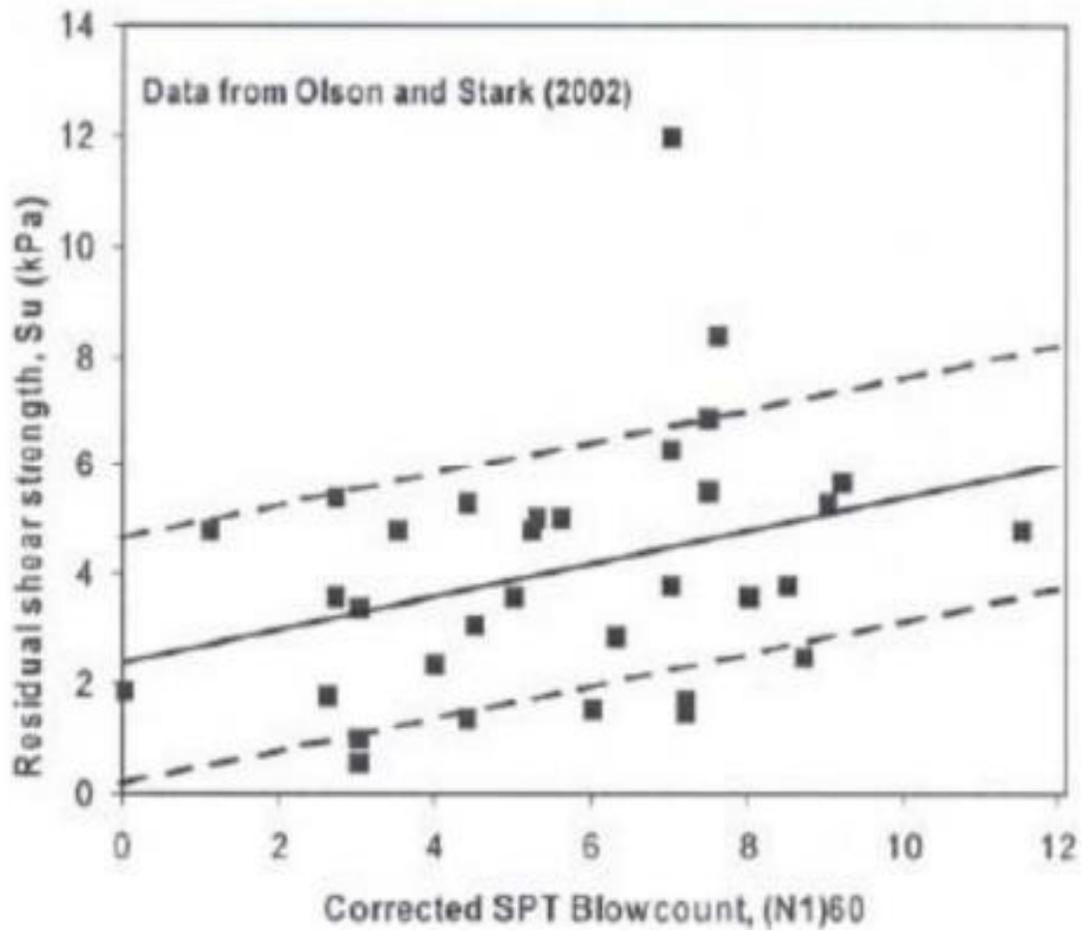
N_{160CS} = Corrección de N_{160} para el equivalente a una arena limpia.

Olson y Stark (2002), presentaron la siguiente relación en donde toma en cuenta el número de golpes SPT normalizado a 100 kPa (N_{160})

$$S_{u-liq}(kPa) = 0.2973(N_{160}) + 2.3967 \quad (128)$$

Figura 26

Relación de golpes SPT vs Resistencia post-licuefacción S_{u-liq} .



Nota: Adaptado de Olson and Stark (2002).

- **Gutiérrez y Eddy (2011)**

$$S_{u-liq}(kPa) = 0.87(N1_{60CS}) + 0.1(N1_{60CS})^2 \quad (129)$$

- **Olson (2001)**

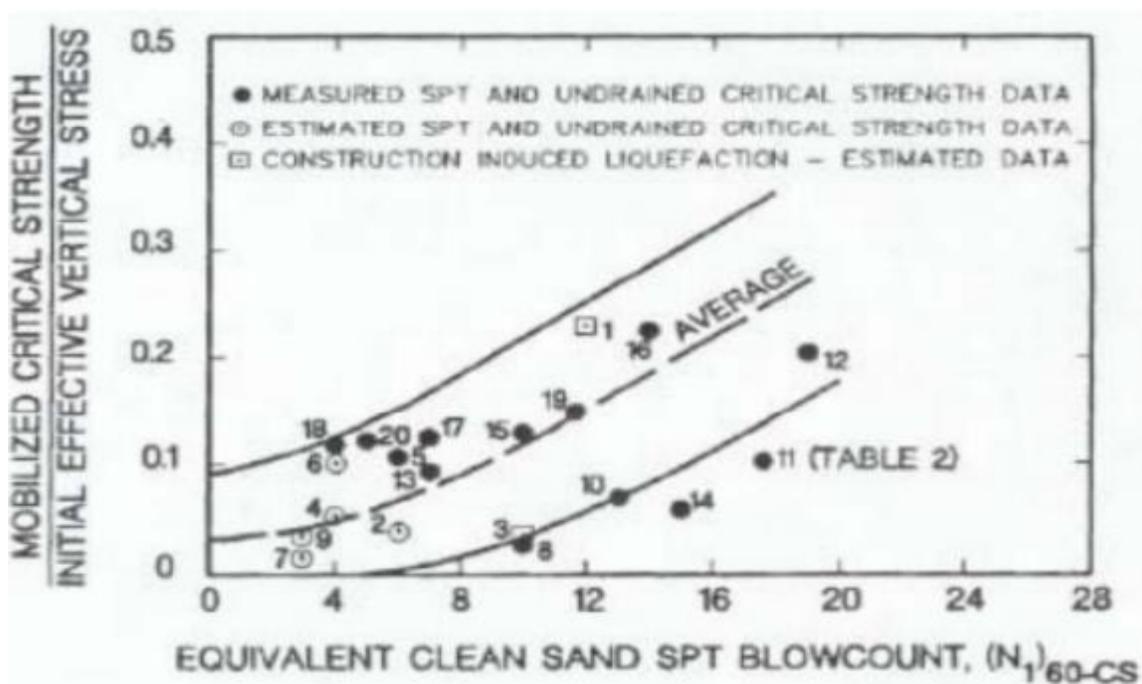
$$S_{u-liq}(kPa) = 0.2 + 0.0066(N1_{60}) + \sigma_V \quad (130)$$

- **Mesri (2007)**

$$S_{u-liq}(kPa) = 0.05 + 0.006(N1_{60}) + \sigma_V \quad (131)$$

Figura 27

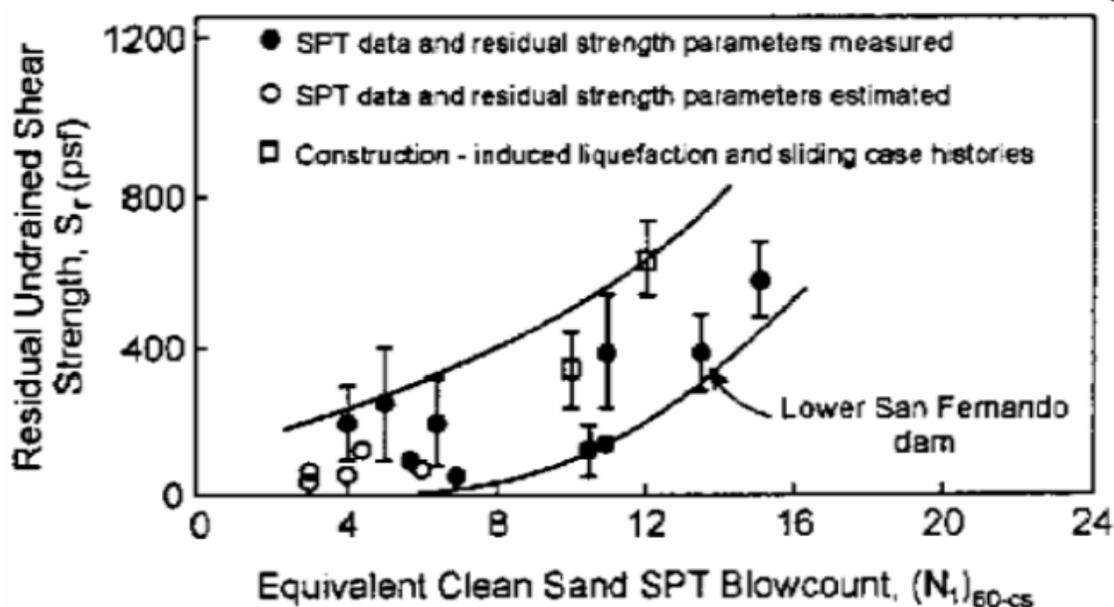
Relación $(N1)_{60CS}$ y la resistencia post-licuefacción.



Nota: Adaptado de (Stark y Mesri, 1992).

Figura 28

Relación $(N_1)_{60CS}$ y la resistencia post-licuefacción.



Nota: Adaptado de (Seed y Harder, 1990).

Normalización de la resistencia al corte postlicuefacción, S_{u-liq} (kPa):

En el campo de la ingeniería geotécnica, se emplea comúnmente el término "resistencia normalizada" para suelos cohesivos (Ladd y Foott, 1974). El beneficio principal de este concepto es que permite la determinación de la resistencia residual a partir de los esfuerzos efectivos iniciales, los cuales son más sencillos de medir que la relación de vacíos inicial.

Vásquez-Herrera y otros autores (1990) realizaron experimentos con muestras de arenas limosas reconstituidas y calcularon un valor de $S_r/\sigma'_0 = 0,12$. Por otro lado, Byrne y sus colaboradores (1993) encontraron un valor de $S_r/\sigma'_0 = 0,21$ para arenas.

Siguiendo con lo anterior, Stark y Mesri (1992) propusieron la siguiente correlación en donde se estima la relación de resistencia residual con el número de golpes SPT.

$$\frac{S_r}{\sigma'_{v0}} = 0.0055(N1)_{60CS} \quad (132)$$

Donde:

S_r / σ'_{v0} = Relación de resistencia post-licuefacción, adimensional.

$(N1)_{60CS}$ = Corrección de $(N1)_{60}$ para equivalente a arena limpia.

Adicionalmente, Olson y Stark (2002) propusieron la siguiente correlación en donde se estima la relación de resistencia residual con el número de golpes SPT.

$$\frac{S_r}{\sigma'_{v0}} = 0.03 + 0.0075(N1)_{60} \quad (133)$$

Idriss y Boulanger (2007) propusieron la siguiente correlación en donde se estima la relación de resistencia residual con el número de golpes SPT.

$$\frac{S_r}{\sigma'_{v0}} = \exp\left(\frac{(N1)_{60CS}}{16} + \left(\frac{(N1)_{60CS} - 16}{21.2}\right)^3 - 3.0\right) * \left(1 + \beta \exp\left(\frac{(N1)_{60CS}}{2.4} - 6.6\right)\right)$$

Donde:

S_r / σ'_{v0} = Relación de resistencia post-licuefacción, adimensional.

$(N1)_{60CS}$ = Corrección de $(N1)_{60}$ para equivalente a arena limpia.

$\beta = 0$ o 1 cuando la redistribución de la relación de vacíos es tomada en cuenta o insignificante, respectivamente.

2.2.9. Prevención y soluciones ante la licuación:

Como bien se sabe, nuestro país es uno de los más sísmicos a nivel mundial, por lo cual da cabida a que ante un posible evento sísmico se produzca el fenómeno de licuación en algunas zonas del Perú y sobretodo en nuestra ciudad de Trujillo.

En el golf ubicado en dicha ciudad según estudios realizados, se sabe que el nivel freático es muy cercano a la superficie, lo cual ante un evento sísmico este aumentaría su nivel y provocaría la desestabilización del suelo por el aumento de presión en los poros y disminución del volumen del suelo provocando que los edificios y casas se puedan ver afectadas y pongan en riesgo la vida de las personas.

Por lo dicho anteriormente, plantearemos posibles soluciones que se mencionaran a continuación para prevenir este fenómeno:

- El riesgo de licuación en suelo se puede reducir mejorando la capacidad de drenaje o aumentando su resistencia frente a los esfuerzos provocados por los sismos.
- El Jet Grouting consiste en la desagregación del suelo por medio de un fluido inyectado cuyo liquido es un agente cementante, que crea una columna de mayor rigidez aumentando las propiedades mecánicas del suelo. Esto permite aumentar la resistencia del suelo, reduciendo el esfuerzo de corte producido por el sismo y garantizando mayor soporte lateral.
- Se puede colocar los cimientos por debajo del material licuable
- Se puede agregar un peso extra a la estructura para poder lograr una flotabilidad neutral.

- El método de Deep Mixing es una técnica muy útil en la cual se mezcla el suelo con un aditivo que ayuda a mejorar sus propiedades mecánicas. Con esto internamente estabiliza las partículas del suelo manteniéndolo como un esqueleto estable a las fuerzas externas causadas por el sismo.
- El rebajamiento del nivel freático es una alternativa, se trata de ubicar el estrato del suelo que se encuentra encima de la capa freática que estará en estado semi saturado y no se licuará.
- Colocamos grandes columnas de grava en el suelo, por lo cual como sabemos que por acción de sismo el nivel freático aumenta, entonces estas columnas van a proteger la estructura y disipar la presión intersticial producida por el agua y así evitar la licuación.
- Para estructuras de gran importancia, si se da el caso de que el suelo es altamente licuable podemos utilizar los pilotes, estos mejoran el suelo ante posibles eventos sísmicos, confinan el suelo gracias a su resistencia a la flexión.

2.3. Marco conceptual:

Licuación: Es el fenómeno en la cual el suelo ante una carga cíclica pasa de un estado sólido a estado líquido.

Rigidez: Capacidad que tiene un cuerpo a flexionarse bajo la acción de cargas o fuerzas externas.

Compacidad: Según la mecánica de suelos, lo define como el acomodamiento de las partículas de suelo.

Densidad: Es la relación que existe entre la masa y el volumen de alguna sustancia o sólido.

Cohesión: Se define como una fuerza interna de algún objeto que mantiene unidas sus partículas.

Napa freática: Es la acumulación de agua subterránea que se encuentra a una determinada profundidad en el suelo.

Índice de Plasticidad: Es el tamaño del intervalo de contenido de agua, expresado como un porcentaje de la masa seca de suelo, dentro del cual el material está en un estado plástico.

Presión intersticial: Es la presión causada por el agua a una cierta profundidad del suelo producto de una fuerza externa.

Compresibilidad: Es una propiedad que tienen los cuerpos a disminuir su volumen debido a la aplicación de fuerzas.

Nivel freático: Es la altura que se encuentra el agua subterránea con respecto a la superficie.

Fricción: Es el rozamiento que existe entre dos cuerpos.

Asentamiento: se define como un movimiento en forma descendente a causa de las cargas que se dan sobre el terreno.

Zapata: Es un tipo de cimentación que son utilizados para suelos homogéneos y de resistencia de a compresiones medias y altas

2.4. Sistema de Hipótesis:

2.4.1. Hipótesis:

Al ser una tesis descriptiva no se formuló hipótesis.

2.4.2. Variable e Indicadores:

Tabla 13

Cuadro de operacionalización de variables.

VARIABLE A INVESTIGAR	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIÓN	INDICADORES DE VARIABLES	ESCALA DE MEDICIÓN
ESTUDIO DE LICUEFACCIÓN Y DISEÑO DE CIMENTACIONES	Evaluación del fenómeno de licuación en los suelos de Los mangos - El golf – Trujillo.	Ensayo de SPT Ensayos geotécnicos para determinar el tipo de suelo	Calicata Ensayo SPT Granulometría Densidad relativa Límites de Atterberg Humedad Densidad Resistencia al corte Consolidación Permeabilidad	RAZÓN
	Desarrollo de la cimentación para un multifamiliar en un suelo licuable.	Diseño de la cimentación	Predimensionamiento Verificación por asentamientos Verificación por esfuerzos admisibles Verificación por punzonamiento	RAZÓN

Nota: El ensayo SPT, se realizó con la finalidad de determinar la existencia de licuación.

III. Metodología empleada:

3.1. Tipo y nivel de investigación:

3.1.1. Investigación Descriptiva:

Por el tipo de investigación que se realiza en el siguiente estudio es una investigación descriptiva, ya que, de los resultados de los ensayos basados en la mecánica de suelos, permitirán describir el comportamiento del suelo ante el fenómeno de licuefacción.

3.1.2. Enfoque del estudio:

El enfoque de la investigación es cuantitativo, ya que se hará una exploración del subsuelo para poder extraer muestras que permitan analizar el fenómeno a profundidad en base a los datos obtenidos de cada estrato.

3.1.3. Alcance de estudio:

El alcance del estudio es local, ya que nos proporcionara información real y valiosa para la zona de análisis.

3.2. Población y muestra:

3.2.1. Población:

La población del presente proyecto está conformada por el suelo de la zona Los Mangos – El Golf – Trujillo, en la que se hará un reconocimiento geotécnico para ver el estado actual en el que se encuentra el suelo sobre el que se trabajará.

3.2.2. Muestra:

La muestra, se obtendrá de un área de 720 m², de la cual se extraerá el espécimen de suelo de diferentes puntos de la zona de estudio para ver en qué condiciones se encuentra y poder diseñar la cimentación adecuada.

3.3. Diseño de Investigación:

3.3.1. Tipo de investigación:

Según el tipo de investigación es descriptiva, porque los datos serán obtenidos de Los Mangos – Sector El Golf, se hicieron 4 calicatas en un área de 720 m² para extraer las muestras de suelos respectivas.

3.3.2. Diseño de investigación experimental:

El diseño de la investigación es descriptivo, porque una vez extraídas las muestras de suelo de la zona, fueron llevados al laboratorio para su posterior análisis y saber las propiedades y condiciones que se encuentra, para finalmente pasar al diseño de la cimentación.

3.4. Técnicas e instrumentos de investigación:

3.4.1. Observación:

En ese caso nuestra investigación fue una observación estructurada ya que no solo fue a través de nuestros sentidos sino también con ayuda de algunos instrumentos que tomamos en cuenta para el estudio.

3.4.2. Instrumentos:

Los instrumentos que se utilizaron para la recolección de los datos fueron:

- Guías de observación
 - Guías de revisión documentaria
- Trabajo de campo
Ensayos

3.5. Procesamiento y Análisis de datos:

3.5.1. Desarrollo del proyecto de investigación:

La presente investigación se desarrolló gracias al apoyo brindado por el asesor, cuya finalidad es poder determinar la existencia del fenómeno de licuación, así como sus propiedades y características en la zona de Los Mangos – El golf – Trujillo.

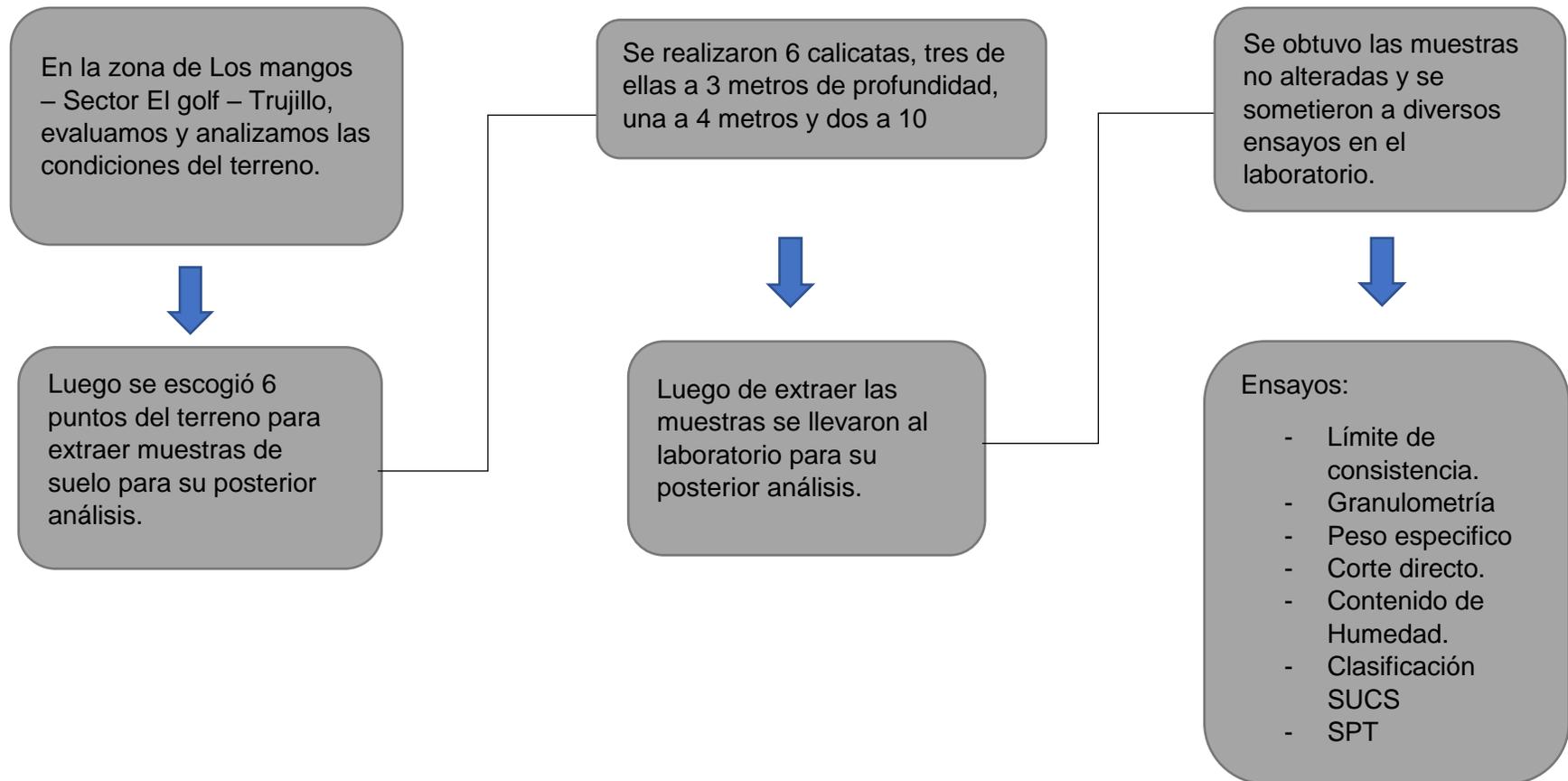
Actualmente en nuestro país es un fenómeno poco estudiado, por lo que ese desconocimiento resulta ser peligroso en zonas cuyo suelo sea susceptible a sufrir de licuación en el caso de proponerse obras civiles de gran magnitud. Con el propósito de determinar su existencia en la ciudad de Trujillo, en primer lugar, se buscó información sobre las zonas de la ciudad en las que podría existir este fenómeno. Se encontraron dos tesis que determinaron a todo el distrito de Víctor Larco Herrera como una zona licuable, es por ello que se eligió un terreno sin uso en Los Mangos -Urb. El Golf como zona de estudio para evaluar la existencia del fenómeno y en base a ello desarrollar el diseño de cimentaciones superficiales para un multifamiliar de 5 pisos.

Adicionalmente y con el propósito de mejorar la investigación, se utilizaron libros, artículos y normas donde se nos brinda parámetros para analizar el fenómeno de licuación en los suelos a través de los ensayos en laboratorio como: el contenido de humedad, límites de Atterberg, ensayo de corte directo, ensayo de granulometría y SPT.

3.5.2. Proceso de obtención de información:

Figura 29

Proceso de recolección de información



3.5.3. Ubicación y Localización:

La zona de estudio se encuentra ubicado en el Sector Los Mangos - Urb. El Golf, distrito de Víctor Larco Herrera, Provincia de Trujillo, Departamento de La Libertad. Víctor Larco está situado en la parte suroeste de la provincia de Trujillo, al margen derecho del río Moche, el cual es la referencia del límite hacia el sur con Moche. Hacia el oeste limita con el océano Pacífico. Limita hacia el norte con los distritos de Huanchaco y distrito de Trujillo y hacia el este limita también con el distrito de Trujillo.

Tabla 14

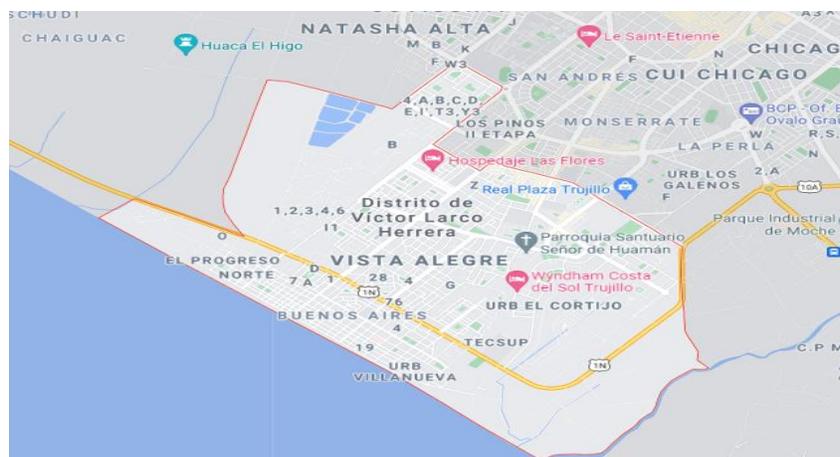
Coordenadas de ubicación del proyecto

PUNTOS	ESTE	SUR
P1	716171.00 m E	9099582.00 m S
P2	716158.00 m E	9099558.00 m S
P3	716183.00 m E	9099546.00 m S
P4	716196.00 m E	9099570.00 m S

Nota: Se muestra la ubicación de las 4 calicatas con fines de cimentación (2021).

Figura 30

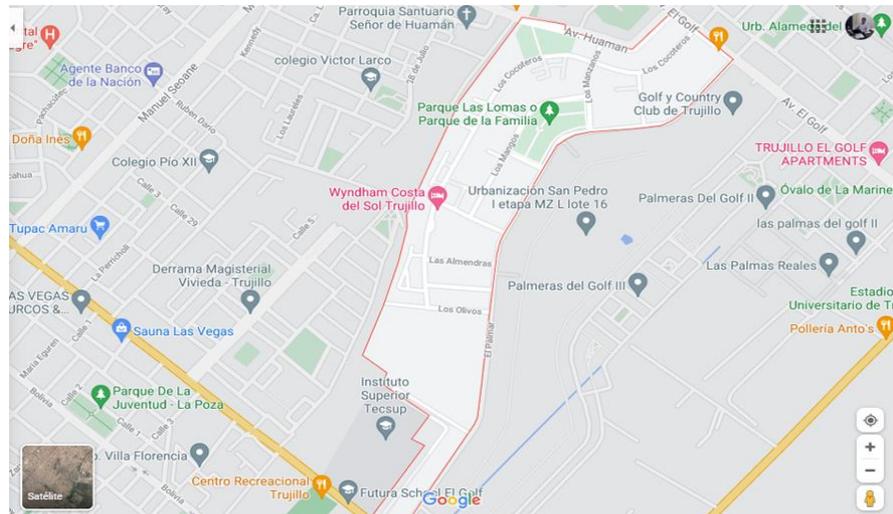
Distrito de Víctor Larco Herrera – Trujillo



Nota: Adaptado de Google Maps (2021)

Figura 31

Urbanización El Golf



Nota: Adaptado de Google Maps (2021)

Figura 32

Plano de Localización



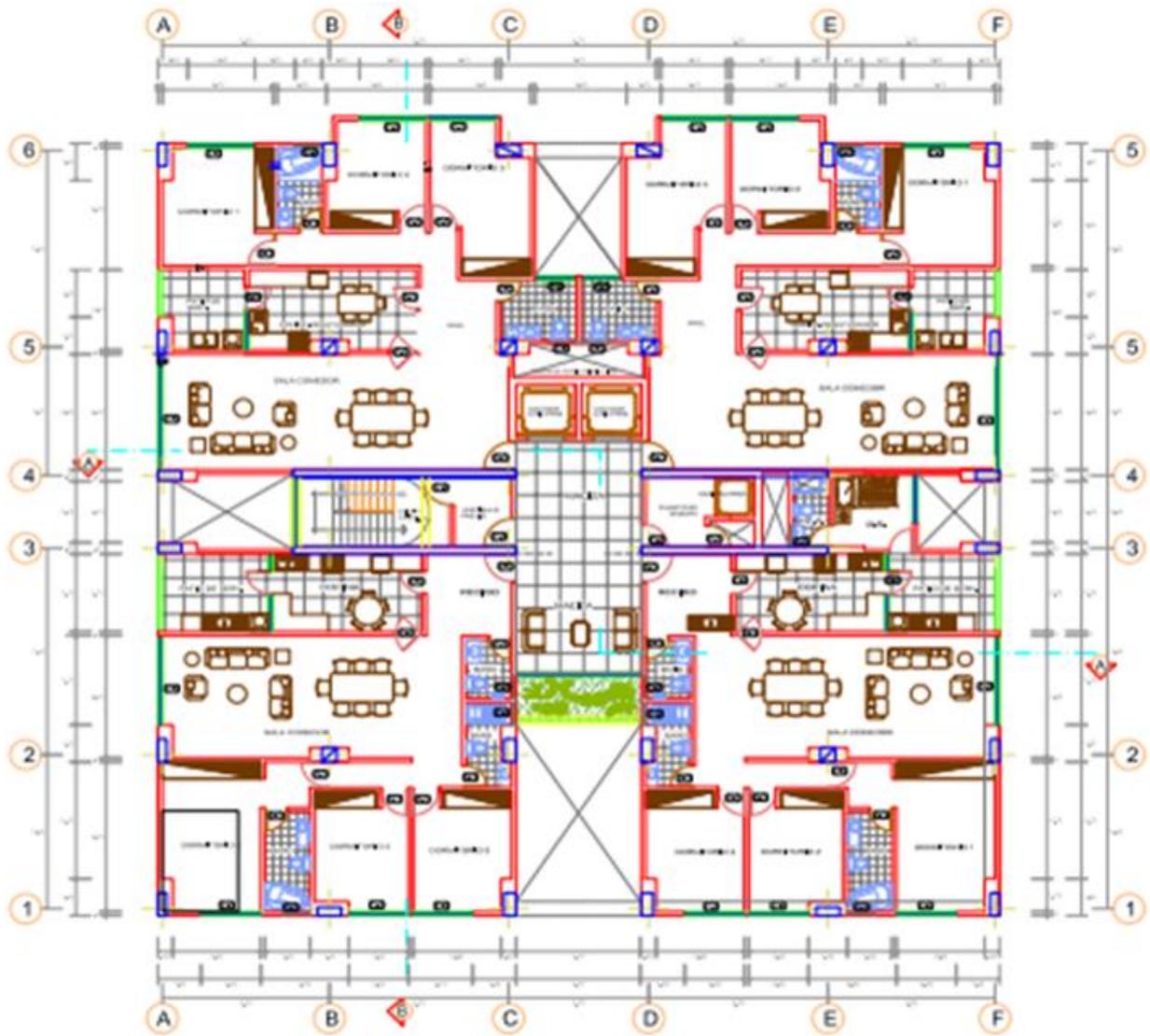
Nota: Elaborado por Alejandro Cabrera y Yolanda Aguilar

3.5.4. Propuesta de edificación:

- El edificio multifamiliar de 6 pisos más azotea cuenta con un área libre de 765.00 m²
- La altura del primer es de 3.00m y del segundo al quinto piso 2.8 m.

Figura 33

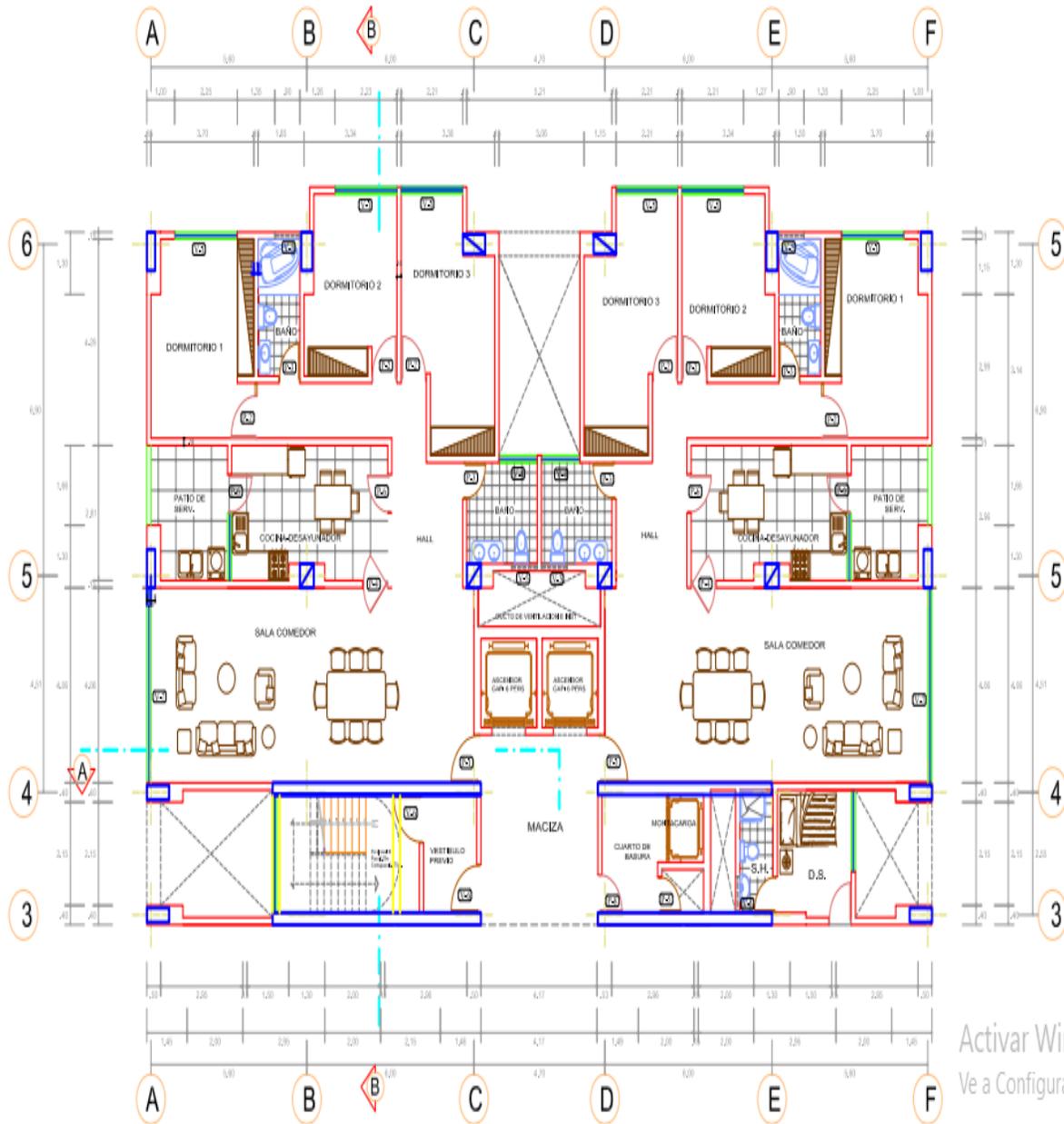
Distribución del 1° al 4° piso.



Nota. Elaboración propia

Figura 34

Distribución del 5° al 6 piso.



Activar Windo
Ve a Configuración

Nota. Elaboración propia.

3.5.5. Trabajo de campo:

Los trabajos de campo, consistieron en la excavación de 4 calicatas o pozos a cielo abierto de acorde a la Norma ASTM D420, además se realizaron dos (02) sondeos, asignándoles como SPT-1 y SPT-2.

La profundidad máxima alcanzada fue de 10.00 m., computados a partir del nivel de sub rasante, lo que nos permitió visualizar la estratigrafía y determinar el tipo de ensayos de laboratorio a ejecutar de cada uno de los estratos de suelos encontrados. El nivel freático y/o aguas por filtración se encontraron hasta la profundidad de 2.80 m, ver profundidad en la descripción de la calicata.

A medida que se efectuaron las excavaciones se describieron en forma tacto-visual los suelos (color, textura, etc.) a fin de establecer la secuencia, ubicación y espesores de los diferentes mantos que conforman la estratigrafía del área estudiada, en concordancia con la Norma ASTM D2487.

Figura 35

Vista general del terreno en estudio



Nota: Fuente Propia.

Figura 36

Excavación de calicata.



Nota: Fuente Propia.

Figura 37

Medición de la profundidad de la calicata.



Nota: Fuente Propia

Figura 38

Extracción de muestras de la calicata 1.



Nota: Elaboración propia.

Figura 39

Extracción de muestras de la calicata 2.



Nota: Elaboración propia.

Figura 40

Extracción de muestras de la calicata 3.



Nota: Elaboración propia.

Figura 41

Extracción de muestras de la calicata 4.



Nota: Elaboración propia.

Figura 42

SPT-1, a la profundidad de 2.50 m.



Nota: Elaboración propia.

Figura 43

SPT-1, a la profundidad de 3.80 m.



Nota: Elaboración propia.

Figura 44

SPT-2, a la profundidad de 2.30 m.



Nota: Elaboración propia.

Figura 45

SPT-2, a la profundidad de 7.10 m.



Nota: Elaboración propia.

3.5.6. Trabajo de laboratorio:

Las muestras procedentes de la excavación de las calicatas, fueron extraídas y recepcionadas por el personal, llevadas en bolsa de polietileno, debidamente identificadas. Al momento de recepcionar las muestras, se nos alcanzó también la composición estratigráfica del suelo, señalando la profundidad de excavación y espesor de las diferentes capas de suelo encontrados. Con las muestras extraídas de las calicatas en el trabajo de campo, se obtuvieron en el Laboratorio los parámetros que nos permite deducir las condiciones de cimentación bajo las especificaciones normadas en el REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES - NORMA E-050, tales como:

Ensayos	Normas
Análisis granulométrico	ASTM - D422
Límites de Atterberg	ASTM - D4318
Contenido de humedad	ASTM - D2216
Clasificación unificada de suelos	(SUCS) ASTM - D2487
Muestreo con tubos de paredes delgadas	ASTM – D1587
Peso volumétrico del suelo	NTP 339.139
Corte directo (consolidado drenado)	MTC E123 - 2016
Sales solubles totales	NTP 339.152

En base a los trabajos de campo en el área de estudio y resultados de los ensayos de Laboratorio, se ha elaborado 04 calicatas del terreno y dos sondeos SPT-1 y SPT-2.

Figura 46

Vista satelital de la zona de estudio y puntos tomados para calicatas.



Nota. Elaboración propia

Filtración de agua:

Se encontró el nivel de agua freática a la profundidad explorada de 2.80 m. (diciembre del 2022).

Descripción de calicatas:

CALICATA C-1:

ESTRATO E-1 / profundidad 0.00 – 0.20 m.

Suelo con material de relleno, de color marrón.

ESTRATO E-2 / profundidad 0.20 – 2.20 m.

Arcilla de baja plasticidad, con contenido de arenas; 58.95% de finos que pasa la malla N°200, 0.23% de gravas y 40.82% de arenas, material de color marrón. En el

sistema de clasificación de suelos SUCS es un “**CL**”, y en el sistema de clasificación AASHTO es un A-4 (4), con una humedad natural de 7.80%, Índice de plasticidad 8.27% y peso unitario seco igual a 1.074gr/cm³.

ESTRATO E-3 / profundidad 2.20 – 3.10 m.

Arcilla de baja plasticidad; 88.12% de finos que pasa la malla N°200, 6.19% de gravas y 5.69% de arenas, material de color crema. En el sistema de clasificación de suelos SUCS es un “**CL**”, y en el sistema de clasificación AASHTO es un A-4 (7), con una humedad natural de 20.76%, Índice de plasticidad 8.14% y peso unitario seco igual a 1.013gr/cm³.

ESTRATO E-4 / profundidad 3.10 – 3.70 m.

Arena con aglomerante arcilloso; 45.32% de finos que pasa la malla N°200, 1.45% de gravas y 53.24% de arenas, material de color crema. En el sistema de clasificación de suelos SUCS es un “**SC**”, y en el sistema de clasificación AASHTO es un A-4 (1), con una humedad natural de 9.57%, Índice de plasticidad 7.37% y peso unitario seco igual a 1.163gr/cm³.

ESTRATO E-5 / profundidad 3.70 – 4.00 m.

Arcilla de baja plasticidad, con poco contenido de arenas; 86.77% de finos que pasa la malla N°200, 0.73% de gravas y 12.49% de arenas, material de color crema. En el sistema de clasificación de suelos SUCS es un “**CL**”, y en el sistema de clasificación AASHTO es un A-6 (9), con una humedad natural de 20.37%, Índice de plasticidad 11.53% y peso unitario seco igual a 1.018gr/cm³.

CALICATA C-2:

ESTRATO E-1 / profundidad 0.00 – 0.20 m.

Suelo con material de relleno, de color marrón.

ESTRATO E-2 / profundidad 0.20 – 2.20 m.

Arcilla de baja plasticidad; 87.44% de finos que pasa la malla N°200, 1.19% de gravas y 11.37% de arenas, material de color marrón. En el sistema de clasificación de suelos SUCS es un “**CL**”, y en el sistema de clasificación AASHTO es un A-4 (6), con una humedad natural de 16.51%, Índice de plasticidad 8.77% y peso unitario seco igual a 1.012gr/cm³.

ESTRATO E-3 / profundidad 2.20 – 3.00 m.

Arcilla de baja plasticidad; 91.50% de finos que pasa la malla N°200, 3.48% de gravas y 5.02% de arenas, material de color crema. En el sistema de clasificación de suelos SUCS es un “**CL**”, y en el sistema de clasificación AASHTO es un A-6 (9), con una humedad natural de 18.53%, Índice de plasticidad 11.50% y peso unitario seco igual a 1.020gr/cm³.

CALICATA C-3:

ESTRATO E-1 / profundidad 0.00 – 0.20 m.

Suelo con material de relleno, de color marrón.

ESTRATO E-2 / profundidad 0.20 – 2.20 m.

Arcilla de baja plasticidad, con contenido de arenas; 55.87% de finos que pasa la malla N°200, 0.07% de gravas y 44.07% de arenas, material de color marrón. En el sistema de clasificación de suelos SUCS es un “**CL**”, y en el sistema de clasificación AASHTO es un A-4 (4), con una humedad natural de 6.66%, Índice de plasticidad 7.25% y peso unitario seco igual a 1.078gr/cm³.

ESTRATO E-3 / profundidad 2.20 – 3.00 m.

Arcilla de baja plasticidad; 85.44% de finos que pasa la malla N°200, 6.09% de gravas y 8.47% de arenas, material de color crema. En el sistema de clasificación de suelos SUCS es un “**CL**”, y en el sistema de clasificación AASHTO es un A-4 (7), con una humedad natural de 18.37%, Índice de plasticidad 8.75% y peso unitario seco igual a 1.016gr/cm³.

CALICATA C-4:**ESTRATO E-1 / profundidad 0.00 – 0.20 m.**

Suelo con material de relleno, de color marrón.

ESTRATO E-2 / profundidad 0.20 – 2.20 m.

Arcilla de baja plasticidad, con contenido de arenas; 83.32% de finos que pasa la malla N°200, 0.96% de gravas y 15.72% de arenas, material de color marrón. En el sistema de clasificación de suelos SUCS es un “**CL**”, y en el sistema de clasificación AASHTO es un A-4 (5), con una humedad natural de 13.51%, Índice de plasticidad 8.63% y peso unitario seco igual a 1.004gr/cm³.

ESTRATO E-3 / profundidad 2.20 – 3.00 m.

Arcilla de baja plasticidad; 93.12% de finos que pasa la malla N°200, 1.18% de gravas y 5.71% de arenas, material de color crema. En el sistema de clasificación de suelos SUCS es un “**CL**”, y en el sistema de clasificación AASHTO es un A-6 (9), con una humedad natural de 22.68%, Índice de plasticidad 11.79% y peso unitario seco igual a 1.003gr/cm³.

Tabla 15*Resumen de calicatas.*

CALICATA	C-1			C-2			C-3			C-4		
	E1	E2	E3	E1	E2	E3	E1	E2	E3	E1	E2	E3
PROF.(m)	0.00- 0.2	0.20- 2.2	2.20- 3.1	0.00- 0.2	0.20- 2.2	2.20- 3	0.00- 0.2	0.20- 2.2	2.20- 3	0.00- 0.2	0.20- 2.2	2.20- 3
Clasif. SUCS	SUELO CON MATERIAL DE RELLENO	CL	CL	SUELO CON MATERIAL DE RELLENO	CL	CL	SUELO CON MATERIAL DE RELLENO	CL	CL	SUELO CON MATERIAL DE RELLENO	CL	CL
COLOR	Marrón	Marrón	Crema	Marrón	Marrón	Crema	Marrón	Marrón	Crema	Marrón	Marrón	Crema
Nivel freático	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO

Nota: Se describen las características in situ del suelo, realizadas en el ensayo para fines de cimentación.

SONDEO SPT-1: Se empezó la excavación en el nivel +0.00 m.

0.00 – 0.45 m. Encontramos una capa de relleno conformada por material orgánico en estado suelto.

0.45 – 2.80 m. Sigue un estrato de arcilla de baja plasticidad, (**CL**), de color marrón oscuro, de regular humedad, y de consistencia media. Se nota el NAF a la profundidad explorada de 2.80 m.

2.80 – 3.50 m. Continúa un estrato de arena arcillosa (**SC**) de color marrón claro, de consistencia media y alta humedad. Se nota el NAF a la profundidad explorada de 2.80 m.

3.50 – 10.00 m. Finalmente encontramos un estrato de arena pobremente graduada (**SP**) de color beige pardo, de consistencia media y alta humedad debido a la presencia del nivel freático. Se nota el NAF a la profundidad explorada de 2.80 m.

Figura 47

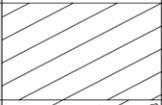
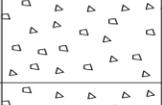
Perfil Estratigráfico SPT – 1.

PROYECTO : "ESTUDIO DE LICUEFACCIÓN Y DISEÑO DE CIMENTACIONES PARA UN EDIFICIO MULTIFAMILIAR EN SUELOS DE LOS MANGOS – SECTOR EL GOLF – TRUJILLO 2022"

UBICACIÓN : LOS MANGOS – EL GOLF – VÍCTOR LARCO – TRUJILLO – LA LIBERTAD.

SOLICITANTES: ALEJANDRO CABRERA ROJAS SONDEO : SPT-1
YOLANDA AGUILAR ROSADO PROFUNDIDAD : 10.00 m

FECHA : DICIEMBRE DEL 2022 NAF : 2.80 m.

PROF. (m)	CLASIFICACION		DESCRIPCION DEL MATERIAL	HUMEDAD NATURAL Y LIMITES DE CONSISTENCIA		
	SIMBOLO (S.U.C.S.)	SIMBOLO		W (%)	L.L. (%)	I.P. (%)
0.45			Material de Relleno			
2.80	CL		Arcilla de baja Plasticidad N.A.F. = 2.80 m.	17.56	25.01	9.08
3.50	SC		Arena Arcillosa	23.33	25.11	6.00
6.00	SP		Arena mal graduada	21.63	NP	NP
8.00	SP		Arena mal graduada	22.06	NP	NP
10.00	SP		Arena mal graduada	22.47	NP	NP

Nota: Fuente Propia.

SONDEO SPT-2: Se empezó la excavación en el nivel +0.00 m.

0.00 – 0.45 m. Encontramos una capa de relleno conformada por material orgánico en estado suelto.

0.45 – 3.00 m. Sigue un estrato de arcilla de baja plasticidad, (**CL**), de color marrón oscuro, de regular humedad, y de consistencia media. Se nota el NAF a la profundidad explorada de 2.80 m.

3.00 – 3.60 m. Continúa un estrato de arena arcillosa (**SC**) de color marrón claro, de consistencia media y alta humedad. Se nota el NAF a la profundidad explorada de 2.80 m.

3.0 – 10.00 m. Finalmente encontramos un estrato de arena pobremente graduada (**SP**) de color beige pardo, de consistencia media y alta humedad debido a la presencia del nivel freático. Se nota el NAF a la profundidad explorada de 2.80 m.

Figura 48

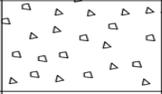
Perfil Estratigráfico SPT – 2.

PROYECTO : "ESTUDIO DE LICUEFACCIÓN Y DISEÑO DE CIMENTACIONES PARA UN EDIFICIO MULTIFAMILIAR EN SUELOS DE LOS MANGOS – SECTOR EL GOLF – TRUJILLO 2022"

UBICACIÓN : LOS MANGOS – EL GOLF – VÍCTOR LARCO – TRUJILLO – LA LIBERTAD.

SOLICITANTES: ALEJANDRO CABRERA ROJAS SONDEO : SPT-2
YOLANDA AGUILAR ROSADO PROFUNDIDAD : 10.00 m

FECHA : DICIEMBRE DEL 2022 NAF : 2.80 m.

PROF. (m)	CLASIFICACION		DESCRIPCION DEL MATERIAL	HUMEDAD NATURAL Y LIMITES DE CONSISTENCIA		
	SIMBOLO (S.U.C.S.)	SIMBOLO		W (%)	L.L. (%)	I.P. (%)
0.45			Material de Relleno			
3.00	CL		Arcilla de baja Plasticidad N.A.F. = 2.80 m.	18.57	25.39	9.60
3.60	SC		Arena Arcillosa	22.57	24.50	5.28
6.00	SP		Arena mal graduada	20.34	NP	NP
8.00	SP		Arena mal graduada	21.48	NP	NP
10.00	SP		Arena mal graduada	23.44	NP	NP

Nota: Fuente Propia.

Análisis Granulométrico:

El análisis granulométrico tiene por objeto la determinación cuantitativa de la distribución de tamaños de partículas de suelo.

Tabla 16

Análisis Granulométrico C-1 y C-2.

CALICATA	C-1			C-2		
ESTRATO	E1	E2	E3	E1	E2	E3
PROF.(m)	0.00-0.20	0.20-2.20	2.20-3.10	0.00-0.20	0.20-2.20	2.20-3.00
GRAVA	---	0.23%	6.19%	---	1.19%	3.48%
ARENA	---	40.82%	5.69%	---	11.37%	5.02%
FINOS	---	58.95%	88.12%	---	87.44%	91.50%

Nota: Se muestra el porcentaje de contenido de arena, grava y finos en cada estrato correspondiente a las calicatas 1 y 2.

Tabla 17

Análisis Granulométrico C-3 y C-4.

CALICATA	C-3			C-4		
ESTRATO	E1	E2	E3	E1	E2	E3
PROF.(m)	0.00-0.20	0.20-2.20	2.20-3.00	0.00-0.20	0.20-2.20	2.20-3.00
GRAVA	---	0.07%	6.09%	---	0.96%	1.18%
ARENA	---	44.07%	8.47%	---	15.72%	5.71%
FINOS	---	55.87%	85.44%	---	83.32%	93.12%

Nota: Se muestra el porcentaje de contenido de arena, grava y finos en cada estrato correspondiente a las calicatas 3 y 4.

Tabla 18*Análisis Granulométrico SPT – 1.*

CALICATA SPT-1 ESTRATO	SPT - 1				
	E1	E2	E3	E4	E5
PROF.(m)	0.45-2.80	2.80-3.50	3.50-6.00	6.00-8.00	8.00-10.00
GRAVA	1.06%	10.70%	4.12%	6.14%	4.81%
ARENA	30.55%	75.79%	92.71%	91.64%	91.98%
FINOS	68.39%	13.51%	3.17%	2.22%	3.21%

Nota: Se muestra el porcentaje de arena, grava y finos en cada estrato correspondiente al sondeo SPT – 1.

Tabla 19*Análisis Granulométrico SPT – 2.*

CALICATA SPT-1 ESTRATO	SPT - 2				
	E1	E2	E3	E4	E5
PROF.(m)	0.45-3.00	3.00-3.60	3.60-6.00	6.00-8.00	8.00-10.00
GRAVA	1.64%	6.21%	7.19%	4.74%	4.64%
ARENA	30.07%	79.73%	90.31%	92.71%	92.36%
FINOS	68.29%	14.06%	2.50%	2.55%	3.00%

Nota: Se muestra el porcentaje de arena, grava y finos en cada estrato correspondiente al sondeo SPT – 2.

Límites de Atterberg:

Los límites de Atterberg, límites de plasticidad o límites de consistencia, se utilizan para caracterizar el comportamiento de los suelos finos.

Tabla 20*Límites de Atterberg C-1 y C-2.*

CALICATA	C-1			C-2			
	ESTRATO	E1	E2	E3	E1	E2	E3
PROF.(m)	0.00-0.20	0.20-2.20	2.20-3.10	0.00-0.20	0.20-2.20	2.20-3.00	
LL	---	25.00%	31.00%	---	25.00%	33.00%	
LP	---	16.73%	22.86%	---	16.23%	21.50%	
IP	---	8.27%	8.14%	---	8.77%	11.50%	

Nota: Se muestran los límites del rango de humedad en las muestras correspondiente a las calicatas 1 y 2.

Tabla 21*Límites de Atterberg C-3 y C-4*

CALICATA	C-3			C-4			
	ESTRATO	E1	E2	E3	E1	E2	E3
PROF.(m)	0.00-0.20	0.20-2.20	2.20-3.00	0.00-0.20	0.20-2.20	2.20-3.00	
LL	---	27.00%	31.00%	---	25.00%	33.00%	
LP	---	19.75%	22.25%	---	16.37%	21.21%	
IP	---	7.25%	8.75%	---	8.63%	11.79%	

Nota: Se muestran los límites del rango de humedad en las muestras correspondiente a las calicatas 3 y 4.

Tabla 22*Límites de Atterberg SPT-1 y SPT-2.*

CALICATA	SPT - 1		SPT - 2		
	ESTRATO	E1	E2	E1	E2
PROF.(m)	0.45-2.80	2.80-3.50	0.45-3.00	3.00-3.60	
LL	25.01%	25.11%	25.39%	24.50%	
LP	15.92%	19.11%	15.79%	19.22%	
IP	9.09%	6.00%	9.60%	5.28%	

Nota: Observamos los límites del rango de humedad en las correspondientes al sondeo SPT-1 y SPT-2.

Corte Directo:

El ensayo de corte directo consiste en hacer deslizar una porción de suelo, respecto a otra a lo largo de un plano de falla predeterminado mediante la acción de una fuerza de corte horizontal incrementada, mientras se aplica una carga normal al plano del movimiento.

Tabla 23*Corte Directo C-1 y C-2.*

CALICATA	C-1			C-2		
ESTRATO	E1	E2	E3	E1	E2	E3
PROF.(m)	0.00-0.20	0.20-2.20	2.20-3.10	0.00-0.20	0.20-2.20	2.20-3.00
Clasif.	---	CL	CL	---	CL	CL
SUCS	---	CL	CL	---	CL	CL
Φ	---	20.40°	---	---	20.30°	---
C (Kg/cm ²)	---	0.02	---	---	0.02	---
P (Kg/ cm ³)	---	2.13	---	---	2.09	---

Nota: Los resultados nos permite conocer las propiedades de resistencia de materiales correspondientes a la calicata 1 y 2.

Tabla 24*Corte Directo C-3 y C-4.*

CALICATA	C-3			C-4		
ESTRATO	E1	E2	E3	E1	E2	E3
PROF.(m)	0.00-0.20	0.20-2.20	2.20-3.00	0.00-0.20	0.20-2.20	2.20-3.00
Clasif.	---	CL	CL	---	CL	CL
SUCS	---	CL	CL	---	CL	CL
Φ	---	---	---	---	---	---
C (Kg/cm ²)	---	---	---	---	---	---
P (Kg/ cm ³)	---	---	---	---	---	---

Nota: Los resultados nos permite conocer las propiedades de resistencia de materiales correspondientes a la calicata 3 y 4.

Resumen de ensayos de laboratorio:

Tabla 25

Resumen de ensayos de laboratorio C-1 y C-2.

CALICATA ESTRATO	C-1			C-2		
	E1	E2	E3	E1	E2	E3
PROF.(m)	0.00-0.20	0.20-2.20	2.20-3.10	0.00-0.20	0.20-2.20	2.20-3.00
GRAVA	---	0.23%	6.19%	---	1.19%	3.48%
ARENA	---	40.82%	5.69%	---	11.37%	5.02%
FINOS	---	58.95%	88.12%	---	87.44%	91.50%
LL	---	25.00%	31.00%	---	25.00%	33.00%
LP	---	16.73%	22.86%	---	16.23%	21.50%
IP	---	8.27%	8.14%	---	8.77%	11.50%
Clasif.	---	CL	CL	---	CL	CL
SUCS	---	CL	CL	---	CL	CL
Φ	---	20.40°	---	---	20.30°	---
C (Kg/cm ²)	---	0.02	---	---	0.02	---
P (Kg/ cm ³)	---	2.13	---	---	2.09	---

Nota: Se muestra las propiedades físicas de cada estrato de suelo correspondiente a las calicatas 1 y 2.

Tabla 26

Resumen de ensayos de laboratorio SPT -1.

CALICATA ESTRATO	SPT - 1				
	E1	E2	E3	E4	E5
PROF.(m)	0.45-2.80	2.80-3.50	3.50-6.00	6.00-8.00	8.00-10.00
GRAVA	1.06%	10.70%	4.12%	6.14%	4.81%
ARENA	30.55%	75.79%	92.71%	91.64%	91.98%
FINOS	68.39%	13.51%	3.17%	2.22%	3.21%
LL	25.01%	25.11%	---	---	---
LP	15.92%	19.11%	---	---	---
IP	9.09%	6.00%	---	---	---
Clasif. SUCS	CL	CS	SP	SP	SP

Nota: Se muestra las propiedades físicas de cada estrato de suelo correspondiente al sondeo SPT – 1.

Tabla 27

Resumen de ensayos de laboratorio C-3 y C-4.

CALICATA ESTRATO	C-3			C-4		
	E1	E2	E3	E1	E2	E3
PROF.(m)	0.00-0.20	0.20-2.20	2.20-3.00	0.00-0.20	0.20-2.20	2.20-3.00
GRAVA	---	0.07%	6.09%	---	0.96%	1.18%
ARENA	---	44.07%	8.47%	---	15.72%	5.71%
FINOS	---	55.87%	85.44%	---	83.32%	93.12%
LL	---	27.00%	31.00%	---	25.00%	33.00%
LP	---	19.75%	22.25%	---	16.37%	21.21%
IP	---	7.25%	8.75%	---	8.63%	11.79%
Clasif. SUCS	---	CL	CL	---	CL	CL
ϕ	---	---	---	---	---	---
C (Kg/cm ²)	---	---	---	---	---	---
P (Kg/cm ³)	---	---	---	---	---	---

Nota: Se muestra las propiedades físicas de cada estrato de suelo correspondiente a las calicatas 3 y 4.

Tabla 28*Resumen de ensayos de laboratorio SPT -2.*

CALICATA	SPT - 2				
ESTRATO	E1	E2	E3	E4	E5
<i>PROF.(m)</i>	0.45-3.00	3.00-3.60	3.60-6.00	6.00-8.00	8.00-10.00
<i>GRAVA</i>	1.64%	6.21%	7.19%	4.74%	4.64%
<i>ARENA</i>	30.07%	79.73%	90.31%	92.71%	92.36%
<i>FINOS</i>	68.29%	14.06%	2.50%	2.55%	3.00%
<i>LL</i>	25.39%	24.50%	---	---	---
<i>LP</i>	15.79%	19.22%	---	---	---
<i>IP</i>	9.60%	5.28%	---	---	---
<i>Clasif.</i>					
<i>SUCS</i>	CL	CS	SP	SP	SP

Nota: Se muestra las propiedades físicas de cada estrato de suelo correspondiente al sondeo SPT – 2.

IV. Presentación de resultados:

4.1. Análisis e Interpretación de Resultados:

4.1.1. Métodos de Kishida y Ohsaki:

El método de Kishida, señalan que un suelo es licuable si, el D_{50} es mayor a 0.074 mm y menor a 2 mm asimismo indica que $C_u < 10$. Por otra parte, Ohsaki establece que D_{60} debe ser menor a 2 mm y mayor a 0.2 mm, así como $D_{10} < 0.1$ mm.

Para encontrar los valores D_{10} , D_{50} y D_{60} utilizamos los datos de la curva granulométrica que se observan a continuación y utilizamos la ecuación de interpolación semilogarítmica:

$$\log x = \log_{x_1} + \frac{y - y_1}{y_2 - y_1} * \log\left(\frac{x_2}{x_1}\right)$$

$$x = 10^{\log x}$$

Para lo cual la ecuación general para interpolar sería la siguiente:

$$x = 10^{\log_{x_1} + \frac{y - y_1}{y_2 - y_1} * \log\left(\frac{x_2}{x_1}\right)}$$

x (Abertura en mm) = D_{10} , D_{50} , D_{60} .

y (% que pasa) = 10%, 50%, 60%.

A continuación, se presenta los valores obtenidos D_{10} , D_{50} y D_{60} de los distintos estratos del sondeo SPT – 1 y SPT -2.

Tabla 29*Dimensión de tamaño efectivo medio SPT – 1.*

Punto No.	Prof (m)	D₁₀ (mm)	D₅₀ (mm)	D₆₀ (mm)
1	0.95	0	0	0
2	1.4	0	0	0
3	1.85	0	0	0
4	2.3	0	0	0
5	2.75	0	0	0
6	3.2	0	0.41	0.65
7	3.65	0.15	0.46	0.59
8	4.1	0.15	0.46	0.59
9	4.55	0.15	0.46	0.59
10	5	0.15	0.46	0.59
11	5.45	0.15	0.46	0.59
12	5.9	0.15	0.46	0.59
13	6.35	0.16	0.49	0.64
14	6.8	0.16	0.49	0.64
15	7.25	0.16	0.49	0.64
16	7.7	0.16	0.49	0.64
17	8.15	0.158	0.51	0.68
18	8.6	0.158	0.51	0.68
19	9.05	0.158	0.51	0.68
20	9.5	0.158	0.51	0.68
21	9.95	0.158	0.51	0.68

Nota: Los valores de D₁₀, D₅₀ y D₆₀ se obtienen a partir de las curvas granulométricas correspondiente al sondeo SPT – 1.

Tabla 30*Dimensión de tamaño efectivo medio SPT – 2.*

Prof (m)	D₁₀ (mm)	D₅₀ (mm)	D₆₀ (mm)
0.95	0	0	0
1.4	0	0	0
1.85	0	0	0
2.3	0	0	0
2.75	0	0	0
3.2	0	0.36	0.49
3.65	0.154	0.54	0.79
4.1	0.154	0.54	0.79
4.55	0.154	0.54	0.79
5	0.154	0.54	0.79
5.45	0.154	0.54	0.79
5.9	0.154	0.54	0.79
6.35	0.16	0.53	0.72
6.8	0.16	0.53	0.72
7.25	0.16	0.53	0.72
7.7	0.16	0.53	0.72
8.15	0.156	0.44	0.59
8.6	0.156	0.44	0.59
9.05	0.156	0.44	0.59
9.5	0.156	0.44	0.59
9.95	0.156	0.44	0.59

Nota: Los valores de D_{10} , D_{50} y D_{60} se obtienen a partir de las curvas granulométricas correspondiente al sondeo SPT – 2.

Teniendo en cuenta los datos de la tabla 29 y 30 respectivamente, analizamos el estrato de 3.65 m a 5.90 m, aplicando el método de Kishida tenemos que, el $D_{50} = 0.46$ es mayor que 0.074 mm, menor que 2 mm y el $C_u = 3.84$ es menor que 10 y por lo tanto es licuable. Por otro lado, aplicando el método de Ohsaki tenemos que $D_{60} = 0.79$ es mayor que 0.2 mm, menor que 2 mm, pero $D_{10} = 0.154$ no es menor que 0.1 mm por lo tanto no es licuable y así procederemos para todos los estratos.

