



**FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y
URBANISMO
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA
CIVIL
TESIS
POTENCIAL DE LICUEFACCIÓN EN EL DISTRITO
DE SANTA ROSA
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

Autor (es):

Bach. Benites Alarcón, Luis Manuel

Bach. Vilchez Pérez, Juan Joel Antony

Asesor:

MSc. Ing. Coronado Zuloeta Omar

**Línea de Investigación
Ingeniería de procesos- Ingeniería Geotecnia**

Pimentel – Perú

2017

Título de la tesis

**“POTENCIAL DE LICUEFACCIÓN DE SUELOS EN EL
DISTRITO DE SANTA ROSA”**

Aprobación de la tesis

Mg. Roger Fernando Chanduvi Calderón

Asesor metodólogo

MSc. Ing. Omar Coronado Zuloeta

Asesor especialista

Ing. Nepton David Ruiz Saavedra

Presidente del jurado de tesis

Ing. Noe Humberto Marín Bardales

Secretario del jurado de tesis

MSc. Ing. Omar Coronado Zuloeta

Vocal del jurado de tesis

DEDICATORIA

Quisiera dedicar este proyecto a Dios y a mis padres que son el motivo de mi existir, por saber guiarme y dirigirme en el camino del bien.

A mi hijo que es mi más grande logro, mi orgullo y una fortaleza para seguir adelante ante cualquier adversidad.

Manuel Benites

A Dios y a mis padres, este logro también es de ellos, porque gracias a su comprensión, esfuerzo y su trabajo del día a día, estoy aquí, en la culminación de una grata experiencia y en el inicio de todo lo propuesto.

A mis amigos, compañeros y personas conocidas en el tiempo de vida estudiantil, pues siempre tuvieron una palabra de aliento en los momentos difíciles.

Joel Vílchez

AGRADECIMIENTO

Expreso mi agradecimiento a todos los que directa e indirectamente me apoyaron para la realización de este proyecto, ya sea de una u otra forma.

En primer lugar, a Dios y a mi familia que fueron los que en todo momento estuvieron conmigo para guiarme por el buen camino. Y en segundo lugar, pero no menos importante a mis amigos por su compañía y comprensión.

Manuel Benites

A Dios, por habernos permitido culminar esta etapa de nuestras vidas y conocer a cada una de las personas especiales que nos enseñaron mucho en toda nuestra etapa universitaria.

A nuestros familiares, amigos y conocidos quienes constantemente nos motivaron para persistir con nuestras responsabilidades, así como a todos los compañeros que semana a semana nos acompañaron a realizar los trabajos de campo que sin su ayuda hubiese sido muy difícil la culminación de nuestra tesis.

A todas y cada una de las personas que nos apoyaron en esta presente investigación.

Joel Vilchez

INDICE

DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
INDICE DE CONTENIDO.....	v
INDICE DE FIGURAS.....	x
INDICE DE TABLAS.....	xii
INDICE DE ECUACIONES.....	xviii
RESUMEN.....	xx
ABSTRACT.....	xxi
INTRODUCCION.....	xxii
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	
1.1. Planteamiento del problema.....	25
1.1.1. Situación Problemática.....	25
1.1.1.1. Nivel internacional.....	25
1.1.1.2. Nivel nacional.....	26
1.1.1.3. Nivel local.....	30
1.2. Formulación de problema.....	36
1.3. Delimitación de la investigación.....	36
1.4. Justificación e importancia.....	36
1.4.1. Aspecto tecnológico.....	36
1.4.2. Aspecto social.....	36
1.4.3. Aspecto económico.....	37
1.5. Limitaciones de la investigación.....	37
1.6. Objetivos.....	37
1.6.1. General.....	37
1.6.2. Específicos.....	37
II. MARCO TEÓRICO	
2.1. Antecedentes de la investigación.....	39
2.1.1. A nivel internacional.....	39
2.2. Base teórico científica.....	41
2.2.1. Licuefacción.....	41
2.2.2. Factores que influyen en la licuefacción.....	42
A. Origen del suelo.....	42
B. Distribución del tamaño de los granos.....	42
C. Profundidad de las aguas subterráneas.....	42

D. Edad del depósito.....	42
E. Amplitud y duración de la vibración del terreno.....	42
F. Peso del recubrimiento y profundidad del suelo.....	42
2.2.3. Descripción del proceso del fenómeno de licuefacción.....	43
2.2.4. Susceptibilidad de la licuefacción.....	43
2.2.4.1. Potencial de licuefacción.....	43
2.2.4.2. Factores de susceptibilidad para evaluar la licuefacción.....	44
a. Factores históricos.....	45
b. Factores geológicos.....	45
c. Factores de composición y estado del suelo (geotécnicos).....	48
d. Criterios basados en la composición del suelo.....	49
e. Criterios basados en el estado del suelo.....	49
2.2.4.3. Suelos susceptibles a la licuefacción.....	49
A. Suelos granulares.....	50
B. Suelos con presencia de finos.....	50
2.2.5. Efectos de la licuefacción.....	51
a. Flujos de tierra.....	51
b. Flotación	51
c. Fallas por flujo y deslizamiento.....	51
d. Desplazamiento laterales.....	52
e. Pérdida de capacidad de carga y soporte por deslizamientos verticales.....	53
f. Oscilación y volcanes de arena.....	54
g. Incremento en la presión lateral sobre muros de retención.....	55
h. Asentamiento.....	55
i. Volcanes de arena.....	56
2.2.6. Estudios previos para evaluar el fenómeno de licuefacción.....	57
2.2.6.1. Origen del suelo	57
2.2.6.2. Distribución del tamaño de los granos.....	58
2.2.6.3. Profundidad del nivel freático.....	59
2.2.6.4. Edad del depósito.....	59
2.2.6.5. Amplitud y duración de la vibración del terreno.....	59
2.2.6.6. Profundidad del suelo.....	60
2.2.7. Métodos de evaluación del potencial de licuefacción.....	60
2.2.7.1. Métodos basados en el número de golpes del ensayo SPT.....	60
2.2.7.1.1. Calculo del potencial de Licuefacción mediante el Método Sed and Idriss....	60

A. Factor de reducción (rd) de las tensiones, debido a flexibilidad del suelo (profundidad).....	60
B. Calculo de las tensiones totales y efectivas.....	61
C. Relación de esfuerzo de corte cíclico, CSR.....	62
D. Corrección del Valor N1(60).....	64
E. Corrección por contenidos de finos.....	66
F. Calculo de la relación de resistencia cíclica (CRR).....	66
G. Corrección de la escala de magnitud para valores de CSR y CRR para magnitudes de sismo diferentes a Mw=7.5.....	69
H. Calculo del potencial de licuefacción o factor de seguridad.....	71
2.2.8 Ensayos.....	73
2.2.8.1. Ensayos de campo (SPT) y de laboratorio.....	73
2.2.8.1.1. Ensayo de campo (SPT). NTP 339.133.....	73
a. Objetivos del ensayo S.P.T.....	74
b. Procedimiento de muestreo y ensayo.....	74
c. Especificaciones del equipo.....	76
d. Equipo de ensamblaje de caída de peso.....	78
A. Valor N (SPT) corregido (N60).....	79
B. Eficiencia del martillo (η_H).....	80
C. Corrección por el diámetro de la perforación (η).....	81
D. Corrección por el tipo de muestreador (η_S).....	81
E. Corrección por longitud de la barra perforadora (η_R).....	81
2.2.9. Ensayos de laboratorio.....	82
2.2.9.1. Análisis granulométrico de Suelos por Tamizado.....	82
2.2.9.2. Ensayo de límite líquido NTP 339.129.....	84
2.2.9.3. Ensayo de límite plástico NTP 339.129.....	89
2.2.9.4. Ensayo de gravedad especifica.....	92
2.3. Definición de términos.....	94
III. MARCO METODOLÓGICO	
3.1. Tipo y diseño de la investigación.....	98
3.1.1. Tipo de investigación.....	98
3.1.2. Diseño de la investigación.....	98
3.2. Población y muestra.....	98
3.2.1. Población.....	98
3.2.2. Muestra.....	99
3.2.3. Lugares de procedencia.....	99

3.2.4. Mapa de área de extracción de muestras.....	99
3.2.5. Área de estudio.....	99
3.2.5.1. Ubicación.....	99
3.2.6. Geología.....	101
3.2.7. Delimitación y ubicación del área de estudio.....	102
3.2.8. Identificación del terreno con suelo areno-limoso y nivel freático.....	105
3.2.9. Selección de puntos específicos para el estudio.....	105
3.2.10. Aplicación.....	106
3.2.10.1. Zonificación.....	106
3.2.10.2. Parametros del suelo.....	107
3.2.11. Rango o nivel de licuación.....	107
3.2.12. Aplicación del método.....	108
3.2.13. Resultados.....	109
3.3. Hipótesis.....	109
3.4. Variables.....	109
3.5. Operacionalización de variables.....	110
3.6. Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	110
3.6.1. Métodos de investigación.....	110
3.6.2. Técnicas de recolección de datos.....	110
3.6.3. Instrumentos de recolección de datos.....	111
3.7. Procedimiento para la recolección de datos.....	112
3.8. Análisis estadístico e interpretación de los datos.....	114
3.9. Principios éticos.....	114
3.10. Criterios de rigor científico.....	114
3.10.1. Validez.....	114
3.10.2. Generalizabilidad.....	114
3.10.3. Fiabilidad.....	114
3.10.4. Replicabilidad.....	114
IV. Análisis e interpretación de resultados	
4.1. Área de estudio.....	116
4.1.1. Identificación del terreno para la evaluación del potencial de licuefacción en zonas donde puedan existir obras civiles.....	116
4.1.2. Ubicación de los puntos para realizar los sondajes SPT.....	116
4.1.3. Procedimiento para el cálculo del potencial de licuefacción.....	118
4.1.3.1. Realización del ensayo SPT in situ en los puntos seleccionados.....	118
4.1.3.2. Registro de numero de golpes insitu (NSPT).....	124

4.1.3.3. Extracción de muestras durante la realización del sondeo SPT.....	125
4.1.3.4. Muestras obtenidas con el muestreador de caña partida.....	125
4.2. Resultados en tablas y gráficos.....	130
4.2.1. Resultados.....	130
4.2.1.1. Muestreo obtenido por el muestreador de caña partida.....	130
A. Ensayo de granulometría.....	130
B. Límites de consistencia.....	133
C. Cálculo de potencial de licuefacción mediante el método simplificado de Seed Idriss.....	135
4.2.2. Gráficos y resultados del ensayo de penetración estándar detallando el número de golpes.	135
4.2.3. Descripción y resultados de los diferentes puntos analizados, granulometría y límites de atterberg.....	147
4.3. Contratación de la hipótesis.....	240
4.4. Discusión de resultados.....	240
V. Conclusiones y recomendaciones	
5.1. Conclusiones.....	272
5.2. Recomendaciones.	275
REFERENCIAS	276
ANEXOS	282

INDICE DE FIGURAS

Figura N°1: Colapso de edificaciones por licuación en el terreno.....	26
Figura N°2: Mapa de licuación de suelos por sismos ocurridos en Perú.....	27
Figura N°3: Agrietamiento del terreno.....	28
Figura N°4: Agrietamiento del terreno.....	29
Figuras N°5: Licuación de suelos por sismos en Perú.....	30
Figura N°6: Daños viales por licuación de suelos.....	39
Figura N°7: Estado de esfuerzos entre partículas antes de la aplicación de carga cíclica.....	40
Figura N° 8: Estado de las partículas durante y después de la aplicación de la carga cíclica.....	41
Figura N° 9: Figura esquemática del proceso de licuefacción.....	43
Figura N° 10: Esquema de falla de flujo.....	52
Figura N° 11: Terraplén de vía de acceso y esquema de deslizamiento lateral.....	53
Figura N° 12: Volcamiento del edificio durante el terremoto esquema de pérdida de capacidad de carga.....	54
Figura N° 13: Volcán de arena durante terremoto y esquema de generación de volcanes de arena.....	54
Figura N° 14: Oscilación del suelo.....	55
Figura N° 15: Asentamientos causados por la licuación durante sismos.....	56
Figura N° 16: Volcanes de arena.....	57
Figura N° 17: Evaluación de la susceptibilidad a la licuefacción mediante curvas granulométricas.....	58
Figura N° 18: Esquema de esfuerzo de corte producido por terremoto a una determinada profundidad.....	62
Figura N° 19: Factor de escala de magnitud (MSF).....	72
Figura N° 20: Ensayo de SPT.....	74
Figura N° 21: Esquema de un penetrómetro estándar partido.....	78
Figura N° 22: Esquema de proceso de ensayo de granulometría.....	84
Figura N° 23: Esquema de la copa casa grande.....	86
Figura N° 24: Diagrama del ensayo del límite líquido.....	88
Figura N° 25: Mapa de ubicación de Santa Rosa.....	100
Figura N° 26: Plano de ubicación de Santa Rosa.....	103
Figura N° 27: Plano sectorizado de Santa Rosa.....	104
Figura N° 29: Verificación de puntos Calicata N° 9.....	117
Figura N°30: Muestreo con posteadora calicata N°8.....	118
Figura N°31: Preparación de equipo para SPT.....	121
Figura N°32: Preparación del terreno.....	121

Figura N° 33: Preparación de cañas.....	122
Figura N° 33: Inicio del hincado para el SPT 1.....	122
Figura N° 34: Equipo SPT listo para iniciar hincado SPT 4.....	123
Figura N° 35: Equipo SPT listo para iniciar hincado SPT 5.....	123
Figura N° 36: Equipo SPT funcionando.....	124
Figura N° 37: Equipo SPT en funcionamiento.....	125
Figura N° 38: Extracción del muestreador de caña.....	126
Figura N° 39: Muestreador de caña partida.....	127
Figura N° 40: Muestreador de caña partida.....	127
Figura N° 41: Desmontaje y desarmado de las cañas.....	128
Figura N° 42: Extracción del muestreador caña partida.....	128
Figura N° 43: Muestra obtenida.....	129
Figura N° 44: Muestra obtenida de la caña partida.....	129
Figura N° 45: Muestras.....	130
Figura N° 45: Lavado de muestras.....	131
Figura N° 46: Lavado de muestras.....	131
Figura N° 47: Tamizado de las muestras.....	132
Figura N° 48: Tamices.....	132
Figura N° 49: Muestra húmeda.....	133
Figura N° 50: Muestra con la ranura para límite líquido.....	134
Figura N° 51: Muestra en la copa casa grande.....	134

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1: Clasificación de suelos con potencia de licuación.....	31
Tabla N° 2: Estimación de susceptibilidad en depósitos sedimentarios a ilación durante movimientos sísmicos fuertes.....	47
Tabla N° 3: Criterios de evaluación de la susceptibilidad de la licuefacción de acuerdo de acuerdo al origen del suelo.....	58
Tabla N° 4: Evaluación de susceptibilidad de licuefacción basa en la aceleración.....	59
Tabla N° 5: Formulas para el valor del CN.....	64
Tabla N° 6: Correcciones a SPT.....	65
Tabla N° 7: valores de α y β en función del contenido de finos.....	66
Tabla N° 8: Factores de escala de magnitud (MSF).....	70
Tabla N° 9: Factor de escala de magnitud derivada de varios investigadores.....	71
Tabla N° 10: Factor de seguridad recomendado para evaluar la susceptibilidad a la licuefacción..	73
Tabla N° 11: Correlaciones entre la densidad relativa y la resistencia a la penetración.....	79
Tabla N° 12: Correlaciones entre la consistencia y la resistencia a la penetración.....	79
Tabla N°13: Eficiencia del martillo de acuerdo a varios países.....	80
Tabla N° 14: Valor de $\eta\beta$ de acuerdo al diámetro de la perforación.....	81
Tabla N° 15: Valor de η_S de acuerdo al tipo de muestreador.....	81
Tabla N° 16: Valor de η_R de acuerdo a la longitud de la barra perforadora.....	81
Tabla N° 17: Tabla de numeración y abertura de tamices NTP 339.090.....	82
Tabla N° 18: Tabla de estimados de precisión.....	91
Tabla N° 19: Propiedades del Agua Destilada.....	94
Tabla N° 20: Factores de zona.....	107
Tabla N° 21: Ubicación de los sondajes SPT.....	117
Tabla N° 22: Resultado de número de golpes SPT 1.....	137
Tabla N° 23: Resultado de número de golpes SPT 2.....	138
Tabla N° 24: Resultado de número de golpes SPT 3.....	139
Tabla N° 25: Resultado de número de golpes SPT 4.....	140
Tabla N° 26: Resultado de número de golpes SPT 5.....	141
Tabla N° 27: Resultado de número de golpes SPT 6.....	142
Tabla N° 28: Resultado de número de golpes SPT 7.....	143
Tabla N° 29: Resultado de número de golpes SPT 8.....	144
Tabla N° 30: Resultado de número de golpes SPT 9.....	145
Tabla N° 31: Resultado de número de golpes SPT 10.....	146
Tabla N° 32: Resumen de resultados de los ensayos de Granulometría y límites de Atterberg realizados (SPT 01).....	149

Tabla N° 33: Resumen de los resultados Método Semi Empírico SEED e IDRISS, para una magnitud sísmica Mw=5.5 (SPT 01).....	150
Tabla N° 34: Resumen de los resultados Método Semi Empírico SEED e IDRISS, para una magnitud sísmica Mw=6.0 (SPT 01).....	151
Tabla N° 35: Resumen de los resultados Método Semi Empírico SEED e IDRISS, para una magnitud sísmica Mw=6.5 (SPT 01).....	152
Tabla N° 36: Resumen de los resultados Método Semi Empírico SEED e IDRISS, para una magnitud sísmica Mw=7.0 (SPT 01).....	153
Tabla N° 37: Resumen de los resultados Método Semi Empírico SEED e IDRISS, para una magnitud sísmica Mw=7.5 (SPT 01).....	154
Tabla N° 38: Resumen de los resultados Método Semi Empírico SEED e IDRISS, para una magnitud sísmica Mw=8.0 (SPT 01).....	155
Tabla N° 39: Resumen de los resultados Método Semi Empírico SEED e IDRISS, para una magnitud sísmica Mw=8.5 (SPT 01).....	156
Tabla N° 40: Resumen de resultados de los ensayos de Granulometría y límites de Atterberg realizados (SPT 02).....	158
Tabla N° 41: Resumen de los resultados Método Semi Empírico SEED e IDRISS, para una magnitud sísmica Mw=5.5 (SPT 02).....	159
Tabla N° 42: Resumen de los resultados Método Semi Empírico SEED e IDRISS, para una magnitud sísmica Mw=6.0 (SPT 02).....	160
Tabla N° 43: Resumen de los resultados Método Semi Empírico SEED e IDRISS, para una magnitud sísmica Mw=6.5 (SPT 02).....	161
Tabla N° 44: Resumen de los resultados Método Semi Empírico SEED e IDRISS, para una magnitud sísmica Mw=7.0 (SPT 02).....	162
Tabla N° 45: Resumen de los resultados Método Semi Empírico SEED e IDRISS, para una magnitud sísmica Mw=7.5 (SPT 02).....	163
Tabla N° 46: Resumen de los resultados Método Semi Empírico SEED e IDRISS, para una magnitud sísmica Mw=8.0 (SPT 02).....	164
Tabla N° 47: Resumen de los resultados Método Semi Empírico SEED e IDRISS, para una magnitud sísmica Mw=8.5 (SPT 02).....	165
Tabla N° 48: Resumen de resultados de los ensayos de Granulometría y límites de Atterberg realizados (SPT 03).....	167
Tabla N° 49: Resumen de los resultados Método Semi Empírico SEED e IDRISS, para una magnitud sísmica Mw=5.5 (SPT 03).....	168
Tabla N° 50: Resumen de los resultados Método Semi Empírico SEED e IDRISS, para una magnitud sísmica Mw=6.0 (SPT 03).....	169
Tabla N° 51: Resumen de los resultados Método Semi Empírico SEED e IDRISS, para una magnitud sísmica Mw=6.5 (SPT 03).....	170
Tabla N° 52: Resumen de los resultados Método Semi Empírico SEED e IDRISS, para una magnitud sísmica Mw=7.0 (SPT 03).....	171
Tabla N° 53: Resumen de los resultados Método Semi Empírico SEED e IDRISS, para una magnitud sísmica Mw=7.5 (SPT 03).....	172
Tabla N° 54: Resumen de los resultados Método Semi Empírico SEED e IDRISS, para una magnitud sísmica Mw=8.0 (SPT 03).....	173

Tabla N° 55: Resumen de los resultados Método Semi Empírico SEED e IDRISS, para una magnitud sísmica Mw=8.5 (SPT 03).....	174
Tabla N° 56: Resumen de resultados de los ensayos de Granulometría y límites de Atterberg realizados (SPT 04).....	176
Tabla N° 57: Resumen de los resultados Método Semi Empírico SEED e IDRISS, para una magnitud sísmica Mw=5.5 (SPT 04).....	177
Tabla N° 58: Resumen de los resultados Método Semi Empírico SEED e IDRISS, para una magnitud sísmica Mw=6.0 (SPT 04).....	178
Tabla N° 59: Resumen de los resultados Método Semi Empírico SEED e IDRISS, para una magnitud sísmica Mw=6.5 (SPT 04).....	179
Tabla N° 60: Resumen de los resultados Método Semi Empírico SEED e IDRISS, para una magnitud sísmica Mw=7.0 (SPT 04).....	180
Tabla N° 61: Resumen de los resultados Método Semi Empírico SEED e IDRISS, para una magnitud sísmica Mw=7.5 (SPT 04).....	181
Tabla N° 62: Resumen de los resultados Método Semi Empírico SEED e IDRISS, para una magnitud sísmica Mw=8.0 (SPT 04).....	182
Tabla N° 63: Resumen de los resultados Método Semi Empírico SEED e IDRISS, para una magnitud sísmica Mw=8.5 (SPT 04).....	183
Tabla N° 64: Resumen de resultados de los ensayos de Granulometría y límites de Atterberg realizados (SPT 05).....	185
Tabla N° 65: Resumen de los resultados Método Semi Empírico SEED e IDRISS, para una magnitud sísmica Mw=5.5 (SPT 05).....	186
Tabla N° 66: Resumen de los resultados Método Semi Empírico SEED e IDRISS, para una magnitud sísmica Mw=6.0 (SPT 05).....	187
Tabla N° 67: Resumen de los resultados Método Semi Empírico SEED e IDRISS, para una magnitud sísmica Mw=6.5 (SPT 05).....	188
Tabla N° 68: Resumen de los resultados Método Semi Empírico SEED e IDRISS, para una magnitud sísmica Mw=7.0 (SPT 05).....	189
Tabla N° 69: Resumen de los resultados Método Semi Empírico SEED e IDRISS, para una magnitud sísmica Mw=7.5 (SPT 05).....	190
Tabla N° 70: Resumen de los resultados Método Semi Empírico SEED e IDRISS, para una magnitud sísmica Mw=8.0 (SPT 05).....	191
Tabla N° 71: Resumen de los resultados Método Semi Empírico SEED e IDRISS, para una magnitud sísmica Mw=8.5 (SPT 05).....	192
Tabla N° 72: Resumen de resultados de los ensayos de Granulometría y límites de Atterberg realizados (SPT 06).....	194
Tabla N° 73: Resumen de los resultados Método Semi Empírico SEED e IDRISS, para una magnitud sísmica Mw=5.5 (SPT 06).....	195
Tabla N° 74: Resumen de los resultados Método Semi Empírico SEED e IDRISS, para una magnitud sísmica Mw=6.0 (SPT 06).....	196
Tabla N° 75: Resumen de los resultados Método Semi Empírico SEED e IDRISS, para una magnitud sísmica Mw=6.5 (SPT 06).....	197
Tabla N° 76: Resumen de los resultados Método Semi Empírico SEED e IDRISS, para una magnitud sísmica Mw=7.0 (SPT 06).....	198

Tabla N° 77: Resumen de los resultados Método Semi Empírico SEED e IDRISS, para una magnitud sísmica Mw=7.5 (SPT 06).....	199
Tabla N° 78: Resumen de los resultados Método Semi Empírico SEED e IDRISS, para una magnitud sísmica Mw=8.0 (SPT 06).....	200
Tabla N° 79: Resumen de los resultados Método Semi Empírico SEED e IDRISS, para una magnitud sísmica Mw=8.5 (SPT 06).....	201
Tabla N° 80: Resumen de resultados de los ensayos de Granulometría y límites de Atterberg realizados (SPT 07).....	204
Tabla N° 81: Resumen de los resultados Método Semi Empírico SEED e IDRISS, para una magnitud sísmica Mw=5.5 (SPT 07).....	205
Tabla N° 82: Resumen de los resultados Método Semi Empírico SEED e IDRISS, para una magnitud sísmica Mw=6.0 (SPT 07).....	206
Tabla N° 83: Resumen de los resultados Método Semi Empírico SEED e IDRISS, para una magnitud sísmica Mw=6.5 (SPT 07).....	207
Tabla N° 84: Resumen de los resultados Método Semi Empírico SEED e IDRISS, para una magnitud sísmica Mw=7.0 (SPT 07).....	208
Tabla N° 85: Resumen de los resultados Método Semi Empírico SEED e IDRISS, para una magnitud sísmica Mw=7.5 (SPT 07).....	209
Tabla N° 86: Resumen de los resultados Método Semi Empírico SEED e IDRISS, para una magnitud sísmica Mw=8.0 (SPT 07).....	210
Tabla N° 87: Resumen de los resultados Método Semi Empírico SEED e IDRISS, para una magnitud sísmica Mw=8.5 (SPT 07).....	211
Tabla N° 88: Resumen de resultados de los ensayos de Granulometría y límites de Atterberg realizados (SPT 08).....	213
Tabla N° 89: Resumen de los resultados Método Semi Empírico SEED e IDRISS, para una magnitud sísmica Mw=5.5 (SPT 08).....	214
Tabla N° 90: Resumen de los resultados Método Semi Empírico SEED e IDRISS, para una magnitud sísmica Mw=6.0 (SPT 08).....	215
Tabla N° 91: Resumen de los resultados Método Semi Empírico SEED e IDRISS, para una magnitud sísmica Mw=6.5 (SPT 08).....	216
Tabla N° 92: Resumen de los resultados Método Semi Empírico SEED e IDRISS, para una magnitud sísmica Mw=7.0 (SPT 08).....	217
Tabla N° 93: Resumen de los resultados Método Semi Empírico SEED e IDRISS, para una magnitud sísmica Mw=7.5 (SPT 08).....	218
Tabla N° 94: Resumen de los resultados Método Semi Empírico SEED e IDRISS, para una magnitud sísmica Mw=8.0 (SPT 08).....	219
Tabla N° 95: Resumen de los resultados Método Semi Empírico SEED e IDRISS, para una magnitud sísmica Mw=8.5 (SPT 08).....	220
Tabla N° 96: Resumen de resultados de los ensayos de Granulometría y límites de Atterberg realizados (SPT 09).....	222
Tabla N° 97: Resumen de los resultados Método Semi Empírico SEED e IDRISS, para una magnitud sísmica Mw=5.5 (SPT 09).....	223
Tabla N° 98: Resumen de los resultados Método Semi Empírico SEED e IDRISS, para una magnitud sísmica Mw=6.0 (SPT 09).....	224

Tabla N° 99: Resumen de los resultados Método Semi Empírico SEED e IDRISS, para una magnitud sísmica Mw=6.5 (SPT 09).....	225
Tabla N° 100: Resumen de los resultados Método Semi Empírico SEED e IDRISS, para una magnitud sísmica Mw=7.0 (SPT 09).....	226
Tabla N° 101: Resumen de los resultados Método Semi Empírico SEED e IDRISS, para una magnitud sísmica Mw=7.5 (SPT 09).....	227
Tabla N° 102: Resumen de los resultados Método Semi Empírico SEED e IDRISS, para una magnitud sísmica Mw=8.0 (SPT 09).....	228
Tabla N° 103: Resumen de los resultados Método Semi Empírico SEED e IDRISS, para una magnitud sísmica Mw=8.5 (SPT 09).....	229
Tabla N° 104: Resumen de resultados de los ensayos de Granulometría y límites de Atterberg realizados (SPT 10).....	232
Tabla N° 105: Resumen de los resultados Método Semi Empírico SEED e IDRISS, para una magnitud sísmica Mw=5.5 (SPT 10).....	233
Tabla N° 106: Resumen de los resultados Método Semi Empírico SEED e IDRISS, para una magnitud sísmica Mw=6.0 (SPT 10).....	234
Tabla N° 107: Resumen de los resultados Método Semi Empírico SEED e IDRISS, para una magnitud sísmica Mw=6.5 (SPT 10).....	235
Tabla N° 108: Resumen de los resultados Método Semi Empírico SEED e IDRISS, para una magnitud sísmica Mw=7.0 (SPT 10).....	236
Tabla N° 109: Resumen de los resultados Método Semi Empírico SEED e IDRISS, para una magnitud sísmica Mw=7.5 (SPT 10).....	237
Tabla N° 110: Resumen de los resultados Método Semi Empírico SEED e IDRISS, para una magnitud sísmica Mw=8.0 (SPT 10).....	238
Tabla N° 111: Resumen de los resultados Método Semi Empírico SEED e IDRISS, para una magnitud sísmica Mw=8.5 (SPT 10).....	239
Tabla N° 112: Resumen de los resultados de los sondeos SPT según profundidades de licuefacción.....	242
Tabla N° 113: Resumen de los resultados de los sondeos para la zona I(SPT-01,SPT-07), para una magnitud sísmica Mw=5.5	243
Tabla N° 114: Resumen de los resultados de los sondeos para la zona I(SPT-01,SPT-07), para una magnitud sísmica Mw=6.0	243
Tabla N° 115: Resumen de los resultados de los sondeos para la zona I(SPT-01,SPT-07), para una magnitud sísmica Mw=6.5	244
Tabla N° 116: Resumen de los resultados de los sondeos para la zona I(SPT-01,SPT-07), para una magnitud sísmica Mw=7.0	244
Tabla N° 117: Resumen de los resultados de los sondeos para la zona I(SPT-01,SPT-07), para una magnitud sísmica Mw=7.5	245
Tabla N° 118: Resumen de los resultados de los sondeos para la zona I(SPT-01,SPT-07), para una magnitud sísmica Mw=8.0	245
Tabla N° 119: Resumen de los resultados de los sondeos para la zona I(SPT-01,SPT-07), para una magnitud sísmica Mw=8.5	246

Tabla N° 120: Resumen de los resultados de los sondeos para la zona II (SPT-02,SPT-04 , SPT-05 Y SPT-10), para una magnitud sísmica Mw=5.5.....	249
Tabla N° 121: Resumen de los resultados de los sondeos para la zona II (SPT-02,SPT-04 , SPT-05 Y SPT-10), para una magnitud sísmica Mw=6.0.....	250
Tabla N° 122: Resumen de los resultados de los sondeos para la zona II (SPT-02,SPT-04 , SPT-05 Y SPT-10), para una magnitud sísmica Mw=6.5.....	251
Tabla N° 123: Resumen de los resultados de los sondeos para la zona II (SPT-02,SPT-04 , SPT-05 Y SPT-10), para una magnitud sísmica Mw=7.0.....	252
Tabla N° 124: Resumen de los resultados de los sondeos para la zona II (SPT-02,SPT-04 , SPT-05 Y SPT-10), para una magnitud sísmica Mw=7.5.....	253
Tabla N° 125: Resumen de los resultados de los sondeos para la zona II (SPT-02,SPT-04 , SPT-05 Y SPT-10), para una magnitud sísmica Mw=8.0.....	254
Tabla N° 126: Resumen de los resultados de los sondeos para la zona II (SPT-02,SPT-04 , SPT-05 Y SPT-10), para una magnitud sísmica Mw=8.5.....	255
Tabla N° 127: Resumen de los resultados de los sondeos para la zona I(SPT-03,SPT-06), para una magnitud sísmica Mw=5.5	258
Tabla N° 128: Resumen de los resultados de los sondeos para la zona I(SPT-03,SPT-06), para una magnitud sísmica Mw=6.0	259
Tabla N° 129: Resumen de los resultados de los sondeos para la zona I(SPT-03,SPT-06), para una magnitud sísmica Mw=6.5	259
Tabla N° 130: Resumen de los resultados de los sondeos para la zona I(SPT-03,SPT-06), para una magnitud sísmica Mw=7.0	260
Tabla N° 131: Resumen de los resultados de los sondeos para la zona I(SPT-03,SPT-06), para una magnitud sísmica Mw=7.5	260
Tabla N° 132: Resumen de los resultados de los sondeos para la zona I(SPT-03,SPT-06), para una magnitud sísmica Mw=8.0	261
Tabla N° 133: Resumen de los resultados de los sondeos para la zona I(SPT-03,SPT-06), para una magnitud sísmica Mw=8.5	261
Tabla N° 134: Resumen de los resultados de los sondeos para la zona I(SPT-03,SPT-06), para una magnitud sísmica Mw=5.5	263
Tabla N° 135: Resumen de los resultados de los sondeos para la zona I(SPT-03,SPT-06), para una magnitud sísmica Mw=6.0	263
Tabla N° 136: Resumen de los resultados de los sondeos para la zona I(SPT-03,SPT-06), para una magnitud sísmica Mw=6.5	264
Tabla N° 137: Resumen de los resultados de los sondeos para la zona I(SPT-03,SPT-06), para una magnitud sísmica Mw=7.0	264
Tabla N° 138: Resumen de los resultados de los sondeos para la zona I(SPT-03,SPT-06), para una magnitud sísmica Mw=7.5	265
Tabla N° 139: Resumen de los resultados de los sondeos para la zona I(SPT-03,SPT-06), para una magnitud sísmica Mw=8.0	265
Tabla N° 140: Resumen de los resultados de los sondeos para la zona I(SPT-03,SPT-06), para una magnitud sísmica Mw=8.5	266

INDICE DE ECUACIONES

Ecuación N° 1: Factor de reducción (rd) de las tensiones, debido a flexibilidad del suelo (profundidad).....	61
Ecuación N° 2: Factor de reducción para $z \leq 9.5$	61
Ecuación N° 3: Factor de reducción para $9.15 < z \leq 23$	61
Ecuación N° 4: Factor de reducción para $23 < z \leq 30$	61
Ecuación N° 5: Factor de reducción para > 30	61
Ecuación N° 6: Tensión total.....	61
Ecuación N° 7: Tensión intersticial.....	61
Ecuación N° 8: Tensión efectiva.....	61
Ecuación N° 9: Esfuerzo de corte máximo (τ_{MAX}).....	62
Ecuación N° 10: Relación de esfuerzo de corte cíclico (CSR).....	63
Ecuación N° 11: Corrección del valor N1 (60).....	64
Ecuación N° 12: Corrección por contenidos de finos.....	66
Ecuación N° 13: Cálculo de la relación de resistencia cíclica (CRR).....	67
Ecuación N° 14: Cálculo coeficiente correctivo por Bazaraa	67
Ecuación N° 15: Cálculo coeficiente correctivo por Bazaraa.....	67
Ecuación N° 16: Cálculo coeficiente correctivo por Peck.....	67
Ecuación N° 17: Cálculo coeficiente correctivo por Seed and Idriss.....	67
Ecuación N° 18: Cálculo coeficiente correctivo por Lio & Whitman.....	67
Ecuación N° 19: Cálculo coeficiente correctivo por Skempton para arena fina.....	68
Ecuación N° 20: Cálculo coeficiente correctivo por Skempton para arena gruesa.....	68
Ecuación N° 21: Cálculo coeficiente correctivo por Kayen	68
Ecuación N° 22: Cálculo de la resistencia cíclica (CRR) por Blake.....	69
Ecuación N° 23: Cálculo de la resistencia cíclica (CRR) por Youd.....	69
Ecuación N° 24: Cálculo de la resistencia cíclica (CRR) por Idriss y Boulanger.....	69
Ecuación N° 25: Corrección de escala de magnitud para CRR de magnitudes de sismo diferentes a $M_w=7.5$	69
Ecuación N° 26: Corrección de escala de magnitud para CSR de magnitudes de sismo diferentes a $M_w=7.5$	70
Ecuación N° 27: Cálculo de valores MSF.....	70
Ecuación N° 28: Cálculo de CRR_M	70
Ecuación N° 29: Cálculo de K_σ	71
Ecuación N° 30: Cálculo de C_σ	71
Ecuación N° 31: Cálculo de factor de seguridad a la licuefacción.....	72
Ecuación N° 32: Cálculo del N60.....	80

Ecuación N° 33: Cálculo del contenido de humedad.....	88
Ecuación N° 34: Cálculo del Limite Plástico.....	91
Ecuación N° 35: Cálculo de Índice de Plasticidad.....	91

RESUMEN

En esta tesis se estudia en detalle el fenómeno de la licuefacción de los suelos granulares saturados, del distrito de Santa Rosa – Provincia Chiclayo – Departamento de Lambayeque, mediante el ensayo de penetración estándar (SPT), aplicando el método simplificado de Seed & Idriss y así poder indentificar cuan potenciante a la licuefacción resulta ser el suelo en estudio y así poder clasificarlo por rangos según a los estratos licuables que tenga.