Tabla 31*Método de Kishida SPT – 1.*

Metodo de Kishida			
D₅₀ > 0.074mm	D₅₀ < 2mm	Cu<10	Licuable o no licuable
NO CUMPLE	NO CUMPLE	0	No Licuable
NO CUMPLE	NO CUMPLE	0	No Licuable
NO CUMPLE	NO CUMPLE	0	No Licuable
NO CUMPLE	NO CUMPLE	0	No Licuable
NO CUMPLE	NO CUMPLE	0	No Licuable
SI CUMPLE	SI CUMPLE	0	Licuable
SI CUMPLE	SI CUMPLE	3.84	Licuable
SI CUMPLE	SI CUMPLE	3.84	Licuable
SI CUMPLE	SI CUMPLE	3.84	Licuable
SI CUMPLE	SI CUMPLE	3.84	Licuable
SI CUMPLE	SI CUMPLE	3.84	Licuable
SI CUMPLE	SI CUMPLE	3.84	Licuable
SI CUMPLE	SI CUMPLE	4.1	Licuable
SI CUMPLE	SI CUMPLE	4.1	Licuable
SI CUMPLE	SI CUMPLE	4.1	Licuable
SI CUMPLE	SI CUMPLE	4.1	Licuable
SI CUMPLE	SI CUMPLE	4.37	Licuable
SI CUMPLE	SI CUMPLE	4.37	Licuable
SI CUMPLE	SI CUMPLE	4.37	Licuable
SI CUMPLE	SI CUMPLE	4.37	Licuable
SI CUMPLE	SI CUMPLE	4.37	Licuable

Nota: Para el método de Kishida se debe cumplir de manera obligatoria las tres condiciones, caso contrario no presenta licuación.

Tabla 32*Método de Kishida SPT – 2.*

Metodo de Kishida			
D₅₀ > 0.074mm	D₅₀ < 2mm	Cu	Licuable o no licuable
NO CUMPLE	NO CUMPLE	0	No Licuable
NO CUMPLE	NO CUMPLE	0	No Licuable
NO CUMPLE	NO CUMPLE	0	No Licuable
NO CUMPLE	NO CUMPLE	0	No Licuable
NO CUMPLE	NO CUMPLE	0	No Licuable
SICUMPLE	SICUMPLE	0	Licuable
SICUMPLE	SICUMPLE	5.19	Licuable
SICUMPLE	SICUMPLE	5.19	Licuable
SICUMPLE	SICUMPLE	5.19	Licuable
SICUMPLE	SICUMPLE	5.19	Licuable
SICUMPLE	SICUMPLE	5.19	Licuable
SICUMPLE	SICUMPLE	5.19	Licuable
SICUMPLE	SICUMPLE	4.59	Licuable
SICUMPLE	SICUMPLE	4.59	Licuable
SICUMPLE	SICUMPLE	4.59	Licuable
SICUMPLE	SICUMPLE	4.59	Licuable
SICUMPLE	SICUMPLE	3.79	Licuable
SICUMPLE	SICUMPLE	3.79	Licuable
SICUMPLE	SICUMPLE	3.79	Licuable
SICUMPLE	SICUMPLE	3.79	Licuable
SICUMPLE	SICUMPLE	3.79	Licuable

Nota: Para el método de Kishida se debe cumplir de manera obligatoria las tres condiciones, caso contrario no presenta licuación.

Tabla 33*Método de Ohsaki SPT – 1.*

Metodo de Ohsaki			
D₆₀ > 0.2mm	D₆₀ < 2mm	D₁₀ < 0.1 mm	Licuable o no licuable
NO CUMPLE	SI CUMPLE	SI CUMPLE	No Licuable
NO CUMPLE	SI CUMPLE	SI CUMPLE	No Licuable
NO CUMPLE	SI CUMPLE	SI CUMPLE	No Licuable
NO CUMPLE	SI CUMPLE	SI CUMPLE	No Licuable
NO CUMPLE	SI CUMPLE	SI CUMPLE	No Licuable
SI CUMPLE	SI CUMPLE	SI CUMPLE	Licuable
SI CUMPLE	SI CUMPLE	NO CUMPLE	No Licuable
SI CUMPLE	SI CUMPLE	NO CUMPLE	No Licuable
SI CUMPLE	SI CUMPLE	NO CUMPLE	No Licuable
SI CUMPLE	SI CUMPLE	NO CUMPLE	No Licuable
SI CUMPLE	SI CUMPLE	NO CUMPLE	No Licuable
SI CUMPLE	SI CUMPLE	NO CUMPLE	No Licuable
SI CUMPLE	SI CUMPLE	NO CUMPLE	No Licuable
SI CUMPLE	SI CUMPLE	NO CUMPLE	No Licuable
SI CUMPLE	SI CUMPLE	NO CUMPLE	No Licuable
SI CUMPLE	SI CUMPLE	NO CUMPLE	No Licuable
SI CUMPLE	SI CUMPLE	NO CUMPLE	No Licuable
SI CUMPLE	SI CUMPLE	NO CUMPLE	No Licuable
SI CUMPLE	SI CUMPLE	NO CUMPLE	No Licuable
SI CUMPLE	SI CUMPLE	NO CUMPLE	No Licuable
SI CUMPLE	SI CUMPLE	NO CUMPLE	No Licuable

Nota: El método de Ohsaki se debe cumplir de manera obligatoria las tres condiciones, caso contrario no presenta licuación.

Tabla 34

Método de Ohsaki SPT – 2.

Método de Ohsaki			
D₆₀ > 0.2mm	D₆₀ < 2mm	D₁₀ < 0.1 mm	Licuable o no licuable
NO CUMPLE	SICUMPLE	SICUMPLE	No Licuable
NO CUMPLE	SICUMPLE	SICUMPLE	No Licuable
NO CUMPLE	SICUMPLE	SICUMPLE	No Licuable
NO CUMPLE	SICUMPLE	SICUMPLE	No Licuable
NO CUMPLE	SICUMPLE	SICUMPLE	No Licuable
SICUMPLE	SICUMPLE	SICUMPLE	Licuable
SICUMPLE	SICUMPLE	NO CUMPLE	No Licuable
SICUMPLE	SICUMPLE	NO CUMPLE	No Licuable
SICUMPLE	SICUMPLE	NO CUMPLE	No Licuable
SICUMPLE	SICUMPLE	NO CUMPLE	No Licuable
SICUMPLE	SICUMPLE	NO CUMPLE	No Licuable
SICUMPLE	SICUMPLE	NO CUMPLE	No Licuable
SICUMPLE	SICUMPLE	NO CUMPLE	No Licuable
SICUMPLE	SICUMPLE	NO CUMPLE	No Licuable
SICUMPLE	SICUMPLE	NO CUMPLE	No Licuable
SICUMPLE	SICUMPLE	NO CUMPLE	No Licuable
SICUMPLE	SICUMPLE	NO CUMPLE	No Licuable
SICUMPLE	SICUMPLE	NO CUMPLE	No Licuable
SICUMPLE	SICUMPLE	NO CUMPLE	No Licuable
SICUMPLE	SICUMPLE	NO CUMPLE	No Licuable
SICUMPLE	SICUMPLE	NO CUMPLE	No Licuable
SICUMPLE	SICUMPLE	NO CUMPLE	No Licuable

Nota: El método de Ohsaki se debe cumplir de manera obligatoria las tres condiciones, caso contrario no presenta licuación.

4.1.2. Criterio de Seed et al.

Este criterio divide la carta de plasticidad en dos zonas para determinar si el suelo es licuable o no. Para ello necesitaremos algunos datos como los límites de Atterberg y el contenido de humedad que obtendremos de los estudios de mecánica de suelos ya realizados. A continuación, presentaremos las siguientes tablas con los datos necesarios para realizar el análisis.

Tabla 35*Datos SPT – 1.*

Estratigrafía	Prof (m)	Límites de Atterberg			W.C.
		LL	LP	IP	
<i>CL</i>	0.95	25.01	15.92	9.09	17.56
	1.40				
	1.85				
	2.30				
	2.75				
<i>SC</i>	3.20	25.11	19.11	6	23.33
	3.65				

Nota: Se presentan los valores de los límites de atterberg y contenido de humedad respectivamente a una profundidad de 0.95 a 3.65 m.

Tabla 36*Datos SPT – 2*

Estratigrafía	Prof (m)	Límites de Atterberg			W.C.
		LL	LP	IP	
<i>CL</i>	0.95	25.39	15.79	9.6	18.57
	1.4				
	1.85				
	2.3				
	2.75				
<i>SC</i>	3.2	24.5	19.22	5.28	22.57
	3.65				

Nota: Se presentan los valores de los límites de atterberg y contenido de humedad respectivamente a una profundidad de 0.95 a 3.65 m.

Tabla 37*Datos C - 1.*

Estratigrafía	Prof (m)	Límites de Atterberg			W.C.
		LL	LP	IP	
CL	0.20-2.20	25	16.73	8.27	7.8
CL	2.20-3.10	31	22.86	8.14	20.76
SC	3.10-3.70	30	22.63	7.37	9.57
CL	3.70-4.00	30	18.47	11.53	20.37

Nota: Se presentan los valores de los límites de atterberg y contenido de humedad respectivamente a una profundidad de 0.20 a 4.00 m.

Tabla 38*Datos C - 2.*

Estratigrafía	Prof (m)	Límites de Atterberg			W.C.
		LL	LP	IP	
CL	0.20-2.20	25	16.23	8.77	16.51
CL	2.20-3.00	33	21.5	11.5	18.53

Nota: Se presentan los valores de los límites de atterberg y contenido de humedad respectivamente a una profundidad de 0.20 a 3.00 m.

Tabla 39*Datos C – 3.*

Estratigrafía	Prof (m)	Límites de Atterberg			W.C.
		LL	LP	IP	
CL	0.20-2.20	27	19.75	7.25	6.66
CL	2.20-3.00	31	22.25	8.75	18.37

Nota: Se presentan los valores de los límites de atterberg y contenido de humedad respectivamente a una profundidad de 0.20 a 3.00 m.

Tabla 40*Datos C – 4.*

Estratigrafía	Prof (m)	Límites de Atterberg			W.C.
		LL	LP	IP	
CL	0.20-2.20	25	16.37	8.63	13.51
CL	2.20-3.00	33	21.21	11.79	22.68

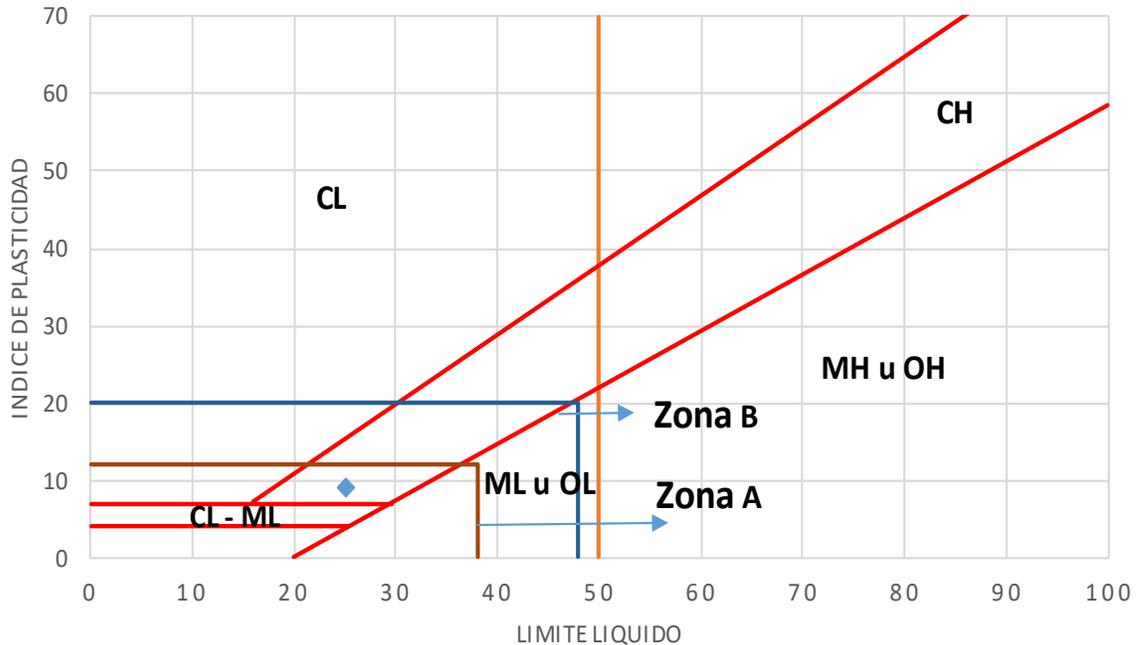
Nota: Se presentan los valores de los límites de atterberg y contenido de humedad respectivamente a una profundidad de 0.20 a 3.00 m.

Realizaremos un ejemplo usando la tabla 35, en la cual se observa que la primera capa va de 0.95 m a 2.75 m, en donde el límite líquido es 25.01, el límite plástico 15.92, el índice de plasticidad es la diferencia entre estos dos valores el cual sería 9.09 y el contenido de humedad es 17.56 %.

Ahora observando la figura 49 y relacionando los valores de límite líquido e índice de plasticidad mencionados anteriormente podemos ver que se ubica en la zona A la cual es potencialmente licuable, pero para ello debe cumplirse la siguiente condición, que el contenido de humedad debe ser mayor al 80% del límite líquido caso contrario no hay licuación por más que se ubique en dicha zona. El contenido de humedad es 17.56 y el 80% del límite líquido es aproximadamente 20 lo cual no cumple con dicha condición establecida para la zona A y consecuentemente no hay licuación.

Figura 49

Susceptibilidad de Licuación en suelos finos, SPT – 1 (0.95 – 2.75).

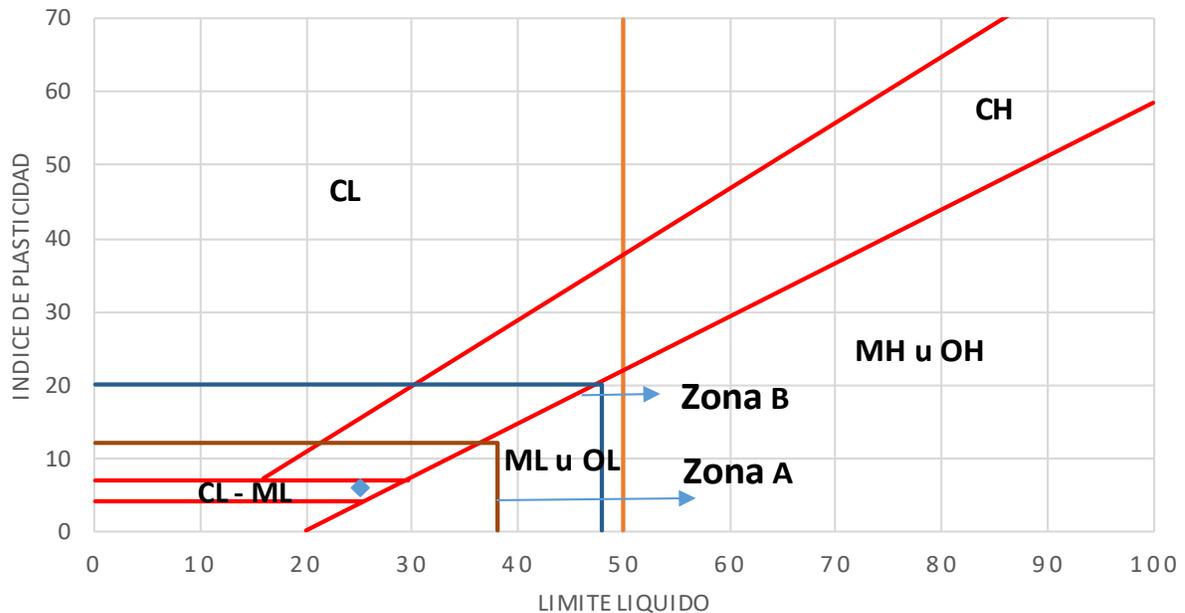


Nota: Fuente Propia.

La segunda capa va de 3.20 m a 3.65 m, en donde el límite líquido es 25.11, el límite plástico 19.11, el índice de plasticidad es 6 y el contenido de humedad 23.33 %. Observando la figura 50 podemos ver que también se ubica en la zona A la cual es potencialmente licuable, pero recordando lo dicho anteriormente, que el contenido de humedad debe ser mayor al 80% del límite líquido caso contrario no hay licuación. El contenido de humedad es 23.33 y el 80% del límite líquido es aproximadamente 20 lo cual si cumple con dicha condición establecida para la zona A y podríamos decir que si hay licuación.

Figura 50

Susceptibilidad de Licuación en suelos finos, SPT – 1 (3.20 – 3.65).



Nota: Fuente Propia.

Finalmente se procederá a realizar el mismo análisis para todos los datos presentados anteriormente y verificar si existe licuación, dicho resumen del cálculo hecho anteriormente se presentará a continuación.

Tabla 41

Criterio de Seed et al., SPT -1.

Prof (m)	SUCEPTIBILIDAD DE LICUACION SPT - 1				Zona	SEED ET AL. Licuable o no licuable
	LL	LP	IP	W.C.		
0.95						
1.4						
1.85	25.01	15.92	9.09	17.56	Zona A	No licuable
2.3						
2.75						
3.2	25.11	19.11	6	23.33	Zona A	Licuable
3.65						

Nota: Por el criterio de Seed et al. presenta licuación desde 2.75 m hasta 3.65 m.

Tabla 42*Criterio de Seed et al., SPT – 2.*

Prof (m)	SUCEPTIBILIDAD DE LICUACION SPT - 2				Zona	SEED ET AL. Licuable o no licuable
	LL	LP	IP	W.C.		
0.95						
1.4						
1.85	25.39	15.79	9.6	18.57	Zona A	No licuable
2.3						
2.75						
3.2	24.5	19.22	5.28	22.57	Zona A	Licuable
3.65						

Nota: Por el criterio de Seed et al. presenta licuación desde 2.75 m hasta 3.65 m.

Tabla 43*Criterio de Seed et al., C-1*

Prof (m)	SUCEPTIBILIDAD DE LICUACION C-1				Zona	SEED ET AL. Licuable o no licuable
	LL	LP	IP	W.C.		
0.20-2.20	25	16.73	8.27	7.8	Zona A	No licuable
2.20-3.10	31	22.86	8.14	20.76	Zona A	No Licuable
3.10-3.70	30	22.63	7.37	9.57	Zona A	No Licuable
3.70-4.00	30	18.47	11.53	20.37	Zona A	No Licuable

Nota: No se presenta licuación por el criterio de Seed et al. con los datos correspondiente a la calicata 1.

Tabla 44*Criterio de Seed et al., C-2.*

Prof. (m)	SUCEPTIBILIDAD DE LICUACION C-2				Zona	SEED ET AL. Licuable o no licuable
	LL	LP	IP	W.C.		
0.20-2.20	25	16.23	8.77	16.51	Zona A	No licuable
2.20-3.00	33	21.5	11.5	18.53	Zona A	No Licuable

Nota: No se presenta licuación por el criterio de Seed et al. con los datos correspondiente a la calicata 2.

Tabla 45*Criterio de Seed et al., C-3.*

Prof (m)	SUCEPTIBILIDAD DE LICUACION C-3				SEED ET AL.	
	LL	LP	IP	W.C.	Zona	Licuable o no licuable
0.20-2.20	27	19.75	7.25	6.66	Zona A	No licuable
2.20-3.00	31	22.25	8.75	18.37	Zona A	No Licuable

Nota: No se presenta licuación por el criterio de Seed et al. con los datos correspondiente a la calicata 3.

Tabla 46*Criterio de Seed et al., C-4.*

Prof (m)	SUCEPTIBILIDAD DE LICUACION C-4				SEED ET AL.	
	LL	LP	IP	W.C.	Zona	Licuable o no licuable
0.20-2.20	25	16.37	8.63	13.51	Zona A	No licuable
2.20-3.00	33	21.21	11.79	22.68	Zona A	No Licuable

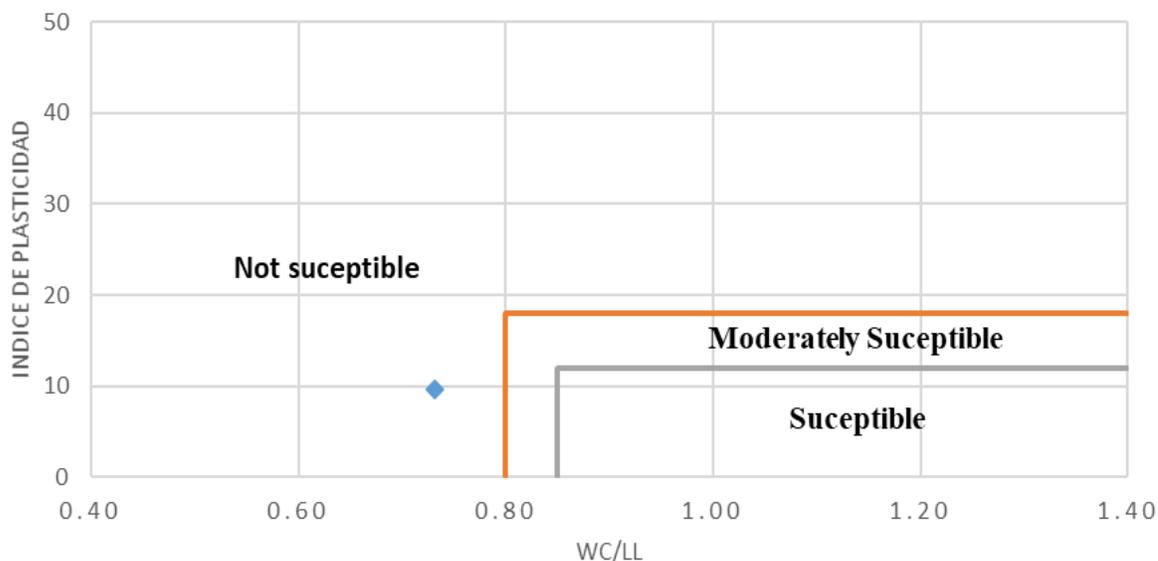
Nota: No se presenta licuación por el criterio de Seed et al. con los datos correspondiente a la calicata 1.

4.1.3. Criterio de Bray y Sancio:

Este criterio presenta un gráfico que se divide en tres zonas que son moderada susceptibilidad, susceptible y no susceptible. Para ello utilizaremos los datos del EMS expuesto en las tablas anteriores y usados en el criterio de Seed. Realizaremos un ejemplo usando la tabla 36, en la cual la primera capa va de 0.95 m a 2.75 m, en donde el límite líquido es 25.39, el límite plástico 15.79, el índice de plasticidad sería 9.60 y el contenido de humedad es 18.57 %. Con los datos mencionados anteriormente, observamos en la figura 51 que se ubica en la zona de no susceptible, por lo tanto, dicho estrato no sufre licuación.

Figura 51

Susceptibilidad de Licuación en suelos finos, SPT – 2 (0.95 – 2.75).

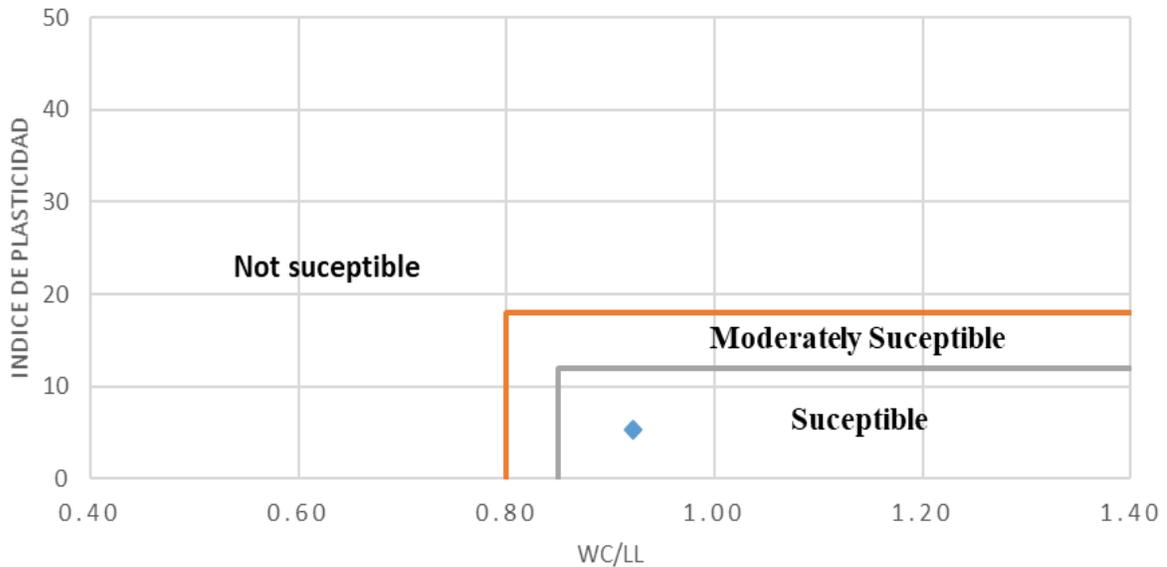


Nota: Fuente Propia.

La segunda capa va de 3.20 m a 3.65 m, en donde el límite líquido es 24.5, el límite plástico 19.22, el índice de plasticidad es 5.28 y el contenido de humedad 22.57. Observando la figura 52 podemos ver que se ubica en la zona susceptible, por lo tanto, este estrato sí sufre licuación.

Figura 52

Susceptibilidad de Licuación en suelos finos, SPT – 2 (3.20 – 3.65).



Nota: Fuente Propia.

De esta manera se procederá a realizar el mismo análisis para todos los datos presentados anteriormente.

Tabla 47

Criterio de Bray y Sancio, SPT – 1.

Prof (m)	SUCEPTIBILIDAD DE LICUACION SPT - 1				Bray y Sancio Licuable o no licuable
	LL	LP	IP	W.C.	
0.95					
1.4					
1.85	25.01	15.92	9.09	17.56	No susceptible
2.3					
2.75					
3.2					
3.65	25.11	19.11	6	23.33	susceptible

Nota: Observamos que por el criterio de Bray y Sancio presenta licuación desde 2.75 m hasta 3.65 m.

Tabla 48*Criterio de Bray y Sancio, SPT – 2.*

Prof (m)	SUCEPTIBILIDAD DE LICUACION SPT - 2				Bray y Sancio Licuable o no licuable
	LL	LP	IP	W.C.	
0.95					
1.4					
1.85	25.39	15.79	9.6	18.57	No Susceptible
2.3					
2.75					
3.2	24.5	19.22	5.28	22.57	Susceptible
3.65					

Nota: Observamos que por el criterio de Bray y Sancio presenta licuación desde 2.75 m hasta 3.65 m.

Tabla 49*Criterio de Bray y Sancio, C-1.*

Prof (m)	SUCEPTIBILIDAD DE LICUACION C-1				Bray y Sancio Licuable o no licuable
	LL	LP	IP	W.C.	
0.20-2.20	25	16.73	8.27	7.8	No susceptible
2.20-3.10	31	22.86	8.14	20.76	No susceptible
3.10-3.70	30	22.63	7.37	9.57	No susceptible
3.70-4.00	30	18.47	11.53	20.37	No susceptible

Nota: No existe presencia de licuación para C-1.

Tabla 50*Criterio de Bray y Sancio, C-2.*

Prof (m)	SUCEPTIBILIDAD DE LICUACION C-2				Bray y Sancio Licuable o no licuable
	LL	LP	IP	W.C.	
0.20-2.20	25	16.23	8.77	16.51	No susceptible
2.20-3.00	33	21.5	11.5	18.53	No susceptible

Nota: No existe presencia de licuación para C-2.

Tabla 51*Criterio de Bray y Sancio, C-3.*

SUCEPTIBILIDAD DE LICUACION C-3					
Prof (m)	LL	LP	IP	W.C.	Bray y Sancio Licuable o no licuable
0.20-2.20	27	19.75	7.25	6.66	No susceptible
2.20-3.00	31	22.25	8.75	18.37	No susceptible

Nota: No existe presencia de licuación para C-3.**Tabla 52***Criterio de Bray y Sancio, C-4.*

SUCEPTIBILIDAD DE LICUACION C-4					
Prof (m)	LL	LP	IP	W.C.	Bray y Sancio Licuable o no licuable
0.20-2.20	25	16.37	8.63	13.51	No susceptible
2.20-3.00	33	21.21	11.79	22.68	No susceptible

Nota: No existe presencia de licuación para C-4.

4.1.4. Método Simplificado:

A partir del número de golpes SPT:

La Norma E.050 de Suelos y Cimentaciones nos indica que debemos usar los valores del CSR y el CRR, con la finalidad de hallar el factor de seguridad ante la licuación y saber si se debería hacer o no un mejoramiento de suelo.

Para ello, primero presentaremos en la tabla 53 los datos obtenidos del EMS el cual nos brindará la profundidad de análisis, el número de golpes SPT-1, el peso unitario por cada capa, el contenido de finos que se obtendrá de las curvas granulométricas expuestas en dicho ensayo y el D_{50} (Diámetro correspondiente al 50% de finos en la curva de distribución granulométrica)

Tabla 53

Datos de entrada SPT-1.

Prof (m)	N_{SPT}	Peso unitario del suelo, γ (kN/m ³)	Contenido de finos, FC (%)	D_{50} (mm)
3.2	32	25.79	13.5	0.41
3.65	34	25.79	3.2	0.46
4.1	39	25.79	3.2	0.46
4.55	50	25.79	3.2	0.46
5	52	25.79	3.2	0.46
5.45	50	25.79	3.2	0.46
5.9	52	25.79	3.2	0.46
6.35	56	25.79	2.2	0.49
6.8	58	26.08	2.2	0.49
7.25	57	26.08	2.2	0.49
7.7	61	26.08	2.2	0.49
8.15	62	26.18	3.2	0.51
8.6	65	26.18	3.2	0.51
9.05	67	26.18	3.2	0.51
9.5	68	26.18	3.2	0.51
10	67	26.18	3.2	0.51

Nota: Se presenta el número de golpes, peso específico, contenido de finos y el diámetro D_{50} cuyos datos fueron obtenidos del sondeo SPT – 1.

Cabe resaltar que los cálculos se iniciaron con un sismo de magnitud 5.5 y luego se realizó simulaciones con sismos de mayor magnitud, considerando la aceleración de la gravedad de 9.80 m/s^2 , la aceleración máxima de sitio $a_{\text{max}} = 0.70g$ cuyo dato fue obtenido del instituto geofísico del Perú (IGP), el peso unitario del agua será de 9.81 kN/m^3 y el nivel freático se encuentra a una profundidad de 2.80 m.

Procederemos a hallar el esfuerzo efectivo (σ'_{vo}) que son los que controlan el comportamiento del suelo al cortante, restando los esfuerzos totales (σ_{vo}) con la presión de poros (u).

Tabla 54

Esfuerzos totales, esfuerzos efectivos y presión de poros.

σ_{vo} (kPa)	σ'_{vo} (kPa)	u (kPa)
82.53	78.61	3.92
94.13	85.8	8.33
105.74	92.99	12.75
117.34	100.19	17.16
128.95	107.38	21.57
140.56	114.57	25.98
152.16	121.77	30.4
163.77	128.96	34.81
175.5	136.28	39.22
187.24	143.61	43.63
198.97	150.93	48.04
210.76	158.3	52.46
222.54	165.67	56.87
234.32	173.04	61.28
246.1	180.41	65.69
259.19	188.59	70.6

Nota: Esfuerzos efectivos, totales y presión de poros a diferentes profundidades para el sondeo SPT – 1.

Con los valores de los esfuerzos efectivos mostrados en la tabla 54, lo introduciremos en las ecuaciones planteadas en la tabla 6 y obteniendo diversos valores, así como se muestra en la tabla 55, del cual sacaremos un promedio obteniendo un único valor para dicho factor de corrección.

Tabla 55

Valores del Factor de Corrección C_N usando diversos autores.

Peck y Bazaraa (1969)	Peck et al (1974)	Tokimatsu y Yoshini (1983)	Liao y Whitman (1986)	Clayton (1993) Arenas sobre consolidadas	Skempton (1986) Arenas Finas	Arenas densas, gruesas, normalmente consolidadas	Skempton (1986) Arenas finas sobre consolidadas	Robertson et al. (2000) Arenas normalmente consolidadas	Promedio
0.981	1.076	1,132	1,117	1,176	1,110	1,071	1,132	1,128	1,103
0.964	1.046	1,079	1	1,110	1,067	1,044	1,079	1,080	1,060
0.946	1,020	1,031	1,027	1,052	1,027	1,018	1,031	1,037	1,021
0,930	0,995	0,987	0,989	0,999	0,989	0,993	0,987	0,999	0,985
0,914	0,971	0,947	0,956	0,951	0,955	0,969	0,947	0,965	0,953
0,898	0,950	0,910	0,925	0,908	0,922	0,947	0,910	0,934	0,923
0,883	0,929	0,876	0,897	0,868	0,892	0,925	0,876	0,906	0,895
0,869	0,910	0,844	0,872	0,832	0,864	0,905	0,844	0,881	0,869
0,855	0,892	0,814	0,848	0,798	0,837	0,885	0,814	0,857	0,844
0,841	0,874	0,785	0,826	0,766	0,812	0,866	0,785	0,834	0,821
0,827	0,858	0,759	0,806	0,737	0,788	0,848	0,759	0,814	0,800
0,814	0,842	0,735	0,787	0,710	0,765	0,830	0,735	0,795	0,779
0,802	0,826	0,711	0,769	0,685	0,744	0,813	0,711	0,777	0,760
0,789	0,812	0,690	0,753	0,662	0,723	0,797	0,690	0,760	0,742
0,778	0,798	0,669	0,737	0,640	0,704	0,781	0,669	0,745	0,725
0,765	0,783	0,648	0,721	0,617	0,684	0,765	0,648	0,728	0,707

Nota: La razón de obtener diversos valores de C_N nos permite observar la variación entre uno y otro para obtener una media que nos arroje mejores resultados (Ver anexo 1.60).

Es necesario corregir el número de golpes SPT para obtener el $(N_1)_{60}$ (Ec. 88). Estas correcciones involucran el tipo de martillo, el diámetro de sondeo, el tipo de muestreador y la longitud de barra. Dichos valores de $(N_1)_{60}$ lo podemos observar en la tabla 56.

Hemos considerado para corrección por energía un valor de $C_e = 0.60$ (Ver tabla 7), corrección por diámetro de sondeo $C_b = 1.00$ (Ver tabla 8), corrección por muestreador $C_s = 1.00$ (Ver tabla 10) y corrección por longitud de barra $C_r = 0.95$. (Ver tabla 9)

Tabla 56

Valores de $(N_1)_{60}$

N_{60}	$(N_1)_{60}$
35	20
36	21
40	23
49	28
50	28
46	26
47	27
49	28
49	28
47	27
49	28
48	28
49	28
50	28
49	28
47	27

Nota: Se observa la variación de $(N_1)_{60}$ y N_{60} debido a los factores de corrección. (Ver anexo 1.61)

Asimismo, se realizó la corrección al valor de $(N_1)_{60}$ utilizando las ecuaciones (80-87) para obtener valores de $(N_1)_{60cs}$, el cual, nos ayudara a encontrar los valores de CRR. Dichos valores se presentan en la siguiente tabla 57.

Tabla 57

Valores de $(N_1)_{60cs}$ usando diversos autores.

Seed (1987)	$(N_1)_{60cs}$				Promedio
	Youd et al., 1998	Cetin et al., 2004	Stark y Mesri (1992)	Dewoolkar et al. (2015)	
22	21	23	24	22	22
21	21	21	21	23	21
24	23	23	24	25	23
29	28	28	29	31	29
29	28	28	29	31	29
27	26	26	27	29	27
27	27	27	27	29	27
28	28	28	28	30	28
29	28	28	28	30	29
27	27	27	27	29	27
29	28	28	28	30	29
28	28	28	28	30	28
29	28	28	29	31	29
29	28	28	29	31	29
29	28	28	29	31	29
28	27	27	28	30	28

Nota: Podemos observar los diversos valores de $(N_1)_{60cs}$ cuyas ecuaciones dependen del contenido de finos presentes en cada estrato del suelo. (Ver anexo 1.61)

Cabe resaltar que, la ecuación (83) propuesta por Dewoolkar et al. (2015) para hallar el $(N_1)_{60cs}$ está en función de la densidad relativa de la arena. Para encontrar la densidad relativa, utilizamos las ecuaciones (90 – 102) que están en función del número de golpes corregido $(N_1)_{60}$ (Ver tabla 56). Los valores de D_r se presentarán en la siguiente tabla.

Tabla 58

Valores de Densidad relativa usando diversos autores.

Densidad relativa Dr (%)											
Gibbs y Holtz (1957)	Meyerhof (1956)	Peck y Bazaraa (1969)	Skempton (1986)	Kokusho et al.	Idriss y Boulanger	Yoshida y Ikemi	Das (2010)	Kibria y Masood	Ishihara (1979)	Ishihara, Yasuda y Yokoya	Promedio
93.95	96.46	62.79	77.28	95.33	66.12	72.92	57.89	73.99	37.32	31.05	69.58
94.58	97.08	64.17	78.10	96.37	66.82	74.2	58.51	74.79	34.02	30.94	69.96
99.02	101.63	68.16	82.07	100.25	70.24	78.27	61.5	78.61	35.96	32.51	73.48
109.72	112.59	76.55	91.24	108.71	78.14	86.97	68.41	87.44	40.81	36.13	81.52
109.59	112.44	77.43	91.42	109.13	78.35	87.82	68.61	87.68	40.95	36.23	81.79
105.34	108.07	75.33	88.13	106.46	75.61	85.58	66.2	84.61	39.2	34.97	79.05
105.39	108.11	76.22	88.41	106.93	75.93	86.5	66.48	84.97	39.4	35.12	79.41
107.36	110.12	78.49	90.29	108.84	77.65	88.89	67.99	86.89	39.59	35.67	81.07
107.3	110.05	79.27	90.46	109.2	77.89	89.74	68.2	87.17	39.75	35.79	81.35
104.53	107.2	77.99	88.31	107.47	76.16	88.47	66.68	85.23	38.64	34.99	79.61
106.32	109.03	80.08	90.02	109.2	77.74	90.73	68.07	87	39.65	35.72	81.23
105.44	108.11	80.13	89.45	108.87	77.37	90.89	67.74	86.58	40.35	35.4	80.94
106.26	108.94	81.45	90.31	109.81	78.24	92.38	68.5	87.55	40.91	35.8	81.83
106.23	108.9	82.1	90.44	110.1	78.48	93.19	68.71	87.82	41.06	35.91	82.09
105.42	108.08	82.13	89.91	109.77	78.14	93.36	68.42	87.45	40.85	35.75	81.75
102.97	105.56	80.89	87.97	108.18	76.59	92.23	67.07	85.72	39.86	35.04	80.19

Nota: Se usan diversos valores de densidad relativa (Dr), ya que, podemos ver que difieren de manera considerable entre uno y otro .

Finalmente procedemos a hallar los valores de CRR (Cyclic Resistance Ratio) usando las ecuaciones (67-77). Dichos valores se observan en la tabla 59.

Tabla 59

Valores de CRR, SPT-1 usando diversos autores.

Cyclic Resistance Ratio, $CRR_{M=7,5}$ (-)						
Youd et al., (2001)	Idriss y Boulanger (2003)	Fellenius (2016)	Ishihara (1990) – Método Chino	Código Japonés para Puentes (Japanese Code Bridge)	Tokimatsu y Yoshimi (1983)	Promedio
0.249	0.24	1.731	0.915	0.324	0.388	0.641
0.232	0.223	0.666	0.947	0.294	0.391	0.459
0.264	0.258	0.773	1.117	0.303	0.407	0.52
0.407	0.425	1.124	1.599	0.331	0.445	0.722
0.415	0.434	1.136	1.615	0.325	0.446	0.728
0.342	0.351	0.993	1.43	0.306	0.433	0.642
0.349	0.359	1.009	1.451	0.301	0.434	0.65
0.388	0.405	0.759	1.565	0.294	0.443	0.642
0.396	0.413	0.767	1.582	0.289	0.444	0.649
0.351	0.362	0.707	1.466	0.277	0.435	0.6
0.391	0.409	0.762	1.572	0.278	0.443	0.642
0.385	0.401	1.095	1.546	0.267	0.441	0.689
0.412	0.431	1.143	1.606	0.266	0.445	0.717
0.421	0.44	1.157	1.623	0.262	0.447	0.725
0.409	0.427	1.138	1.6	0.256	0.445	0.712
0.365	0.378	1.054	1.494	0.246	0.438	0.662

Nota: Se calculan valores de CRR con diversos autores y se observamos que la propuesta de Fellenius e Ishihara difieren considerablemente del resto de propuestas usadas. (Ver anexo 1.62)

Recordemos que los valores de CRR (Cyclic Resistance Ratio) solo aplican para un sismo de magnitud 7.5, en caso se quiera probar con un sismo de magnitud 5.5 que fue el valor inicial, se deberá multiplicar por el valor de MSF (Ec. 53 -65).

Tabla 60

Valores de $MSF_{MW=5.5}$ (Magnitude Scaling Factors) usando diversos autores.

Magnitude Scaling Factors, MSF												
Arango (1996)												
Tokimatsu y Seed (1987)	Idriss (NCEER 1997)	Idriss y Boulanger (2008)	Cetin (2004)	Seed e Idriss (1982)	Idriss (1995)	Ambroseys (1988)	Basado en la distancia de la fuente, con $M=5,50 - 8,00$	Basado en la energía, con $M=5,50 - 8,00$	Andrus y Stokoe (1997)	Boulanger e Idriss (2015)	Promedio	
1.4	2.212	1.687	1.89	1.439	2.205	2.823	2.98	2.187	2.794	1.599	2.119	
1.4	2.212	1.687	1.89	1.439	2.205	2.823	2.98	2.187	2.794	1.546	2.115	
1.4	2.212	1.687	1.99	1.439	2.205	2.823	2.98	2.187	2.794	1.645	2.124	
1.4	2.212	1.687	1.99	1.439	2.205	2.823	2.98	2.187	2.794	1.933	2.15	
1.4	2.212	1.687	1.99	1.439	2.205	2.823	2.98	2.187	2.794	1.943	2.151	
1.4	2.212	1.687	1.99	1.439	2.205	2.823	2.98	2.187	2.794	1.832	2.141	
1.4	2.212	1.687	1.99	1.439	2.205	2.823	2.98	2.187	2.794	1.845	2.142	
1.4	2.212	1.687	1.99	1.439	2.205	2.823	2.98	2.187	2.794	1.908	2.148	
1.4	2.212	1.687	1.99	1.439	2.205	2.823	2.98	2.187	2.794	1.919	2.149	
1.4	2.212	1.687	1.99	1.439	2.205	2.823	2.98	2.187	2.794	1.849	2.142	
1.4	2.212	1.687	1.99	1.439	2.205	2.823	2.98	2.187	2.794	1.913	2.148	
1.4	2.212	1.687	1.99	1.439	2.205	2.823	2.98	2.187	2.794	1.903	2.147	
1.4	2.212	1.687	1.99	1.439	2.205	2.823	2.98	2.187	2.794	1.94	2.15	
1.4	2.212	1.687	1.99	1.439	2.205	2.823	2.98	2.187	2.794	1.95	2.151	
1.4	2.212	1.687	1.99	1.439	2.205	2.823	2.98	2.187	2.794	1.936	2.15	
1.4	2.212	1.687	1.99	1.439	2.205	2.823	2.98	2.187	2.794	1.872	2.144	

Nota: Los valores de MSF son para un sismo de 5.5 en la cual podemos observar una variación considerable entre uno y otro método propuesto por cada autor. (Ver anexo 1.63)

Se usó los valores promedio del $MSF_{Mw=5.5}$ y se multiplico por los valores promedios del $CRR_{Mw=7.5}$ (Ver tabla 59), obteniendo los valores de CRR corregido por sismo.

Tabla 61

Valores de CRR (Corregido por sismo).

Cyclic Resistance Ratio, CRR (Corregido por sismo)	
M=	5.5
1.359	
0.97	
1.105	
1.552	
1.566	
1.375	
1.393	
1.38	
1.394	
1.285	
1.38	
1.48	
1.542	
1.56	
1.532	
1.42	

Nota: Estos son los valores finales de CRR corregido para el sismo para el que se está analizando. (Ver anexo 1.64)

Hallamos los valores de CSR (Cyclic Stress Ratio), cuya ecuación depende de: aceleración máxima de sitio (0.70g), esfuerzo total (σ_{vo}), esfuerzo efectivo (σ'_{vo}) y factor de corrección de esfuerzos (r_d)

A continuación, se presentan los valores del factor de corrección de esfuerzos (Ec. 37-52) visualizados en la tabla 62, tomando en cuenta que los valores de los esfuerzos totales y efectivos se encuentran en la tabla 54.

Tabla 62

Valores de corrección de esfuerzos (r_d) usando diversos autores.

Kayen et al., (1992)	Norma ROM 0.5-05 (Recomendaciones para Obras Marítimas) de España	Factor de corrección de esfuerzos (r_d)						Promedio
		Iwasaki et al., (1978)	Liao et al., (1988)	Rauch (1971)	Blake (1997)	Idriss and Golesorkhi (1989)	NCEER	
0.962	0.99	0.952	0.976	0.978	0.212	0.971	0.976	0.877
0.956	0.987	0.945	0.972	0.975	0.189	0.971	0.972	0.871
0.951	0.983	0.939	0.969	0.971	0.17	0.972	0.969	0.865
0.945	0.979	0.932	0.965	0.967	0.153	0.972	0.965	0.86
0.94	0.975	0.925	0.962	0.963	0.139	0.972	0.962	0.855
0.935	0.97	0.918	0.958	0.959	0.126	0.972	0.958	0.85
0.929	0.965	0.912	0.955	0.954	0.115	0.973	0.955	0.845
0.924	0.96	0.905	0.951	0.949	0.105	0.973	0.951	0.84
0.918	0.954	0.898	0.948	0.944	0.097	0.973	0.948	0.835
0.913	0.947	0.891	0.945	0.939	0.089	0.973	0.945	0.83
0.908	0.941	0.885	0.941	0.933	0.082	0.973	0.941	0.825
0.902	0.934	0.878	0.938	0.927	0.076	0.974	0.938	0.821
0.897	0.926	0.871	0.934	0.921	0.07	0.974	0.934	0.816
0.891	0.918	0.864	0.931	0.914	0.065	0.974	0.931	0.811
0.886	0.91	0.858	0.923	0.907	0.061	0.974	0.92	0.805
0.88	0.9	0.85	0.91	0.898	0.057	0.974	0.907	0.797

Nota: Las diversas propuestas de r_d usadas dependen de la profundidad de análisis.
(Ver anexo 1.65)

Tabla 63

Valores de CSR (Cyclic Stress Ratio).

Cyclic Stress Ratio, CSR (-) Seed et al., (1983,1985)
0.419
0.435
0.448
0.458
0.467
0.474
0.48
0.485
0.489
0.493
0.495
0.497
0.499
0.5
0.5
0.498

Nota: Los valores de CSR depende de la aceleración máxima de sitio, el esfuerzo efectivo y el factor de reducción de esfuerzos. (Ver anexo 1.66)

Dividiendo los valores de CRR (Cyclic Resistance Ratio) y CSR (Cyclic Stress Ratio) respectivamente, procedemos a calcular el factor de seguridad ante la licuación (FSL) que según la norma E.050 de suelos y cimentaciones debe tener un valor mayor igual a uno, caso contrario existe licuación.

Tabla 64*Valores de Factor de seguridad ante licuación.*

FS	Licuable
3.244	No licuable
2.232	No licuable
2.469	No licuable
3.387	No licuable
3.354	No licuable
2.9	No licuable
2.901	No licuable
2.843	No licuable
2.849	No licuable
2.608	No licuable
2.787	No licuable
2.977	No licuable
3.093	No licuable
3.121	No licuable
3.066	No licuable
2.849	No licuable

Nota: El factor de seguridad contra la licuación observados son mayores a 1 por lo cual no hay licuación para un sismo de 5.5. (Ver anexo 1.68)

A continuación, se muestra los resultados de los factores de seguridad simulados para diversos sismos, por lo cual podemos concluir que no existe licuefacción de suelo.

Tabla 65

Factores de Seguridad ante Licuefacción por SPT-1 para diversos sismos.

Prof (m)	Factor de Seguridad por número de golpes SPT -1					
	Mw = 5.5	Mw = 6.0	Mw = 6.5	Mw = 7.0	Mw = 7.5	Mw = 8.0
	FS	FS	FS	FS	FS	FS
3.2	3.244	2.615	2.156	1.818	1.481	1.324
3.65	2.232	1.797	1.481	1.248	1.021	0.908
4.1	2.469	1.99	1.642	1.385	1.124	1.01
4.55	3.387	2.738	2.266	1.917	1.523	1.407
5	3.354	2.712	2.244	1.898	1.508	1.394
5.45	2.9	2.342	1.935	1.635	1.309	1.198
5.9	2.901	2.343	1.936	1.636	1.309	1.198
6.35	2.843	2.297	1.9	1.606	1.279	1.178
6.8	2.849	2.302	1.904	1.61	1.281	1.181
7.25	2.608	2.106	1.741	1.471	1.176	1.077
7.7	2.787	2.252	1.862	1.574	1.253	1.155
8.15	2.977	2.405	1.988	1.681	1.338	1.232
8.6	3.093	2.499	2.067	1.748	1.388	1.283
9.05	3.121	2.522	2.086	1.764	1.4	1.294
9.5	3.066	2.477	2.048	1.732	1.376	1.27
10	2.849	2.3	1.901	1.606	1.281	1.176

Nota: Se presente los valores de factores de seguridad para diversos sismos y podemos observar que estos van disminuyendo y se vuelven más susceptibles conforme la intensidad del sismo aumenta. (Ver anexo 1.69)

Tabla 66*Probabilidad de Licuefacción para diversos sismos, SPT-1.*

Prof (m)	Probabilidad de Licuefacción SPT -1					
	Mw = 5.5	Mw = 6.0	Mw = 6.5	Mw = 7.0	Mw = 7.5	Mw = 8.0
3.2	1%	3%	6%	11%	21%	29%
3.65	5%	11%	21%	34%	53%	64%
4.1	4%	8%	15%	26%	44%	54%
4.55	1%	3%	5%	9%	20%	25%
5	1%	3%	5%	10%	20%	25%
5.45	2%	5%	9%	16%	30%	38%
5.9	2%	5%	9%	16%	30%	38%
6.35	2%	5%	10%	17%	32%	39%
6.8	2%	5%	9%	16%	32%	39%
7.25	3%	7%	13%	22%	39%	48%
7.7	2%	5%	10%	18%	34%	41%
8.15	2%	4%	8%	14%	28%	35%
8.6	2%	4%	7%	13%	26%	32%
9.05	2%	3%	7%	12%	25%	31%
9.5	2%	4%	7%	13%	26%	33%
10	2%	5%	9%	17%	32%	39%

Nota: La probabilidad de que exista licuación como se puede observar es a partir de una profundidad de 3.65 m a 4.10 m para un sismo de 8.0. (Ver anexo 1.70)

A partir del Vs (Velocidad de ondas de corte):

Para este caso no se hizo un ensayo geofísico para determinar cuál es la velocidad de onda de corte in situ, pero diversos autores plantean ecuaciones (103 – 114) que nos permiten hallar los valores Vs que están en función del $(N_1)_{60}$ o $(N_1)_{60cs}$ que obtuvimos en los cálculos hechos anteriormente.

Tabla 67*Velocidad de ondas de corte usando diversos autores.*

Velocidad de onda de corte, Vs (m/s)												
Schmertmann, 1978	Yoshida et al., (1988)	Imai y Yoshimura (1970)	Dickensen (1994)	Dickmen, 2009	Lee, 1990	Andrus y Stokoe, 2000	Shibata (1970)	Ohta et al., (1972)	Imai (1977)	Sykora y Stokoe, 1983	Okamoto et al., 1989	Promedio
337	197	256	228	195	262	186	170	267	226	248	318	230
319	196	250	224	191	255	187	165	262	222	244	313	225
352	203	260	231	199	268	192	174	272	229	251	322	235
434	217	282	245	215	296	201	195	293	245	267	343	256
436	219	283	245	216	297	202	196	293	246	267	344	257
407	217	275	241	210	287	198	188	286	240	262	336	250
410	220	276	241	211	288	199	189	287	241	262	337	251
427	224	281	244	214	294	201	193	291	244	265	341	259
430	226	281	244	215	295	201	194	292	245	266	342	260
412	225	277	241	211	289	199	190	287	241	263	338	255
429	229	281	244	214	295	201	194	292	244	266	342	260
426	230	280	244	214	294	200	193	291	244	265	341	259
436	233	283	245	216	297	201	195	293	246	267	343	262
438	234	283	246	216	298	202	196	294	246	267	344	267
435	235	282	245	216	297	201	195	293	246	267	343	266
418	234	278	242	212	291	200	191	289	242	264	339	262

Nota: No se realizó un ensayo geofísico para obtener la velocidad de onda de corte del sitio por lo cual usamos algunas ecuaciones propuesto por algunos autores que nos permiten hallar este valor a partir del número de golpes. (Ver anexo 1.71)

Se procede a calcular la velocidad de onda de corte normalizada (V_{s1}) que está en función del V_s (ver tabla 67), los esfuerzos efectivos (ver tabla 54) y la presión atmosférica expresada en kPa.

Tabla 68

Valores de velocidad de onda de corte normalizada

V_{s1} (m/s)
244
234
239
256
253
242
239
243
241
233
235
231
231
232
229
223

Nota: Es importante recalcar que la velocidad de onda corte debe ser normalizada tal y como se muestra en la tabla. (Ver anexo 1.72)

Teniendo los valores de onda de corte normalizada (ver tabla 68) se hace la corrección por finos para hallar V_{s1cs} (Ec. 114), cuyos valores nos servirán para hallar el CRR (Cyclic Resistance Ratio).

Tabla 69

Valores de onda de corte normalizada corregido por finos

	Vs_{1cs} (m/s)	
	Andrus (2004).	NCEER (1997)
281	200	241
264	200	232
273	200	236
303	200	251
296	200	248
277	200	238
272	200	236
280	200	240
275	200	238
263	200	232
265	200	233
260	200	230
259	200	230
262	200	231
257	200	228
247	200	224

Nota: A la velocidad de onda de corte normalizada se debe hacer su corrección por el contenido de finos, cuyos valores se pueden encontrar en las curvas granulométricas. (Ver anexo 1.73)

Con los valores de onda de corte normalizada corregido por finos, se calculó los valores de CRR (Cyclic Resistance Ratio) usando las ecuaciones (116,118, 121 – 124)

Recordemos que estos valores de CRR (Ver tabla 70) solo aplican para un sismo de 7.5. Como se dijo anteriormente, el sismo con el que se inicio es de 5.5 por lo que, se debe hacer una corrección con los valores de MSF calculados anteriormente (Ver tabla 60).

Tabla 70

Valores de CRR, Vs_{1cs} usando diversos autores.

Cyclic Resistance Ratio, CRRM=7,5					
Andrus (2004).	NCEER (1997)	Robertson (2009)	Ahmadi et al., (2014)	Promedio	
0.119	0.154	0.453	0.948	1.439	0.623
0.084	0.134	0.472	0.806	1.208	0.541
0.102	0.144	0.525	0.873	1.317	0.592
0.157	0.177	0.755	1.141	1.757	0.797
0.145	0.170	0.700	1.080	1.656	0.750
0.110	0.149	0.553	0.908	1.374	0.619
0.101	0.144	0.522	0.870	1.312	0.590
0.116	0.152	0.574	0.934	1.416	0.638
0.107	0.147	0.543	0.916	1.387	0.620
0.081	0.132	0.465	0.813	1.219	0.542
0.086	0.135	0.476	0.829	1.245	0.554
0.073	0.127	0.444	0.791	1.184	0.524
0.071	0.126	0.441	0.786	1.175	0.520
0.078	0.130	0.455	0.806	1.208	0.535
0.065	0.123	0.426	0.765	1.142	0.504
0.035	0.106	0.375	0.691	1.022	0.446

Nota: Se muestra la propuesta de algunos autores para hallar los valores de CRR por medio de la velocidad de onda de corte normalizada y corregida por finos.

Observando la tabla 70, los valores de MSF se multiplican por los valores promedio de CRR y obtenemos los valores de CRR corregido por sismo.

Tabla 71

Valores de CRR corregido por sismo.

Magnitude Scaling Factors, MSF	Cyclic Resistance Ratio, CRR M= 5.5
2.119	1.319
2.115	1.144
2.124	1.257
2.15	1.714
2.151	1.614
2.141	1.325
2.142	1.264
2.148	1.371
2.149	1.332
2.142	1.161
2.148	1.19
2.147	1.125
2.15	1.118
2.151	1.152
2.15	1.084
2.144	0.956

Nota: Los valores de MSF y CRR son los mismo que se usaron para hallar el factor de seguridad contra la licuación por medio del número de golpes SPT.

Con Respecto a los valores de CSR (Cyclic Resistance Ratio) serán los mismos que se calcularon anteriormente (Ver tabla 63) y se procederá a dividir para poder hallar el factor de seguridad ante la licuación (Ver tabla 72) por el método de velocidad de onda de corte.

Tabla 72

Factor de seguridad ante la licuación por velocidad de onda de corte.

FS (-)	Licuable
3.15	No licuable
2.63	No licuable
2.808	No licuable
3.741	No licuable
3.456	No licuable
2.793	No licuable
2.631	No licuable
2.825	No licuable
2.723	No licuable
2.358	No licuable
2.404	No licuable
2.263	No licuable
2.242	No licuable
2.304	No licuable
2.17	No licuable
1.918	No licuable

Nota: Los factores de seguridad contra la licuación nos dan valores mayores a uno por lo que no existe licuación para un sismo de 5.5.

A continuación, presentamos los valores de factor de seguridad obtenidos por el método de velocidad de onda de corte, ya que a partir de un sismo de magnitud 7.5 sufre licuación.

Tabla 73

Factores de Seguridad ante Licuefacción por ondas de corte para diversos sismos.

Prof (m)	Factor de Seguridad por velocidad de ondas de corte V_s -1					
	Mw = 5.5	Mw = 6.0	Mw = 6.5	Mw = 7.0	Mw = 7.5	Mw = 8.0
	FS	FS	FS	FS	FS	FS
3.2	3.15	2.538	2.093	1.765	1.45	1.285
3.65	2.63	2.119	1.746	1.471	1.213	1.07
4.1	2.808	2.264	1.868	1.575	1.29	1.148
4.55	3.741	3.024	2.502	2.117	1.697	1.554
5	3.456	2.794	2.312	1.956	1.566	1.436
5.45	2.793	2.255	1.864	1.575	1.272	1.153
5.9	2.631	2.125	1.756	1.484	1.197	1.087
6.35	2.825	2.283	1.888	1.596	1.282	1.171
6.8	2.723	2.201	1.82	1.539	1.235	1.129
7.25	2.358	1.904	1.574	1.329	1.072	0.974
7.7	2.404	1.942	1.606	1.358	1.09	0.996
8.15	2.263	1.828	1.511	1.278	1.026	0.937
8.6	2.242	1.812	1.498	1.267	1.015	0.93
9.05	2.304	1.862	1.54	1.302	1.043	0.956
9.5	2.17	1.753	1.45	1.226	0.982	0.899
10	1.918	1.548	1.279	1.081	0.87	0.791

Nota: Los factores de seguridad contra la licuación menores a 1 lo obtenemos para un sismos de 8 desde 7.25 m hasta 10 m. (Ver anexo 1.74)

Tabla 74*Probabilidad de Licuefacción para diversos sismos, Vs1.*

Prof (m)	Probabilidad de Licuefacción Vs1					
	Mw = 5.5	Mw = 6.0	Mw = 6.5	Mw = 7.0	Mw = 7.5	Mw = 8.0
3.2	2%	3%	7%	12%	23%	32%
3.65	3%	6%	13%	22%	37%	48%
4.1	2%	5%	10%	18%	31%	42%
4.55	1%	2%	4%	7%	14%	18%
5	1%	2%	5%	9%	18%	23%
5.45	2%	5%	10%	18%	33%	41%
5.9	3%	6%	12%	21%	38%	47%
6.35	2%	5%	10%	17%	32%	40%
6.8	3%	6%	11%	19%	35%	43%
7.25	4%	9%	18%	29%	48%	57%
7.7	4%	9%	17%	27%	46%	55%
8.15	5%	11%	20%	32%	52%	61%
8.6	5%	11%	21%	33%	53%	61%
9.05	5%	10%	19%	31%	51%	59%
9.5	6%	12%	23%	36%	56%	64%
10	9%	19%	32%	47%	67%	75%

Nota: La probabilidad de que exista licuación como se puede observar es a partir de una profundidad de 7.25 m a 10 m para un sismo de 8.0. (Ver anexo 1.75)

4.1.5. Sismicidad de la zona:

El sismo es la liberación súbita de energía generada por el movimiento de grandes volúmenes de rocas en el interior de la tierra, entre su corteza y manto superior, y se propagan en forma de vibraciones a través de las diferentes capas terrestres, incluyendo los núcleos externo o interno de la tierra.

Según los mapas de zonificación sísmicas y mapas de máximas intensidades sísmicas del Perú y de acuerdo a las Normas Sismo Resistentes aprobado mediante Decreto Supremo N° 003-2016 - Vivienda del Reglamento Nacional de Edificaciones, modificada mediante Resolución Ministerial N° 355-2018-VIVIENDA, el distrito de Victor Larco, se encuentra comprendido en la Zona 4, correspondiéndole una sismicidad muy alta.

En el recuento de las investigaciones de los principales hechos sísmicos ocurridos en el Perú, presentado por Silgado (1978) en la página 03 del Mapa de Zonas Sísmicas de Máximas Intensidades observadas en el Perú, la cual está basada en Mapas de Isosistas de Sismos Peruanos y datos de intensidades de sismos históricos recientes (Ref. Alva Hurtado de 1984; se tiene que el Perú está considerado como una de las regiones de alta actividad sísmica y forma parte del CINTURON CIRCUMPACIFICO, que es una de las zonas más activas del mundo, que mantiene latente la posibilidad de sismos.

Para el estudio de la zona, los parámetros sísmicos a usarse son:

Factor de Zona	4	Z = 0.45
Factor de ampliación de ondas sísmicas		Tipo S3 (blandos), S = 1.10
Período de vibración predominante		Tp = 1.0 seg TL = 1.6
Factor U = 1.0		

Figura 53

Mapa de zonificación sísmica



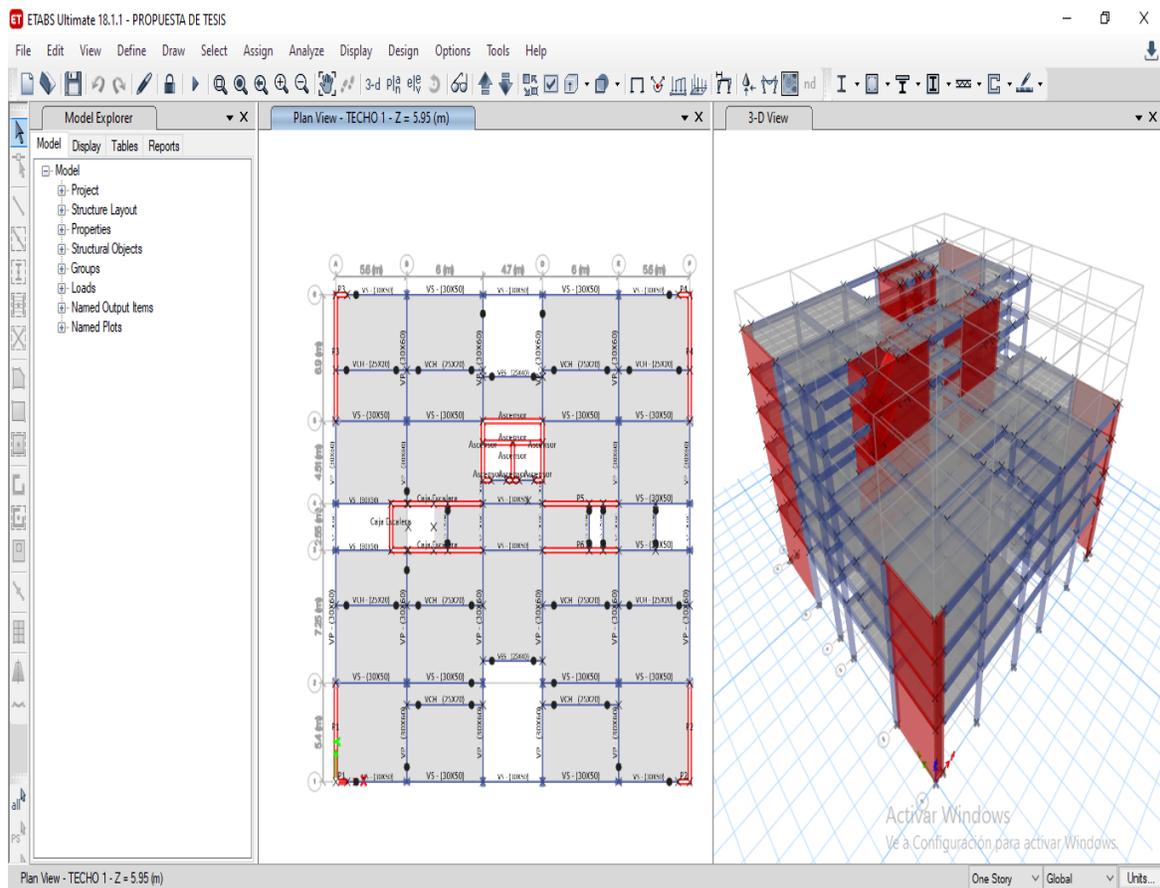
Nota: Adaptado de Norma E.030 MTC (2018)

4.1.6. Edificio multifamiliar para el proyecto:

La edificación multifamiliar cuenta con 4 pisos y un dúplex. En el primer nivel existen 18 columnas, 6 placas, caja de ascensor y escalera en un área aproximada de 742 m². Para poder evaluar las dimensiones de las cimentaciones fue necesario hacer un análisis estructural para toda la edificación con el fin de saber cuáles son las magnitudes de las fuerzas axiales que recaen sobre las columnas en el primer nivel y las fuerzas cortantes que aparecen por efectos del sismo.

Figura 54

Modelado estructural del multifamiliar de 6 pisos

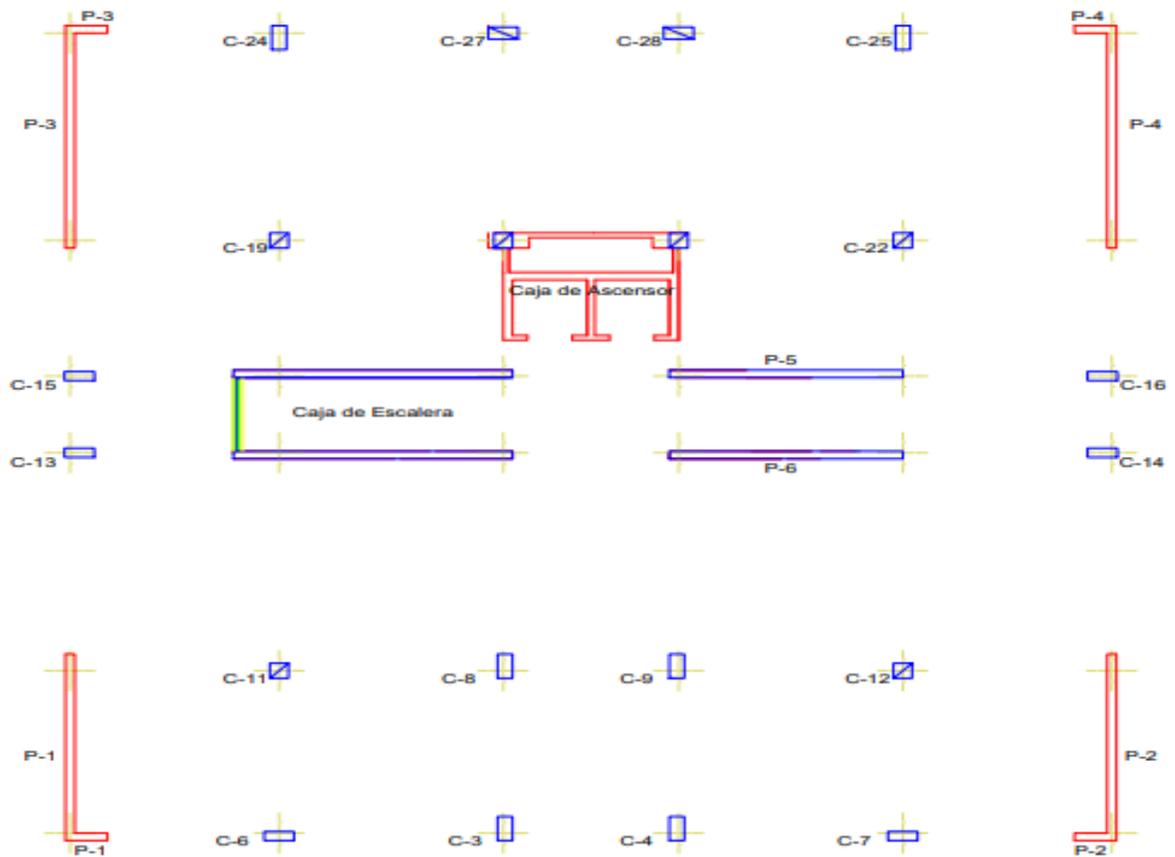


Nota: Elaboración Propia

Tabla 75*Pesos por piso del Multifamiliar*

Niveles	Peso (ton)
Techo 6	351.9183
Techo 5	464.6199
Techo 4	804.8065
Techo 3	804.8065
Techo 2	804.8065
Techo 1	962.6898

Nota: El peso por cada nivel obtenido del modelamiento matemático hecho en Etabs.

Figura 55*Distribución de columnas y placas en planta*

Nota: Elaboración Propia

Finalizado el modelo matemático, se obtuvo las fuerzas en la base considerando combinaciones estáticas (D+L), combinaciones dinámicas (D+L+S) y envolvente. Se procedió a dividir en grupos las fuerzas con valores cercanos, para luego elegir la mayor de cada grupo que nos servirá para diseñar las cimentaciones.

Tabla76

Fuerzas de diseño en la base de las columnas.

Nombre	FX (kN)	FY (kN)	P (kN)	MX (kN-m)	MY (kN-m)
G1 Estatico	0.607	-2.605	503.919	5.086	0.859
G1 Estatico (Asiento)	0.607	-2.605	503.919	5.086	0.859
G1 Dinamico XX	1.162	1.663	561.875	3.510	9.595
G1 Dinamico YY	2.828	11.349	611.640	18.032	6.959
G1 D. Estructural	3.953	12.468	734.423	20.028	9.855
G2 Estatico	-1.395	1.208	683.372	-2.248	-3.122
G2 Estatico (Asiento)	-1.395	1.208	683.372	-2.248	-3.122
G2 Dinamico XX	1.010	-1.459	726.895	8.265	9.289
G2 Dinamico YY	-2.110	8.525	775.728	21.125	-1.524
G2 D. Estructural	3.529	2.300	986.640	4.459	14.355
G3 Estatico	-1.742	-17.601	1389.339	34.215	-3.431
G3 Estatico (Asiento)	-1.742	-17.601	1389.339	34.215	-3.431
G3 Dinamico XX	0.545	-16.461	1426.519	38.931	3.300
G3 Dinamico YY	1.283	-10.236	1585.128	63.668	4.531
G3 D. Estructural	1.831	-5.236	2020.140	72.222	5.608
G4 Estatico	3.540	10.805	2062.740	-20.645	6.350
G4 Estatico (Asiento)	3.540	10.805	2062.740	-20.645	6.350
G4 Dinamico XX	8.750	12.320	2106.551	-15.124	26.099
G4 Dinamico YY	6.190	16.956	2112.914	3.658	15.519
G4 D. Estructural	9.635	19.657	3002.774	9.902	27.687
G5 Estatico	-3.809	0.183	467.806	-0.241	-7.619
G5 Estatico (Asiento)	-3.809	0.183	467.806	-0.241	-7.619
G5 Dinamico XX	6.738	15.805	1914.106	-13.031	22.256
G5 Dinamico YY	3.650	4.689	487.324	9.698	9.417
G5 D. Estructural	6.753	4.821	620.493	10.022	20.286
G6 Estatico	4.794	-1.150	938.204	2.310	9.059
G6 Estatico (Asiento)	4.794	-1.150	938.204	2.310	9.059
G6 Dinamico XX	9.533	-1.020	983.286	3.210	25.903
G6 Dinamico YY	-0.671	-0.550	1017.289	6.890	5.651
G6 D. Estructural	10.732	-0.189	1360.554	8.054	28.168

Nota: Se puede observar las fuerzas de diseño en la base de las columnas y divididas en grupos todas aquellas que sean cercanas o próximas para tomar la mayor de estas cargas y diseñar la cimentación.

Tabla 77*Fuerzas de diseño en la base de las placas.*

Descripcion	Nombre	FX (kN)	FY (kN)	P (kN)	MX (kN-m)	MY (kN-m)
PL-01	Estatico	5.6366	-16.1292	300.0194	2.8152	9.8941
	Dinamico XX	10.4984	26.1325	749.3447	16.3774	33.692
	Dinamico YY	7.7028	152.7728	2120.0095	56.391	20.7413
	D. Estructural	11.9075	155.9856	2195.0143	57.0948	36.1655
PL-02	Estatico	-5.5184	-20.5604	361.4544	4.1585	-11.0349
	Dinamico XX	-0.9107	36.8943	976.3642	22.1633	12.3
	Dinamico YY	-2.6391	285.847	3691.9609	101.014	-1.8285
	D. Estructural	0.5157	290.2338	3782.3245	102.0536	15.2839
PL-03	Estatico	5.937	25.0658	366.0196	-4.9291	11.6963
	Dinamico XX	10.4604	81.3792	944.3641	11.9377	35.4049
	Dinamico YY	8.3277	229.5919	2504.6921	57.0607	24.1489
	D. Estructural	11.9446	235.8584	2596.197	57.9826	38.329
PL-04	Estatico	-6.004	20.4537	303.0164	-3.5416	-12.4952
	Dinamico XX	-1.0607	86.7341	998.7774	16.5541	11.873
	Dinamico YY	-3.1678	391.9184	4235.262	108.5658	-3.0041
	D. Estructural	0.4764	397.0318	4311.0161	109.122	15.1604
PL-05	Estatico	-16.4349	0.4147	196.8431	-0.4656	-0.6226
	Dinamico XX	75.9786	0.974	957.8561	0.515	3.0269
	Dinamico YY	27.3538	3.1333	563.0668	4.7549	1.072
	D. Estructural	79.5414	3.237	1007.0669	4.9083	3.1635
PL-06	Estatico	-26.9772	-1.1572	293.7319	1.4878	-0.9949
	Dinamico XX	49.5301	-0.6702	935.601	2.3724	2.0985
	Dinamico YY	1.0538	1.658	535.1053	6.7782	0.1397
	D. Estructural	55.8327	1.9912	1009.0339	7.1501	2.332
Caja de Ascensor	Estatico	-0.9369	-14.7098	220.9077	1.0711	-0.0792
	Dinamico XX	79.5106	24.5975	876.8381	3.1186	6.4849
	Dinamico YY	14.4342	162.1504	1289.1391	11.1178	1.4289
	D. Estructural	15.7674	167.4548	1339.2387	11.4255	2.2318
Caja de Escalera	Estatico	-15.3009	-0.9158	205.0964	1.1227	-0.5593
	Dinamico XX	83.2579	-0.5604	972.2674	1.7436	3.269
	Dinamico YY	65.4446	67.7648	685.1167	7.7028	4.2916
	D. Estructural	86.562	1.3656	1023.5415	5.3056	3.3913

Nota: Se puede observar las fuerzas de diseño en la base de las placas y divididas en grupos todas aquellas que sean cercanas o próximas para tomar la mayor de estas cargas y diseñar la cimentación.

4.1.7. Análisis y diseño de cimentaciones Superficiales:

Para la evaluación del comportamiento del suelo como soporte de las estructuras a instalarse; se ha tomado una calicata, las muestras inalteradas fueron objeto para obtener el peso volumétrico seco y porcentaje de humedad natural.

Determinándose la clasificación de suelos y propiedades de los mismos, se ha realizado ensayo de corte directo, para hallar los valores del ángulo de fricción interna, cohesión y consultado referencias bibliográficas para estimar el módulo de elasticidad y relación de Poisson; que son los datos necesarios para los cálculos de capacidad portante del suelo de fundación.

Cabe recordar que la capacidad portante del suelo de fundación, se ha determinado considerando un factor de seguridad para la falla por corte, luego se ha verificado que los asentamientos diferenciales producidos por esta presión no sean mayores que los admisibles.

A continuación, detallamos los parámetros de resistencia y deformación:

CALICATA C-01:

Peso unitario suelo en calicata	$\gamma = 1.074 \text{ gr/cm}^3$
Ángulo de Fricción	20.40°
Cohesión	0.020 kg/cm ²

CALICATA C-02:

Peso unitario suelo en calicata	$\gamma = 1.012 \text{ gr/cm}^3$
Ángulo de Fricción	20.30°
Cohesión	0.020 kg/cm ²

La profundidad de desplante de zapatas se está considerando por debajo del terreno nivelado.

Profundidad desplante de zapatas	Df= 1.70 m
Factor de Seguridad	F.S. = 3.0

Con los datos mencionados se procederá a calcular la capacidad admisible del suelo, considerando inicialmente el ancho de la zapata de 1m x 1m. Comenzaremos encontrando factores de capacidad de carga que dependen del ángulo de fricción.

$$N_q := \left(\tan \left(45^\circ + \frac{\phi}{2} \right) \right)^2 \cdot e^{\pi \cdot \tan(\phi)} = 6.659$$

$$N_c := (N_q - 1) \cdot \cot(20.40^\circ) = 15.217$$

$$N_\gamma := 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \tan(\phi) = 5.697$$

Luego los factores de forma que dependen de la geometría de la zapata y de los factores de capacidad de carga.

$$F_{cs} := 1 + \frac{B}{L} \cdot \frac{N_q}{N_c} = 1.438$$

$$F_{qs} := 1 + \frac{B}{L} \cdot \tan(\phi) = 1.372$$

$$F_{\gamma s} := 1 - 0.4 \cdot \frac{B}{L} = 0.6$$

Los factores de profundidad presentan dos condiciones, para el caso en que Df / B sea menor o igual a 1 y cuando Df / B sea mayor a 1, para este caso inicial se considera la segunda condición, en la cual se proponen las siguientes formulas.

$$F_{cd} := 1 + (0.4) \cdot \operatorname{atan}\left(\frac{Df}{B}\right) = 1.416$$

$$F_{qd} := 1 + 2 \cdot \tan(\phi) \cdot (1 - \sin(\phi))^2 \cdot \operatorname{atan}\left(\frac{Df}{B}\right) = 1.328$$

$$F_{\gamma d} := 1$$

Para nuestro caso no se presenta cargas inclinadas por lo que se considera el valor de 1 para los factores de inclinación.

$$F_{ci} := \left(1 - \frac{\beta}{90^\circ}\right)^2 = 1$$

$$F_{qi} := F_{ci} = 1$$

$$F_{\gamma i} := \left(1 - \frac{\beta}{\phi}\right)^2 = 1$$

Ahora el esfuerzo efectivo debajo de la cimentación será la profundidad de desplante por el peso unitario.

$$q := Df \cdot \gamma_s = 1700 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

Con todos los factores calculados, se procede a hallar la capacidad de carga ultima utilizando la ecuación propuesta por Meyerhof.

$$q_u := c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{1}{2} \cdot \gamma_s \cdot B \cdot N_\gamma \cdot F_{\gamma s} \cdot F_{\gamma d} \cdot F_{\gamma i}$$

$$q_u = 2.853 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

La carga admisible se encuentra dividiendo la capacidad de carga última con el factor de seguridad considerado 3 en el EMS.

$$q_{adm} := \frac{q_u}{FS} = 0.951 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Para finalizar, hallaremos el área requerida de la cimentación dividiendo las cargas axiales proveniente de las columnas (ver tabla 76) con el esfuerzo admisible.

$$A_{requerida} := \frac{P_{actuante}}{q_{adm}} = 7.876 \text{ m}^2$$

Este proceso de cálculo se repetirá para encontrar el área de cimentación para cada grupo de diseño y luego comprobar si las dimensiones que se le asignaran cumplen con el factor de seguridad requerido.

Tabla 78

Áreas requeridas de Cimentación para cada grupo de diseño.

Nombre	A. Requerida (m2)
G1 Estático	5.04
G1 Dinámico XX	6.025
G1 Dinámico YY	6.559
G1 D. Estructural	7.876
G2 Estático	7.328
G2 Dinámico XX	7.795
G2 Dinámico YY	8.319
G2 D. Estructural	10.581
G3 Estático	14.899
G3 Dinámico XX	15.298
G3 Dinámico YY	16.999
G3 D. Estructural	21.664
G4 Estático	22.12
G4 Dinámico XX	22.59
G4 Dinámico YY	22.659
G4 D. Estructural	32.201
G5 Estático	5.017
G5 Dinámico XX	20.527
G5 Dinámico YY	5.226
G5 D. Estructural	6.654
G6 Estático	10.061
G6 Dinámico XX	10.545
G6 Dinámico YY	10.909
G6 D. Estructural	14.59

Nota: Se obtuvo el área requerida para cada grupo de diseño tomando las cargas de mayor magnitud.

En la tabla 78 se puede observar las columnas pertenecientes a cada grupo de diseño lo cual nos permitirá considerar las fuerzas axiales, cortantes y momentos pertenecientes a dicho grupo.

Tabla 79

Asignación de columnas en los grupos de diseño.

Grupos	Columnas
G1	C13
	C3
	C4
G2	C7
	C6
	C14
	C16
G3	C25
	C24
	C8
	C9
G4	C11
	C12
	C19
	C22
G5	C15
G6	C27
	C28

Nota: Las columnas que tienen valores de cargas axiales similares se agruparon en un mismo grupo como se observa para no tener que diseñar una cimentación por cada carga axial que se tenga.

Obtenidas las áreas (Ver tabla 78), procedemos a asignar dimensiones iniciales de tal manera que lleguemos al factor de seguridad, empezaremos tomando la mayor carga axial del grupo 1 de 734.423 kN (74.89 ton), tanto el ancho como el largo será de 2.80 m. Si estas dimensiones asumidas inicialmente no satisfacen el factor de seguridad se procederá a aumentar la dimensión de la cimentación.

Como se puede ver en el anexo 1.84, el proceso de cálculo nos da un factor de seguridad igual a 3.008, por lo cual la dimensión de 2.80 x 2.80 que se asumió inicialmente es correcto y este proceso se repetirá para cada grupo obteniendo la tabla que se observa a continuación.

Tabla 80*Dimensiones de zapatas*

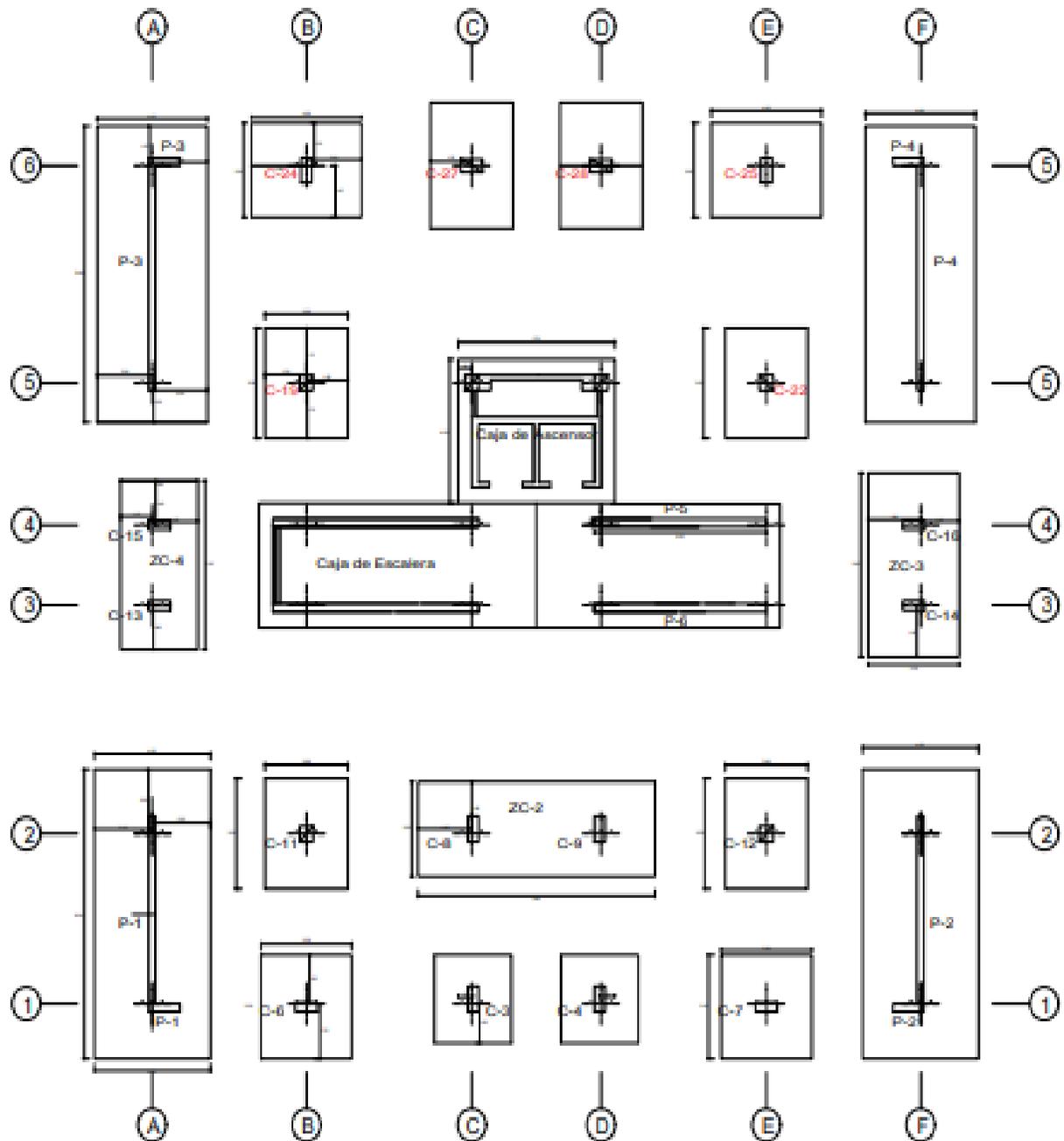
Descripción	Dimensión Zapatas	
	X (m)	Y(m)
C3	2.80	2.80
C4	2.80	2.80
C13	3.00	3.00
C15	3.30	3.30
C6	3.30	3.30
C7	3.30	3.30
C14	3.30	3.30
C16	3.30	3.30
C8	4.00	3.00
C9	4.00	3.00
C24	4.00	3.00
C25	4.00	3.00
C11	3.00	3.50
C12	3.00	3.50
C19	3.00	3.50
C22	3.00	3.50
C27	3.00	4.00
C28	3.00	4.00

Nota: Se puede observar las dimensiones iniciales de las cimentaciones obtenidas del pre dimensionamiento.

A continuación, se presenta la propuesta inicial de distribución de las cimentaciones en planta con las medidas establecidas en la tabla 80.

Figura 56

Prototipo inicial de cimentación.



Nota: Elaboración Propia

Cabe resaltar que, no todas las dimensiones propuestas llegan al factor de seguridad requerido (Ver anexo 1.83), esto debido a que las cargas axiales y momentos tienen valores elevados dándonos áreas muy elevadas, por lo cual, se controlara proponiendo vigas de cimentación y plateas según sea conveniente.

Utilizando el método de Boussinesq, nos permitirá, obtener los bulbos de presión de cada cimentación y a la vez verificar si en zapatas con distancias cortas estos se solapan. Esto origina que los bulbos de presiones se hagan más profundos pudiendo afectar a suelos blandos.

Se analizó las zapatas correspondientes a las columnas C3 y C4, las cuales tenían una distancia de separación de 1.80 m.

Tabla 81

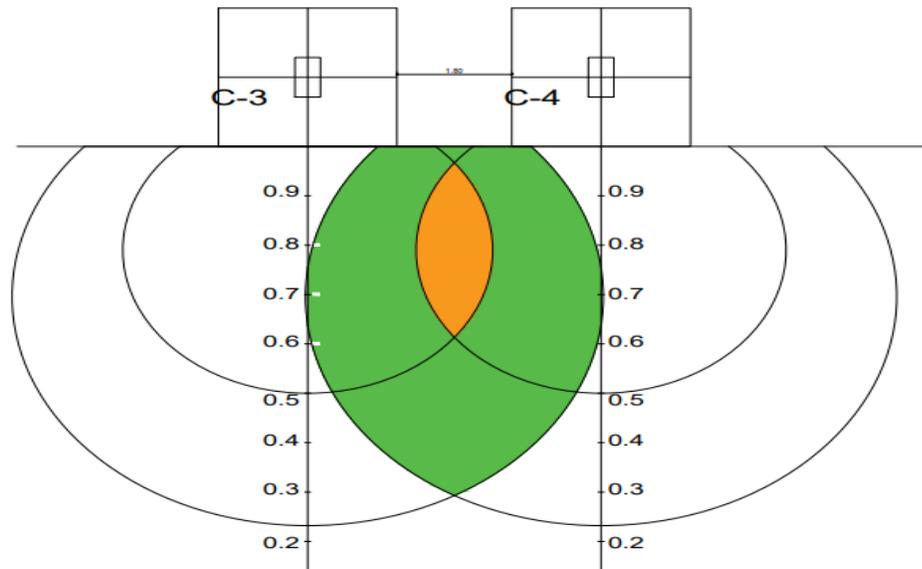
Valores de isobaras de presión

Nombre	Qaxial (ton)	z (m)	$\Delta\sigma/q_{final}$
C-3	73.75	2	0.511
		3.5	0.241
C-4	74.89	2	0.511
		3.5	0.241

Nota: Se observa los datos requerido para obtener los valores de las isobaras de presión y ver si se superponen. (Ver anexo 1.85)

Figura 57

Grafica de bulbos de presión de las cimentaciones bajo carga axial

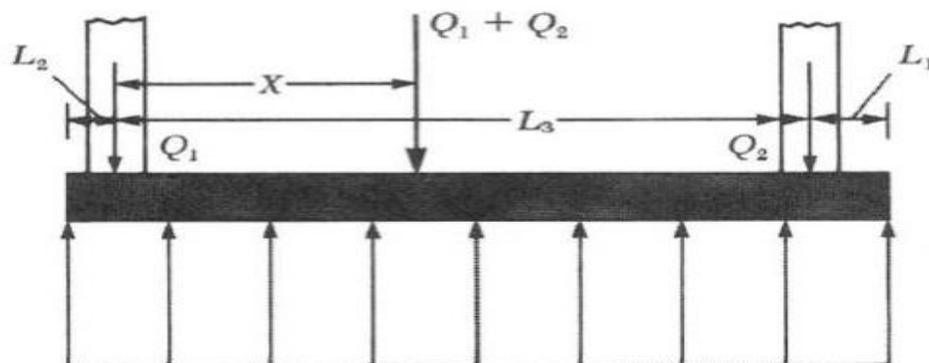


Nota: Elaboración Propia

Como se muestra en la figura 57, los bulbos de presiones se traslapan, por lo que, se tomó la decisión de cambiar las zapatas aisladas por una zapata combinada.

Figura 58

Zapata rectangular



Nota: Adaptado de (Braja, 2011)

Para determinar el área de la zapata combinada (Ver figura 58) se tendrá en cuenta la suma de las cargas axiales (Q_{axial}) provenientes de la estructura (ver tabla 81) dividido por el esfuerzo admisible del suelo.

$$A := \frac{Q_{c3} + Q_{c4}}{\sigma_{adm}} = 15.483 \text{ m}^2$$

Luego se determina la distancia de la resultante de las cargas axiales.

$$X := \frac{Q_{c4} \cdot L_3}{Q_{c3} + Q_{c4}} = 2.318 \text{ m}$$

Una vez hallada la resultante procedemos a calcular la longitud.

$$L := 2 \cdot (L_2 + X) = 5.635 \text{ m}$$

Con el valor de L, determinamos el valor de L_1 .

$$L_1 := L - L_2 - L_3 = 0.535 \text{ m}$$

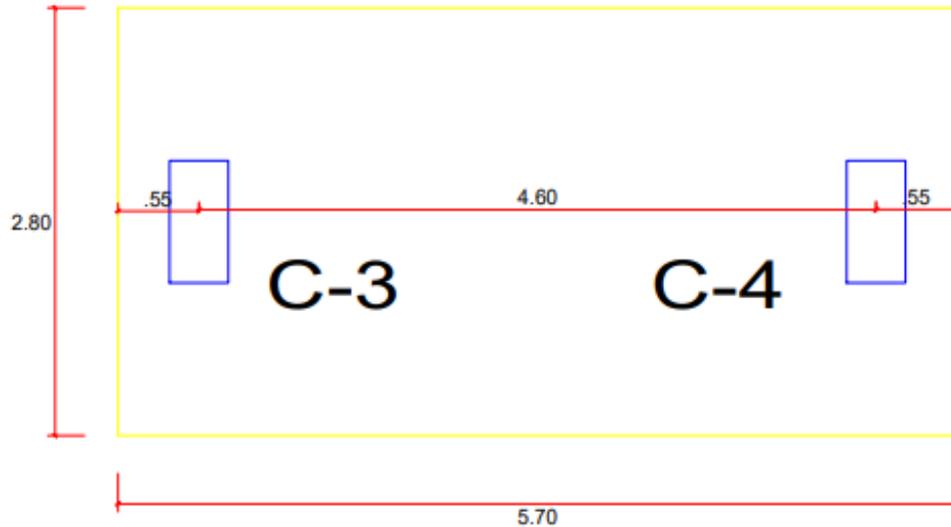
Por último, determinamos el valor del ancho.

$$B := \frac{A}{L} = 2.748 \text{ m}$$

De esta manera se obtiene una zapata combinada de 5.70 x 2.80 tal como se muestra en la figura 59. Aplicaremos el mismo criterio de cálculo para el resto de zapatas.

Figura 59

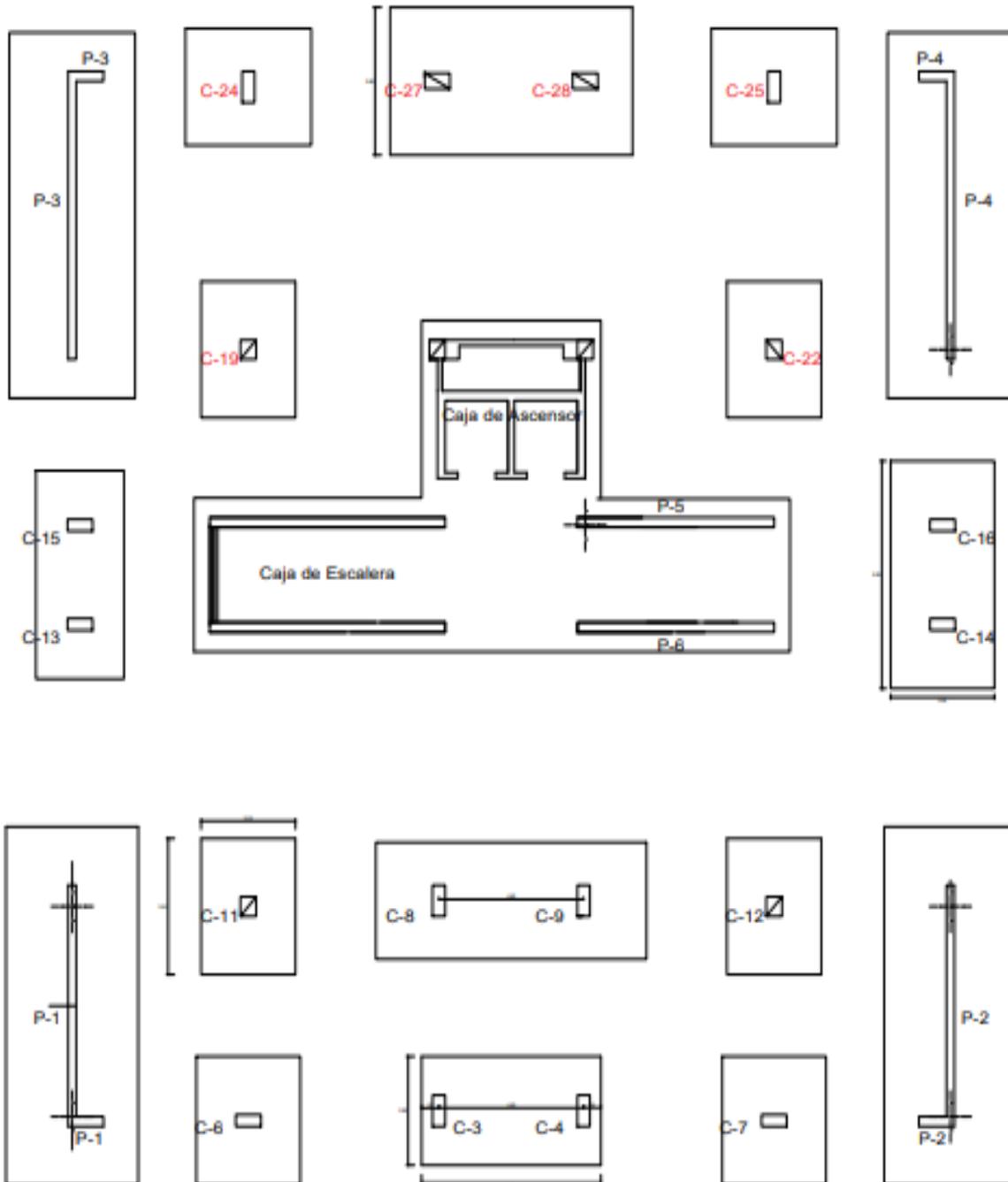
Dimensiones de Zapata Combinada C3 y C4



Nota: Elaboración Propia

En la figura 60, se muestra los cambios de zapatas aisladas vistas en el prototipo inicial a zapatas combinadas, para luego, realizar un modelo matemático en el programa SAFE V.12 y verificar que cumpla con los parámetros requeridos de asentamiento, esfuerzos admisibles y punzonamiento.

Es necesario recalcar que dicho programa trabaja con el módulo de balasto que es de 2.13 kg/cm³ correspondiente al esfuerzo admisible dado por el EMS, pero también dichos valores se pueden obtener del anexo en caso se trabaje con un esfuerzo admisible distinto.

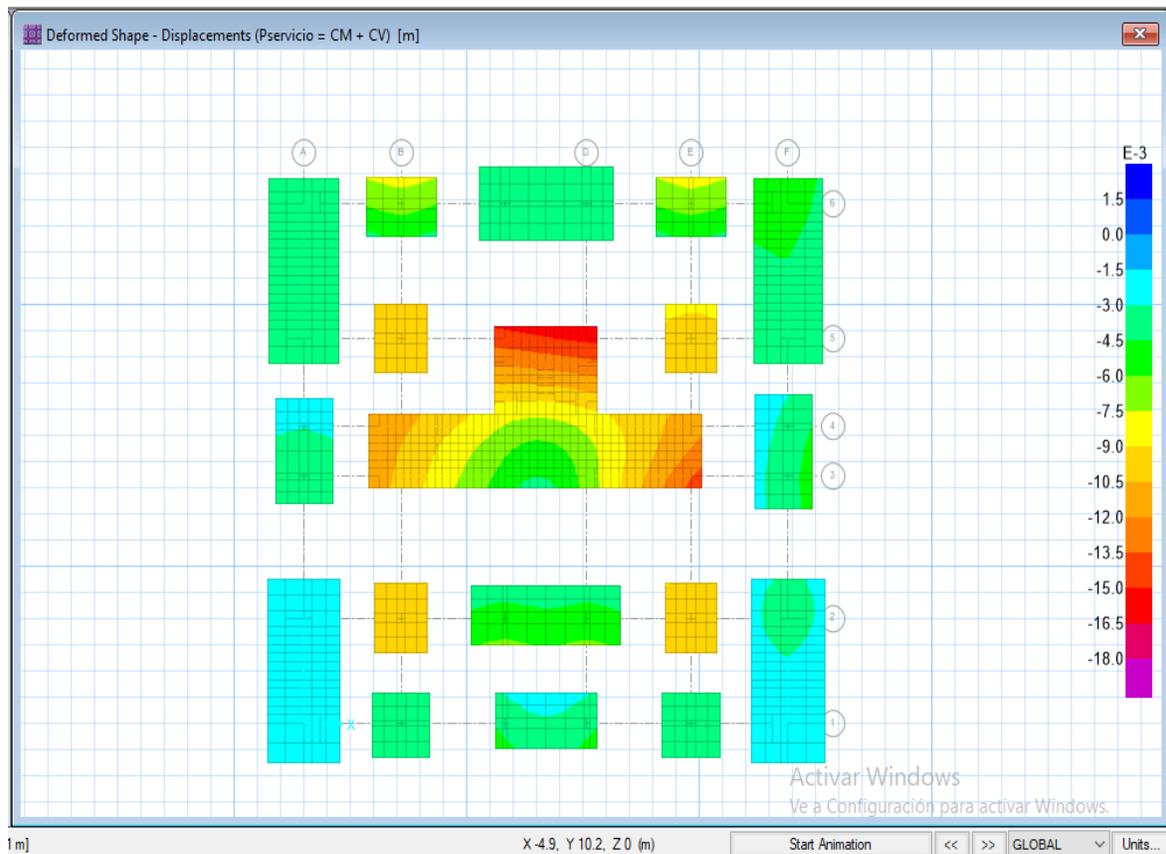
Figura 60*Primera propuesta de cimentaciones.**Nota: Elaboración Propia*

Comenzaremos verificando los asentamientos por condiciones de servicio (CM + CV), como podemos observar en la figura 61, la zona crítica es la platea ubicada en el centro que tiene un valor máximo de 1.66 cm y las cimentaciones correspondientes a las columnas 19, 22, 11 y 12 que tienen un valor máximo de 1 cm.

Sin embargo, el asentamiento máximo permitido según norma es de 2.54 cm por lo cual se cumple con el valor establecido.

Figura 61

Modelado de cimentaciones, primera propuesta (Asentamientos)



Nota: Elaboración Propia

Luego se procede a realizar la verificación por esfuerzos admisibles, como se observa en la figura 62, la zona crítica es la platea de cimentación ubicada en el centro que tiene un valor máximo de esfuerzo admisible de 32.84 ton/m² sobrepasando el valor dado por el EMS y las cimentaciones de las columnas mencionadas en el punto anterior.

Para ello tendremos en cuenta hacer un mejoramiento de suelo para controlar dichos valores.

Figura 62

Modelado de cimentaciones, primera propuesta (Esfuerzos admisibles)



Nota: Elaboración Propia

Es necesario mencionar que, el método de Boussinesq nos permite determinar si se debe hacer un mejoramiento de suelo y cuanto espesor se debe considerar, si el incremento de esfuerzo calculado a una determinada profundidad supera el esfuerzo admisible obtenido del EMS.

En la tabla 82, se puede observar que, el incremento de esfuerzo de las cimentaciones 11, 12, 19, 24, 25 y 22 sobrepasan el valor del esfuerzo admisible que es de 9.60 ton/m² tal y como coincide en el programa por lo cual se realizara el mejoramiento respectivo.

Tabla 82

Valores de Incremento de esfuerzos por el método de Boussinesq bajo cargas axiales.

Descripcion	Dimensiones (m)	P _{axial} (ton)	FS	Z(m)	ρsuelo (ton/m ³)	Δσ (ton/m ²)	Δσ/qfinal
C8	4.00 x 3.00	164.80	2.20	1.70	1.07	8.354	0.701
				2.00		7.375	0.619
				2.80		5.225	0.439
C9	4.00 x 3.00	162.99	2.22	1.70	1.07	8.248	0.701
				2.00		7.281	0.619
				2.80		5.159	0.439
C24	4.00 x 3.00	205.53	1.76	1.70	1.07	10.734	0.701
				2.00		9.475	0.619
				2.80		6.713	0.439
C25	4.00 x 3.00	206.00	1.76	1.70	1.07	10.761	0.701
				2.00		9.5	0.619
				2.80		6.73	0.439
C11	3.00 x 3.50	306.20	1.01	1.70	1.07	18.441	0.674
				2.00		16.102	0.589
				2.80		11.136	0.407
C12	3.00 x 3.50	279.92	1.11	1.70	1.07	16.753	0.674
				2.00		14.628	0.589
				2.80		10.116	0.407
C19	3.00 x 3.50	290.65	1.07	1.70	1.07	17.442	0.674
				2.00		15.23	0.589
				2.80		10.532	0.407
C22	3.00 x 3.50	267.70	1.16	1.70	1.07	15.968	0.674
				2.00		13.943	0.589
				2.80		9.642	0.407
C27	3.00 x 4.00	138.24	2.62	1.70	1.07	6.802	0.701
				2.00		6.005	0.619
				2.80		4.254	0.439
C28	3.00 x 4.00	138.74	2.61	1.70	1.07	6.831	0.701
				2.00		6.03	0.619
				2.80		4.272	0.439

Nota: Se analizó el incremento de esfuerzos para las cimentaciones más críticas, ya que sobre estas se tienen cargas axiales de considerable magnitud.

Haciendo el análisis correspondiente de la tabla anterior, tomaremos la cimentación de la C24 en donde podemos observar de 1.70 m a 2.00 el incremento de esfuerzo va disminuyendo obteniendo un valor menor al esfuerzo admisible por lo cual

sería 30 cm de mejoramiento de suelo, pero asumiremos 50 cm y para las plateas serán 60 cm de relleno mejorado por recomendación del EMS, dichos cálculos lo resumiremos en la tabla 83.

Es necesario tener en cuenta que existe licuefacción de suelo para SPT – 2 (Ver anexo 1.77) desde 3.20 a 4.55 por lo que consideraremos este espesor adicional para el mejoramiento de suelo en las cimentaciones que son críticas.

Tabla 83

Espesores de Mejoramiento de Suelo para las Cimentaciones Críticas.

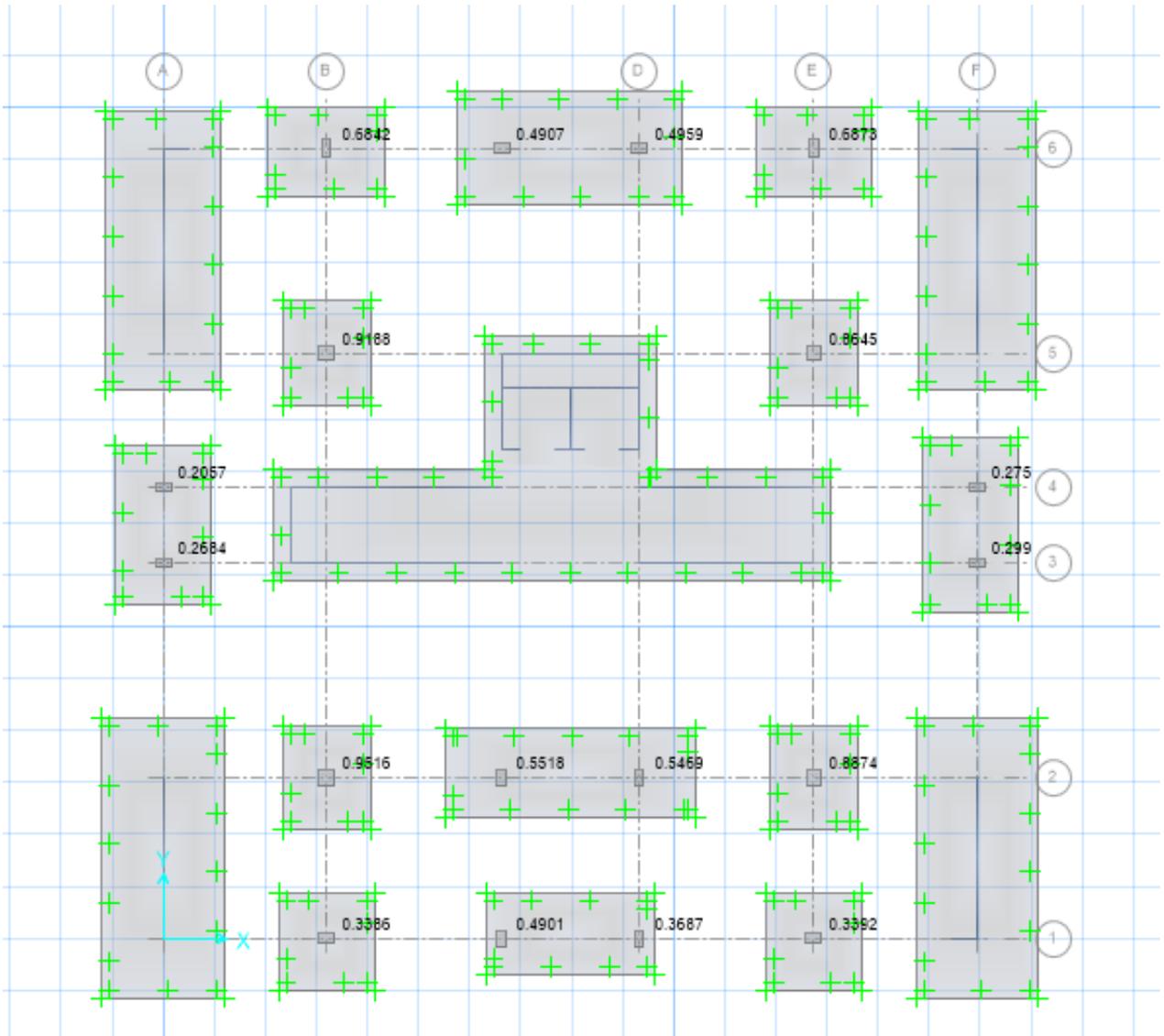
Descripcion	Z(m)	$\Delta\sigma$ (ton/m ²)	Espesor de Mejoramiento (m)	Espesor adicional por licuacion (m)
C24	1.70	10.734	0.5	No se considera
	2.00	9.475		
	2.80	6.713		
C25	1.70	10.761	0.5	No se considera
	2.00	9.5		
	2.80	6.73		
C11	1.70	18.441	1.5	1.35
	2.00	16.102		
	2.80	11.136		
C12	1.70	16.753	1.5	1.35
	2.00	14.628		
	2.80	10.116		
C19	1.70	17.442	1.5	1.35
	2.00	15.23		
	2.80	10.532		
C22	1.70	15.968	1.5	1.35
	2.00	13.943		
	2.80	9.642		

Nota: Se produce un incremento de esfuerzos en las cimentaciones presentadas, usando el método de Boussinesq encontramos el espesor de mejoramiento, pero también se considera un espesor adicional por licuación debido a los cálculos ya realizados anteriormente.

Finalmente, comprobaremos mediante el programa SAFE V.12 si el espesor de 60 cm considerado para las cimentaciones no sufre falla por punzonamiento. Como se observa en la figura 63, los valores que se obtienen son menores a 1 por lo cual no existe dicha falla.

Figura 63

Modelado de cimentaciones, primera propuesta (Falla por punzonamiento).

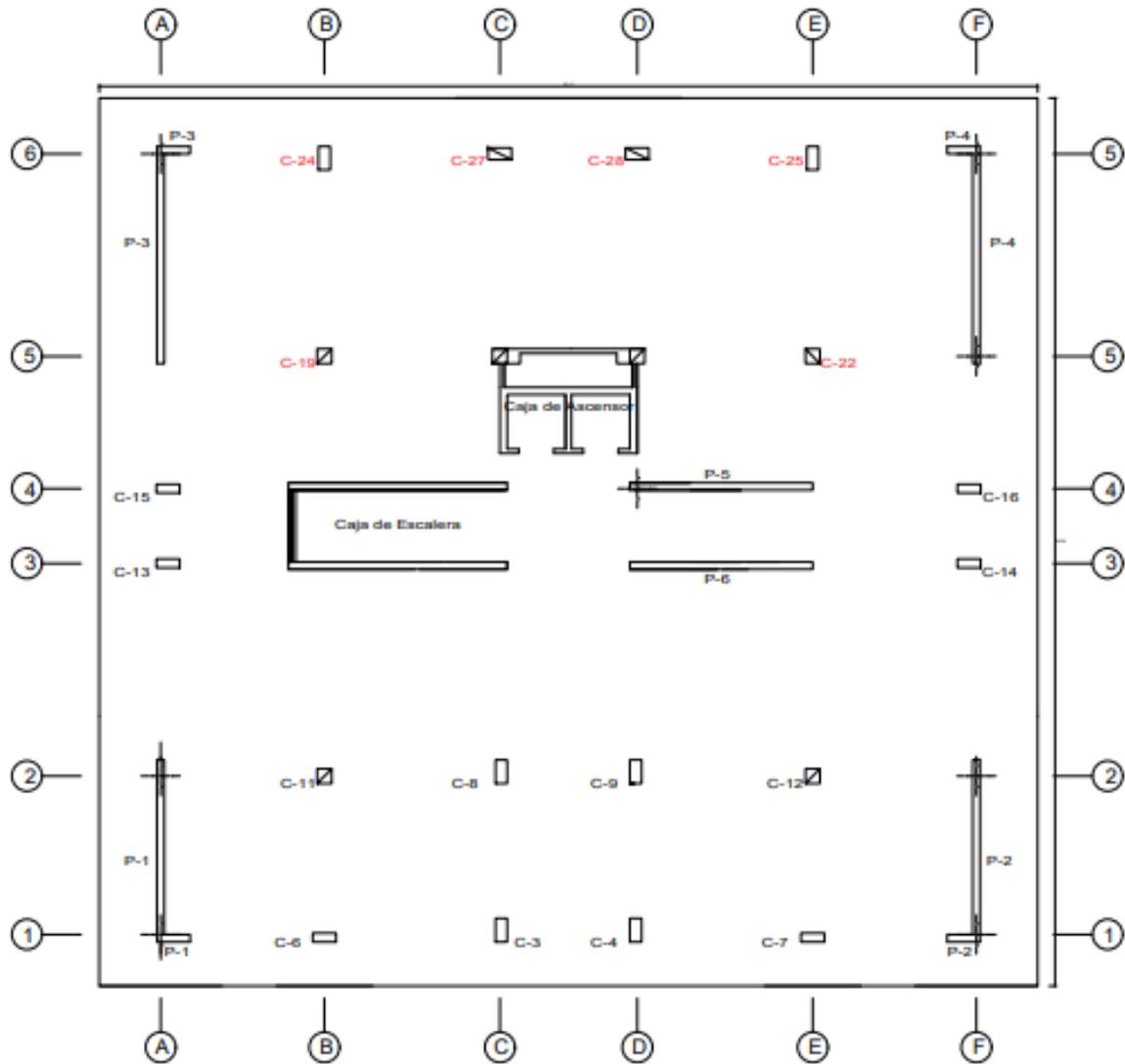


Nota: Elaboración Propia

En la figura 64, mostraremos la segunda propuesta que es una losa de cimentación para ver cómo es su comportamiento y sus resultados con respecto a la primera propuesta.

Figura 64

Segunda propuesta de cimentaciones.

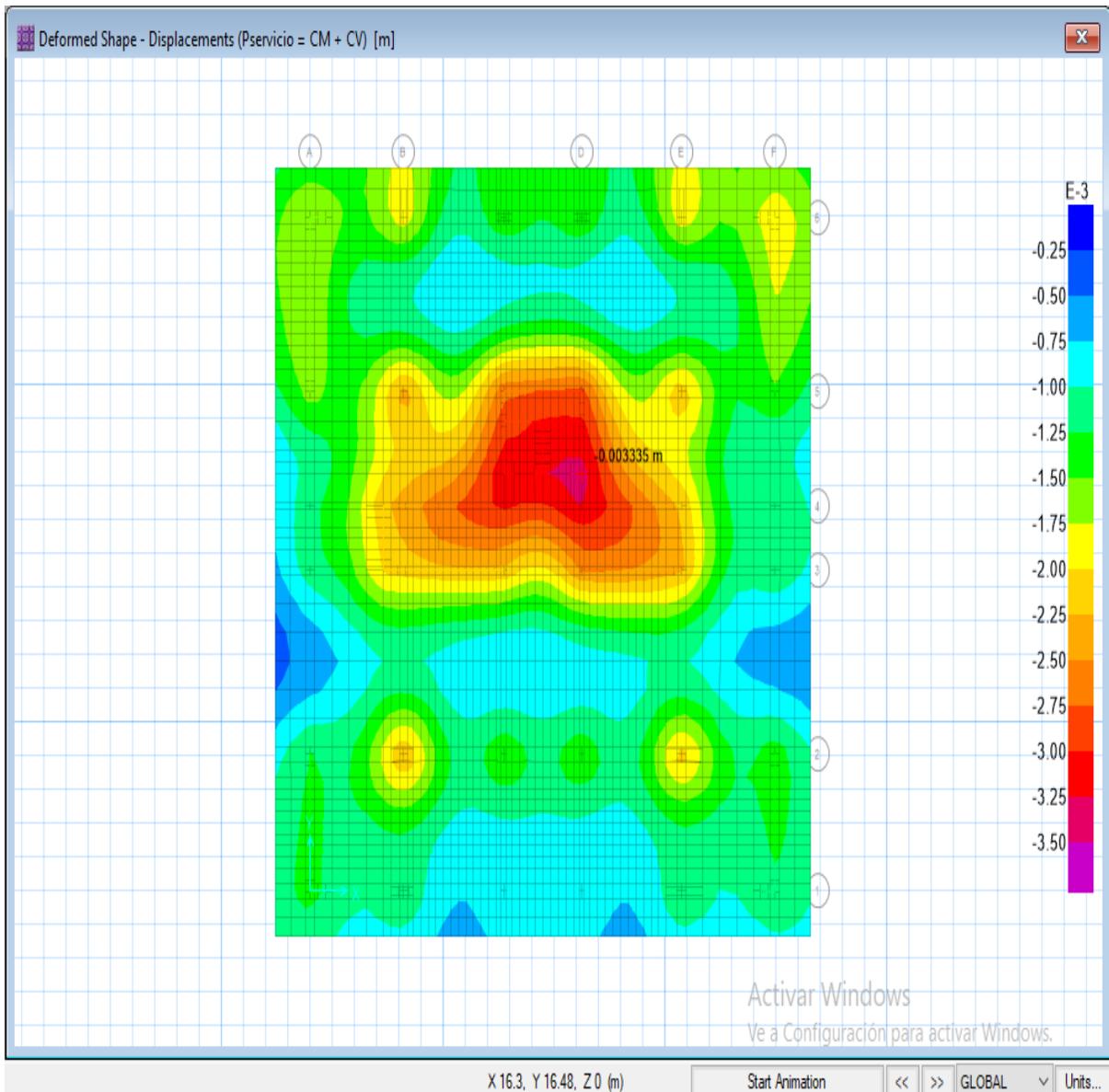


Nota: Elaboración Propia

Procedemos a analizar los asentamientos y podemos observar en la figura 65 que el asentamiento máximo que se obtuvo fue de 0.3 cm, que es menor a 2.54 cm que es el máximo recomendable por lo tanto nuestro modelo matemático cumple.

Figura 65

Modelado de cimentaciones, segunda propuesta (Asentamiento).

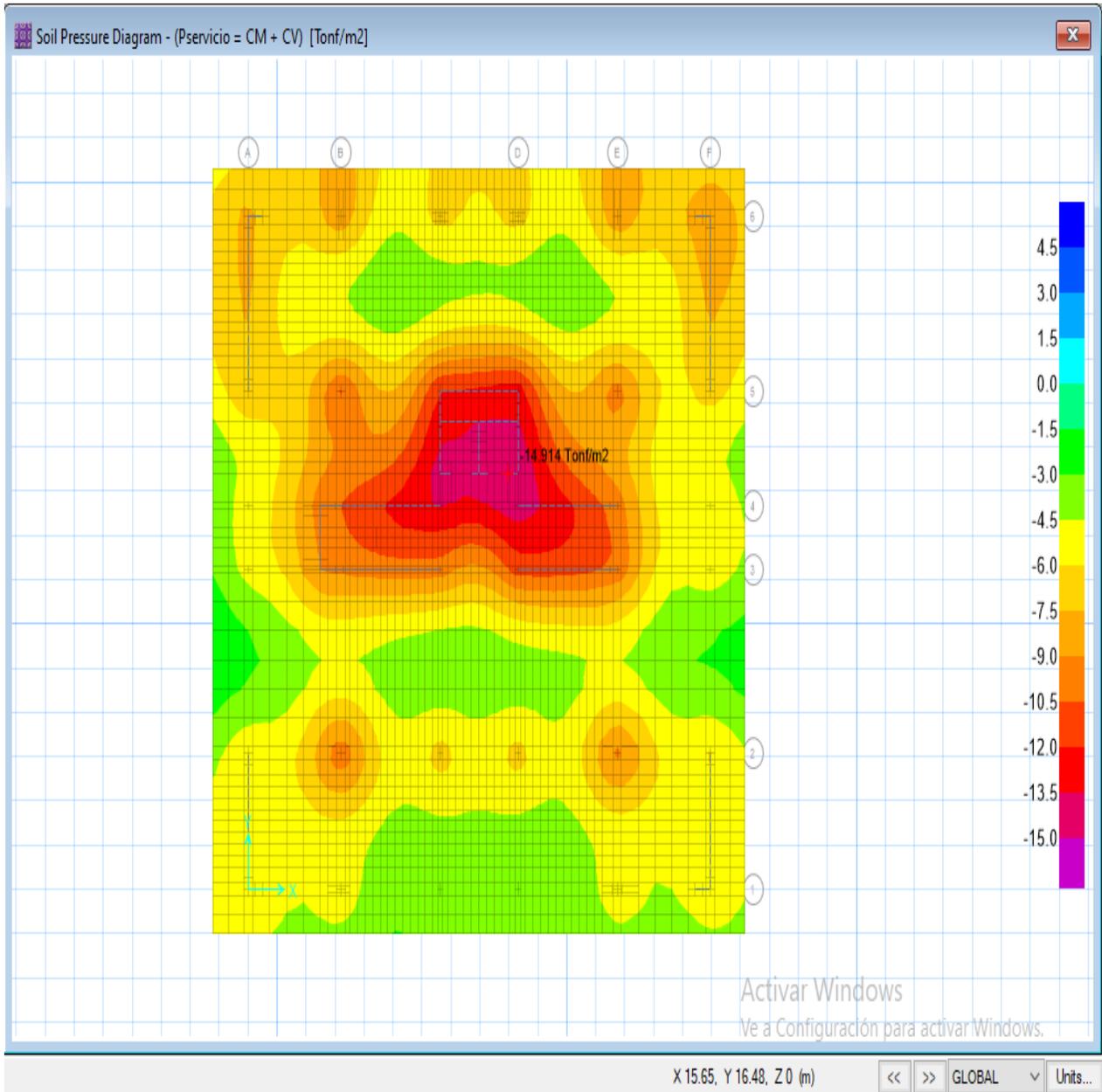


Nota: Elaboración Propia.

Ahora realizaremos la verificación por esfuerzos admisibles, en la figura 66 podemos ver que los valores que se tienen son menores al esfuerzo admisible presentado por el EMS (Ver anexo), lo cual nos indica que tiene un mejor comportamiento con respecto a la primera propuesta presentada.

Figura 66

Modelado de cimentaciones, segunda propuesta (Esfuerzos admisibles).



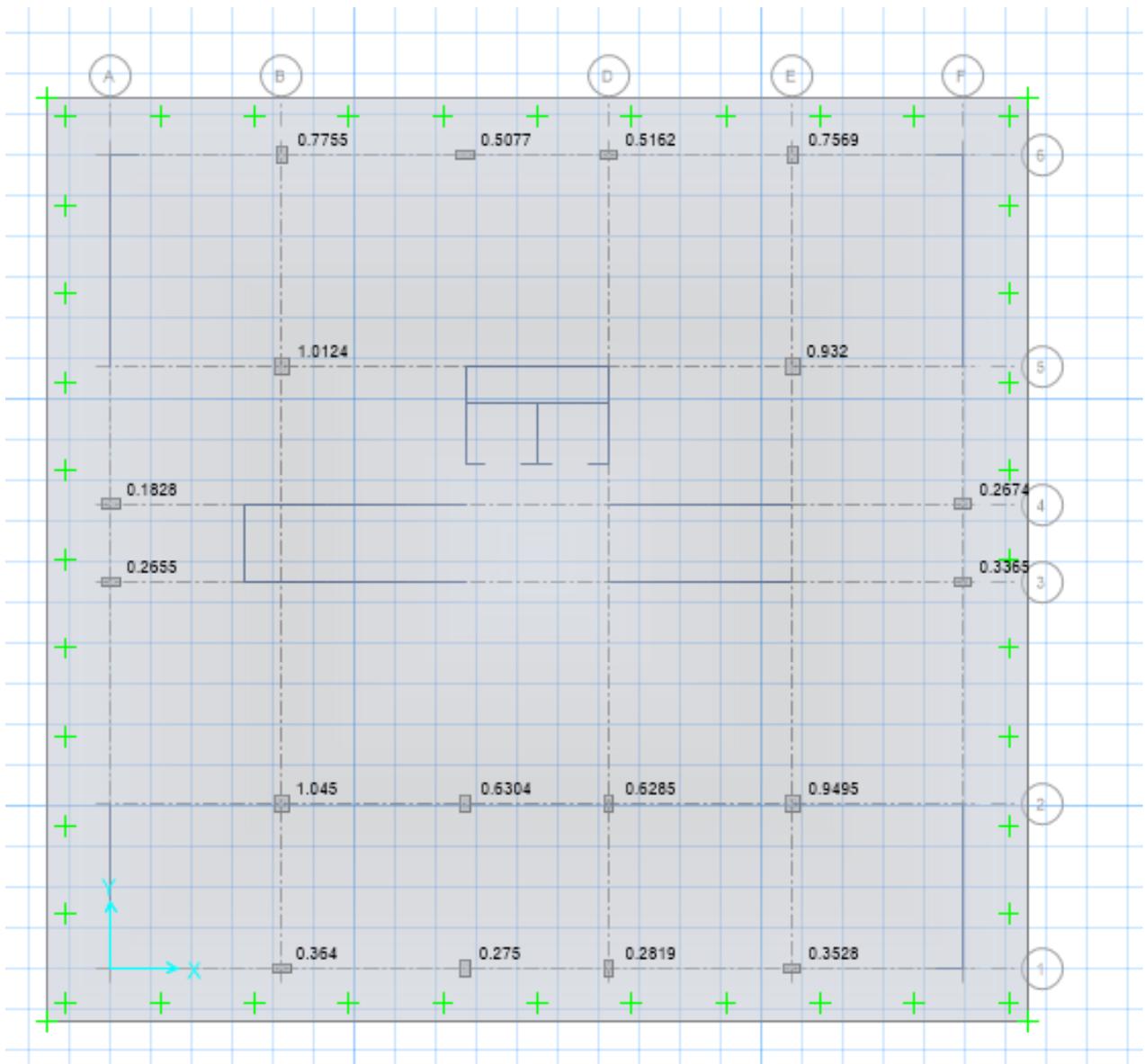
Nota: Elaboración Propia.

Finalizando, procedemos a realizar la verificación por punzonamiento, la cual se tendrá el mismo criterio mencionado anteriormente, pero; podemos observar en la figura 67 que la hay valores que superan a la unidad. Aun así, esto no es un inconveniente ya

que son datos que están dentro de un rango permisible en el diseño y podemos decir que cumple en su totalidad.

Figura 67

Modelado de cimentaciones, segunda propuesta (Punzonamiento).



Nota: Elaboración Propia.