La selección del área de estudio, se debe a las características mecánicas del suelo, la geología y su cercanía al mar, parámetros que nos indican que puede ocurrir el fenómeno de la licuefacción en el área de estudio.

La licuación de suelos es un tema muy complejo, donde intervienen muchas variables. Por lo que las condiciones bajas las cuales, los suelos granulares pierden parte significativa de su resistencia no han sido completamente comprendidas, representando un magnifico campo de investigación.

Para analizar el potencial de licuefacción, se realizó ensayo de penetración estándar, de acuerdo a las normas SPT NTP 339.133 (A.S.T.M) (Sociedad Americana). También, se realizaron otros ensayos como granulometría, límites de Atterberg y gravedad específica. Una vez conseguidos los resultados de los ensayos se procedió a realizar el cálculo de la licuefacción, determinando el factor de seguridad de cada zona evaluada en el área de estudio.

Palabras Clave

Licuefacción

Suelo Areno – limoso

Napa freática alta

Estrato

Licuación

Esfuerzo de corte

Resistencia

ABSTRACT

In this thesis, the phenomenon of liquefaction of saturated granular soils of the district of Santa Rosa - Chiclayo Province - Department of Lambayeque, by means of the standard penetration test (SPT), is studied in detail using the simplified method of Seed & Idriss.

The selection of the study area is due to: the mechanical characteristics of the soil, the geology and its proximity to the sea, parameters that indicate that the phenomenon of liquefaction can occur in the study area.

The liquefaction of soils is a very complex subject, where many variables intervene. As a result, the low conditions in which the granular soils lose a significant part of their resistance have not been completely understood, representing a magnificent field of research.

To analyze the risk of liquefaction, a standard penetration test was performed according to SPT standards NTP 339.133 (A.S.T.M) (American Society). Also, other tests such as granulometry, Atterberg limits and specific gravity were carried out. Once the results of the tests were obtained, the liquefaction calculation was carried out, determining the safety factor of each zone evaluated in the study area.

Key Words

Liquefaction

Soil Arenoso - silty

High water table

Stratum

Liquefaction

Cutting effort

Resistance

INTRODUCCIÓN

Licuación o licuefacción de suelos es un fenómeno que se está asociado directamente a los movimientos sísmicos, durante el cual el suelo se comporta en estado licuado casi líquido, de tal manera que ya no puede soportar ningún tipo de estructura que se encuentre sobre él. Este fenómeno se presenta casi siempre para sismos de magnitudes $M_w=7.0$ en adelante, con aceleraciones máximas de $0.45g$, siendo estas mismas causantes de las fallas de los terrenos y a las estructuras construidas sobre ellas. Pero también se observa el fenómeno en magnitudes sísmicas de $M_w=5.5$ que mayor mente los estratos están compuestos por SP y SP-SM, con una presencia de nivel freático.

El primer factor trata sobre su origen, que es la forma como el suelo se ha formado desde su punto de vista geológico, su origen está muy relacionado con la forma como las llanuras se han inundado y la forma como se drenaron posteriormente para producir depósitos de suelos muy sueltos que pueden entrar en suspensión posteriormente con las vibraciones sísmicas.

El segundo punto a considerar trata sobre la granulometría, puesto que es más fácil que el fenómeno de licuefacción afecte a suelos como las arenas que tengan el mismo tamaño y que no puedan alcanzar grandes densidades por efectos de una mala granulometría.

Eventualmente los suelos limosos pueden ser licuables, aunque con menor frecuencia que las arenas.

Un tercer factor trata sobre la densidad y la profundidad a la que se encuentra un suelo licuable, el suelo licuable cuando es profundo es más seguro pues también por la mayor presión que ejerce la tierra que está encima se vuelve más denso, por lo tanto la mayor densidad y la mayor profundidad reduce el riesgo de licuación, mientras que los suelos arenosos mal graduados que están muy superficiales y que están muy sueltos cuando están saturados de agua, durante un terremoto son los candidatos número uno a licuarse.

El cuarto y último factor trata con la plasticidad del suelo, incluso los limos por tener muy baja plasticidad, un índice plástico menor al 12% pueden llegar a ser licuables porque no se comportan como suelos cohesivos, esto es algo relativamente nuevo, porque en el pasado solo se pensaba que solo las arenas podían licuarse, sin embargo hoy se conoce que para que un suelo sea

considerado de bajo riesgo de licuación, debe tener número suficiente de arcillas que por su cohesión al tener un índice plástico mayor al 18% ya no se licuan.

Esta investigación consta de seis capítulos, los cuales son:

Capítulo I: El planteamiento del problema de investigación, se expone la realidad problemática de la licuefacción, el planteamiento del problema, hipótesis, delimitaciones, justificación e importancia de la investigación. Finalmente se definen los objetivos de la Investigación.

Capítulo II: El marco teórico, se presenta en síntesis las investigaciones más importantes realizadas, además se exponen las bases teóricas científicas en función de las variables; potencial de licuefacción, susceptibilidad a la licuefacción y ensayo de suelos.

Capítulo III: El marco metodológico, se expone los procedimientos seguidos para los ensayos de campo como el SPT y de mecánica de suelos.

Capítulo IV: Análisis e interpretación de los resultados, se exponen y comparan los resultados obtenidos de los ensayos de mecánica de suelos, de donde se obtienen parámetros para aplicar la metodología de SEED IDRISS, y así mediante un factor de seguridad ver si el suelo es potencialmente licuable.

Capítulo V: Conclusiones y recomendaciones, se recomienda el método propuesto en posibles aplicaciones y se dan algunos alcances para futuras investigaciones.

Capítulo VI: sobre los gastos y la inversión hecha en dicha investigación.

CAPÍTULO I

Planteamiento del Problema

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del problema

1.1.1. Situación problemática:

1.1.1.1. Nivel internacional

Ishihara, (1993) citado por Antonio, (2006) nos explica: El fenómeno de licuación de arenas ha interesado desde finales del siglo XVIII, ya que se tienen registros de ocurrencia desde 1783. En la época moderna (siglo XX), los primeros casos de importancia fueron los registrados durante los sismos de San Francisco en 1957, Jaltipan en 1959, y el de Chile 1960. Sin embargo, no fue sino hasta sismos de 1964 en Anchorage, Alaska y Niigata, Japón, ver figura N°1, que el fenómeno comenzó a tener una gran importancia para los investigadores del área de la mecánica de suelos ya que las pérdidas asociadas al fenómeno (tanto material como humano), durante estos eventos fueron considerablemente importantes. El sismo de Niigata se cita simbólicamente como “el primer evento en el mundo en donde todo tipo de infraestructura moderna fue destruida (para sorpresa de muchos), por un fenómeno que después se conocería como “licuación de suelo”. (pág.1)

Estos fenómenos desagradables marcaron la historia y obligaron a hacerse estudios sobre lo ocurrido para evitar posibles desastres posteriormente, donde para ello se debe pensar en cómo solucionar y evitar este fenómeno que afecta al suelo y a su vez a la estructura.

AASHTO, (2004) nos habla que:

Históricamente, la licuefacción de los suelos de fundación granulares saturados, ha representado una importante causa de falla de los puentes y otras obras de ingeniería. Por ejemplo, durante el terremoto de 1964 ocurrido en Alaska, nueve puentes colapsaron completamente y 26 sufrieron deformaciones severas o colapso parcial. Investigaciones realizadas indican que la licuefacción de los suelos de fundación jugó un papel importante en los daños sufridos por estos puentes, en los cuales la pérdida de apoyo de las fundaciones provocó grandes desplazamientos de las pilas y estribos. (pág.10)

Es muy importante ubicar la zona donde pueda ocurrir este tipo de fenómenos para mejorar la metodología de construcción y hacer las obras más seguras para el uso de la población.

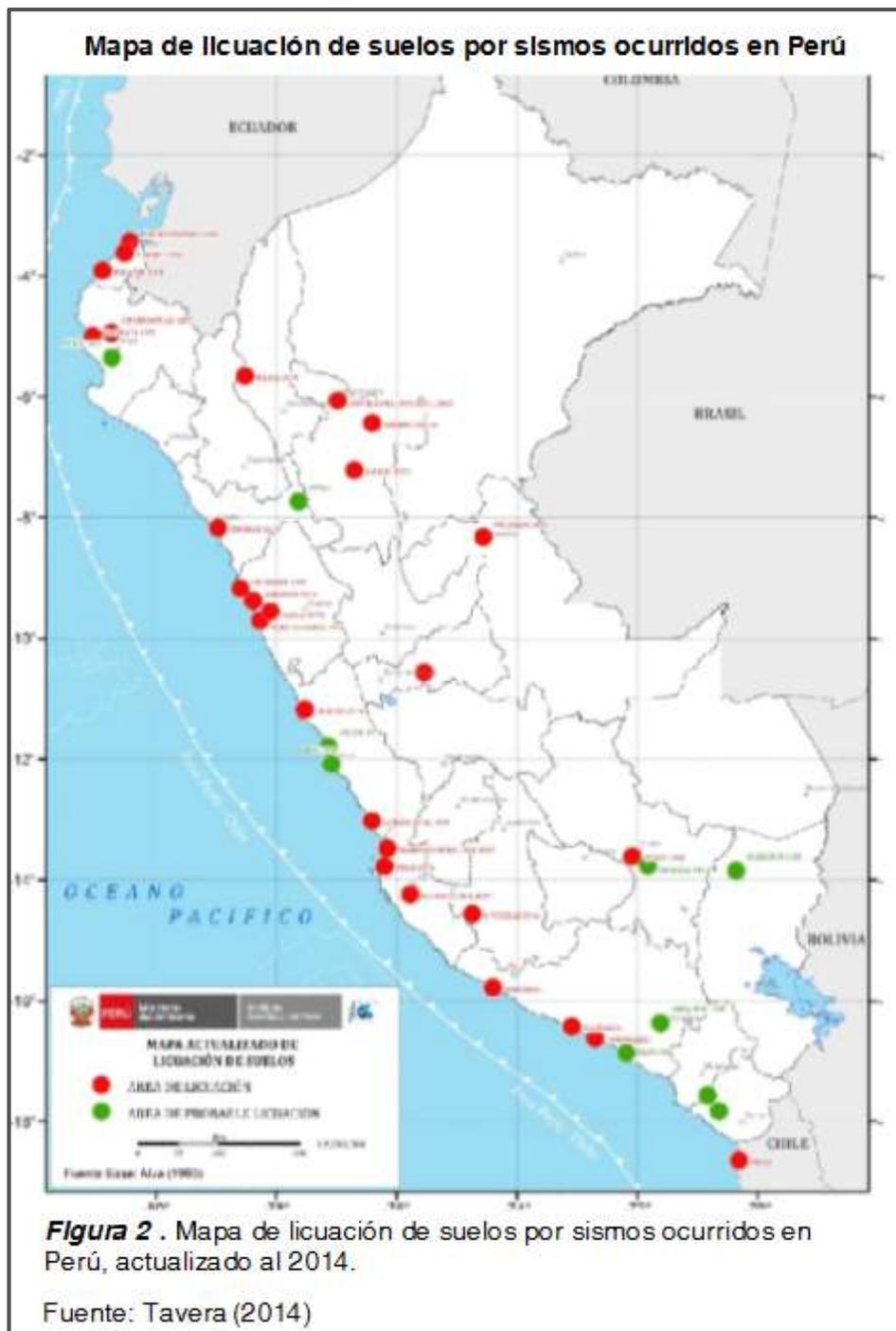


1.1.1.2. A nivel nacional

Tavera, (2014) explica que: En el Perú, durante la ocurrencia de sismos han sido muchos los procesos de licuación de suelos observados en zonas cuyos suelos estaban, generalmente compuestos por arenas limosas de variado tamaño de grano, conglomerados de grano fino y agua. La información sobre estos procesos fue recopilada por Alva (1982) (Figura 2).

En la figura se observa que en la zona costera la ocurrencia de licuación de suelos es generalizada, siendo aquí donde la frecuencia de sismos es mayor, entonces existe correspondencia entre las altas intensidades observadas y la licuación de suelos. (pág.33)

Con frecuencia se pensaba que solo las arenas tenían tendencia a licuarse, incluso los limos de baja plasticidad pueden licuarse, cuando no son suelos cohesivos.



Principales procesos de licuación de suelos

Tavera, (2014) Los procesos de licuación de suelos más importantes son tres:

1. Los producidos en suelos de Chimbote (Áncash) debido al sismo de 1970, valle del Alto Mayo (Moyobamba) debido a los eventos sísmicos de 1990 y 1991, y finalmente, en Tambo de Mora (Ica) debido al evento del 2007.

Chimbote, 1970: El departamento de Áncash fue afectado con intensidades de VIII-IX (MM) debido a la ocurrencia de un evento sísmico con magnitud de 7,7 Mw, situación que produjo procesos de licuación de suelos en Casma, Puerto Casma y cerca de la costa de la ciudad de Chimbote, se produjo el desplazamiento lateral del suelo conformado por deltaicos de playa. En el casco urbano de Chimbote, era evidente la presencia de licuación de suelos y de densificación diferencial.

2. Moyobamba, 1990 y 1991: El valle del Alto Mayo fue afectado con intensidades de VIII-IX (MM) debido a la ocurrencia de dos sismos con magnitudes de 6,5 Mw, provocando la licuación de suelos en varias zonas con suelos aluviales, coluviales, fluviales y residuales; es decir, suelos licuables por naturaleza. Asimismo, se reportó la ocurrencia de inestabilidad y corrosión de suelos en los taludes, asentamientos diferenciales, amplificación de suelos, y deslizamientos dentro del área epicentral.

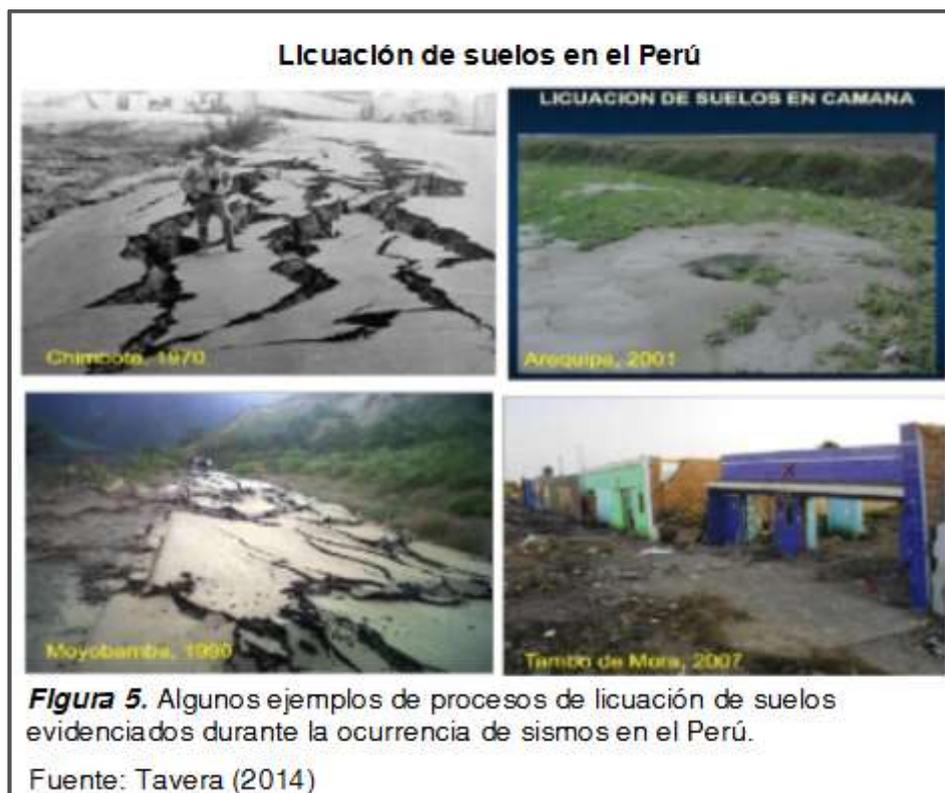
3. Los mayores procesos de licuación de suelos ocurrieron en las localidades de Tahuishco, Azunge, Shango, Chorro, Molino Valencia, Segunda Jerusalén, Río Negro y La Conquista, todos ubicados en los alrededores de la ciudad de Moyobamba. (pág.33)





Rodríguez-Marek et al, (2007) citado por Tavera, (2014) nos dice que:

Pisco, 2007: Durante la ocurrencia del sismo de Pisco (8,0 Mw), las localidades de Chincha y Tambo de Mora soportaron intensidades de VIII (MM) y la zona más afectada con procesos de licuación de suelos considera el margen costero comprendido entre el distrito de Villa el Salvador (Lima Metropolitana) y la localidad de Paracas (Ica). En este tramo se observaron una gran variedad de fallas de terreno por licuación de suelos, así como desplazamientos laterales masivos a lo largo de 3 km, un deslizamiento con talud de 400 metros de largo en la zona conocida como Jahuay, edificaciones asentados hasta 1 metro, terraplenes de carreteras dañados por desplazamientos laterales, colapso de postes de tendidos eléctricos en suelos licuables, rompimiento de ductos de agua y alcantarillados, daños en zonas portuarias; además, de la formación de conos de arena y eyección de arena húmeda. Estos procesos se realizaron en suelos conformados por rellenos artificiales, depósitos marinos, eólicos y aluviales compuestos por arena y arena limosa de forma y tamaño de grano variable. (pág.35)



Estos son los claro ejemplos de las consecuencias que pueden tener los suelos licuables mal tratados.

1.1.1.3. A nivel local

INDECI, (2003) nos dice que: El fenómeno de Licuación es la falla del suelo por las vibraciones sísmicas. Esto ocurre cuando los suelos finos, formados por Arenas y Limos se encuentran saturados de agua, y son sometidos a vibraciones intensas. Los suelos granulares son muy sensibles a las vibraciones las que producen un rápido asentamiento de estratos arenosos. Este asentamiento produce, a su vez, un incremento de la presión de poros de agua. Toda la información sobre las condiciones del subsuelo que son muy importantes para realizar el mapeo de licuación potencial de suelos de un área determinada se basa en la evaluación de las características de los suelos tales como: El tipo de suelo, estratificación del depósito y densidad de arena. (pág.85)

De acuerdo al tipo de Suelo: La identificación de depósitos licuables comienza por distinguir los tipos de suelo que esta se compone y la determinación de sus propiedades que hacen presumir su posible licuación. Se conoce que los suelos arenosos son potencialmente licuables, más no así los suelos limosos o arcillosos. Diversos estudios fueron realizados por Ishihara, Sodekawa y Tanaka

(1978), de arenas limosas o limo arenosos en función de su contenido de finos, ver tabla 1.

Tabla 1

Clasificación de suelos con potencial de licuación.

SUELOS POTENCIALMENTE LICUABLES	SUELOS NO LICUABLES
Arena fina	Rellenos compactados
Arenas medias	
Arenas limosas	Arcilla Limosa
Arena con bajo porcentaje de arcillas	Limo con bajo % de arena fina
Arenas con partículas de cuarzo	Suelos Orgánicos
Arena con bajo porcentaje de material orgánico	Gravas
Arena con partículas	

Fuente: INDECI (2003)

De acuerdo a su estratigrafía. De acuerdo a estudios realizados en base a los perfiles de suelo los cuales desarrollaron licuación durante ocurrencia sísmica en Japón (Ishihara 1979), se descubrió tres tipos de perfiles en las cuales es más probable que ocurra licuación:

Depósitos de arena: Arenas con diferentes composiciones granulométricas existentes hasta profundidades por lo menos de 20 metros.

Depósitos de arena intercalada: Constituidos por un estrato de arena de 3 a 10 metros a poca profundidad. Sobre este estrato de arena y por debajo de él, existen estratos de limo o arcilla. Estratos delgados de arena supra yaciendo sobre arenas gravosas: En tipo de estratos la licuación está asociada con la abundante agua artesiana del terreno.

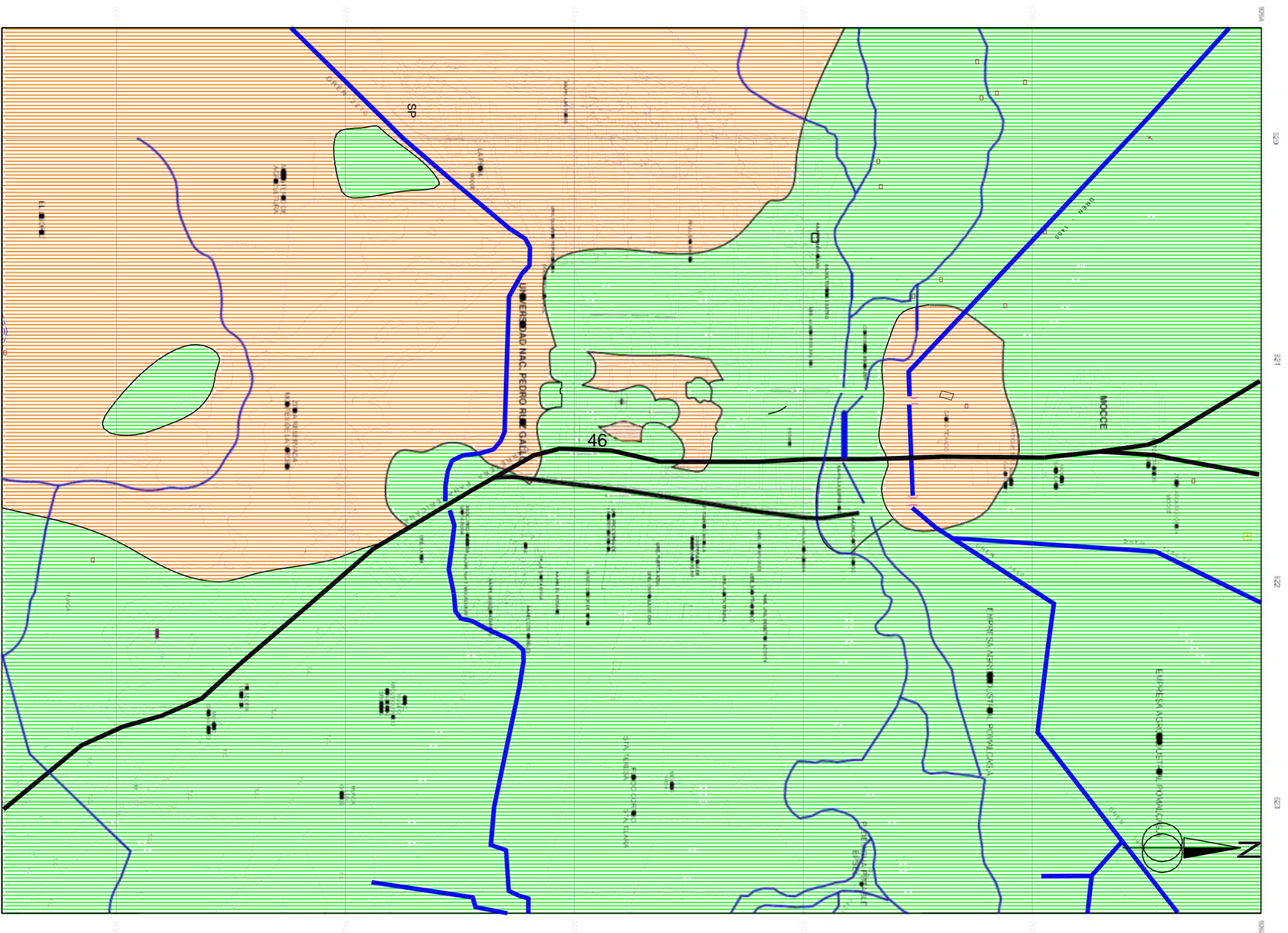
De acuerdo a la densidad de Arena. Cuando un estrato de arena se identifica que posee potencialmente el efecto de daño en vista de un perfil desfavorable como los descritos anteriormente, se debe examinar a continuación la densidad del estrato de arena. Una forma muy simple para evaluar el efecto de la densidad in-situ de la arena sería usar el valor de N del ensayo de penetración estándar. Para propósitos prácticos sería conveniente establecer algún valor crítico de N debajo del cual la licuación sea probable. Este valor crítico de N puede ser determinado por el procedimiento por Ishihara (1977), cuando se especifica la máxima aceleración horizontal en la superficie. Conociendo el nivel freático así como algunas características granulométricas tales como el D50 o el contenido de finos, se puede evaluar las relaciones de esfuerzos cíclicos a los cuales el depósito de suelo será sometido a diferentes profundidades durante un terremoto mediante metodologías simplificadas o analíticas. (pág.86)

INDECI, (2003) nos dice que:

Los suelos Licuables son aquellos constituido por material granular, con cambios de volumen bajo. Suelos con Capacidades Portantes de 0.5 a 1.0 kg/cm². El Nivel Freático está ubicado a una cota superficial de 1.00 – 2.00 m. Encontrándose este Tipo de Suelo en gran parte de la ciudad de Lambayeque y zonas de expansión urbana, actualmente utilizadas como áreas agrícolas. Destacándose los siguientes sectores: al norte de la ciudad de Lambayeque carretera a Piura, en el sector de los Grifos Texaco y Lambayeque y el Molino Gavimonte cercano al Dren 1400. Al centro de la ciudad en su antiguo casco urbano destacándose las calles Francisco Bolognesi, 28 de Julio, Emiliano Niño, 2 de Mayo, San Martín y Huamachuco y entre las calles Atahualpa, San Martín, 8 de Octubre y Huamachuco. Otro gran sector con estas características de suelo se encuentra ubicado al Oeste de la ciudad de Lambayeque, donde ubicamos al P.P.J.J. San Martín, A.A:H.H. Las Dunas, Urbanización Guardia Republicana, Fundo la Peña, sector del Nuevo Mocce, sector donde se encuentra ubicado la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo de Lambayeque, área destinada para la Urbanización de los Docentes universitarios, toda el Área Reservada de los Montes La Virgen, todo el sector al Sur – Oeste de la ciudad de Lambayeque perteneciente al Ministerio de Agricultura. (pág.87)

Considerando los eventos ocurridos a nivel mundial nos han servido de referencia para buscar soluciones y crear edificaciones más seguras.

LAMBAYEQUE

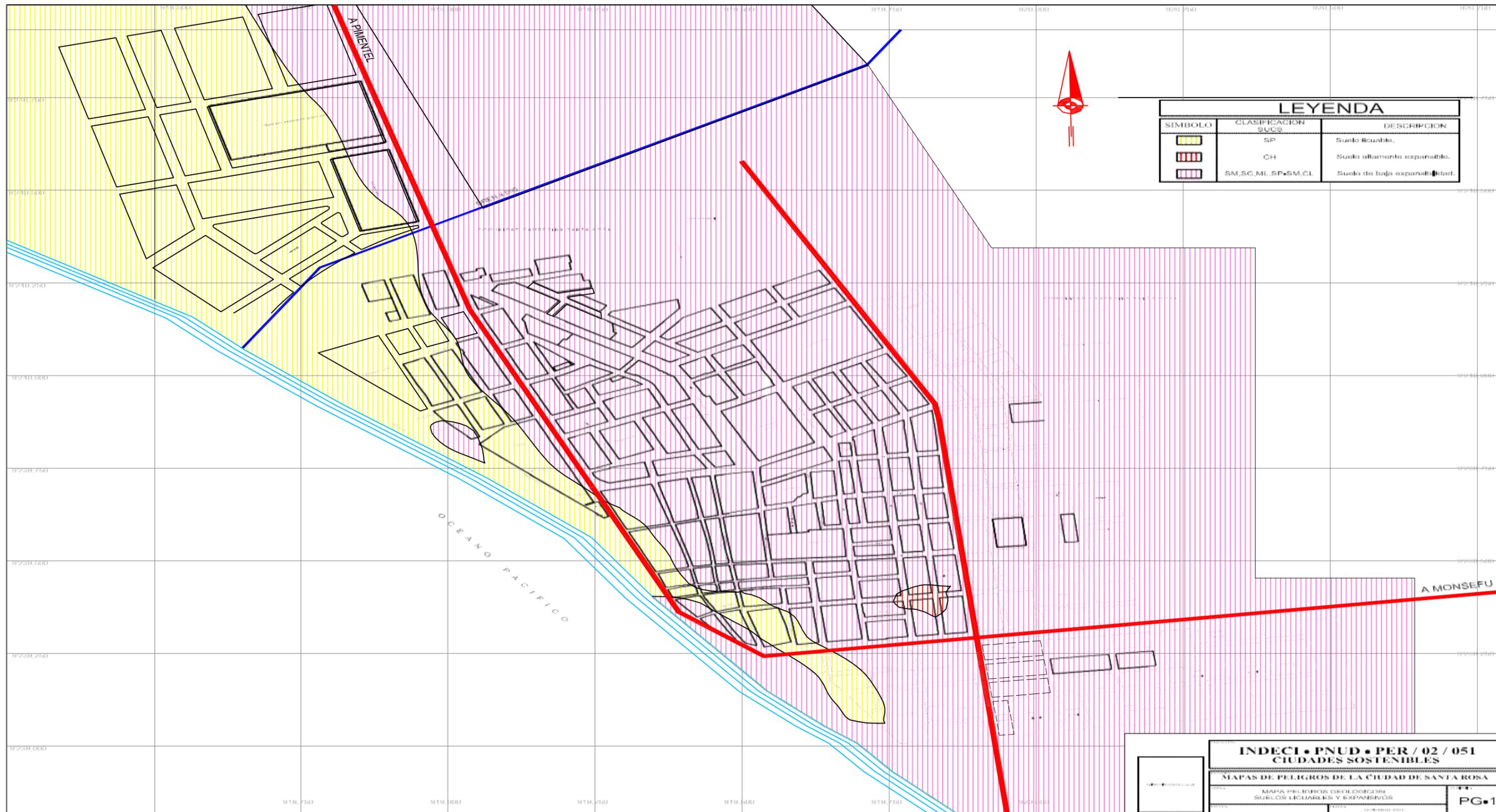


LEYENDA

CLASIFICACION SICS	DESCRIPCION
SP	SUELOS LUNAROS
SIG, SM, SM-SC, CL, ML, CH, MH	SUELOS LUNAROS



INDICI - PNED - PER / 02 / 051
CIDADES SOSTENIBLES
MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE LAMBAYEQUE
MAPA DE PELIGROS GEOLOGICOS: SUELOS LICUABLES
PLANO Nº LS-1



LEYENDA		
SIMBOLO	CLASIFICACION SUCS	DESCRIPCION
	SP	Suelo hinchable.
	CH	Suelo altamente expansible.
	SM, SC, ML, SP, SM, CL	Suelo de baja expansibilidad.