Según (Das,2011): "El asentamiento de una losa de cimentación se reduce disminuyendo la presión neta sobre el suelo e incrementando la profundidad de

empotramiento D_f . Este aumento es particularmente importante para losas sobre arcillas blandas, donde se espera grandes asentamientos por consolidación". (pag.433)

Con lo dicho anteriormente procedemos a calcular la presión neta de la siguiente manera: "Q" es el peso muerto y la carga viva que se sacara de la tabla 75 en donde se sumaran los pesos de cada nivel, el área de la losa de cimentación propuesta, la profundidad de desplante (D_f) recomendado del EMS y el peso específico del suelo.

$$Q := 4193647.5 \text{ kg}$$

$$A := 32.11 \text{ m} \cdot 30.26 \text{ m} = 971.649 \text{ m}^2$$

$$D_f := 1.00 \text{ m}$$

$$\gamma := 1620 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Ahora se nos recomienda que la presión neta que tiene un valor de 0.27 kg/cm² sea menor al esfuerzo admisible que tiene un valor de 2.228 kg/cm² por lo cual cumple con dicho criterio concluyendo que la dimensión dada para nuestra losa de cimentación es la adecuada.

$$q := \frac{Q}{A} - \gamma \cdot D_f = 0.27 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

V. Discusión de los resultados

Henry Farina y Manuel Huapaya (2019), utilizaron métodos empíricos y simplificados, los ensayos in situ fueron el SPT y CPT, los cuales brindan datos para, posteriormente, usar métodos que se encargaran en encontrar el potencial de licuación como los de Seed e Idriss, Seed y otros, Iwasaki, Tokimatsu y Yoshimi, Iai, la Asociación de Caminos de Japón, Seed y De Alba, Ishihara, Shibata y Teparaksa y Robertson y Campanella, asumiendo que es factible utilizar cimientos superficiales para la construcción de un centro comercial de 3 pisos, los cálculos realizados son válidos para suelos similares con estratos licuables de hasta aproximadamente 2.50 metros de profundidad, para profundidades mayores a 2.50 metros, es necesario un mejoramiento de suelos con material controlado gravoso compactado en capas de 25 centímetros a una profundidad de 2.50 metros para mitigar el fenómeno de la licuación y el asentamiento calculado con el método de Richards para suelos granulares.

Los resultados de la presente investigación se realizaron ensayos in situ de SPT, se utilizó métodos empíricos y simplificados, que nos brindaron datos para determinar la presencia de licuación como los de Seed e Idriss, Idriss y Boulanger, Das, Ishihara, Yausuda y Yokoya, entre otros. Asumiendo que es factible el uso de cimentaciones superficiales para la construcción de un edificio multifamiliar, estos cálculos son válidos para suelos similares a la zona estudiada, para una cimentación superficial, que consiste en plateas de cimentación y zapatas aisladas y zapatas combinadas, se requiere un mejoramiento de suelo de 2.85 cm de acuerdo al método de Boussinesq y considerando el espesor de los estratos licuable, el mejoramiento se debe realizar con relleno controlado, mientras que la segunda propuesta consiste en una losa de cimentación, la cual requiere un mejoramiento de suelo de 60 cm.

CONCLUSIONES

El suelo está compuesto por: arcillas de baja plasticidad, con contenido de arenas (CL), según clasificación SUCS. En la zona de estudio los niveles de elementos químicos indican un grado de ataque por sulfatos en el suelo "MODERADO". Los ensayos de análisis químicos determinan que la presencia de sales solubles totales es de 11200.00 p.p.m menor que 15000.00 p.p.m, indica que no ocasionara problemas de pérdida de resistencia mecánica por problemas de lixiviación (lavado de sales). El estrato de suelo que forma parte del contorno donde irá desplantada la cimentación contiene concentraciones moderados de sulfatos, sales solubles totales y cloruros, que podrían atacar al concreto y la armadura de la cimentación.

Presión por carga admisible	$q_{adm} = 0.94 \frac{kg}{cm^2}$
Relación de Poisson	$\mu = 0.25$
Módulo de Elasticidad	$E_s = 300 \frac{kg}{cm^2}$
Asentamiento permisible	$S_{l(max)} = 2.54 \text{ cm}$
Ancho de cimentación	$B = 1.0 \text{ m}$
Factor de forma	$I_f = 0.93 \text{ m/m}$
Asentamiento	$S_l = 0.003 \text{ m}$
Asentamiento	$S_l = 0.27 \text{ cm}$
Presión por carga	$q_{adm} = 0.94 \frac{kg}{cm^2}$
Presión de carga asumida por asentamiento	$q_{adm} = 0.74 \text{ kg/cm}^2$

Según los sondeos SPT-1 y SPT-2, realizados hasta una profundidad de 10.00 m con respecto al nivel del terreno. Se usó el método empírico y simplificado respectivamente. El método de Kishida para SPT- 1 determino que el suelo es licuable a partir de los 3.84 m, y en SPT-2, licua a partir de los 5.19 m, mientras que por el método de Ohsaki para SPT-1 y SPT-2, licua únicamente un espejo de suelo, es decir 0.45 cm. Con el criterio de Bray y Sancio se determina que el suelo licua a partir de los 2.75m, el criterio de Seed et al. Se determina que para SPT-1 y SPT-2 existe licuación a partir de los 2.75m. Aplicando los métodos simplificados, a partir del número de golpes, la norma E.050 nos indica que debemos usar los valores de CRR y CSR, los mismos que sirven para hallar el FS ante licuación, dando como resultado que el suelo presenta licuación (Ver tabla 84).

Tabla 84

Tabla de Resumen de Licuación – Método Simplificado.

Punto No.	Prof (m)	SPT - 1	SPT - 2
1	3.20	No licuable	No licuable
2	3.65	Licuable	Licuable
3	4.10	No licuable	Licuable
4	4.55	No licuable	Licuable
5	5.00	No licuable	No licuable
6	5.45	No licuable	No licuable
7	5.90	No licuable	No licuable
8	6.35	No licuable	Licuable
9	6.80	No licuable	No licuable
10	7.25	No licuable	Licuable
11	7.70	No licuable	Licuable
12	8.15	No licuable	Licuable
13	8.60	No licuable	No licuable
14	9.05	No licuable	No licuable
15	9.50	No licuable	No licuable
16	10.00	No licuable	No licuable

Nota. El sondeo SPT – 1 presenta licuación en una pequeña capa de 45 cm, mientras que, el sondeo SPT – 2 es más susceptible a este fenómeno debido a que presenta menor número de golpes.

El modelamiento matemático permitió obtener las cargas axiales, momento flector y las fuerzas cortantes que llegaban al suelo para luego diseñar las cimentaciones adecuadas para la estructura. Para ello se utilizó el programa Etabs v.18, cuyos datos introducidos fueron: Dimensión de las vigas (VCH-25x20, VES-25x40, VP-30x60, VS-30x50), dimensión de las columnas (C-50x50, C-55x30), espesor de la losa aligerada ($h=20\text{cm}$) y de la losa maciza ($h=15\text{cm}$), espesor de los muros estructurales ($e=15\text{cm}$), cargas vivas ($S/C=200\text{ kg/cm}^2$) y cargas muertas ($CM = 322\text{ kg/cm}^2$) asignadas de la norma E 020.

Se desarrollaron dos propuestas de cimentaciones. La primera fue realizar una cimentación superficial, que consiste en zapatas aisladas (Z - 4.00m x 3.00m, Z - 3.50m x 3.00m, Z - 3.30m x 3.30m), zapatas combinadas (ZC - 5.70m x 2.80m, ZC - 8.60m x 3.00m, ZC - 5.35m x 2.80m, ZC - 5.85m x 2.30m, ZC - 7.70m x 3.80m) y plateas de cimentación (PL - 9.40m x 4.00m, PL - 9.20m x 4.20m) con una profundidad de desplante $D_f = 1.70\text{ m}$. La segunda consiste en una losa de cimentación (LC - 30.26m x 32.11m) con una profundidad de desplante $D_f = 1.00\text{ m}$

RECOMENDACIONES

Debido a los elementos químicos que indican un grado de ataque por sulfatos, sales solubles totales y cloruros en el suelo “MODERADO”, se recomienda la utilización de Cemento Portland Tipo MS para las estructuras de concreto y del refuerzo en cimentaciones. En el caso de la napa freática es necesario agregar impermeabilizantes a la estructura y colocar mantas plásticas entre el suelo y el cimiento, a causa del NAF y la agresividad del agua en el terreno.

Para efectos de mejorar el terreno de fundación, especialmente donde se presenta el NAF, se debe colocar materiales por debajo de la cimentación: material granular llámese hormigón, debidamente compactado en capas de 20 cm como mínimo de 50 cm (sobre este se asentará la cimentación), así mismo se recomienda diseñar y construir un sistema de drenaje superficial (tipo sangría) o drenaje subterráneo (tipo tubos enterrados) en las zonas comprendidas del presente estudio, ya que permitirá de esa manera evacuar el agua subterránea o agua superficial y dañen así a la estructura. Para el ensayo SPT, se recomienda usar el método simplificado para realizar los cálculos tal y como se muestra en la presente investigación para determinar si el suelo es o no licuable, ya que nos brindan mayor exactitud.

Para el modelamiento matemático de la superestructura realizado en Etabs v.18 se recomienda hacer la discretización de los muros estructurales de manera que se asemeje a un cuadrado o tenga medidas similares para obtener datos con mayor exactitud y así las cargas que lleguen a los apoyos en la base se asemejen más a la realidad, ya que, si no se aplica esto, al hacer el diseño de las cimentaciones se obtendrán valores erróneos.

Se realizaron dos propuestas de cimentación para el proyecto, por lo cual, se recomienda usar la más económica. (Ver tabla 85). Cabe resaltar que, si se opta por la primera opción se recomienda hacer un mejoramiento de suelo para controlar el incremento de los esfuerzos admisibles (Ver tabla 83) y contrarrestar el fenómeno de licuefacción, pero si se opta por la segunda opción se hará un mejoramiento de 0.60 m.

Tabla 85

Presupuesto total cimentación superficial

PRESUPUESTO TOTAL CIMENTACION SUPERFICIAL		
Descripción	Volumen (m ³)	Costo (S/)
Excavaciones	1105.8	S/16,929.81
Metrados de concreto - Zapatas	267.76	S/86,372.80
Metrados de concreto - Columnas y Placas	121.47	S/39,183.95
Metrados de Falsa Zapatas	63.54	S/14,727.44
Relleno con material controlado para MS	283.61	S/29,137.89
	Total	S/186,351.89
PRESUPUESTO TOTAL LOSA DE CIMENTACION		
Descripción	Volumen (m ³)	Costo (S/)
Excavaciones	1554.64	S/23,801.50
Metrados de concreto - Losa de Cimentación	582.99	S/188,058.68
Metrados de concreto - Columnas y Placas	105.58	S/34,057.08
Relleno con material controlado para MS	582.99	S/59,896.31
	Total	S/305,813.57

Nota: Se hizo una comparación económica entre las dos propuestas de cimentación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adanaque Guerrero, J. (2019). Evaluación del potencial de licuefacción de suelos en las zonas costeras de Lambayeque y Mórrope, provincia de Lambayeque, 2017. *Tesis*. Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Chiclayo. <http://hdl.handle.net/20.500.12423/1819>
- Badillo, J., & Rodríguez, R. (1995). *Mecánica de Suelos*. Limusa.
- Badillo, J., & Rodríguez, R. (1995). *Mecánica de Suelos. Tomo II. Editorial*. Limusa.
- Ballantyne. (2007). *Reducción del daño sísmico*. Guía para las empresas de Agua.
- Braja, D. (2011). *Fundamentos de la Ingeniería de cimentaciones 7ed*. Cengage Learning.
- Bravo, F., & Huapaya, H. (2019). *Formulación de Cimentación Superficial para un centro comercial de 3 pisos en una zona de suelos licuables en La Encantada – Chorrillos*. Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.
- Cálculo de mecánica. (2006). *dudas que surgen al comenzar a calcular* . <http://www.demecanica.com/calculo/calculo.htm>
- Constructivo. (2018). *Desestabilización del edificio de Taiwán* . <https://constructivo.com/noticia/taiwan-lucha-por-estabilizar-edificios-tras-terremoto-1518281872>.
- Das, B. (2011). *Fundamentos de la Ingeniería de cimentaciones*.
- Delgado, L., & Stewart, J. (2018). *Influencia del porcentaje de ceniza de bagazo de caña de azúcar activada alcalinamente sobre la tensión efectiva en suelos susceptibles a licuación*. Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo.
- El murete. (2015). *Capacidad de carga ultima* . <https://desdeelmurete.com/capacidad-de-carga-ultima>
- European Geosciences Union. (2016). *Reacomodamiento de partículas por acción de sismo*. http://www.sismobox.com/Sismo-box_ESP.htm
- Fellenius, B. (2016). *Basics of Foundation Design. Electronic Ed*. www.Fellenius.net
- Geología web. (2018). *Licuación de suelos, causas y consecuencias* . <https://constructivo.com/noticia/taiwan-lucha-por-estabilizar-edificios-tras-terremoto-1518281872>
- González Cabos, N., & Torres Araujo, J. C. (2018). Microzonificación geotécnica y diseño de cimentaciones superficiales en el sector Taquila de las Delicias,

- Distrito de Moche, Provincia de Trujillo - La Libertad. Tesis. Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo. <https://hdl.handle.net/20.500.12759/4175>
- Henriquez, C. (2007). *Mejora de terrenos potencialmente licuables con inyecciones de compactación*. España: Universidad Politécnica de Madrid.
- Holtz, & Kovacs. (1981). *Introduccion a la Ingenieria Geotecnica*. Pearson.
- Holtz, & Kovacs. (1981). *Introducción a la ingeniería geotécnica*. Prentice Hall.
- Kramer, S., & Stewart, J. (2008). *Geotechnical Aspects of seismic Hazards*.
- Masw. (2018). *Seismic Site Characterization por MASW*. <http://www.masw.com/MASW-SSC-HowToMeasureVs.html>
- Oviedo, R. (2019). *Concreto Armado*. Oviedo ingeniería EIRL.
- Oviedo, R. (2019). *Diseño sismoresistente de edificaciones de concreto armado*. Oviedo Ingeniería EIRL.
- Pastor, L., Tomás, R., Cano, M., & Riquelme, A. (2018). Estudio comparativo del potencial de licuación de suelos usando las normas españolas y el Eurocódigo. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 7(3), 18. <https://doi.org/https://doi.org/10.18268/bsgm2018v70n3a9>
- Quesada, L. (2017). *Determinación de la capacidad de carga de cimentaciones superficiales sobre bases estratificadas <en suelos friccionantes*. Universidad central Marta Abreu.
- Sarmiento, D. O. (2019). *Concreto Armado*. Oviedo Ingenieria EIRL.
- Fellenius, B.H.,(2022). *Basics of foundation design—a textbook*. Electronic Edition, www.Fellenius.net, 538 p.
- Youd, T.L., e Idriss, I.M. (Editors). (1997). *Proceedings of the NCEER Workshop on Evaluation of Liquefaction Resistance of Soils*. National Center for Earthquake Engineering Research, State University of New York at Buffalo, Buffalo, N.Y. <https://www.eng.buffalo.edu/mceer-reports/97/97-0022.pdf>
- Vessia, G. y Venisti, N., (2011). *Liquefaction damage potential for seismic hazard evaluation in urbanized areas*. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*. Soil Dynamics and Earthquake Engineering. https://www.academia.edu/7702814/Liquefaction_damage_potential_for_seismic_hazard_evaluation_in_urbanized_areas.
- Youd, T.L. e Idriss, I.M., (2001). *Lyiquefaction resistance of soils: summary report from the 1996 NCEER and 1998 NCEER/NSF workshops on evaluation of liquefaction resistance of soils*. *Journal of geotechnical and geoenvironmental engineering*. https://www.academia.edu/27954351/LIQUEFACTION_RESISTANCE_OF_S

OILS_SUMMARY_REPORT_FROM_THE_1996_NCEER_AND_1998_NCEE
R_NSF_WORKSHOPS_ON_EVALUATION_OF_LIQUEFACTION_RESISTAN
CE_OF_SOILS_a

- Andrus, R.D. y Stokoe II, K.H., (2000). *Liquefaction resistance of soils from shear-wave velocity*. Journal of geotechnical and geoenvironmental engineering. https://www.marchetti-dmt.it/wp-content/uploads/bibliografia/andrus_2000_liquef_resistance_from_Vs.pdf
- Idriss, I.M. y Boulanger, R.W., (2006). *Semi-empirical procedures for evaluating liquefaction potential during earthquakes*. Soil dynamics and earthquake engineering. https://www.marchetti-dmt.it/wp-content/uploads/bibliografia/idriss_2004_semi_empirical_procedures_for_liquef.pdf
- Shen, M., Chen, Q., Zhang, J., Gong, W. y Hsein Juang, C., (2016). *Predicting liquefaction probability based on shear wave velocity: an update*. Bulletin of Engineering Geology and the Environment. <https://cecas.clemson.edu/geomechanics/papers/Shen2016-BEGE.pdf>
- Ishihara, K., (1996). *Soil behavior in earthquake geotechnics*. Oxford University Press.
- Hamada, M.,(2014). *Soil Liquefaction and Countermeasures*. In: *Engineering for Earthquake Disaster Mitigation*. Springer Series in Geomechanics and Geoengineering. Springer, Tokyo. https://doi.org/10.1007/978-4-431-54892-8_3
- Kramer, S.L., (1996). *Geotechnical earthquake engineering*. Pearson Education India.
- Seed, H. B., Mori, K., y Chan, C. K., (1975). *Influence of Seismic History on the Liquefaction Characteristics of Sands*. Report EERC 75-25. Earthquake Engineering Research Center, University of California, Berkeley.
- Seed, R.B., Cetin, K.O., Moss, R.E., Kammerer, A.M., Wu, J., Pestana, J.M., Riemer, M.F., Sancio, R.B., Bray, J.D., Kayen, R.E. y Faris, A., (2003). *Recent advances in soil liquefaction engineering: a unified and consistent framework*. In Proceedings of the 26th Annual ASCE Los Angeles Geotechnical Spring Seminar: Long Beach, CA. https://digitalcommons.calpoly.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1007&context=env_fac
- . Liao, S.S., Veneziano, D. y Whitman, R.V., (1988). *Regression models for evaluating liquefaction probability*. Journal of Geotechnical Engineering. <https://www.hindawi.com/journals/ace/2021/5535387/>

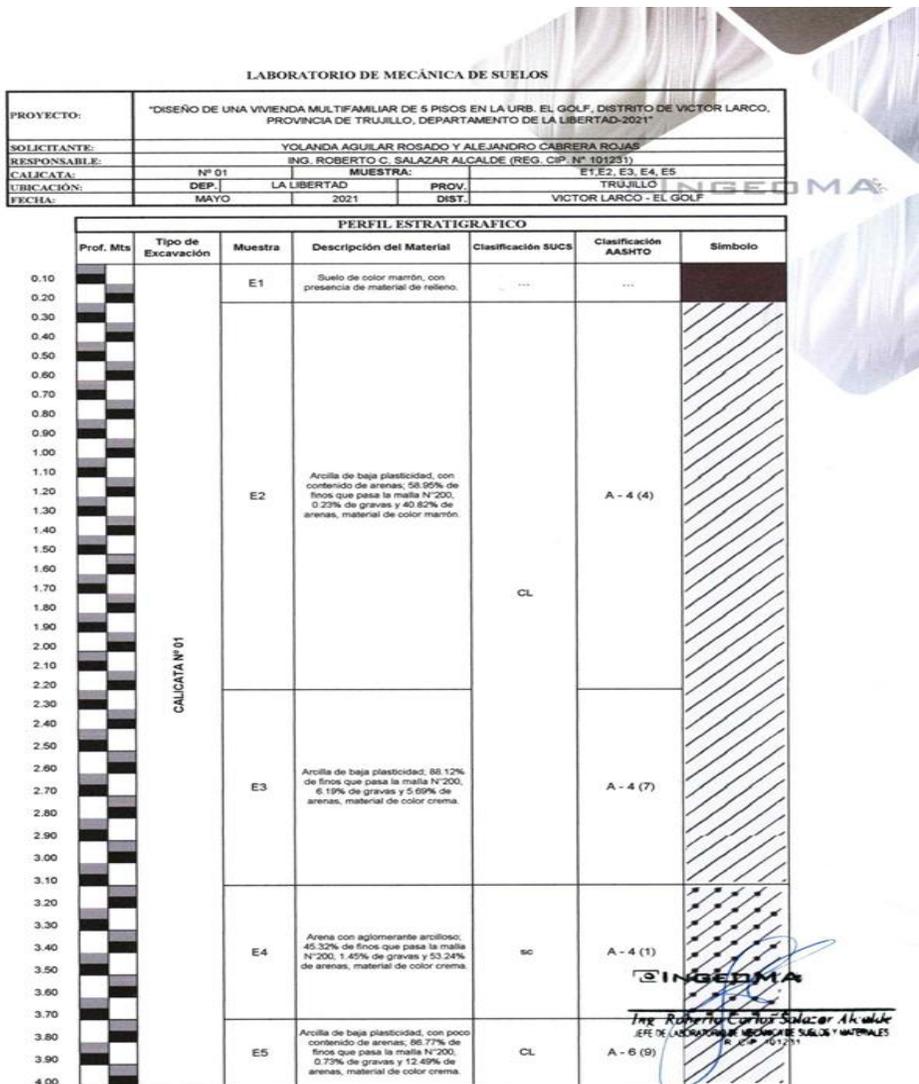
- Adriana Cubides (2017). Zonificación a partir del potencial de licuación de la zona urbana del Municipio de Apartadó, Antioquia. *Tesis*. Universidad Nacional de Colombia. file:///C:/Users/HP/Downloads/1031123211.2017%20(2).pdf
- Henry Farina y Manuel Huapaya (2019). Formulación De Cimentación Superficial Para Un Centro Comercial De 3 Pisos En Una Zona Con Suelos Licuables En La Encantada – Chorrillos. *Tesis*. Universidad Peruana De Ciencias Aplicadas. <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/625174>
- Pepe Heras (2020). DETERMINACIÓN DE LAS ZONAS DE RIESGO DE LICUEFACCIÓN DE SUELOS DURANTE UN SISMO EN EL DISTRITO DE VÍCTOR LARCO HERRERA, TRUJILLO 2018. *Tesis*. Universidad Privada de Trujillo. file:///C:/Users/HP/Downloads/TESIS%20%20HERAS%20FLORES.pdf

ANEXOS

1. Información obtenida de las muestras de campo:

Anexo1.1

Perfil estratigráfico C-1



CERTIFICADO DE INDECOPI N° 00088500

DIRECCIÓN: Av. Prolong. Juan Pablo II Mz. I Bloque. "D" DPTO N° 101 Urb. Vista Hermosa - Trujillo

CEL: 948461203 - TELF: 044 601374

email: ingeoma_sac@outlook.es

 ingeoma_sac

Nota: Elaboración Propia

Anexo1.2

Perfil estratigráfico C-2

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS					
PROYECTO:	"DISEÑO DE UNA VIVIENDA MULTIFAMILIAR DE 5 PISOS EN LA URB. EL GOLF, DISTRITO DE VICTOR LARCO, PROVINCIA DE TRUJILLO, DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD-2021"				
SOLICITANTE:	YOLANDA AGUILAR ROSADO Y ALEJANDRO CABRERA ROJAS				
RESPONSABLE:	ING. ROBERTO C. SALAZAR ALCALDE (REG. CIP. N° 101231)				
CALICATA:	N° 02	MUESTRA:		E1, E2, E3	
UBICACIÓN:	DEP. LA LIBERTAD	PROV. TRUJILLO			
FECHA:	MAYO	2021	DIST. VICTOR LARCO - EL GOLF		

PERFIL ESTRATIGRAFICO						
Prof. Mts	Tipo de Excavación	Muestra	Descripción del Material	Clasificación SUCS	Clasificación AASHTO	Simbolo
0.10	CALICATA N° 02	E1	Suelo de color marrón, con presencia de material de relleno.	---	---	
0.20		E2	Arcilla de baja plasticidad; 87.44% de finos que pasa la malla N°200, 1.19% de gravas y 11.37% de arenas, material de color marrón.	CL	A - 4 (6)	
0.30						
0.40						
0.50						
0.60						
0.70						
0.80						
0.90						
1.00						
1.10	E3	Arcilla de baja plasticidad; 91.50% de finos que pasa la malla N°200, 3.48% de gravas y 5.02% de arenas, material de color crema.	A - 6 (9)			
1.20						
1.30						
1.40						
1.50						
1.60						
1.70						
1.80						
1.90						
2.00						
2.10						
2.20						
2.30						
2.40						
2.50						
2.60						
2.70						
2.80						
2.90						
3.00						
3.10						
3.20						
3.30						

INGEOMA

Ing. Roberto Carlos Salazar Alcalde
JEFE DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES
CIP 101231

CERTIFICADO DE INDECOPI N° 00088500

DIRECCIÓN: Av. Prolong. Juan Pablo II Mz. I Bloque. "D" DPTO N° 101 Urb. Vista Hermosa - Trujillo

CEL: 948461203 - TELF: 044 601374

email: ingeoma_sac@outlook.es

ingeoma_sac

Nota: Elaboración Propia

Anexo1.3

Perfil estratigráfico C-3

INGEOMA SAC

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO:	"DISEÑO DE UNA VIVIENDA MULTIFAMILIAR DE 5 PISOS EN LA URB. EL GOLF, DISTRITO DE VICTOR LARCO, PROVINCIA DE TRUJILLO, DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD-2021"				
SOLICITANTE:	YOLANDA AGUILAR ROSADO Y ALEJANDRO CABRERA ROJAS				
RESPONSABLE:	ING. ROBERTO C. SALAZAR ALCALDE (REG. CIP. N° 101231)				
CALICATA:	N° 03	MUESTRA:			E1, E2, E3
UBICACIÓN:	DEP.	LA LIBERTAD	PROV.	TRUJILLO	
FECHA:	MAYO	2021	DIST.	VICTOR LARCO - EL GOLF	

PERFIL ESTRATIGRAFICO						
Prof. Mts	Tipo de Excavación	Muestra	Descripción del Material	Clasificación SUCS	Clasificación AASHTO	Símbolo
0.10	CALICATA N° 03	E1	Suelo de color marrón, con presencia de material de relleno.	---	---	
0.20		E2	Arcilla de baja plasticidad, con contenido de arenas, 55.87% de finos que pasa la malla N°200, 0.07% de gravas y 44.07% de arenas, material de color marrón.	CL	A - 4 (4)	
0.30						
0.40						
0.50						
0.60						
0.70						
0.80						
0.90						
1.00						
1.10						
1.20						
1.30						
1.40						
1.50						
1.60						
1.70						
1.80						
1.90						
2.00						
2.10						
2.20						
2.30						
2.40						
2.50						
2.60						
2.70		E3	Arcilla de baja plasticidad; 85.44% de finos que pasa la malla N°200, 6.09% de gravas y 8.47% de arenas, material de color crema.		A - 4 (7)	
2.80						
2.90						
3.00						
3.10						
3.20						
3.30						

INGEOMA

Ing. Roberto Carlos Salazar Alcalde
JEFE DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES
N° CIP. 101231

CERTIFICADO DE INDECOPI N° 00088500

DIRECCIÓN: Av. Prolong. Juan Pablo II Mz. I Bloque. "D" DPTO N° 101 Urb. Vista Hermosa - Trujillo

CEL: 948461203 - TELF: 044 601374

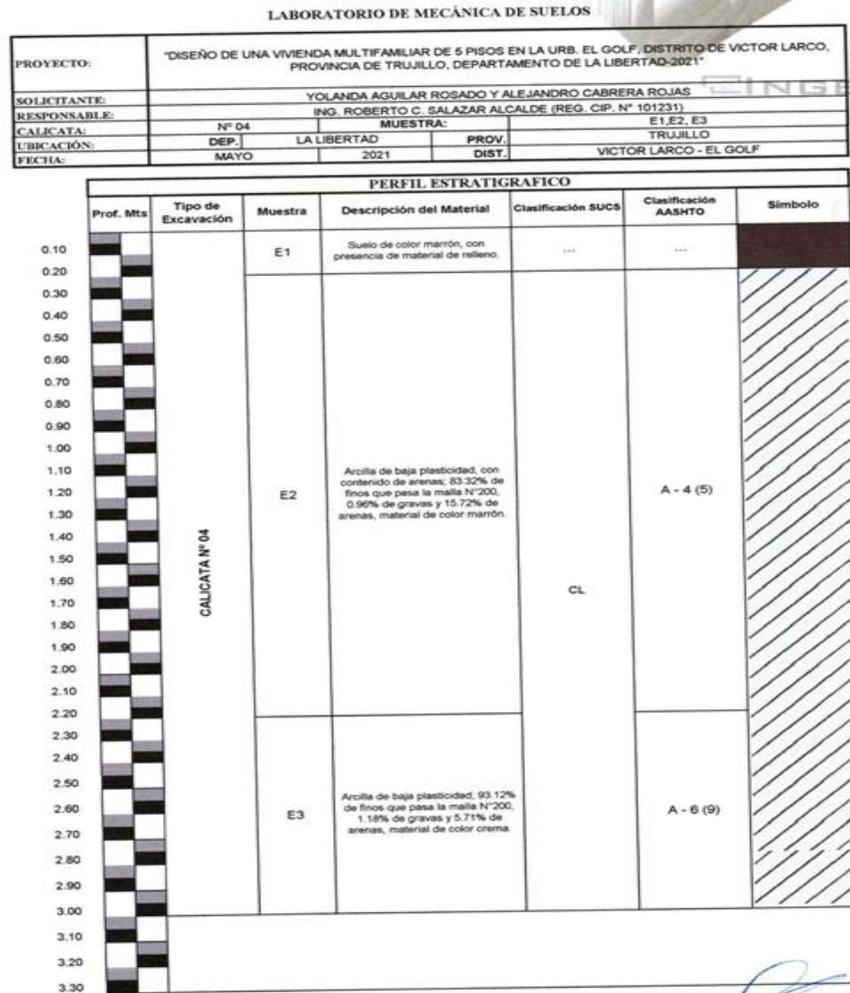
email: ingeoma_sac@outlook.es

 ingeoma_sac

Nota: Elaboración Propia

Anexo 1.4

Perfil estratigráfico C-4



INGEOMA

Ing. Roberto Carlos Salazar Alcalde
JEFE DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES
N° CIP 101231

CERTIFICADO DE INDECOPI N° 00088500

DIRECCIÓN: Av. Prolong. Juan Pablo II Mz. I Bloque. "D" DPTO N° 101 Urb. Vista Hermosa - Trujillo

CEL: 948461203 - TELF: 044 601374

email: ingeoma_sac@outlook.es

ingeoma_sac

Nota: Elaboración Propia

Anexo 1.5

Análisis mecánico por tamizado C-1, muestra E-2

INGEOMA SAC®

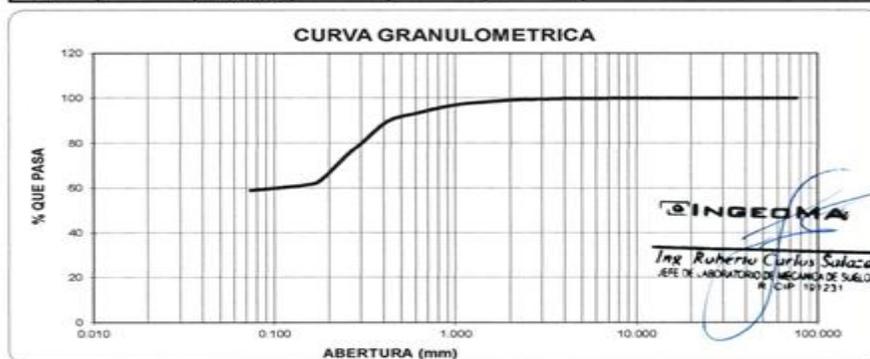
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

ANALISIS MECANICO POR TAMIZADO
ASTM D-422

INGEOMA

PROYECTO:	"DISEÑO DE UNA VIVIENDA MULTIFAMILIAR DE 5 PISOS EN LA URB. EL GOLF, DISTRITO DE VICTOR LARCO, PROVINCIA DE TRUJILLO, DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD-2021"					
SOLICITANTE:	YOLANDA AGUILAR ROSADO Y ALEJANDRO CABRERA ROJAS					
RESPONSABLE:	ING. ROBERTO C. SALAZAR ALCALDE (REG. CIP. N° 101231)					
CALICATA:	N° 01		MUESTRA:		E-2	ESTRATO: 2.00
UBICACIÓN:	DEP.	LA LIBERTAD	PROV.	TRUJILLO		
FECHA:	MAYO	2021	DIST.	VICTOR LARCO - EL GOLF		

DATOS DEL ENSAYO						
PESO SECO INICIAL (gr.)	1720.72					
PESO SECO LAVADO (gr.)	706.36					
PESO PERDIDO POR LAVADO (gr.)	1014.36					
Tamices ASTM	Abertura en mm.	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	% que Pasa	LÍMITES E INDICES DE CONSISTENCIA
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00	L. Líquido : 25.00
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00	L. Plástico : 16.73
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00	Ind. Plástico : 8.27
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00	Clas. SUCS : CL
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00	Clas. AASHITO : A-4 (4)
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00	
1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00	
1/4"	6.350	2.44	0.14	0.14	99.86	
N° 4	4.750	1.54	0.09	0.23	99.77	
8	2.360	8.44	0.49	0.72	99.28	P. Unitario : 1.074
10	2.000	4.08	0.24	0.96	99.04	
16	1.180	23.88	1.39	2.35	97.65	
20	0.850	29.09	1.69	4.04	95.96	
30	0.600	47.34	2.75	6.79	93.21	
40	0.420	60.15	3.50	10.28	89.72	
50	0.300	171.24	9.95	20.24	79.76	
60	0.250	91.44	5.31	25.55	74.45	
80	0.180	188.17	10.94	36.49	63.51	
100	0.150	37.45	2.18	38.68	61.34	
200	0.074	41.1	2.39	41.05	58.95	
<200		1014.36	58.95	100.00	0.00	
Total		1720.72				



CERTIFICADO DE INDECOPI N° 00088500

DIRECCIÓN: Av. Prolong. Juan Pablo II Mz. I Bloque. "D" DPTO N° 101 Urb. Vista Hermosa - Trujillo

CEL: 948461203 - TELF: 044 601374

email: ingeoma_sac@outlook.es

ingeoma_sac

Nota: Elaboración Propia

Anexo 1.6

Límite de consistencia C-1, muestra E-2

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

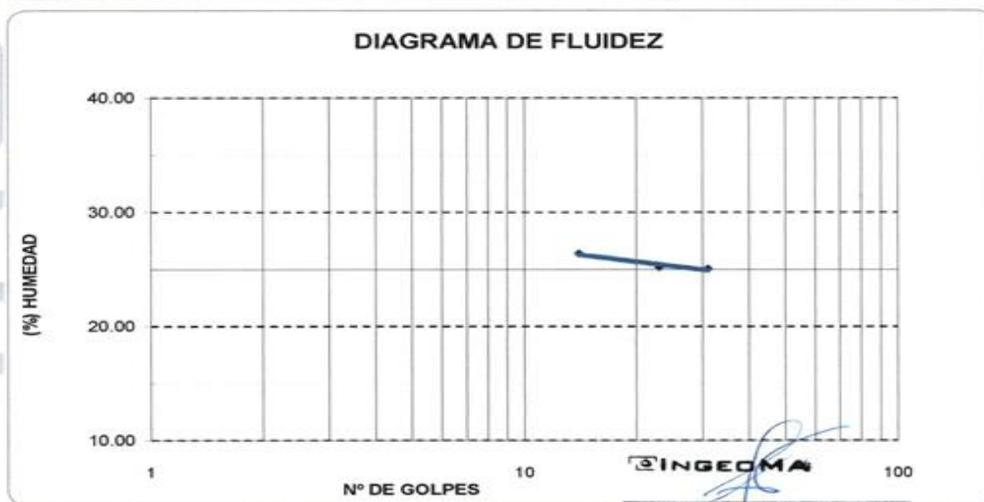
LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM D-423/D-424

PROYECTO:	"DISEÑO DE UNA VIVIENDA MULTIFAMILIAR DE 5 PISOS EN LA URB. EL GOLF, DISTRITO DE VICTOR LARCO, PROVINCIA DE TRUJILLO, DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD-2021"					
SOLICITANTE:	YOLANDA AGUILAR ROSADO Y ALEJANDRO CABRERA ROJAS					
RESPONSABLE:	ING. ROBERTO C. SALAZAR ALCALDE (REG. CIP. N° 101231)					
CALICATA:	N° 01		MUESTRA:		E-2	ESTRATO:
UBICACIÓN:	<i>DEP.</i>	LA LIBERTAD		<i>PROV.</i>	TRUJILLO	
FECHA:	MAYO		2021	<i>DIST.</i>	VICTOR LARCO - EL GOLF	

DATOS DEL ENSAYO

Descripción	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO		
	14	23	31	-	-	-
N° de golpes	14	23	31	-	-	-
Peso tara (gr.)	19.99	19.41	19.03	13.780	13.870	-
Peso tara + suelo húmedo (gr.)	28.08	29.40	26.01	13.940	13.940	-
Peso tara + suelo seco (gr.)	26.39	27.39	24.61	13.917	13.930	-
Humedad %	26.41	25.19	25.09	16.79	16.67	-
Límites	25.00			16.73		

DIAGRAMA DE FLUIDEZ



Ing. Roberto Carlos Salazar Alcalde
JEFE DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES
N° CIP 101231

CERTIFICADO DE INDECOPI N° 00088500

DIRECCIÓN: Av. Prolong. Juan Pablo II Mz. I Bloque. "D" DPTO N° 101 Urb. Vista Hermosa - Trujillo

CEL: 948461203 - TELF: 044 601374

email: ingeoma_sac@outlook.es

ingeoma_sac

Nota: Elaboración Propia

Anexo 1.7

Contenido de humedad y peso volumétrico C-1, muestra E-2

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO:	"DISEÑO DE UNA VIVIENDA MULTIFAMILIAR DE 5 PISOS EN LA URB. EL GOLF, DISTRITO DE VICTOR LARCO, PROVINCIA DE TRUJILLO, DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD-2021"				
SOLICITANTE:	YOLANDA AGUILAR ROSADO Y ALEJANDRO CABRERA ROJAS				
RESPONSABLE:	ING. ROBERTO C. SALAZAR ALCALDE (REG. CIP. N° 101231)				
CALICATA:	N° 01	MUESTRA:	E-2	ESTRATO:	2.00
UBICACIÓN:	DEP.	LA LIBERTAD	PROV.	TRUJILLO	
FECHA:	MAYO	2021	DIST.	VICTOR LARCO - EL GOLF	

CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D - 2216			
DESCRIPCIÓN			
PESO DE TARRO	(gr.)	39.56	38.56
PESO DE TARRO + SUELO HUMEDO	(gr.)	183.67	173.63
PESO DE TARRO + SUELO SECO	(gr.)	173.05	164.03
PESO DE SUELO SECO	(gr.)	133.49	125.47
PESO DE AGUA	(gr.)	10.62	9.60
% DE HUMEDAD		7.96	7.65
% DE HUMEDAD PROMEDIO		7.80	

PESO UNITARIO VOLUMETRICO ASTM-D-1587		
VOLUMEN DEL PICNÓMETRO	(cm ³)	500.00
PESO DE LA MUESTRA	(gr.)	578.64
PESO DEL PICNÓMETRO	(gr.)	170.17
PESO DEL PICNÓMETRO + MUESTRA	(gr.)	748.81
PESO UNITARIO (humedo)	(gr/cm ³)	1.157
PESO UNITARIO (seco)	(gr/cm ³)	1.074

INGEOMA

Ing. Roberto Carlos Salazar Alcalde
JEFE DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES
R. CIP. 101231

CERTIFICADO DE INDECOPI N° 00088500

DIRECCIÓN: Av. Prolong. Juan Pablo II Mz. I Bloque. "D" DPTO N° 101 Urb. Vista Hermosa - Trujillo

CEL: 948461203 - TELF: 044 601374

email: ingeoma_sac@outlook.es

 ingeoma_sac

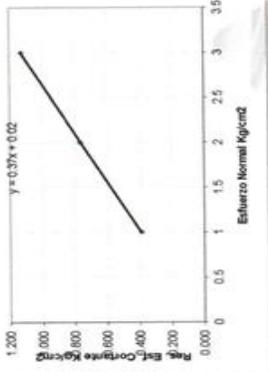
Nota: Elaboración Propia

Anexo 1.8

Ensayo de corte directo C-1, muestra E-2



L.M.S.		LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS											
ENSAYO DE CORTE DIRECTO													
UBICA: TORREJO DE UNA VIGERIA EN EL TAMPALAN DE SIENGO EN LA SIERRA DEL GOLFO CENTRAL DEL VICTOR LARCO BRINDONA DE TRUJILLO, DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD 2021.													
UBICACION: ZEDERLARGO: TRUJILLO, LA LIBERTAD													
SOLICITANTE: YOLANDA AGUIAR ROSADO Y ALVARADO CASARETA ROSAS													
RESPONSABLE: ING. ROBERTO C. BRAZAM ALCAZAR (RES) (CP N° 102231)													
SALIDA: 09/14 - MODIFICAR: -													
CALA DE CORTE N°: 0.004													
ANCHO: 6 cm													
ALTEZA: 4 cm													
VOLUMEN: 144 cm ³													
Cv: 1.157 (Peso unitario húmedo del suelo)													
VELOCIDAD: 1 mm/min													
Wm: 166.6 %													
FACTOR DE CALIBRACION: 4.559													
# 20.4° es 0.020													
T	D/H	Lo	Area Concreta	LD (un)	FC								
0.00	0.000	6.000	36.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.25	0.025	5.875	35.250	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.50	0.050	5.750	34.500	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.75	0.075	5.625	33.750	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1.00	0.100	5.500	33.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1.50	0.150	5.250	31.500	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2.00	0.200	5.000	30.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
3.00	0.300	4.500	27.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
4.00	0.400	4.000	24.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
4.50	0.450	3.750	22.500	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5.00	0.500	3.500	21.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5.50	0.550	3.250	19.500	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
6.00	0.600	3.000	18.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
6.50	0.650	2.750	16.500	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
7.00	0.700	2.500	15.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
8.00	0.800	2.000	12.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
9.00	0.900	1.500	9.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
9.50	0.950	1.250	7.500	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10.00	1.000	1.000	6.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000



CERTIFICADO DE INDECOPI N° 00088500

DIRECCIÓN: Av. Prolong. Juan Pablo II Mz. I Bloque. "D" DPTO N° 101 Urb. Vista Hermosa - Trujillo

CEL: 948461203 - TELF: 044 601374

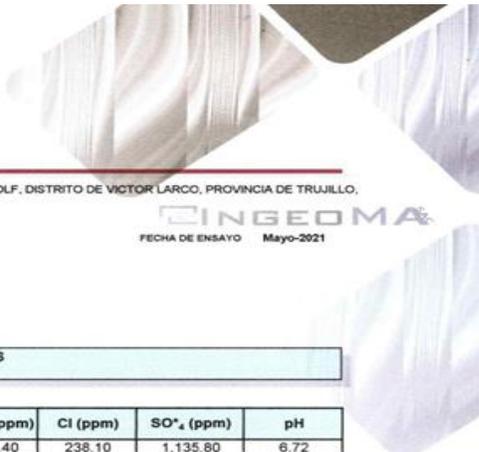
email: ingeoma_sac@outlook.es

f ingeoma_sac

Nota: Elaboración Propia

Anexo 1.9

Análisis químico de suelo, C-1, muestra E-2



<p>PROYECTO</p> <p>SOLICITANTE</p> <p>UBICACIÓN</p> <p>PROCEDENCIA</p> <p>CANTIDAD</p> <p>PRESENTACIÓN</p> <p>CONDICION DE LA MUESTRA</p>	<p>"DISEÑO DE UNA VIVIENDA MULTIFAMILIAR DE 5 PISOS EN LA URB. EL GOLF, DISTRITO DE VICTOR LARCO, PROVINCIA DE TRUJILLO, DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD-2021"</p> <p>YOLANDA AGUILAR ROSADO Y ALEJANDRO CABRERA ROJAS</p> <p>VICTOR LARCO - TRUJILLO - LA LIBERTAD</p> <p>C-1 E-2</p> <p>: según Norma MTC - 210</p> <p>: Sacos de Polietileno</p> <p>: Ensayo realizado con material de muestra</p>
--	---

INGEOMA

FECHA DE ENSAYO **Mayo-2021**

ANÁLISIS QUÍMICO DE SUELOS
NORMAS MTC E 219 - NTP 400.042

CALICATA	Descripción	S.S.T. (ppm)	Cl (ppm)	SO ⁴⁻ (ppm)	pH
C-1 E-2	CL	1,375.40	238.10	1,135.80	6.72

EVALUACION QUIMICA:
En los siguientes cuadros se presentan los límites permisibles recomendados por el Comité ACI 318-83, RNE y valores recopilados de la literatura existente sobre las cantidades en partes por millón (p.p.m) de sales solubles totales, así como el grado de alteración y las observaciones del ataque a las armaduras y al concreto, se da las recomendaciones necesarias para la protección ante el ataque químico.

TABLAS NORMATIVAS
CUADRO COMPARATIVO DE CONTENIDO DE SULFATOS Y SU GRADO DE AGRESIVIDAD AL CONCRETO SEGÚN RECLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES
(Valores expresados en ppm)

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

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

Sustancia	Referencias	MTC	RIVVA 5	Agua Potable	R.N.E. (Peruana)
Cloruros		300	300	250	1,000
Sulfatos		300	50	50	-
Sales Solubles Totales		1,500	300	300	-
Sales en Magnesio		-	125	125	-
Sólidos en Suspensión		1,000	10	10	-
pH		< de 7	> de 8	10.5	mínimo 4
Mat. Orgánica expres. En Oxígeno		16	0.001	0.001	-

* Para concretos que han de estar expuestos a ataques por sulfatos.
* Para ph <4 deberá proporcionarse medidas de protección adecuadas para proteger el concreto del ataque ácido.

De la comparación de los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio y los valores recomendados se puede deducir el siguiente comportamiento:
En la zona de estudio los niveles de contenidos de sulfatos son de grado de ataque moderado.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES:
Al nivel de excavación los contenidos de sulfatos son de grado de ataque moderado, por lo que se recomienda el uso de cemento Tipo MS.



Ing. Roberto Carlos Salazar Alcalde
JEFE DE LABORATORIO DE QUÍMICA DE SUELOS Y MATERIALES
A.C.P. 181231

CERTIFICADO DE INDECOPI N° 00088500
DIRECCIÓN: Av. Prolong. Juan Pablo II Mz. I Bloque. "D" DPTO N° 101 Urb. Vista Hermosa - Trujillo
CEL: 948461203 - TELF: 044 601374

email: ingeoma_sac@outlook.es

 ingeoma_sac

Nota: Elaboración Propia

Anexo 1.10

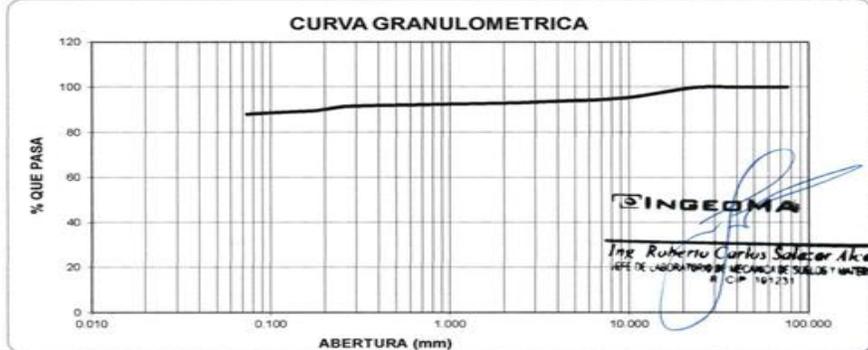
Análisis mecánico por tamizado C-1, muestra E-3

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

**ANALISIS MECANICO POR TAMIZADO
ASTM D-422**

INGEOMA

PROYECTO:	"DISEÑO DE UNA VIVIENDA MULTIFAMILIAR DE 5 PISOS EN LA URB. EL GOLF, DISTRITO DE VICTOR LARCO, PROVINCIA DE TRUJILLO, DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD-2021"					
SOLICITANTE:	YOLANDA AGUILAR ROSADO Y ALEJANDRO CABRERA ROJAS					
RESPONSABLE:	ING. ROBERTO C. SALAZAR ALCALDE (REG. CIP. N° 101231)					
CALICATA:	N° 01	MUESTRA:		E-3	ESTRATO: 0.80	
UBICACIÓN:	DEP.	LA LIBERTAD	PROV.	TRUJILLO		
FECHA:	MAYO	2021	DIST.	VICTOR LARCO - EL GOLF		
DATOS DEL ENSAYO						
PESO SECO INICIAL (gr.)	1642.01					
PESO SECO LAVADO (gr.)	195.10					
PESO PERDIDO POR LAVADO (gr.)	1446.91					
Tamices ASTM	Abertura en mm.	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	% que Pasa	LÍMITES E INDICES DE CONSISTENCIA
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00	L. Líquido : 31.00
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00	L. Plástico : 22.86
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00	Ind. Plástico : 8.14
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00	Clas. SUCS : CL
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00	Clas. AASHTO : A-4 (7)
3/4"	19.050	18.64	1.14	1.14	98.86	
1/2"	12.700	37.23	2.27	3.40	96.60	
3/8"	9.525	22.25	1.36	4.76	95.24	
1/4"	6.350	15.71	0.96	5.71	94.29	
N° 4	4.778	7.82	0.48	6.19	93.81	
8	2.360	12.55	0.76	6.95	93.05	
10	2.000	2.3	0.14	7.09	92.91	
16	1.180	5.42	0.33	7.43	92.57	
20	0.850	3.69	0.22	7.65	92.35	
30	0.600	4.18	0.25	7.90	92.10	
40	0.420	3.45	0.21	8.11	91.89	
50	0.300	4.36	0.27	8.38	91.62	
60	0.250	4.2	0.26	8.64	91.36	
80	0.180	27.44	1.67	10.31	89.69	
100	0.150	5.55	0.34	10.64	89.36	
200	0.074	20.31	1.24	11.88	88.12	
<200		1446.91	88.12	100.00	0.00	
Total		1642.01				
PESO UNITARIO VOLUMÉTRICO						
P. Unitario	1.013					
CONTENIDO DE HUMEDAD						
W(%)	20.76					
OBSERVACIONES						
Arcilla de baja plasticidad, 88.12% de finos que pasa la malla N°200, 6.19% de gravas y 5.69% de arenas, material de color crema.						



CERTIFICADO DE INDECOPI N° 00088500

DIRECCIÓN: Av. Prolong. Juan Pablo II Mz. I Bloque. "D" DPTO N° 101 Urb. Vista Hermosa - Trujillo

CEL: 948461203 - TELF: 044 601374

email: ingeoma_sac@outlook.es

ingeoma_sac

Nota: Elaboración Propia

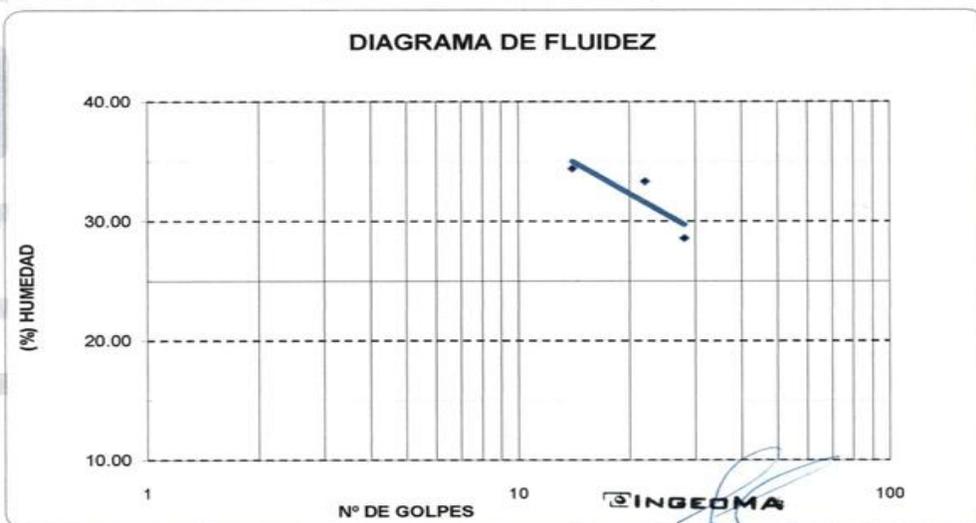
Anexo 1.11

Límites de consistencia C-1, muestra E-3

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D-423/D-424						
PROYECTO:	"DISEÑO DE UNA VIVIENDA MULTIFAMILIAR DE 5 PISOS EN LA URB. EL GOLF, DISTRITO DE VICTOR LARCO, PROVINCIA DE TRUJILLO, DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD-2021"					
SOLICITANTE:	YOLANDA AGUILAR ROSADO Y ALEJANDRO CABRERA ROJAS					
RESPONSABLE:	ING. ROBERTO C. SALAZAR ALCALDE (REG. CIP. N° 101231)					
CALICATA:	N° 01	MUESTRA:	E-3	ESTRATO:	0.8	
UBICACIÓN:	DEP.	LA LIBERTAD		PROV.	TRUJILLO	
FECHA:	MAYO		2021	DIST.	VICTOR LARCO - EL GOLF	

DATOS DEL ENSAYO						
Descripción	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO		
	14	22	28	-	-	-
N° de golpes						
Peso tara (gr.)	19.03	19.42	19.99	13.780	13.870	
Peso tara + suelo húmedo (gr.)	26.49	24.58	26.74	13.910	14.030	
Peso tara + suelo seco (gr.)	24.58	23.29	25.24	13.886	14.000	
Humedad %	34.41	33.33	28.57	22.64	23.08	
Límites	31.00			22.86		



Ing. Roberto Carlos Salazar Alcalde
JEFE DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES
N° CIP 101231

CERTIFICADO DE INDECOPI N° 00088500

DIRECCIÓN: Av. Prolong. Juan Pablo II Mz. I Bloque. "D" DPTO N° 101 Urb. Vista Hermosa - Trujillo

CEL: 948461203 - TELF: 044 601374

email: ingeoma_sac@outlook.es

 ingeoma_sac

Nota: Elaboración Propia

Anexo 1.12

Contenido de humedad, C-1, muestra E-3

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

INGEOMA

PROYECTO:	"DISEÑO DE UNA VIVIENDA MULTIFAMILIAR DE 5 PISOS EN LA URB. EL GOLF, DISTRITO DE VICTOR LARCO, PROVINCIA DE TRUJILLO, DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD-2021"				
SOLICITANTE:	YOLANDA AGUILAR ROSADO Y ALEJANDRO CABRERA ROJAS				
RESPONSABLE:	ING. ROBERTO C. SALAZAR ALCALDE (REG. CIP. N° 101231)				
CALICATA:	N° 01	MUESTRA:	E-3	ESTRATO:	0.80
UBICACIÓN:	DEP.	LA LIBERTAD	PROV.	TRUJILLO	
FECHA:	MAYO	2021	DIST.	VICTOR LARCO - EL GOLF	

CONTENIDO DE HUMEDAD
ASTM D - 2216

DESCRIPCIÓN			
PESO DE TARRO	(gr.)	39.10	38.80
PESO DE TARRO + SUELO HUMEDO	(gr.)	123.52	157.25
PESO DE TARRO + SUELO SECO	(gr.)	109.09	136.77
PESO DE SUELO SECO	(gr.)	69.99	97.97
PESO DE AGUA	(gr.)	14.43	20.48
% DE HUMEDAD		20.62	20.90
% DE HUMEDAD PROMEDIO		20.76	

PESO UNITARIO VOLUMETRICO

ASTM-D-1587

VOLUMEN DEL PICNÓMETRO	(cm ³)	500.00
PESO DE LA MUESTRA	(gr.)	611.43
PESO DEL PICNÓMETRO	(gr.)	170.17
PESO DEL PICNÓMETRO + MUESTRA	(gr.)	781.60
PESO UNITARIO (humedo)	(gr/cm ³)	1.223
PESO UNITARIO (seco)	(gr/cm ³)	1.013

INGEOMA

Ing. Roberto Carlos Salazar Alcalde
JEFE DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES
R. CIP. 101231

CERTIFICADO DE INDECOPI N° 00088500

DIRECCIÓN: Av. Prolong. Juan Pablo II Mz. I Bloque. "D" DPTO N° 101 Urb. Vista Hermosa - Trujillo

CEL: 948461203 - TELF: 044 601374

email: ingeoma_sac@outlook.es

 ingeoma_sac

Nota: Elaboración Propia

Anexo 1.13

Análisis mecánico por tamizado, C-1, muestra E-4

INGEOMA SAC®

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

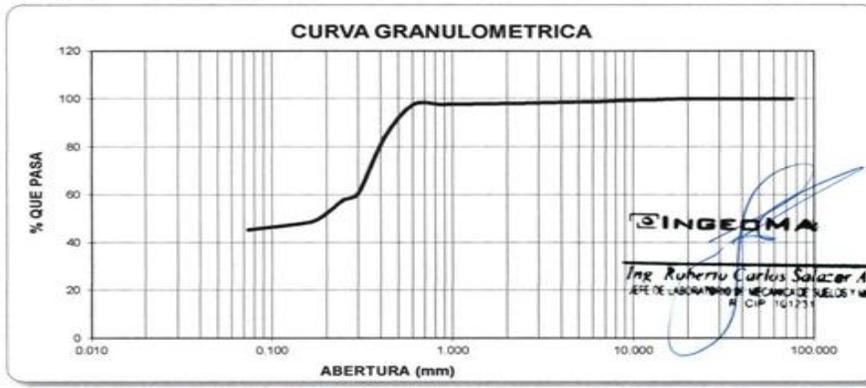
**ANALISIS MECANICO POR TAMIZADO
ASTM D-422**



PROYECTO:	"DISEÑO DE UNA VIVIENDA MULTIFAMILIAR DE 5 PISOS EN LA URB. EL GOLF, DISTRITO DE VICTOR LARCO, PROVINCIA DE TRUJILLO, DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD-2021"				
SOLICITANTE:	YOLANDA AGUILAR ROSADO Y ALEJANDRO CABRERA ROJAS				
RESPONSABLE:	ING. ROBERTO C. SALAZAR ALCALDE (REG. CIP. N° 101231)				
CALICATA:	N° 01	MUESTRA:		E-4	ESTRATO: 0.60
UBICACIÓN:	DEP.	LA LIBERTAD	PROV.	TRUJILLO	
FECHA:	MAYO	2021	DIST.	VICTOR LARCO - EL GOLF	

DATOS DEL ENSAYO	
PESO SECO INICIAL (gr.)	1284.38
PESO SECO LAVADO (gr.)	702.34
PESO PERDIDO POR LAVADO (gr.)	582.04

Tamices ASTM	Abertura en mm.	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% que Pasa	LÍMITES E INDICES DE CONSISTENCIA
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00	
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00	L. Líquido : 30.00
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00	L. Plástico : 22.63
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00	Ind. Plástico : 7.37
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00	Clas. SUCS : SC
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00	Clas. AASHITO : A-4 (1)
1/2"	12.700	6.46	0.50	0.50	99.50	
3/8"	9.525	1.32	0.10	0.61	99.39	
1/4"	6.350	8.64	0.67	1.28	98.72	PESO UNITARIO VOLUMÉTRICO
N° 4	4.178	2.14	0.17	1.45	98.55	
8	2.360	5.53	0.43	1.88	98.12	P. Unitario : 1.163
10	2.000	1.25	0.10	1.97	98.03	
16	1.180	2.81	0.22	2.19	97.81	CONTENIDO DE HUMEDAD
20	0.850	2.02	0.16	2.35	97.65	
30	0.600	2.77	0.22	2.56	97.44	W(%) : 9.57
40	0.420	172.59	13.44	16.00	84.00	
50	0.300	301.42	23.47	39.47	60.53	
60	0.250	32.87	2.56	42.03	57.97	OBSERVACIONES
80	0.180	104.71	8.15	50.18	49.82	
100	0.150	20.99	1.63	51.82	48.18	
200	0.074	36.82	2.87	54.68	45.32	
<200		582.04	45.32	100.00	0.00	Arena con aglomerante arcilloso; 45.32% de finos que pasa la malla N°200, 1.45% de gravas y 53.24% de arenas, material de color crema.
Total		1284.38				



CERTIFICADO DE INDECOPI N° 00088500
 DIRECCIÓN: Av. Prolong. Juan Pablo II Mz. I Bloque. "D" DPTO N° 101 Urb. Vista Hermosa - Trujillo
 CEL: 948461203 - TELF: 044 601374 email: ingeoma_sac@outlook.es  ingeoma_sac

Nota: Elaboración Propia

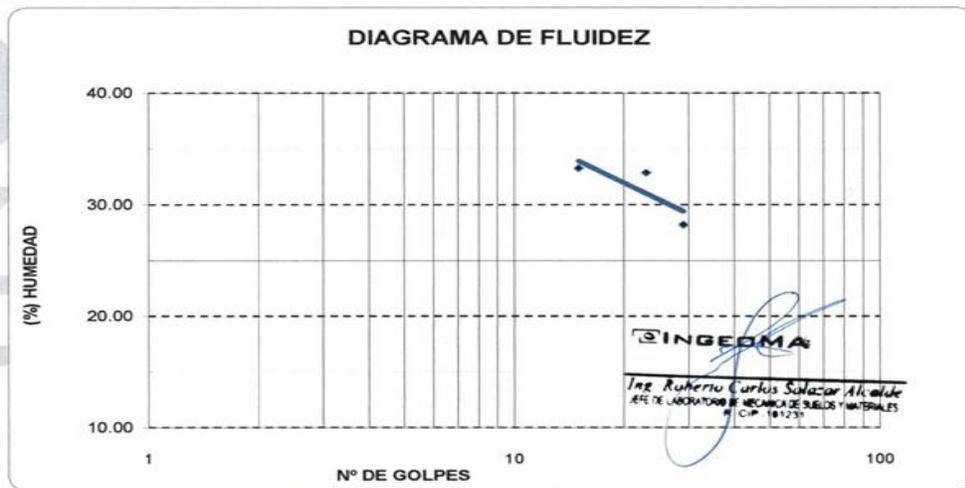
Anexo 1.14

Límite de consistencia C-1, muestra E-4

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

LIMITES DE CONSISTENCIA					
ASTM D-423/D-424					
PROYECTO:	"DISEÑO DE UNA VIVIENDA MULTIFAMILIAR DE 5 PISOS EN LA URB. EL GOLF, DISTRITO DE VICTOR LARCO, PROVINCIA DE TRUJILLO, DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD-2021"				
SOLICITANTE:	YOLANDA AGUILAR ROSADO Y ALEJANDRO CABRERA ROJAS				
RESPONSABLE:	ING. ROBERTO C. SALAZAR ALCALDE (REG. CIP. N° 101231)				
CALICATA:	N° 01	MUESTRA:		E-4	ESTRATO: 0.6
UBICACIÓN:	<i>DEP.</i>	LA LIBERTAD		<i>PROV.</i>	TRUJILLO
FECHA:	MAYO		2021	<i>DIST.</i>	VICTOR LARCO - EL GOLF

DATOS DEL ENSAYO						
Descripción	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO		
	15	23	29	-	-	-
N° de golpes						
Peso tara (gr.)	19.03	19.42	19.99	13.780	13.870	
Peso tara + suelo húmedo (gr.)	27.36	25.12	27.49	13.960	14.080	
Peso tara + suelo seco (gr.)	25.28	23.71	25.84	13.927	14.041	
Humedad %	33.28	32.87	28.21	22.45	22.81	
Límites	30.00			22.63		



CERTIFICADO DE INDECOPI N° 00088500

DIRECCIÓN: Av. Prolong. Juan Pablo II Mz. I Bloque. "D" DPTO N° 101 Urb. Vista Hermosa - Trujillo