INDECI • PNUD • PER / 02 / 051	
CIUDADES SOSTENIBLES	
MAPAS DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE SANTA ROSA	
MAPA PELIGROS DE EXPANSION DE SUELOS LIGERAMENTE Y EXPANSIVOS	
PG•1	

1.2. Formulación del problema:

¿De qué manera se determina la susceptibilidad a la licuefacción de un suelo con características arenosas, con presencia de finos y nivel freático?

1.3. Delimitación de la Investigación

La investigación se realizó con un sondaje SPT en el Distrito de Santa Rosa, en 10 puntos seleccionados del distrito en mención que viene a representar a la población en estudio.

Para obtener las muestras fue necesario el empleo del equipo de SPT haciendo sondeo hasta 6 m y poder extraer muestras con el fin de ser examinadas en el laboratorio y así cumplir con los ensayos descritos en la investigación.

El tiempo de duración es de Abril – diciembre (9 meses).

1.4. Justificación e importancia

Los estudios en geotecnia son lo más importantes, debido a que el suelo es la base de todo tipo de obras civiles, por lo que es esencial realizar un estudio detallado para tener en cuenta el potencial de licuefacción al momento de diseñar dichas obras civiles.

Con el desarrollo de la investigación, se podrán obtener distintos beneficios, mencionados a continuación por cada aspecto:

1.4.1. Aspecto tecnológico

Permitirá que se puedan realizar diferentes métodos de mejora del terreno para mitigar el potencial de licuefacción en suelos con obras existentes y así tener identificadas las zonas más vulnerables del distrito en mención.

1.4.2. Aspecto social

El presente trabajo beneficia directamente a la municipalidad del distrito de Santa Rosa, otorgándoles un estudio y un mapa de zonificación, con el cual puedan tener conocimiento de las zonas donde los suelos son potencialmente licuables y el peligro que existiría de construir obras sobre este tipo de terreno y así poder proteger a sus habitantes.

1.4.3. Aspecto económico

Ayudaría a evitar pérdidas económicas producidas por obras que se destruirían debido a un fenómeno cíclico cerca de este tipo de suelos.

1.5. Limitaciones de la investigación

Una de las más grandes limitaciones que se tuvo en el desarrollo de la investigación es la restricción en el permiso que se nos brindó en la municipalidad de Santa Rosa, donde no se nos permitió realizar el sondaje en algunos puntos

Dentro de las limitaciones u obstáculos que hemos tenido ha sido la lejanía de los puntos uno del otro ya que se nos hacía difícil el transporte del equipo para realizar el ensayo, estos puntos seleccionados por el tipo de suelo que poseen y ese es el establecido en nuestra investigación.

1.6. Objetivos:

1.6.1. General

Determinar el potencial de licuefacción mediante el ensayo de penetración estándar (SPT), análisis granulométrico y límites de consistencia como prueba de terreno y permitir obtener, a partir de los datos de este ensayo el potencial de licuefacción del suelo.

1.6.2. Específicos:

a) Dar conocer los conceptos que rigen el fenómeno de licuefacción, así como la metodología usada para evaluar el potencial de licuefacción.

b) Evaluar el potencial de licuefacción de los suelos del Distrito de Santa Rosa con los métodos: Exploración del suelo (Ensayo de SPT), por la metodología de Seed Idriss.

c) Identificar las características topográficas, geológico, geotécnicas del suelo en el distrito de Santa Rosa.

d) Realizar mapas nuevos de sectorización sobre la evaluación del potencial de licuefacción del suelo.

e) Realizar calicatas para obtener perfiles estratigráficos del suelo en estudio y poder diferenciarlos.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

II. Marco Teórico:

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. A nivel internacional

Kramer y Stewart, (2004) citado por Santibáñez, (2006). Nos menciona que:

La licuefacción es un término usado para describir un rango de fenómenos en los cuales la resistencia y la rigidez de un depósito de suelos se reducen debido a un aumento de la presión de poros. Aunque es posible que la licuefacción se produzca por cargas estáticas, es más comúnmente inducida por cargas cíclicas. La licuefacción ocurre más comúnmente en arenas o arenas limosas sueltas, saturadas y limpias, pero también ha sido observada en gravas y limos poco plásticos. Fallas del terreno con características parecidas a fallas por licuefacción también han sido observadas en arcillas limosas de baja plasticidad. La licuefacción puede producir daño en un rango que va desde pequeños hundimientos y desplazamientos laterales, hasta deslizamientos de grandes masas de suelos. Además, puede causar grandes asentamientos o inclinaciones en fundaciones y estructuras de retención. (pág. 65)



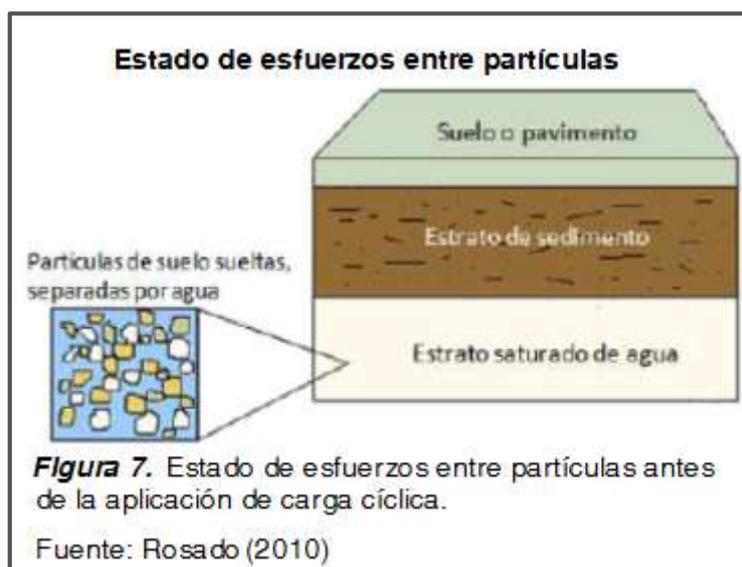
Alberro y Hernández, (2002) citado por Rosado, (2010) dice que:

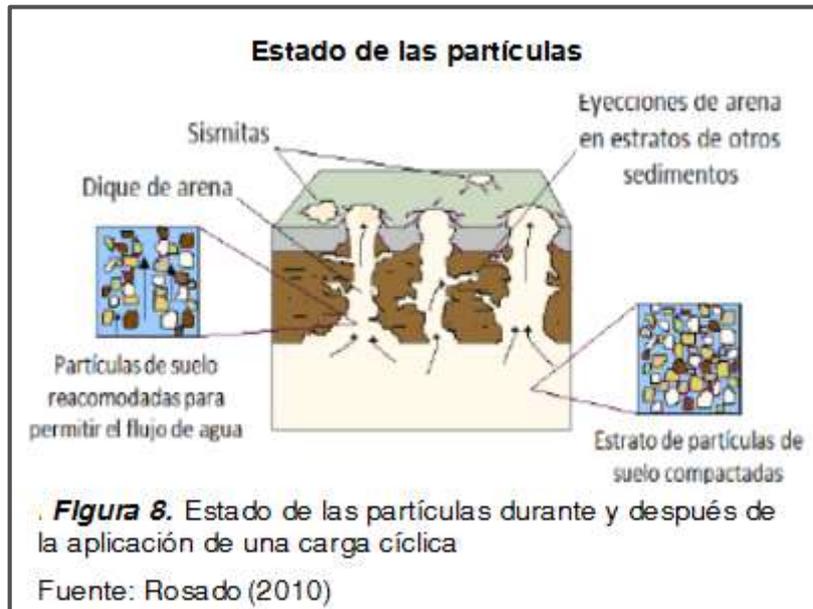
Un depósito de suelo consiste en un grupo de partículas individuales, cada una de ellas se encuentra en contacto con otras circundantes. Las partículas apoyadas entre sí producen fuerzas de contacto que las mantienen juntas y en su lugar, derivando en la estabilidad del suelo y proporcionándole resistencia, (figura N° 7).

Si se tiene un grupo de partículas de suelo no cohesivo, suelto y saturado, y se le aplica una carga violenta se genera la ruptura de su estructura. Al deteriorarse la estructura, las partículas se mueven libremente buscando la manera de formar una estructura más densa. Durante un sismo la aplicación de la carga es rápida y espontánea, no se da tiempo a que la estructura se reacomode lentamente y se expulse el agua contenida en los poros. Esto se ve acompañado de un incremento en la presión del agua (provocando la reducción de fricción entre partículas), al grado en que el suelo comienza a ablandarse y perder resistencia.

Las fuerzas de contacto entre partículas se vuelven mínimas debido sobre todo a la alta presión del agua. En casos extremos, la presión de agua es tan grande que las partículas se ven separadas y comienzan a moverse libremente en ésta, comportándose como un líquido viscoso más que como sólido (figura 8).

Antes de un terremoto, la presión del agua es relativamente baja. Al ocurrir un sismo, la presión del agua puede ser tan grande, que como se mencionó previamente, las partículas tengan la libertad de moverse, para posteriormente reacomodarse de manera estable. Actividades como voladuras o aquellas relacionadas con vibraciones del suelo también pueden generar un aumento en la presión del agua y por lo tanto fallamiento de éste. (pág.13).





2.2. Base teórico científica

2.2.1. Licuefacción

2.2.1.1. Definición

González, (2002) citado por Obando, (2009) nos define:

Este término como la posibilidad de que una zona quede afectada por un determinado proceso, expresada en diversos grados cualitativos y relativos. Depende de factores que controlan o condicionan la ocurrencia del proceso, que pueden ser intrínsecos a los propios materiales geológicos o externos. (pág.2)

Alfaro, (2002) nos dice que:

La licuefacción es un proceso natural mediante el cual determinados tipos de suelo pierden bruscamente su resistencia mecánica ante una carga dinámica rápida como puede ser un sismo. La pérdida de resistencia mecánica del suelo implica que este se comporta momentáneamente de modo similar a un fluido, siendo capaz de migrar generando importantes deformaciones en el terreno. (pág.5)

Reglamento Nacional de Edificaciones en la norma E 050, (2014) nos dice que:

En suelos granulares finos ubicados bajo la napa freática y algunos suelos cohesivos, las solicitaciones sísmicas pueden originar el fenómeno denominado licuación, el cual consiste en la pérdida momentánea de resistencia al corte del suelo, como consecuencia de la presión de poros que se genera en el agua contenida en sus vacíos originada en la vibración que produce el sismo. Esta pérdida de resistencia al corte genera la ocurrencia de grandes asentamientos en las obras sobre yacentes. (página 411).

2.2.2. Factores que influyen a la licuefacción

Alfaro, (2013) nos dice que la licuefacción está afectada por:

A. Origen del suelo. Los suelos depositados por procesos fluviales, litorales y eólicos se sedimentan fácilmente y sus granos tienen poca probabilidad de compactarse, de modo que se licuarán con facilidad. Los depósitos glaciales, generalmente, ya son bastante densos y tienen menor probabilidad de licuarse. Suelos compuestos por roca no son en absoluto licuables.

B. Distribución del tamaño de los granos: La arena uniformemente graduada, de grano muy grueso a medio tiene mayor probabilidad de licuarse, mientras que las arenas limosas finas lo hacen bajo cargas cíclicas muy severas.

C. Profundidad de las aguas subterráneas: Mientras más cerca de la superficie se encuentre el nivel de las aguas subterráneas (nivel freático), mayor será la probabilidad de que ocurra licuefacción.

D. Edad del depósito: Los suelos jóvenes (menos de 3.000 años) son débiles y no cohesivos, de modo que tienen mayor probabilidad de licuarse comparado con aquellos más antiguos donde han actuado procesos de compactación y cementación natural. Dichos procesos incrementan su resistencia.

E. Amplitud y duración de la vibración del terreno: La licuefacción de suelos bajo condiciones de tensión provocadas por un terremoto aumenta con la magnitud y la duración del sismo. Por esta razón, sismos pequeños licuarán únicamente los suelos más próximos al epicentro, mientras que ante un sismo de magnitud mayor será posible reconocer licuefacción a distancias muy grandes.

F. Peso del recubrimiento y profundidad del suelo: Las tensiones entre partículas aumentan a medida que aumenta la presión del

recubrimiento (a mayor profundidad). Mientras mayor sea dicha tensión menor será la probabilidad que ocurra licuefacción. Por lo general, la licuefacción ocurre a profundidades menores de 9 m y, rara vez, a mayores de 15 m. (pág.47)

2.2.3. Descripción del proceso del fenómeno de licuefacción

Henríquez, (2007) nos describe que:

La licuación es el fenómeno en el cual la resistencia y la rigidez de ciertos suelos, son reducidas por la acción sísmica u otro tipo de carga rápida.

La licuación y fenómenos relacionados a ella, han sido responsables de grandes daños en sismos históricos en todo el mundo. Esta ocurre en suelos teóricamente saturados, es decir, suelos cuyos espacios entre las partículas individuales que lo componen, están completamente llenos de agua. (pág.47)



2.2.4. Susceptibilidad de la licuefacción

2.2.4.1. Potencial de licuefacción

Kramer y Stewart, (2004) citado por Alfaro, (2013) nos dice que:

Existen tres enfoques principales para evaluar el potencial de licuefacción de un suelo, el enfoque basado en las tensiones, el enfoque basado en las deformaciones y el enfoque basado en la energía. Históricamente, el enfoque basado en las tensiones ha sido el más utilizado para la evaluación del potencial de licuefacción, mientras que los métodos basados en la energía han sido propuestos más recientemente.

De acuerdo al enfoque basado en las tensiones, la carga impuesta al suelo por el terremoto y la resistencia del suelo a la licuefacción son

caracterizadas en términos de tensiones de corte cíclicas. Este enfoque es útil porque las amplitudes de tensión cíclica pueden ser fácilmente obtenidas con exactitud y han sido verificadas, por observaciones en terreno, como un predictor conservador de licuefacción. Además, representa el enfoque clásico para la evaluación del potencial de licuefacción, pues ha sido suficientemente probado y validado como una aproximación práctica y útil para la evaluación, y por consiguiente su uso se ha mantenido en el tiempo y se recomienda al menos en el futuro cercano.

Dentro de este enfoque, el método más ampliamente usado para evaluar licuefacción es el procedimiento simplificado propuesto por Seed e Idriss en el año 1971. Este procedimiento se basa principalmente en observaciones empíricas y en datos obtenidos en laboratorio y en terreno. Ha sido continuamente refinado como resultado de nuevos estudios y del mayor número de historiales de licuefacción disponibles en la actualidad. (pág.48)

Según Green (2001) citado por Alfaro, F (2013), el procedimiento simplificado es presentado en términos de demanda, capacidad y factor de seguridad, donde demanda es la carga impartida al suelo por el terremoto, capacidad es la demanda requerida para iniciar la licuefacción o resistencia del suelo a la licuefacción, y el factor de seguridad se define como la razón entre capacidad y demanda. (pág.48).

Reglamento Nacional de Edificaciones en la norma E 050, (2014) nos dice que:

Para que un suelo granular sea susceptible a licuar durante un sismo, debe presentar las características siguientes:

- Debe estar constituido por arena fina, arena limosa, arena arcillosa, limo arenoso no plástico.
- Debe encontrarse sumergido. (página 41).

2.2.4.2. Factores de susceptibilidad para evaluar la licuefacción

Zapata, (2012) dice que:

La licuación está asociada con la tendencia de los granos a reacomodarse cuando estos son sujetos a esfuerzos cortantes; la susceptibilidad a la licuación se considera como la capacidad del suelo de resistir el reacomodo, donde las características de los granos del suelo (distribución, forma, composición y estado) controlan la susceptibilidad de los estos a licuarse. El conocimiento de la susceptibilidad a la licuación de los suelos es el punto de partida para determinar la probabilidad de ocurrencia de licuación. Para su evaluación se deben tomar en cuenta factores de tipo histórico, geológico, de composición y estado (geotécnicos). (pág.6)

a) Factores históricos

El estudio de Youd, (1984) citado por Zapata, (2012) revelo que:

En eventos sísmicos donde se ha presentado el fenómeno de licuación existe una alta posibilidad de la recurrencia del fenómeno en una misma zona, su estudio mostro que el fenómeno puede repetirse cuando las condiciones del suelo así como los niveles freáticos permanecen iguales ó en suelos de características semejantes. Estas condiciones se ven afectadas por dos factores importantes la compactación y el cortante, mismos que influyen en el desarrollo y recurrencia de los eventos de licuación. Generalmente la licuación de los suelos ocurre de la parte superior de la capa hacia el fondo de la misma y la compactación se desarrolla del fondo de la capa a la parte superior, este proceso se lleva a cabo durante un tiempo considerable, lo cual llega a generar zonas pobremente compactadas sobre la superficie de la capa de suelo; y la licuación se repetirá hasta que la compactación se haya completado. Por su parte el esfuerzo cortante producto de desplazamientos del suelo puede dilatar y empobrecer los suelos granulares en las zonas de cortante, generando en estas una alta o permanente susceptibilidad a licuación.

La recopilación de información de los eventos históricos, permite la localización de zonas con fallas por eventos de licuación para generar mapas de zonas donde la susceptibilidad de licuación es elevada. (pág.6)

b) Factores geológicos

Youd y Perkins, (1978) citado por Zapata, (2012) refieren que:

La susceptibilidad de los suelos a fallar o licuarse se ve afectada cualitativamente por factores como el proceso de sedimentación, la edad del depósito, la historia geológica, el nivel de aguas freáticas, pendiente del suelo y densidad. Observan que varios de estos factores afectan cualitativamente la susceptibilidad de estos a fallar o licuarse, Youd y Perkins (1978) a partir del estudio realizado por Youd y Hoose (1977), generan la tabla N^a 2. (pág.6)

Tabla 2

Estimación de susceptibilidad en depósitos sedimentarios a licuación durante movimientos sísmicos fuertes.

Tipo de deposito	Distribución general de los sedimentos poco cohesivos en depósitos.	Probabilidad de que los depósitos poco cohesivos, saturados, sean susceptibles de licuación (por edad geológica)			
		< 500 años	Holoceno	Pleistoceno	Pre Pleistoceno
(a) Deposito continentales					
Canal del rio	Localización variable	Muy alta	Alta	Baja	Muy Baja
Llanura de inundación	Localización variable	Alta	Moderada	Baja	Muy Baja
Abanico y llanura natural aluvial	Extendido	Moderada	Baja	Baja	Muy Baja
Terrazas marinas y llanuras	Extendido	---	Baja	Muy Baja	Muy Baja
Deltas y deltas abanico	Extendido	Alta	Moderada	Baja	Muy Baja
Lacustre y playa	Variable	Alta	Moderada	Baja	Muy Baja
Coluvial	Variable	Alta	Moderada	Baja	Muy Baja
Talud	Extendido	Baja	Baja	---	Muy Baja
Dunas	Extendido	Alta	Moderada	Baja	Muy Baja
Loess	Variable	Alta	Alta	Alta	---
Till glaciar	Variable	Baja	Baja	Muy Baja	Muy Baja
Tova	Poco comunes	Baja	Baja	Muy Baja	Muy Baja
Piroclasto	Extendido	Alta	Alta	---	---
Solidos residuales	Poco comunes	Baja	Baja	Muy Baja	Muy Baja
Sebka	Localización variable	Alta	Moderada	Baja	Muy Baja
(b) Zona de costa					
Delta	Extendido	Muy alta	Alta	Baja	Muy Baja
Estuario	Localización variable	Alta	Moderada	Baja	Muy Baja
Playa					
* Alta energía altomotriz	Extendido	Moderada	Baja	Muy Baja	Muy Baja
* Baja energía automotriz	Extendido	Alta	Moderada	Baja	Muy Baja
Sedimentos de lagunas	Localización variable	Alta	Moderada	Baja	Muy Baja
Costa	Localización variable	Alta	Moderada	Baja	Muy Baja
(c) Artificial					
Rellenos no compactados	Variable	Muy alta	---	---	---
Rellenos compactados	Variable	Baja	---	---	---

Fuente: Youd y Perkins, (1978) citado por Zapata, (2013)

Como se observa en la Tabla 2, los autores basan la susceptibilidad de los suelos a licuarse en la edad geológica y en el tipo de depósito, ya que los procesos geológicos por los cuales se generan suelos sueltos o de granulometría uniforme, dan como resultado suelos potencialmente licuables. Estos autores observaron que los depósitos jóvenes (menos

de 500 años) y aquellos correspondientes al Holoceno, presentan una mayor susceptibilidad que aquellos del Pleistoceno o Pre-pleistoceno, coincidiendo en que los depósitos aluviales y fluviales con niveles freáticos muy superficiales cuentan con una mayor susceptibilidad de licuarse. En base a esta información se generan mapas de susceptibilidad a licuación tomando en cuenta las características de sedimentación del suelo.

c) Factores de composición y estado del suelo (geotécnicos).

Zapata, (2012) nos explica:

Las características de los granos del suelo influyen en la susceptibilidad a la licuación. Arenas y gravas cuyos granos son redondeados y de tamaño uniforme se consideran altamente susceptibles a licuación, debido a que existe poca fricción entre granos y su acomodo es poco estable, por el contrario, suelos con granos de formas angulosas y bien graduados tienen mayor fricción entre partículas y un mejor arreglo entre granos debido a la diversidad de tamaños, lo que hace de estos suelos más estables y menos susceptibles a licuación.

El contenido de finos, especialmente los de tipo plástico genera en los granos de suelo suficiente adhesión que limita su capacidad de generar un arreglo más denso, con lo cual hace a los suelos menos susceptibles a la licuación.

El estado inicial del suelo, establecido por la densidad relativa y relación de vacíos, interviene en la susceptibilidad de los suelos a licuarse. Si el suelo cumple con todas las características mencionadas anteriormente, (factores históricos, geológicos y de composición), ocurrirá licuación si y solo si su estado inicial cumple con las características para el inicio de la misma.

La relación de vacíos y la densidad relativa de los suelos están ligadas a la deformación volumétrica y a la relación esfuerzo-deformación del suelo. En arenas sueltas (suelos con relaciones de vacíos grandes), cuando tiende a ocurrir un desplazamiento, las partículas no se traban entre sí, por lo que la resistencia que se opone a la deformación es solo de fricción. Por el contrario en arenas compactas (con relaciones

de vacíos pequeñas), la resistencia que se opone a la deformación es la fricción más todo el conjunto de efectos debidos a la trabazón de los granos entre sí, que se oponen a la tendencia al movimiento de los granos o al reacomodo de estos.

Zonas con suelos granulares que reúnen las características geológicas (edad, tipo de emplazamiento y NAF), de composición, (con granulometrías uniformes, formas redondeadas y con bajo contenido de material fino) y que además tienen las características de estado inicial necesarias para el desarrollo de licuación, se pueden considerar como de alta susceptibilidad a licuación. (pág.8)

d) Criterios basados en la composición del suelo:

Alfaro, (2013). La composición física de un suelo juega un importante papel en la determinación de su susceptibilidad de licuefacción. Las arenas uniformemente gradadas y limpias, compuestas principalmente de partículas redondeadas son intrínsecamente más susceptibles, mientras que los suelos bien gradados y los suelos con partículas angulares son menos susceptibles. La presencia de finos, particularmente finos plásticos ($IP > 10$), tiende a disminuir la susceptibilidad de licuefacción. (pág.9)

e) Criterios basados en el estado del suelo:

Alfaro, (2013). El potencial de licuefacción de un suelo también depende de su estado, como las tensiones efectivas a las que está sometido y su densidad in situ, ya que la tendencia de un terreno a densificarse, bajo condiciones de carga cíclicas, depende de su densidad y de las tensiones efectivas. Los suelos sueltos son bastante más susceptibles de licuefacción que los suelos densos y, para una densidad dada, los suelos bajo tensiones de confinamiento efectivas altas son más susceptible que los suelos bajo tensiones de confinamiento efectivas bajas. (pág.9)

2.2.4.3. Suelos susceptibles a la licuefacción

Para determinar si los suelos son susceptibles a la licuefacción hay que establecer ciertos criterios para evaluarlos, ya que no todos los suelos son susceptibles, por lo que Kramer y Stewart (2004) citado por Rodas E, (2011), establecieron ciertos criterios

básicos para evaluarlo, estos se explicaron anteriormente en el punto (2.3.4.2 Factores de Susceptibilidad para evaluar la licuefacción):

A. Suelos granulares

Brandes, (2003) citado Rodas, (2011) nos explica que:

El fenómeno de licuefacción generalmente se asocia con suelos no cohesivos o granulares, como resultado de una carga sísmica de suficiente intensidad y duración. Ocurre más comúnmente en suelos sueltos, saturados, granulares, uniformemente gradados y con un bajo contenido de finos. Aunque las arenas son especialmente susceptibles, la licuefacción también se puede desarrollar en algunos limos y gravas.

Las dos condiciones necesarias para que ocurra la licuefacción son, la presencia de suelos de densidad suficientemente baja, los que tienden a experimentar reducción de volumen, y un estado de saturación completa o casi completa. Bajo estas condiciones, los terrenos no cohesivos tienden a densificarse cuándo están sometidos a esfuerzos de corte cíclico, pero el cambio de volumen es impedido debido al drenaje restringido. Como resultado, el exceso de presión de poros se acumula, las tensiones efectivas se reducen, y el suelo pierde resistencia convirtiéndose a un estado licuado. Como la capacidad de los suelos de soportar las cargas producidas por las fundaciones está directamente relacionada con su resistencia, la licuefacción plantea un peligro serio para las estructuras y debe ser evaluada en zonas de riesgo sísmico donde existan depósitos susceptibles.

No todos los suelos granulares son propensos a presentar licuefacción. Como regla general, los depósitos de suelos no cohesivos con valores de resistencia a la penetración estándar corregida por profundidad $(N1)_{60} > 30$, son considerados de densidad suficiente como para no presentar riesgo de licuarse. (pág.10)

B. Suelos con presencia de finos

Kramer y Stewart, (2004) citado por Rodas, (2011) nos explica que:

Los suelos con presencia de finos también tienen un comportamiento similar a la licuefacción de las arenas, cuando presentan un grado de saturación del 100%, y son sometidas a cargas cíclicas, los criterios para

que estos suelos sean susceptibles a la licuefacción los propuso Wang en 1979, estos criterios son:

1. Fracción de arcilla (partículas menores de 0.005mm) \leq 15%.
2. Límite líquido, LL \leq 35%
3. Contenido de humedad natural \geq 0.9 LL
4. Índice de liquidez, LI \leq 0.75.

Si el suelo está dentro de estos parámetros, se deberá realizar pruebas para evaluar el potencial a la licuefacción. (pág.11)

2.2.5. Efectos de la licuefacción

Alfaro, (2013). El fenómeno de licuefacción se manifiesta en la superficie del terreno por la formación de grietas, hundimientos de terreno, asentamientos diferenciales de estructuras, “golpes de agua” (surgimiento de agua) y volcanes de arena. Los dos últimos son producto del súbito aumento de la presión de agua de poros ocasionada por la vibración, forzando a que este fluido fluya rápidamente a la superficie. Si el flujo asciende lo suficientemente rápido se generan “golpes de agua”. Al mismo tiempo, el agua ascendente puede transportar partículas de arena hasta la superficie donde son depositadas formando montículos de arena, a los que por analogía se les denomina “volcanes de arena”. (pág.6)

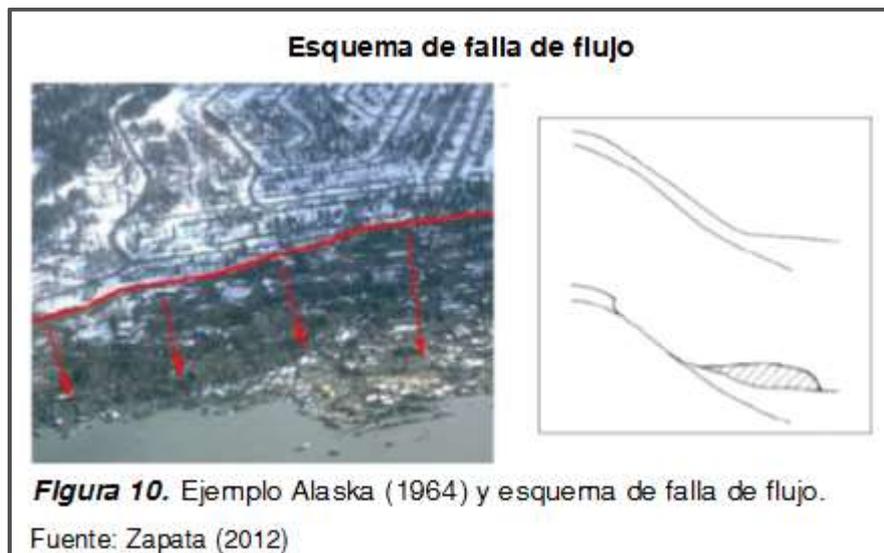
La pérdida de cohesión del suelo permite que este se pueda movilizar, diferenciándose varios tipos de desplazamientos asociados a la licuefacción:

a) Flujos de tierra: Alfaro, (2013). Los materiales del suelo se desplazan rápidamente cuesta abajo en un estado licuado, a veces causando coladas de barro o avalanchas (pág.7).

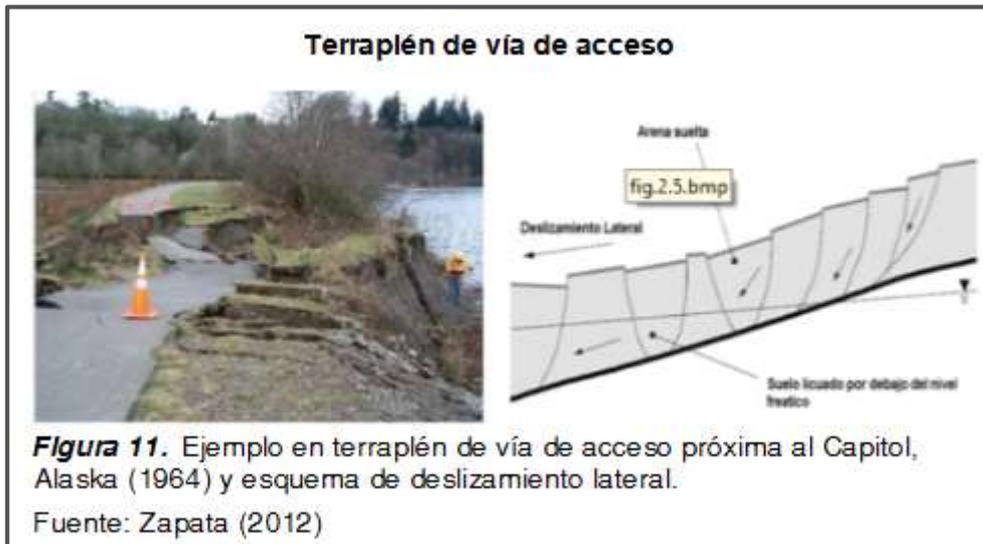
b) Flotación: Alfaro, (2013). Objetos enterrados en el suelo bajo licuación son desplazados. Es común que tanques, buzones o tuberías de alcantarillado ascienden a través del suelo y floten en la superficie (pág.7).

c) Fallas por flujo y deslizamientos: Zapata, (2012). Estas fallas comúnmente desplazan grandes masas de tierra decenas de metros, en algunos casos, grandes masas de tierra viajan decenas de kilómetros por

una pendiente prolongada. Los flujos pueden estar compuestos de suelo completamente licuado o bloques de material intacto sobre una capa de suelo licuado Figura 12. Estos flujos se desarrollan en arenas sueltas saturadas o limos en pendientes relativamente fuertes, por lo general con pendientes no mayores de 3 grados. Este tipo de falla es considerada una de las más catastróficas (pág.8).



d) Desplazamientos laterales: Zapata, (2012). El desplazamiento se produce en respuesta a la combinación de fuerzas gravitatorias y las fuerzas de inercia generadas por un terremoto. Los desplazamientos laterales ocurren en bloques extensos de suelo, como resultado de la licuación de una capa profunda. Se desarrollan en taludes de no más de 3 grados, y se mueven hacia una cara libre, ver Figura 19. La tierra desplazada normalmente se rompe internamente, causando grietas, escarpes y fosas que se forman en la superficie de falla. Los desplazamientos horizontales son bastante extensos y afectan con mayor severidad a tuberías, cimentaciones y puentes (pág.8).

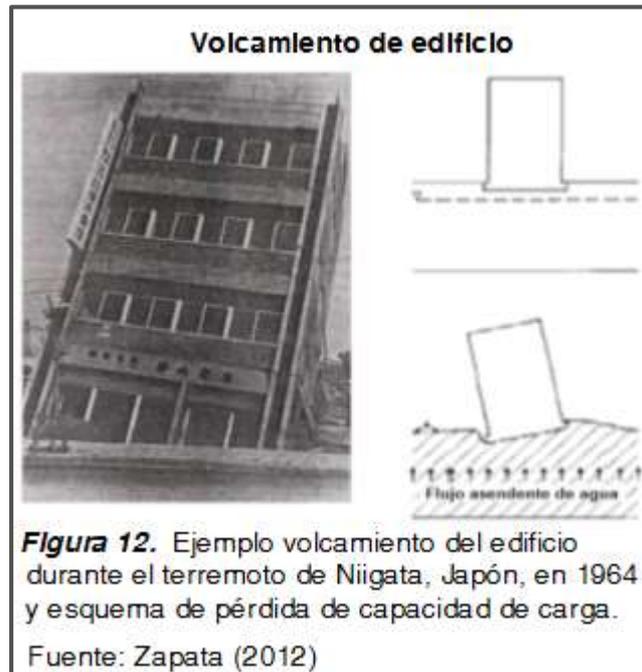


e) Pérdida de capacidad de carga y soporte por desplazamientos verticales

Zapata, (2012). Ocurre cuando el suelo que está soporta un edificio o una estructura sufre licuación, éste pierde resistencia y grandes deformaciones, las cuales pueden provocar el volcamiento de la estructura o solo asentamientos diferenciales o totales (pág.8).

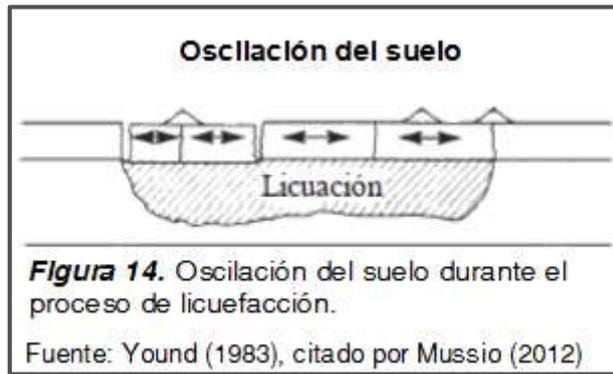
Mussio, (2012) nos explica que:

Cuando un suelo está soportando una estructura existe un equilibrio que mantiene la estabilidad debido a la capacidad de carga del suelo. Cuando el suelo sufre licuación, se produce una drástica disminución en la capacidad de carga debido a sus nuevas características del fluido. Dicha disminución puede llegar al punto en el cual el suelo ya no puede soportar a la estructura y entonces ocurren los asentamientos o inclinaciones de fallas. También puede ocurrir un efecto inverso, estructuras como tanques y pilas sufren flotación. (pág.26)



f) **Oscilación y volcanes de arena:** Zapata, (2012). Este tipo de falla ocurre donde el terreno es plano o su pendiente es casi nula, la licuación profunda provoca que las capas de suelo se desacoplen por movimientos hacia arriba y hacia abajo, hacia adelante y hacia atrás, como simulando ondas sísmicas, estas oscilaciones provocan fisuras en la superficie del suelo. También hay ocurrencia de volcanes de arena o sismitas que son flujos de agua con sedimentos que suben hacia la superficie como una forma de disipar el aumento en la presión de poro del suelo. (pág.9).





g) Incremento en la presión lateral sobre muros de retención

Mussio, (2012). Sí el suelo que se encuentra detrás de alguna estructura de contención se licua, entonces las presiones laterales sobre esa estructura pueden aumentar de manera considerable. Este efecto se produce debido a la pérdida de resistencia al corte del suelo, lo que lo convierte en un líquido de alta densidad que puede ejercer una presión lateral muy superior a la presión con la que el muro fue diseñado. Como consecuencia, los muros de contención tendrán desplazamientos laterales, inclinaciones o sufrirán fallas estructurales, como ha sido observado en muros junto al mar que contienen arenas saturadas. (pág.27).

h) Asentamientos: Mussio, (2012). Los asentamientos en las arenas son provocados por la densificación que sufren éstas después de un sismo. Este efecto está asociado a la disipación de presión de poro generada durante un sismo, provocando la densificación del suelo y en consecuencia ligeros asentamientos (Figura 2.9), que no causan daños tan severos como los producidos por las fallas de flujo o desplazamientos laterales. (pág.27).

Asentamientos del suelo



Figura 15. Asentamientos causados por la licuación durante el sismo de Niigata, Japón 1964.

Fuente: Steinbrugge, EERC, Universidad de California, Berkeley citado por Mussio Vanessa (2012)

El tiempo requerido para el asentamiento depende tanto de la permeabilidad como de la compresibilidad del suelo, así como de la distancia que debe recorrer el agua para drenarse, y puede durar desde poco minutos hasta aproximadamente un día.

i) Volcanes de arena: Mussio, (2012). La formación de volcanes de arena es una manifestación común de licuación. Estos volcanes son flujos de agua con sedimentos que suben hacia la superficie del terreno, debido a la mayor presión de poro presente en el suelo licuado (figura 24).

La presencia de materiales poco permeables en la superficie del terreno comúnmente determina la presencia de volcanes de arenas. (pág.28).



2.2.6. Estudios Previos para la evaluar el fenómeno de licuefacción.

2.2.6.1. Origen del suelo

Falcón y Ramírez, (2012) nos dicen que:

Los suelos depositados por procesos fluviales, litorales y eólicos se sedimentan fácilmente y sus granos tienen poca probabilidad de compactarse, de modo que se licuarán con facilidad. Los depósitos glaciales, generalmente, ya son bastante densos y tienen menor probabilidad de licuarse. Suelos compuestos por roca no son licuables.

Falcón y Ramírez, (2012). Establecieron criterios para evaluar la susceptibilidad a la licuefacción de acuerdo al origen del suelo como se detalla en la Tabla 3.

Tabla 3

Criterios de evaluación de la susceptibilidad de licuefacción de acuerdo al origen del suelo.

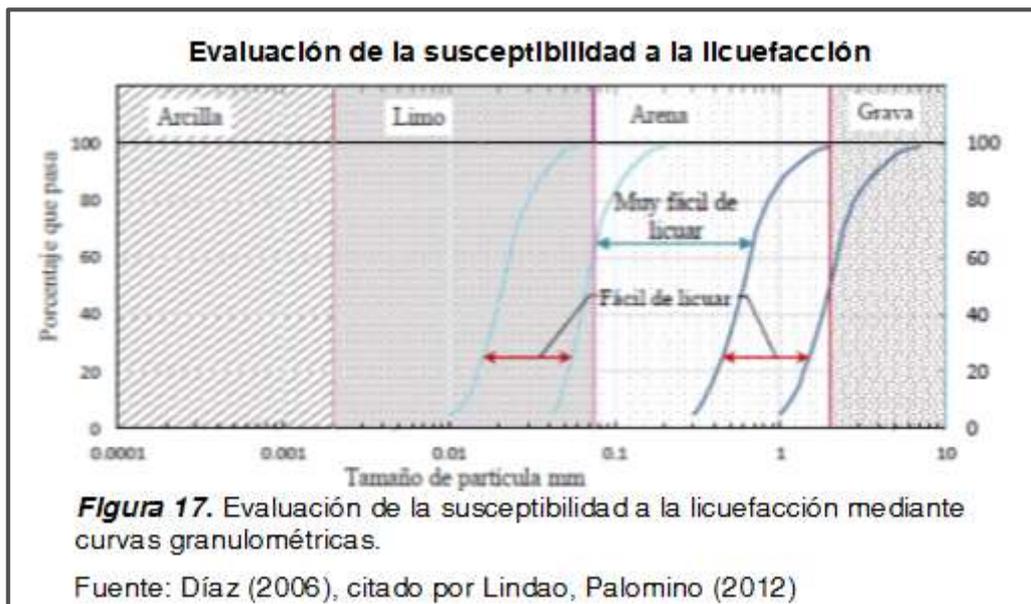
	Alto	Medio	Bajo	Nulo
	3	2	1	0
Depósitos no consolidados				Roca
Origen del suelo	Depósitos sedimentarios litorales actuales.	Depósitos coluviales y de remociones en masa	Terrazas marinas fluviales lacustres y de remoción en masa	
	Depósitos fluviales activos		Depósitos glaciofluviales, morrénicos y fluvioglaciales	
	Depósitos lacustres y de remoción en masa			
	Rellenos antrópicos (relaves)			
	Depósitos eólicos y deltaicos			

Fuente: Falcón y Ramírez (2012).

2.2.6.2. Distribución del tamaño de los granos.

Falcón y Ramírez, (2012), nos dice que:

La arena uniformemente graduada, de grano muy grueso a medio tiene mayor probabilidad de licuarse, mientras que las arenas limosas finas y las gravas lo hacen bajo cargas cíclicas muy severas.



2.2.6.3. Profundidad del nivel freático.

Lara N, (2013) nos explica que: Puede ocurrir licuefacción si existe agua subterránea en el punto de la columna del suelo donde se está produciendo la densificación. Mientras menor sea la profundidad, menor será el peso del recubrimiento del suelo y el potencial de que ocurra densificación. Por tanto, mientras menor sea el nivel de las aguas subterráneas, mayor será la probabilidad de que ocurra licuefacción. (pág. 16)

2.2.6.4. Edad del depósito

Falcón y Ramírez, (2012). Los terrenos con una edad menor de 3.000 años, están más propensos a licuarse debido a que son frágiles y no cohesivos comparado con aquellos más antiguos donde han actuado procesos de compactación y cementación natural. Dichos procesos incrementan su resistencia.

2.2.6.5. Amplitud y duración de la vibración del terreno.

Falcón y Ramírez, (2012). Las condiciones de tensión provocadas por un terremoto aumentan la licuefacción del suelo de acuerdo a la magnitud y duración del sismo. Por esta razón, sismos pequeños licuarán únicamente los suelos más próximos al epicentro, mientras que ante un sismo de magnitud mayor será posible reconocer licuefacción a distancias muy grandes.

Santucci de Magistris, (2013) citado por Lindao Vanessa y Polonio, (2012) en base a un registro de más de 201 estudios de casos, sugirieron los siguientes criterios de aceleración para evaluar la susceptibilidad a la licuefacción que se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4

Evaluación de susceptibilidad de licuefacción basada en la aceleración.

	Máxima
Aceleración para producir Licuefacción	0.42 g

Nota: Donde g es la gravedad medida en m/seg²

Fuente: RNE, Norma E-050

2.3.6.6. Profundidad del suelo.

Falcón y Ramírez, (2012), dice que:

Las tensiones entre partículas aumentan a medida que aumenta la presión del recubrimiento (a mayor profundidad).

Mientras mayor sea dicha tensión menor será la probabilidad que ocurra licuefacción. Por lo general, se ha observado que la licuefacción ocurre a profundidades menores de 9 m y, rara vez, a mayores de 15 m.

2.2.7. Métodos de evaluación del potencial de licuefacción

Una vez realizado los estudios previos y determinado el grado de susceptibilidad del suelo a la licuefacción se procede a la evaluación del potencial que tiene un suelo para iniciar la licuefacción, con el método elegido en la presente investigación.

2.2.7.1. Método basado en el número de golpes del ensayo del SPT

2.2.7.1.1. Calculo del Potencial de Licuefacción mediante el empleo del Método de Seed & Idriss, (1971, 1982).

Henríquez, (2007). A partir del estudio del comportamiento (licuación-no licuación) de los suelos arenosos saturados, durante varios terremotos en distintas partes del mundo, Seed y otros, lograron establecer una correlación entre la resistencia a la licuación y las características del terreno, expresadas fundamentalmente, a través del número de golpes en el ensayo de penetración estándar (SPT).

Lindao Vanessa y Polonio Marina (2012) nos dice que el cálculo del potencial de licuación de un suelo, está en función de dos variables: en la demanda sísmica del suelo, expresada en términos de la relación de esfuerzo de corte cíclico (CSR), y en la capacidad del suelo para resistir la licuación, expresada en términos de la relación de resistencia cíclica (CRR).

A. Factor de reduccion (rd) de las tensiones, debido a flexibilidad del suelo (profundidad)

Para determinar el factor del coeficiente de reduccion rd, existen diferentes fórmulas basadas en el valor de la profundidad z dada en metros, que es la misma profundidad que se utiliza para calcular las tensiones verticales total y efectiva. Como la fórmula empírica propuesta por Iwasaki, (1978):

$rd = 1 - 0.0765z$ Ecuación N° 1

Youd e Idriss (1997), propusieron las siguientes fórmulas de acuerdo a diferentes profundidades de z.

$rd = 1 - 0.0765z$	para $z \leq 9.5$ Ecuación N°2
$rd = 1.174 - 0.02670z$	para $z 9.15 < z \leq 23$..... Ecuación N°3
$rd = 1.174 - 0.00800z$	para $z 23 < z \leq 30$.....Ecuación N°4
$rd = 0.5$	para $z > 30$.....Ecuación N°5

Donde Z: profundidad a evaluar el potencial de licuefacción.

B. Calculo de las tensiones totales y efectivas.

Las tensiones se calculan mediante las siguientes formulas:

Tensión total:

$\sigma = \sum \gamma * Z$ Ecuación N° 6

Donde:

σ = Tension total o vertical (Ton/m2)

γ = Peso específico del estrato (Ton/m2)

z = Profundidad de análisis (m)

Tensión intersticial:

$\mu = \gamma_w * (Z - NF)$ Ecuación N° 7

Donde:

μ = Tensión intersticial (Ton/m²)

γ_w = Peso específico del agua (Ton/m²)

Z = profundidad de análisis (m)

NF = Profundidad del nivel freático (m)

Tensión efectiva:

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

Ecuación N° 8

σ' = Tension efectiva (Ton/m²)

σ = Tension vertical total (Ton/m²)

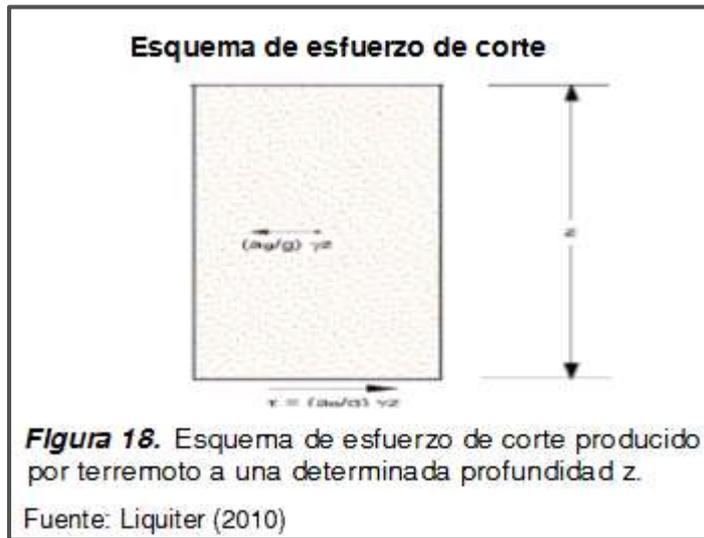
μ = Tensión intersticial (Ton/m²)

C. Relación de esfuerzo de corte cíclico, CSR

Para conocer la demanda sísmica del suelo se utiliza el enfoque de esfuerzo cíclico, la carga se caracteriza en relación de esfuerzo de corte cíclico CSR o llamado también relación de esfuerzo de corte sísmico SSR, cuando es causado por un terremoto.

La relación de esfuerzo de corte cíclico CSR es el nivel de carga dinámica impuesta por un movimiento sísmico en un suelo, por lo que se debe conocer la amplitud, frecuencia y la duración del movimiento cíclico al que es sometido.

Seed e Idriss, (1971). Propusieron un simple procedimiento para poder determinar el esfuerzo de corte cíclico, basado en la hipótesis de una propagación vertical de ondas sísmicas de corte, una columna de terreno con altura z . (Figura N° 20), se mueve rígidamente en dirección horizontal y por lo tanto el esfuerzo de corte máximo (t_{max}) a la profundidad z es dado por:



$$\tau_{\max} = \left| \frac{a_{\max}}{g} \gamma z \right|$$

Ecuación N° 9

Donde:

a_{\max} = Aceleración máxima en superficie

g = gravedad

γ = Peso seco del terreno.

Como en la realidad el terreno es deformable, el esfuerzo de corte es menor que en la hipótesis de cuerpo rígido y por lo tanto es necesario introducir un coeficiente de reducción r_d .

Normalizando la expresión con la presión vertical efectiva (σ'_{v0}) y la presión vertical total (σ_{v0}) y con referencia a un valor de esfuerzo de corte medio (τ_{av}) en vez del valor máximo.

Se obtiene la relación de esfuerzo de corte cíclico (CSR), mediante la siguiente expresión:

$$CSR = \left(\frac{\tau_{av}}{\sigma'_{v0}} \right) = 0.65 \cdot \left(\frac{a_{\max}}{g} \right) \cdot \left(\frac{\sigma_{v0}}{\sigma'_{v0}} \right) \cdot r_d$$

Ecuación N° 10

Donde:

τ_{av} = es la tensión de corte promedio.

a_{max} = aceleración pico horizontal en la superficie del terreno generada por el sismo.

g = aceleración de la gravedad

σ_{v0} y σ'_{v0} = son las tensiones totales y efectivas verticales respectivamente

rd = coeficiente de reducción de tensiones, debido a la flexibilidad del suelo.

El método Seed & Idriss, (1982) es el más notorio y el método más utilizado; requiere solo el conocimiento de pocos parámetros geotécnicos como la granulometría, el número de golpes en la prueba de campo del SPT, la densidad relativa.

D. Corrección del Valor N1(60)

Otros factores que influyen en los resultados de la SPT se indican en la Tabla 5 y 6. La siguiente ecuación incorpora las correcciones de número de golpes SPT:

$$(N_1)_{60} = N_m * C_N * C_E * C_B * C_R * C_S \quad \text{Ecuación N° 11}$$

Donde los factores de corrección son los siguientes:

N_m = Numero de golpes SPT, la resistencia a la penetración estándar media del campo.

C_N = Factor de normalización del esfuerzo efectivo vertical de referencia de 100 kPa (Seed , Idriss (1982).

P_a = Presión atmosférica expresada en la misma unidad de σ'_{v0}

σ'_{v0} = Esfuerzo normal vertical efectivo, referido a la superficie del suelo.

$C_N \leq 1.7$ (MAX = 2.0, National Center for Earthquake Engineering Research, NCEER, Youd, Idriss 1997, pero se reduce a 1.7).

Tabla 5

Fórmulas para el valor del CN

AUTOR	AÑO	CN	UNIDADES σ_v
-------	-----	----	---------------------

Teng	1962	$C_N = \frac{50}{10 + \sigma'_v}$	psi
Bazara	1967	$C_N = \frac{4}{1 + 2\sigma'_v} \dots \dots \dots \sigma'_v \leq 1.5$ $C_N = \frac{4}{3.25 + 0.5\sigma'_v} \dots \dots \dots \sigma'_v > 1.5$	ksf
Peck, Hanson and Thornburn	1974	$C_N = 0.77 \log_{10} \frac{20}{\sigma'_v}$	Kg/cm ²
Seed	1976	$C_N = 1 - 1.25 \log_{10} \sigma'_v$	Kg/cm ²
Tokimatsu and Yoshimi	1983	$C_N = \frac{1.7}{0.7 + \sigma'_v}$	Kg/cm ²
Liao and Whitman	1986	$C_N = \sqrt{\frac{1}{\sigma'_v}}$	Kg/cm ²

Tabla 6
Correcciones a SPT

FACTOR	VARIABLE DE EQUIPO	TERMINO	CORRECCION
Presión Vertical Normal Efectiva	N/A	C_N	$(Pa/\sigma'_{v0})^{0.5}$
Presión Vertical Normal Efectiva	N/A	C_N	$C_N \leq 1.7$
Relación de Energía	Martillo Tipo Dona	C_E	0.5 – 1.0
Relación de Energía	Martillo de Seguridad	C_E	0.7 – 1.2
Relación de Energía	Martillo Automático Tipo Dona	C_E	0.8 – 1.3
Diámetro de la Perforación	65 – 115 mm	C_B	1.00
Diámetro de la Perforación	150 mm	C_B	1.05
Diámetro de la Perforación	200 mm	C_B	1.15
Longitud de la Barra	< 3 m	C_R	0.75
Longitud de la Barra	3 – 4 m	C_R	0.80
Longitud de la Barra	4 – 6 m	C_R	0.85
Longitud de la Barra	6 – 10 m	C_R	0.95
Longitud de la Barra	10 – 30 m	C_R	1.00
Muestreo	Muestreador Estándar	C_S	1.00
Muestreo	Muestreador sin Ademe	C_S	1.1 – 1.3

Fuente: Skempton (1986)

Pueden utilizarse cualquiera de las dos expresiones para las $\sigma'_{v0} < 200$ kPa. El esfuerzo vertical efectivo (σ'_{v0}) debe tomarse el existente, durante el instante de la perforación. Para las $\sigma'_{v0} > 200$

kPa, la segunda expresión se debe aplicar. Para las profundidades mayores que las verificadas con el método simplificado empírico, deben utilizarse otros métodos como es análisis dinámico basado en el muestreo inalterado y pruebas dinámicas de laboratorio.

C_E = factor de reducción de energía de martillo (E_R), que cae sobre el muestreador del SPT. El usual E_R es de 60%, resultando ($C_E = E_R/60$)

C_B = factor de corrección por el diámetro de la perforación,

C_R = factor de corrección por la longitud de la barra,

C_S = factor de corrección para los muestreadores con y sin ademe.

E. Corrección por contenidos de finos

$$(N_1)_{60cs} = \alpha + \beta(N_1)_{60} \quad \text{Ecuación N}^\circ$$

12

Donde α y β son coeficientes, que dependen del contenido de finos, y cuyos valores se presentan en la Tabla N 5.

Tabla 7

Valores de α y β en función del contenido de finos.

Contenido de finos (FC)	α	β
FC ≤ 5 %	0	1
5 % < FC ≤ 35 %	$1.76 - \frac{190}{FC^2}$	$0.99 - \frac{FC^{1.5}}{1000}$
FC > 35 %	5.0	1.2

Fuente: Ing. García (2007).

Análisis comparativo del fenómeno de licuación en arenas.

Aplicación a Tumaco (Colombia)

Donde, FC es el contenido de finos medido en el laboratorio en la prueba de granulometría del material.

La fórmula dada para el cálculo del valor de CRR, es válido para sismo de magnitud $M_w = 7.5$.

F. Cálculo de la relación de resistencia cíclica (CRR)

Para conocer la capacidad del suelo para resistir la licuación, se usa el enfoque de la relación de resistencia cíclica (CRR), que está definida como la relación de resistencia en un instante antes que dé inicio la licuefacción.

El valor de CRR es calculada en función de la magnitud, el número de golpes, la presión vertical efectiva y el peso específico del suelo, se calcula inicialmente el número de golpes corregido a la profundidad z deseada mediante la siguiente expresión:

$$(N_1)_{60} = C_N \cdot N_{60} \quad \text{Ecuación N}^\circ \text{ 13}$$

Donde:

N_{60} = Número de golpes del ensayo del SPT corregido por factor de energía del orden del 60%.

C_N = Coeficiente correctivo.

Para el cálculo del valor de C_N , varios autores han deducido ciertas expresiones de acuerdo a estudios realizados:

Expresión deducida por Bazaraa, (1967).

$\text{Para } \frac{\sigma'_{vo}}{Pa} \leq 0.75$ $C_N = \frac{4}{1 + 4 \left(\frac{\sigma'_{vo}}{Pa} \right)}$ <p style="text-align: center;">Ecuación N° 14</p>	$\text{Para } \frac{\sigma'_{vo}}{Pa} > 0.75$ $C_N = \frac{4}{3.25 + \left(\frac{\sigma'_{vo}}{Pa} \right)}$ <p style="text-align: center;">Ecuación N° 15</p>
--	--

Expresión deducida por Peck *et al.*, (1974).

$$C_N = 0.77 \text{Log} \left(\frac{20}{\frac{\sigma'_{vo}}{Pa}} \right) \quad \text{para } \frac{\sigma'_{vo}}{Pa} \geq 0.25 \quad \text{Ecuación N}^\circ$$

16

Expresión deducida por Seed and Idriss, (1975).

$$C_N = 1 - 1.25 \text{Log} \left(\frac{\sigma'_{vo}}{Pa} \right) \quad \text{Ecuación N}^\circ$$

17

Expresión deducida por Lio & Whitman, (1986)

$$C_N = \left(\frac{Pa}{\sigma'_{vo}} \right)^{0.5} \quad \text{Ecuación N}^\circ$$

18

La expresión deducida por Skempton, (1986).

<p>Normalmente consolidados</p> <p>Para arenas Finas Para arenas gruesas</p> $C_N = \frac{2}{\left(1 + \frac{\sigma'_{vo}}{Pa}\right)} \quad C_N = \frac{1.7}{\left(2 + \frac{\sigma'_{vo}}{Pa}\right)}$ <p>Ecuación N° 19</p>	<p>Sobre consolidados</p> <p>Para arena</p> $C_N = \frac{1.7}{\left(0.7 + \frac{\sigma'_{vo}}{Pa}\right)}$ <p>Ecuación N° 20</p>
--	---

La expresión deducida por Kayen *et al.*, (1992).

$$C_N = \frac{2.2}{\left(1.2 + \frac{\sigma'_{vo}}{Pa}\right)} \quad \text{Ecuación N}^\circ 21$$

Donde:

Pa = Presión atmosférica expresada en la misma unidad de la presión vertical efectiva.

En el Workshop de 1997, se recomienda utilizar la fórmula propuesta Kayen, (1992). Para el valor de CN, y además que los valores no deben ser mayores de 2 para depósitos muy superficiales.

Para arenas limpias la relación de resistencia cíclica (CRR), se la puede determinar con la expresión deducida por Thomas Blake:

$$CRR_{7.5} = \frac{a+cx+ex^2+gx^3}{1+bx+dx^2+fx^3+hx^4} \quad \text{Ecuación N° 22}$$

Donde los términos de la ecuación están dados por:

$x = (N_1)_{60}$	$a = 0.048$	$b = -0.1248$
$c = -0.004721$	$d = 0.009578$	$e = -0.0006136$
$f = -0.0003285$	$g = -1.673x10^{-5}$	$h = 3.714x10^{-6}$

Esta ecuación es válida para valores de $(N_1)_{60} < 30$. En estudios posteriores, Robertson y Wride indicaron que esta ecuación no era aplicable para valores $(N_1)_{60} < 30$, por lo que su uso tenía ciertas limitaciones, ya que las arenas limpias son muy densas y se clasifican como licuables.

Kramer y Stewart, (2004) indican y recomiendan que:

Para el cálculo de CRR, en arenas limpias se use la ecuación desarrollada por Youd, (2001):

$$CRR_{7.5} = \frac{1}{34-(N_1)_{60}} + \frac{(N_1)_{60}}{135} + \frac{50}{[10(N_1)_{60}+45]^2} - \frac{1}{200} \quad \text{Ecuación N° 23}$$

La expresión determinada es válida para para valores $(N_1)_{60} < 30$.

Para arenas limosas o arcillosas el valor de valores $(N_1)_{60}$, se debe corregir con la expresión desarrollada por Idriss con la asistencia Seed, para obtener el equivalente de $(N_1)_{60cs}$.

Idriss y Boulanger (2004):

$$(CRR)_{M=7.5} = \exp\left[\frac{(N_1)_{60CF}}{14.1} + \left(\frac{(N_1)_{60CF}}{126}\right)^2 - \left(\frac{(N_1)_{60CF}}{23.6}\right)^3 + \left(\frac{(N_1)_{60CF}}{25.4}\right)^4 - 2.8\right] \quad \text{Ecuación N° 24}$$

G. Corrección de escala de magnitud para valores de CSR y CRR para magnitudes de sismo diferentes a Mw=7.5

Como se explicó y determinó en las ecuaciones deducidas anteriormente son para magnitudes $M_w = 7.5$. Para el cálculo de magnitudes distinta es necesario multiplicar por el factor correctivo denominado factor de escala de magnitud (MSF).

Para el valor de CRR tenemos:

$$CRR = CRR_{7.5} \times MSF \quad \text{Ecuación N}^\circ 25$$

Y para el valor de CSR:

$$CSR = \frac{CSR_{7.5}}{MSF} \quad \text{Ecuación N}^\circ 26$$

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

Los factores correctivos MSF, fueron obtenidos por varios investigadores en diversos estudios, los cuales recomiendan utilizar los valores que se presentan en la Tabla N 8.

Tabla 8

Magnitud	MSF
5.5	2.20 – 2.80
6.0	1.76 – 2.10
6.5	1.44 – 1.60
7.0	1.19 – 1.25
7.5	1.00
8.0	0.84
8.5	0.72

Factor de escala de magnitud (MSF).

Fuente: Santibáñez (2006).

Determinación del potencial de licuefacción de suelos no cohesivos saturados bajo cargas sísmicas usando el ensayo de penetración estándar.

Para aplicaciones computacionales, se puede utilizar valores promedio dentro del rango recomendado, estos valores pueden ser obtenidos para cualquier magnitud usando la siguiente ecuación:

$$MSF = \left(\frac{7.5}{M}\right)^n \quad \text{Ecuación N}^\circ 27$$

Donde:

M = Magnitud del sismo.

n = Factor de magnitud.

El valor de n está definido de acuerdo a lo expuesto por Kramer Y Stewart, (2004).

E	$n = 2.93$	<i>Para $M \leq 7.5$</i>
	$n = 2.56$	<i>Para $M > 7.5$</i>

En el caso de $CRR_{7.5}$ se corregirá de la siguiente manera, agregando un valor de corrección por presiones efectivas mayores a 10 Tn/m^2 .

$$CRR_M = CRR_{7.5} * K_\sigma * MSF \quad \text{Ecuación N}^\circ 28$$

$$K_\sigma = 1 - C_\sigma * \ln\left(\frac{\sigma'_v}{Pa}\right) \leq 1 \quad \text{Ecuación N}^\circ 29$$

Se corrige para presiones efectivas mayores a 10 Tn/m^2

$$C_{\sigma} = \frac{1}{18.9 - 2.55 * \sqrt{(N_1)_{60}}} \leq 0.3 \dots\dots\dots \text{Ecuación N° 30}$$

Factor correctivo **MSF** para CRR_M ver Tabla 9 donde presenta el valor de este factor obtenido por varios investigadores, de entre ellos **Seed H. B. e Idriss I. M (1982)**.

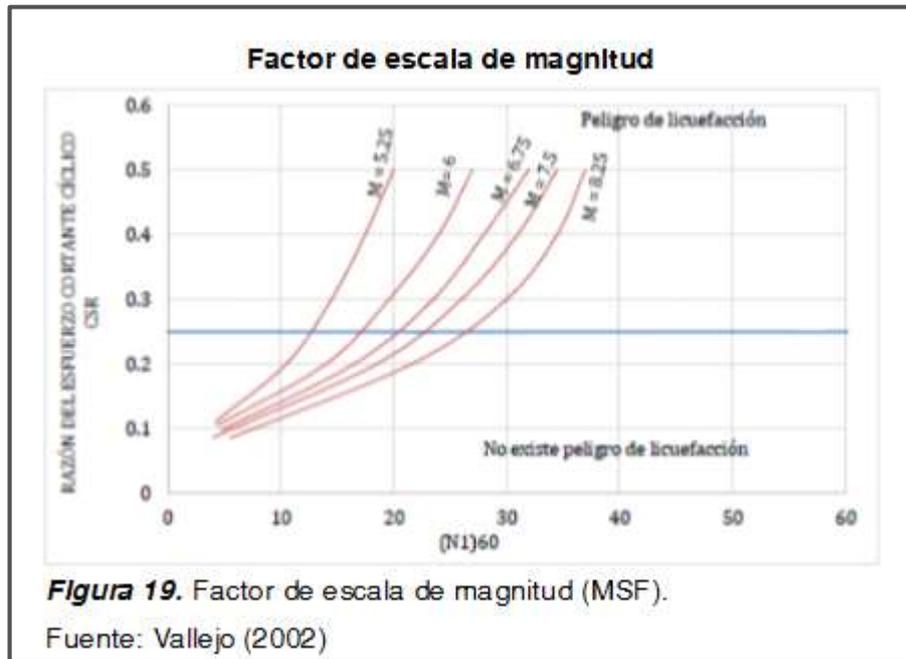
Tabla 9

Factor de escala de magnitud derivada de varios investigadores

Magnitud	Seed H.B & Idriss I.M (1982)	Ambraseys N.N (1988)	NCEER (seed R.B et al) (1997-2003)
5.5	1.43	2.86	2.21
6.0	1.32	2.20	1.77
6.5	1.19	1.69	1.44
7.0	1.08	1.30	1.19
7.5	1.00	1.00	1.00
8.0	0.94	0.67	0.84
8.5	0.89	0.44	0.73

H. Cálculo del potencial de licuefacción o factor de seguridad

Vallejo, (2002) indica que: A partir de datos experimentales se puede estimar si el suelo es susceptible de licuefacción. Calculando el valor de CSR para un valor $(N_1)_{60}$, en la Ilustración 3.5, se indica si existe o no el peligro a la licuefacción para varias magnitudes.