CEL: 948461203 - TELF: 044 601374

email: ingeoma_sac@outlook.es

 ingeoma_sac

Nota: Elaboración Propia

Anexo 1.15

Contenido de Humedad y Peso volumétrico, C-1, muestra E-4

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO:	"DISEÑO DE UNA VIVIENDA MULTIFAMILIAR DE 5 PISOS EN LA URB. EL GOLF, DISTRITO DE VICTOR LARCO, PROVINCIA DE TRUJILLO, DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD-2021"			
SOLICITANTE:	YOLANDA AGUILAR ROSADO Y ALEJANDRO CABRERA ROJAS			
RESPONSABLE:	ING. ROBERTO C. SALAZAR ALCALDE (REG. CIP. N° 101231)			
CALICATA:	N° 01	MUESTRA:	E-4	ESTRATO: 0.60
UBICACIÓN:	DEP. LA LIBERTAD	PROV.	TRUJILLO	
FECHA:	MAYO	2021	DIST.	VICTOR LARCO - EL GOLF

**CONTENIDO DE HUMEDAD
ASTM D - 2216**

DESCRIPCIÓN			
PESO DE TARRO	(gr.)	40.06	39.03
PESO DE TARRO + SUELO HUMEDO	(gr.)	183.72	186.04
PESO DE TARRO + SUELO SECO	(gr.)	171.52	172.85
PESO DE SUELO SECO	(gr.)	131.46	133.82
PESO DE AGUA	(gr.)	12.20	13.19
% DE HUMEDAD		9.26	9.86
% DE HUMEDAD PROMEDIO		9.57	

PESO UNITARIO VOLUMETRICO**ASTM-D-1587**

VOLUMEN DEL PICNÓMETRO	(cm ³)	500.00
PESO DE LA MUESTRA	(gr.)	637.17
PESO DEL PICNÓMETRO	(gr.)	170.17
PESO DEL PICNÓMETRO + MUESTRA	(gr.)	807.34
PESO UNITARIO (humedo)	(gr/cm ³)	1.274
PESO UNITARIO (seco)	(gr/cm ³)	1.163

INGEOMA

Ing. Roberto Carlos Salazar Alcalde
JEFE DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES
R. CIP. 101231

CERTIFICADO DE INDECOPI N° 00088500

DIRECCIÓN: Av. Prolong. Juan Pablo II Mz. I Bloque. "D" DPTO N° 101 Urb. Vista Hermosa - Trujillo

CEL: 948461203 - TELF: 044 601374

email: ingeoma_sac@outlook.es

 ingeoma_sac

Nota: Elaboración Propia

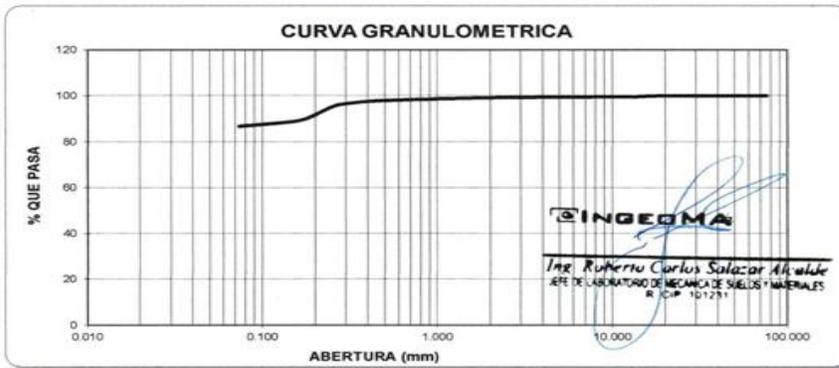
Anexo 1.16

Análisis mecánico por tamizado, C-1, muestra E-5

INGEOMA SAC®



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS						
ANALISIS MECANICO POR TAMIZADO ASTM D-422						
PROYECTO:		"DISEÑO DE UNA VIVIENDA MULTIFAMILIAR DE 5 PISOS EN LA URB. EL GOLF, DISTRITO DE VICTOR LARCO, PROVINCIA DE TRUJILLO, DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD-2021"				
SOLICITANTE:		YOLANDA AGUILAR ROSADO Y ALEJANDRO CABRERA ROJAS				
RESPONSABLE:		ING. ROBERTO C. SALAZAR ALCALDE (REG. CIP, N° 101231)				
CALICATA:		N° 01		MUESTRA:		E-5
UBICACIÓN:		DEP.	LA LIBERTAD	PROV.	TRUJILLO	ESTRATO: 0.30
FECHA:		MAYO 2021		DIST. VICTOR LARCO - EL GOLF		
DATOS DEL ENSAYO						
PESO SECO INICIAL (gr.)		1163.32				
PESO SECO LAVADO (gr.)		153.87				
PESO PERDIDO POR LAVADO (gr.)		1009.45				
Tamices ASTM	Abertura en mm.	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	% que Pasa	LÍMITES E INDICES DE CONSISTENCIA
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00	
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00	L. Líquido : 30.00
2"	50.600	0.00	0.00	0.00	100.00	L. Plástico : 18.47
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00	Ind. Plástico : 11.53
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00	Clas. SUCS : CL
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00	Clas. AASHTO : A-6 (9)
1/2"	12.700	6.22	0.53	0.53	99.47	
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.53	99.47	
1/4"	6.350	1.95	0.17	0.70	99.30	
N° 4	4.178	0.35	0.03	0.73	99.27	
8	2.360	1.81	0.16	0.89	99.11	P. Unitario : 1.018
10	2.000	0.61	0.05	0.94	99.06	
16	1.180	3.65	0.31	1.25	98.75	
20	0.850	3.36	0.29	1.54	98.46	
30	0.600	4.3	0.37	1.91	98.09	
40	0.420	5.14	0.44	2.35	97.65	
50	0.300	12.68	1.09	3.44	96.56	
60	0.250	16.33	1.40	4.85	95.15	
80	0.180	56.48	4.86	9.70	90.30	
100	0.150	16.62	1.43	11.13	88.87	
200	0.074	24.37	2.09	13.23	86.77	
<200		1009.45	86.77	100.00	0.00	
Total		1163.32				



CERTIFICADO DE INDECOPI N° 00088500

DIRECCIÓN: Av. Prolong. Juan Pablo II Mz. I Bloque. "D" DPTO N° 101 Urb. Vista Hermosa - Trujillo

CEL: 948461203 - TELF: 044 601374

email: ingeoma_sac@outlook.es

ingeoma_sac

Nota: Elaboración Propia

Anexo 1.16

Límites de consistencia, C-1, muestra E-5

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

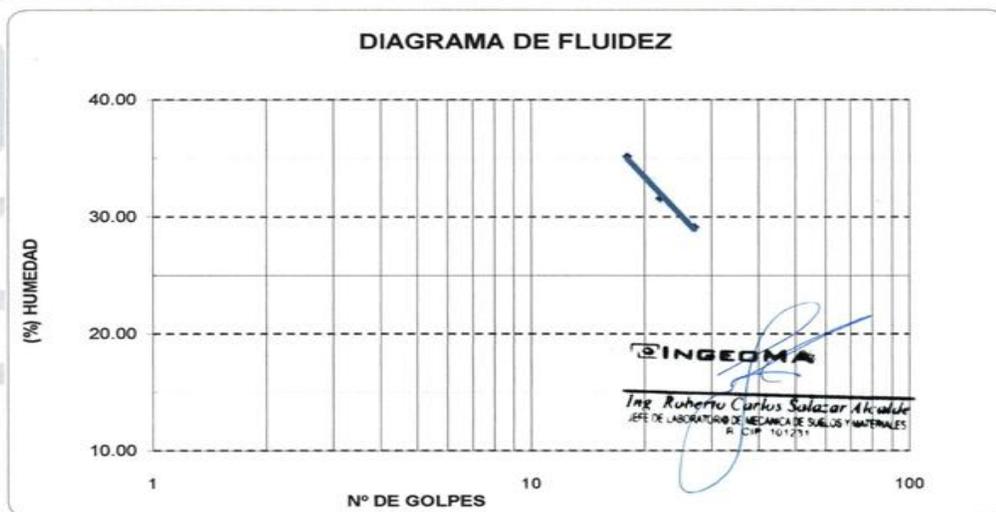
LÍMITES DE CONSISTENCIA
ASTM D-423/D-424

PROYECTO:	*DISEÑO DE UNA VIVIENDA MULTIFAMILIAR DE 5 PISOS EN LA URB. EL GOLF, DISTRITO DE VICTOR LARCO, PROVINCIA DE TRUJILLO, DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD-2021*				
SOLICITANTE:	YOLANDA AGUILAR ROSADO Y ALEJANDRO CABRERA ROJAS				
RESPONSABLE:	ING. ROBERTO C. SALAZAR ALCALDE (REG. CIP. N° 101231)				
CALICATA:	Nº 01	MUESTRA:	E-5	ESTRATO:	0,3
UBICACIÓN:	DEP.	LA LIBERTAD	PROV.	TRUJILLO	
FECHA:	MAYO	2021	DIST.	VICTOR LARCO - EL GOLF	

DATOS DEL ENSAYO

Descripción	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
	18	22	27	-	-
Nº de golpes					
Peso tara (gr.)	19.69	19.47	19.40	13.940	14.110
Peso tara + suelo húmedo (gr.)	27.80	24.72	25.74	14.070	14.300
Peso tara + suelo seco (gr.)	25.69	23.46	24.31	14.050	14.270
Humedad %	35.17	31.58	29.12	18.18	18.75
Límites	30.00			18.47	

DIAGRAMA DE FLUIDEZ



CERTIFICADO DE INDECOPI N° 00088500

DIRECCIÓN: Av. Prolong. Juan Pablo II Mz. I Bloque. "D" DPTO N° 101 Urb. Vista Hermosa - Trujillo

CEL: 948461203 - TELF: 044 601374

email: ingeoma_sac@outlook.es

 ingeoma_sac

Nota: Elaboración Propia

Anexo 1.16

Contenido de humedad y peso volumétrico, C-1, muestra E-5

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS



PROYECTO:	"DISEÑO DE UNA VIVIENDA MULTIFAMILIAR DE 5 PISOS EN LA URB. EL GOLF, DISTRITO DE VICTOR LARCO, PROVINCIA DE TRUJILLO, DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD-2021"				
SOLICITANTE:	YOLANDA AGUILAR ROSADO Y ALEJANDRO CABRERA ROJAS				
RESPONSABLE:	ING. ROBERTO C. SALAZAR ALCALDE (REG. CIP. N° 101231)				
CALICATA:	N° 01	MUESTRA:	E-5	ESTRATO:	0.30
UBICACIÓN:	DEP.	LA LIBERTAD	PROV.	TRUJILLO	
FECHA:	MAYO	2021	DIST.	VICTOR LARCO - EL GOLF	

CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D - 2216			
DESCRIPCIÓN			
PESO DE TARRO	(gr.)	39.10	38.80
PESO DE TARRO + SUELO HUMEDO	(gr.)	153.69	146.71
PESO DE TARRO + SUELO SECO	(gr.)	134.12	128.62
PESO DE SUELO SECO	(gr.)	95.02	89.82
PESO DE AGUA	(gr.)	19.57	18.09
% DE HUMEDAD		20.60	20.14
% DE HUMEDAD PROMEDIO		20.37	

PESO UNITARIO VOLUMETRICO ASTM-D-1587		
VOLUMEN DEL PICNÓMETRO	(cm ³)	500.00
PESO DE LA MUESTRA	(gr.)	612.56
PESO DEL PICNÓMETRO	(gr.)	170.17
PESO DEL PICNÓMETRO + MUESTRA	(gr.)	782.73
PESO UNITARIO (humedo)	(gr/cm ³)	1.225
PESO UNITARIO (seco)	(gr/cm ³)	1.018



Ing. Roberto Carlos Salazar Alcalde
JEFE DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES
R/ CIP 101231

CERTIFICADO DE INDECOPI N° 00088500

DIRECCIÓN: Av. Prolong. Juan Pablo II Mz. I Bloque. "D" DPTO N° 101 Urb. Vista Hermosa - Trujillo

CEL: 948461203 - TELF: 044 601374

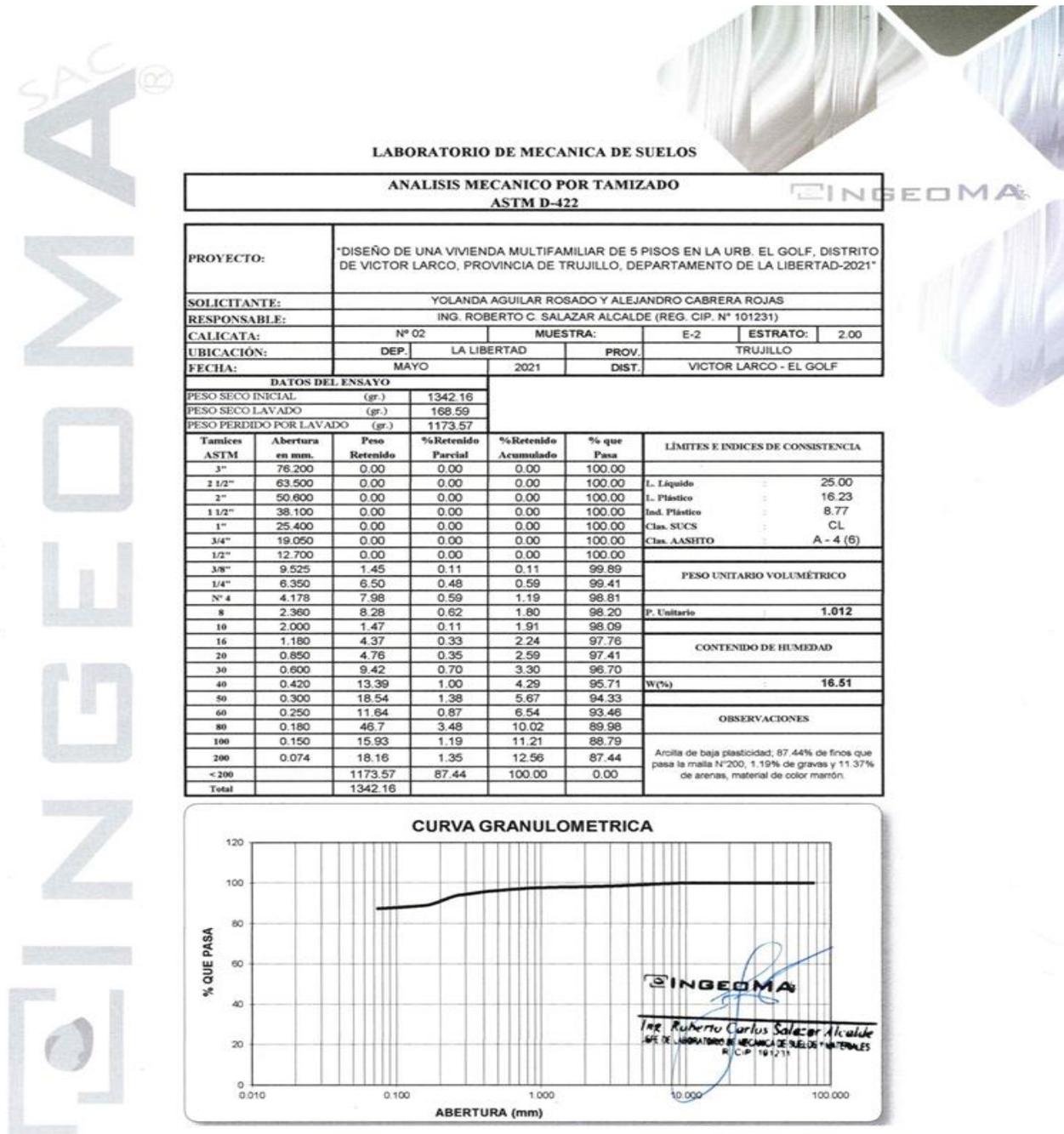
email: ingeoma_sac@outlook.es

 ingeoma_sac

Nota: Elaboración Propia

Anexo 1.17

Análisis mecánico por tamizado, C-2, muestra E-2



CERTIFICADO DE INDECOPI N° 00088500

DIRECCIÓN: Av. Prolong. Juan Pablo II Mz. I Bloque. "D" DPTO N° 101 Urb. Vista Hermosa - Trujillo

CEL: 948461203 - TELF: 044 601374

email: ingeoma_sac@outlook.es

ingeoma_sac

Nota: Elaboración Propia

Anexos 1.18

Límites de consistencia, C-2, muestra E-2

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

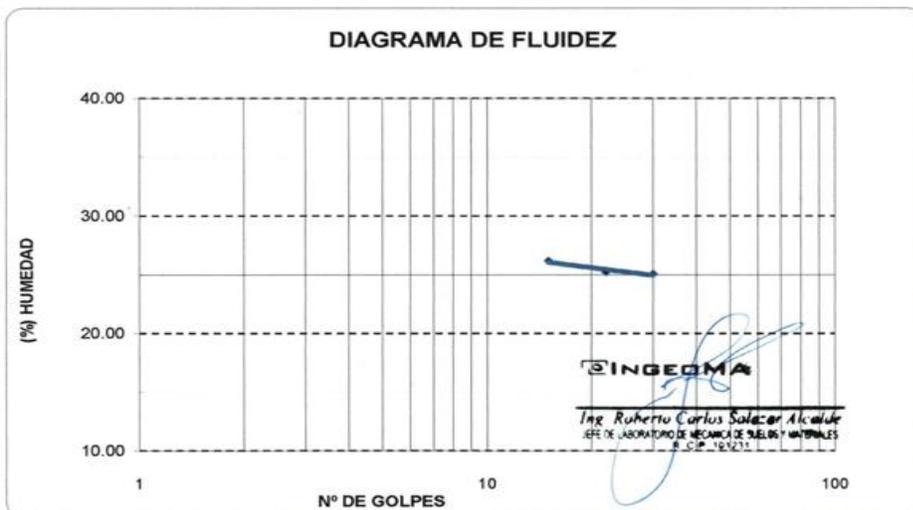
LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM D-423/D-424

PROYECTO:	"DISEÑO DE UNA VIVIENDA MULTIFAMILIAR DE 5 PISOS EN LA URB. EL GOLF, DISTRITO DE VICTOR LARCO, PROVINCIA DE TRUJILLO, DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD-2021"				
SOLICITANTE:	YOLANDA AGUILAR ROSADO Y ALEJANDRO CABRERA ROJAS				
RESPONSABLE:	ING. ROBERTO C. SALAZAR ALCALDE (REG. CIP. N° 101231)				
CALICATA:	N° 02	MUESTRA:		E-2	ESTRATO: 2
UBICACIÓN:	DEP.	LA LIBERTAD		PROV.	TRUJILLO
FECHA:	MAYO		2021	DIST.	VICTOR LARCO - EL GOLF

DATOS DEL ENSAYO

Descripción	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
	15	22	30	-	-
N° de golpes	15	22	30	-	-
Peso tara (gr.)	19.99	19.41	19.03	13.780	13.870
Peso tara + suelo húmedo (gr.)	28.52	29.93	26.56	13.990	13.980
Peso tara + suelo seco (gr.)	26.75	27.81	25.05	13.960	13.965
Humedad %	26.18	25.24	25.08	16.67	15.79
Límites	25.00			16.23	

DIAGRAMA DE FLUIDEZ



CERTIFICADO DE INDECOPI N° 00088500

DIRECCIÓN: Av. Prolong. Juan Pablo II Mz. I Bloque. "D" DPTO N° 101 Urb. Vista Hermosa - Trujillo

CEL: 948461203 - TELF: 044 601374

email: ingeoma_sac@outlook.es

 ingeoma_sac

Nota: Elaboración Propia

Anexo 1.19

Contenido de humedad y peso volumétrico, C-2, muestra E-2

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO:	"DISEÑO DE UNA VIVIENDA MULTIFAMILIAR DE 5 PISOS EN LA URB. EL GOLF, DISTRITO DE VICTOR LARCO, PROVINCIA DE TRUJILLO, DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD-2021"				
SOLICITANTE:	YOLANDA AGUILAR ROSADO Y ALEJANDRO CABRERA ROJAS				
RESPONSABLE:	ING. ROBERTO C. SALAZAR ALCALDE (REG. CIP. N° 101231)				
CALICATA:	N° 02	MUESTRA:		E-2	ESTRATO: 2.00
UBICACIÓN:	DEP. LA LIBERTAD	PROV.	TRUJILLO		
FECHA:	MAYO	2021	DIST.	VICTOR LARCO - EL GOLF	

CONTENIDO DE HUMEDAD

ASTM D - 2216

DESCRIPCIÓN			
PESO DE TARRO	(gr.)	40.06	39.02
PESO DE TARRO + SUELO HUMEDO	(gr.)	143.96	152.61
PESO DE TARRO + SUELO SECO	(gr.)	129.34	136.40
PESO DE SUELO SECO	(gr.)	89.28	97.38
PESO DE AGUA	(gr.)	14.62	16.21
% DE HUMEDAD		16.38	16.65
% DE HUMEDAD PROMEDIO		16.51	

PESO UNITARIO VOLUMETRICO

ASTM-D-1587

VOLUMEN DEL PICNÓMETRO	(cm ³)	500.00
PESO DE LA MUESTRA	(gr.)	589.52
PESO DEL PICNÓMETRO	(gr.)	170.17
PESO DEL PICNÓMETRO + MUESTRA	(gr.)	759.69
PESO UNITARIO (humedo)	(gr/cm ³)	1.179
PESO UNITARIO (seco)	(gr/cm ³)	1.012

INGEOMA

Ing. Roberto Carlos Salazar Alcalde
JEFE DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES
R. C. P. 101231

CERTIFICADO DE INDECOPI N° 00088500

DIRECCIÓN: Av. Prolong. Juan Pablo II Mz. I Bloque. "D" DPTO N° 101 Urb. Vista Hermosa - Trujillo

CEL: 948461203 - TELF: 044 601374

email: ingeoma_sac@outlook.es

 ingeoma_sac

Nota: Elaboración Propia

Anexo 1.20

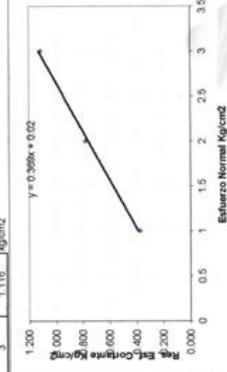
Ensayo de corte directo, C-2, muestra E-2



L.M.S. LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
ENSAYO DE CORTE DIRECTO
 OBJETO: XMBEBO DE LA VIVEREDA MULTIFAMILIAR DE 5 ETAPAS EN LA ZONA DEL GOLFO DISTRITO DE VICTOR LARCO BRUNO DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD-2021.
 UBICACION: DISTRITO DE VICTOR LARCO BRUNO DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD-2021.
 SALICATA: 502.82 - MOEDIFICACION: 31

CAJA DE CORTE N° 0.004
 ANCHO 6 cm
 AREA 36 cm²
 Gs 1.179 g/cm³ (Peso unitario húmedo del suelo)
 Wn 169.8 %
 LONG 6 cm
 ALTURA 4 cm
 VOLUMEN 144 cm³
 FACTOR DE CALIBRACION 1.31 %
 4.959

T	D.H	Le	Area Corregida Ac=Plu (cm ²)	a1			a2			a3		
				LD (µm)	F.C	I	LD (µm)	F.C	I	LD (µm)	F.C	I
mm	cm	cm	cm ²	Kg/cm ²	Kg	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg	Kg/cm ²
0.00	0.000	6.000	36.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.25	0.025	5.750	34.500	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.50	0.050	5.500	33.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.75	0.075	5.250	31.500	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1.00	0.100	5.000	30.000	0.550	2.280	0.064	1.000	4.559	0.179	1.300	5.927	0.167
1.50	0.150	4.750	28.500	0.800	3.647	0.134	1.600	7.294	0.208	2.600	11.953	0.234
2.00	0.200	4.500	27.000	1.050	5.014	0.204	2.200	10.000	0.282	3.600	18.000	0.312
3.00	0.300	4.000	24.000	1.300	6.381	0.274	2.800	12.706	0.360	4.600	24.119	0.390
4.00	0.400	3.500	21.000	1.550	7.748	0.344	3.400	15.412	0.438	5.600	30.238	0.468
5.00	0.500	3.000	18.000	1.800	9.115	0.414	4.000	18.118	0.516	6.600	36.357	0.546
6.00	0.600	2.500	15.000	2.050	10.482	0.484	4.600	20.824	0.594	7.600	42.476	0.624
7.00	0.700	2.000	12.000	2.300	11.849	0.554	5.200	23.530	0.672	8.600	48.595	0.702
8.00	0.800	1.500	9.000	2.550	13.216	0.624	5.800	26.236	0.750	9.600	54.714	0.780
9.00	0.900	1.000	6.000	2.800	14.583	0.694	6.400	28.942	0.828	10.600	60.833	0.858
10.00	1.000	0.500	3.000	3.050	15.950	0.764	7.000	31.648	0.906	11.600	66.952	0.936



INGEOMA
 Ing. Roberto Carlos Salazar Alvarez
 C.E. INGENIERO DE MECANICA DE SUELOS Y UNIFORMES
 N.º 191231

CERTIFICADO DE INDECOPI N° 00088500
 DIRECCIÓN: Av. Prolong. Juan Pablo II Mz. I Bloque. "D" DPTO N° 101 Urb. Vista Hermosa - Trujillo
 CEL: 948461203 - TELF: 044 601374 email: ingeoma_sac@outlook.es



Nota: Elaboración Propia

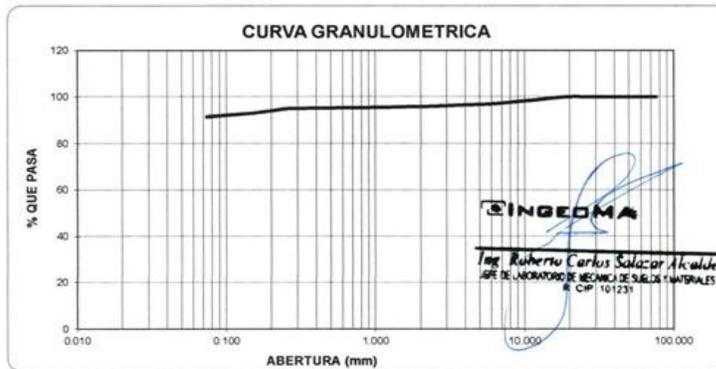
Anexo 1.20

Análisis mecánico por tamizado, C-2, muestra E-3

INGEOMA SAC

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

ANALISIS MECANICO POR TAMIZADO ASTM D-422						
PROYECTO:	"DISEÑO DE UNA VIVIENDA MULTIFAMILIAR DE 5 PISOS EN LA URB. EL GOLF, DISTRITO DE VICTOR LARCO, PROVINCIA DE TRUJILLO, DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD-2021"					
SOLICITANTE:	YOLANDA AGUILAR ROSADO Y ALEJANDRO CABRERA ROJAS					
RESPONSABLE:	ING. ROBERTO C. SALAZAR ALCALDE (REG. CIP. N° 101231)					
CALICATA:	N° 02	MUESTRA:		E-3	ESTRATO:	0.80
UBICACIÓN:	DEP.	LA LIBERTAD	PROV.	TRUJILLO		
FECHA:	MAYO	2021	DIST.	VICTOR LARCO - EL GOLF		
DATOS DEL ENSAYO						
PESO SECO INICIAL (gr.)	1501.74					
PESO SECO LAVADO (gr.)	127.70					
PESO PERDIDO POR LAVADO (gr.)	1374.04					
Tamices ASTM	Abertura en mm.	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	% que Pasa	LIMITES E INDICES DE CONSISTENCIA
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00	L. Líquido 33.00
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00	L. Plástico 21.50
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00	Ind. Plástico 11.50
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00	Clas. SUCS CL
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00	Clas. AASHTO A-6 (9)
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00	
1/2"	12.700	18.19	1.21	1.21	98.79	
3/8"	9.525	10.86	0.72	1.93	98.07	
1/4"	6.350	15.83	1.05	2.99	97.01	PESO UNITARIO VOLUMÉTRICO
N° 4	4.178	7.38	0.49	3.48	96.52	P. Unitario 1.020
8	2.360	9.71	0.65	4.13	95.87	
10	2.000	1.39	0.09	4.22	95.78	
16	1.180	3.69	0.25	4.46	95.54	CONTENIDO DE HUMEDAD
20	0.850	2.14	0.14	4.61	95.39	
30	0.600	2.1	0.14	4.75	95.25	W(%) 18.53
40	0.420	1.52	0.10	4.85	95.15	
50	0.300	1.79	0.12	4.97	95.03	OBSERVACIONES
60	0.250	1.85	0.12	5.09	94.91	
80	0.180	18.71	1.25	6.34	93.66	
100	0.150	9.06	0.60	6.94	93.06	
200	0.074	23.48	1.56	8.50	91.50	
< 200		1374.04	91.50	100.00	0.00	Arcilla de baja plasticidad; 91.50% de finos que pasa la malla N°200, 3.48% de gravas y 5.02% de arenas, material de color crema.
Total		1501.74				



CERTIFICADO DE INDECOPI N° 00088500

DIRECCIÓN: Av. Prolong. Juan Pablo II Mz. I Bloque. "D" DPTO N° 101 Urb. Vista Hermosa - Trujillo

CEL: 948461203 - TELF: 044 601374

email: ingeoma_sac@outlook.es

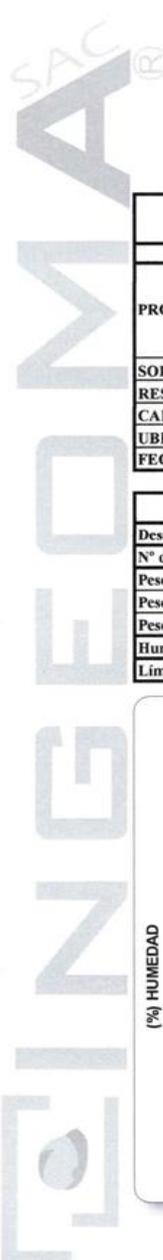
ingeoma_sac

Nota: Elaboración Propia

Anexo 1.21

Límite de consistencia, C-2, muestra E-3

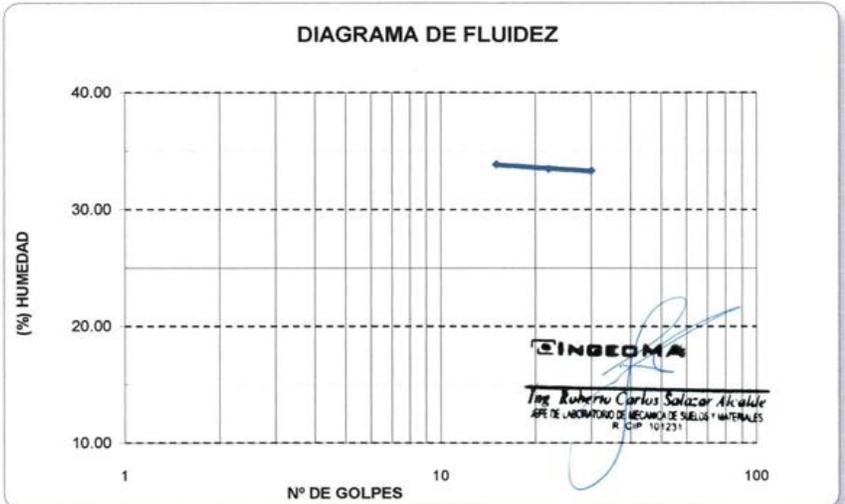
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS




LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D-423/D-424						
PROYECTO:	"DISEÑO DE UNA VIVIENDA MULTIFAMILIAR DE 5 PISOS EN LA URB. EL GOLF, DISTRITO DE VICTOR LARCO, PROVINCIA DE TRUJILLO, DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD-2021"					
SOLICITANTE:	YOLANDA AGUILAR ROSADO Y ALEJANDRO CABRERA ROJAS					
RESPONSABLE:	ING. ROBERTO C. SALAZAR ALCALDE (REG. CIP. N° 101231)					
CALICATA:	N° 02	MUESTRA:		E-3	ESTRATO:	0.8
UBICACIÓN:	<i>DEP.</i>	LA LIBERTAD		<i>PROV.</i>	TRUJILLO	
FECHA:	MAYO		2021	<i>DIST.</i>	VICTOR LARCO - EL GOLF	

DATOS DEL ENSAYO						
Descripción	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO		
N° de golpes	15	22	30	-	-	-
Peso tara (gr.)	19.70	19.46	19.39	13.940	14.120	-
Peso tara + suelo húmedo (gr.)	27.09	25.16	22.87	14.170	14.220	-
Peso tara + suelo seco (gr.)	25.22	23.73	22.00	14.130	14.202	-
Humedad %	33.88	33.49	33.33	21.05	21.95	-
Límites	33.00			21.50		

DIAGRAMA DE FLUIDEZ



CERTIFICADO DE INDECOPI N° 00088500

DIRECCIÓN: Av. Prolong. Juan Pablo II Mz. I Bloque, "D" DPTO N° 101 Urb. Vista Hermosa - Trujillo

CEL: 948461203 - TELF: 044 601374

email: ingeoma_sac@outlook.es



Nota:

Elaboración Propia

Anexo 1.22

Contenido de Humedad y peso volumétrico, C-2, muestra E-3

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO:	"DISEÑO DE UNA VIVIENDA MULTIFAMILIAR DE 5 PISOS EN LA URB. EL GOLF, DISTRITO DE VICTOR LARCO, PROVINCIA DE TRUJILLO, DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD-2021"				
SOLICITANTE:	YOLANDA AGUILAR ROSADO Y ALEJANDRO CABRERA ROJAS				
RESPONSABLE:	ING. ROBERTO C. SALAZAR ALCALDE (REG. CIP. N° 101231)				
CALICATA:	N° 02	MUESTRA:		E-3	ESTRATO: 0.80
UBICACIÓN:	DEP. LA LIBERTAD	PROV.	TRUJILLO		
FECHA:	MAYO	2021	DIST.	VICTOR LARCO - EL GOLF	

CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D - 2216			
DESCRIPCIÓN			
PESO DE TARRO	(gr.)	39.59	39.02
PESO DE TARRO + SUELO HUMEDO	(gr.)	167.42	174.98
PESO DE TARRO + SUELO SECO	(gr.)	147.65	153.49
PESO DE SUELO SECO	(gr.)	108.06	114.47
PESO DE AGUA	(gr.)	19.77	21.49
% DE HUMEDAD		18.30	18.77
% DE HUMEDAD PROMEDIO		18.53	

PESO UNITARIO VOLUMETRICO ASTM-D-1587		
VOLUMEN DEL PICNÓMETRO	(cm ³)	500.00
PESO DE LA MUESTRA	(gr.)	604.25
PESO DEL PICNÓMETRO	(gr.)	170.17
PESO DEL PICNÓMETRO + MUESTRA	(gr.)	774.42
PESO UNITARIO (humedo)	(gr/cm ³)	1.209
PESO UNITARIO (seco)	(gr/cm ³)	1.020

INGEOMA
Ing. Roberto Carlos Salazar Alcalde
JEFE DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES
R. C.I.P. 101231

CERTIFICADO DE INDECOPI N° 00088500

DIRECCIÓN: Av. Prolong. Juan Pablo II Mz. I Bloque. "D" DPTO N° 101 Urb. Vista Hermosa - Trujillo

CEL: 948461203 - TELF: 044 601374

email: ingeoma_sac@outlook.es

 ingeoma_sac

Nota: Elaboración Propia

Anexo 1.23

Análisis mecánico por tamizado C-3, muestra E-2

INGEOMA SAC®

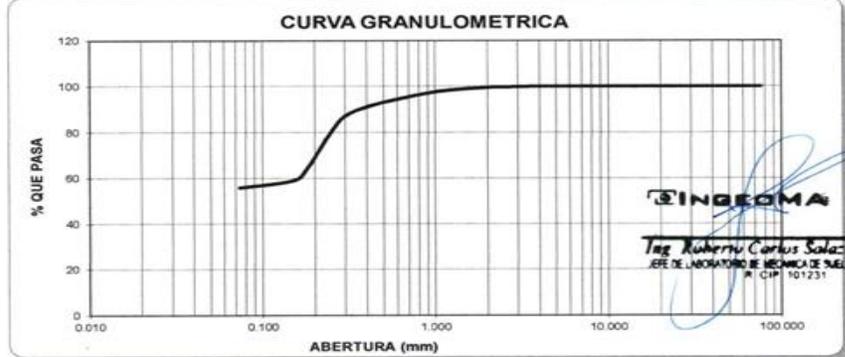


LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

ANALISIS MECANICO POR TAMIZADO
ASTM D-422

INGEOMA

PROYECTO:	"DISEÑO DE UNA VIVIENDA MULTIFAMILIAR DE 5 PISOS EN LA URB. EL GOLF, DISTRITO DE VICTOR LARCO, PROVINCIA DE TRUJILLO, DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD-2021"					
SOLICITANTE:	YOLANDA AGUILAR ROSADO Y ALEJANDRO CABRERA ROJAS					
RESPONSABLE:	ING. ROBERTO C. SALAZAR ALCALDE (REG. CIP. N° 101231)					
CALICATA:	N° 03	MUESTRA:		E-2	ESTRATO:	2.00
UBICACIÓN:	DEP.	LA LIBERTAD	PROV.	TRUJILLO		
FECHA:	MAYO	2021	DIST.	VICTOR LARCO - EL GOLF		
DATOS DEL ENSAYO						
PESO SECO INICIAL (gr.)		1520.72				
PESO SECO LAVADO (gr.)		671.15				
PESO PERDIDO POR LAVADO (gr.)		849.57				
Tamices ASTM	Abertura en mm.	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% que Pasa	LÍMITES E INDICES DE CONSISTENCIA
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00	L. Líquido : 27.00
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00	L. Plástico : 19.75
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00	Ind. Plástico : 7.25
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00	Clas. SUCS : CL
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00	Clas. AASHTO : A-4 (4)
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00	
1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00	
1/4"	6.350	0.00	0.00	0.00	100.00	
N° 4	4.750	1.02	0.07	0.07	99.93	
8	2.360	4.73	0.31	0.38	99.62	
10	2.000	3.27	0.22	0.59	99.41	
16	1.180	18.18	1.20	1.79	98.21	
20	0.850	22.64	1.49	3.28	96.72	
30	0.600	35.52	2.34	5.61	94.39	
40	0.420	41.29	2.72	8.33	91.67	
50	0.300	67.64	4.45	12.78	87.22	
60	0.250	104.43	6.87	19.64	80.36	
80	0.180	247.3	16.26	35.91	64.09	
100	0.150	78.23	5.14	41.05	58.95	
200	0.074	46.9	3.08	44.13	55.87	
< 200		849.57	55.87	100.00	0.00	
Total		1520.72				



CERTIFICADO DE INDECOPI N° 00088500

DIRECCIÓN: Av. Prolong. Juan Pablo II Mz. I Bloque. "D" DPTO N° 101 Urb. Vista Hermosa - Trujillo

CEL: 948461203 - TELF: 044 601374

email: ingeoma_sac@outlook.es



Nota: Elaboración Propia

Anexo 1.24

Límite de consistencia, C-3, muestra E-2

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D-423/D-424						
PROYECTO:	"DISEÑO DE UNA VIVIENDA MULTIFAMILIAR DE 5 PISOS EN LA URB. EL GOLF, DISTRITO DE VICTOR LARCO, PROVINCIA DE TRUJILLO, DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD-2021"					
SOLICITANTE:	YOLANDA AGUILAR ROSADO Y ALEJANDRO CABRERA ROJAS					
RESPONSABLE:	ING. ROBERTO C. SALAZAR ALCALDE (REG. CIP. N° 101231)					
CALICATA:	N° 03	MUESTRA:	E-2	ESTRATO:	2	
UBICACIÓN:	DEP.	LA LIBERTAD		PROV.	TRUJILLO	
FECHA:	MAYO		2021	DIST.	VICTOR LARCO - EL GOLF	

DATOS DEL ENSAYO						
Descripción	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO		
N° de golpes	15	24	26	-	-	-
Peso tara (gr.)	19.70	19.47	19.39	13.930	14.110	-
Peso tara + suelo húmedo (gr.)	26.61	26.01	22.79	14.160	14.280	-
Peso tara + suelo seco (gr.)	25.07	24.59	22.08	14.122	14.252	-
Humedad %	28.68	27.73	26.39	19.79	19.72	-
Límites	27.00			19.75		

DIAGRAMA DE FLUIDEZ

CERTIFICADO DE INDECOPI N° 00088500

DIRECCIÓN: Av. Prolong. Juan Pablo II Mz. I Bloque. "D" DPTO N° 101 Urb. Vista Hermosa - Trujillo

CEL: 948461203 - TELF: 044 601374

email: ingeoma_sac@outlook.es



Nota: Elaboración Propia

Anexo 1.25

Contenido de Humedad y peso volumétrico, C-3, muestra E-2

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

INGEOMA

PROYECTO:						"DISEÑO DE UNA VIVIENDA MULTIFAMILIAR DE 5 PISOS EN LA URB. EL GOLF, DISTRITO DE VICTOR LARCO, PROVINCIA DE TRUJILLO, DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD-2021"					
SOLICITANTE:						YOLANDA AGUILAR ROSADO Y ALEJANDRO CABRERA ROJAS					
RESPONSABLE:						ING. ROBERTO C. SALAZAR ALCALDE (REG. CIP. N° 101231)					
CALICATA:		N° 03		MUESTRA:		E-2		ESTRATO:		2.00	
UBICACIÓN:		<i>DEP.</i> LA LIBERTAD		<i>PROV.</i>		TRUJILLO					
FECHA:		MAYO		2021		<i>DIST.</i>		VICTOR LARCO - EL GOLF			

CONTENIDO DE HUMEDAD			
ASTM D - 2216			
DESCRIPCIÓN			
PESO DE TARRO	(gr.)	28.81	29.09
PESO DE TARRO + SUELO HUMEDO	(gr.)	151.34	159.15
PESO DE TARRO + SUELO SECO	(gr.)	143.40	151.33
PESO DE SUELO SECO	(gr.)	114.59	122.24
PESO DE AGUA	(gr.)	7.94	7.82
% DE HUMEDAD		6.93	6.40
% DE HUMEDAD PROMEDIO		6.66	

PESO UNITARIO VOLUMETRICO		
ASTM-D-1587		
VOLUMEN DEL PICNÓMETRO	(cm3)	500.00
PESO DE LA MUESTRA	(gr.)	574.83
PESO DEL PICNÓMETRO	(gr.)	170.17
PESO DEL PICNÓMETRO + MUESTRA	(gr.)	745.00
PESO UNITARIO (humedo)	(gr/cm3)	1.150
PESO UNITARIO (seco)	(gr/cm3)	1.078

INGEOMA

Ing. Roberto Carlos Salazar Alcalde
JEFE DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES
R. C.I.P. 101231

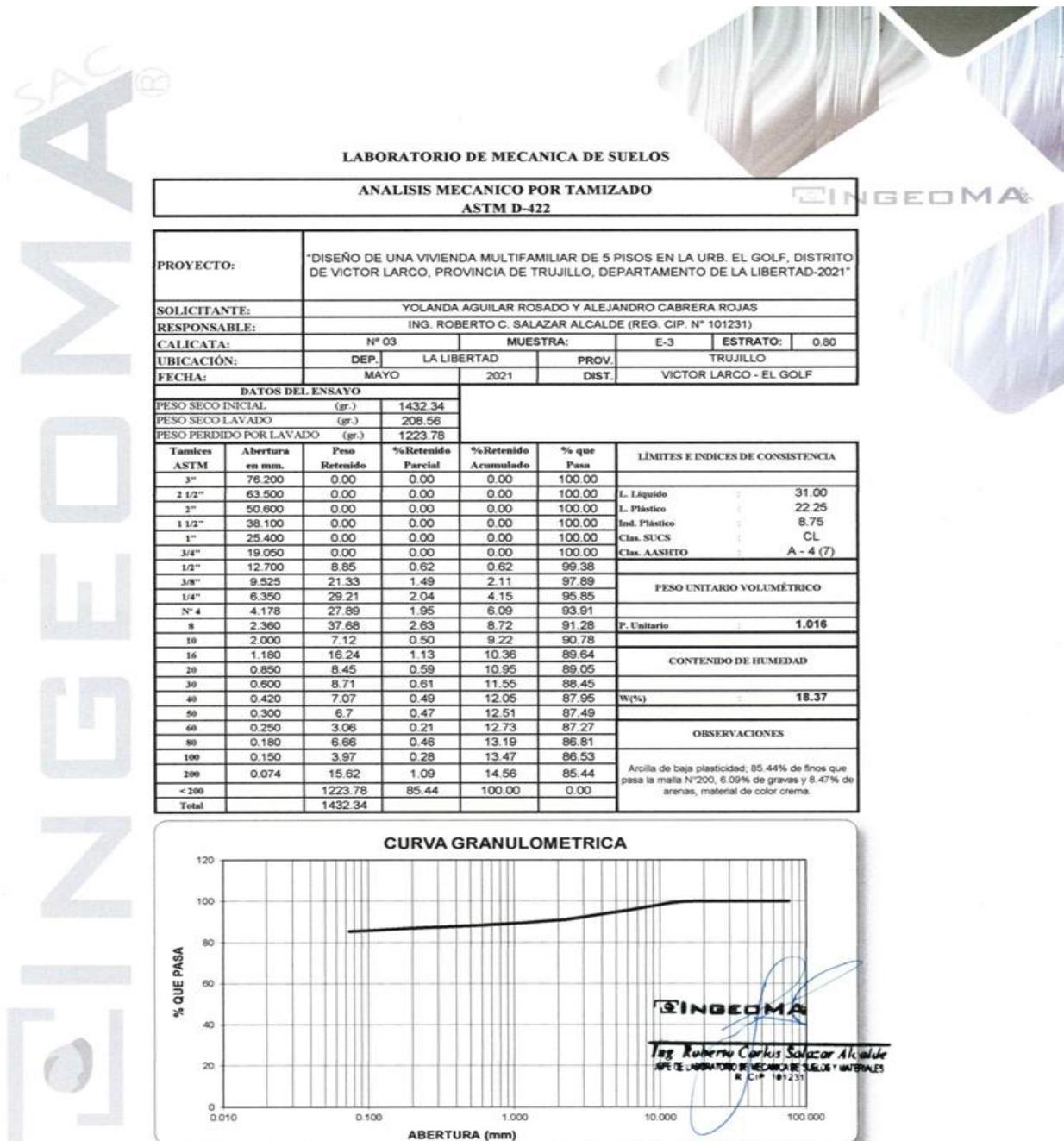
CERTIFICADO DE INDECOPI N° 00088500
DIRECCIÓN: Av. Prolong. Juan Pablo II Mz. I Bloque. "D" DPTO N° 101 Urb. Vista Hermosa - Trujillo
CEL: 948461203 - TELF: 044 601374
email: ingeoma_sac@outlook.es

 ingeoma_sac

Nota: Elaboración Propia

Anexo 1.26

Análisis mecánico por tamizado, C-3, muestra E-3



CERTIFICADO DE INDECOPI N° 00088500

DIRECCIÓN: Av. Prolong. Juan Pablo II Mz. I Bloque. "D" DPTO N° 101 Urb. Vista Hermosa - Trujillo

CEL: 948461203 - TELF: 044 601374

email: ingeoma_sac@outlook.es

ingeoma_sac

Nota: Elaboración Propia

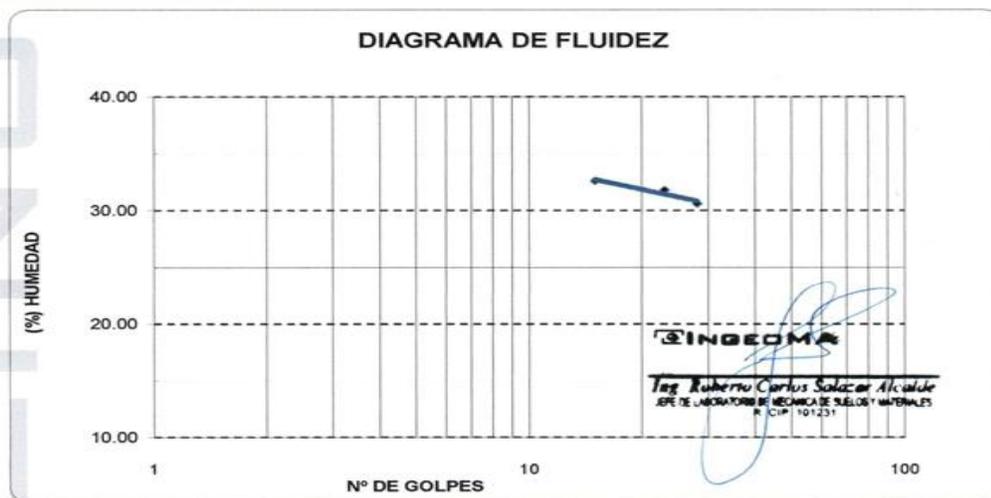
Anexo 1.27

Límites de consistencia, C-3, muestra E-3

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D-423/D-424					
PROYECTO:	"DISEÑO DE UNA VIVIENDA MULTIFAMILIAR DE 5 PISOS EN LA URB. EL GOLF, DISTRITO DE VICTOR LARCO, PROVINCIA DE TRUJILLO, DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD-2021"				
SOLICITANTE:	YOLANDA AGUILAR ROSADO Y ALEJANDRO CABRERA ROJAS				
RESPONSABLE:	ING. ROBERTO C. SALAZAR ALCALDE (REG. CIP. N° 101231)				
CALICATA:	N° 03	MUESTRA:		E-3	ESTRATO: 0.8
UBICACIÓN:	<i>DEP.</i>	LA LIBERTAD		<i>PROV.</i>	TRUJILLO
FECHA:	MAYO		2021	<i>DIST.</i>	VICTOR LARCO - EL GOLF

DATOS DEL ENSAYO						
Descripción	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO		
	15	23	28	-	-	-
N° de golpes						
Peso tara (gr.)	19.70	19.47	19.39	13.930	14.110	
Peso tara + suelo húmedo (gr.)	26.49	26.47	23.06	14.210	14.330	
Peso tara + suelo seco (gr.)	24.82	24.78	22.20	14.159	14.290	
Humedad %	32.62	31.83	30.60	22.27	22.22	
Límites	31.00			22.25		



CERTIFICADO DE INDECOPI N° 00088500

DIRECCIÓN: Av. Prolong. Juan Pablo II Mz. I Bloque. "D" DPTO N° 101 Urb. Vista Hermosa - Trujillo

CEL: 948461203 - TELF: 044 601374.

email: ingeoma_sac@outlook.es

 ingeoma_sac

Nota: Elaboración Propia

Anexo 1.28

Contenido de humedad y peso volumétrico, C-3, muestra E-3

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS 

PROYECTO:	"DISEÑO DE UNA VIVIENDA MULTIFAMILIAR DE 5 PISOS EN LA URB. EL GOLF, DISTRITO DE VICTOR LARCO, PROVINCIA DE TRUJILLO, DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD-2021"				
SOLICITANTE:	YOLANDA AGUILAR ROSADO Y ALEJANDRO CABRERA ROJAS				
RESPONSABLE:	ING. ROBERTO C. SALAZAR ALCALDE (REG. CIP. N° 101231)				
CALICATA:	N° 03	MUESTRA:	E-3	ESTRATO:	0.80
UBICACIÓN:	DEP.	LA LIBERTAD	PROV.	TRUJILLO	
FECHA:	MAYO	2021	DIST.	VICTOR LARCO - EL GOLF	

CONTENIDO DE HUMEDAD			
ASTM D - 2216			
DESCRIPCIÓN			
PESO DE TARRO	(gr.)	39.05	38.37
PESO DE TARRO + SUELO HUMEDO	(gr.)	153.82	137.25
PESO DE TARRO + SUELO SECO	(gr.)	135.78	122.10
PESO DE SUELO SECO	(gr.)	96.73	83.73
PESO DE AGUA	(gr.)	18.04	15.15
% DE HUMEDAD		18.65	18.09
% DE HUMEDAD PROMEDIO		18.37	

PESO UNITARIO VOLUMETRICO		
ASTM-D-1587		
VOLUMEN DEL PICNÓMETRO	(cm ³)	500.00
PESO DE LA MUESTRA	(gr.)	601.41
PESO DEL PICNÓMETRO	(gr.)	170.17
PESO DEL PICNÓMETRO + MUESTRA	(gr.)	771.58
PESO UNITARIO (humedo)	(gr/cm ³)	1.203
PESO UNITARIO (seco)	(gr/cm ³)	1.016



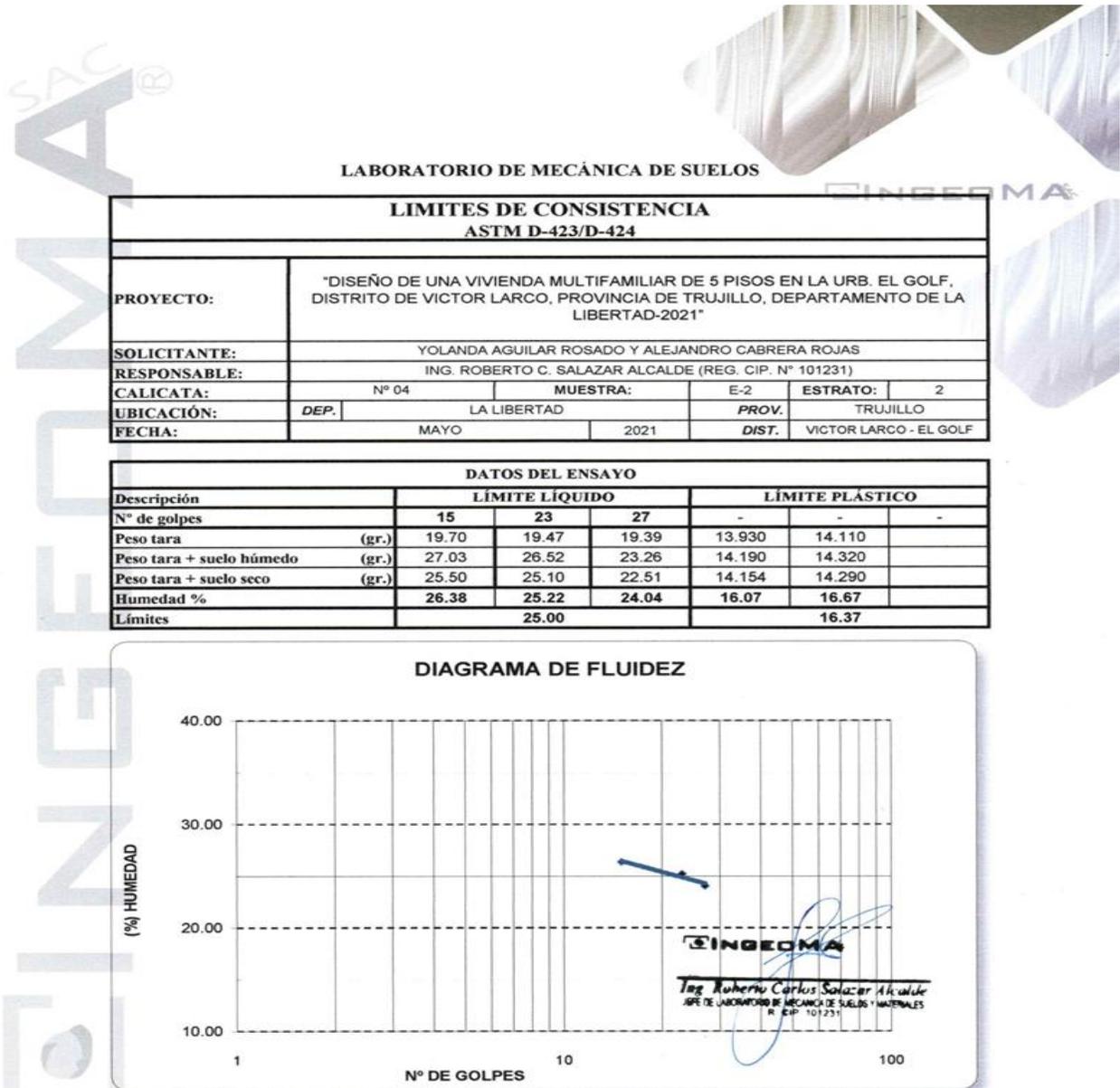
Ing. Roberto Carlos Salazar Alcalde
JEFE DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES
R. CIP. 101231

CERTIFICADO DE INDECOPI N° 00088500
DIRECCIÓN: Av. Prolong. Juan Pablo II Mz. I Bloque. "D" DPTO N° 101 Urb. Vista Hermosa - Trujillo
CEL: 948461203 - TELF: 044 601374 email: ingeoma_sac@outlook.es  ingeoma_sac

Nota: Elaboración Propia

Anexo 1.29

Límite de consistencia, C-4, muestra E-2



CERTIFICADO DE INDECOPI N° 00088500

DIRECCIÓN: Av. Prolong. Juan Pablo II Mz. I Bloque. "D" DPTO N° 101 Urb. Vista Hermosa - Trujillo

CEL: 948461203 - TELF: 044 601374

email: ingeoma_sac@outlook.es

ingeoma_sac

Nota: Elaboración Propia

Anexo 1.30

Contenido de humedad y peso volumétrico, C-4, muestra E-2

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS



PROYECTO:	"DISEÑO DE UNA VIVIENDA MULTIFAMILIAR DE 5 PISOS EN LA URB. EL GOLF, DISTRITO DE VICTOR LARCO, PROVINCIA DE TRUJILLO, DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD-2021"				
SOLICITANTE:	YOLANDA AGUILAR ROSADO Y ALEJANDRO CABRERA ROJAS				
RESPONSABLE:	ING. ROBERTO C. SALAZAR ALCALDE (REG. CIP. N° 101231)				
CALICATA:	N° 04	MUESTRA:		E-2	ESTRATO: 2.00
UBICACIÓN:	DEP. LA LIBERTAD	PROV. TRUJILLO			
FECHA:	MAYO	2021	DIST.	VICTOR LARCO - EL GOLF	

CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D - 2216			
DESCRIPCIÓN			
PESO DE TARRO	(gr.)	29.19	29.55
PESO DE TARRO + SUELO HUMEDO	(gr.)	138.98	127.53
PESO DE TARRO + SUELO SECO	(gr.)	125.60	116.15
PESO DE SUELO SECO	(gr.)	96.41	86.60
PESO DE AGUA	(gr.)	13.38	11.38
% DE HUMEDAD		13.88	13.14
% DE HUMEDAD PROMEDIO		13.51	

PESO UNITARIO VOLUMETRICO ASTM-D-1587		
VOLUMEN DEL PICNÓMETRO	(cm ³)	500.00
PESO DE LA MUESTRA	(gr.)	570.07
PESO DEL PICNÓMETRO	(gr.)	170.17
PESO DEL PICNÓMETRO + MUESTRA	(gr.)	740.24
PESO UNITARIO (humedo)	(gr/cm ³)	1.140
PESO UNITARIO (seco)	(gr/cm ³)	1.004



Ing. Roberto Carlos Salazar Alcalde
JEFE DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES
R. CIP. 101231

CERTIFICADO DE INDECOPI N° 00088500

DIRECCIÓN: Av. Prolong. Juan Pablo II Mz. I Bloque. "D" DPTO N° 101 Urb. Vista Hermosa - Trujillo

CEL: 948461203 - TELF: 044 601374

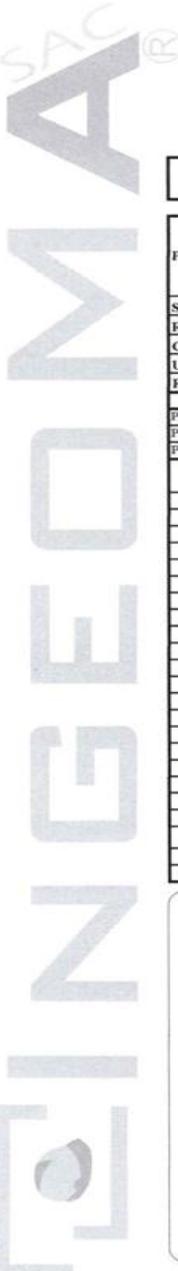
email: ingeoma_sac@outlook.es

 ingeoma_sac

Nota: Elaboración Propia

Anexo 1.31

Análisis mecánico por tamizado, C-4, muestra E-3

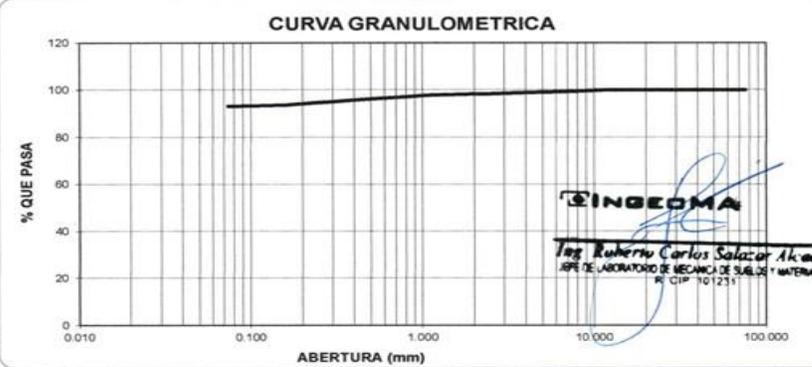


LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

ANALISIS MECANICO POR TAMIZADO
ASTM D-422

PROYECTO:		"DISEÑO DE UNA VIVIENDA MULTIFAMILIAR DE 5 PISOS EN LA URB. EL GOLF, DISTRITO DE VICTOR LARCO, PROVINCIA DE TRUJILLO, DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD-2021"						
SOLICITANTE:		YOLANDA AGUILAR ROSADO Y ALEJANDRO CABRERA ROJAS						
RESPONSABLE:		ING. ROBERTO C. SALAZAR ALCALDE (REG. CIP. N° 101231)						
CALICATA:		N° 04		MUESTRA:		E-3	ESTRATO:	0.80
UBICACIÓN:		DEP.	LA LIBERTAD	PROV.	TRUJILLO			
FECHA:		MAYO	2021	DIST.	VICTOR LARCO - EL GOLF			
DATOS DEL ENSAYO								
PESO SECO INICIAL (gr.)		1456.50						
PESO SECO LAVADO (gr.)		100.28						
PESO PERDIDO POR LAVADO (gr.)		1356.22						
Tamices ASTM	Abertura en mm.	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	% que Pasa	LÍMITES E INDICES DE CONSISTENCIA		
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00	L. Líquido	33.00	
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00	L. Plástico	21.21	
2"	50.600	0.00	0.00	0.00	100.00	Ind. Plástico	11.79	
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00	Clas. SUCS	CL	
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00	Clas. AASHTO	A-6 (9)	
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00	PESO UNITARIO VOLUMÉTRICO		
1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	100.00			
3/8"	9.525	5.06	0.35	0.35	99.65			
1/4"	6.350	8.08	0.55	0.90	99.10			
N° 4	4.178	3.98	0.27	1.18	98.82			
8	2.360	7.36	0.51	1.68	98.32			
10	2.000	2	0.14	1.82	98.18			
16	1.180	6.66	0.46	2.28	97.72			
20	0.850	7.27	0.50	2.77	97.23			
30	0.600	10.43	0.72	3.49	96.51			
40	0.420	10.23	0.70	4.19	95.81	CONTENIDO DE HUMEDAD		
50	0.300	11.36	0.78	4.97	95.03			
60	0.250	4.34	0.30	5.27	94.73			
80	0.180	11.28	0.77	6.05	93.95			
100	0.150	5.69	0.39	6.44	93.56			
200	0.074	6.54	0.45	6.88	93.12			
<200		1356.22	93.12	100.00	0.00			
Total		1456.50						

CURVA GRANULOMETRICA




Ing. Roberto Carlos Salazar Alcalde
 JEFE DE LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES
 R. CIP. 101231

CERTIFICADO DE INDECOPI N° 00088500

DIRECCIÓN: Av. Prolong. Juan Pablo II Mz. I Bloque. "D" DPTO N° 101 Urb. Vista Hermosa - Trujillo

CEL: 948461203 - TELF: 044 601374

email: ingeoma_sac@outlook.es

 ingeoma_sac

Nota: Elaboración Propia

Anexo 1.32

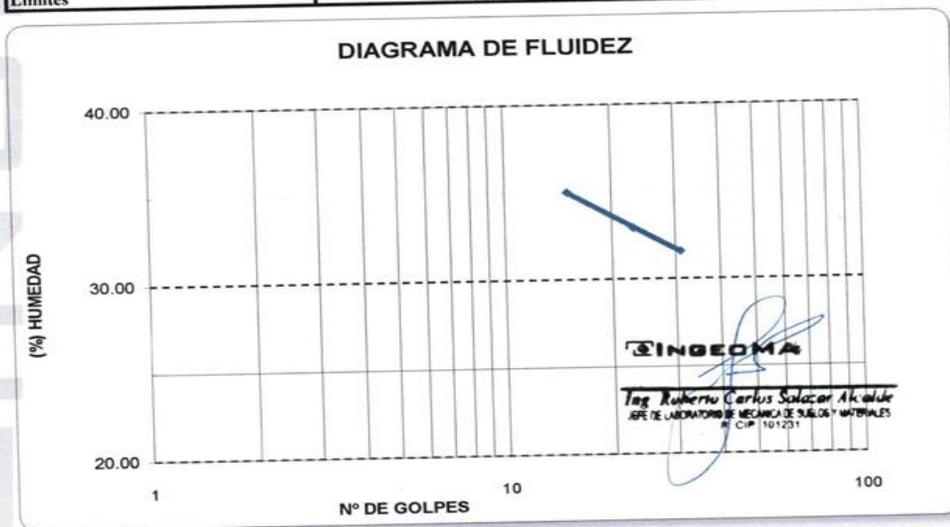
Límites de consistencia, C-4, muestra E-3

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

LIMITES DE CONSISTENCIA
ASTM D-423/D-424

PROYECTO:	"DISEÑO DE UNA VIVIENDA MULTIFAMILIAR DE 5 PISOS EN LA URB. EL GOLF, DISTRITO DE VICTOR LARCO, PROVINCIA DE TRUJILLO, DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD-2021"				
SOLICITANTE:	YOLANDA AGUILAR ROSADO Y ALEJANDRO CABRERA ROJAS				
RESPONSABLE:	ING. ROBERTO C. SALAZAR ALCALDE (REG. CIP. N° 101231)				
CALICATA:	N° 04	MUESTRA:		E-3	ESTRATO: 0.8
UBICACIÓN:	DEP.	LA LIBERTAD		PROV.	TRUJILLO
FECHA:	MAYO		2021	DIST.	VICTOR LARCO - EL GOLF

Descripción	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO		
	15	23	31	-	-	-
N° de golpes						
Peso tara (gr.)	19.70	19.46	19.39	13.940	14.120	
Peso tara + suelo húmedo (gr.)	30.23	28.34	28.31	14.200	14.250	
Peso tara + suelo seco (gr.)	27.50	26.14	26.17	14.155	14.227	
Humedad %	35.00	32.93	31.56	20.93	21.50	
Límites	33.00			21.21		



CERTIFICADO DE INDECOPI N° 00088500

DIRECCIÓN: Av. Prolong. Juan Pablo II Mz. I Bloque. "D" DPTO N° 101 Urb. Vista Hermosa - Trujillo

CEL: 948461203 - TELF: 044 601374

email: ingeoma_sac@outlook.es

 ingeoma_sac

Nota: Elaboración Propia

Anexo 1.33

Contenido de humedad y peso volumétrico, C-4, muestra E-3

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

INGEOMA

PROYECTO:	"DISEÑO DE UNA VIVIENDA MULTIFAMILIAR DE 5 PISOS EN LA URB. EL GOLF, DISTRITO DE VICTOR LARCO, PROVINCIA DE TRUJILLO, DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD-2021"				
SOLICITANTE:	YOLANDA AGUILAR ROSADO Y ALEJANDRO CABRERA ROJAS				
RESPONSABLE:	ING. ROBERTO C. SALAZAR ALCALDE (REG. CIP. N° 101231)				
CALICATA:	N° 04	MUESTRA:	E-3	ESTRATO:	0.80
UBICACIÓN:	DEP.	LA LIBERTAD	PROV.	TRUJILLO	
FECHA:	MAYO	2021	DIST.	VICTOR LARCO - EL GOLF	

CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D - 2216			
DESCRIPCIÓN			
PESO DE TARRO	(gr.)	30.23	30.59
PESO DE TARRO + SUELO HUMEDO	(gr.)	152.31	134.17
PESO DE TARRO + SUELO SECO	(gr.)	129.80	114.97
PESO DE SUELO SECO	(gr.)	99.57	84.38
PESO DE AGUA	(gr.)	22.51	19.20
% DE HUMEDAD		22.61	22.75
% DE HUMEDAD PROMEDIO		22.68	

PESO UNITARIO VOLUMETRICO ASTM-D-1587		
VOLUMEN DEL PICNÓMETRO	(cm ³)	500.00
PESO DE LA MUESTRA	(gr.)	615.15
PESO DEL PICNÓMETRO	(gr.)	170.17
PESO DEL PICNÓMETRO + MUESTRA	(gr.)	785.32
PESO UNITARIO (humedo)	(gr/cm ³)	1.230
PESO UNITARIO (seco)	(gr/cm ³)	1.003

INGEOMA

Ing. Roberto Carlos Salazar Alcalde
JEFE DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES
R. CIP. 101231

CERTIFICADO DE INDECOPI N° 00088500

DIRECCIÓN: Av. Prolong. Juan Pablo II Mz. I Bloque. "D" DPTO N° 101 Urb. Vista Hermosa - Trujillo

CEL: 948461203 - TELF: 044 601374

email: ingeoma_sac@outlook.es

 ingeoma_sac

Nota: Elaboración Propia

Anexo 1.34

Contenido de Humedad, SPT – 1, profundidad: 2.80 - 3.50 m.

PROYECTO: **"ESTUDIO DE LICUEFACCIÓN Y DISEÑO DE CIMENTACIONES PARA UN EDIFICIO MULTIFAMILIAR EN SUELOS DE LOS MANGOS -SECTOR EL GOLF – TRUJILLO 2022"**

UBICACIÓN: **SECTOR LOS MANGOS - URB. EL GOLF- DISTRITO VÍCTOR LARCO HERRERA - PROVINCIA TRUJILLO - DEPARTAMENTO LA LIBERTAD.**

FECHA: **DICIEMBRE DEL 2022**

SONDEO: **SPT- 1**

Calicata N° :	1	
Profundidad :	2.80 m.	
Lata N° :	1	2
Peso de la muestra húmeda + lata (gr)	64.59	68.71
Peso de la muestra seca + lata (gr)	56.74	60.55
Peso del agua (gr)	7.85	8.16
Peso de la lata (gr)	13.00	13.05
Peso de la muestra seca (gr)	43.74	47.50
Contenido de humedad (%)	17.95	17.18
Contenido de humedad Promedio (%)	17.56	

Calicata N° :	1	
Profundidad :	3.50 m.	
Lata N° :	3	4
Peso de la muestra húmeda + lata (gr)	66.54	69.65
Peso de la muestra seca + lata (gr)	55.75	60.06
Peso del agua (gr)	10.79	9.59
Peso de la lata (gr)	14.00	14.00
Peso de la muestra seca (gr)	41.75	46.06
Contenido de humedad (%)	25.84	20.82
Contenido de humedad Promedio (%)	23.33	

Nota: Elaboración Propia

Anexo 1.35

Contenido de Humedad, SPT – 1, profundidad: 6.00 – 8.00 – 10.00 m.

Calicata N° :	1	
Profundidad :	6.00 m.	
Lata N° :	5	6
Peso de la muestra húmeda + lata (gr)	73.25	70.11
Peso de la muestra seca + lata (gr)	62.34	60.14
Peso del agua (gr)	10.91	9.97
Peso de la lata (gr)	13.00	13.00
Peso de la muestra seca (gr)	49.34	47.14
Contenido de humedad (%)	22.11	21.15
Contenido de humedad Promedio (%)	21.63	

Calicata N° :	1	
Profundidad :	8.00 m.	
Lata N° :	7	8
Peso de la muestra húmeda + lata (gr)	71.24	77.35
Peso de la muestra seca + lata (gr)	60.28	66.21
Peso del agua (gr)	10.96	11.14
Peso de la lata (gr)	13.00	13.00
Peso de la muestra seca (gr)	47.28	53.21
Contenido de humedad (%)	23.18	20.94
Contenido de humedad Promedio (%)	22.06	

Calicata N° :	1	
Profundidad :	10.00 m.	
Lata N° :	9	10
Peso de la muestra húmeda + lata (gr)	68.59	75.46
Peso de la muestra seca + lata (gr)	59.29	64.16
Peso del agua (gr)	9.30	11.30
Peso de la lata (gr)	16.00	16.00
Peso de la muestra seca (gr)	43.29	48.16
Contenido de humedad (%)	21.48	23.46
Contenido de humedad Promedio (%)	22.47	

Nota: Elaboración Propia.

Anexo 1.36

Contenido de Humedad, SPT – 2, profundidad: 3.00 - 3.60 m.

PROYECTO: **"ESTUDIO DE LICUEFACCIÓN Y DISEÑO DE CIMENTACIONES PARA UN EDIFICIO MULTIFAMILIAR EN SUELOS DE LOS MANGOS -SECTOR EL GOLF – TRUJILLO 2022"**

UBICACIÓN: **SECTOR LOS MANGOS - URB. EL GOLF- DISTRITO VÍCTOR LARCO HERRERA - PROVINCIA TRUJILLO - DEPARTAMENTO LA LIBERTAD.**

FECHA: **DICIEMBRE DEL 2022**

SONDEO: **SPT- 2**

Calicata N° :	2	
Profundidad :	3.00 m.	
Lata N° :	11	12
Peso de la muestra húmeda + lata (gr)	61.10	71.22
Peso de la muestra seca + lata (gr)	53.64	62.01
Peso del agua (gr)	7.46	9.21
Peso de la lata (gr)	13.00	13.00
Peso de la muestra seca (gr)	40.64	49.01
Contenido de humedad (%)	18.36	18.79
Contenido de humedad Promedio (%)	18.57	

Calicata N° :	2	
Profundidad :	3.60 m.	
Lata N° :	13	14
Peso de la muestra húmeda + lata (gr)	73.45	79.60
Peso de la muestra seca + lata (gr)	62.37	67.28
Peso del agua (gr)	11.08	12.32
Peso de la lata (gr)	13.00	13.00
Peso de la muestra seca (gr)	49.37	54.28
Contenido de humedad (%)	22.44	22.70
Contenido de humedad Promedio (%)	22.57	

Nota: Elaboración Propia.

Anexo 1.37

Contenido de Humedad, SPT – 2, profundidad: 6.00 – 8.00 – 10.00 m.

Calicata N° :	2	
Profundidad :	6.00 m.	
Lata N° :	15	16
Peso de la muestra húmeda + lata (gr)	67.25	71.03
Peso de la muestra seca + lata (gr)	58.13	62.23
Peso del agua (gr)	9.12	8.80
Peso de la lata (gr)	16.00	16.00
Peso de la muestra seca (gr)	42.13	46.23
Contenido de humedad (%)	21.65	19.04
Contenido de humedad Promedio (%)	20.34	

Calicata N° :	2	
Profundidad :	8.00 m.	
Lata N° :	17	18
Peso de la muestra húmeda + lata (gr)	72.10	65.43
Peso de la muestra seca + lata (gr)	62.74	56.21
Peso del agua (gr)	9.36	9.22
Peso de la lata (gr)	16.00	16.00
Peso de la muestra seca (gr)	46.74	40.21
Contenido de humedad (%)	20.03	22.93
Contenido de humedad Promedio (%)	21.48	

Calicata N° :	2	
Profundidad :	10.00 m.	
Lata N° :	19	20
Peso de la muestra húmeda + lata (gr)	73.26	74.02
Peso de la muestra seca + lata (gr)	62.32	63.07
Peso del agua (gr)	10.94	10.95
Peso de la lata (gr)	16.00	16.00
Peso de la muestra seca (gr)	46.32	47.07
Contenido de humedad (%)	23.62	23.26
Contenido de humedad Promedio (%)	23.44	

Nota: Elaboración Propia.

Anexo 1.38

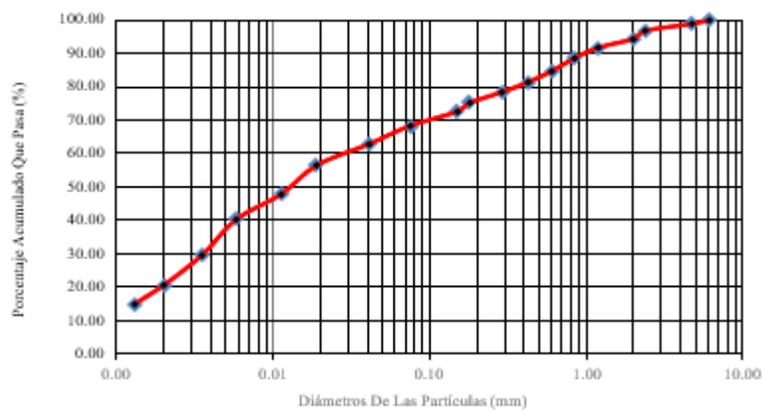
Análisis Granulométrico, SPT – 1, profundidad: 0.45 – 2.80 m.

PROYECTO: "ESTUDIO DE LICUEFACCIÓN Y DISEÑO DE CIMENTACIONES PARA
UN EDIFICIO MULTIFAMILIAR EN SUELOS DE LOS
MANGOS -SECTOR EL GOLF – TRUJILLO 2022"

UBICACIÓN: SECTOR LOS MANGOS - URB. EL GOLF- DISTRITO VÍCTOR LARCO
HERRERA - PROVINCIA TRUJILLO - DEPARTAMENTO LA LIBERTAD.

FECHA: DICIEMBRE DEL 2022 SONDEO: SPT- 1 Prof.: 0.45 - 2.80 m.

TAMIZ Nº	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%PESO RETENIDO	PESO RETENID ACUMULADO	%QUE PASA
1/4"	6.12	0.00	0.00	0.00	100.00
Nº 4	4.75	4.16	1.06	1.06	98.94
Nº 8	2.38	8.22	2.09	3.14	96.86
Nº 10	2.00	9.60	2.44	5.58	94.42
Nº 16	1.19	10.36	2.63	8.21	91.79
Nº 20	0.84	12.46	3.16	11.37	88.63
Nº 30	0.60	15.24	3.87	15.23	84.77
Nº 40	0.425	13.09	3.32	18.56	81.44
Nº 50	0.29	11.72	2.97	21.53	78.47
Nº 80	0.18	12.49	3.17	24.70	75.30
Nº 100	0.15	10.28	2.61	27.31	72.69
Nº 200	0.075	16.94	4.30	31.61	68.39
Hidrómetro	0.0409	21.46	5.45	37.05	62.95
Hidrómetro	0.0189	25.16	6.38	43.44	56.56
Hidrómetro	0.0112	34.16	8.67	52.10	47.90
Hidrómetro	0.0058	29.60	7.51	59.61	40.39
Hidrómetro	0.0035	42.17	10.70	70.31	29.69
Hidrómetro	0.0020	35.20	8.93	79.25	20.75
Hidrómetro	0.0013	22.49	5.71	84.95	15.05
Recipiente	-	59.30	15.05	100.00	0.00
Sumatoria		394.10	100.00		
D10 = D30= D60=					LL: 25.01
Clasificación SUSC : CL (Arcilla de baja plasticidad)					LP: 15.92
					IP: 9.08



Nota: Elaboración Propia.

Anexo 1.39

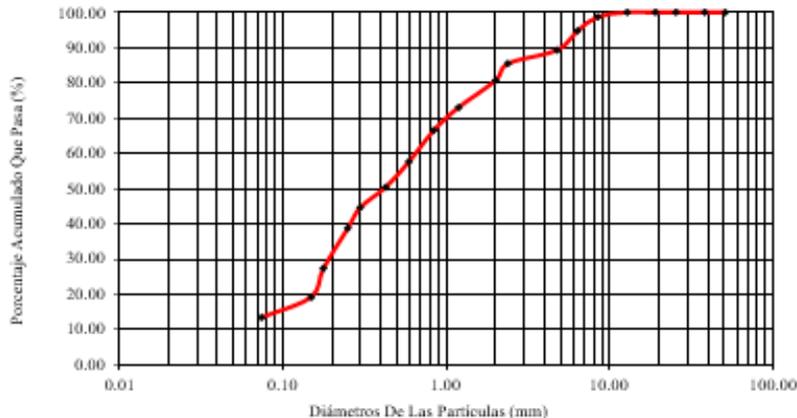
Análisis Granulométrico, SPT – 1, profundidad: 2.80 – 3.50 m.

PROYECTO: "ESTUDIO DE LICUEFACCIÓN Y DISEÑO DE CIMENTACIONES PARA
UN EDIFICIO MULTIFAMILIAR EN SUELOS DE LOS
MANGOS -SECTOR EL GOLF – TRUJILLO 2022"

UBICACIÓN: SECTOR LOS MANGOS - URB. EL GOLF- DISTRITO VÍCTOR LARCO
HERRERA - PROVINCIA TRUJILLO - DEPARTAMENTO LA LIBERTAD.

FECHA: DICIEMBRE DEL 2022 SONDEO: SPT- 1 Prof.: 2.80 - 3.50 m.

TAMIZ Nº	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%PESO RETENIDO	PESO RETENID ACUMULADO	%QUE PASA
2"	50.80	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.10	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.40	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.00	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.70	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	8.46	42.13	1.25	1.25	98.75
1/4"	6.35	132.03	3.91	5.16	94.84
Nº 4	4.76	187.30	5.55	10.70	89.30
Nº 8	2.38	127.44	3.77	14.48	85.52
Nº 10	2.00	162.20	4.80	19.28	80.72
Nº 16	1.19	257.16	7.62	26.90	73.10
Nº 20	0.84	219.49	6.50	33.40	66.60
Nº 30	0.59	302.18	8.95	42.35	57.65
Nº 40	0.425	243.54	7.21	49.56	50.44
Nº 50	0.297	196.32	5.81	55.37	44.63
Nº 60	0.250	195.40	5.79	61.16	38.84
Nº 80	0.177	385.49	11.42	72.58	27.42
Nº 100	0.149	274.39	8.13	80.70	19.30
Nº 200	0.074	195.44	5.79	86.49	13.51
Recipiente	-	456.23	13.51	100.00	0.00
Sumatoria		3376.74	100.00		
D10 =	D30=	D60=	Cu < 6	1 > Cc > 3	LL: 25.11
Clasificación SUSC: SC (Arena arcillosa)					LP: 19.11
					IP: 6.00



Nota: Elaboración Propia.

Anexo 1.40

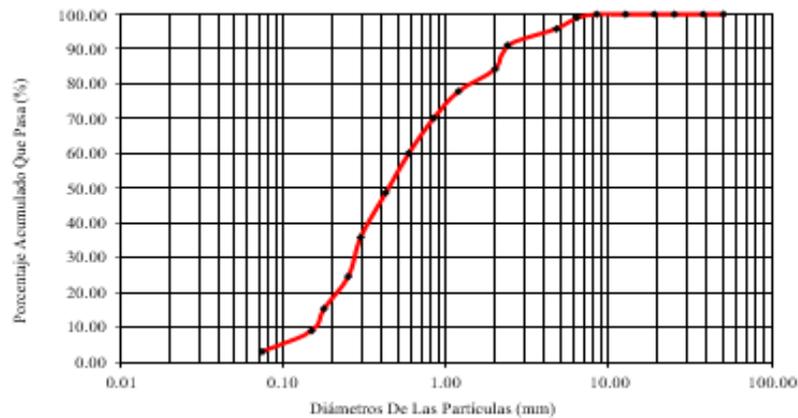
Análisis Granulométrico, SPT – 1, profundidad: 3.50 – 6.00 m.

PROYECTO: "ESTUDIO DE LICUEFACCIÓN Y DISEÑO DE CIMENTACIONES PARA UN EDIFICIO MULTIFAMILIAR EN SUELOS DE LOS MANGOS -SECTOR EL GOLF – TRUJILLO 2022"

UBICACIÓN: SECTOR LOS MANGOS - URB. EL GOLF- DISTRITO VÍCTOR LARCO HERRERA - PROVINCIA TRUJILLO - DEPARTAMENTO LA LIBERTAD.

FECHA: DICIEMBRE DEL 2022 SONDEO: SPT- 1 Prof.: 3.50 - 6.00 m.

TAMIZ Nº	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%PESO RETENIDO	PESO RETENID ACUMULADO	%QUE PASA
2"	50.80	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.10	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.40	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.00	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.70	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	8.46	0.00	0.00	0.00	100.00
1/4"	6.35	26.35	0.98	0.98	99.02
Nº 4	4.76	84.51	3.14	4.12	95.88
Nº 8	2.38	128.56	4.78	8.91	91.09
Nº 10	2.00	182.45	6.79	15.69	84.31
Nº 16	1.19	172.46	6.41	22.11	77.89
Nº 20	0.84	205.88	7.66	29.76	70.24
Nº 30	0.59	271.03	10.08	39.85	60.15
Nº 40	0.425	306.24	11.39	51.24	48.76
Nº 50	0.297	345.11	12.84	64.07	35.93
Nº 60	0.250	302.13	11.24	75.31	24.69
Nº 80	0.177	247.96	9.22	84.53	15.47
Nº 100	0.149	172.40	6.41	90.95	9.05
Nº 200	0.074	158.26	5.89	96.83	3.17
Recipiente	-	85.16	3.17	100.00	0.00
Sumatoria		2688.50	100.00		
D10 = 0.153 D30= 0.272 D60= 0.588 Cu < 6 1 > Cc > 3					LL: NP
Clasificación SUSC : SP (Arena pobremente graduada)					LP: NP IP: NP



Nota: Elaboración Propia.

Anexo 1.41

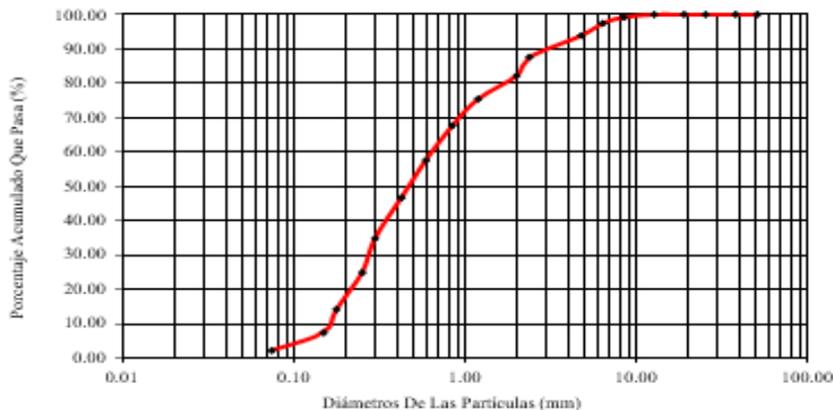
Análisis Granulométrico, SPT – 1, profundidad: 6.00 – 8.00 m.

PROYECTO: "ESTUDIO DE LICUEFACCIÓN Y DISEÑO DE CIMENTACIONES PARA UN EDIFICIO MULTIFAMILIAR EN SUELOS DE LOS MANGOS -SECTOR EL GOLF – TRUJILLO 2022"

UBICACIÓN: SECTOR LOS MANGOS - URB. EL GOLF- DISTRITO VÍCTOR LARCO HERRERA - PROVINCIA TRUJILLO - DEPARTAMENTO LA LIBERTAD.

FECHA: DICIEMBRE DEL 2022 SONDEO: SPT- 1 Prof.: 6.00- 8.00 m.

TAMIZ Nº	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%PESO RETENIDO	PESO RETENID ACUMULADO	%QUE PASA
2"	50.80	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.10	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.40	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.00	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.70	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	8.46	21.36	0.78	0.78	99.22
1/4"	6.35	49.26	1.79	2.57	97.43
Nº 4	4.76	98.16	3.57	6.14	93.86
Nº 8	2.38	172.16	6.26	12.40	87.60
Nº 10	2.00	149.33	5.43	17.84	82.16
Nº 16	1.19	185.46	6.75	24.58	75.42
Nº 20	0.84	215.48	7.84	32.42	67.58
Nº 30	0.59	274.16	9.97	42.40	57.60
Nº 40	0.425	298.56	10.86	53.26	46.74
Nº 50	0.297	326.59	11.88	65.14	34.86
Nº 60	0.250	274.16	9.97	75.11	24.89
Nº 80	0.177	294.10	10.70	85.81	14.19
Nº 100	0.149	185.26	6.74	92.55	7.45
Nº 200	0.074	143.66	5.23	97.78	2.22
Recipiente	-	61.03	2.22	100.00	0.00
Sumatoria		2748.73	100.00		
D10 = 0.160 D30= 0.274 D60= 0.650 Cu < 6 1 > Cc > 3					LL: NP
Clasificación SUSC : SP (Arena pobremente graduada)					LP: NP
					IP: NP



Nota: Elaboración Propia.

Anexo 1.41

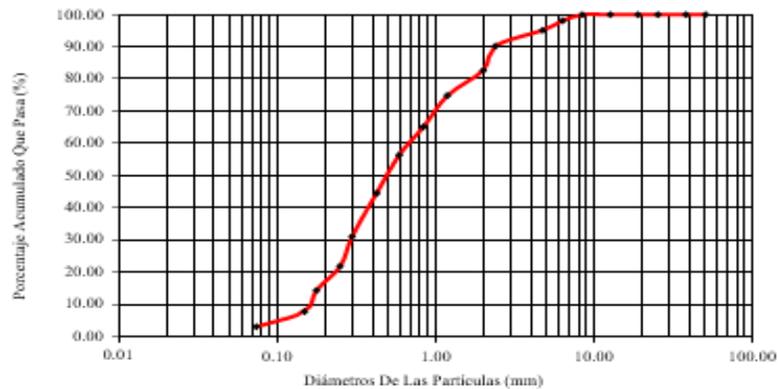
Análisis Granulométrico, SPT – 1, profundidad: 8.00 – 10.00 m.

PROYECTO: "ESTUDIO DE LICUEFACCIÓN Y DISEÑO DE CIMENTACIONES PARA UN EDIFICIO MULTIFAMILIAR EN SUELOS DE LOS MANGOS -SECTOR EL GOLF – TRUJILLO 2022"

UBICACIÓN: SECTOR LOS MANGOS - URB. EL GOLF- DISTRITO VÍCTOR LARCO HERRERA - PROVINCIA TRUJILLO - DEPARTAMENTO LA LIBERTAD.

FECHA: DICIEMBRE DEL 2022 SONDEO: SPT- 1 Prof.: 8.00 - 10.00 m.

TAMIZ Nº	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%PESO RETENIDO	PESO RETENID ACUMULADO	%QUE PASA
2"	50.80	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.10	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.40	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.00	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.70	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	8.46	0.00	0.00	0.00	100.00
1/4"	6.35	49.52	1.89	1.89	98.11
Nº 4	4.76	76.35	2.92	4.81	95.19
Nº 8	2.38	128.59	4.91	9.72	90.28
Nº 10	2.00	196.34	7.50	17.23	82.77
Nº 16	1.19	205.16	7.84	25.06	74.94
Nº 20	0.84	254.13	9.71	34.77	65.23
Nº 30	0.59	227.46	8.69	43.47	56.53
Nº 40	0.425	310.26	11.86	55.32	44.68
Nº 50	0.297	352.46	13.47	68.79	31.21
Nº 60	0.250	241.06	9.21	78.00	22.00
Nº 80	0.177	195.23	7.46	85.46	14.54
Nº 100	0.149	172.33	6.58	92.04	7.96
Nº 200	0.074	124.10	4.74	96.79	3.21
Recipiente	-	84.13	3.21	100.00	0.00
Sumatoria		2617.12	100.00		
D10 = 0.158 D30= 0.291 D60= 0.690 Cu < 6 1 > Cc > 3					LL: NP
Clasificación SUSC : SP (Arena pobremente graduada)					LP: NP IP: NP



Nota: Elaboración Propia.

Anexo 1.42

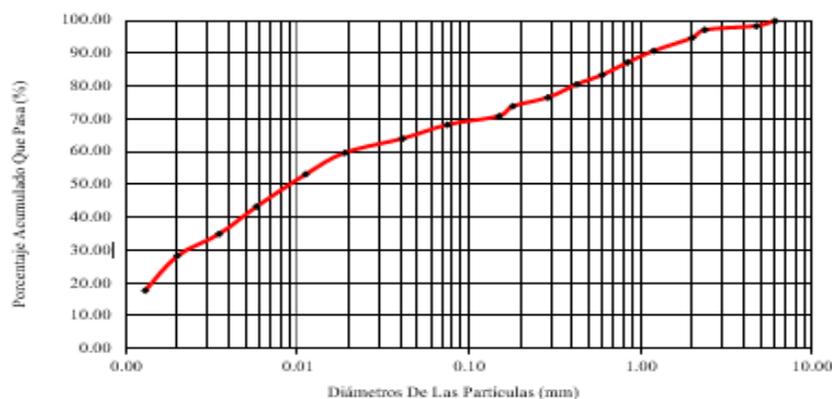
Análisis Granulométrico, SPT – 2, profundidad: 0.45 – 3.60 m.

PROYECTO: "ESTUDIO DE LICUEFACCIÓN Y DISEÑO DE CIMENTACIONES PARA UN EDIFICIO MULTIFAMILIAR EN SUELOS DE LOS MANGOS -SECTOR EL GOLF – TRUJILLO 2022"

UBICACIÓN: SECTOR LOS MANGOS - URB. EL GOLF- DISTRITO VÍCTOR LARCO HERRERA - PROVINCIA TRUJILLO - DEPARTAMENTO LA LIBERTAD.

FECHA: DICIEMBRE DEL 2022 SONDEO: SPT- 2 Prof.: 0.45 - 3.00 m.

TAMIZ Nº	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%PESO RETENIDO	PESO RETENID ACUMULADO	%QUE PASA
1/4"	6.12	0.00	0.00	0.00	100.00
Nº 4	4.75	6.29	1.64	1.64	98.36
Nº 8	2.38	4.36	1.14	2.78	97.22
Nº 10	2.00	9.46	2.47	5.26	94.74
Nº 16	1.19	15.26	3.99	9.24	90.76
Nº 20	0.84	13.49	3.53	12.77	87.23
Nº 30	0.60	14.27	3.73	16.50	83.50
Nº 40	0.425	11.06	2.89	19.39	80.61
Nº 50	0.29	15.26	3.99	23.38	76.62
Nº 80	0.18	10.39	2.72	26.10	73.90
Nº 100	0.15	11.46	3.00	29.09	70.91
Nº 200	0.075	10.02	2.62	31.71	68.29
Hidrómetro	0.0409	16.29	4.26	35.97	64.03
Hidrómetro	0.0189	16.34	4.27	40.24	59.76
Hidrómetro	0.0112	25.19	6.58	46.82	53.18
Hidrómetro	0.0058	37.49	9.80	56.62	43.38
Hidrómetro	0.0035	32.06	8.38	65.00	35.00
Hidrómetro	0.0020	25.46	6.65	71.65	28.35
Hidrómetro	0.0013	40.16	10.50	82.15	17.85
Recipiente	-	68.29	17.85	100.00	0.00
Sumatoria		382.60	98.36		
D10 = D30= D60=					LL: 25.39
Clasificación SUSC : CL (Arcilla de baja plasticidad)					LP: 15.79
					IP: 9.60



Nota: Elaboración Propia.

Anexo 1.43

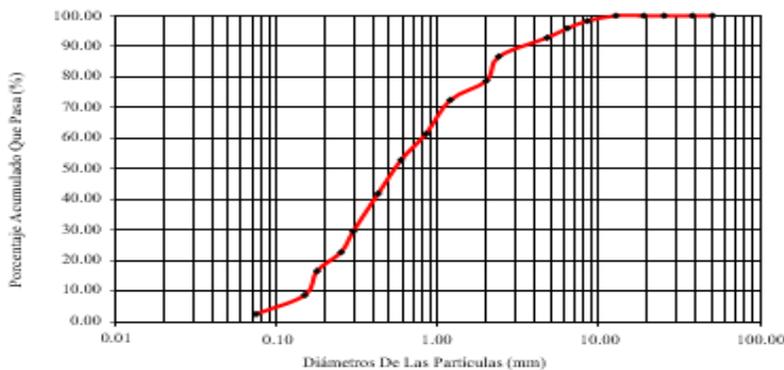
Análisis Granulométrico, SPT – 2, profundidad: 3.60 – 6.00 m.

PROYECTO: "ESTUDIO DE LICUEFACCIÓN Y DISEÑO DE CIMENTACIONES PARA UN EDIFICIO MULTIFAMILIAR EN SUELOS DE LOS MANGOS -SECTOR EL GOLF – TRUJILLO 2022"

UBICACIÓN: SECTOR LOS MANGOS - URB. EL GOLF- DISTRITO VÍCTOR LARCO HERRERA - PROVINCIA TRUJILLO - DEPARTAMENTO LA LIBERTAD.

FECHA: DICIEMBRE DEL 2022 SONDEO: SPT- 2 Prof.: 3.60 - 6.00 m.

TAMIZ Nº	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%PESO RETENIDO	PESO RETENID ACUMULADO	%QUE PASA
2"	50.80	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.10	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.40	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.00	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.70	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	8.46	42.13	1.70	1.70	98.30
1/4"	6.35	60.13	2.42	4.12	95.88
Nº 4	4.76	76.13	3.07	7.19	92.81
Nº 8	2.38	152.46	6.14	13.33	86.67
Nº 10	2.00	197.24	7.95	21.28	78.72
Nº 16	1.19	155.60	6.27	27.56	72.44
Nº 20	0.84	274.10	11.05	38.60	61.40
Nº 30	0.59	210.49	8.48	47.09	52.91
Nº 40	0.425	273.16	11.01	58.10	41.90
Nº 50	0.297	306.23	12.34	70.44	29.56
Nº 60	0.250	168.49	6.79	77.23	22.77
Nº 80	0.177	152.46	6.14	83.38	16.62
Nº 100	0.149	196.22	7.91	91.28	8.72
Nº 200	0.074	154.20	6.22	97.50	2.50
Recipiente	-	62.03	2.50	100.00	0.00
Sumatoria		2481.07	100.00		
D10 = 0.154 D30= 0.302 D60= 0.799 Cu < 6 1 > Cc > 3					LL: NP
Clasificación SUSC : SP (Arena pobremente graduada)					LP: NP IP: NP



Nota: Elaboración Propia.

Anexo 1.44

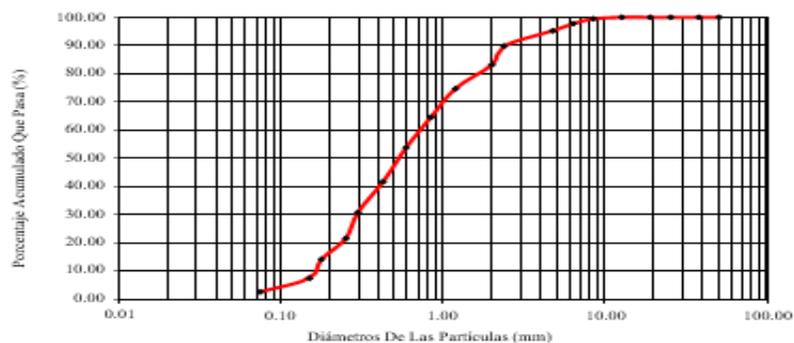
Análisis Granulométrico, SPT – 2, profundidad: 6.00 – 8.00 m.

PROYECTO: "ESTUDIO DE LICUEFACCIÓN Y DISEÑO DE CIMENTACIONES PARA UN EDIFICIO MULTIFAMILIAR EN SUELOS DE LOS MANGOS -SECTOR EL GOLF – TRUJILLO 2022"

UBICACIÓN: SECTOR LOS MANGOS - URB. EL GOLF- DISTRITO VÍCTOR LARCO HERRERA - PROVINCIA TRUJILLO - DEPARTAMENTO LA LIBERTAD.

FECHA: DICIEMBRE DEL 2022 SONDEO: SPT- 2 Prof.: 6.00- 8.00 m.

TAMIZ Nº	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%PESO RETENIDO	PESO RETENID ACUMULADO	%QUE PASA
2"	50.80	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.10	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.40	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.00	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.70	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	8.46	16.32	0.56	0.56	99.44
1/4"	6.35	49.61	1.70	2.26	97.74
Nº 4	4.76	72.16	2.48	4.74	95.26
Nº 8	2.38	158.49	5.44	10.19	89.81
Nº 10	2.00	194.27	6.67	16.86	83.14
Nº 16	1.19	245.68	8.44	25.30	74.70
Nº 20	0.84	296.35	10.18	35.47	64.53
Nº 30	0.59	314.05	10.79	46.26	53.74
Nº 40	0.425	352.00	12.09	58.35	41.65
Nº 50	0.297	317.49	10.90	69.25	30.75
Nº 60	0.250	268.35	9.22	78.47	21.53
Nº 80	0.177	215.42	7.40	85.87	14.13
Nº 100	0.149	195.26	6.71	92.58	7.42
Nº 200	0.074	142.03	4.88	97.45	2.55
Recipiente	-	74.11	2.55	100.00	0.00
Sumatoria		2911.59	100.00		
D10 = 0.160 D30= 0.293 D60= 0.735 Cu < 6 1 > Cc > 3					LL: NP
Clasificación SUSC : SP (Arena pobremente graduada)					LP: NP IP: NP



Nota: Elaboración Propia.

Anexo 1.45

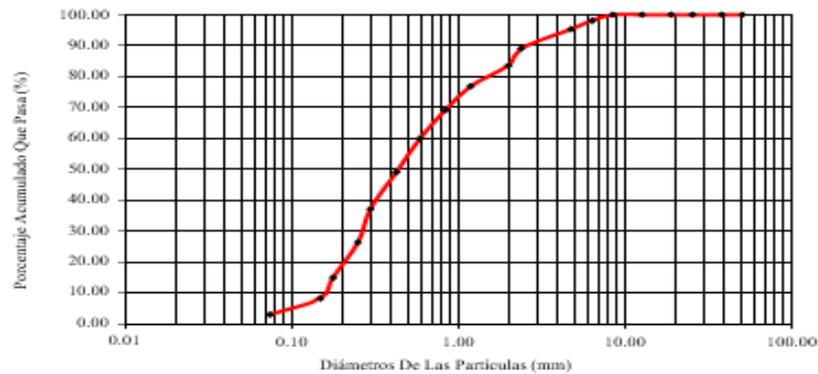
Análisis Granulométrico, SPT – 2, profundidad: 8.00 – 10.00 m.

PROYECTO: "ESTUDIO DE LICUEFACCIÓN Y DISEÑO DE CIMENTACIONES PARA UN EDIFICIO MULTIFAMILIAR EN SUELOS DE LOS MANGOS -SECTOR EL GOLF – TRUJILLO 2022"

UBICACIÓN: SECTOR LOS MANGOS - URB. EL GOLF- DISTRITO VÍCTOR LARCO HERRERA - PROVINCIA TRUJILLO - DEPARTAMENTO LA LIBERTAD.

FECHA: DICIEMBRE DEL 2022 SONDEO: SPT- 2 Prof.: 8.00 - 10.00 m.

TAMIZ Nº	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%PESO RETENIDO	PESO RETENID ACUMULADO	%QUE PASA
2"	50.80	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.10	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.40	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.00	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.70	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	8.46	0.00	0.00	0.00	100.00
1/4"	6.35	52.16	1.90	1.90	98.10
Nº 4	4.76	75.16	2.74	4.64	95.36
Nº 8	2.38	172.16	6.28	10.92	89.08
Nº 10	2.00	149.33	5.45	16.37	83.63
Nº 16	1.19	185.46	6.76	23.13	76.87
Nº 20	0.84	210.20	7.67	30.80	69.20
Nº 30	0.59	253.16	9.23	40.03	59.97
Nº 40	0.425	298.56	10.89	50.92	49.08
Nº 50	0.297	326.59	11.91	62.83	37.17
Nº 60	0.250	297.84	10.86	73.69	26.31
Nº 80	0.177	310.26	11.32	85.01	14.99
Nº 100	0.149	185.26	6.76	91.76	8.24
Nº 200	0.074	143.66	5.24	97.00	3.00
Recipiente	-	82.16	3.00	100.00	0.00
Sumatoria		2741.96	100.00		
D10 = 0.156 D30= 0.266 D60= 0.591 Cu < 6 1 > Cc > 3					LL: NP
Clasificación SUSC : SP (Arena pobremente graduada)					LP: NP IP: NP



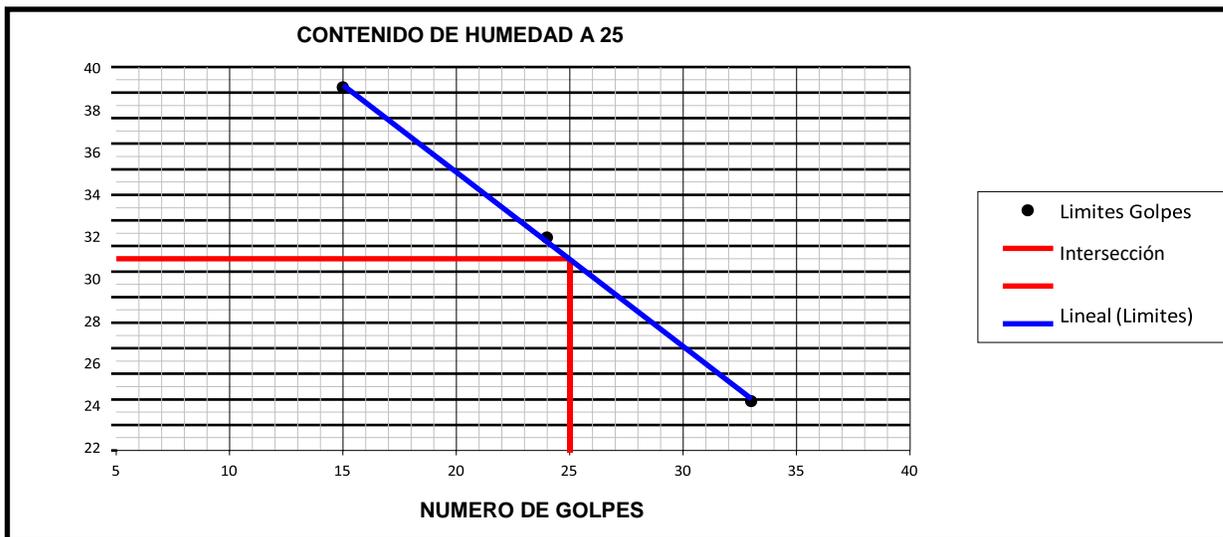
Nota: Elaboración Propia.

Anexo 1.46

Límites de consistencia, SPT – 1, profundidad: 2.80 m.

LIMITE LIQUIDO					
Nº TARRO		1	2	3	
PESO TARRO + SUELO HUMEDO		42.76	47.45	52.10	
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	35.64	41.06	47.84	
PESO DE AGUA	(g)	7.12	6.39	4.26	
PESO DEL TARRO	(g)	17.10	17.10	17.10	
PESO DEL SUELO SECO	(g)	18.54	23.96	30.74	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	38.40	26.67	13.86	26.31
NUMERO DE GOLPES		15	24	33	

LIMITE PLASTICO					
Nº TARRO		10	11		
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	29.64	31.04		
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	27.86	29.19		
PESO DE AGUA	(g)	1.78	1.85		
PESO DEL TARRO	(g)	17.10	17.10		
PESO DEL SUELO SECO	(g)	10.76	12.09		
CONTENIDO DE DE HUMEDAD	(%)	16.54	15.30		15.92



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
LIMITE LIQUIDO	25.01
LIMITE PLASTICO	15.92
INDICE DE PLASTICIDAD	9.08

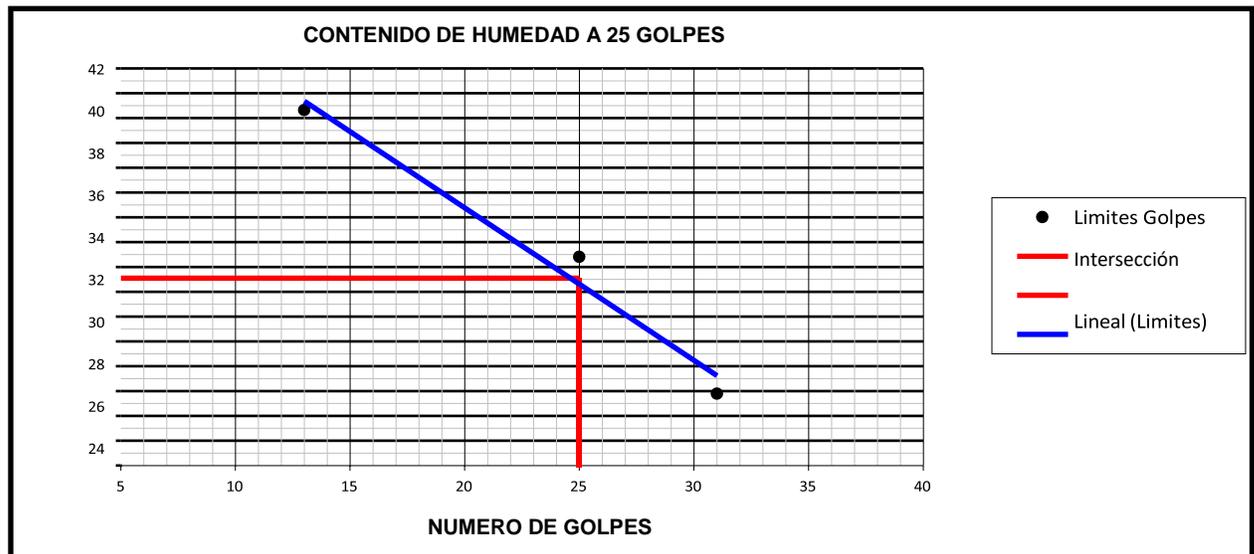
Nota: Elaboración Propia

Anexo 1.48

Límites de consistencia, SPT – 1, profundidad: 3.50 m.

LIMITE LIQUIDO					
Nº TARRO		4	11	13	
PESO TARRO + SUELO HUMEDO		38.16	42.50	48.33	
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	32.29	37.13	44.07	
PESO DE AGUA	(g)	5.87	5.37	4.26	
PESO DEL TARRO	(g)	17.10	17.10	17.10	
PESO DEL SUELO SECO	(g)	15.19	20.03	26.97	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	38.64	26.81	15.80	27.08
NUMERO DE GOLPES		13	25	31	

LIMITE PLASTICO					
Nº TARRO		8	7		
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	26.79	27.84		
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	25.17	26.19		
PESO DE AGUA	(g)	1.62	1.65		
PESO DEL TARRO	(g)	17.10	17.10		
PESO DEL SUELO SECO	(g)	8.07	9.09		
CONTENIDO DE DE HUMEDAD	(%)	20.07	18.15		19.11



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
LIMITE LIQUIDO	25.11
LIMITE PLASTICO	19.11
INDICE DE PLASTICIDAD	6.00

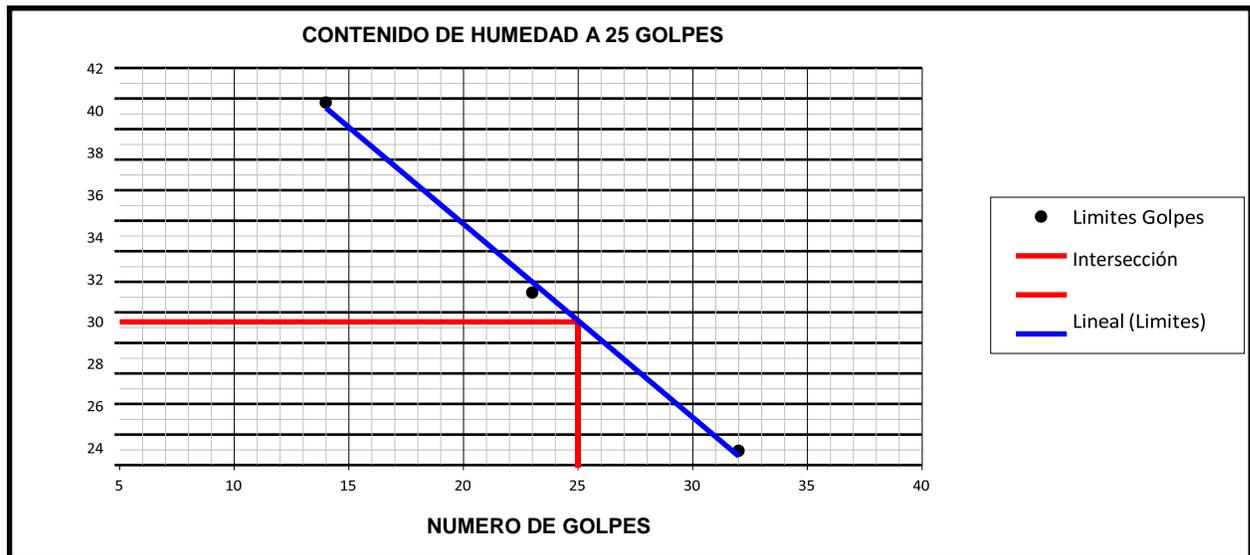
Nota: Elaboración Propia

Anexo 1.49

Límites de consistencia, SPT – 2, profundidad: 3.00 m.

LIMITE LIQUIDO					
Nº TARRO		1	6	12	
PESO TARRO + SUELO HUMEDO		43.16	45.28	44.31	
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	35.75	39.24	40.37	
PESO DE AGUA	(g)	7.41	6.04	3.94	
PESO DEL TARRO	(g)	17.10	17.10	17.10	
PESO DEL SUELO SECO	(g)	18.65	22.14	23.27	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	39.73	27.28	16.93	27.98
NUMERO DE GOLPES		14	23	32	

LIMITE PLASTICO					
Nº TARRO		3	10		
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	32.64	30.14		
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	30.44	28.43		
PESO DE AGUA	(g)	2.20	1.71		
PESO DEL TARRO	(g)	17.10	17.10		
PESO DEL SUELO SECO	(g)	13.34	11.33		
CONTENIDO DE DE HUMEDAD	(%)	16.49	15.09		15.79



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
LIMITE LIQUIDO	25.39
LIMITE PLASTICO	15.79
INDICE DE PLASTICIDAD	9.60

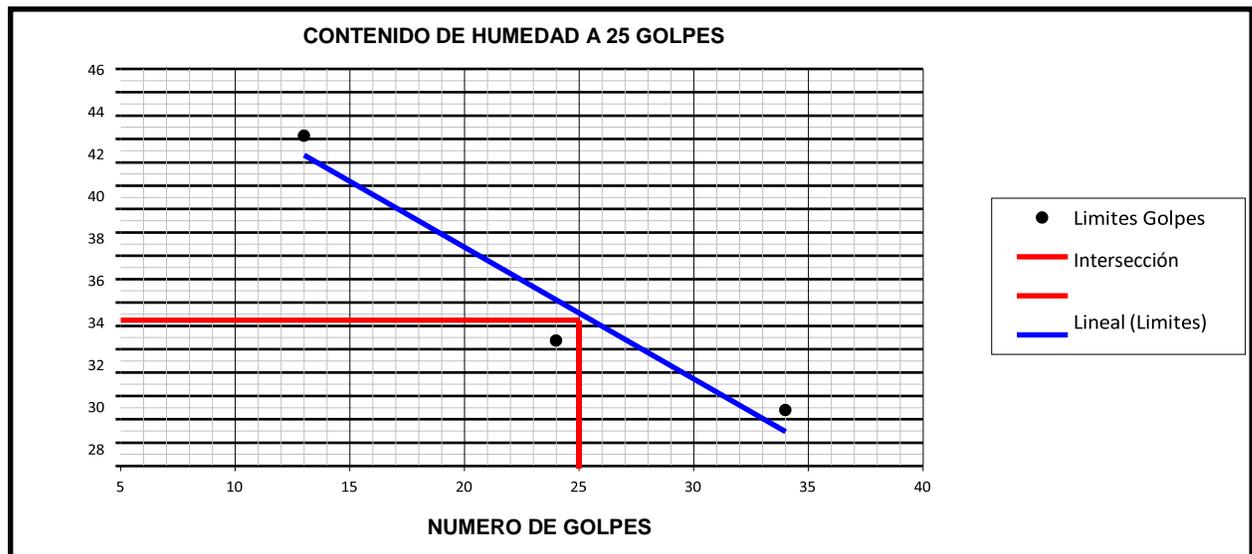
Nota: Elaboración Propia

Anexo 1.50

Límites de consistencia, SPT – 2, profundidad: 3.60 m.

LIMITE LIQUIDO					
Nº TARRO		2	4	6	
PESO TARRO + SUELO HUMEDO		30.75	35.94	48.06	
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	26.83	32.45	43.61	
PESO DE AGUA	(g)	3.92	3.49	4.45	
PESO DEL TARRO	(g)	17.10	17.10	17.10	
PESO DEL SUELO SECO	(g)	9.73	15.35	26.51	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	40.29	22.74	16.79	26.60
NUMERO DE GOLPES		13	24	34	

LIMITE PLASTICO					
Nº TARRO		10	12		
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	31.94	32.97		
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	29.55	30.41		
PESO DE AGUA	(g)	2.39	2.56		
PESO DEL TARRO	(g)	17.10	17.10		
PESO DEL SUELO SECO	(g)	12.45	13.31		
CONTENIDO DE DE HUMEDAD	(%)	19.20	19.23		19.22



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
LIMITE LIQUIDO	24.50
LIMITE PLASTICO	19.22
INDICE DE PLASTICIDAD	5.28

Nota: Elaboración Propia.

Anexo 1.50

Gravedad específica, SPT – 1, profundidad: 2.80 – 3.50 m.

PROYECTO: "ESTUDIO DE LICUEFACCIÓN Y DISEÑO DE CIMENTACIONES PARA UN EDIFICIO MULTIFAMILIAR EN SUELOS DE LOS MANGOS - SECTOR EL GOLF – TRUJILLO 2022"

UBICACIÓN: SECTOR LOS MANGOS - URB. EL GOLF- DISTRITO VÍCTOR LARCO HERRERA - PROVINCIA TRUJILLO - DEPARTAMENTO LA LIBERTAD.

FECHA: DICIEMBRE DEL 2022 SONDEO: **SPT- 1**

Profundidad : **2.80 m.**

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD
1.-Peso de la fiola	grs.	153.45
2.-Peso de la fiola + 500 cm3 de agua.	grs.	649.26
3.-Peso de la fiola + 50cm3 de agua.	grs.	290.31
4.-Peso de la fiola + 50cm3 de agua + Muestra Seca.	grs.	495.17
5.-Peso de la Muestra Seca .	grs.	204.86
6.-Peso de la fiola + Muestra + 500 cm3 de agua.	grs.	774.69
7.-Peso Sumergido	grs.	125.43
8.-Volumen.	cm3	79.43
9.-Peso especif. Particul. Finas	gr/cm3.	2.58
10.-Peso especif. del agua	gr/cm3.	1.00
11.-Gravedad específica sólidos		2.58

Profundidad : **3.50 m.**

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD
1.-Peso de la fiola	grs.	155.13
2.-Peso de la fiola + 500 cm3 de agua.	grs.	650.71
3.-Peso de la fiola + 50cm3 de agua.	grs.	290.38
4.-Peso de la fiola + 50cm3 de agua + Muestra Seca.	grs.	495.10
5.-Peso de la Muestra Seca .	grs.	204.72
6.-Peso de la fiola + Muestra + 500 cm3 de agua.	grs.	777.46
7.-Peso Sumergido	grs.	126.75
8.-Volumen.	cm3	77.97
9.-Peso especif. Particul. Finas	gr/cm3.	2.63
10.-Peso especif. del agua	gr/cm3.	1.00
11.-Gravedad específica sólidos		2.63

Nota: Elaboración Propia.

Anexo 1.51

Gravedad específica, SPT – 1, profundidad: 6.00 – 8.00 – 10.00 m.

Profundidad : **6.00 m.**

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD
1.-Peso de la fiola	grs.	155.10
2.-Peso de la fiola + 500 cm ³ de agua.	grs.	648.26
3.-Peso de la fiola + 50cm ³ de agua.	grs.	291.74
4.-Peso de la fiola + 50cm ³ de agua + Muestra Seca.	grs.	490.06
5.-Peso de la Muestra Seca .	grs.	198.32
6.-Peso de la fiola + Muestra + 500 cm ³ de agua.	grs.	771.05
7.-Peso Sumergido	grs.	122.79
8.-Volumen.	cm ³	75.53
9.-Gravedad Especifica.	gr/cm ³ .	2.63
10.-Peso especif. del agua	gr/cm ³ .	1.00
11.-Gravedad específica sólidos		2.63

Profundidad : **8.00 m.**

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD
1.-Peso de la fiola	grs.	155.00
2.-Peso de la fiola + 500 cm ³ de agua.	grs.	649.75
3.-Peso de la fiola + 50cm ³ de agua.	grs.	291.36
4.-Peso de la fiola + 50cm ³ de agua + Muestra Seca.	grs.	492.15
5.-Peso de la Muestra Seca .	grs.	200.79
6.-Peso de la fiola + Muestra + 500 cm ³ de agua.	grs.	775.16
7.-Peso Sumergido	grs.	125.41
8.-Volumen.	cm ³	75.38
9.-Gravedad Especifica.	gr/cm ³ .	2.66
10.-Peso especif. del agua	gr/cm ³ .	1.00
11.-Gravedad específica sólidos		2.66

Profundidad : **10.00 m.**

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD
1.-Peso de la fiola	grs.	157.24
2.-Peso de la fiola + 500 cm3 de agua.	grs.	649.36
3.-Peso de la fiola + 50cm3 de agua.	grs.	290.35
4.-Peso de la fiola + 50cm3 de agua + Muestra Seca.	grs.	496.38
5.-Peso de la Muestra Seca .	grs.	206.03
6.-Peso de la fiola + Muestra + 500 cm3 de agua.	grs.	778.32
7.-Peso Sumergido	grs.	128.96
8.-Volumen.	cm3	77.07
9.-Gravedad Específica.	gr/cm3.	2.67
10.-Peso especif. del agua	gr/cm3.	1.00
11.-Gravedad específica sólidos		2.67

Nota: Elaboración Propia.

Anexo 1.52

Gravedad específica, SPT – 2, profundidad: 3.00 – 3.60 m.

PROYECTO: **"ESTUDIO DE LICUEFACCIÓN Y DISEÑO DE CIMENTACIONES PARA UN EDIFICIO MULTIFAMILIAR EN SUELOS DE LOS MANGOS - SECTOR EL GOLF – TRUJILLO 2022"**

UBICACIÓN: **SECTOR LOS MANGOS - URB. EL GOLF- DISTRITO VÍCTOR LARCO HERRERA - PROVINCIA TRUJILLO - DEPARTAMENTO LA LIBERTAD.**

FECHA: **DICIEMBRE DEL 2022** SONDEO: **SPT- 2**

Profundidad : **3.00 m.**

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD
1.-Peso de la fiola	grs.	153.60
2.-Peso de la fiola + 500 cm3 de agua.	grs.	650.37
3.-Peso de la fiola + 50cm3 de agua.	grs.	291.03
4.-Peso de la fiola + 50cm3 de agua + Muestra Seca.	grs.	494.72
5.-Peso de la Muestra Seca .	grs.	203.69
6.-Peso de la fiola + Muestra + 500 cm3 de agua.	grs.	775.72
7.-Peso Sumergido	grs.	125.35
8.-Volumen.	cm3	78.34
9.-Peso especif. Particul. Finas	gr/cm3.	2.60
10.-Peso especif. del agua	gr/cm3.	1.00
11.-Gravedad específica sólidos		2.60

Profundidad : **3.60 m.**

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD
1.-Peso de la fiola	grs.	154.80
2.-Peso de la fiola + 500 cm3 de agua.	grs.	649.35
3.-Peso de la fiola + 50cm3 de agua.	grs.	292.07
4.-Peso de la fiola + 50cm3 de agua + Muestra Seca.	grs.	494.73
5.-Peso de la Muestra Seca .	grs.	202.66
6.-Peso de la fiola + Muestra + 500 cm3 de agua.	grs.	775.39
7.-Peso Sumergido	grs.	126.04
8.-Volumen.	cm3	76.62
9.-Peso especif. Particul. Finas	gr/cm3.	2.65
10.-Peso especif. del agua	gr/cm3.	1.00
11.-Gravedad específica sólidos		2.65

Nota: Elaboración Propia.

Anexo 1.53

Gravedad específica, SPT – 2, profundidad: 6.00 – 8.00 – 10.00 m.

Profundidad : **6.00 m.**

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD
1.-Peso de la fiola	grs.	153.45
2.-Peso de la fiola + 500 cm3 de agua.	grs.	649.26
3.-Peso de la fiola + 50cm3 de agua.	grs.	290.31
4.-Peso de la fiola + 50cm3 de agua + Muestra Seca.	grs.	495.17
5.-Peso de la Muestra Seca .	grs.	204.86
6.-Peso de la fiola + Muestra + 500 cm3 de agua.	grs.	777.34
7.-Peso Sumergido	grs.	128.08
8.-Volumen.	cm3	76.78
9.-Peso especif. Particul. Finas	gr/cm3.	2.67
10.-Peso especif. del agua	gr/cm3.	1.00
11.-Gravedad específica sólidos		2.67

Profundidad : **8.00 m.**

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD
1.-Peso de la fiola	grs.	155.13
2.-Peso de la fiola + 500 cm3 de agua.	grs.	650.71
3.-Peso de la fiola + 50cm3 de agua.	grs.	290.38
4.-Peso de la fiola + 50cm3 de agua + Muestra Seca.	grs.	495.10
5.-Peso de la Muestra Seca .	grs.	204.72
6.-Peso de la fiola + Muestra + 500 cm3 de agua.	grs.	778.29
7.-Peso Sumergido	grs.	127.58
8.-Volumen.	cm3	77.14
9.-Peso especif. Particul. Finas	gr/cm3.	2.65
10.-Peso especif. del agua	gr/cm3.	1.00
11.-Gravedad específica sólidos		2.65

Profundidad : **10.00 m.**

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD
1.-Peso de la fiola	grs.	156.27
2.-Peso de la fiola + 500 cm3 de agua.	grs.	649.20
3.-Peso de la fiola + 50cm3 de agua.	grs.	289.46
4.-Peso de la fiola + 50cm3 de agua + Muestra Seca.	grs.	495.10
5.-Peso de la Muestra Seca .	grs.	205.64
6.-Peso de la fiola + Muestra + 500 cm3 de agua.	grs.	778.35
7.-Peso Sumergido	grs.	129.15
8.-Volumen.	cm3	76.49
9.-Peso especif. Partícul. Finas	gr/cm3.	2.69
10.-Peso especif. del agua	gr/cm3.	1.00
11.-Gravedad específica sólidos		2.69

Nota: Elaboración Propia.

Anexo 1.54

Contenido de sales solubles, SPT – 1, profundidad: 2.80 – 3.50 m.

PROYECTO: "ESTUDIO DE LICUEFACCIÓN Y DISEÑO DE CIMENTACIONES PARA UN EDIFICIO MULTIFAMILIAR EN SUELOS DE LOS MANGOS -SECTOR EL GOLF – TRUJILLO 2022"

UBICACIÓN: SECTOR LOS MANGOS - URB. EL GOLF- DISTRITO VÍCTOR LARCO HERRERA - PROVINCIA TRUJILLO - DEPARTAMENTO LA LIBERTAD.

FECHA: DICIEMBRE DEL 2022

SONDEO: SPT- 1

**CONTENIDO DE SALES SOLUBLES
TOTALES**

Calicata N° :	1	
Profundidad :	2.80 m.	
Lata N° :	1	2
Peso del recipiente vacío (gr)	116.89	116.88
Peso recip.+ Peso agua destilada + sales (gr)	179.11	178.62
Peso del recipiente + sales (gr)	117.54	117.55
Peso de la sal (gr)	0.65	0.67
Contenido de Sales (%)	1.04	1.09
Contenido Promedio de Sales (%)	1.06	

Calicata N° :	1	
Profundidad :	3.50 m.	
Lata N° :	3	4
Peso del recipiente vacío (gr)	116.87	116.90
Peso recip.+ Peso agua destilada + sales (gr)	179.16	178.64
Peso del recipiente + sales (gr)	117.58	117.56
Peso de la sal (gr)	0.71	0.66
Contenido de Sales (%)	1.14	1.07
Contenido Promedio de Sales (%)	1.10	

Nota: Elaboración Propia.