Una vez obtenido los valores de la relación de la resistencia cíclica (CRR) y la relación de tensión cíclica (CSR), se puede obtener un factor de seguridad a la licuefacción (FS) que se la calcula mediante la siguiente expresión:

$$F_s = \frac{CRR}{CSR} \qquad \text{Ecuación N° 31}$$

En el cual si el factor de seguridad a la licuefacción resulta:

$$F_s < 1.30$$

Significa que el suelo es propenso al fenómeno de licuefacción, sin embargo, un suelo con un factor de seguridad ligeramente superior a 1, podría licuarse durante un terremoto. En general, se considera seguro un valor del factor de seguridad mayor que 1.3. (Idriss, 2001). El factor de seguridad va aumentado conforme la profundidad, por lo que disminuye la probabilidad a la licuefacción.

La Tabla 10, proporciona una guía generalizada acerca de los factores de seguridad mínimos, que se deberán calcular, dependiendo del número de golpes corregido del SPT obtenidos en campo, para arenas limpias.

Tabla 10

Factor de seguridad recomendado para evaluar la susceptibilidad a la

Efectos de la licuefacción	$(N_1)_{60}$	F_s
Asentamientos	≤ 15	1.10
	≥ 30	1.00
Manifestación superficial	≤ 15	1.20
	≥ 30	1.00
Deslizamientos laterales	≤ 15	1.30
	≥ 30	1.00

licuefacción.

Fuente: State Mining and Geology Board

2.2.8. Ensayos

2.2.8.1. Ensayos de campo (SPT) y de laboratorio.

2.2.8.1.1. Ensayos de campo (SPT). ASTM D 1586

Campos, (2011) nos dice que: El ensayo del SPT (Penetración estándar), es probablemente el más común y conocido de los ensayos de campo, mide la resistencia del suelo a la penetración de un muestreador de tubo partido de 2" (50.8 mm) de diámetro, al ser hincado dentro del suelo en la base de una perforación revestida. Este muestreador, también llamado saca muestras partido o cuchara normal, es un tubo de acero de paredes gruesas partido longitudinalmente. El extremo inferior está unido a una zapata cortante y el superior a una válvula y copla de conexión a la barra de sondeo.



a) Objetivo del ensayo S.P.T

Describe el procedimiento, generalmente conocido como Ensayo de Penetración Estándar (SPT), de hincar un muestreador de caña partida para obtener una muestra representativa de suelo y medir la resistencia del suelo a la penetración del muestreador.

Puede ser usado en cualquier suelo con bajo contenido de gravas, pero su mayor confiabilidad está dada para suelos arenosos.

b) Procedimiento de muestreo y ensayo.

Después que el sondaje se ha avanzado hasta la elevación del muestreo deseado y se ha removido los sobrantes de la excavación, se prepara el ensayo con la secuencia de operación siguiente:

- i. Asegurar al muestreador de caña partida a las varillas de muestreo y bajarlas en el sondaje. No se permitirá que el muestreador caiga en el suelo a ser ensayado.
- ii. Colocar el martillo por encima y conectar al yunque a la parte superior de las varillas de muestreo. Esto se puede hacer antes que las varillas de muestreo y el muestreador se bajen a la perforación.
- iii. Descansar el peso muerto del muestreador, varillas, yunque y pesos de hinca, en el fondo de la perforación y aplicar un golpe de asiento si se encuentran muchos sobrantes en el fondo de la perforación, remover el muestreador y las varillas de la perforación y sacar los sobrantes de la perforación.

iv. Marcar las varillas de perforación en tres incrementos sucesivos de 6 pulgadas (0.15 m), de modo que el avance del muestreador bajo el impacto del martillo pueda ser observado fácilmente en cada incremento de 6 pulgadas (0.15 m).

v. Hincar el muestreador con golpes de martillo de 140 libras (63.5 Kg.) y contar el número de golpes aplicado a cada incremento de 6 pulgadas (0.15m). La prueba finaliza cuando:

- Se ha aplicado un total de 50 golpes durante cualquiera de los tres incrementos de 6 pulgadas (0.15 m) descritos.
- Se ha aplicado un total de 100 golpes.
- No se observa ningún avance del muestreador durante la aplicación de 10 golpes sucesivos del martillo¹¹.

vi. Registrar el número de golpes requerido para alcanzar 6 pulgadas de penetración. Las primeras 6 pulgadas se consideran las de acomodamiento.

La suma del número de golpes del segundo y tercer incremento de 6 pulgadas de penetración se denomina resistencia a la penetración estándar o valor de N. Si el muestreador se hinca menos de 18 pulgadas (0.45 m), como lo permite, deberá anotarse en el registro del sondaje el número de golpes de cada incremento completo de 6 pulgadas (0.15 m) y cada incremento parcial.

Para los incrementos parciales, deberá reportarse la profundidad de penetración con aproximación a 1 pulgada (25 mm), además del número de golpes.

Si el muestreador avanza por debajo del fondo de la perforación por acción del peso propio de las varillas más martillo, se debe anotar dicha información en el registro de perforación.

La salida y bajada del martillo de 140 libras (63.5 kg.) se debe ejecutar mediante uno de los siguientes métodos:

- Por el uso de un sistema de caída de martillo automático o semiautomático, que levanta el martillo de 140 libras (63.5 kg.) y lo deja caer 230 ± 1 pulgadas (0.76m \pm 25mm) sin impedimento.
- Por el uso de un malacate para jalar una soga conectada al martillo.

- Cuando se use el método de malacate y soga, el sistema y operación deberá cumplir con lo siguiente:
- El malacate debe estar libre de oxidación, aceite y grasa y debe tener un diámetro en el rango de 6 a 10 pulgadas (150 a 250 mm)
- El malacate debe ser operado a una velocidad de rotación mínima de 100 RPM, o la velocidad de rotación aproximada debe reportarse en el registro de perforación.
- No más de 2 ¼ vueltas de soga en el malacate pueden emplearse durante la realización del ensayo de penetración¹².
- Para cada golpe del martillo, se debe emplear una salida y bajada por el operador. La operación de jalar y soltar la soga se debe realizar con ritmo y sin mantener la soga en la parte superior del golpe.

vii. Llevar el muestreado a la superficie y abrirlo. Registrar el porcentaje de recuperación o la longitud de la muestra recuperada. Describir las muestras de suelo recuperadas, tal como su composición, color, estratificación y condición. Luego colocar una o más partes representativas de la muestra en recipientes sellados e impermeables, sin dañar o distorsionar cualquier estratificación aparente. Sellar cada recipiente para prevenir la evaporación de la humedad del suelo. Fijar etiquetas a los recipientes indicando la obra, número de sondaje, profundidad de muestra y el número de golpes por cada incremento de 6 pulgadas (0.15 m). Proteger las muestras contra cambios extremos de temperatura. Si existe un cambio de suelo dentro del muestreador, prepare un recipiente a cada estrato y anote su localización en el muestreador.

c) Especificaciones del equipo

El ensayo de penetración estándar (SPT), del inglés, Standard penetration test) nace en el año 1927, desarrollado por un sondista de la Raymond Concrete Pile Co., quien propuso a Terzaghi contabilizar el número de golpes necesarios para hincar 1 pie (30 cm).

Después de acumular un gran número de ensayos Terzaghi y Peck (1948) publican los resultados en su ya clásico libro “Mecánica de suelos en la ingeniería practica”.

Hoy en día es uno de los ensayos más extendidos en todo el mundo y sobre el que se han publicado numerosos artículos.

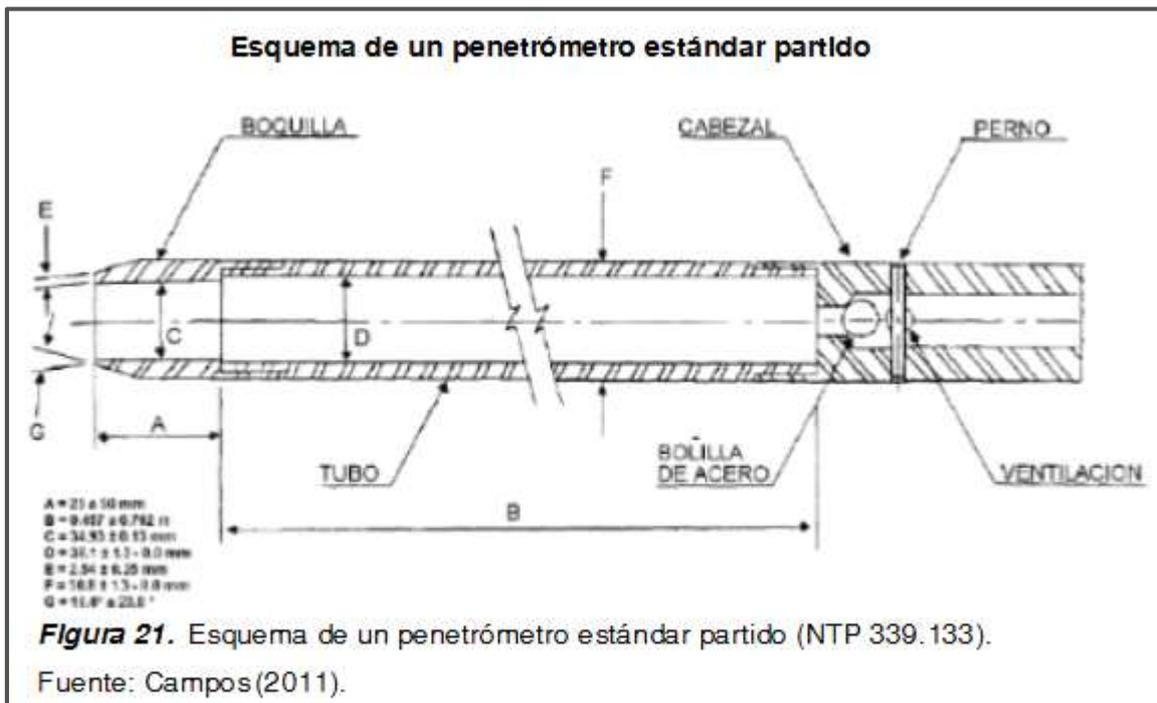
El equipo lo podemos especificar para tres fines:

- . Equipo de perforación. Cualquier equipo de perforación es aceptable, que proporcione al tiempo de muestreo una cavidad razonablemente limpia antes de introducir el muestreador y asegure que el ensayo de penetración se realiza en suelo inalterado.
- Brocas de arrastre. Con corte o con cola de pez, menores de 6.5 pulgadas (162 mm) y mayores de 2.2 pulgadas (56 mm) de diámetro pueden usarse en conexión con métodos de perforación por rotación en cavidad abierta o por avance de entubado. Para evitar la perturbación en el suelo inferior no se permiten brocas con descarga de fondo. Solo se permiten brocas con descarga lateral.
- Brocas de cono-rodillo. Menores de 6.5 pulgadas (162 mm) y mayores de 2.2 pulgadas (56 mm) de diámetro pueden usarse en conexión con métodos de perforación por rotación de cavidad abierta o por avance de entubado, si la descarga del fluido de excavación es desviada.
- Barrenos continuos con eje hueco. Con o sin ensamblaje de broca central, pueden usarse para perforar. El diámetro inferior de los barrenos con eje hueco deberán ser menores de 6.5 pulgadas (162 mm) y mayores de 2.2 pulgadas (56 mm).
- Barrenos continuos sólidos. De tipo balde y manuales, menores de 6.5 pulgadas (162 mm) y mayores de 2.2 pulgadas (56 mm) de diámetro pueden usarse si el suelo en las paredes laterales del sondaje no colapsa sobre el muestreador o las varillas durante el muestreo.
- Varillas de muestreo. Deberán usarse varillas de perforación de acero de unión para conectar el muestreador de caña partida con el ensamblaje de caída de peso. La varilla de muestreo deberá tener una rigidez (momento de inercia) igual o mayor a aquella de una varilla AW de paredes laterales (una varilla de acero con un diámetro exterior de 1 5/8 pulgadas (41.2 mm) y un diámetro interior de 1 1/8 pulgadas (28.5 mm)).

- Muestreador de caña partida. El muestreador deberá ser construido con las dimensiones indicadas en Figura 3.1. La zapata será de acero endurecido y deberá ser reemplazada o reparada cuando este abollada o deformada. Se permite el uso de revestimientos para producir un diámetro constante interior de 1 3/8 pulgadas (35 mm), pero deberá anotarse si estos se emplean en el registro de perforación. Se permite el empleo de canastillas de retención de muestras, debiéndose indicar su empleo en el registro de perforación.

d) Equipo de ensamblaje de caída de peso.

i. Martillo y Yunque: El martillo deberá pesar 140 ± 2 libras (63.5 ± 1 Kg.) y deberá ser una masa metálica sólida y rígida. El martillo deberá golpear el yunque y realizar un contacto acero-acero cuando se deja caer. Deberá utilizarse una guía que permita una caída libre.



Los martillos que se usan con el método malacate y soga, deberán tener una capacidad de sobre elevación libre de por lo menos 4 pulgadas (100 mm). Por razones de seguridad se recomienda el empleo de un equipo con yunque interno.

- Sistema de caída del martillo. Pueden utilizarse sistemas de malacate soga, semi-automático, siempre y cuando el aparato de levante no cause penetración del muestreador cuando se engancha y levanta el martillo.

Tabla 11

Correlaciones entre la densidad relativa y la resistencia a la penetración.

Compacidad	Densidad relativa	N (SPT)
Muy suelto	< 0.15	< 4
Suelto	0.15 - 0.35	4 - 10
Medianamente denso	0.35 - 0.65	10 - 30
	0.65 - 0.85	30 - 50
Muy denso	0.85 - 1.00	> 50

Fuente: Hunt (2005).

Tabla 12

Correlaciones entre la consistencia y la resistencia a la penetración.

N (SPT)	Consistencia
< 2	Muy blanda
2 - 4	Blanda
4 - 8	Medianamente compacta
8 - 15	Compacta
15 - 30	Muy compacta
> 30	Dura

Fuente: Hunt (2005).

Como se divisa en las tablas cuanto más densa es la arena mayor serán los valores de la resistencia a la penetración (N), así mismo los valores de la consistencia.

A. Valor N (SPT) corregido (N₆₀)

Seed, (1985). En diversos estudios demostraron que ensayos del SPT realizados en ese tiempo, debido a pérdidas de energía por fricción y otros factores, desarrollaban una energía del orden del

60% de la teórica. A partir de estos estudios empezaron a utilizarse sistemas automáticos de elevación y caída, con lo que el rendimiento de la energía aumentó, ya que se eliminaban parte de estos factores, pero para los cálculos de correlaciones con otros parámetros geotécnicos, se continúan aplicando las mismas fórmulas desarrolladas que proporciona el 60% de la energía.

Resulta pues evidente, que el valor N resultante debe corregirse por un factor de energía, de manera que se obtenga un valor SPT corregido N₆₀.

$$N_{60} = N \eta_H \eta_B \eta_R \quad \text{Ecuación N}^\circ \text{ 32}$$

Donde:

N= Numero de penetración medido

η_H =Eficiencia del martillo

η_B = Corrección por el diámetro de la perforación

η_S = Corrección del tipo de muestreador

η_R = Corrección por longitud de la barra

Los valores de los factores de corrección de la expresión dada se los pueden obtener de diferentes tablas propuestas por varios autores que se detallan a continuación.

B. Eficiencia del martillo (η_H).

Este factor de corrección usualmente varía de acuerdo al tipo de martinete y a los procedimientos utilizados en varios países, en la Tabla N° 13, se indican los valores de (η_H)

Pais	Tipo de martillo	Liberacion del martillo	Energia %	η_H %
Japon	Donut	caida libre	78	1.13
	Donut	cuerda y polea	67	1.12
EEUU	Pilcon de seguridad	cuerda y polea	60	1.00

	Donut	cuerda y polea	45	0.75
Argentina	Donut	cuerda y polea	45	0.75
Chile	Donut	cuerda y polea	45	0.75
china	Donut	caida libre	60	1.00
	Donut	cuerda y polea	50	0.83

Tabla 13

Eficiencia del martillo de acuerdo a varios países.

Fuente: Seed (1985).

El equipo utilizado en el presente estudio tiene las siguientes características: martinete Pilcon de seguridad de cuerda y polea utilizado en EEUU cuyo coeficiente $\eta_H = 1.00$

C. Corrección por el diámetro de la perforación (η)

Tabla 14

<i>Valor al diámetro</i>	mm	pulg	$\eta\beta$ %	<i>de $\eta\beta$ de acuerdo de la perforación.</i>
	65-115	2.4-4.7	1	
	150	6	1.05	
	200	8	1.15	

Fuente: Skempton, (1986).

El valor de $\eta\beta$ igual a 1 porque el diámetro de la perforación es de 3".

D. Corrección por el tipo de muestreador (η_S).

Tabla 15

Valor de η_S de acuerdo al tipo de muestreador.

Variables	η_S %
Sampler	1
Sampler sin forro	1.2

Fuente: Skempton (1986).

El tipo de muestreador utilizado es sampler estándar por lo que el valor e corrección de $\eta_S = 1$.

E. Corrección por longitud de la barra perforadora (η_R).

Tabla 16

Valor de ηR de acuerdo a la longitud de la barra perforadora.

	m	ft	ηR %	
	>10	>30	1	Fuente: Skempton (1986). longitud de barra es menor a 10 m., por lo tanto el valor de $\eta R = 0.95$.
	6-10	20-30	0.95	
	4-6	12-20	0.85	
La	3-4	10-12	0.75	

2.2.9. Ensayos de laboratorio

2.2.9.1. Análisis Granulométrico de Suelos Por Tamizado:

RNE, (2009). Su finalidad es obtener la distribución por tamaño de las partículas presentes en una muestra de suelo. Así es posible también su clasificación mediante sistemas como AASHTO o SUCS. El ensayo es importante, ya que gran parte de los criterios de aceptación de suelos para ser utilizados en bases o sub-bases de carreteras, presas de tierra o diques, drenajes, etc., depende de este análisis.

Para obtener la distribución de tamaño de partículas mayor a 0.074 mm. (74 micrones) se utiliza el método de análisis mecánico tamices de abertura y numeración indicados en la tabla siguiente:

Tabla 17

Tabla de numeración y abertura de tamices NTP 339.090.

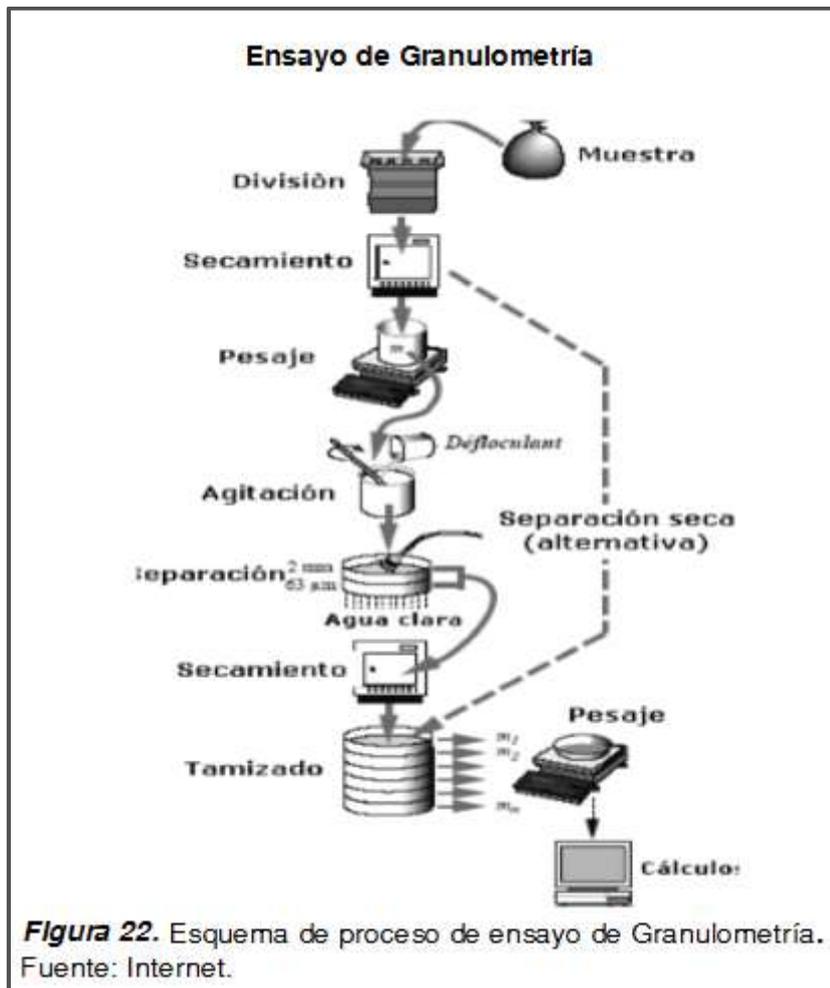
Tamiz ASTM	Tamiz (Nch) mm	Abertura real mm	Tipo de suelo
3"	80	76,12	GRAVA
2"	50	50,80	
1 1/2"	40	38,10	
1"	25	25,40	
3/4"	20	19,05	
3/8"	10	9,52	
N° 4	5	4,76	ARENA GRUESA
N° 10	2	2,00	ARENA MEDIA
N° 20	0.9	0,84	
N° 40	0.5	0,42	

N° 60	0.3	0,25	ARENA FINA
N° 140	0.1	0,105	
N° 200	0.08	0,074	

Los aparatos a utilizar son balanzas; de sensibilidad de 0.01 g para pesar el material que pasa por la malla N° 10 (2,0 mm), y una balanza sensible 0,1% de la masa de la muestra para pesar el material retenido en la malla N°10. Agitador; el aparato A consiste de un dispositivo de agitación operado mecánicamente en el cual un motor eléctrico adecuadamente montado hace girar un eje vertical a una velocidad no menor de 10 000 rpm sin carga. El eje está equipado con aletas intercambiables confeccionadas en metal, material plástico o goma dura. El eje será de la longitud que las aletas operaran a no menos de 19,0 mm, ni más de 38,1 mm sobre la base del vaso de dispersión. El aparato B que se usa para este instrumento consistiera en un vaso de dispersión. Densímetro un densímetro ASTM, graduado ya sea en gravedad específica de la suspensión o gramos por litro de suspensión, y conforme a los requerimientos para los densímetros 151H o 152H según las especificaciones E100. Las dimensiones de ambos densímetros son las mismas, siendo la escala la única diferencia. Probeta de sedimentación un cilindro de vidrio de aproximadamente 457 mm de altura y un diámetro de 63,5 mm. El diámetro interior será tal que la marca correspondiente a 1000 mL quedara a 36 cm +- 2cm de la base interior. Termómetro; un termómetro con aproximación de 1 °F (0,5 °C). Tamices una serie de tamices de malla cuadrada que cumplan con la ASTM cuyo juego completo esta detallado en la tabla anterior. Baño de temperatura controlada; de paredes aisladas, para mantener la temperatura de la suspensión a 20 °C. Cuando el trabajo se realice en un ambiente de temperatura constante controlada automáticamente, el baño no es necesario. Vaso de precipitación de 250 cm³ de capacidad. Dispositivo de control del tiempo, es decir un cronometro.

El agua que se utilice debe ser destilada o desmineralizada. El agua que se utilice deberá ser llevada a la temperatura que se espera prevalezca durante el ensayo de densímetro.

Para preparar la muestra de ensayo para el análisis mecánico de acuerdo a la NTP 339.090. Durante el procedimiento de preparación se divide la muestra en dos porciones. Una porción contiene solo partículas que retiene el tamiz N°10 mientras que la otra porción contiene solo partículas que pasan el tamiz N°10. La masa del suelo seca al aire, separada con el propósito de hacer el análisis mecánico, dependerá del tamaño máximo de las partículas y de la masa de la porción retenida sobre el tamiz N°10. De la porción del suelo que pasa el tamiz N°10, según establece en la NTP339.090, se toman aproximadamente 115 gr si se trata de suelos arenosos y 65 gr cuando son suelos limosos o arcillosos.



2.2.9.2. Ensayo Límite Líquido NTP 339.129

El límite líquido de un suelo es el contenido de humedad expresado en porcentaje del suelo secado en el horno, cuando éste se halla en el

límite entre el estado plástico y el estado líquido. El valor calculado deberá aproximarse al centésimo.

a). APARATOS

- Recipiente para Almacenaje. Una vasija de porcelana de 115 mm (4½") de diámetro aproximadamente.
- Espátula. De hoja flexible de unos 75 a 100 mm (3" – 4") de longitud y 20 mm (¾") de ancho aproximadamente.
- Aparato del límite líquido (o de Casagrande).
- Acanalador.
- Calibrador. Ya sea incorporado al ranurador o separado, de acuerdo con la dimensión crítica "d" mostrada en la Figura 1, y puede ser, si fuere separada, una barra de metal de 10.00 ± 0.2 mm ($0.394" \pm 0.008"$) de espesor y de 50 mm (2") de largo, aproximadamente.
- Recipientes o Pesa Filtros. De material resistente a la corrosión, y cuya masa no cambie con repetidos calentamientos y enfriamientos. Deben tener tapas que cierren bien, sin costuras, para evitar las pérdidas de humedad de las muestras antes de la pesada inicial y para evitar la absorción de humedad de la atmósfera tras el secado y antes de la pesada final.
- Balanza. Una balanza con sensibilidad de 0.1 gr.
- Estufa. Termostáticamente controlado y que pueda conservar temperaturas de 110 ± 5 °C (230 ± 9 °F) para secar la muestra.

b). Determinación del límite líquido por el método multipunto

MUESTRA

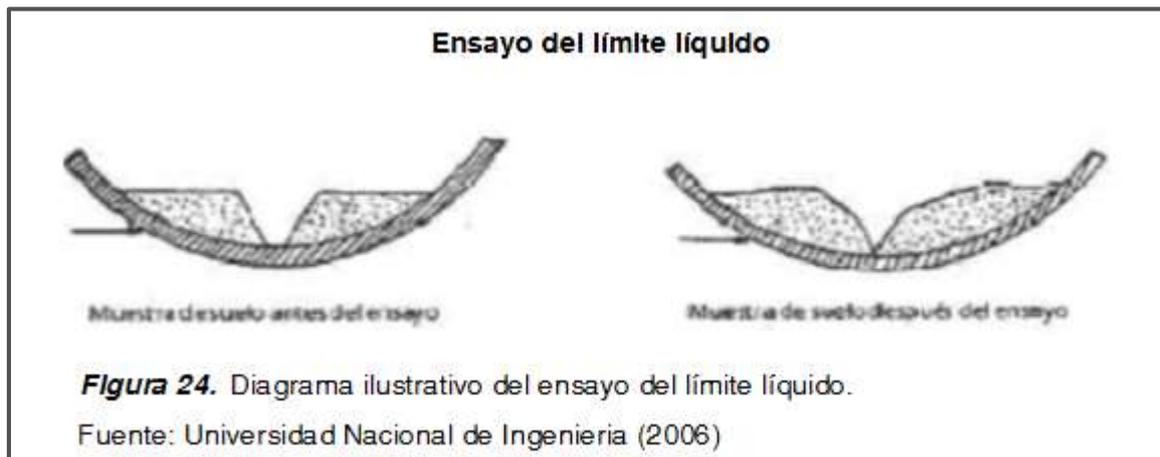
Tómese una muestra que pese 150 - 200 g de una porción de material completamente mezclado que pase el tamiz de 0.425 mm (N° 40).

AJUSTE DEL APARATO

- Deberá inspeccionarse el aparato de límite líquido para verificar que se halle en buenas condiciones del trabajo. El pin que conecta la taza no debe estar tan gastado que tenga juego lateral, ni el tornillo que la conecta, hallarse tan gastado por el largo uso. Inspecciónese, además, el

PROCEDIMIENTO

- Colóquese la muestra de suelo en la vasija de porcelana y mézclese completamente con 15 a 20 ml de agua destilada, agitándola, amasándola y tajándola con una espátula en forma alternada y repetida. Realizar más adiciones de agua en incrementos de 1 a 3 ml. Mézclese completamente cada incremento de agua con el suelo como se ha descrito previamente, antes de cualquier nueva adición.
- Algunos suelos son lentos para absorber agua, por lo cual es posible que se adicione los incrementos de agua tan rápidamente que se obtenga un límite líquido falso. Esto puede evitarse mezclando más y durante un mayor tiempo, (1 hora aproximadamente).
- Cuando haya sido mezclada suficiente agua completamente con el suelo y la consistencia producida requiera de 30 a 35 golpes de la cazuela de bronce para que se ocasione el cierre, colóquese una porción de la mezcla en la cazuela sobre el sitio en que ésta reposa en la base, y comprímase hacia abajo, extiéndase el suelo hasta obtener la posición mostrada en la Figura 28 (con tan pocas pasadas de la espátula como sea posible), teniendo cuidado de evitar la inclusión de burbujas de aire dentro de la masa. Nivélese el suelo con la espátula y al mismo tiempo emparéjese hasta conseguir una profundidad de 1 cm en el punto de espesor máximo. Regrésese el exceso de suelo a la Vasija de porcelana.
- Divídase el suelo en la taza de bronce por pasadas firmes del acanalador a lo largo del diámetro y a través de la línea central de la masa del suelo de modo que se forme una ranura limpia y de dimensiones apropiadas. Para evitar rasgaduras en los lados de la ranura o escurrimientos de la pasta del suelo a la cazuela de bronce, se permite hacer hasta 6 pasadas de adelante hacia atrás o de atrás hacia adelante, contando cada recorrido como una pasada; con cada pasada el acanalador debe penetrar un poco más profundo hasta que la última pasada de atrás hacia adelante limpie el fondo de la cazuela. Hágase una ranura con el menor número de pasadas posible.



- Transfírase el suelo sobrante en la taza de bronce a la cápsula de porcelana. Lávese y séquese la taza de bronce y el ranurador y ármese de nuevo el aparato del límite líquido para repetir el ensayo.
- Repítase la operación anterior por lo menos en dos ensayos adicionales, con el suelo restante en la vasija de porcelana, al que se le ha agregado agua suficiente para ponerlo en un estado de mayor fluidez. El objeto de este procedimiento es obtener muestras de tal consistencia que al menos una de las determinaciones del número de golpes requeridos para cerrar la ranura del suelo se halle en cada uno de los siguientes intervalos: 25-35; 20-30; 15-25. De esta manera, el alcance de las 3 determinaciones debe ser de 10 golpes.

CALCULOS:

Calcúlese el contenido de humedad del suelo, expresándolo como porcentaje del peso del suelo secado en el horno como sigue:

$$\text{contenido de humedad} = \frac{\text{Peso del agua}}{\text{Peso del suelo secado en el horno}} \times 100$$

Ecuación N° 33

Calcúlese el porcentaje de humedad, con aproximación a un entero. Preparación de la curva de fluidez. Trácese una, "curva de fluidez" que represente la relación entre el contenido de humedad y el correspondiente número de golpes de la taza de bronce, en un gráfico de papel semilogarítmico. Con el contenido de humedad como ordenada sobre la escala aritmética, y el número de golpes como Abscisa sobre la escala logarítmica. La curva de flujo es una línea recta promedia, que pasa tan cerca como sea posible a través

de los tres o más puntos dibujados. Límite líquido. Tómesese el contenido de humedad correspondiente a la intersección de la curva de flujo con la ordenada de 25 golpes como límite líquido del suelo y aproxímese este valor a un número entero.

2.2.9.3. Ensayo límite plástico NTP 339.129

a. Objetivo

Es la determinación en el laboratorio del límite plástico de un suelo y el cálculo del índice de plasticidad (I.P.) si se conoce el límite líquido (L.L.) del mismo suelo.

Se denomina límite plástico (L.P.) a la humedad más baja con la que pueden formarse barritas de suelo de unos 3,2 mm (1/8") de diámetro, rodando dicho suelo entre la palma de la mano y una superficie lisa (vidrio esmerilado), sin que dichas barritas se desmoronen.

Aparatos

- Espátula, de hoja flexible, de unos 75 a 100 mm (3" – 4") de longitud por 20 mm (3/4") de ancho.
- Recipiente para Almacenaje, de 115 mm (4 1/2") de diámetro.
- Balanza, con aproximación a 0.1 g.
- Horno o Estufa, termostáticamente controlado regulable a 110 ± 5 °C (230 ± 9 °F).
- Tamiz, de 426 μ m (N° 40).
- Agua destilada.
- Vidrios de reloj, o recipientes adecuados para determinación de humedades.
- Superficie de rodadura. Comúnmente se utiliza un vidrio grueso esmerilado.

Preparación de la muestra

- Si se quiere determinar sólo el L.P., se toman aproximadamente 20 g de la muestra que pase por el tamiz de 426 μ m (N° 40), preparado para el ensayo de límite líquido. Se amasa con agua destilada hasta que pueda formarse con facilidad una esfera con la masa de suelo. Se toma una porción de 1,5 gr a 2,0 gr de dicha esfera como muestra para el ensayo.

- El secado previo del material en horno o estufa, o al aire, puede cambiar (en general, disminuir), el límite plástico de un suelo con material orgánico, pero este cambio puede ser poco importante.
- Si se requieren el límite líquido y el límite plástico, se toma una muestra de unos 15 g de la porción de suelo humedecida y amasada, preparada de acuerdo a la guía (determinación del límite líquido de los suelos). La muestra debe tomarse en una etapa del proceso de amasado en que se pueda formar fácilmente con ella una esfera, sin que se pegue demasiado a los dedos al aplastarla.
- Si el ensayo se ejecuta después de realizar el del límite líquido y en dicho intervalo la muestra se ha secado, se añade más agua.

Procedimiento

- Se moldea la mitad de la muestra en forma de elipsoide y, a continuación, se rueda con los dedos de la mano sobre una superficie lisa, con la presión estrictamente necesaria para formar cilindros.
- Si antes de llegar el cilindro a un diámetro de unos 3.2 mm (1/8") no se ha desmoronado, se vuelve a hacer una elipsoide y a repetir el proceso, cuantas veces sea necesario, hasta que se desmorone aproximadamente con dicho diámetro.
- El desmoronamiento puede manifestarse de modo distinto, en los diversos tipos de suelo:
 - En suelos muy plásticos, el cilindro queda dividido en trozos de unos 6 mm de longitud, mientras que en suelos plásticos los trozos son más pequeños.
 - La porción así obtenida se coloca en vidrios de reloj o pesa-filtros tarados, se continúa el proceso hasta reunir unos 6 g de suelo y se determina la humedad de acuerdo a la guía de Determinación del contenido de humedad.
 - Se repite, con la otra mitad de la masa, el proceso indicado.

Cálculos

Calcular el promedio de dos contenidos de humedad. Repetir el ensayo si la diferencia entre los dos contenidos de humedad es mayor que el rango aceptable para los dos resultados listados en la tabla 1 para la precisión de un operador.

Tabla 18

Tabla de estimados de precisión

Índice de precisión y tipo de ensayo	Desviación Estándar	Rango Aceptable de dos resultados
Precisión de un operador simple Límite Plástico	0,9	2,6
Precisión Multilaboratorio Límite Plástico	3.7	10.6

Fuente: Primer taller de mecánica de suelos – marzo 2006 – UNI

El límite plástico es el promedio de las humedades de ambas determinaciones. Se expresa como porcentaje de humedad, con aproximación a un entero y se calcula así:

$$\text{Límite Plástico} = \frac{\text{Peso de agua}}{\text{Peso de suelo secado al horno}} \times 100 \quad \text{Ecuación N° 34}$$

34

Cálculo del índice de plasticidad

Se puede definir el índice de plasticidad de un suelo como la diferencia entre su límite líquido y su límite plástico.

$$\text{I.P.} = \text{L.L.} - \text{L.P.} \quad \text{Ecuación N° 35}$$

Donde:

L.L. = Límite Líquido

P.L. = Límite Plástico

L.L. y L.P., son números enteros

➤ Cuando el límite líquido o el límite plástico no puedan determinarse, el índice de plasticidad se informará con la abreviatura NP (no plástico).

➤ Así mismo, cuando el límite plástico resulte igual o mayor que el límite líquido, el índice de plasticidad se informará como NP (no plástico).

2.2.9.4. Ensayo de Gravedad Especifica N.T.P. 399.131 : 1999

A. Introducción

Gravedad específica es un tipo de densidad relativa, particularmente en mecánica de suelos e la densidad del suelo entre la densidad del agua. Este cociente nos da un valor adimensional que nos sirve para clasificar en un tipo específico la muestra del suelo.

En este ensayo se hablará Peso Específico relativo de los sólidos y su aplicación y como obtenerlo por medios de cálculos, tener orden y disciplina al realizar la práctica y no tomarlo en juego, ya que es un tema que nos beneficiará en el transcurso de nuestra carrera para luego poder aplicarla en un proyecto relacionado con este tema.

B. Objetivos:

- Determinación del Peso Específico relativo de los sólidos de una muestra alterada.
- Reconocimiento y adecuado uso de los materiales para calcular el Peso Específico relativo de los sólidos (Gs).

C. Definición

La densidad de sólidos se define como la relación que existe entre el peso de los sólidos y el peso del volumen del agua desalojado por los mismos.

Generalmente la variación de la densidad de sólidos es de 2.60 a 2.80, aunque existen excepciones como en el caso de la turba en la que se han registrado valores de 1.5 y aún menores, debido a la presencia de materia orgánica. En cambio en suelos con cierta cantidad de minerales de hierro la densidad de sólidos ha llegado a 3.

D. Aplicación

El Peso específico relativo de los sólidos es una propiedad índice que debe determinarse a todos los suelos, debido a que este valor interviene en la mayor parte de los cálculos relacionados con la Mecánica de Suelos, en forma relativa, con los diversos valores

determinados en el laboratorio pueden clasificarse algunos materiales.

Una de las aplicaciones más comunes de la densidad (S_s), es en la obtención del volumen de sólidos, cuando se calculan las relaciones gravimétricas y volumétricas de un suelo.

E. Equipo y material que se usaron en el ensayo

- Balanza con aproximación al 0.1 gr.
- Horno o estufa.
- Fiolas.
- Mortero.
- Agua destilada.
- Bomba de vacíos.
- Termómetro.

F. Procedimiento

Se siguió el siguiente procedimiento:

- Primero se efectúa la molienda de la muestra (extraída de los estratos), se muele aproximadamente unos 100-150 gramos.
- Se procede al peso de la fiola (limpia y seca): W_{fiola} .
- Se procede a llenar con agua destilada y pesarla
- Se procede a la identificación del número que se encuentra en la etiqueta para no confundirse.
- Se retira el agua destilada para luego colocar la muestra seca.
- Se agrega la muestra (que ha sido molida) al interior de la fiola (aproximadamente $\frac{1}{3}$ del bulbo de la fiola) y se procedió al pesado:
 - $W_{fiola(seca)} + W_{ss}$.
- Se procede a ingresar agua al interior de la fiola, conforme ingresa el agua se va moviendo la fiola (para que toda la muestra debe totalmente mojada).
- El agua que ingresa debe llegar más o menos hasta los $\frac{3}{4}$ del bulbo de la fiola.
- Se deja por 24 horas.
- Luego se coloca la bomba de vacíos para extraer el aire de la fiola por aproximadamente 10 - 15 minutos.

- Luego se le agrega agua hasta que el agua se encuentre tangente a la línea de referencia y se pesa: $W_{\text{fiola}} + W_{\text{muestra}} + W_{\text{agua}}$. Luego se mide la Temperatura.
- Una vez hecho eso se procede a la eliminación de la muestra y el limpiado de la fiola.
- Finalmente se colocan las muestras en el horno por un periodo de 24 horas.

G. Datos y cálculos:

Determinación de Gravedad Específica

Tabla 19

Propiedades del Agua Destilada

Temp. (°C)	Peso Unitario del agua (g/cm ³)
...	...
20	0.99823
21	0.99802
22	0.99780
23	0.99757
24	0.99733
25	0.99708
26	0.99682
27	0.99655
28	0.99627
29	0.99598
30	0.95680

Fuente: Nch 1532 Of. 1980.

2.3. Definición de Términos

- **Licuefacción:** Es la transformación de un material en estado sólido a su estado líquido, como consecuencia del incremento de presión de poros.

- **Susceptibilidad:** capacidad o potencialidad de una unidad geológica o geomorfológica de ser afectada o generar un proceso geológico determinado.
- **Granulometrías:** Parte de la petrografía que trata de la medida del tamaño de las partículas, granos y rocas de los suelos.
- **Cohesivos:** Acción y efecto de reunirse o adherirse las cosas entre sí, o la materia de que están formadas.
- **Volumétricas:** Cambios en el volumen.
- **Estrato:** Masa mineral en forma de capa de espesor más o menos uniforme, que constituye los terrenos sedimentarios.
 - **Limos:** Partículas finas de suelo, más pequeñas que los granos de arena.
 - **Nivel freático:** Límite superior de saturación de las aguas subterráneas.
 - **Napa freática:** Agua subterránea en la capa freática: es un pequeño río subterráneo o acuífero menor.
 - **Estratigrafía:** rama de la geología que trata del estudio e interpretación de las rocas sedimentarias, metamórficas y volcánicas estratificadas, y de la identificación, descripción, secuencia, tanto vertical como horizontal, cartografía y correlación de las unidades estratificadas de rocas
 - **Suelo Aluvial:** son suelos con perfil poco desarrollado formados de materiales transportados por corrientes de agua. Sobre su superficie se ha acumulado algo de materia orgánica. Son suelos que tienen mala filtración y oscuros. Son suelos recientes, buenos para cultivar.
 - **Ángulo de fricción:** es una propiedad de los materiales granulares el cual tiene una interpretación física sencilla, al estar relacionado con el ángulo de reposo o máximo ángulo posible para la pendiente de un conjunto de dicho material granular. En un material granuloso cualquiera el ángulo de reposo está determinado por la fricción, la cohesión y la forma de las partículas pero en un material sin cohesión y donde las partículas son muy pequeñas en relación al tamaño del conjunto el ángulo de reposo coincide con el ángulo de rozamiento interno

- **Tara:** recipiente o vehículo donde se contiene o transporta una mercancía
- **Presión de poro:** presión que ejerce un fluido en los espacios porosos de la roca. También es llamada presión de formación o presión poral, está en función de los fluidos de formación y de las cargas que están soportando
- **Sifonamiento:** Movimiento de agua y arena a través de una presa u obra de tierra en forma de ebullición. Se produce el fenómeno de sifonamiento cuando la presión efectiva en un plano de un suelo se anula. Al no existir compresión que mantenga unidas a las partículas sólidas éstas no rozan entre sí, por lo que el suelo pierde su resistencia a cortante a lo largo de dicho plano. En el caso de que la presión neutra supere a la presión total se produce la separación entre partículas sólidas. Al perder éstas el contacto el suelo saturado pasa a ser agua con partículas sólidas en suspensión, y los principios de la Mecánica de Suelos ya no son vigentes.
- **Arenas cuarzosas:** es un mineral no metálico, inodoro, de granos finos hasta gruesos de forma irregular hasta semiredondo de colores variables en los que se encuentran el blanco, beige y amarillo principalmente.
- **Cíclicas:** Que se repiten con cierto período de tiempo.
- **Humedad:** Agua que impregna un cuerpo o al vapor presente en la atmósfera.

CAPÍTULO III
MARCO METODOLÓGICO

III. Marco Metodológico

3.1. Tipo y Diseño de la Investigación

3.1.1. Tipo de Investigación

El método que se planteó en la investigación es del tipo Cuantitativo – cuasi experimental; se desarrollarán trabajos de campo y ensayos de laboratorio respectivos, para elaborar una base de datos con todos los factores que influyan en la ocurrencia del fenómeno de licuefacción.

3.1.2. Diseño de la Investigación



Grupo de estudio

: GE

Variable Independiente (x)

: Nivel freático alto y Suelo

arenoso-limoso

Variable Dependiente (y)

: Licuefacción

Muestra no alterada

: M

Medición de Muestra

: Oy

3.2. Población y Muestra

3.2.1. Población

La población que se considero en la investigación son los suelos limosos-arenosos con presencia de nivel freático en 10 puntos del distrito de Santa Rosa con un muestreo no probabilístico que tendrá como criterio de selección las características y especificaciones técnicas de los suelos antes mencionados.

3.2.2. Muestra

La ubicación de las muestras se determinó con la ayuda de los mapas geotécnicos elaborados por el Instituto Nacional de Defensa Civil - INDECI en el proyecto PLAN DE PREVENCIÓN ANTE DESASTRES: USOS DEL SUELO Y MEDIDAS DE MITIGACIÓN en el Distrito de Santa Rosa -Chiclayo-Lambayeque.

3.2.3. Lugares de procedencia

Los suelos que se utilizó como muestras son provenientes del distrito de Santa Rosa – Provincia de Chiclayo – Departamento de Lambayeque, tomando como referencia el Mapa de Peligros de dicha ciudad elaborada por el INDECI en el año 2003.

3.2.4. Mapa de área de extracción de muestras

La ubicación y elección del área para la extracción de muestras se tuvo en cuenta la geología local, así como la cercanía al mar, resultando unas de las principales características para que ocurra el fenómeno de licuefacción en el área de Santa Rosa.

La identificación de los lugares de extracción de muestras de suelos granulares se realizó con los mapas presentados por INDECI – 2003, en el proyecto PLAN DE PREVENCIÓN ANTE DESASTRES: USOS DEL SUELO Y MEDIDAS DE MITIGACIÓN, en el Distrito de Santa Rosa.

3.2.5. Área de estudio

3.2.5.1. Ubicación

El Distrito de Santa Rosa, presenta los siguientes límites:

Por el Norte: Limita con los Distritos de Pimentel y Monsefú.

Por el Sur: Limita con el Océano Pacífico.

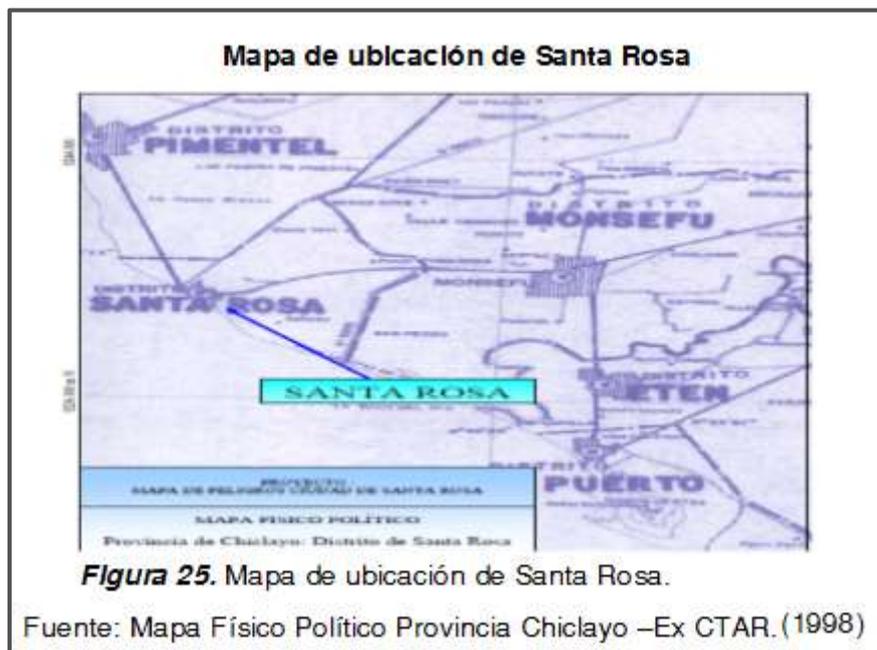
Por el Este: Limita con Distrito de Monsefú.

Por el Oeste: Limita con el Océano Pacífico.

El distrito de Santa Rosa, pertenece a la provincia de Chiclayo, con una población estimada al 2000 de 14 996 habitantes. Ver figura 42

La ciudad de Santa Rosa que pertenece al distrito del mismo nombre, está ubicado al Sur Oeste de la ciudad de Chiclayo, entre los puertos de Pimentel y Eten, a orillas del mar; con una altitud de 6 m.s.n.m.

Las precipitaciones pluviales en el departamento de Lambayeque son escasas y esporádicas. Se tiene una precipitación promedio anual de 33.05 mm y las temperaturas oscilan entre 25.8°C y 17.9°C.





3.2.6. Geología

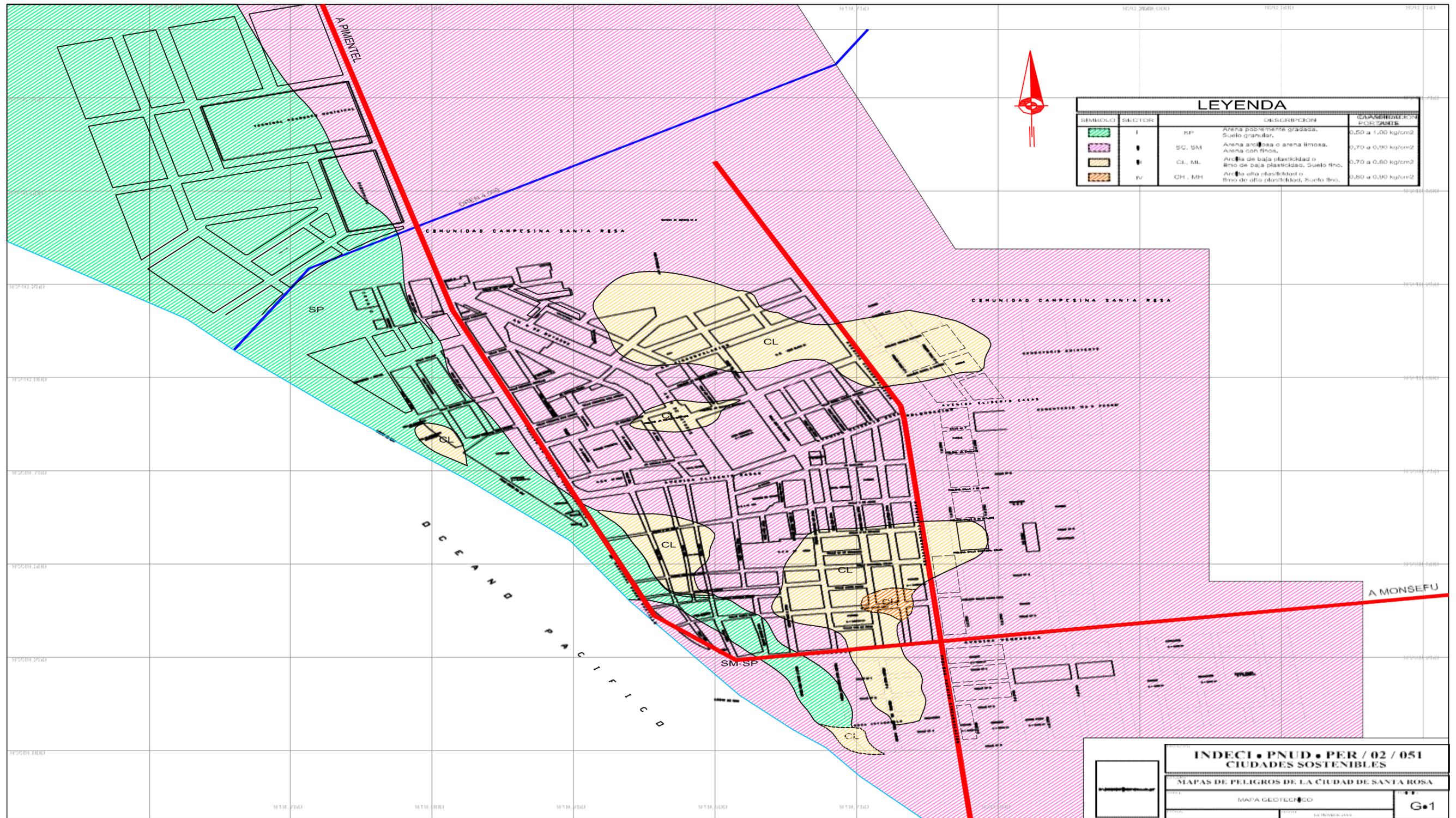
INDECI (2003), explica que la zona de estudio se ubica en su mayor parte dentro de la cuenca del Chancay- Lambayeque, en la parte Oeste colindante con el Océano Pacífico. Presenta características geomorfológicas descritas como de llanura aluvial, con topografía relativamente plana con pendiente moderada hacia el Este. Predomina el recubrimiento de sedimentos de origen aluvial originado por el arrastre de suelos residuales. Dentro del origen de los suelos debe notarse que su formación ha ocurrido a través de las eras geológicas tal como seguiría ocurriendo, ejerciendo influencia decisiva en el orden de sucesión en la forma y en la continuidad de los estratos del suelo. Hablar de la geología del distrito de Santa Rosa, es referirnos directamente a la geomorfología del Valle Chancay – La Leche, que según las investigaciones realizadas en esta zona norte del país, se supone que la faja costera del Departamento de Lambayeque que es donde se sitúa la localidad en estudio,

en épocas remotas (millones de años) haya sido un fondo marino de aguas poco profundas y que debido a las continuas avenidas de los Ríos La Leche y Reque hayan rellenado esta parte del Océano Pacífico, cabe mencionar el aporte en este relleno, de los vientos imperante en la región, en cuanto a materiales finos, con lo que se forma de esta manera una amplia zona desértica, que posteriormente fue domada por los primeros pobladores que llegaron a este valle.

3.2.7. Delimitación y ubicación del área en estudio

El área de estudio tiene una extensión de 88.00 ha , que se encuentra ubicada en el distrito de Santa Rosa (ver figura 32). Encontrándose este Suelo en la zona costera entre la Orilla del Mar y la Av. Mariscal Castilla por el norte cruzando en Dren 4000 y por el sur hasta la zona Intangible, destacándose IMARPE, lado Oeste de la Calle José Olaya, Los Astilleros, lado Oeste de la Calle Ribera del Mar y Ramón Castilla. Así también entre las calles 2 de Mayo – Cristóbal Colón – Huamachuco Venegas – Av. Circunvalación. Delimitado en la Figura N° 32. Para delimitar la zona de estudio se consideró tres factores que influyen en la ocurrencia del fenómeno de licuefacción como:

- Presencia del nivel freático superficial o casi superficial.
- Características de los suelos de la zona
- Ubicación con respecto a la cercanía del mar





LEYENDA		
SIMBOLO	CLASIFICACION SUCS	DESCRIPCION
	SP	Suelo licuable.
	CH	Suelo altamente expansible.
	SM,SC,MI,SP+SM,CL	Suelo de baja expansibilidad.

INDECI • PNUD • PER / 02 / 051	
CIUDADES SOSTENIBLES	
MAPAS DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE SANTA ROSA	
MAPA PELIGROS GEOLOGICOS SUELOS LICUABLES Y EXPANSIVOS	PG.1

3.2.8. Identificación de terreno con suelo areno – limoso y nivel freático

El problema de la identificación de los suelos es de importancia fundamental. En el caso de la presente investigación es colocarlo dentro del sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS), mediante el cual nos facilitara un mejor desarrollo de la presente investigación. La identificación permite conocer las propiedades mecánicas e hidráulicas del suelo, y agrupándolas según al grupo que se sitúe, los trabajos de deben de realizar con técnicos de experiencia, ya que dicha experiencia juega un papel importante en la utilidad que se le pueda sacar de la clasificación. En el sistema unificado hay criterios para la identificación de suelos en el laboratorio; estos son del tipo granulométrico y de características de plasticidad. Esta es la ventaja del sistema, se ofrecen criterios para identificación en el campo. Para este proyecto de investigación nos hemos enfocado en los estudios de clasificación de suelos de INDECI del distrito de SANTA ROSA PROVINCIA DE CHICLAYO DEPARTAMENTO LAMBAYEQUE y observaciones in situ, a través de un recorrido realizado y con los puntos brindados por la Municipalidad de Santa Rosa ya que se nos restringieron zonas debido a que ya estaban asfaltadas.

3.2.9. Selección de puntos específicos para él estudio

Teniendo en cuenta el mapa de MAPA DE PELIGROS GEOLÓGICOS de la ciudad de Santa Rosa (INDECI 2003), se seleccionarán 10 puntos específicos para realizar el sondeo SPT y recolectar las muestras para elaborar la investigación. Enfocándose en las áreas de suelos licuables donde se pudiera construir en un futuro cualquier tipo de estructura (edificaciones, terminales pesqueros, hospitales, tanques elevados,

proyectos inmobiliarios, etc.) o cualquier otro tipo de estructura debido al desarrollo de la región.

Las perforaciones se realizarán a una profundidad menor o igual a 6 m ya que el fenómeno de licuefacción tiende a ocurrir a profundidades menores a 9.00 m, Gonzales (2005).

Los puntos para el sondaje SPT estarán ubicados y distribuidos en mapa de MAPA DE PELIGROS GEOLÓGICOS de la ciudad de Santa Rosa (INDECI 2003). **ver plano P-01.**

3.2.10. Aplicación

Se realizó una investigación del potencial de licuefacción en el Distrito de Santa Rosa de acuerdo a la metodología de Seed Idriss. Se comenzará realizando los 10 sondajes antes mencionados y ubicados, para después aplicar la metodología descrita para finalmente analizar y comparar los resultados.

Para aplicar dicha metodología para evaluar el potencial de licuefacción en el Distrito de Santa Rosa se tomó en cuenta estudios realizados anteriormente por el INDECI 2003 donde nos da a conocer el tipo de suelo del distrito.

En cada punto escogido se realizará ensayos mencionados en el ítem 2.3.9.

3.2.10.1. Zonificación

Para poder realizar la ubicación de la zona susceptible a la licuefacción se tomó en cuenta el MAPA DE PELIGROS GEOLÓGICOS: MAPA GEOTECNICO de la ciudad de Santa Rosa (INDECI 2003) y junto con la Municipalidad del Distrito se recorrió y se seleccionó otros puntos, para que no surgieran problemas y el desarrollo de la investigación no se vea afectada.

3.2.10.2. Parámetros del suelo

Para poder realizar un análisis más detallado de la metodología de Seed & Idriss este estudio considera dos magnitudes sísmicas, para así luego comparar el potencial de riesgo de licuefacción con el aumento de la variable de magnitud.

a) Magnitud

En el desarrollo de la investigación analizaremos para diferentes magnitudes sísmicas (5, 5.5 ,6, 6.5) y se tomara con mayor énfasis las magnitudes de 7, 7.5 ,8 y 8.5 grados en la escala de Richter

b) Aceleración máxima del suelo

A cada zona se asigna un factor Z según se indica en la Tabla N°25 Este factor se interpreta como la aceleración máxima horizontal en suelo rígido con una probabilidad de 10 % de ser excedida en 50 años. El factor Z se expresa como una fracción de la aceleración de la gravedad.

Tabla 20

Factores de

zona

FACTORES DE ZONA "Z"	
ZONA	Z (g)
4	0.45
3	0.35
2	0.25
1	0.10

Fuente: Norma técnica E.030 (2014)

3.2.11. Rango o nivel de licuación

Según Alfaro F (2003), al determinar la cantidad de estratos y metros licuables es importante definir criterios para los niveles de licuación, ya que al crear el mapa será necesario identificar zonas de alto, medio y bajo riesgo. Estos criterios están basados en el espesor de suelo licuable, el cual determinara su riesgo de acuerdo a los siguientes niveles.

- Rango de susceptibilidad Bajo: un estrato licuable que tenga un espesor de por lo menos 1 metro.
- Rango de susceptibilidad Medio: Dos estratos licuables que tengan un espesor de por lo menos 1 metro cada uno.
- Rango de susceptibilidad Alto: Tres estratos licuables que tengan un espesor de por lo menos 1 metro cada uno.
- Rango de susceptibilidad Muy Alto: Más de tres estratos licuables que tengan un espesor de por lo menos 1 metro cada uno.

3.2.12. Aplicación del método

Aplicaremos la Metodología de Seed & Idriss , tomando como muestra los puntos anteriormente escogidos divididas en todo el terreno en estudio. Primero realizaremos los cálculos pertinentes para luego mostrar gráficamente los resultados y realizar comparaciones.

La aplicación de la metodología será en el siguiente orden:

1. Realización del ensayo SPT in situ en los 10 puntos seleccionados

Se realizará teniendo en cuenta los pasos mencionados anteriormente en la descripción detallada del ensayo SPT con una profundidad de 6 m.

2. Extracción de las muestras durante el ensayo SPT

Durante el ensayo de SPT (in situ), se procederá a la extracción de muestras no alteradas, para tu posterior evaluación en laboratorio.

3. Muestras obtenidas

Cuando nos referimos a la muestra no tratada es el suelo natural tal y como se encontró en el punto de estudio, sin recibir ningún agente que pueda alterar su estructura y tratando de conservar totalmente sus características propias.

3.2.13. Resultados

Luego de aplicar la metodología en cada punto seleccionado de suelo se obtendrá valores para verificar si el suelo es licuable en el área de estudio. Esto se obtendrá de acuerdo a los ensayos de campo (in situ), como SPT y los respectivos ensayos de laboratorio, que se mencionan en la presente investigación.

3.3. Hipótesis

Mediante el ensayo de penetración estándar (SPT), fracción fina del suelo, análisis granulométrico y límites de consistencia se determinará la susceptibilidad a la licuefacción de un suelo de características arenosas con presencia de finos y nivel freático.

3.4. Variables

Variable Independiente:

- Nivel freático en suelos arenosos-limosos

Variable Dependiente:

- Licuefacción

3.5. Operacionalización de variables

VARIABLE DEPENDIENTE	INDICADORES DE MUESRA DE SUELO	TÉCNICA DE RECOLECCION DE DATOS	INSTRUMENTO DE RECOJO DE DATOS	INSTRUMENTOS DE MEDICION	
Licuefacción	Recolección de muestras de suelos	OBSERVACIÓN	HOJA DE REGISTRO	BALANZA	
	Ensayo de Penetración Estándar (SPT)	OBSERVACIÓN Y ENSAYO	FORMATO TÉCNICO DE REGISTRO	SPT	
VARIABLE INDEPENDIENTE	INDICADORES	TÉCNICA DE RECOLECCION DE DATOS	INSTRUMENTO DE RECOJO DE DATOS	INSTRUMENTOS DE MEDICION	
Nivel freático en suelos arenosos-limosos	Análisis Granulométrico	OBSERVACIÓN Y ENSAYO	FORMATO TÉCNICO DE REGISTRO	TAMICEZ	
	Límites de Atterberg	Límite Líquido	OBSERVACIÓN Y ENSAYO	FORMATO TÉCNICO DE REGISTRO	COPA CASAGRANDE
		Límite Plástico	OBSERVACIÓN Y ENSAYO	FORMATO TÉCNICO DE REGISTRO	VIDRIO
	Gravedad específica	OBSERVACIÓN Y ENSAYO	FORMATO TÉCNICO DE REGISTRO	FIOLAS	

3.6. Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.6.1. Métodos de investigación

El método de la investigación científica que más se adaptó a nuestro proyecto, es el método inductivo, porque a partir de la observación de datos y luego de los registros que podremos tomar con los ensayos de mecánica de suelos podremos contrastar si la hipótesis que planteamos es verdadera o falsa.

3.6.2. Técnicas de recolección de datos

La técnica de recolección de datos será por medio de la observación directa, ya que estaremos visualizando cada ensayo y registraremos todos los resultados de los mismos de manera sistemática, en formatos

estándares de cada estudio para poder tener un orden preciso y coherente de todos los datos obtenidos.

3.6.3. Instrumentos de recolección de datos

TIPO DE ENSAYO	INSTRUMENTO DE MEDICIÓN	DESCRIPCIÓN	INSTRUMENTO DE RECOJO DE DATOS
ENSAYOS DE MECÁNICA DE SUELOS	TAMICEZ	Para graduar el suelo de acuerdo a sus partículas	FORMATO TÉCNICO DE REGISTRO
	BALANZA	Para poder pesar las muestras	FORMATO TÉCNICO DE REGISTRO
	SPT	Para determinar el ensayo de penetración estandar	FORMATO TÉCNICO DE REGISTRO
	COPA CASAGRANDE	Para determinar el límite líquido	FORMATO TÉCNICO DE REGISTRO
	VIDRIO	Para determinar el Límite plástico	FORMATO TÉCNICO DE REGISTRO
	FIOLA	Para determinar la Gravedad Especifica	FORMATO TÉCNICO DE REGISTRO

Instrumentos de recolección de datos: para la recolección de datos y obtención de los resultados usaremos formatos ya estandarizados, por el laboratorio de mecánica de suelos de la Universidad Señor de Sipán, estos anexos se adjuntaran al final de la presente investigación.

- a) Formato de Análisis granulométrico (Anexo N°1)
- b) Formato para Límites de consistencia (Anexo N°2)
- c) Formato para Gravedad especifica. (Anexo N°3)
- d) Formato para sondaje SPT (Anexo N°4)

3.7. Procedimiento para la recolección de datos

Mediante el siguiente flujo-grama se dará la explicación de nuestro proyecto de investigación.

AREA DE ESTUDIO

Identificación de terreno con suelo arenoso limoso con presencia de nivel freático (1)

Selección de puntos específicos para realizar el estudio. (2)

APLICACION

Realización del ensayo SPT in situ en los puntos previamente seleccionados (3)

Extracción de las muestras durante el ensayo SPT (4)

Muestras obtenidas para el estudio (5)

RESULTADOS

Granulometría (6.1)

EN Límites de consistencia (6.2)

Gravedad Específica (6.3)

Determinar la susceptibilidad a la licuefacción (potencial de licuefacción) (7)

Método simplificado de Seed e Idriss (8)

3.8. Análisis estadístico e interpretación de los datos

Con el uso del software SPSS, realizamos los cálculos estadísticos con los datos obtenidos en los ensayos de; análisis granulométricos, límites de consistencia, gravedad específica.

3.9. Principios éticos

Se tomarán los siguientes criterios éticos: Credibilidad por que los resultados tendrán validez y se comprobara la misma con el programa estadístico. Consistencia, porque la investigación se puede volver a realizar y los datos son estables. Confirmabilidad, por que los datos de nuestro estudio comprobarán las teorías planteadas o no. Aplicabilidad, porque los datos podrán aplicarse en otro estudio similar o con los mismos objetivos que el nuestro. Confidencialidad, los datos o resultados obtenidos serán confidenciales hasta que el documento sea publicado.

3.10. Criterios de rigor científico

3.10.1. Validez

Las variables son relevantes y están muy bien relacionadas entre sí permitiendo así comprobar la consistencia de la investigación la respuesta a la formulación del problema.

3.10.2. Generalizabilidad

La muestra escogida para el estudio será representativa, puesto que se escogerá 10 lugares o puntos escogidos del Distrito de Santa Rosa para la extracción de suelo manera aleatoria.

3.10.3. Fiabilidad

La medición de los datos será exactos ya que el laboratorio de mecánica de suelos de la universidad Señor de Sipán cumple con todos los estándares de calidad para la evaluación de las muestras.

3.10.4. Replicabilidad

El estudio se podrá replicar, sin ningún problema comprobando los resultados obtenidos sin que los resultados se contradigan y detallando si es que es posible temas relacionados con la misma.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

IV. Análisis e interpretación de resultados

4.1. Área de estudio

4.1.1. Identificación del terreno para la evaluación del potencial de licuefacción en zonas donde puedan existir obras civiles

Para la identificación de la zona o puntos en estudio en el distrito de Santa Rosa se hizo un reconocimiento geotécnico in situ para identificar las características de los suelos arenosos -limosos, con presencia de Napa Freática alta, que influyen en la ocurrencia del fenómeno en estudio llamado licuefacción.

Para dicha elección del área de estudio aparte de los factores explicados en anteriormente como presencia de suelos arenoso- limosos y napa freática alta, también se tuvo en cuenta los estudios de clasificación realizada por el INDECI (2003) en el distrito de Santa Rosa , también se tuvo en cuenta los permisos otorgados por la Municipalidad Distrital de Santa Rosa ya que algunas zonas se encontraban asfaltadas y se restringieron.

Para la elección se tomó en cuenta también el Reglamento Nacional de Edificaciones en la norma E-0.30, donde nos da la clasificación de la obra ingenieril tipo A, B y C.

Se trato de abarcar la mayor cantidad de área por punto explorado para que las propiedades mecánicas del suelo nos brinden las características para que se presente el fenómeno de licuefacción.

Finalmente se realizaron perfiles estratigráficos para poder clasificar en zonas y poder contrastar con los datos realizados por el INDECI (2003).

4.1.2. Ubicación de los puntos para realizar los sondeos SPT

Se seleccionaron 10 puntos, teniendo en cuenta lo anteriormente explicado para presencia del fenómeno de licuefacción.

Para más precisión en la ubicación de los puntos de tomo como base de referencia el MAPA DE PELIGROS de la ciudad de Santa Rosa (Mapa de peligros geológicos), realizado por el INDECI 2003.

Se realizo un plano de la ubicación de los puntos seleccionados. (ver plano PL-01)

Tabla 21

Ubicación de los sondajes SPT

NUMERO DE SONDAJE	NORTE	ESTE
SPT-1	9239711.00	618743.00
SPT-2	9239548.00	618722.00
SPT-3	9239936.00	618498.00
SPT-4	9239887.00	618578.00
SPT-5	9239418.00	618815.00
SPT-6	9240092.00	618497.00
SPT-7	9239843.00	618793.00
SPT-8	9240008.00	618851.00
SPT-9	9239332.00	619466.00
SPT-10	9238908.00	619304.00

Fuente: Propia

Verificación de puntos Calicata N°9



Figura 29: calicata N°9 , para verificar los puntos seleccionados
Fuente: Propia

Muestreo con posteadora calicata N°8



Figura 30: calicata N°8 , muestro con posteadora
Fuente: Propia

4.1.3. Procedimiento para el cálculo del potencial de licuefacción

4.1.3.1. Realización del ensayo SPT in situ en los puntos seleccionados

Para realizar el ensayo de Penetración Estándar SPT, se siguieron los pasos según lo explicado anteriormente en la descripción del ensayo según la MTC E 119.

El ensayo se divide en tres partes:

1) Hincar el muestreador partido (estándar) una distancia total de 45 cm (18" aproximadamente) dentro del suelo, a partir del fondo de la perforación.

2) Contar el número de golpes requeridos para empujar el muestreador los últimos 30 cm (12"). Se obtiene así el número de golpes, N.

3) Para la hincada se utiliza una masa de 63,5 kg (140 lb), dejándola caer libremente desde una altura de 76 cm (30").

En la práctica más común, se utilizan marcas de tiza sobre la barra guía del martillo para señalar la altura de 76 cm que debe caer éste para la hincada. Se usan también marcas de tiza en las barras de perforación a las cuales está sujeta el muestreador, para señalar tres tramos de 15 cm con el fin de facilitar el control al contar los golpes.

El reporte del número de golpes se realiza indicando los golpes para cada tramo, por ejemplo: 4-6-5. Sin embargo, el valor de N corresponde a la suma de los últimos 2 en este caso $N = 11$. Una vez que se avanza el muestreador los 45 cm indicados, se suben las barras para recuperar la muestra que ha quedado dentro del muestreador. Esta muestra es debidamente empacada y etiquetada para ser enviada al laboratorio.

Antes de introducir nuevamente el muestreador en la perforación, se introduce un "pasteador" hasta la profundidad total de sondeo. De esta forma, cuando nuevamente el muestreador es introducido para un nuevo ciclo de conteo, el mismo no tiene fricción con las paredes del sondeo en su parte superior, lo cual podría dar valores de N mayores a los reales en el tramo subsiguiente. Si no es utilizada la práctica del ampliador, debe realizarse una corrección en los valores obtenidos.

Se deduce entonces que el ciclo de avance del ensayo es cada 45 cm, y para cada tramo de esa longitud, se reporta un único valor de N. Por otra parte, si el ensayo alcanza un estrato de suelo que requiere 50 o más golpes para avanzar un tramo de 15 cm o bien si se llega a un conteo de 100 golpes en total o si se dan 10 golpes sucesivos y no hay avance del muestreador, se suspende la prueba y el reporte indica "rechazo".

Por lo tanto, deben cuidarse los detalles de ejecución del ensayo, sobre todo lo que tiene que ver con la cantidad de energía aplicada. Hay también otros factores: si el muestreador está desgastado en su punta, si se encuentra un bloque duro en la perforación, introducción demasiado rápida o demasiado lenta del muestreador o diferentes

niveles freáticos (nivel del agua en profundidad) en el sondeo. Sin embargo, la energía aplicada por el equipo y su disipación en el terreno siguen siendo las principales razones para tener diferentes valores de N.

La energía aplicada teóricamente en el ensayo corresponde a $E = W \cdot h$. El peso W y la altura h son valores estándar en el SPT. Por lo tanto:

$$E = 63,5\text{kg} \cdot 9,81\text{m/s}^2 \cdot 0,762\text{m} = 475\text{J}$$

Sin embargo, diversos estudios detallados han indicado que la energía realmente aplicada en el ensayo varía entre 30% y un 80% de la energía teórica. Los factores que influyen en esta variación de energía aplicada son varios, por ejemplo:

- a. Equipos provenientes de diferentes fabricantes.
- b. Diferentes configuraciones de martillos.
- c. Se usa un sistema automático para levantar el martillo.
- d. Si se usa una cuerda con tambor para levantar el martillo. En este caso pueden afectar:
 - e. El diámetro y la condición de la cuerda.
 - f. El diámetro y la condición del tambor.
 - g. El número de vueltas de la cuerda alrededor del tambor (se usan dos vueltas).
 - h. La altura real de caída del martillo (variaciones introducidas por el operador).
- i. Si se usa un tubo de muestreo (liner) dentro del muestreador partido.
- j. Sobrecarga del suelo.
- k. Sobre tamaño del diámetro del hueco.
- l. Longitud del sistema de barras.

Preparacion del equipo SPT



Figura 31: Ensamblaje del equipo SPT para iniciar el sondo respectivo del SPT-3

Fuente: Propia

Preparacion del terreno



Figura 32: Excavación del terreno hasta 1m de profundidad para iniciar el hincado en el SPT-1

Fuente: Propia

Preparacion de la cañas



Figura 33: Preparación de la caña para hincar los primeros 15 cm en el SPT-4
Fuente: Propia

Inicio del hincado para en el SPT 1



Figura 33: Procedimiento para iniciar el hincado en los primeros 15 cm en el SPT-1
Fuente: Propia

Equipo SPT listo para iniciar hincado



Figura 34: hincado del SPT- 4
Fuente: Propia

Equipo SPT listo para iniciar hincado



Figura 35: Demarcación de la caña para mantener una referencia al momento de iniciar el hincado en el SPT-5
Fuente: Propia

4.1.3.2. Registro de numero de golpes insitu (N_{SPT})

Para el registro del número de golpes se empleó el formato otorgado por el Técnico del LEM -USS para cada hinca, como señala la Norma MTC E1 119. La hinca se realizó cada 15cm (6 pulgadas),

Se registro el número de golpes necesarios para que el muestreador ingrese mediante el golpe del alicante o martinete en intervalos de cada 6pulgadas o 15 cm,

Este registro de golpes (N_{SPT}) es necesario para el cálculo del potencial de licuefacción, por lo que se tuvo el mayor cuidado, precisión y atención posible al registro de estos datos.

Equipo SPT en funcionamiento



Figura 36: Tomando registro del numero de golpes (N_{SPT}) para cada 15cm en el SPT-8

Fuente: Propia

Equipo SPT-7 en funcionamiento



Figura 37: Tomando registro del número de golpes (N_{SPT}) para cada 15cm en el SPT-7
Fuente: Propia

4.1.3.3. Extracción de muestras durante la realización del sondeo SPT

Durante el desarrollo del ensayo de SPT (in situ), se procedió a la extracción de muestras de caña partida cada 45cm, las cuales fueron etiquetadas y embolsadas en un sobre hermético.

Las muestras recolectadas previamente etiquetadas, luego fueron llevadas al laboratorio del LEM-USS para sus respectivos ensayos a realizar.

4.1.3.4. Muestras obtenidas con el muestreador de caña partida

Son las muestras no tratadas es el suelo obtenidas natural tal y como se encontró en el punto de estudio, sin recibir ningún agente que pueda alterar sus propiedades, características propias, pero el método de extracción (muestreador de caña partida), se considera como

muestra alterada pero aun así son representativas. La herramienta consiste en una caña de hincado de acero, un tubo de acero que está dividido longitudinalmente en dos y un acoplamiento en la parte superior. El acoplamiento conecta el muestreador con la barra de perforación. El tubo dividido estándar tiene un diámetro interior de 34.93 mm y un diámetro exterior de 50.8 mm; sin embargo, también están disponibles muestreadores con diámetros interior y exterior de 63.5 mm y 76.2 mm, respectivamente. Cuando una perforación se extiende hasta una profundidad determinada, las herramientas de perforación se remueven y el muestreador se introduce hasta el fondo del agujero. El muestreador se hinca en el suelo por golpes de un martinete en la parte superior de la barra de perforación. El peso estándar del martinete es de 622.72 N y por cada golpe el martinete baja una distancia de 0.762 m. Se registra el número de golpes requeridos para una penetración del penetrómetro de tres intervalos de 152.4 mm. El número de golpes requeridos para los dos intermedios intervalos se suman para obtener el número de penetración estándar, N , a esa profundidad. A este número en general se le refiere como valor N (American Society for Testing and Materials, 2001, Designation D-1586-99). Luego el muestreador se retira y se remueven la caña y el acoplamiento.

Extracción del muestreador



Figura 38: extracción del muestreador de caña partida en el SPT-2
Fuente: Propia

Muestreador caña partida



Figura 39: Muestra obtenida de la caña partida en el SPT-2
Fuente: Propia

Muestreador caña partida



Figura 40: Muestra obtenida de la caña partida en el SPT-5
Fuente: Propia

Desmontaje y desarmado de las cañas



Figura 41: Desmontaje de las cañas para obtener muestras en el SPT-7

Fuente: Propia

Extracción del muestreador caña partida



Figura 42: extracción de la caña para obtener la muestra del SPT-7
Fuente: Propia

Muestra obtenida



Figura 43: Muestra obtenida de la caña partida para el SPT-7
Fuente: Propia

Muestra obtenida de la caña partida



Figura 44: Muestra obtenida de la caña partida para el SPT-8
Fuente: Propia

4.2. Resultados en tablas y gráficos

4.2.1. Resultados

4.2.1.1. Muestreo obtenido por el muestreador de caña partida

Una vez obtenida las muestras por el muestreador de caña partida se procede a llevar al laboratorio y como primer ensayo a realizar es obtener el contenido de humedad.

Al día siguiente se retira las muestras del horno a 110 °C y se procede al cuarteo para separar la muestra para los diferentes ensayos a realizar que se detallaran a continuación.

Este ensayo nos permitirá obtener una clasificación SUCS del suelo, lo cual será un factor para determinar en la evaluación del Potencial de Licuefacción

Muestras



Figura 45: muestras para realizar el cuarteo y realizar granulometría, límites y gravedad específica
Fuente: Propia

A. Ensayo de granulometría

Es el primer ensayo a realizar con las muestras obtenidas del muestreador de caña partida, se procede hacer un lavado del material por la malla #200, hasta que todos los finos se hayan lavado.

Con la muestra restante se procede a dejar en el horno a 110°C, en nuestro caso el tiempo promedio era de un día para para otro, para luego realizar los pasos descritos en la realización del ensayo.

Lavado de muestras



Figura 45: Lavado de muestras para realizar la granulometría SPT-3
Fuente: Propia.

Lavado de muestras



Figura 46: Lavado de muestras para realizar la granulometría
Fuente: Propia

Tamizado de las muestras



Figura 47: Tamizado de las muestras para la granulometría
Fuente: Propia

Tamices



Figura 48: Tamices utilizados en la granulometría
Fuente: Propia

B. Límites de consistencia

Este ensayo se trata de encontrar limite líquido, limite plástico e índice de plasticidad del suelo en estudio para así poder tener una clasificación SUCS la cual será un factor a tener en cuenta para evaluación del potencial de licuefacción.

Los pasos a seguir para la realización del ensayo fueron descritos anteriormente.

Muestra húmeda



Figura 49: Muestra húmeda para empezar a realizar el ensayo de limite liquido
Fuente: Propia

Muestra con la ranura para limite liquido



Figura 50: Muestra para realizar limite liquido
Fuente: Propia

Muestra en la copa casa grande



Figura 51: Copa casa grande, realizando ensayo de limite liquido mediante el numero de golpes
Fuente: Propia

C. Cálculo de potencial de licuefacción mediante el método simplificado de Seed Idriss

Con los resultados obtenidos de los diferentes ensayos de laboratorio se obtuvieron parámetros con los cuales se procederá al cálculo respectivo siguiendo los parámetros explicados en el ítem 2.2.7.1

El cálculo será detallado mediante una hoja de cálculo en formato Excel que se realizó para para las profundidades de 1.45,2.45,3.45,4.45 y 5.45 metros para cada sondeo SPT en estudio.

4.2.2. Gráficos y resultados del ensayo de penetración estándar detallando el número de golpes.

Para determinar el potencial de licuefacción de suelos en la zona de estudio, se utilizó el método propuesto por Seed & Idriss evaluando para diferentes magnitudes de sismo ($M_w = 5.5, 6.0, 6.5, 7.0, 7.5, 8.0, 8.5$) y se tomó la magnitud de $M_w = 7.5$ por ser la más desfavorable de acuerdo a los parámetros analizados como se explicó en el ítem 2.3.7.1.1, donde se elaboraron hojas de cálculo en excel que se muestran en el Anexo 2, para posteriormente mostrar los resultados.

En cada punto de estudio para evaluar el potencial de licuefacción se tiene en cuenta los siguientes datos o parámetros.

- Magnitud del sismo. $M_w = 5.5, 6.0, 6.5, 7.0, 7.5, 8.0, 8.5$), de acuerdo a Seed & Idriss.
- Aceleración máxima. 0.45 g de acuerdo al RNE
- Profundidad de análisis en estratos de 18" (45cm), según sea el caso en metros.
- Nivel freático, en metros
- Porcentajes de finos del suelo
- Peso específico de cada estrato de suelo en KN/m^3
- Número de golpes del ensayo del SPT
- Se realizaron las hojas de cálculo en base a los siguientes parámetros.

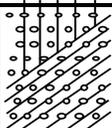
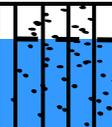
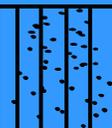
- Cálculo de los esfuerzos efectivo y total, para cada profundidad de análisis.
- Cálculo del factor de reducción de tensiones de corte a cada profundidad de análisis
- Cálculo de las tensiones de corte cíclicas (CSR) para cada profundidad de análisis
- Corrige el ensayo SPT para cada profundidad de análisis de acuerdo a la energía del martillo del ensayo de SPT y luego por la fracción fina del suelo.
- Determina la resistencia cíclica (CRR) para cada profundidad de análisis
- Aplica el factor de corrección por magnitud sísmica
- Cálculo del factor de seguridad a la licuefacción (FS)
- Evalúa a cada profundidad de análisis si el suelo es licuable o no.

Luego del respectivo cálculo se analizó cada estrato susceptible a la licuefacción, para lo cual para un mejor estudio se procedió a separarlos en estratos de 1.45m, 2.45m, 3.45m ,4.45m y así hasta la profundidad donde se llegó a hincar. Los resultados se detallan en las tablas siguientes.

En las siguientes tablas procederemos a detallar los resultados obtenidos al concluir el estudio de sondaje SPT en el distrito de Santa Rosa.

Tabla 22

Resultados del número de golpes SPT 1

Resultados del Numero de Golpes SPT-01												
Ubicación	Elevacion	Perforacion			Descripcion	Numero de golpes				Coordenadas UTM		Observaciones
		Prof.	Estrato	SUCS		6"	12"	18"	(N1)60cs	ESTE	NORTE	
En la calle Jose Olaya cuadra 3 a unos 150 m de la AV. Mariscal Castilla , tramo que une Pimentel - Santa Rosa	7.98 m.s.n.m	0.60		MH	Limo arenoso de alto contenido de finos, con una consistencia muy blanda	-	-	-	-	618743	9239711	Observacion: No se pudo continuar a la profundidad de 5.45 metros (Supero los 50 golpes a la hincada de 12" a 18", según norma se detiene el ensayo)/Rechazo, por lo tanto se concluyo y tomo la decisión de dar por finalizado al ensayo.
		1.00		SM	Arena Limosa , alto contenido de finos, con una consistencia compacta.	1	2	4	6			
		1.45		SM	Arena limosa, bajo contenido de finos, con una consistencia compacta.	5	7	9	16			
		N.F=2.00		SM	Arena limosa, bajo contenido de finos, con una consistencia compacta.	8	10	13	23			
		2.45		SM	Arena limosa, alto contenido de finos, con una consistencia dura.	11	12	15	27			
		3.45		SM	Arena limosa, bajo contenido de finos, con una consistencia dura.	18	31	55	86			
		4.45		SM	Arena limosa, bajo contenido de finos, con una consistencia dura.							
		5.45		SM	Arena limosa, bajo contenido de finos, con una consistencia dura.							

Fuente:

Elaboración

propia

Tabla 23

Resultados del número de golpes SPT 2

Resultados del Numero de Golpes SPT-02												
Ubicación	Perforacion				Descripcion	Numero de golpes				Coordenadas UTM		Observaciones
	Elevacion	Prof.	Estrato	SUCS		6"	12"	18"	(N1)60cs	ESTE	NORTE	
En las intersecciones de las calles Rivera del Mar y Mercedes Gordillo a 50 m de CEPAR, centro de procesamiento de pescado seco salado	6.25 m.s.n.m	0.50		SP-SM	Arena pobremente graduada , con limo, bajo contenido de finos, compacidad muy suelta	-	-	-	-	618722.00	9239936	No se pudo continuar a la profundidad de 4.45 metros (Supero los 50 golpes a la hinca de 12" a 18", según norma se detiene el ensayo)/Rechazo, por lo tanto se concluyo y tomo la decisión de dar por finalizado al ensayo.
		1.00			Arena pobremente graduada, con limo, bajo contenido de finos, compacidad medianamente suelta.	3	5	7	12			
		1.45			Arena pobremente graduada, con limo, bajo contenido de finos, compacidad medianamente densa.	9	10	13	23			
		2.45			Arena pobremente graduada, con limo, bajo contenido de finos, compacidad medianamente densa.	14	17	21	38			
		3.45			Arena pobremente graduada , con limo, bajo contenido de finos, compacidad muy densa.	16	31	52	83			
		4.45										

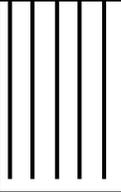
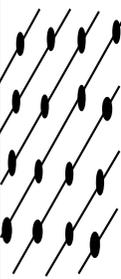
Fuente:

Elaboración

propia

Tabla 24

Resultados del número de golpes SPT 3

Resultados del Numero de Golpes SPT-03												
Ubicación	Perforacion				Descripcion	Numero de golpes				Coordenadas UTM		Observaciones
	Elevacion	Prof.	Estrato	SUCS		6"	12"	18"	(N1)60cs	ESTE	NORTE	
Costado izquierdo del dren 4000 , a unos 350 m del mar y al costado del terminal pesquero de Santa Rosa	7.81 m.s.n.m	0.60		ML	Limo de baja plasticidad, alto contenido de finos, consistencia blanda.	-	-	-	-	#####	9239936	No se pudo continuar a la prof. De 2.45 metros el suelo es muy compacto y duro (Supero los 50 golpes en la hinc a los ultimos 45 cm, solo ingresando 2'), es decir se produce rechazo por lo consiguete el ensayo termina
		1.00										
		1.45		SC	Arena Arcillosa , con alto contenido de finos, consistencia dura.	6	10	15	25			
		2.00				-	-	-	-			
		2.45		CH	Arcilla Arenosa de alta plasticidad, alto contenido de finos, , consistencia muy dura.	9	22	54	76			
3.00												

Fuente:

Elaboración

propia

Tabla 25

Resultados del número de golpes SPT 4

Resultados del Numero de Golpes SPT-04												
Ubicación	Elevacion	Prof.	Estrato	SUCS	Descripcion	Numero de golpes				Coordenadas UTM		Observaciones
						6"	12"	18"	(N1)60cs	ESTE	NORTE	
Calle Jose Olaya a 50 m del Centro Regional de investigaciones Pesqueras e Intituto del Mar a 100 m del mar	6.01 m.s.n.m	0.60		SP	Arena pobremente graduada de bajo contenido de finos, con una consistencia muy blanda	-	-	-	-	618578.00	9239887	No se pudo continuar a la profundidad de 4.45 metros (Supero los 50 golpes a la hinca de 12" a 18", según norma se detiene el ensayo)/Rechazo, por lo tanto se concluyo y tomo la decisión de dar por finalizado al ensayo.
		1.00										
		N.F=1.20		SP-SM	Arena pobremente graduada con limo de bajo contenido de finos, con una consistencia compacta.	4	5	4	9			
		1.45										
		2.45		SP-SM	Arena pobremente graduada con limo de bajo contenido de finos, con una consistencia compacta.	3	7	11	18			
		3.45		SP	Arena pobremente graduada de bajo contenido de finos, con una consistencia muy compacta	10	24	35	59			
4.45		SP-SM	Arena pobremente graduada con limo de bajo contenido de finos, con una consistencia dura.	20	34	53	87					

Fuente:

Elaboración

propia

Tabla 26

Resultados del número de golpes SPT 5

Resultados del Numero de Golpes SPT-05												
Ubicación	Elevacion	Prof.	Estrato	SUCS	Descripcion	Numero de golpes				Coordenadas UTM		Observaciones
						6"	12"	18"	(N1)60cs	ESTE	NORTE	
ubicada entre las calles Rivera del Mar y Las Palmeras a unos 300 m del mercado de Santa Rosa	6.10 m.s.n.m	0.60		SP-SM	Arena pobremente graduada , con limo, bajo contenido de finos, compacidad muy suelta	-	-	-	-	618497.00	9239418	Observacion: No se pudo continuar a la profundidad de 5.45 metros (Supero los 50 golpes a la hincada de 12" a 18", según norma se detiene el ensayo)/Rechazo, por lo tanto se concluyo y tomo la decisión de dar por finalizado al ensayo.
		1.00		SP-SM	Arena pobremente graduada , con limo, bajo contenido de finos, consistencia suelta	3	3	4	7			
		NF=1.30 1.45		SP-SM	Arena limosa, bajo contenido de finos, con una consistencia compacta.	3	5	9	14			
		2.45		SP-SM	Arena limosa, bajo contenido de finos, con una consistencia compacta.	5	11	16	27			
		3.45		SM	Arena limosa, alto contenido de finos, con una consistencia dura.	18	28	37	65			
		4.45		SM	Arena limosa, bajo contenido de finos, con una consistencia dura.	25	32	53	85			
		5.45		SM	Arena limosa, bajo contenido de finos, con una consistencia dura.							

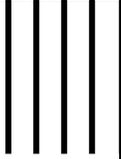
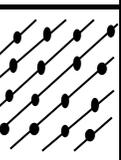
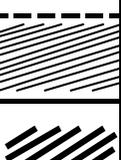
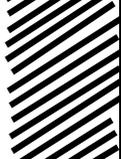
Fuente:

Elaboración

propia

Tabla 27

Resultados del número de golpes SPT 6

Resultados del Numero de Golpes SPT-06												
Ubicación	Perforacion				Descripcion	Numero de golpes				Coordenadas UTM		Observaciones
	Elevacion	Prof.	Estrato	SUCS		6"	12"	18"	(N1)60cs	ESTE	NORTE	
A espaldas del Terminal Pesquero ECOPINSHA , a la margen derecha del dren 4000 y a unos 400 m del mar.	6.10 m.s.n.m	0.60		ML	Limo de baja plasticidad, alto contenido de finos, consistencia blanda.	-	-	-	-	618497.00	9240092	No se pudo continuar a la prof. De 2.45 metros el suelo es muy compacto y duro (Supero los 50 golpes en la hincas de los ultimos 6" , solo ingresando 1"), es decir se produce rechazo por lo consiguete el ensayo termina
		1.00		SC	Arena Arcillosa , con alto contenido de finos, consistencia dura.	7	12	21	33			
		1.45		CH	Arcilla Arenosa de baja plasticidad, con alto contenido de finos y de consistencia dura							
		2.00		CL	Arcilla Arenosa de alta plasticidad, alto contenido de finos, , consistencia muy dura.	14	27	55	82			
		2.45										
		2.50										

Fuente:

Elaboración

propia

Tabla 28

Resultados del número de golpes SPT 7

Resultados del Numero de Golpes SPT-07												
Ubicación	Elevacion	Perforacion			Descripcion	Numero de golpes				Coordenadas UTM		Observaciones
		Prof.	Estrato	SUCS		6"	12"	18"	(N1)60cs	ESTE	NORTE	
ubicada entre la Av. Mariscal Castilla (AV principal que une Pimentel y Santa Rosa) y la Ca. Natividad V. a unos 300 m del Terminal Ecophinsa	5.70 m.s.n.m	0.60		SP-SM	Arena pobremente graduada con Limo , alto contenido de finos, con una consistencia blanda.	-	-	-	-	618293.00	9239843	No se pudo continuar a la profundidad de 5.45 metros (Supero los 50 golpes a la hinca de 12" a 18", según norma se detiene el ensayo)/Rechazo, por lo tanto se concluyo y tomo la decisión de dar por finalizado al ensayo ya que el estrato se considera de consistencia dura .
		1.00		SP-SM	Arena pobremente graduada con Limo , alto contenido de finos, con una consistencia compacta.	7	8	9	17			
		1.45		SP-SM	Arena pobremente graduada con Limo , alto contenido de finos, con una consistencia compacta.	7	8	9	17			
		NF=2.00		SC	Arena Arcillosa, bajo contenido de finos, con una consistencia muy compacta.	5	7	12	19			
		2.45		SC	Arena Arcillosa, bajo contenido de finos, con una consistencia muy compacta.	10	11	13	24			
		3.45		SC	Arena Arcillosa, bajo contenido de finos, con una consistencia muy compacta.	14	16	20	36			
		4.45		SC	Arena Arcillosa, bajo contenido de finos, con una consistencia dura.	20	33	54	87			
6.00	SC	Arena Arcillosa, bajo contenido de finos, con una consistencia dura.	20	33	54	87						

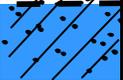
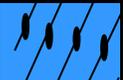
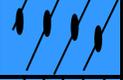
Fuente:

Elaboración

propia

Tabla 29

Resultados del número de golpes SPT 8

Resultados del Numero de Golpes SPT-08												
Ubicación	Elevacion	Perforacion			Descripcion	Numero de golpes				Coordenadas UTM		Observaciones
		Prof.	Estrato	SUCS		6"	12"	18"	(N1)60cs	ESTE	NORTE	
Ubicada entre la Av. Calle 28 de Junio los Pinos Manzana "B". A espaldas del tanque elevado de agua Potable del Distrito	6.15 m.sn.m	0.50		SP-SC	Arena pobremente graduada con arcilla de bajo contenido de finos, con una consistencia muy blanda	-	-	-	-	618851.00	9240008	No se pudo continuar a la profundidad de 3.45 metros (Supero los 50 golpes a la hinca de 12" a 18", según norma se detiene el ensayo, solo ingresando 3")/Rechazo, por lo tanto se concluyo y tomo la decisión de dar por finalizado al ensayo ya que el estrato se considera de consistencia dura .
		1.00		SC	Arena Arcillosa, alto contenido de finos, con una consistencia compacta.	1	4	8	12			
		1.45		SC	Arena Arcillosa, bajo contenido de finos, con una consistencia muy compacta.	4	8	16	24			
		2.45		CL	Arcilla Arenosa de baja plasticidad, con un alto contenido de finos, con una consistencia dura.	18	39	53	92			
		3.45		CL	Arcilla Arenosa de baja plasticidad, con un alto contenido de finos, con una consistencia dura.	-	-	-	-			
		4.00		CL	Arcilla Arenosa de baja plasticidad, con un alto contenido de finos, con una consistencia dura.	-	-	-	-			

Fuente:

Elaboración

propia

Tabla 30

Resultados del número de golpes SPT 9

Resultados del Numero de Golpes SPT-09												
Ubicación	Elevacion	Perforacion			Descripcion	Numero de golpes				Coordenadas UTM		Observaciones
		Prof.	Estrato	SUCS		6"	12"	18"	(N1)60cs	ESTE	NORTE	
Entre las calles Hugo Pecse y 7 de Junio a unos 300 m del tanque elevado	6.20 m.s.n.m	0.00		SC	Arena arcillosa de bajo contenido de finos, con una consistencia muy blanda	-	-	-	-	619466.00	9239332	No se pudo continuar a la profundidad de 3.45 metros (Supero los 50 golpes a la hincada de 6" a 12", según norma se detiene el ensayo, solo ingresando 3"/pero se continua hasta la profundidad de 3.45 para comprobar donde tambien se seupero los 50 golpes en la hincada de 12" a 18", solo ingresando 2")/Rechazo, por lo tanto se concluyo y tomo la decisión de dar por finalizado al ensayo ya que el estrato se considera de consistencia dura
		NF=0.50										
		1.00		SC	Arena arcillosa de alto contenido de finos, con una consistencia muy compacta	7	9	12	21			
		1.45		CL	Arcilla Arenosa de baja plasticidad, con un alto contenido de finos, con una consistencia muy compacta.	15	24	37	61			
		2.45		CL	Arcilla Arenosa de baja plasticidad, con un alto contenido de finos, con una consistencia dura.	31	41	53	94			
		3.45				-	-	-	-			
4.00												

Fuente:

Elaboración

propia

Tabla 31

Resultados del número de golpes SPT 10

Resultados del Numero de Golpes SPT-10												
Ubicación	Elevacion	Perforacion			Descripcion	Numero de golpes				Coordenadas UTM		Observaciones
		Prof.	Estrato	SUCS		6"	12"	18"	(N1)60cs	ESTE	NORTE	
En las intersecciones de la AV. Mariscal Castilla y la Av. Venezuela, tramo que une Santa Rosa - Monsefu	5.90m.s.n.m	0.60		SP- SM	Arena pobremente graduada con Limo , alto contenido de finos, con una consistencia blanda.	-	-	-	-	619304.00	92389008	No se pudo continuar a la profundidad de 5.45 metros (Supero los 50 golpes a la hincas de 12" a 18", según norma se detiene el ensayo)/Rechazo, por lo tanto se concluyo y tomo la decisión de dar por finalizado al ensayo.
		1.00		SC- SM	Arena Limo arcillosa , alto contenido de finos, con una consistencia compacta.	1	4	5	9			
		1.45		SP- SM	Arena limosa, bajo contenido de finos, con una consistencia compacta.	7	8	9	17			
		2.45		SP- SM	Arena limosa, bajo contenido de finos, con una consistencia muy compacta.	10	13	15	28			
		3.45		SP- SM	Arena limosa, alto contenido de finos, con una consistencia dura.	14	22	24	46			
		4.45		SP- SM	Arena limosa, bajo contenido de finos, con una consistencia dura.	18	39	53	92			
		5.45		SP- SM	Arena limosa, bajo contenido de finos, con una consistencia dura.							
		N.F=2.00										

Fuente:

Elaboración

propia

4.2.3. Descripción y resultados de los 10 puntos analizados, granulometría y límites de atterberg.

Estos ensayos se realizaron para obtener una clasificación SUCS, hallar el % de contenido de finos (% del material que pasa la malla #200) y el contenido de humedad de cada estrato en cada sondaje SPT realizado en la presente investigación que después fueron empleados en el cálculo o evaluación del Potencial de licuefacción aplicando el Método Semi Empírico Seed e Idriss.

SPT 01:

Se procedió con el cálculo del potencial de licuefacción para el sondaje SPT-1, ubicado en calle José Olaya cuadra 3 a unos 150 m de la principal avenida de santa rosa mariscal castilla.

Se realizó la aplicación de la metodología del método simplificado de Seed Idriss para las diferentes magnitudes establecida en el presente estudio.

Se analizaron los diferentes estratos encontrados en la aplicación del ensayo de Penetración Standar (SPT), que se detallaran a continuación:

Estrato 01:

De 0.60 m – 1.00 m de profundidad, es un limo arenoso de alta plasticidad, con una humedad natural de 22.39 %, no presenta plasticidad y el material pasante por la malla #200 es de 77.80%, su clasificación SUCS es MH. En este estrato no se registró el número de golpes

Estrato 02:

De 1.00 m – 1.85 m de profundidad, es una Arena Limosa, con una humedad natural de 26.59 %, con un índice de plasticidad de 4.85 % y el material pasante la malla #200 es de 44.10%, su clasificación SUCS es SM. En este estrato se registró un numero de golpes N(spt) de 6 a una profundidad de 1.45 m.

Estrato 03:

De 1.85 m – 3.30 m de profundidad, es una Arena Limosa, con una humedad natural de 18.53 %, no presenta plasticidad y el material pasante la malla #200 es de 14.90%, su clasificación SUCS es SM. En este estrato se registró un numero de golpes N(spt) de 16 a una profundidad de 2.45 m.

Estrato 04:

De 3.30 m – 3.85 m de profundidad, es una Arena limosa, con una humedad natural de 20.20 %, no presenta plasticidad y el material pasante la malla #200 es de 20.90%, su clasificación SUCS es SM. En este estrato se registró un numero de golpes N(spt) de 23 a una profundidad de 3.45 m.

Estrato 05:

De 3.85 m – 4.85 m de profundidad, es una Arena Limsa, con una humedad natural de 20.72 %, no presenta plasticidad y el material pasante la malla #200 es de 11.10%, su clasificación SUCS es SM. En este estrato se registró un numero de golpes N(spt) de 27 a una profundidad de 4.45 m.

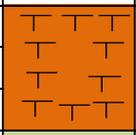
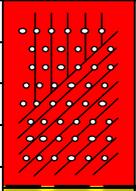
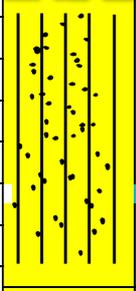
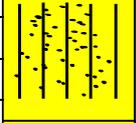
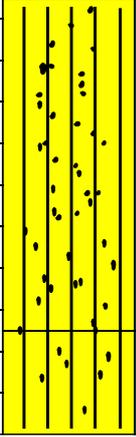
Estrato 06:

De 4.85 m – 6.00 m de profundidad, es una Arena Limsa, con una humedad natural de 17.53 %, no presenta plasticidad y el material pasante la malla #200 es de 11.10%, su clasificación SUCS es SM. En este estrato se registró un numero de golpes N(spt) de 86 a una profundidad de 5.45 m.

Los resultados se presentan con más detalle en la tabla 32.

Tabla 32

Resumen de resultados de los ensayos de Granulometría y límites de Atterberg realizados (SPT 01)

 UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN FACULTA DE INGENIERIA, ARQUITECTURA Y URBANISMO LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES													
Tesis:		POTENCIAL DE LICUEFACCION EN EL DISTRITO DE SANTA ROSA											
Tesistas:		BENITES ALARCON LUIS MANUEL											
		VILCHEZ PEREZ JUAN JOEL ANTONY											
Ubicación:		DISTRITO DE SANTA ROSA - PROVINCIA DE CHICLAYO -DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE											
Perforación:		SPT-1		Norte :		618743							
Nivel freático :		2.00		Este:		9239711							
REGISTRO DE EXCAVACIÓN SPT- 1													
Profundidad	Muestra	N.F	Espesor	Clasificación SUCS	Clasificación ASSTHO	Ensayos							
						w (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	M.F	c.u	c.c	% pasa malla 200
0.2			0.00- 0.60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0.4													
0.6													
0.8			0.60 m- 1.00 m	MH	A-4 (9)	22.39	N.P.	N.P.	N.P.	0.25	0.19	1.40	77.80
1													
1.2		N.F 2.00 m	1.00 m- 1.85 m	SM	A-4 (1)	26.59	26.31	25.00	1.31	0.66	0.28	0.23	37.90
1.4													
1.6													
1.8													
2			1.85 m- 3.30 m	SM	A-2-4 (0)	18.53	N.P.	N.P.	N.P.	0.81	0.93	0.48	14.90
2.2													
2.4													
2.6													
2.8													
3													
3.2			3.30m- 3.85 m	SM	A-2-4 (0)	20.20	N.P.	N.P.	N.P.	1.10	0.63	0.23	20.90
3.4													
3.6													
3.8			3.85 m- 4.85m	SM	A-2-4 (0)	20.72	N.P.	N.P.	N.P.	0.95	0.36	0.12	32.70
4													
4.2													
4.4													
4.6													
4.8													
5													
5.2													
5.4													
5.6			4.85 m- 6.00 m	SM	A-2-4 (0)	24.10	N.P.	N.P.	N.P.	1.27	0.60	0.17	17.53
5.8													
6													

Aplicación de la metodología del método simplificado de Seed Idriss para evaluar la licuefacción mediante los resultados de los ensayos obtenidos en el LEM -USS.

Tabla 33

Resumen de los resultados Método Semi Empírico SEED e IDRISS, para una magnitud sísmica Mw=5.5 (SPT 01).

Resultados obtenidos del analisis del Potencial de Licuefaccion de suelos en el Distrito de Santa Rosa para SPT #01																				
Metodo Basado en el Numero de Golpes del Ensayo SPT (Metodo Semi Empirico SEED e IDRISS)																				
Ubicación	Magnitud	Perforacion				Descripcion	Resultados													
		Nro	Prof.	Estrato	SUCS		Factor Correccion MSF de NCEER (Seed R. B. et al) (1997 ; 2003)					Factor Correccion MSF de Seed e Idriss (1982)				Factor Correccion MSF de Ambraseys (1988)				
							(N _i) _{60cs}	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	
En la calle Jose Olaya cuadra 3 a unos 150 m de la AV. Mariscal Castilla , tramo que une Pimentel - Santa Rosa	Mw=5.5	SPT #01	0.60			MH	Limo arenoso de alto contenido de finos, con una consistencia muy blanda	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
			1.00			SM	Arena Limosa , alto contenido de finos, con una consistencia compacta.	11.89	0.2876	0.1715	1.68	No Licuable	0.1861	0.1715	1.08	Licuable	0.3721	0.1715	2.17	No Licuable
			1.45	N.F=2.00		SM	Arena limosa, bajo contenido de finos, con una consistencia compacta.	16.46	0.3868	0.1870	2.07	No Licuable	0.2503	0.1870	1.34	No Licuable	0.5006	0.1870	2.68	No Licuable
			2.45			SM	Arena limosa, bajo contenido de finos, con una consistencia compacta.	22.58	0.5537	0.2128	2.60	No Licuable	0.3583	0.2128	1.68	No Licuable	0.7166	0.2128	3.37	No Licuable
			4.45			SM	Arena limosa, alto contenido de finos, con una consistencia dura.	29.69	0.9885	0.2291	4.31	No Licuable	0.6396	0.2291	2.79	No Licuable	1.2793	0.2291	5.58	No Licuable
			5.45			SM	Arena limosa,bajo contenido de finos, con una consistencia dura.	66.29	-	0.2431	-	No Licuable	-	0.2431	-	No Licuable	-	0.2431	-	No Licuable
			Observacion: No se pudo continuar a la profundidad de 5.45 metros (Supero los 50 golpes a la hinca de 12" a 18", según norma se detiene el ensayo)/Rechazo, por lo tanto se concluyo y tomo la decisión de dar por finalizado al ensayo.																	

Tabla 34

Resumen de los resultados Método Semi Empírico SEED e IDRISS, para una magnitud sísmica Mw=6.0 (SPT 01).

Resultados obtenidos del analisis del Potencial de Licuefaccion de suelos en el Distrito de Santa Rosa para SPT #01																				
Metodo Basado en el Numero de Golpes del Ensayo SPT (Metodo Semi Empirico SEED e IDRISS)																				
Ubicación	Magnitud	Perforacion				Descripcion	Resultados													
		Nro	Prof.	Estrato	SUCS		Factor Correccion MSF de NCEER (Seed R. B. et al) (1997 ; 2003)					Factor Correccion MSF de Seed e Idriss (1982)				Factor Correccion MSF de Ambraseys (1988)				
							(N1) _{60cs}	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	
En la calle Jose Olaya cuadra 3 a unos 150 m de la AV. Mariscal Castilla , tramo que une Pimentel - Santa Rosa	Mw=6.0	SPT #01	0.60			MH	Limo arenoso de alto contenido de finos, con una consistencia muy blanda	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
			1.00			SM	Arena Limo arcillosa , alto contenido de finos, con una consistencia compacta.	11.89	0.2303	0.1952	1.18	Licuable	0.1718	0.1952	0.88	Licuable	0.2863	0.1952	1.47	No Licuable
			1.45			SM	Arena limosa, bajo contenido de finos, con una consistencia compacta.	16.46	0.3098	0.2129	1.46	No Licuable	0.2310	0.2129	1.09	Licuable	0.3851	0.2129	1.81	No Licuable
			2.45			SM	Arena limosa, bajo contenido de finos, con una consistencia compacta.	22.58	0.4435	0.2423	1.83	No Licuable	0.3307	0.2423	1.37	No Licuable	0.5512	0.2423	2.28	No Licuable
			3.45			SM	Arena limosa, alto contenido de finos, con una consistencia dura.	29.69	0.7917	0.2608	3.04	No Licuable	0.5904	0.2608	2.26	No Licuable	0.9841	0.2608	3.77	No Licuable
			4.45			SM	Arena limosa,bajo contenido de finos, con una consistencia dura.	66.29	-	0.2768	-	No Licuable	-	0.2768	-	No Licuable	-	0.2768	-	No Licuable
			5.45																	
			Observacion: No se pudo continuar a la profundidad de 5.45 metros (Supero los 50 golpes a la hinca de 12" a 18", según norma se detiene el ensayo)/Rechazo, por lo tanto se concluyo y tomo la decisión de dar por finalizado al ensayo.																	

Tabla 35

Resumen de los resultados Método Semi Empírico SEED e IDRISS, para una magnitud sísmica Mw=6.5 (SPT 01).

Resultados obtenidos del analisis del Potencial de Licuefaccion de suelos en el Distrito de Santa Rosa para SPT #01																				
Metodo Basado en el Numero de Golpes del Ensayo SPT (Metodo Semi Empirico SEED e IDRISS)																				
Ubicación	Magnitud	Perforacion				Descripcion	Resultados													
		Nro	Prof.	Estrato	SUCS		2003)					Factor Correccion MSF de Seed e Idriss (1982)				Factor Correccion MSF de Ambraseys (1988)				
							(N1) _{60cs}	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	
En la calle Jose Olaya cuadra 3 a unos 150 m de la AV. Mariscal Castilla , tramo que une Pimentel - Santa Rosa	Mw=6.5	SPT #01	0.60			MH	Limo arenoso de alto contenido de finos, con una consistencia muy blanda	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
			1.00			SM	Arena Limosa , alto contenido de finos, con una consistencia compacta.	11.89	0.1874	0.2224	0.84	Licuable	0.1548	0.2224	0.70	Licuable	0.2199	0.2224	0.99	Licuable
			1.45			SM	Arena limosa, bajo contenido de finos, con una consistencia compacta.	16.46	0.2520	0.2425	1.04	Licuable	0.2083	0.2425	0.86	Licuable	0.2958	0.2425	1.22	Licuable
			2.45			SM	Arena limosa, bajo contenido de finos, con una consistencia compacta.	22.58	0.3608	0.2760	1.31	No Licuable	0.2982	0.2760	1.08	Licuable	0.4234	0.2760	1.53	No Licuable
			3.45			SM	Arena limosa, alto contenido de finos, con una consistencia dura.	29.69	0.6441	0.2971	2.17	No Licuable	0.5323	0.2971	1.79	No Licuable	0.7559	0.2971	2.54	No Licuable
			4.45			SM	Arena limosa, bajo contenido de finos, con una consistencia dura.	66.29	-	0.3153	-	No Licuable	-	0.3153	-	No Licuable	-	0.3153	-	No Licuable
			5.45			SM	Arena limosa, bajo contenido de finos, con una consistencia dura.													

Observacion: No se pudo continuar a la profundidad de 5.45 metros (Supero los 50 golpes a la hinca de 12" a 18", según norma se detiene el ensayo)/Rechazo, por lo tanto se concluyo y tomo la decisión de dar por finalizado al ensayo.

Tabla 36

Resumen de los resultados Método Semi Empírico SEED e IDRISS, para una magnitud sísmica Mw=7.0 (SPT 01).

Resultados obtenidos del analisis del Potencial de Licuefaccion de suelos en el Distrito de Santa Rosa para SPT #01																				
Metodo Basado en el Numero de Golpes del Ensayo SPT (Metodo Semi Empirico SEED e IDRISS)																				
Ubicación	Magnitud	Perforacion				Descripcion	Resultados													
		Nro	Prof.	Estrato	SUCS		2003)					Factor Correccion MSF de Seed e Idriss (1982)				Factor Correccion MSF de Ambraseys (1988)				
							(N1) _{60cs}	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	
En la calle Jose Olaya cuadra 3 a unos 150 m de la AV. Mariscal Castilla , tramo que une Pimentel - Santa Rosa	Mw=7.0	SPT #01	0.60			MH	Limo arenoso de alto contenido de finos, con una consistencia muy blanda	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
			1.00			SM	Arena Limosa, alto contenido de finos, con una consistencia compacta.	11.89	0.1548	0.2535	0.61	Licuable	0.1405	0.2535	0.55	Licuable	0.1692	0.2535	0.67	Licuable
			1.45			SM	Arena limosa, bajo contenido de finos, con una consistencia compacta.	16.46	0.2083	0.2765	0.75	Licuable	0.2275	0.2765	0.82	Licuable	0.2275	0.2765	0.82	Licuable
			2.45			SM	Arena limosa, bajo contenido de finos, con una consistencia compacta.	22.58	0.2982	0.3146	0.95	Licuable	0.2706	0.3146	0.86	Licuable	0.3257	0.3146	1.04	Licuable
			3.45			SM	Arena limosa, alto contenido de finos, con una consistencia dura.	29.69	0.5323	0.3387	1.57	No Licuable	0.4831	0.3387	1.43	No Licuable	0.5815	0.3387	1.72	No Licuable
			4.45			SM	Arena limosa, bajo contenido de finos, con una consistencia dura.	66.29	-	0.3594	-	No Licuable	-	0.3594	-	No Licuable	-	0.3594	-	No Licuable
			5.45			SM	Arena limosa, bajo contenido de finos, con una consistencia dura.													

Observacion: No se pudo continuar a la profundidad de 5.45 metros (Supero los 50 golpes a la hinca de 12" a 18", según norma se detiene el ensayo)/Rechazo, por lo tanto se concluyo y tomo la decisión de dar por finalizado al ensayo.

Tabla 37

Resumen de los resultados Método Semi Empírico SEED e IDRISS, para una magnitud sísmica Mw=7.5 (SPT 01).

Resultados obtenidos del analisis del Potencial de Licuefaccion de suelos en el Distrito de Santa Rosa para SPT #01																				
Metodo Basado en el Numero de Golpes del Ensayo SPT (Metodo Semi Empirico SEED e IDRISS)																				
Ubicación	Magnitud	Perforacion				Descripcion	Resultados													
		Nro	Prof.	Estrato	SUCS		2003					Factor Correccion MSF de Seed e Idriss (1982)				Factor Correccion MSF de Ambraseys (1988)				
							(N ₁) _{60cs}	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	
En la calle Jose Olaya cuadra 3 a unos 150 m de la AV. Mariscal Castilla , tramo que une Pimentel - Santa Rosa	Mw=7.5	SPT #01	0.60			MH	Limo arenoso de alto contenido de finos, con una consistencia muy blanda	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
			1.00			SM	Arena Limosa , alto contenido de finos, con una consistencia compacta.	11.89	0.1301	0.2892	0.45	Licuable	0.1301	0.2892	0.45	Licuable	0.1301	0.2892	0.45	Licuable
			1.45	NF=2.00		SM	Arena limosa, bajo contenido de finos, con una consistencia compacta.	16.46	0.1750	0.3154	0.55	Licuable	0.1750	0.3154	0.55	Licuable	0.1750	0.3154	0.55	Licuable
			2.45			SM	Arena limosa, bajo contenido de finos, con una consistencia compacta.	22.58	0.2506	0.3589	0.70	Licuable	0.2506	0.3589	0.70	Licuable	0.2506	0.3589	0.70	Licuable
			3.45			SM	Arena limosa, alto contenido de finos, con una consistencia dura.	29.69	0.4473	0.3864	1.16	Licuable	0.4473	0.3864	1.16	Licuable	0.4473	0.3864	1.16	Licuable
			4.45			SM	Arena limosa, bajo contenido de finos, con una consistencia dura.	66.29	-	0.4100	-	No Licuable	-	0.4100	-	No Licuable	-	0.4100	-	No Licuable
			5.45																	

Observacion: No se pudo continuar a la profundidad de 5.45 metros (Supero los 50 golpes a la hinca de 12" a 18", según norma se detiene el ensayo)/Rechazo, por lo tanto se concluyo y tomo la decisión de dar por finalizado al ensayo.

Tabla 38

Resumen de los resultados Método Semi Empírico SEED e IDRISS, para una magnitud sísmica Mw=8.0 (SPT 01).

Resultados obtenidos del analisis del Potencial de Licuefaccion de suelos en el Distrito de Santa Rosa para SPT #01																				
Metodo Basado en el Numero de Golpes del Ensayo SPT (Metodo Semi Empirico SEED e IDRISS)																				
Ubicación	Magnitud	Perforacion				Descripcion	Resultados													
		Nro	Prof.	Estrato	SUCS		2003)					Factor Correccion MSF de Seed e Idriss (1982)				Factor Correccion MSF de Ambraseys (1988)				
							(N ₁) _{60cs}	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	
En la calle Jose Olaya cuadra 3 a unos 150 m de la AV. Mariscal Castilla , tramo que une Pimentel - Santa Rosa	Mw=8.0	SPT #01	0.60			MH	Limo arenoso de alto contenido de finos, con una consistencia muy blanda	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
			1.00			SM	Arena Limosa , alto contenido de finos, con una consistencia compacta.	11.89	0.1093	0.3303	0.33	Licuable	0.1223	0.3303	0.37	Licuable	0.0872	0.3303	0.26	Licuable
			1.45			SM	Arena limosa, bajo contenido de finos, con una consistencia compacta.	16.46	0.1470	0.3602	0.41	Licuable	0.1645	0.3602	0.46	Licuable	0.1173	0.3602	0.33	Licuable
			2.45			SM	Arena limosa, bajo contenido de finos, con una consistencia compacta.	22.58	0.2105	0.4098	0.51	Licuable	0.2355	0.4098	0.57	Licuable	0.1679	0.4098	0.41	Licuable
			3.45			SM	Arena limosa, alto contenido de finos, con una consistencia dura.	29.69	0.3757	0.4413	0.85	Licuable	0.4205	0.4413	0.95	Licuable	0.2997	0.4413	0.68	Licuable
			4.45			SM	Arena limosa, bajo contenido de finos, con una consistencia dura.	66.29	-	0.4682	-	No Licuable	-	0.4682	-	No Licuable	-	0.4682	-	No Licuable
			5.45			SM	Arena limosa, bajo contenido de finos, con una consistencia dura.													

Observacion: No se pudo continuar a la profundidad de 5.45 metros (Supero los 50 golpes a la hinca de 12" a 18", según norma se detiene el ensayo)/Rechazo, por lo tanto se concluyo y tomo la decisión de dar por finalizado al ensayo.

Tabla 39

Resumen de los resultados Método Semi Empírico SEED e IDRIS, para una magnitud sísmica Mw=8.5 (SPT #01).

Resultados obtenidos del analisis del Potencial de Licuefaccion de suelos en el Distrito de Santa Rosa para SPT #01																				
Metodo Basado en el Numero de Golpes del Ensayo SPT (Metodo Semi Empirico SEED e IDRIS)																				
Ubicación	Magnitud	Perforacion				Descripcion	Resultados													
		Nro	Prof.	Estrato	SUCS		Factor Correccion MSF de NCEER (Seed R. B. et al) (1997 ; 2003)					Factor Correccion MSF de Seed e Idriiss (1982)				Factor Correccion MSF de Ambraseys (1988)				
							(N ₁) _{60cs}	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	
En la calle Jose Olaya cuadra 3 a unos 150 m de la AV. Mariscal Castilla , tramo que une Pimentel - Santa Rosa	Mw=8.5	SPT #01	0.60			MH	Limo arenoso de alto contenido de finos, con una consistencia muy blanda	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
			1.00			SM	Arena Limosa , alto contenido de finos, con una consistencia compacta.	11.89	0.0950	0.3776	0.25	Licuable	0.1158	0.3776	0.31	Licuable	0.0573	0.3776	0.15	Licuable
			1.45			SM	Arena limosa, bajo contenido de finos, con una consistencia compacta.	16.46	0.1278	0.4118	0.31	Licuable	0.1558	0.4118	0.38	Licuable	0.0770	0.4118	0.19	Licuable
			2.45			SM	Arena limosa, bajo contenido de finos, con una consistencia compacta.	22.58	0.1829	0.4685	0.39	Licuable	0.2230	0.4685	0.48	Licuable	0.1102	0.4685	0.24	Licuable
			3.45			SM	Arena limosa, alto contenido de finos, con una consistencia dura.	29.69	0.3265	0.5045	0.65	Licuable	0.3981	0.5045	0.79	Licuable	0.1968	0.5045	0.39	Licuable
			4.45			SM	Arena limosa, bajo contenido de finos, con una consistencia dura.	66.29	-	0.5352	-	No Licuable	-	0.5352	-	No Licuable	-	0.5352	-	No Licuable
			5.45																	

Observacion: No se pudo continuar a la profundidad de 5.45 metros (Supero los 50 golpes a la hinca de 12" a 18", según norma se detiene el ensayo)/Rechazo, por lo tanto se concluyo y tomo la decisión de dar por finalizado al ensayo.

SPT 02:

Se procedió con el cálculo del potencial de licuefacción para el sondaje SPT-2, Entre las calles Mercedes Gordillo y Rivera del Mar a unos 50 m del CEPAR, Centro de Procesamiento de pescado seco salado

Se procedió con la aplicación de la metodología del método simplificado de Seed Idriss para las diferentes magnitudes establecida en el presente estudio.

Se analizaron los diferentes estratos encontrados en la aplicación del ensayo de Penetración Standar (SPT), que se detallaran a continuación:

Estrato 01:

De 1.00 m – 2.00 m de profundidad, es un arena pobremente graduada con limo, con una humedad natural de 19.30 %, no presenta plasticidad y el material pasante la malla #200 es de 5.30%, su clasificación SUCS es SP - SM.

Estrato 02:

De 2.00 m – 3.00 m de profundidad, es un arena pobremente graduada con limo, con una humedad natural de 10.60 %, no presenta plasticidad y el material pasante la malla #200 es de 6.80%, su clasificación SUCS es SP - SM.

Estrato 03:

De 3.00 m – 4.00 m de profundidad, es un arena pobremente graduada con limo, con una humedad natural de 20.31 %, no presenta plasticidad y el material pasante la malla #200 es de 11.70%, su clasificación SUCS es SP - SM.

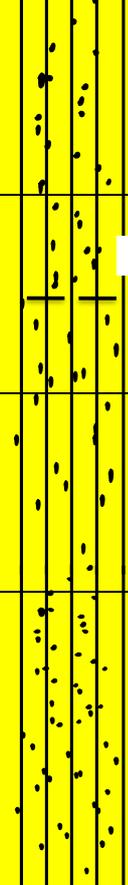
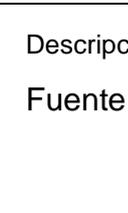
Estrato 04:

De 4.00 m – 5.50 m de profundidad, es un arena pobremente graduada con limo, con una humedad natural de 19.49 %, no presenta plasticidad y el material pasante la malla #200 es de 11.10 %, su clasificación SUCS es SP - SM.

Los resultados se presentan con más detalle en la tabla 38.

Tabla 40

Resumen de resultados de los ensayos de Granulometría y límites de Atterberg realizados (SPT 02).

 UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN FACULTA DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES													
Tesis:		POTENCIAL DE LICUEFACCIÓN EN EL DISTRITO DE SANTA ROSA											
Tesistas:		BENITES ALARCON LUIS MANUEL VILCHEZ PEREZ JUAN JOEL ANTONY											
Ubicación:		DISTRITO DE SANTA ROSA - PROVINCIA DE CHICLAYO -DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE											
Perforación:		SPT-2		Norte :		618722							
Nivel freático :		2.50 m		Este:		9239548							
REGISTRO DE EXCAVACIÓN SPT- 2													
Profundidad	Muestra	N.F	Espesor	Clasificación SUCS	Clasificación ASSTHO	Ensayos							
						w (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	M.F	c.u	c.c	% pasa malla 200
0.2			0.00- 1.00	S/M	S/M	S/M	S/M	S/M	S/M	S/M	S/M	S/M	S/M
0.4													
0.6													
0.8													
1													
1.2		N.F 2.50 m	1.00 m - 2.00 m	SP-SM	A-3 (0)	19.30	N.P.	N.P.	N.P.	1.03	1.72	0.90	5.30
1.4													
1.6													
1.8													
2													
2.2			2.00 m - 3.00 m	SP-SM	A-3 (0)	10.60	N.P.	N.P.	N.P.	0.99	1.74	0.92	6.80
2.4													
2.6													
2.8													
3													
3.2			3.00 m - 4.00 m	SP-SM	A-2-4 (0)	20.31	N.P.	N.P.	N.P.	1.06	1.63	0.79	11.70
3.4													
3.6													
3.8													
4													
4.2			4.00 m - 5.50 m	SP-SM	A-2-4 (0)	19.49	N.P.	N.P.	N.P.	0.87	1.73	0.92	11.10
4.4													
4.6													
4.8													
5													
5.2													
5.4													
5.6													
5.8													
6													

Descripción: Cuadro de registro de excavación según la profundidad y característica de cada estrato.

Fuente: Propio

Aplicación de la metodología del método simplificado de Seed Idriss para evaluar la licuefacción mediante los resultados de los ensayos obtenidos en el LEM -USS.

Tabla 41

Resumen de los resultados Método Semi Empírico SEED e IDRISS, para una magnitud sísmica Mw=5.5 (SPT 02).

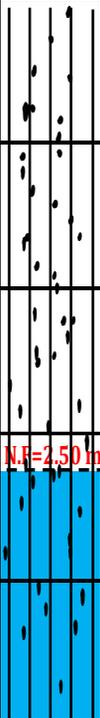
Resultados obtenidos del análisis del Potencial de Licuefacción de suelos en el Distrito de Santa Rosa																			
Metodo Basado en el Numero de Golpes del Ensayo SPT (Metodo Semi Empirico SEED e IDRISS)																			
Ubicación	Perforacion					Descripcion	Resultados												
	Magnitud	Nro	Prof.	Estrato	SUCS		Factor Correccion MSF de NCEER (Seed R. B. et al) (1997 ; 2003)					Factor Correccion MSF de Seed e Idriss (1982)				Factor Correccion MSF de Ambraseys (1988)			
							(N ₁) _{60cs}	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion
En las intersecciones de las calles Rivera del Mar y Mercedes Gordillo a 50 m de CEPAR , centro de procesamiento de pescado seco salado	Mw=5.5	SPT 02	0.50		SP-SM	Arena pobremente graduada , con limo, bajo contenido de finos, compacidad muy suelta	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
			1.00			Arena pobremente graduada , con limo, bajo contenido de finos, compacidad medianamente suelta.	11.51	0.2799	0.1715	1.63	No Licuable	0.1811	0.1715	1.06	Licuable	0.3622	0.1715	2.11	No Licuable
			1.45			Arena pobremente graduada , con limo, bajo contenido de finos, compacidad medianamente densa.	19.23	0.4619	0.1702	2.71	No Licuable	0.2989	0.1702	1.76	No Licuable	0.5977	0.1702	3.51	No Licuable
			2.45			Arena pobremente graduada , con limo, bajo contenido de finos, compacidad medianamente densa.	29.80	1.0036	0.1922	5.22	No Licuable	0.6494	0.1922	3.38	No Licuable	1.2988	0.1922	6.76	No Licuable
			3.45			Arena pobremente graduada , con limo, bajo contenido de finos, compacidad muy densa.	66.76	-	0.2150	-	No Licuable	-	-	-	No Licuable	-	0.2150	-	No Licuable
			4.45																

Observación: No se pudo continuar a la profundidad de 4.45 metros (Supero los 50 golpes a la hinca de 12" a 18", según norma se detiene el ensayo) /Rechazo, por lo tanto, se concluyó y tomo la decisión de dar por finalizado al ensayo.

Fuente: Propio

Tabla 42

Resumen de los resultados Método Semi Empírico SEED e IDRISS, para una magnitud sísmica Mw=6.0 (SPT 02).

Resultados obtenidos del analisis del Potencial de Licuefaccion de suelos en el Distrito de Santa Rosa																			
Metodo Basado en el Numero de Golpes del Ensayo SPT (Metodo Semi Empirico SEED e IDRISS)																			
Ubicación	Perforacion					Descripcion	Resultados												
	Magnitud	Nro	Prof.	Estrato	SUCS		Factor Correccion MSF de NCEER (Seed R. B. et al) (1997 ; 2003)					Factor Correccion MSF de Seed e Idriss (1982)				Factor Correccion MSF de Ambraseys (1988)			
							(N ₁) _{60cs}	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion
En las intersecciones de las calles Rivera del Mar y Mercedes Gordillo a 50 m de CEPAR , centro de procesamiento de pescado seco salado	Mw=6.0	SPT 02	0.50		SP-SM	Arena pobremente graduada , con limo, bajo contenido de finos, compacidad muy suelta	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
			1.00			Arena pobremente graduada , con limo, bajo contenido de finos, compacidad medianamente suelta.	11.51	0.2242	0.1952	1.15	Licuable	0.1672	0.1952	0.86	Licuable	0.2786	0.1952	1.43	No Licuable
			1.45			Arena pobremente graduada , con limo, bajo contenido de finos, compacidad medianamente densa.	19.23	0.3699	0.1937	1.91	No Licuable	0.2759	0.1937	1.42	No Licuable	0.4598	0.1937	2.37	No Licuable
			2.45			Arena pobremente graduada , con limo, bajo contenido de finos, compacidad medianamente densa.	29.80	0.8038	0.2188	3.67	No Licuable	0.5994	0.2188	2.74	No Licuable	0.9991	0.2188	4.57	No Licuable
			3.45			Arena pobremente graduada , con limo, bajo contenido de finos, compacidad muy densa.	66.76	-	0.2448	-	No Licuable	-	0.2448	-	No Licuable	-	0.2448	-	No Licuable
			4.45																

Observación: No se pudo continuar a la profundidad de 4.45 metros (Supero los 50 golpes a la hincas de 12" a 18", según norma se detiene el ensayo) /Rechazo, por lo tanto, se concluyó y tomo la decisión de dar por finalizado al ensayo.

Fuente: Propio

Tabla 43

Resumen de los resultados Método Semi Empírico SEED e IDRISS, para una magnitud sísmica Mw=6.5 (SPT 02).

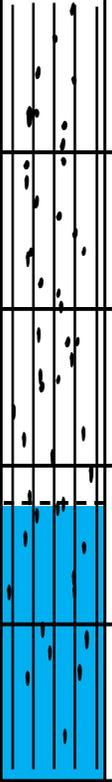
Resultados obtenidos del analisis del Potencial de Licuefaccion de suelos en el Distrito de Santa Rosa																			
Metodo Basado en el Numero de Golpes del Ensayo SPT (Metodo Semi Empirico SEED e IDRISS)																			
Ubicación	Perforacion					Descripcion	Resultados												
	Magnitud	Nro	Prof.	Estrato	SUCS		Factor Correccion MSF de NCEER (Seed R. B. et al) (1997 ; 2003)					Factor Correccion MSF de Seed e Idriss (1982)				Factor Correccion MSF de Ambraseys (1988)			
							(N ₁) _{60cs}	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion
En las intersecciones de las calles Rivera del Mary Mercedes Gordillo a 50 m de CEPAR , centro de procesamiento de pescado seco salado	Mw=6.5	SPT 02	0.50		SP-SM	Arena pobremente graduada , con limo, bajo contenido de finos, compacidad muy suelta	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
			1.00			Arena pobremente graduada , con limo, bajo contenido de finos, compacidad medianamente suelta.	11.51	0.1824	0.2224	0.82	Licuable	0.1507	0.2224	0.68	Licuable	0.2140	0.2224	0.96	Licuable
			1.45			Arena pobremente graduada , con limo, bajo contenido de finos, compacidad medianamente densa.	19.23	0.3010	0.2207	1.36	No Licuable	0.2487	0.2207	1.13	Licuable	0.3532	0.2207	1.60	No