Anexo 1.55

Contenido de sales solubles, SPT – 1, profundidad: 6.00 – 8.00 – 10.00 m.

Calicata N° :	1	
Profundidad :	6.00 m.	
Lata N° :	5	6
Peso del recipiente vacío (gr)	116.87	116.90
Peso recip.+ Peso agua destilada + sales (gr)	178.46	179.34
Peso del recipiente + sales (gr)	117.57	117.59
Peso de la sal (gr)	0.70	0.69
Contenido de Sales (%)	1.14	1.11
Contenido Promedio de Sales (%)	1.12	

Calicata N° :	1	
Profundidad :	8.00 m.	
Lata N° :	7	8
Peso del recipiente vacío (gr)	116.91	116.90
Peso recip.+ Peso agua destilada + sales (gr)	179.46	181.24
Peso del recipiente + sales (gr)	117.60	117.62
Peso de la sal (gr)	0.69	0.72
Contenido de Sales (%)	1.10	1.12
Contenido Promedio de Sales (%)	1.11	

Calicata N° :	1	
Profundidad :	10.00 m.	
Lata N° :	9	10
Peso del recipiente vacío (gr)	116.91	116.88
Peso recip.+ Peso agua destilada + sales (gr)	180.12	178.46
Peso del recipiente + sales (gr)	117.62	117.58
Peso de la sal (gr)	0.71	0.70
Contenido de Sales (%)	1.12	1.14
Contenido Promedio de Sales (%)	1.13	

Nota: Elaboración Propia.

Anexo 1.56

Contenido de sales solubles, SPT – 2, profundidad: 3.00 – 3.60 m.

PROYECTO: "ESTUDIO DE LICUEFACCIÓN Y DISEÑO DE CIMENTACIONES PARA UN EDIFICIO MULTIFAMILIAR EN SUELOS DE LOS MANGOS -SECTOR EL GOLF – TRUJILLO 2022"

UBICACIÓN: SECTOR LOS MANGOS - URB. EL GOLF- DISTRITO VÍCTOR LARCO HERRERA - PROVINCIA TRUJILLO - DEPARTAMENTO LA LIBERTAD.

FECHA: DICIEMBRE DEL 2022

SONDEO: SPT- 2

**CONTENIDO DE SALES SOLUBLES
TOTALES**

Calicata N° :	2	
Profundidad :	3.00 m.	
Lata N° :	11	12
Peso del recipiente vacío (gr)	116.87	116.90
Peso recip.+ Peso agua destilada + sales (gr)	179.16	178.64
Peso del recipiente + sales (gr)	117.55	117.54
Peso de la sal (gr)	0.68	0.64
Contenido de Sales (%)	1.09	1.04
Contenido Promedio de Sales (%)	1.06	

Calicata N° :	2	
Profundidad :	3.60 m.	
Lata N° :	13	14
Peso del recipiente vacío (gr)	116.90	116.90
Peso recip.+ Peso agua destilada + sales (gr)	180.34	179.42
Peso del recipiente + sales (gr)	117.57	117.59
Peso de la sal (gr)	0.67	0.69
Contenido de Sales (%)	1.06	1.10
Contenido Promedio de Sales (%)	1.08	

Nota: Elaboración Propia.

Anexo 1.57

Contenido de sales solubles, SPT – 2, profundidad: 6.00 – 8.00 – 10.00 m.

Calicata N° :	2	
Profundidad :	6.00 m.	
Lata N° :	15	16
Peso del recipiente vacío (gr)	11	12
Peso recip.+ Peso agua destilada + sales (gr)	116.91	116.88
Peso del recipiente + sales (gr)	178.46	179.57
Peso de la sal (gr)	117.57	117.58
Contenido de Sales (%)	0.66	0.70
Contenido Promedio de Sales (%)	1.07	1.12

Calicata N° :	2	
Profundidad :	8.00 m.	
Lata N° :	17	18
Peso del recipiente vacío (gr)	116.90	116.89
Peso recip.+ Peso agua destilada + sales (gr)	179.62	178.57
Peso del recipiente + sales (gr)	117.59	117.59
Peso de la sal (gr)	0.69	0.70
Contenido de Sales (%)	1.10	1.13
Contenido Promedio de Sales (%)	1.12	

Calicata N° :	2	
Profundidad :	10.00 m.	
Lata N° :	19	20
Peso del recipiente vacío (gr)	116.90	116.92
Peso recip.+ Peso agua destilada + sales (gr)	180.24	179.31
Peso del recipiente + sales (gr)	117.61	117.59
Peso de la sal (gr)	0.71	0.67
Contenido de Sales (%)	1.12	1.07
Contenido Promedio de Sales (%)	1.10	

Nota: Elaboración Propia.

Anexo 1.58.1

Perfil estratigráfico, SPT – 2

PROYECTO: "ESTUDIO DE LICUEFACCIÓN Y DISEÑO DE CIMENTACIONES PARA UN EDIFICIO MULTIFAMILIAR EN SUELOS DE LOS MANGOS - SECTOR EL GOLF – TRUJILLO 2022"

UBICACIÓN: SECTOR LOS MANGOS - URB. EL GOLF- DISTRITO VÍCTOR LARCO HERRERA - PROVINCIA TRUJILLO - DEPARTAMENTO LA LIBERTAD.

FECHA: DICIEMBRE DEL 2022

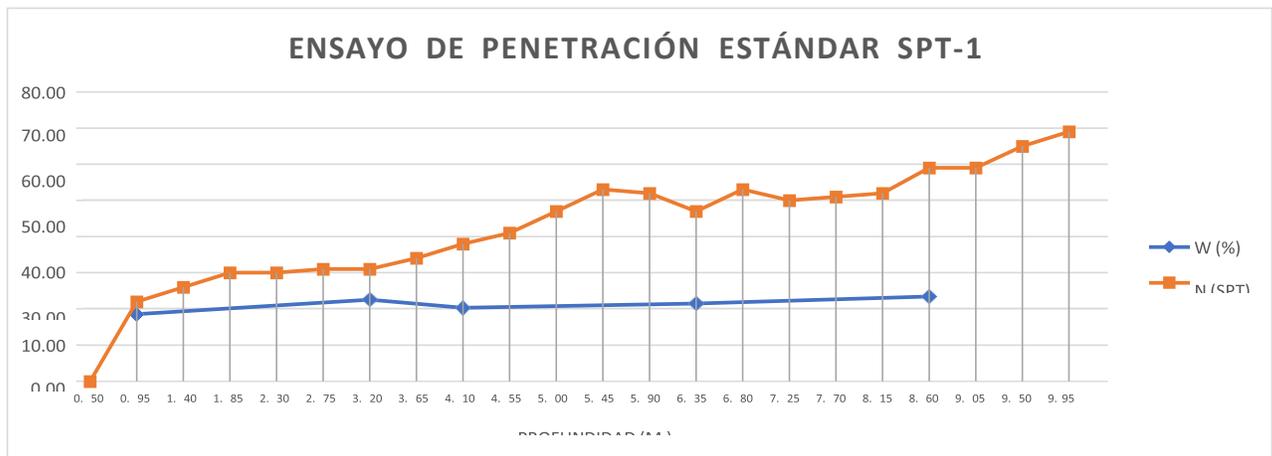
DESCRIPCIÓN	PROF. (m.)	ESTRATI GRAFÍA	W (%)	CONSISTENCI A	N(SPT)	
Material de relleno.	0.50				0	0
					0	
					0	
Arcilla de baja palsticidad de color marrón oscuroo, de regular humedad y de compacidad media. No se nota el Nivel de aguas freáticas (NAF) hasta la profundidad explorada.	0.95	CL	18.57	MEDIA	7	22
					10	
					12	
Arcilla de baja palsticidad de color marrón oscuroo, de regular humedad y de compacidad media. No se nota el Nivel de aguas freáticas (NAF) hasta la profundidad explorada.	1.40	CL	18.57	MEDIA	13	26
					14	
					12	
Arcilla de baja palsticidad de color marrón oscuroo, de regular humedad y de compacidad media. No se nota el Nivel de aguas freáticas (NAF) hasta la profundidad explorada.	1.85	CL	18.57	MEDIA	14	30
					14	
					16	
Arcilla de baja palsticidad de color marrón oscuroo, de regular humedad y de compacidad media. No se nota el Nivel de aguas freáticas (NAF) hasta la profundidad explorada.	2.30	CL	18.57	MEDIA	15	30
					16	
					14	
Arcilla de baja palsticidad de color marrón oscuroo, de regular humedad y de compacidad media. No se nota el Nivel de aguas freáticas (NAF) hasta la profundidad explorada.	2.75	CL	18.57	MEDIA	16	31
					15	
					16	
Arenas arcillosa de color marrón claro, de alta humedad y de compacidad media. Se nota el Nivel de aguas freáticas (NAF) a la profundidad explorada de 2.80 m.	3.20	SC	22.57	MEDIA	19	31
					17	
					14	
Arenas arcillosa de color marrón claro, de alta humedad y de compacidad media. Se nota el Nivel de aguas freáticas (NAF) a la profundidad explorada de 2.80 m.	3.65	SC	22.57	MEDIA	15	34
					18	
					16	
Arenas pobremente graduada de color beige pardo, de alta humedad y de compacidad media a alta. Se nota el Nivel de aguas freáticas (NAF) a la profundidad explorada de 2.80 m.	4.10	SP	20.34	MEDIA A DURA	21	38
					17	
					21	
Arenas pobremente graduada de color beige pardo, de alta humedad y de compacidad media a alta. Se nota el Nivel de aguas freáticas (NAF) a la profundidad explorada de 2.80 m.	4.55	SP	20.34	MEDIA A DURA	22	41
					20	
					21	
Arenas pobremente graduada de color beige pardo, de alta humedad y de compacidad media a alta. Se nota el Nivel de aguas freáticas (NAF) a la profundidad explorada de 2.80 m.	5.00	SP	20.34	MEDIA A DURA	23	47
					22	
					25	
Arenas pobremente graduada de color beige pardo, de alta humedad y de compacidad media a alta. Se nota el Nivel de aguas freáticas (NAF) a la profundidad explorada de 2.80 m.	5.45	SP	20.34	COMPACTA	26	53
					25	
					28	
Arenas pobremente graduada de color beige pardo, de alta humedad y de compacidad media a alta. Se nota el Nivel de aguas freáticas (NAF) a la profundidad explorada de 2.80 m.	5.90	SP	20.34	COMPACTA	25	52
					27	
					25	
Arenas pobremente graduada de color beige pardo, de alta humedad y de compacidad media a alta. Se nota el Nivel de aguas freáticas (NAF) a la profundidad explorada de 2.80 m.	6.35	SP	20.34	COMPACTA	26	47
					24	
					23	
Arenas pobremente graduada de color beige pardo, de alta humedad y de compacidad media a alta. Se nota el Nivel de aguas freáticas (NAF) a la profundidad explorada de 2.80 m.	6.80	SP	20.34	COMPACTA	26	53
					28	
					25	

Nota: Elaboración Propia.

Anexo 1.58.2

Perfil estratigráfico, SPT - 2

Arena pobremente graduada de color beige pardo, de alta humedad y de compacidad media a alta. Se nota el Nivel de aguas freáticas (NAF) a la profundidad explorada de 2.80 m.	7.25	SP	21.48	COMPACTA	25	50
					24	
					26	
Arena pobremente graduada de color beige pardo, de alta humedad y de compacidad media a alta. Se nota el Nivel de aguas freáticas (NAF) a la profundidad explorada de 2.80 m.	7.70	SP	23.44	COMPACTA	28	51
					24	
					27	
Arena pobremente graduada de color beige pardo, de alta humedad y de compacidad media a alta. Se nota el Nivel de aguas freáticas (NAF) a la profundidad explorada de 2.80 m.	8.15	SP	23.44	COMPACTA	29	52
					28	
					29	
Arena pobremente graduada de color beige pardo, de alta humedad y de compacidad media a alta. Se nota el Nivel de aguas freáticas (NAF) a la profundidad explorada de 2.80 m.	8.60	SP	23.44	COMPACTA	29	59
					30	
					29	
Arena de color beige pardo a amarillo claro, de regular humedad y de compacidad alta. No se nota el Nivel de aguas freáticas (NAF) hasta la profundidad explorada.	9.05	SP	23.44	COMPACTA	29	59
					27	
					32	
Arena pobremente graduada de color beige pardo, de alta humedad y de compacidad media a alta. Se nota el Nivel de aguas freáticas (NAF) a la profundidad explorada de 2.80 m.	9.50	SP	23.44	COMPACTA	25	65
					34	
					31	
Arena pobremente graduada de color beige pardo, de alta humedad y de compacidad media a alta. Se nota el Nivel de aguas freáticas (NAF) a la profundidad explorada de 2.80 m.	9.95	SP	23.44	COMPACTA	32	69
					35	
					34	



Nota: Elaboración Propia.

Anexo 1.59.1

Perfil estratigráfico, SPT – 1.

PROYECTO: "ESTUDIO DE LICUEFACCIÓN Y DISEÑO DE CIMENTACIONES PARA UN EDIFICIO MULTIFAMILIAR EN SUELOS DE LOS MANGOS - SECTOR EL GOLF – TRUJILLO 2022"

UBICACIÓN: SECTOR LOS MANGOS - URB. EL GOLF- DISTRITO VÍCTOR LARCO HERRERA - PROVINCIA TRUJILLO - DEPARTAMENTO LA LIBERTAD.

FECHA: DICIEMBRE DEL 2022

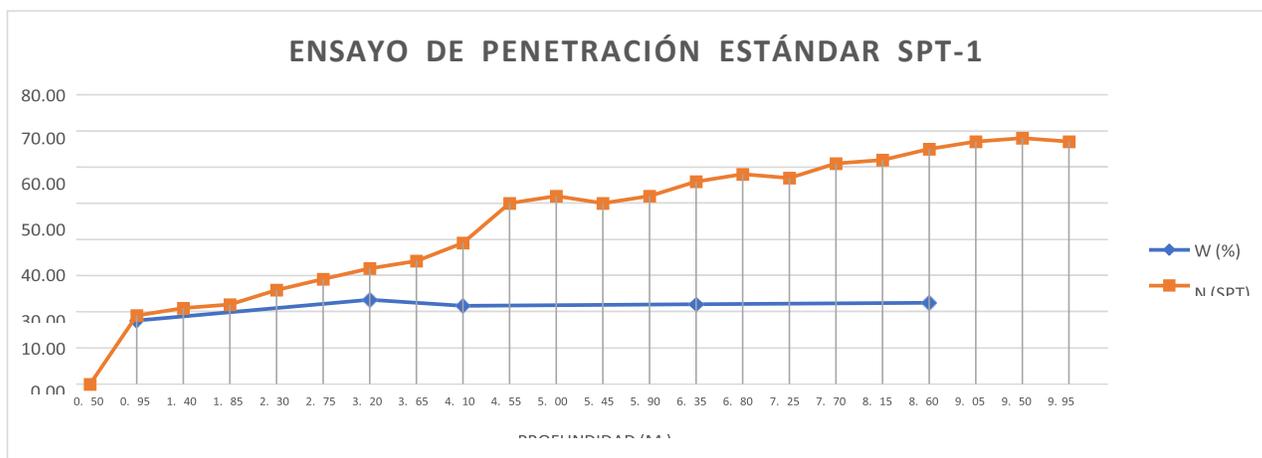
DESCRIPCIÓN	PROF. (m.)	ESTRATIGRAFÍA	W (%)	CONSISTENCIA	N(SPT)	
Material de relleno.	0.50				0	0
					0	
					0	
Arcilla de baja palsticidad de color marrón oscuroo, de regular humedad y de compacidad media. No se nota el Nivel de aguas freáticas (NAF) hasta la profundidad explorada.	0.95	CL	17.56	MEDIA	7	19
					9	
					10	
Arcilla de baja palsticidad de color marrón oscuroo, de regular humedad y de compacidad media. No se nota el Nivel de aguas freáticas (NAF) hasta la profundidad explorada.	1.40	CL	17.56	MEDIA	8	21
					10	
					11	
Arcilla de baja palsticidad de color marrón oscuroo, de regular humedad y de compacidad media. No se nota el Nivel de aguas freáticas (NAF) hasta la profundidad explorada.	1.85	CL	17.56	MEDIA	7	22
					10	
					12	
Arcilla de baja palsticidad de color marrón oscuroo, de regular humedad y de compacidad media. No se nota el Nivel de aguas freáticas (NAF) hasta la profundidad explorada.	2.30	CL	17.56	MEDIA	12	26
					12	
					14	
Arcilla de baja palsticidad de color marrón oscuroo, de regular humedad y de compacidad media. No se nota el Nivel de aguas freáticas (NAF) hasta la profundidad explorada.	2.75	CL	17.56	MEDIA	12	29
					14	
					15	
Arena arcillosa de color marrón claro, de alta humedad y de compacidad media. Se nota el Nivel de aguas freáticas (NAF) a la profundidad explorada de 2.80 m.	3.20	SC	23.33	MEDIA A DURA	13	32
					15	
					17	
Arena arcillosa de color marrón claro, de alta humedad y de compacidad media. Se nota el Nivel de aguas freáticas (NAF) a la profundidad explorada de 2.80 m.	3.65	SC	23.33	MEDIA A DURA	15	34
					16	
					18	
Arena pobremente graduada de color beige pardo, de alta humedad y de compacidad media a alta. Se nota el Nivel de aguas freáticas (NAF) a la profundidad explorada de 2.80 m.	4.10	SP	21.63	COMPACTA	17	39
					18	
					21	
Arena pobremente graduada de color beige pardo, de alta humedad y de compacidad media a alta. Se nota el Nivel de aguas freáticas (NAF) a la profundidad explorada de 2.80 m.	4.55	SP	21.63	COMPACTA	23	50
					24	
					26	
Arena pobremente graduada de color beige pardo, de alta humedad y de compacidad media a alta. Se nota el Nivel de aguas freáticas (NAF) a la profundidad explorada de 2.80 m.	5.00	SP	21.63	COMPACTA	28	52
					23	
					29	
Arena pobremente graduada de color beige pardo, de alta humedad y de compacidad media a alta. Se nota el Nivel de aguas freáticas (NAF) a la profundidad explorada de 2.80 m.	5.45	SP	21.63	COMPACTA	25	50
					26	
					24	
Arena pobremente graduada de color beige pardo, de alta humedad y de compacidad media a alta. Se nota el Nivel de aguas freáticas (NAF) a la profundidad explorada de 2.80 m.	5.90	SP	21.63	COMPACTA	26	52
					25	
					27	
Arena pobremente graduada de color beige pardo, de alta humedad y de compacidad media a alta. Se nota el Nivel de aguas freáticas (NAF) a la profundidad explorada de 2.80 m.	6.35	SP	21.63	COMPACTA	28	56
					27	
					29	
Arena pobremente graduada de color beige pardo, de alta humedad y de compacidad media a alta. Se nota el Nivel de aguas freáticas (NAF) a la profundidad explorada de 2.80 m.	6.80	SP	21.63	COMPACTA	25	58
					28	
					30	

Nota: Elaboración Propia.

Anexo 1.59.2

Perfil estratigráfico, SPT – 1.

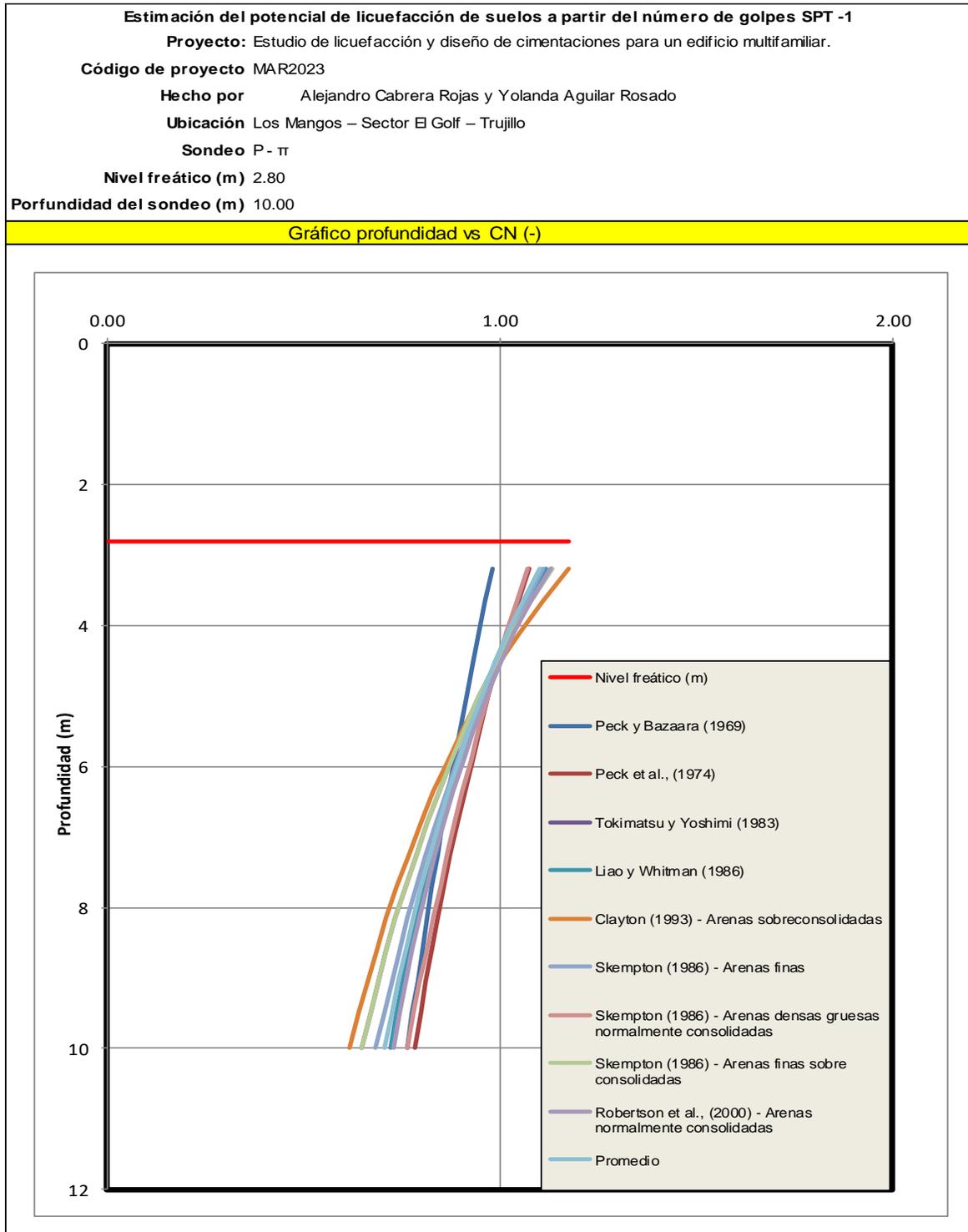
Arena pobremente graduada de color beige pardo, de alta humedad y de compacidad media a alta. Se nota el Nivel de aguas freáticas (NAF) a la profundidad explorada de 2.80 m.	7.25	SP	22.06	COMPACTA	26	57
					28	
					29	
Arena pobremente graduada de color beige pardo, de alta humedad y de compacidad media a alta. Se nota el Nivel de aguas freáticas (NAF) a la profundidad explorada de 2.80 m.	7.70	SP	22.47	COMPACTA	28	61
					31	
					30	
Arena pobremente graduada de color beige pardo, de alta humedad y de compacidad media a alta. Se nota el Nivel de aguas freáticas (NAF) a la profundidad explorada de 2.80 m.	8.15	SP	22.47	COMPACTA	27	62
					32	
					30	
Arena pobremente graduada de color beige pardo, de alta humedad y de compacidad media a alta. Se nota el Nivel de aguas freáticas (NAF) a la profundidad explorada de 2.80 m.	8.60	SP	22.47	COMPACTA	30	65
					34	
					31	
Arena de color beige pardo a amarillo claro, de regular humedad y de compacidad alta. No se nota el Nivel de aguas freáticas (NAF) hasta la profundidad explorada.	9.05	SP	22.47	COMPACTA	32	67
					35	
					32	
Arena pobremente graduada de color beige pardo, de alta humedad y de compacidad media a alta. Se nota el Nivel de aguas freáticas (NAF) a la profundidad explorada de 2.80 m.	9.50	SP	22.47	COMPACTA	30	68
					35	
					33	
Arena pobremente graduada de color beige pardo, de alta humedad y de compacidad media a alta. Se nota el Nivel de aguas freáticas (NAF) a la profundidad explorada de 2.80 m.	9.95	SP	22.47	COMPACTA	31	67
					32	
					35	



Nota: Elaboración Propia.

Anexo 1.60

Grafica profundidad vs Factor de corrección (CN), SPT-1.



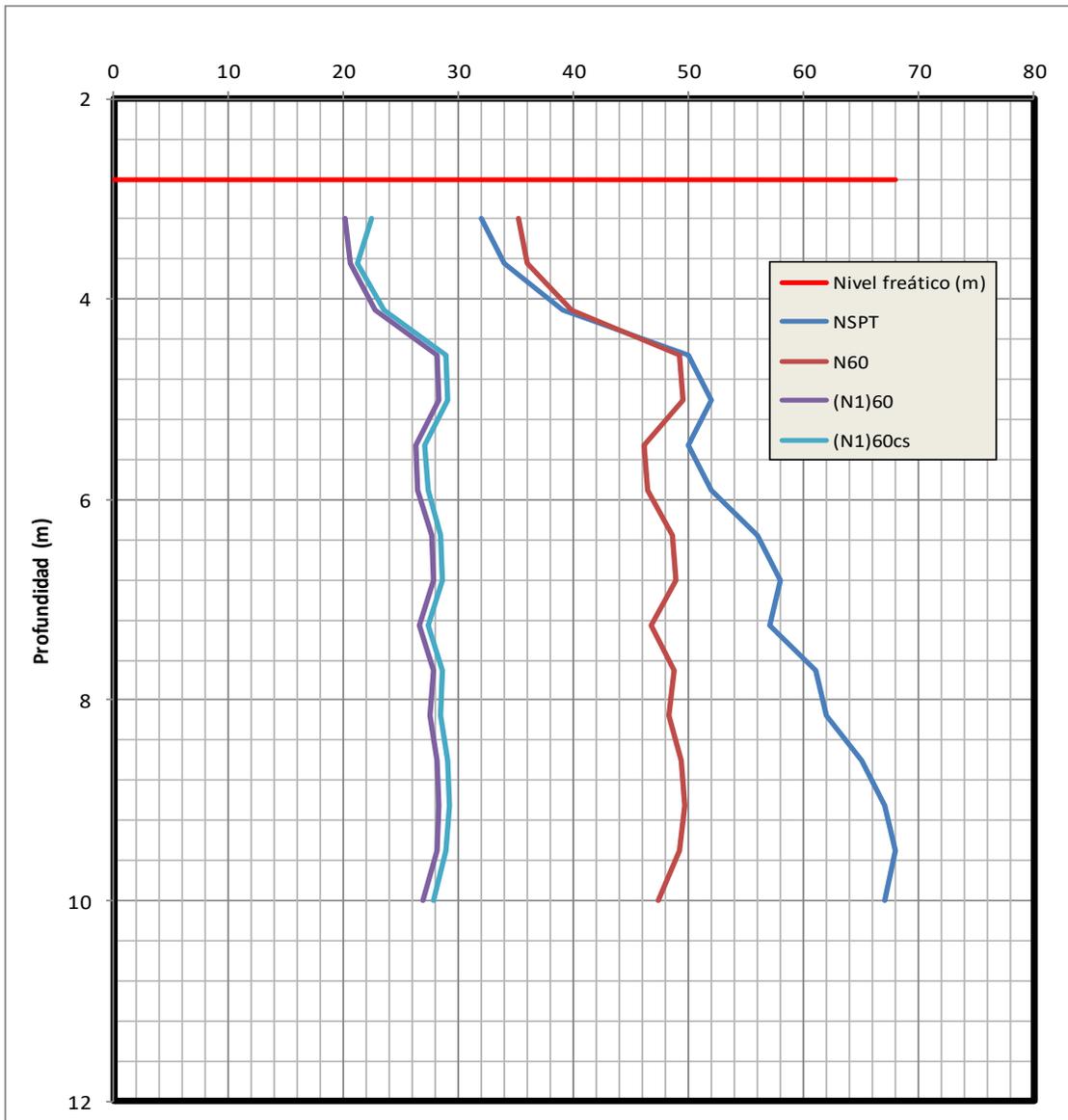
Nota: Elaboración Propia

Anexo 1.61

Gráfico profundidad vs Numero de golpes, SPT-1.

Estimación del potencial de licuefacción de suelos a partir del número de golpes SPT -1
Proyecto: Estudio de licuefacción y diseño de cimentaciones para un edificio multifamiliar.
Código de proyecto: MAR2023
Hecho por: Alejandro Cabrera Rojas y Yolanda Aguilar Rosada.
Ubicación: Los Mangos – Sector El Golf – Trujillo
Sondeo: P - π
Nivel freático (m): 2.80
Profundidad del sondeo (m): 10.00

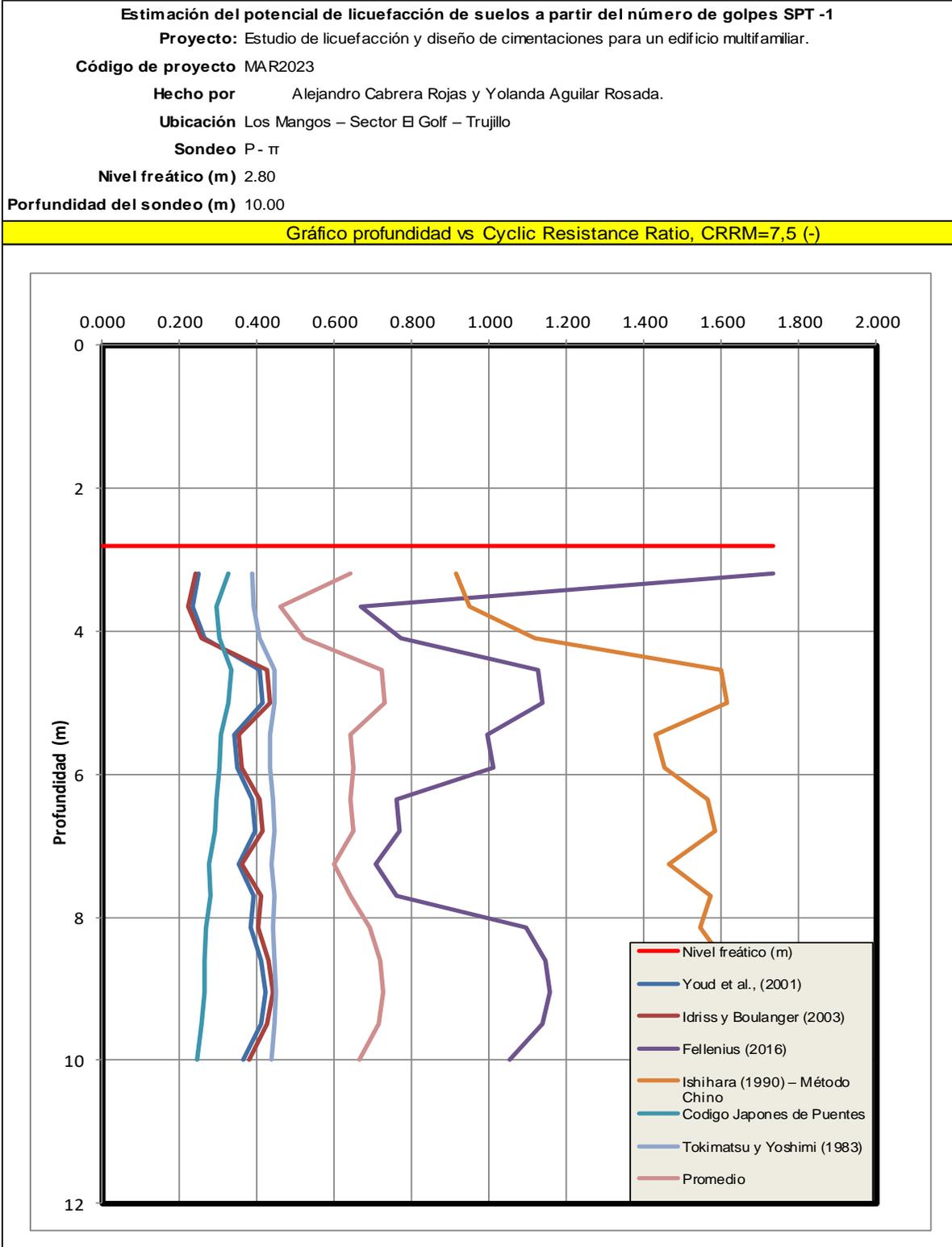
Gráfico profundidad vs Número del golpes



Nota: Elaboración Propia

Anexo 1.62

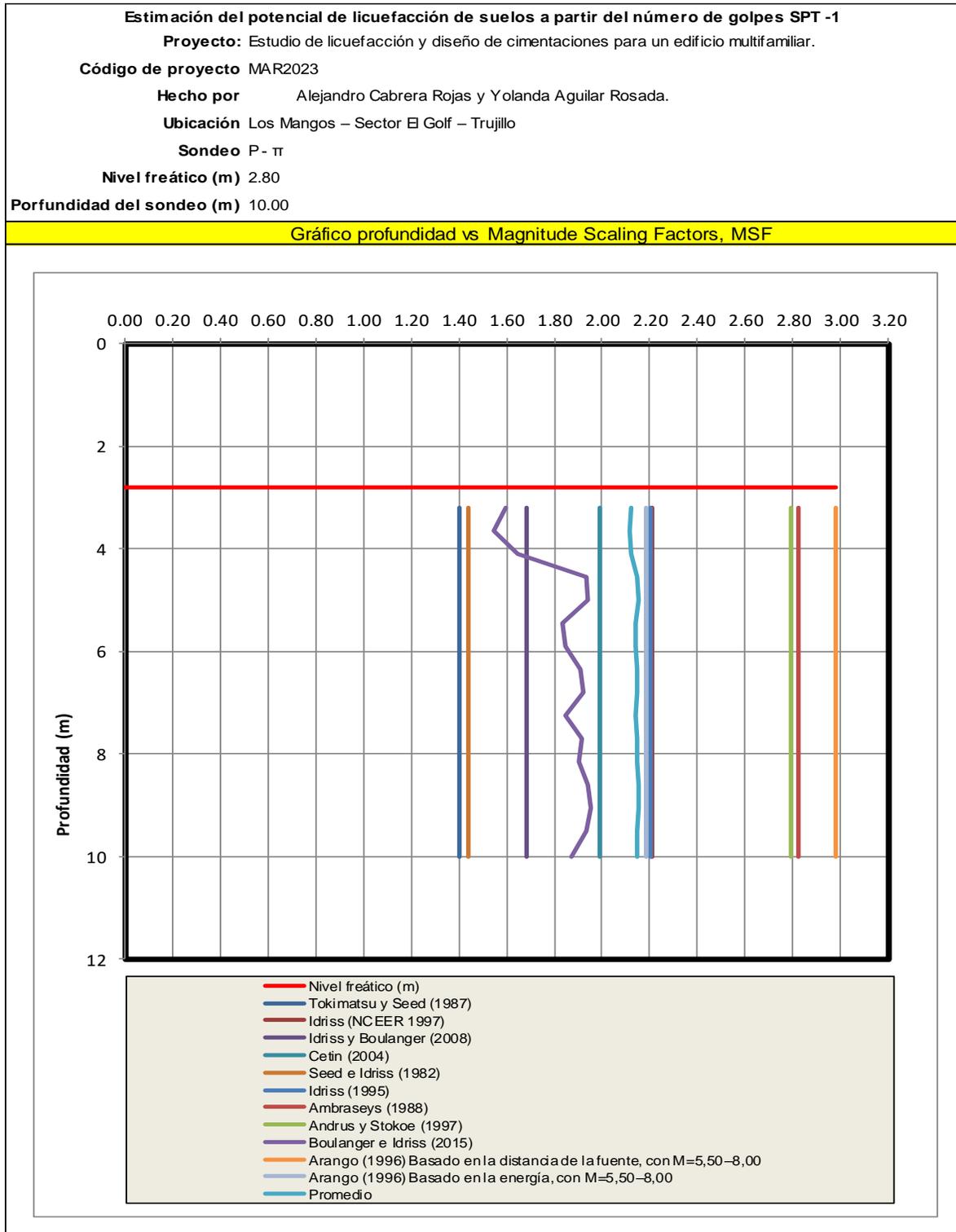
Gráfico Profundidad vs Cyclic Resistance Ratio ($CRR_{M=7.5}$), SPT-1.



Nota: Elaboración Propia

Anexo 1.63

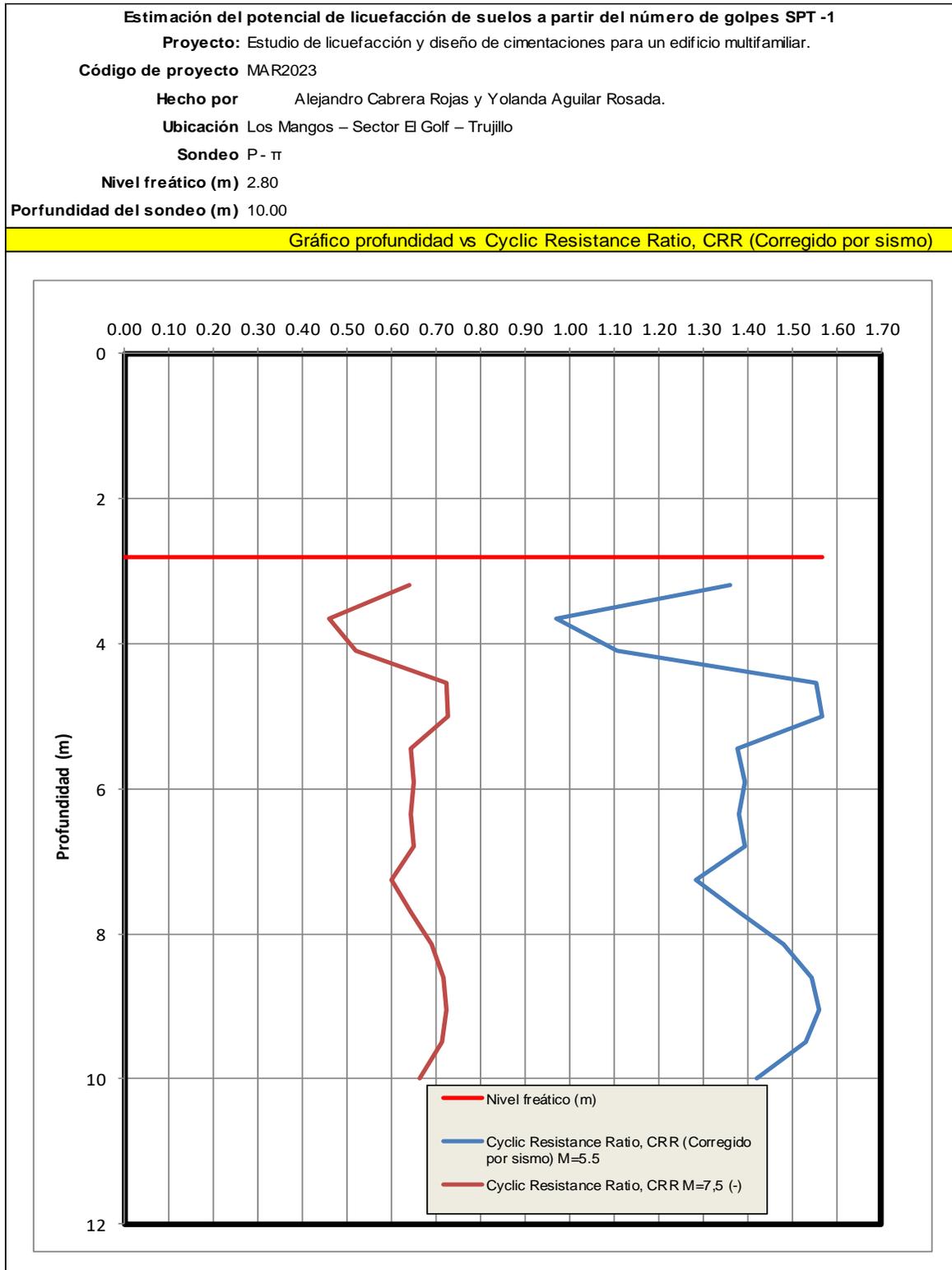
Gráfico Profundidad vs Magnitude Scaling Factors, SPT-1.



Nota: Elaboración Propia

Anexo 1.64

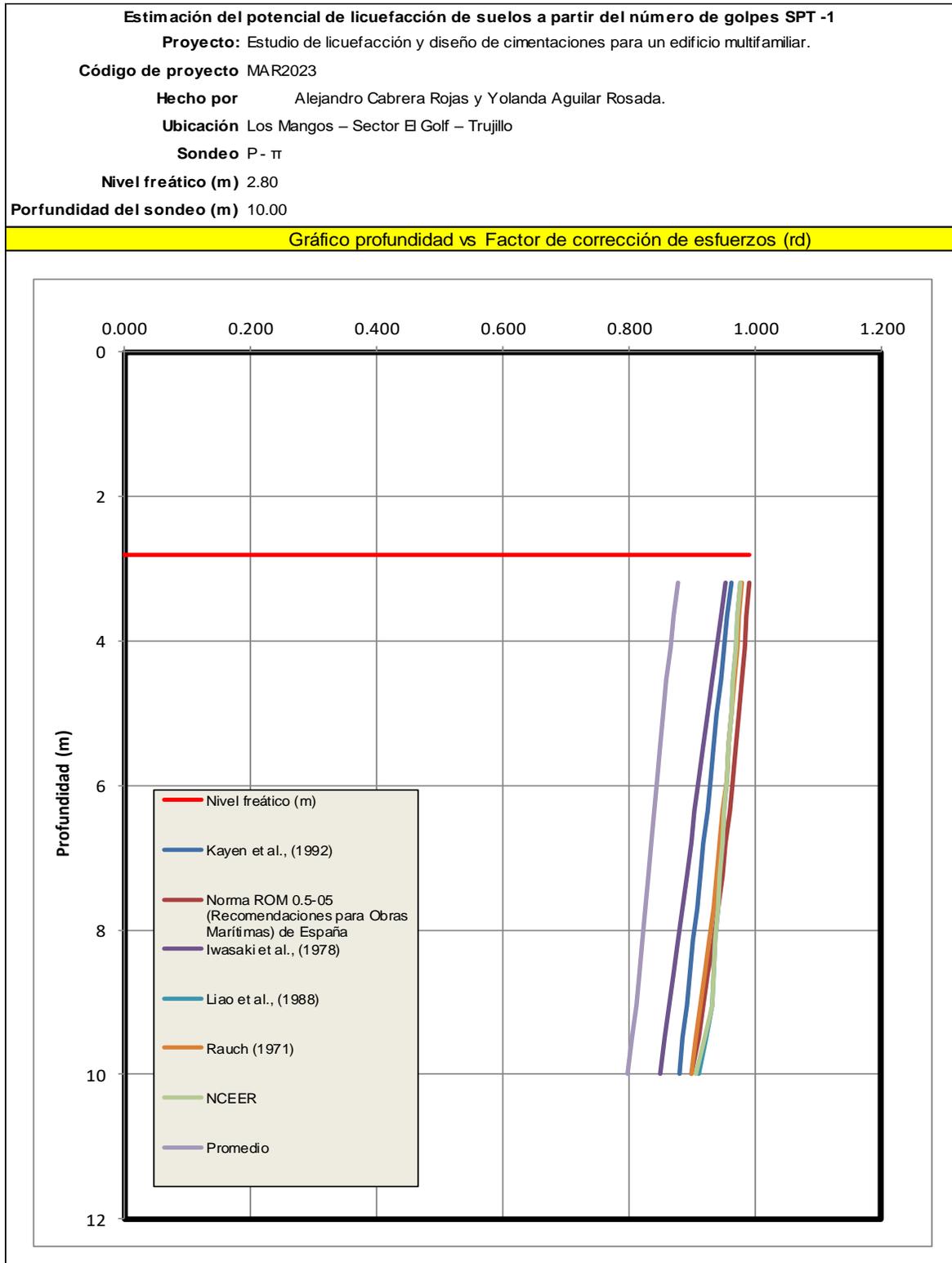
Gráfico Profundidad vs CRR (Corregido por sismo), SPT-1.



Nota: Elaboración Propia

Anexo 1.65

Gráfico de Profundidad vs Factor de corrección de esfuerzos, SPT-1



Nota: Elaboración Propia

Anexo 1.66

Gráfico de Profundidad vs Cyclic Stress Ratio (CSR), SPT-1.

Estimación del potencial de licuefacción de suelos a partir del número de golpes SPT -1

Proyecto: Estudio de licuefacción y diseño de cimentaciones para un edificio multifamiliar.

Código de proyecto: MAR2023

Cliente: Alejandro Cabrera Rojas y Yolanda Aguilar Rosada.

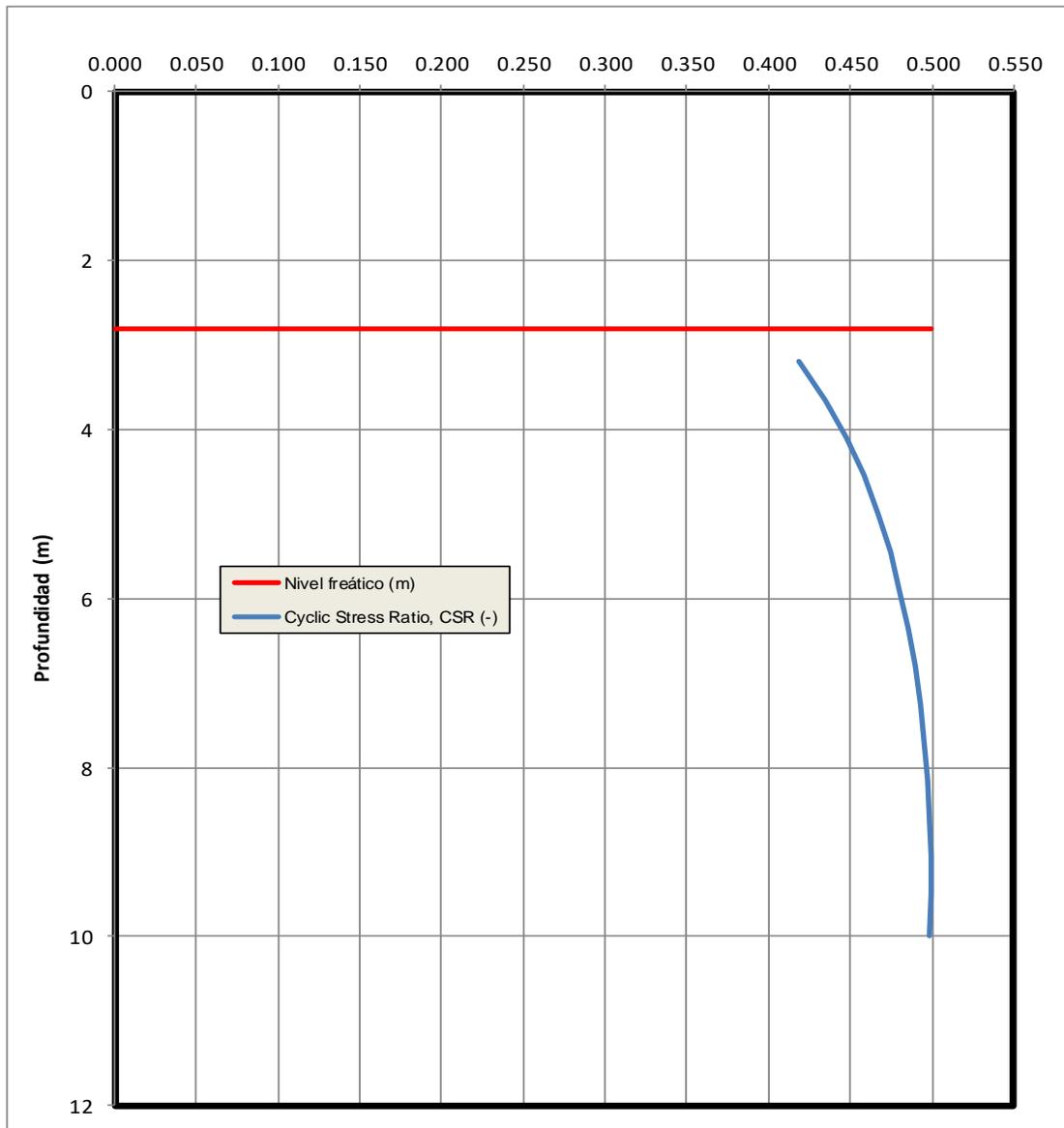
Ubicación: Los Mangos – Sector El Golf – Trujillo

Sondeo: P - π

Nivel freático (m): 2.80

Profundidad del sondeo (m): 10.00

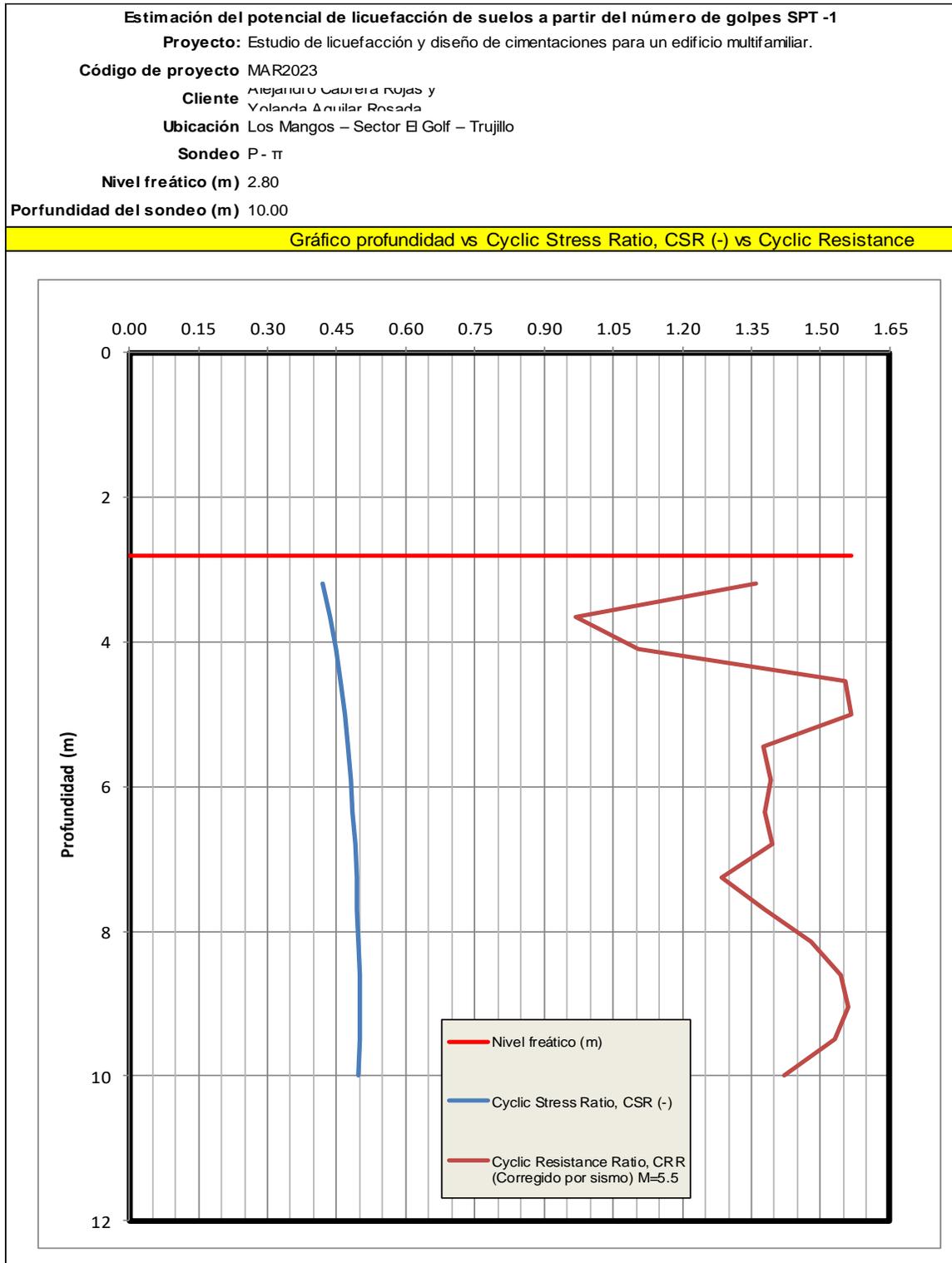
Gráfico profundidad vs Cyclic Stress Ratio, CSR (-)



Nota: Elaboración Propia

Anexo 1.67

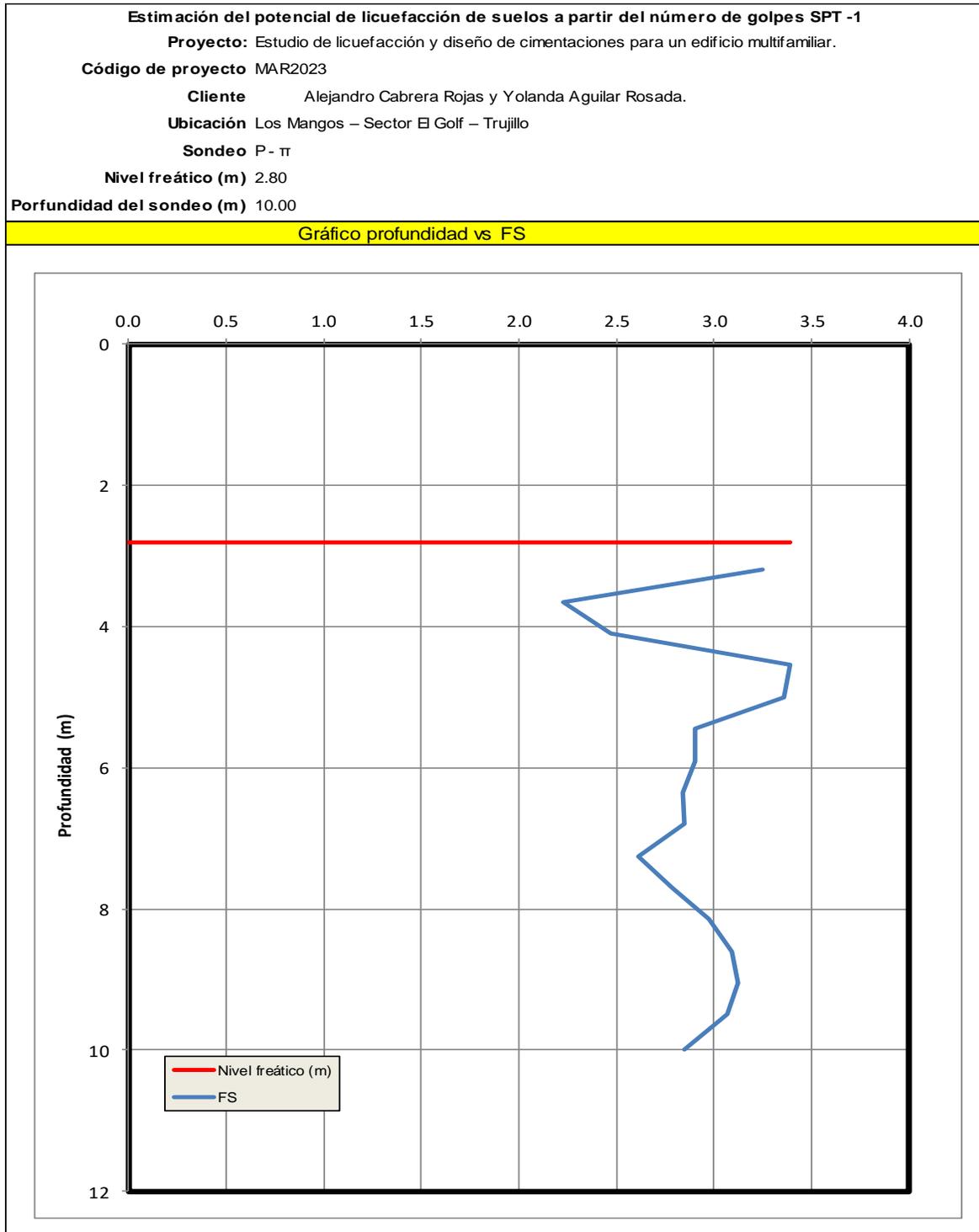
Gráfico de Profundidad vs Cyclic Stress Ratio, CSR (-) vs Cyclic Resistance, SPT-1



Nota: Elaboración Propia

Anexo 1.68

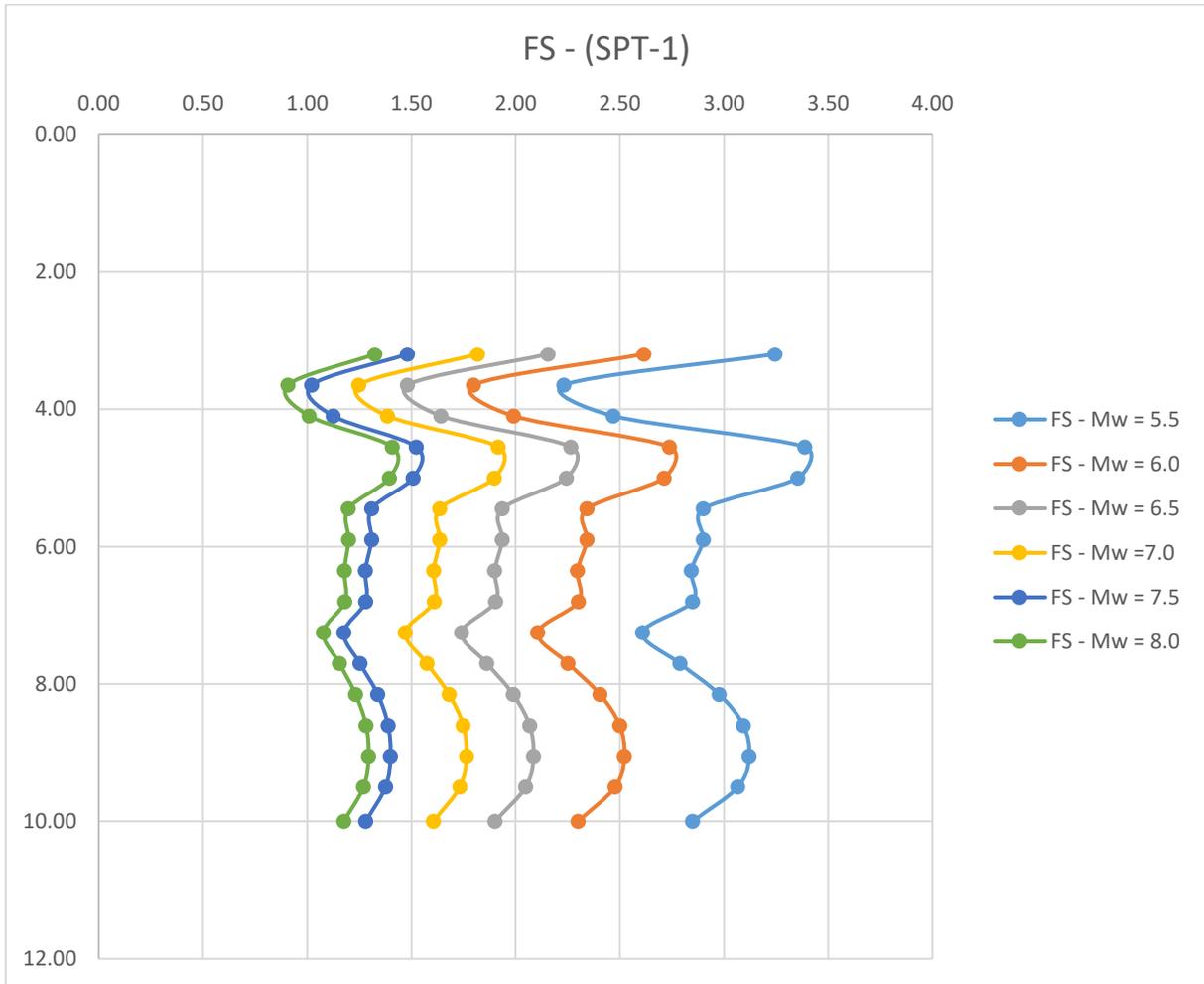
Gráfico Profundidad vs FS, SPT-1.



Nota: Elaboración Propia

Anexo 1.69

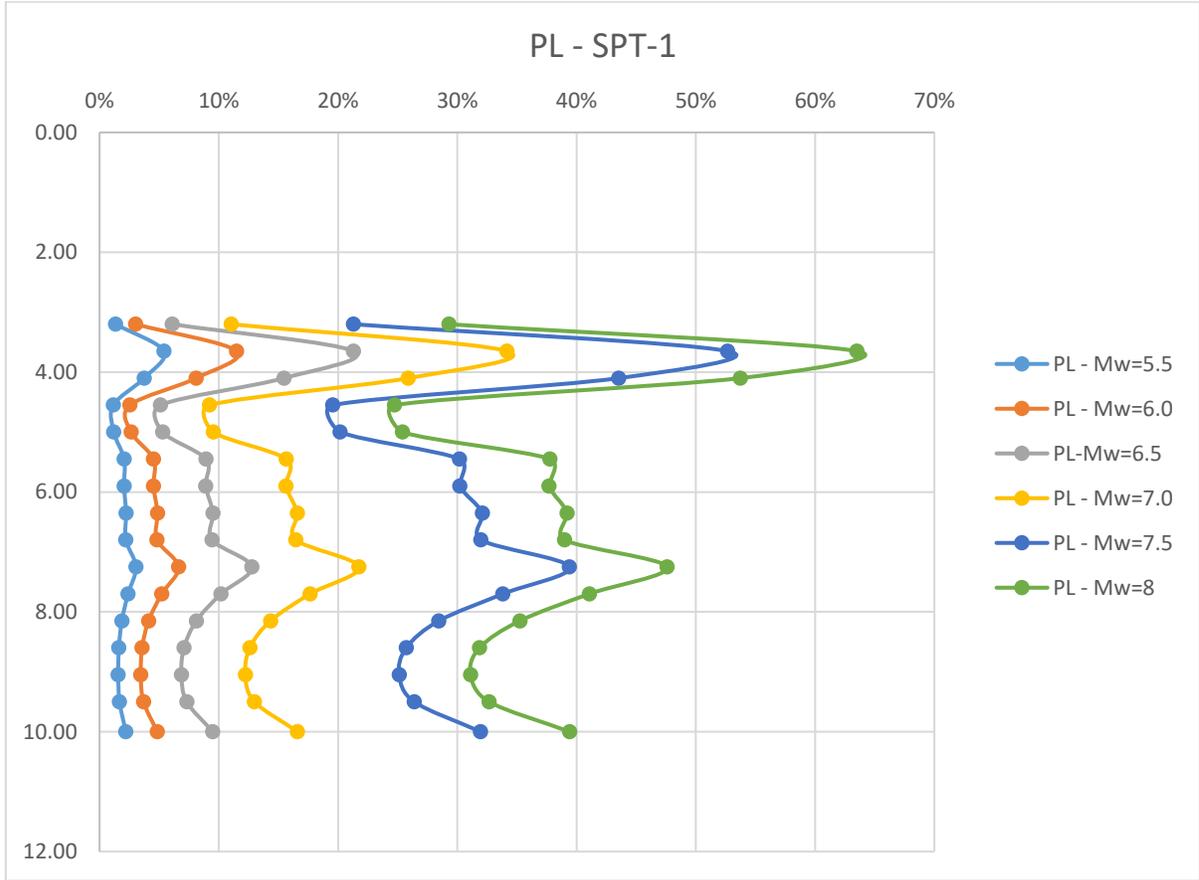
Gráfico Profundidad vs Factores de Seguridad para diversos sismos, SPT-1.



Nota: Elaboración Propia

Anexo 1.70

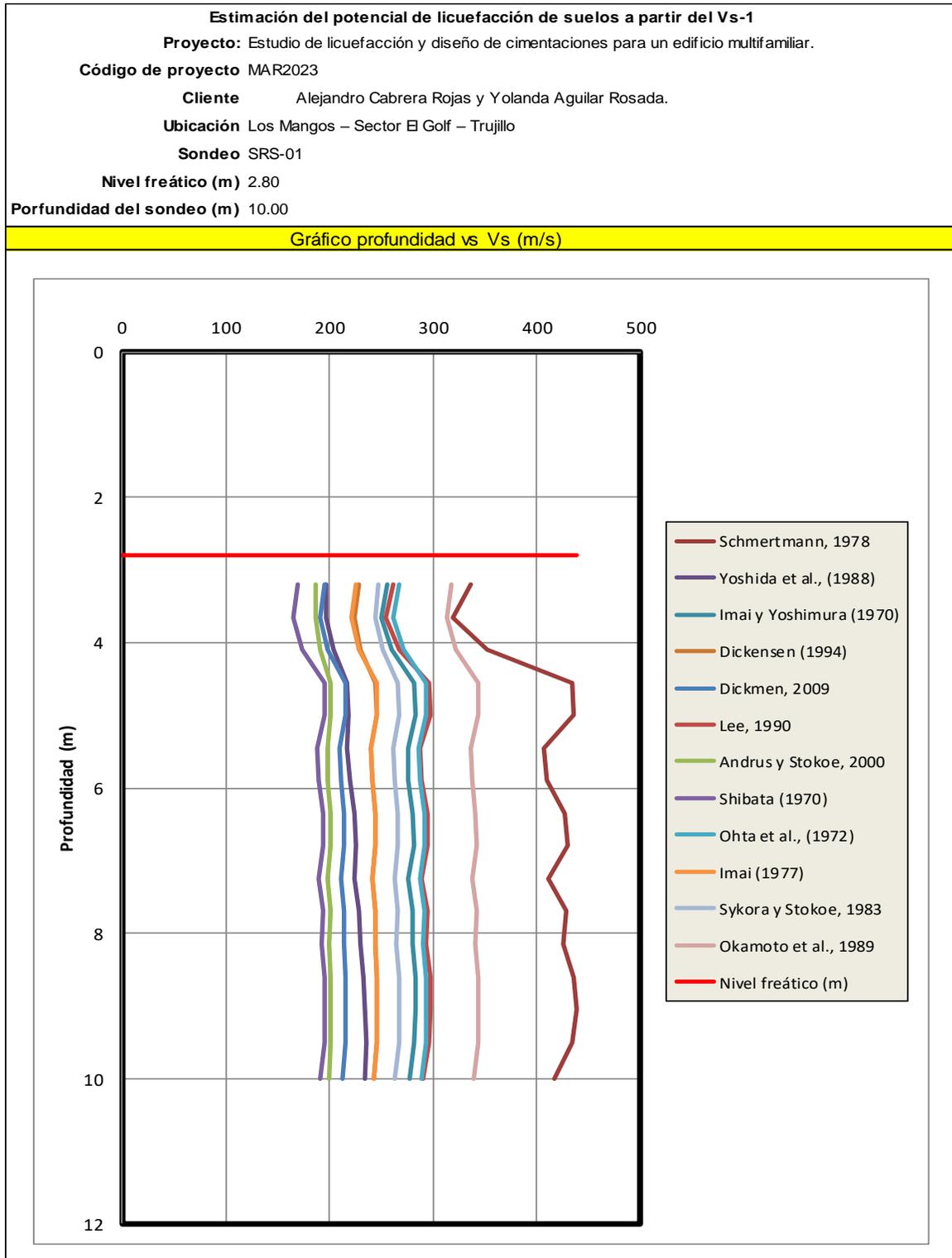
Grafica Profundidad vs Probabilidad de licuefacción para diversos sismos, SPT-1



Nota: Elaboración Propia

Anexo 1.71

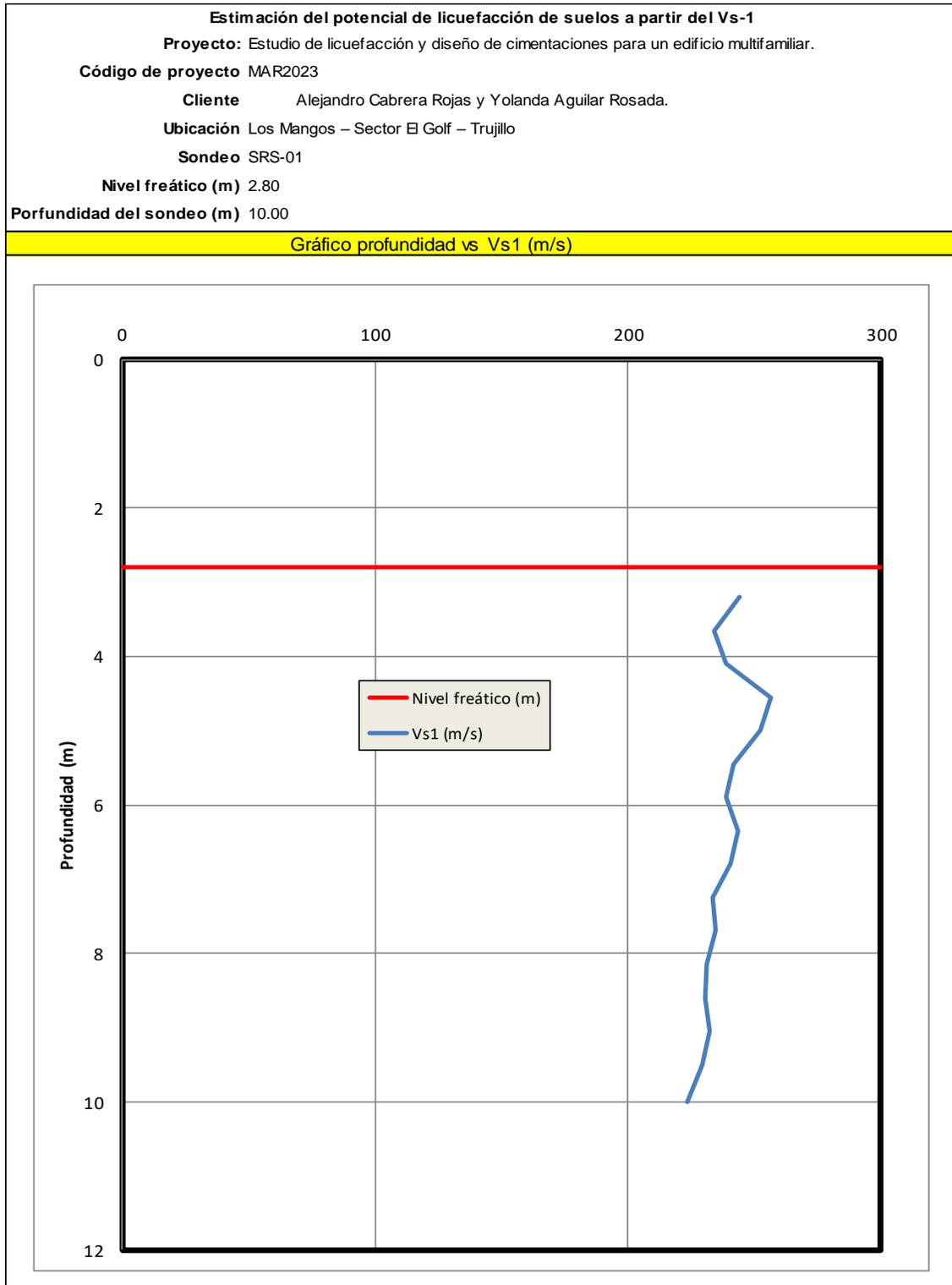
Gráfico Profundidad vs Vs, SPT-1.



Nota: Elaboración Propia

Anexo 1.72

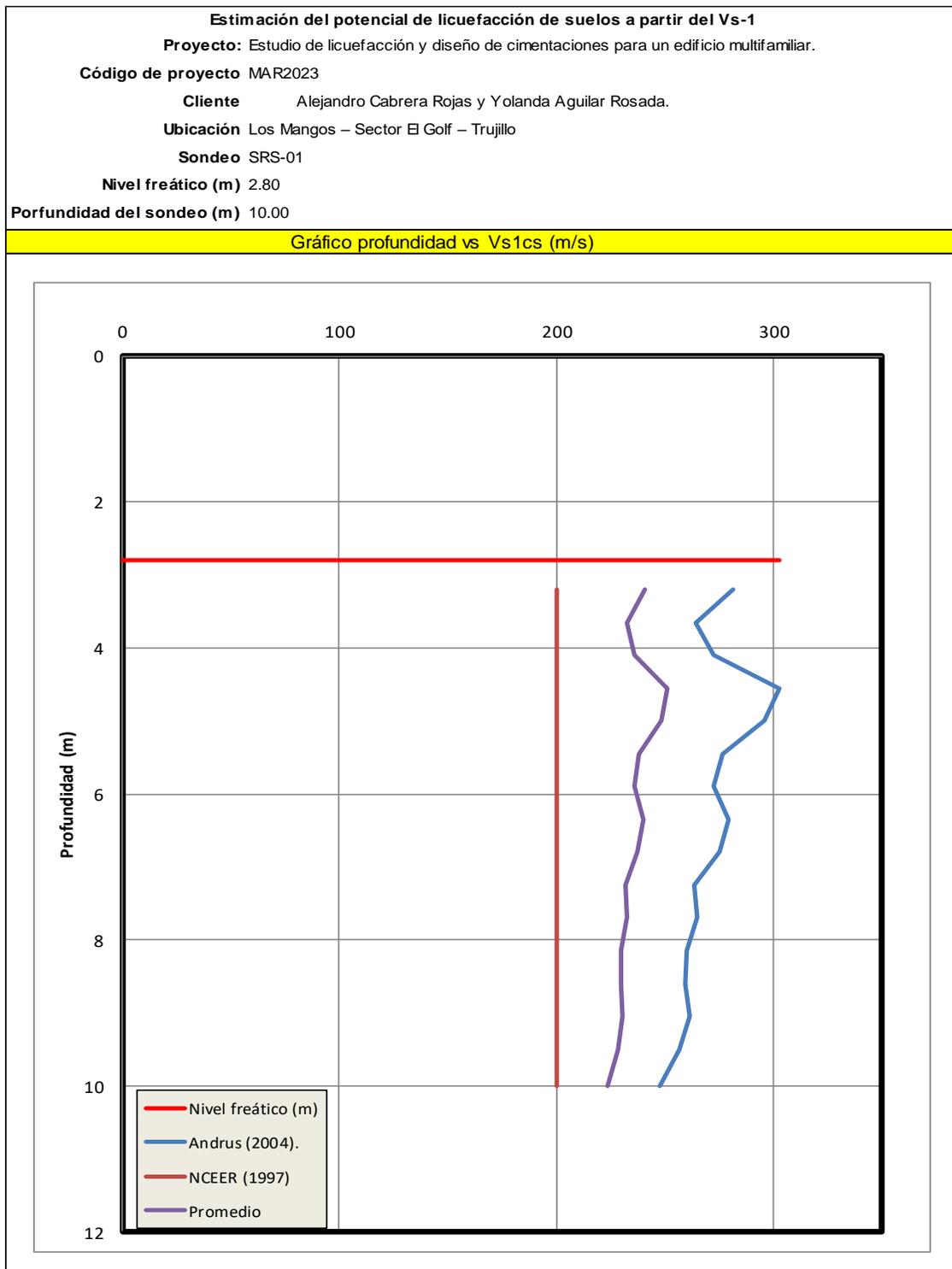
Gráfico Profundidad vs Vs1, SPT-1.



Nota: Elaboración Propia.

Anexo 1.73

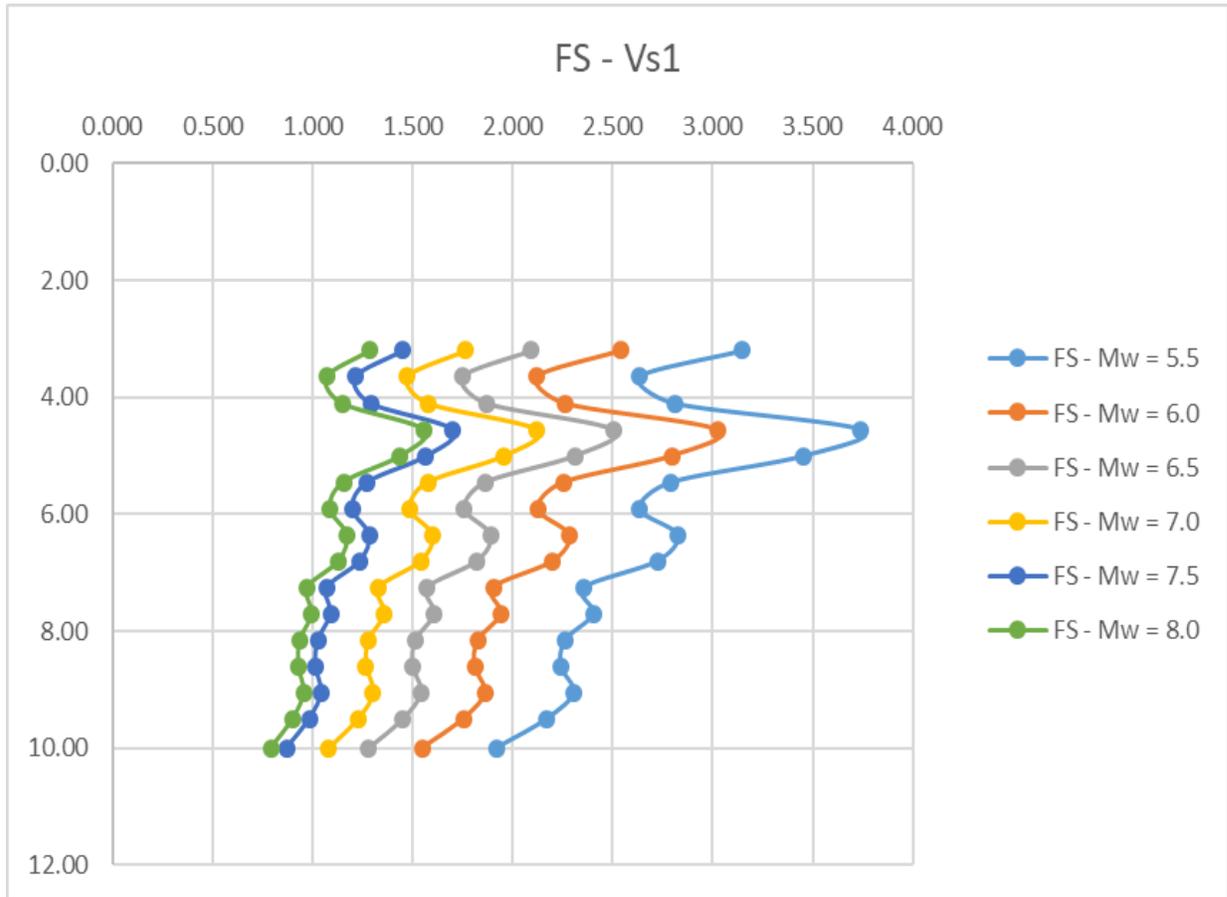
Gráfico profundidad vs $Vs1_{cs}$, SPT-1.



Nota: Elaboración Propia.

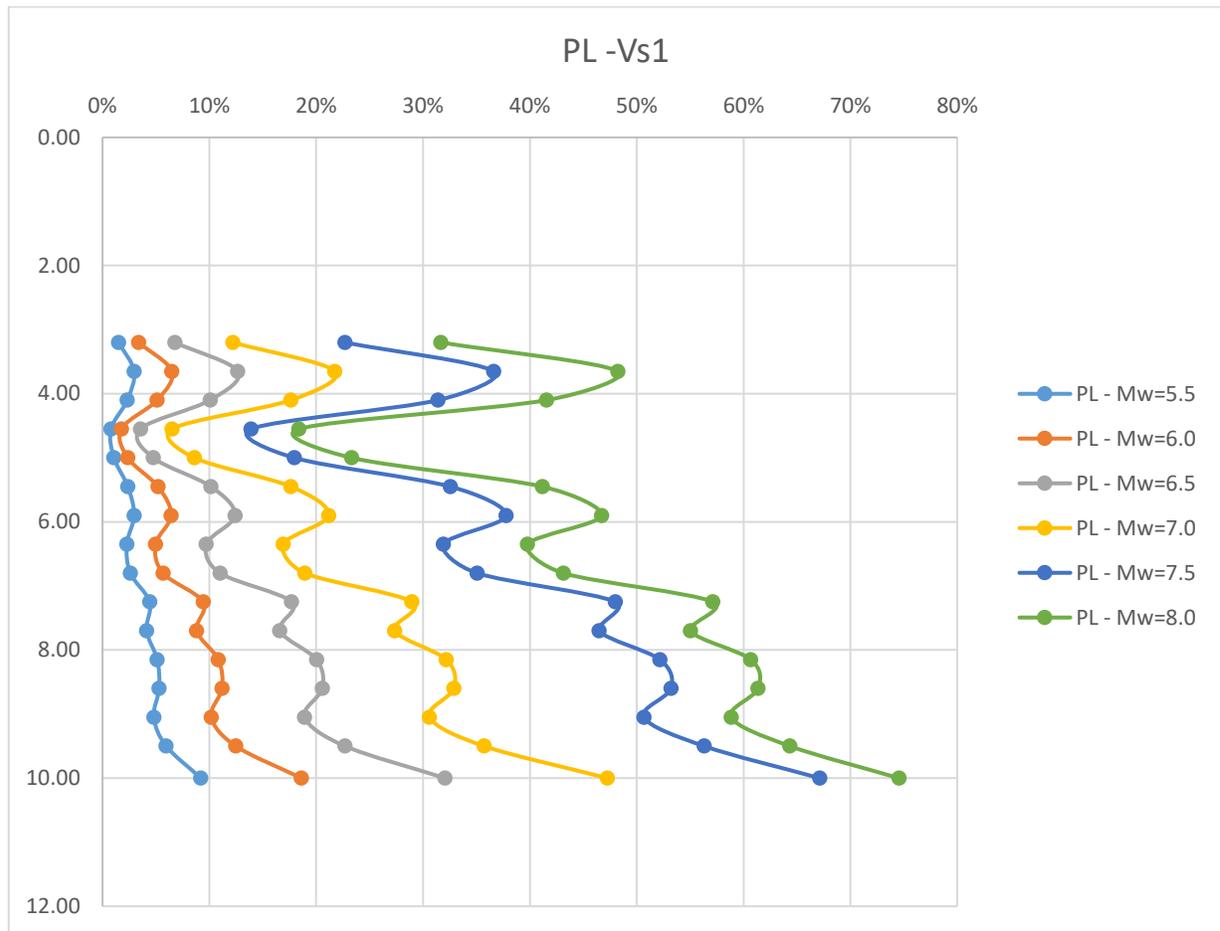
Anexo 1.74

Gráfico profundidad vs Factor de seguridad para diversos sismos, Vs1



Nota: Elaboración Propia

Grafica Profundidad vs Probabilidad de licuefacción para diversos sismos, Vs1.



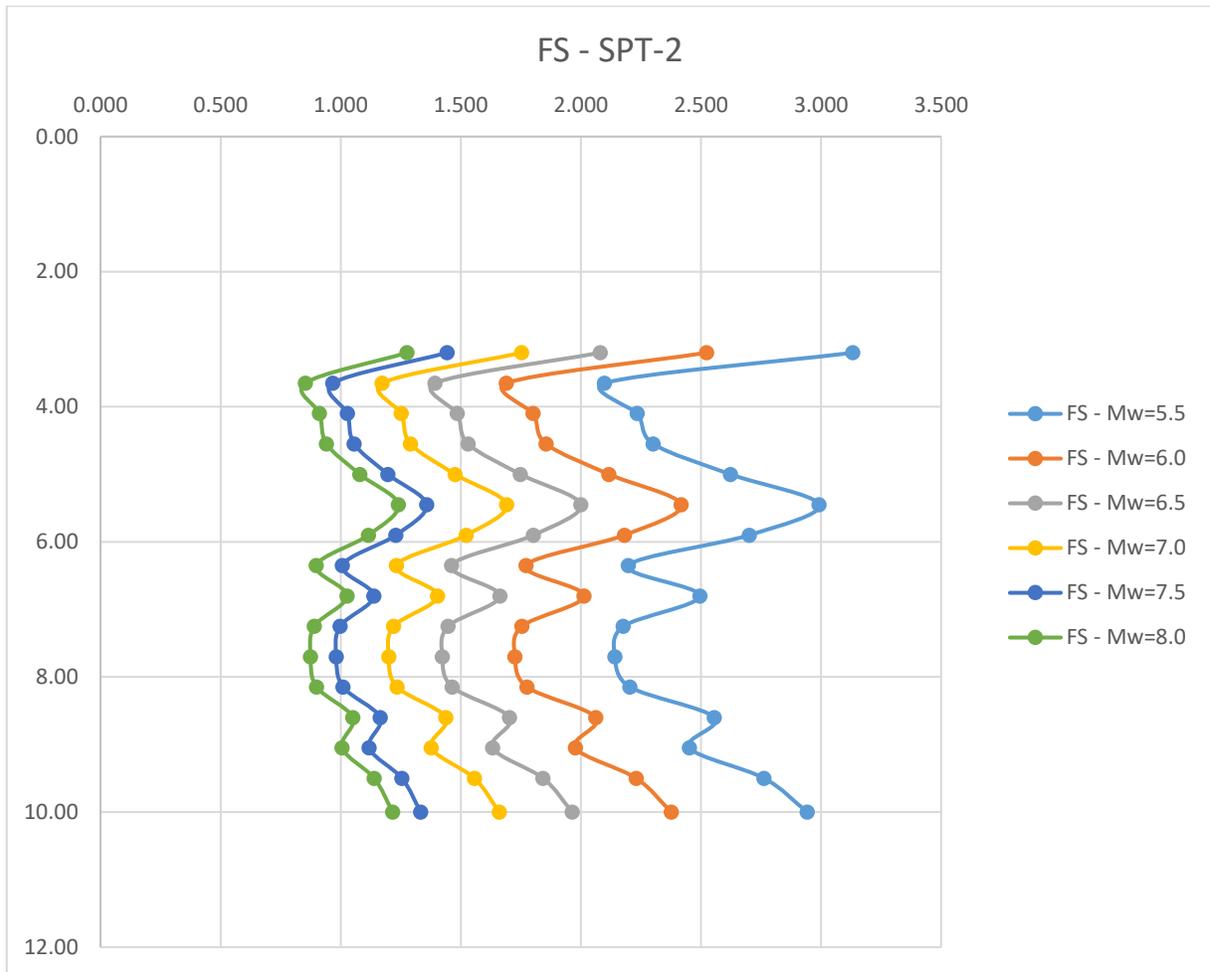
Nota: Elaboración Propia

Datos de entrada SPT-2.

Prof (m)	N _{SPT}	Peso unitario del suelo, γ (kN/m ³)	Contenido de finos, FC (%)	D ₅₀ (mm)
3.20	31	25.99	14.10	0.36
3.65	34	25.99	2.50	0.54
4.10	38	26.18	2.50	0.54
4.55	41	26.18	2.50	0.54
5.00	47	26.18	2.50	0.54
5.45	53	26.18	2.50	0.54
5.90	52	26.18	2.50	0.54
6.35	47	25.99	2.60	0.53
6.80	53	25.99	2.60	0.53
7.25	50	25.99	2.60	0.53
7.70	51	25.99	2.60	0.53
8.15	52	26.38	3.00	0.44
8.60	59	26.38	3.00	0.44
9.05	59	26.38	3.00	0.44
9.50	65	26.38	3.00	0.44
10.00	69	26.38	3.00	0.44

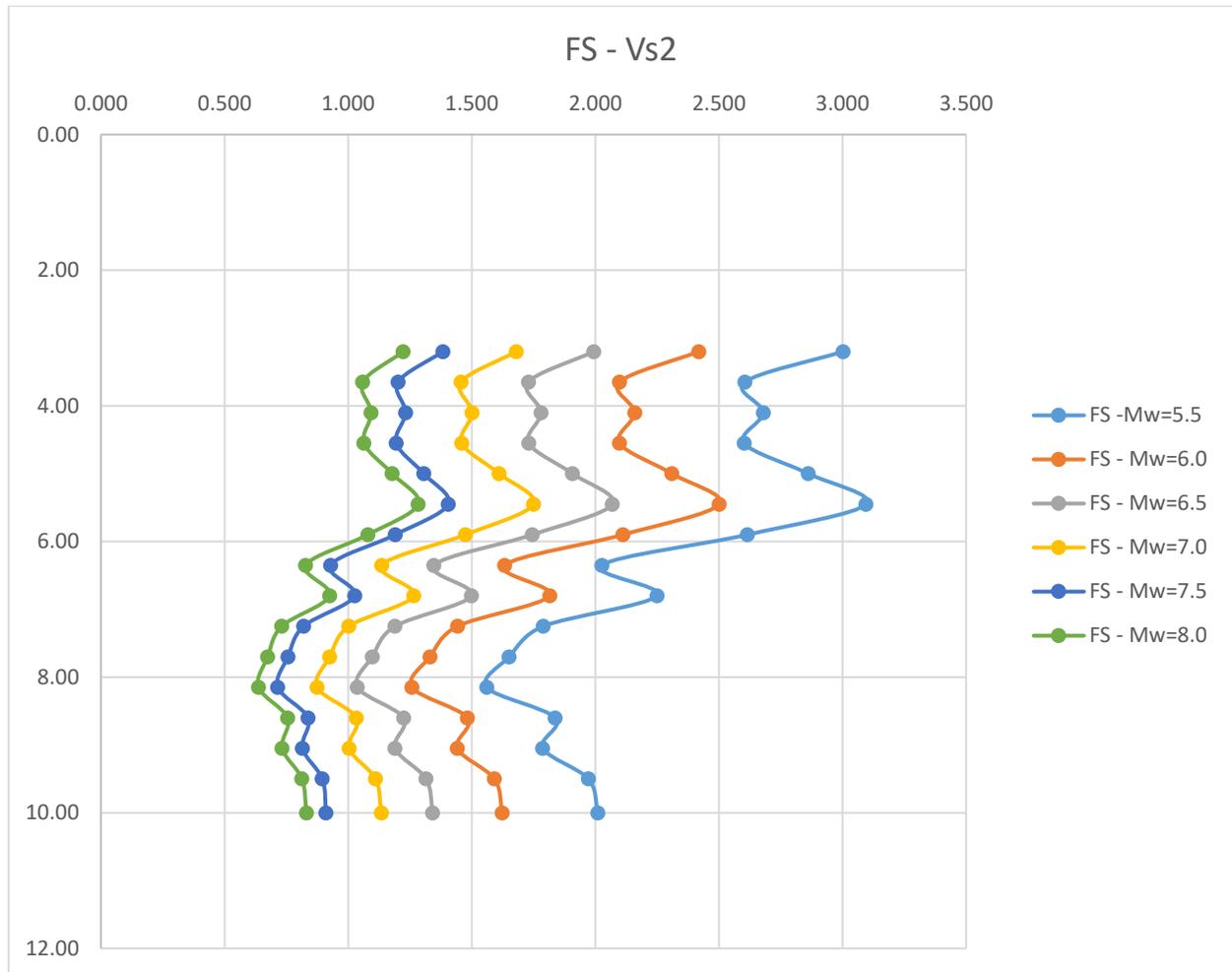
Nota: Elaboración Propia

Gráfico Profundidad vs Factores de Seguridad para diversos sismos, SPT-2.



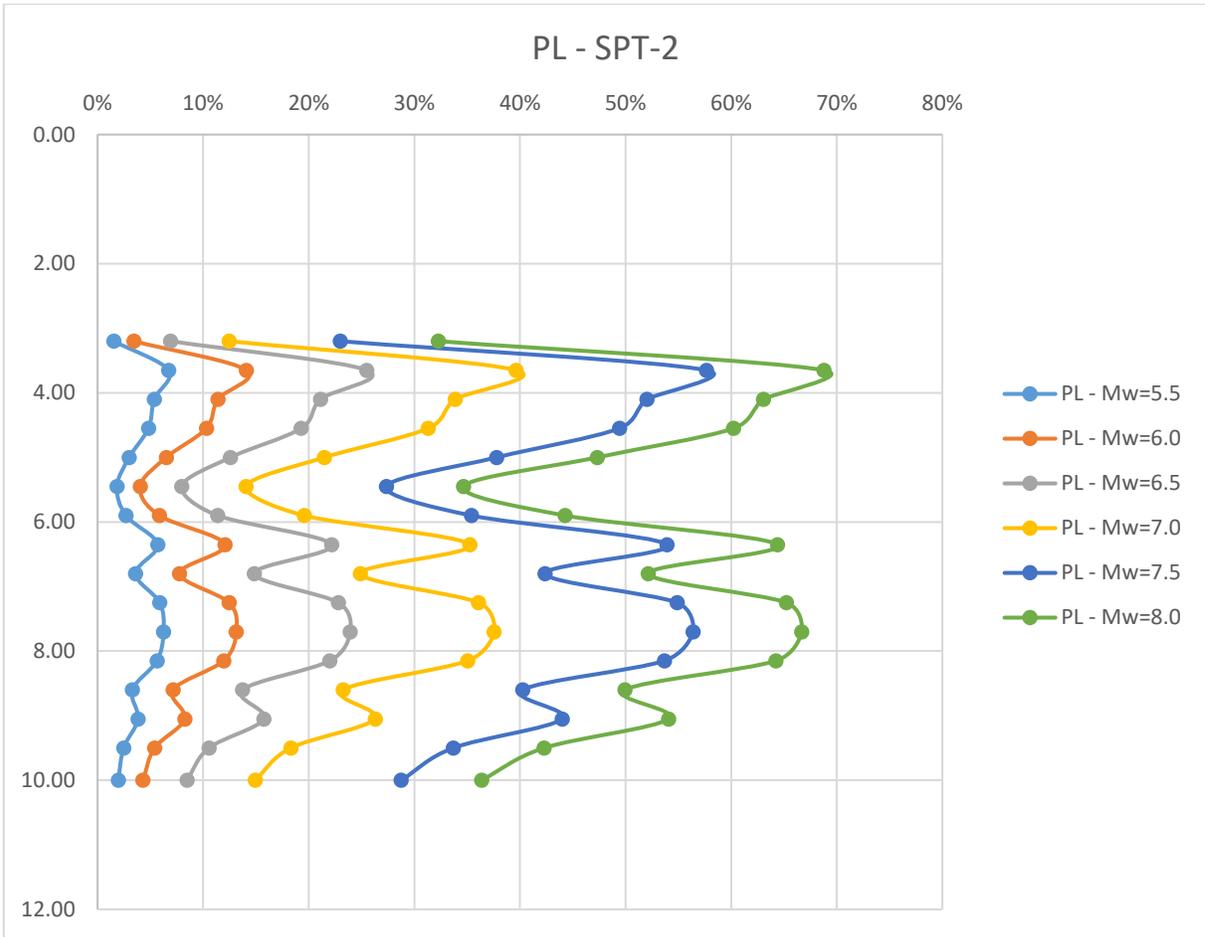
Nota: Elaboración Propia

Gráfico profundidad vs Factor de seguridad para diversos sismos, Vs2



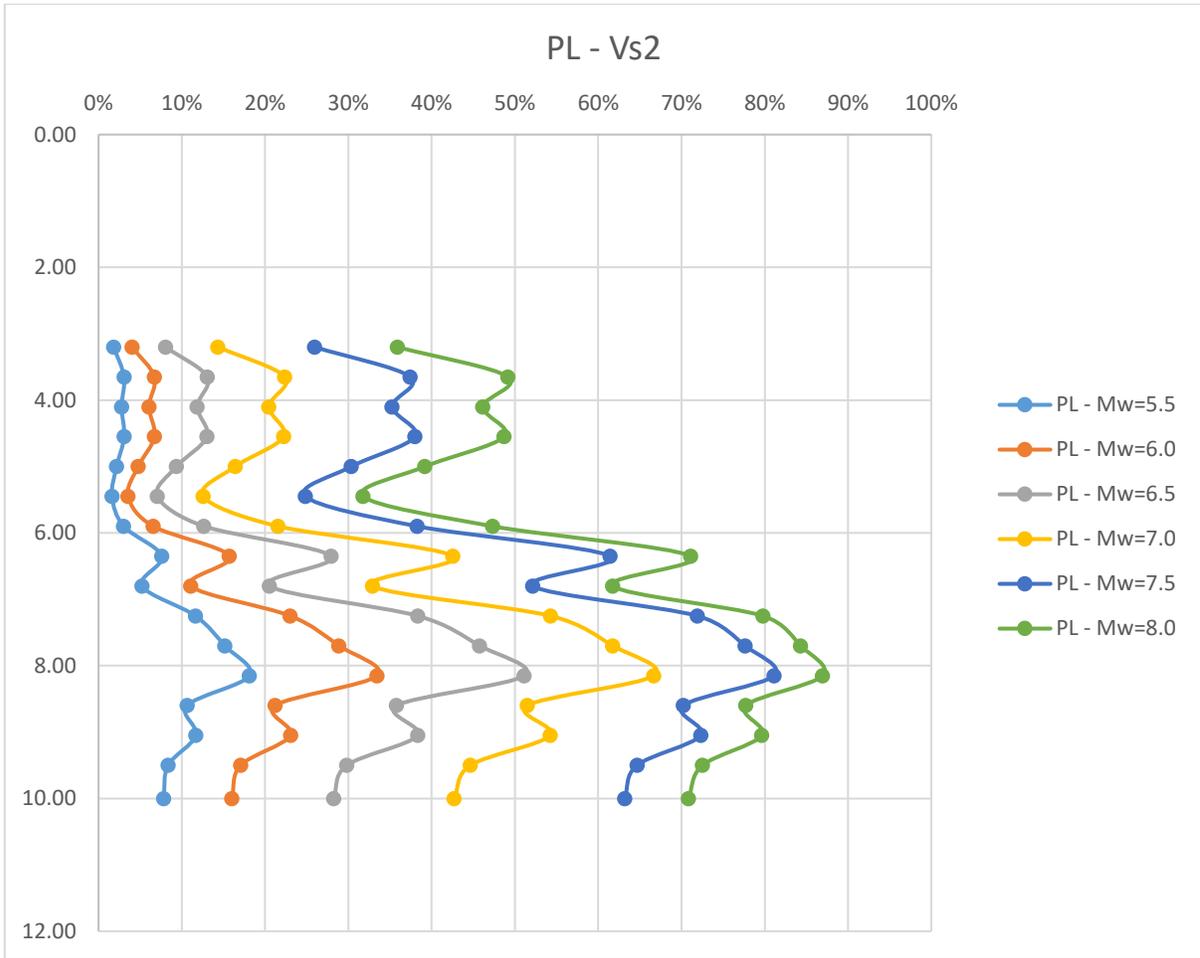
Nota: Elaboración Propia

Grafica de Profundidad vs Probabilidad de licuefacción para diversos sismos, SPT-2.



Nota: Elaboración Propia

Grafica Profundidad vs Probabilidad de licuefacción para diversos sismos, Vs2.



Nota: Elaboración Propia

Factores de Capacidad de Carga de Terzagui.

ϕ'	N_c	N_q	N_{γ^a}	ϕ'	N_c	N_q	N_{γ^a}
0	5.70	1.00	0.00	26	27.09	14.21	9.84
1	6.00	1.10	0.01	27	29.24	15.90	11.60
2	6.30	1.22	0.04	28	31.61	17.81	13.70
3	6.62	1.35	0.06	29	34.24	19.98	16.18
4	6.97	1.49	0.10	30	37.16	22.46	19.13
5	7.34	1.64	0.14	31	40.41	25.28	22.65
6	7.73	1.81	0.20	32	44.04	28.52	26.87
7	8.15	2.00	0.27	33	48.09	32.23	31.94
8	8.60	2.21	0.35	34	52.64	36.50	38.04
9	9.09	2.44	0.44	35	57.75	41.44	45.41
10	9.61	2.69	0.56	36	63.53	47.16	54.36
11	10.16	2.98	0.69	37	70.01	53.80	65.27
12	10.76	3.29	0.85	38	77.50	61.55	78.61
13	11.41	3.63	1.04	39	85.97	70.61	95.03
14	12.11	4.02	1.26	40	95.66	81.27	115.31
15	12.86	4.45	1.52	41	106.81	93.85	140.51
16	13.68	4.92	1.82	42	119.67	108.75	171.99
17	14.60	5.45	2.18	43	134.58	126.50	211.56
18	15.12	6.04	2.59	44	151.95	147.74	261.60
19	16.56	6.70	3.07	45	172.28	173.28	325.34
20	17.69	7.44	3.64	46	196.22	204.19	407.11
21	18.92	8.26	4.31	47	224.55	241.80	512.84
22	20.27	9.19	5.09	48	258.28	287.85	650.67
23	21.75	10.23	6.00	49	298.71	344.63	831.99
24	23.36	11.40	7.08	50	347.50	415.14	1072.80
25	25.13	12.72	8.34				

Nota: Adaptado de Fundamentos de Ingeniería de Cimentaciones (p.139), por Braja M. Das, 2011, Cengage Learning.

Factores de Capacidad de Carga de Meyerhof.

ϕ'	N_c	N_q	N_y	ϕ'	N_c	N_q	N_y
0	5.14	1.00	0.00	26	22.25	11.85	12.54
1	5.38	1.09	0.07	27	23.94	13.20	14.47
2	5.63	1.20	0.15	28	25.80	14.72	16.72
3	5.90	1.31	0.24	29	27.86	16.44	19.34
4	6.19	1.43	0.34	30	30.14	18.40	22.40
5	6.49	1.57	0.45	31	32.67	20.63	25.99
6	6.81	1.72	0.57	32	35.49	23.18	30.22
7	7.16	1.88	0.71	33	38.64	26.09	35.19
8	7.53	2.06	0.86	34	42.16	29.44	41.06
9	7.92	2.25	1.03	35	46.12	33.30	48.03
10	8.35	2.47	1.22	36	50.59	37.75	56.31
11	8.80	2.71	1.44	37	55.63	42.92	66.19
12	9.28	2.97	1.69	38	61.35	48.93	78.03
13	9.81	3.26	1.97	39	67.87	55.96	92.25
14	10.37	3.59	2.29	40	75.31	64.20	109.41
15	10.98	3.94	2.65	41	83.86	73.90	130.22
16	11.63	4.34	3.06	42	93.71	85.38	155.55
17	12.34	4.77	3.53	43	105.11	99.02	186.54
18	13.10	5.26	4.07	44	118.37	115.31	224.64
19	13.93	5.80	4.68	45	133.88	134.88	271.76
20	14.83	6.40	5.39	46	152.10	158.51	330.35
21	15.82	7.07	6.20	47	173.64	187.21	403.67
22	16.88	7.82	7.13	48	199.26	222.31	496.01
23	18.05	8.66	8.20	49	229.93	265.51	613.16
24	19.32	9.60	9.44	50	266.89	319.07	762.89
25	20.72	10.66	10.88				

Nota: Adaptado de Fundamentos de Ingeniería de Cimentaciones (p.139), por Braja M. Das, 2011, Cengage Learning.

Anexo 1.83

Verificación de factores de seguridad de Zapatas.

Descripción	Dimension Zapatas		Area (m ²)	Capacidad de carga ultima (qu)	Capacidad de carga admisible (qadm)	FS
	X (m)	Y(m)				
C3	2.80	2.80	7.84	2.873	0.941	3.053
C4	2.80	2.80	7.84	2.873	0.955	3.008
C13	3.00	3.00	9.00	2.88	0.913	3.154
C15	3.30	3.30	10.89	2.897	0.581	4.986
C6	3.30	3.30	10.89	2.897	0.916	3.163
C7	3.30	3.30	10.89	2.897	0.924	3.135
C14	3.30	3.30	10.89	2.897	0.871	3.326
C16	3.30	3.30	10.89	2.897	0.836	3.465
C8	4.00	3.00	12.00	3.016	1.373	2.197
C9	4.00	3.00	12.00	3.016	1.358	2.221
C24	4.00	3.00	12.00	3.016	1.713	1.761
C25	4.00	3.00	12.00	3.016	1.717	1.757
C11	3.00	3.50	10.50	2.953	2.916	1.013
C12	3.00	3.50	10.50	2.953	2.666	1.108
C19	3.00	3.50	10.50	2.953	2.768	1.067
C22	3.00	3.50	10.50	2.953	2.549	1.158
C27	3.00	4.00	12.00	3.016	1.152	2.618
C28	3.00	4.00	12.00	3.016	1.156	2.609

Nota: Elaboración Propia.

Proceso de cálculo para el Pre dimensionamiento de zapatas.

1. Datos de Entrada:

$$\begin{array}{lll}
 c := 200 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} & Df := 1.70 \text{ m} & \gamma_{dc} := 1070 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \\
 \phi := 20.40^\circ & B := 2.80 \text{ m} & P_{\text{actuante}} := 74890.3 \text{ kg} \\
 \gamma_s := 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} & L := 2.80 \text{ m} & A_{\text{requerida}} := B \cdot L = 78400 \text{ cm}^2
 \end{array}$$

2. Factores de Capacidad de carga:

$$N_q := \left(\tan \left(45^\circ + \frac{\phi}{2} \right) \right)^2 \cdot e^{\pi \cdot \tan(\phi)} = 6.659$$

$$N_c := (N_q - 1) \cdot \cot(20.40^\circ) = 15.217$$

$$N_\gamma := 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \tan(\phi) = 5.697$$

3. Factores de Forma:

$$F_{cs} := 1 + \frac{B}{L} \cdot \frac{N_q}{N_c} = 1.438$$

$$F_{qs} := 1 + \frac{B}{L} \cdot \tan(\phi) = 1.372$$

$$F_{\gamma s} := 1 - 0.4 \cdot \frac{B}{L} = 0.6$$

4. Factores de Profundidad: $\frac{Df}{B} = 0.607$

$$F_{cd} := 1 + 0.4 \cdot \left(\frac{Df}{B} \right) = 1.243$$

$$F_{qd} := 1 + 2 \cdot \tan(\phi) (1 - \sin(\phi))^2 \cdot \left(\frac{Df}{B} \right) = 1.192$$

$$F_{\gamma d} := 1$$

5. Factores de $\beta := 0^\circ \quad \frac{Df}{B} = 0.607$

$$F_{ci} := \left(1 - \frac{\beta}{90^\circ}\right)^2 = 1$$

$$F_{qi} := F_{ci} = 1$$

$$F_{\gamma i} := \left(1 - \frac{\beta}{\phi}\right)^2 = 1$$

6. Esfuerzo efectivo debajo de la cimentación:

$$q := Df \cdot \gamma_s = 1700 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

7. Capacidad de carga última:

$$q_u := c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{1}{2} \cdot \gamma_s \cdot B \cdot N_\gamma \cdot F_{\gamma s} \cdot F_{\gamma d} \cdot F_{\gamma i} = 28729.703 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$q_u = 2.873 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

8. Capacidad admisible de carga:

$$q_{adm} := \frac{P_{actuante}}{A_{requerida}} = 0.955 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

8. Hallar el Factor de Seguridad

$$FS := \frac{q_u}{q_{adm}} = 3.008$$

Anexo 1.85

Cálculo de isobaras de presión vertical por el método de Bousinesq.

$$\begin{aligned}
 P_{columna} &:= 138.74 \text{ ton} & \gamma_{suelo} &:= 1.07 \frac{\text{ton}}{\text{m}^3} \\
 B &:= 3.00 \text{ m} & \sigma_{adm} &:= 9.6 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2} \quad (\text{Según EMS}) \\
 L &:= 4.00 \text{ m} & z &:= 2.80 \text{ m} \\
 Df &:= 1.70 \text{ m} & &
 \end{aligned}$$

1. Hallar el esfuerzo final:

$$q_{estructura} := \frac{P_{columna}}{B \cdot L} = 11.562 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2}$$

$$q_{alivio} := Df \cdot \gamma_{suelo} = 1.819 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2}$$

$$q_{final} := q_{estructura} - q_{alivio} = 9.743 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2}$$

2. Hallar m y n :

$$b := \frac{B}{2} = 1.5 \text{ m} \quad l := \frac{L}{2} = 2 \text{ m}$$

$$m := \frac{b}{z} = 0.536 \quad n := \frac{l}{z} = 0.714$$

3. Hallar factor de influencia:

$$m^2 + n^2 + 1 = 1.797$$

$$m^2 + n^2 + 2 = 2.797$$

$$m \cdot n = 0.383$$

$$m^2 + n^2 = 0.797$$

$$m^2 \cdot n^2 = 0.146$$

$$I := \frac{1}{4 \cdot \pi} \cdot \left(\frac{2 \cdot m \cdot n \cdot \sqrt{m^2 + n^2 + 1}}{m^2 + n^2 + m^2 \cdot n^2 + 1} \cdot \frac{m^2 + n^2 + 2}{m^2 + n^2 + 1} + \operatorname{atan} \left(\frac{2 \cdot m \cdot n \cdot \sqrt{m^2 + n^2 + 1}}{m^2 + n^2 + 1 - m^2 \cdot n^2} \right) \right) = 0.11$$

4. Hallar el incremento de esfuerzo:

$$\Delta\sigma := q_{final} \cdot (4 \cdot I) = 4.272 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2}$$

5. Hallar el incremento de esfuerzo:

$$\frac{\Delta\sigma}{q_{final}} = 0.439$$

Anexo 1.86

Cálculo de capacidad admisible en platea de cimentación.

1. *Datos de Entrada:*

$$N_{corr} := 18 \quad (\text{EMS}) \quad L := 9.40 \text{ m}$$

$$B := 4.00 \text{ m}$$

$$Df := 1.00 \text{ m}$$

$$Se := 25.4 \text{ mm}$$

2. *Hallar el valor de Fd:*

$$Fd := 1 + 0.33 \cdot \left(\frac{Df}{B} \right) = 1.083$$

$$\text{if}(Fd \leq 1.33, \text{"Correcto"}, \text{"Incorrecto"}) = \text{"Correcto"}$$

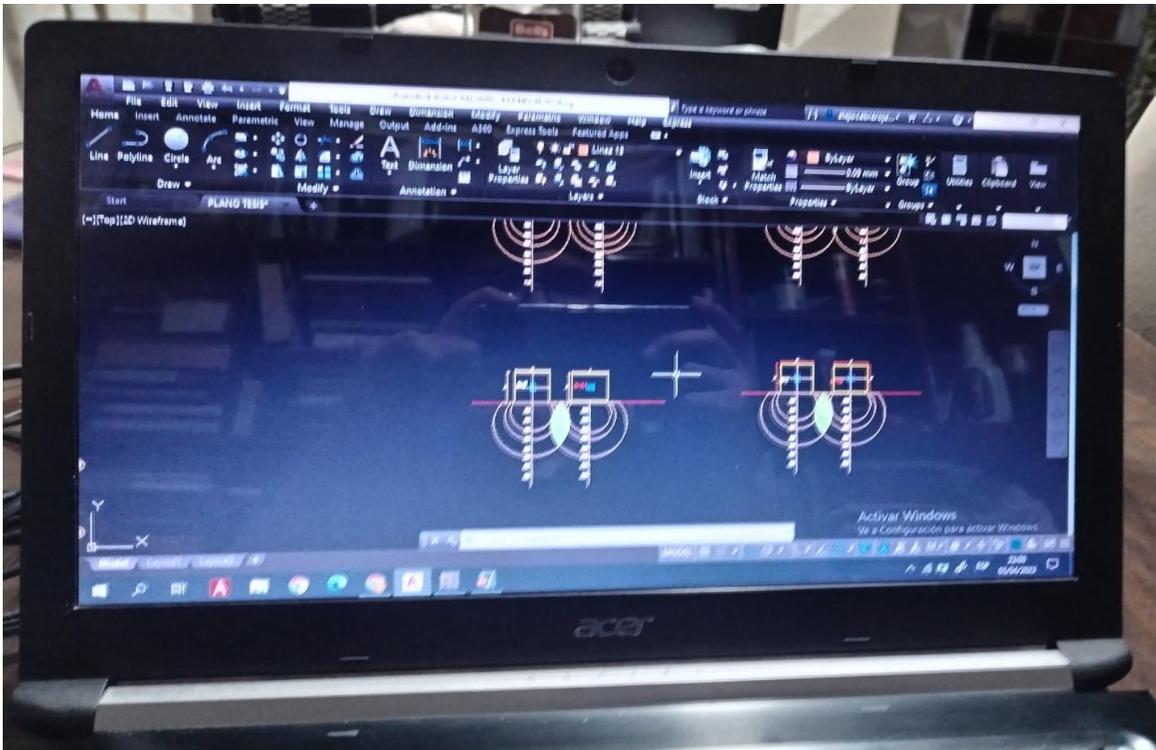
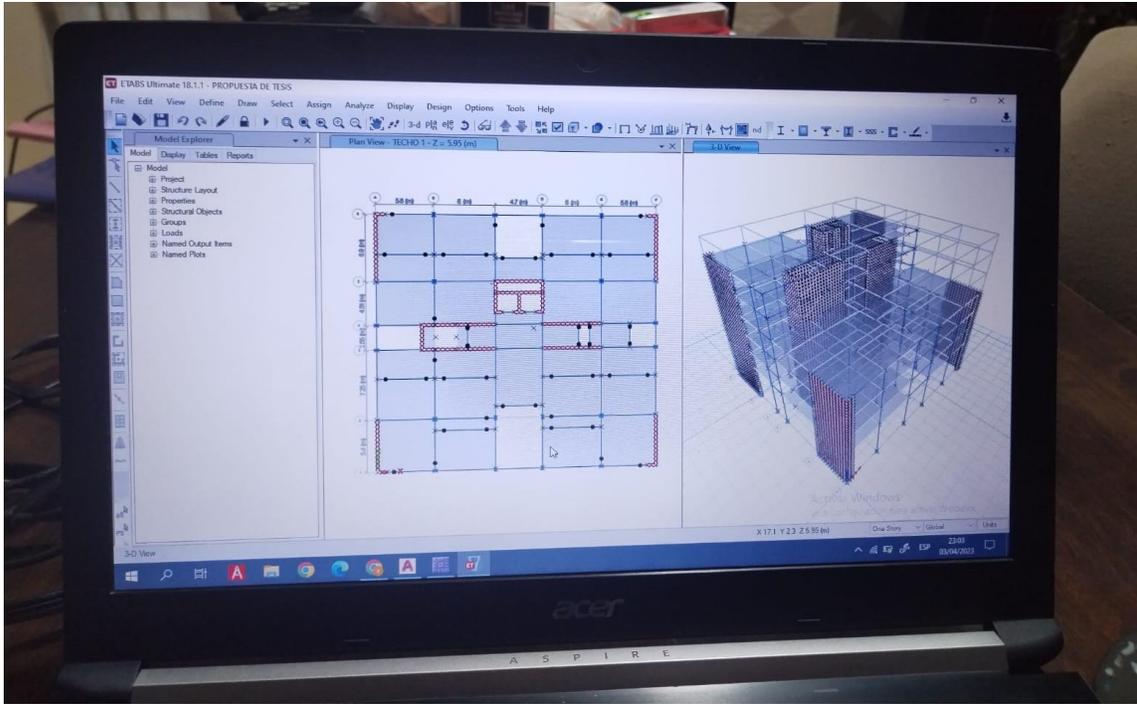
3. *Hallar la capacidad admisible:*

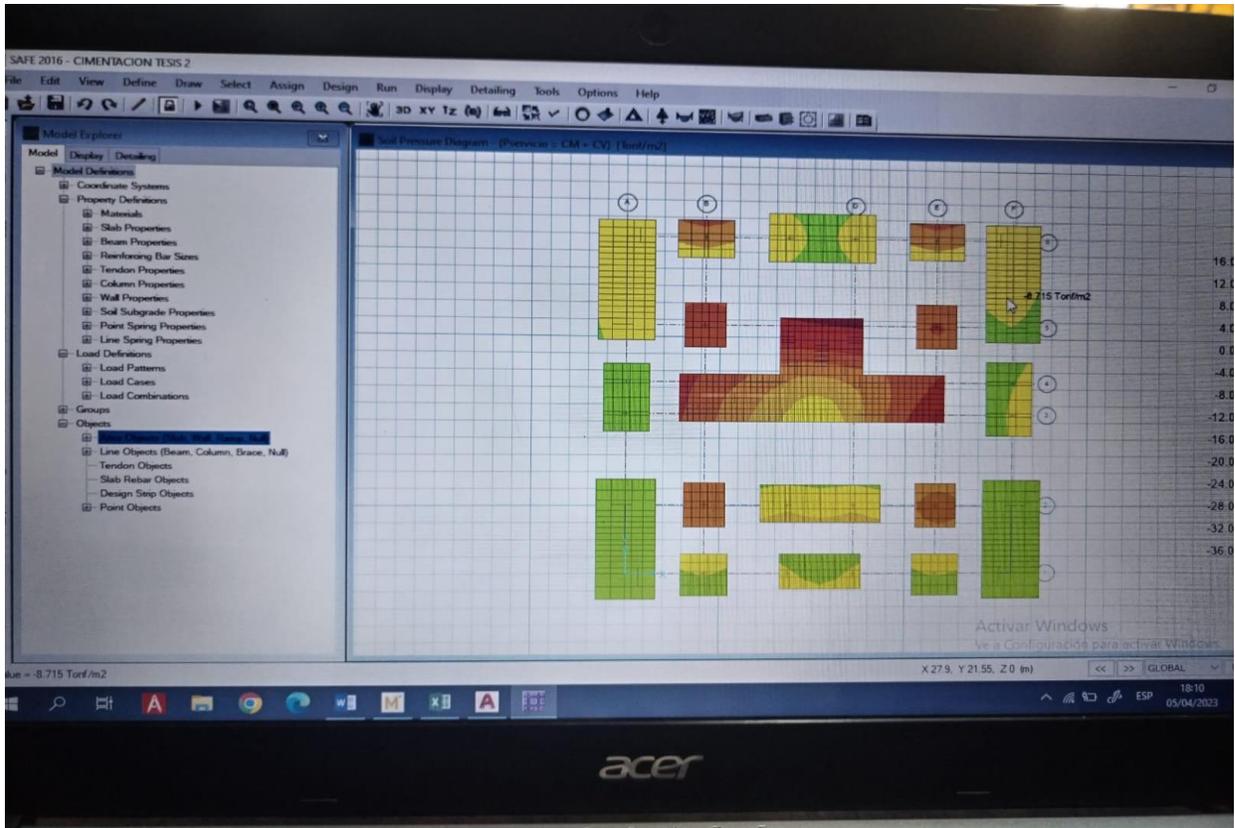
$$q_{adm} := 11.98 \cdot N_{corr} \cdot \left(\frac{3.28 \cdot B + 1 \text{ m}}{3.28 \cdot B} \right)^2 \cdot Fd \cdot \left(\frac{Se}{25 \text{ mm}} \right) = 274.696$$

$$\text{if} \left(q_{adm} \leq 15.93 \cdot N_{corr} \cdot \left(\frac{Se}{25 \text{ mm}} \right), \text{"Correcto"}, \text{"Incorrecto"} \right) = \text{"Correcto"}$$

2. Evidencia de ejecución de propuesta:







3.R.D. que aprueba el proyecto de investigación:

UPAO
UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONIO ORREGO

FACULTAD DE INGENIERÍA
Programa de Estudio de Ingeniería Civil

INFORME CONSENSUADO DEL JURADO
DE PROYECTO DE TESIS

Señor : Decano de la Facultad de Ingeniería
Asunto : Informe Consensuado del Proyecto de Tesis
Fecha : Trujillo, 23 de junio del 2022

De conformidad con el Art. 23 del Reglamento de Grados y Títulos de Pregrado de la Universidad Privada Antenor Orrego, y en cumplimiento a la **RESOLUCIÓN N° 1512-2022-FI-UPAO**, los suscritos Miembros del Jurado Evaluador del proyecto de Tesis:

Estudio de licuefacción y diseño de cimentaciones para un edificio multifamiliar en suelos de Los Mangos - Sector El Golf - Trujillo 2022

Del (os) Bachiller (es):

- Br. Alejandro Cabresca Rojas
- Br. Yolanda Aguilar Rosado

Informamos haber realizado el análisis preliminar, no existiendo observación alguna; por lo que consideramos...**APROBADO**...para su inscripción del proyecto de tesis.

Salvo mejor parecer.

Atentamente,


.....
Presidente
Ing. Juan Huelgas Ulloa
Cip: 112101


.....
Secretario
Ing. Tito A. Burgos Saavedra
Cip: 82596


.....
Vocal
Ing. Marcelo Merino Martinez
Cip: 77111

4. Constancia de la Institución u organización:



ANEXO I

FORMATO OBLIGATORIO DE LA HOJA DE RESUMEN DE LAS CONDICIONES DE CIMENTACIÓN MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE VICTOR LARCO HERRERA

ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS PARA DISEÑO DE LA CIMENTACION "DISEÑO DE UNA VIVIENDA MULTIFAMILIAR DE 5 PISOS EN LA URB. EL GOLF, DISTRITO DE VICTOR LARCO, PROVINCIA DE TRUJILLO, DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD-2021"

31 de mayo de 2021, Trujillo, La Libertad

De conformidad con la Norma Técnica E-050 "Suelos y Cimentaciones" la siguiente información deberá transcribirse literalmente en los planos de cimentación. Esta información no es limitativa, deberá cumplir con todo lo especificado en el presente Estudio de Mecánica de Suelos (EMS) y con el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE).

RESUMEN DE LAS CONDICIONES DE CIMENTACION	
Profesional Responsable (PR): Ing. Roberto C. Salazar Alcalde	Ing. Civil CIP: 101231
Tipo de Cimentación: Zapatas conectadas con vigas de cimentación o platea de cimentación	
Estrato de apoyo de la cimentación: Estrato 02	
Profundidad de la Napa Freática: No se ha evidenciado	Fecha: 07-05-2021
Parámetros de Diseño de la Cimentación	
Profundidad de cimentación: 1.70 m	
Presión Admisible: 0.94 kg/cm ²	
Factor de Seguridad por Corte (Estático, Dinámico): 3.00	
Asentamiento Diferencial Máximo Aceptable: 2.5 cm	
Parámetros Sísmicos del suelo (De acuerdo a la Norma E.030)	
Zona Sísmica: 04	
Tipo de perfil del suelo: S3	
Factor del suelo (S): 1.10	
Periodo TP (s): 1.0	
Periodo TL (s): 1.6	
Agresividad del Suelo a la Cimentación: <i>Ataque por sulfatos en el suelo "MODERADO", por lo que se recomienda la utilización de Cemento Portland Tipo MS.</i>	
Problemas especiales de cimentación:	
Indicaciones Adicionales:	

INGEOMA

Ing. Roberto Carlos Salazar Alcalde
JEFE DE LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES
R/CIP 101231

CERTIFICADO DE INDECOPI N° 00088500

DIRECCIÓN: Av. Prolong. Juan Pablo II Mz. I Bloque. "D" DPTO N° 101 Urb. Vista Hermosa - Trujillo

CEL: 948461203 - TELF: 044 601374

email: ingeoma_sac@outlook.es

f ingeoma_sac



Proyecto y Construcción de Obras Civiles
Laboratorio de Control
en Ingeniería de Suelos y Pavimentos

III FORMATO OBLIGATORIO DE LA HOJA RESUMEN DE LAS CONDICIONES DE CIMENTACIÓN

ANEXO I

FORMATO OBLIGATORIO DE LA HOJA DE RESUMEN DE LAS CONDICIONES DE CIMENTACIÓN

ALEJANDRO CABRERA ROJAS Y YOLANDA AGUILAR ROSADO

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS PARA DISEÑO DE CIMENTACIÓN:

"ESTUDIO DE LICUEFACCIÓN Y DISEÑO DE CIMENTACIONES PARA UN EDIFICIO MULTIFAMILIAR EN SUELOS DE LOS MANGOS - SECTOR EL GOLF - TRUJILLO 2022"

VÍCTOR LARCO HERRERA - TRUJILLO - LA LIBERTAD

De conformidad con la Norma Técnica E.050 "Suelos y Cimentaciones" la siguiente información deberá transcribirse literalmente en los planos de cimentación. Esta información no es limitativa, deberá cumplir con todo lo especificado en el presente Estudio de Mecánica de Suelos (EMS) y con el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE).

RESUMEN DE LAS CONDICIONES DE CIMENTACIÓN	
Profesional Responsable (PR): Enrique Francisco Luján Silva	Ing. Civil CIP: 54460
Tipo de Cimentación: Cimentación Corrida, Cimentación Cuadrada, Plataea de cimentación	
Estrato de apoyo de la cimentación: Arcilla de Baja Plasticidad (CL)	
Profundidad de la Napa Freática: Se presentó al 2.80 m. de exploración. Fecha: Diciembre del 2022	
Parámetros de Diseño de la Cimentación	
Profundidad de Cimentación: Cimentación Corrida 1.80 m. - Cimentación Cuadrada 2.00 m. - Plataea de Cimentación 1.00 m.	
Presión Admisible:	
Cimentación Corrida 0.895 kg/cm ² - Cimentación Cuadrada 1.145 kg/cm ² - Plataea de cimentación 2.228 kg/cm ²	
Factor de Seguridad por Corte: Estático 3 - Dinámico 1.5	
Asentamiento Diferencial Máximo Aceptable:	
Cimentación Corrida 0.463 cm - Cimentación Cuadrada 1.691 cm - Plataea de cimentación 1.090 cm	
Parámetros Sísmicos del suelo (De acuerdo a la Norma E.030)	
Zona Sísmica: 4	
Tipo de perfil del suelo: S2	
Factor del suelo (S): 1.05	
Periodo TP (s): 0.6	
Periodo TL (s): 2	
Agresividad del Suelo a la Cimentación: Se concluye que el estrato de suelo que forma parte del contorno donde irá desplantada la cimentación contiene concentraciones moderadas de sulfatos sales solubles totales y cloruros, que podrían atacar al concreto y la armadura de la cimentación. Por lo tanto el concreto a utilizar debe tener una resistencia mínima de 210 kg/cm ² con una relación agua cemento de 0.60, el recubrimiento de las varillas de acero será mayor que el comúnmente utilizado y el cemento a usar será el Tipo MS o Tipo V.	
Problemas Especiales de cimentación:	
Licuación: NO PRESENTA	
Colapso: NO PRESENTA	
Expansión: NO PRESENTA	
Indicaciones Adicionales:	
•Debido a la presencia del N.A.F. durante la construcción se recomienda Diseñar un Sistema de Drenaje Superficial (sangría) o Sistema de Drenaje Subterráneo para poder evacuar el agua de filtración.	
• En el Perfil Estratigráfico del suelo, se nota la presencia de material de relleno en la superficie, sugerimos eliminar dicho material y reemplazarlo por un material más estable que puede ser Afirmado Compactado en capas de 20 cm.	
• Se recomienda el mejoramiento del terreno con material granular.	

Diciembre del 2022


ENRIQUE FRANCISCO LUJÁN SILVA
 Ingeniero Civil CIP 54460

5. Constancia del asesor:

Informe Final de Asesoramiento

Señor : Ms. Ing. Jorge A. Vega Benites
 Director del Programa de Estudio de Ingeniería Civil

Asunto : Informe Final de Asesoramiento de Tesis

Fecha : Trujillo, 04 de Mayo del 2023

De conformidad con el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad, y en cumplimiento de la **Resolución de Facultad N° 0687-2023**, el suscrito, docente asesor del Informe de Tesis titulada:
ESTUDIO DE LICUEFACCIÓN Y DISEÑO DE CIMENTACIONES PARA UN EDIFICIO MULTIFAMILIAR EN SUELOS DE LOS MANGOS - SECTOR EL GOLF - TRUJILLO 2022
 del (los) Bachilleres Cabrera Rojas y Aguilar Rosado Yolanda ;
Alejandro
 cumplo con informar lo siguiente:

El Informe de Tesis cumple con el cronograma y proceso de investigación de acuerdo al proyecto de tesis, asimismo informo que la tesis reúne la calidad académica exigida por el Programa de Estudio de Ingeniería Civil

Asimismo, adjunto al presente el reporte de coincidencias generado con el software Antiplagio Turnitin firmado por el suscrito, precisando que no supera el 20%.

Atentamente,



Dr. Lujan Silva, Enrique Francisco
 Docente asesor
 Registro CIP: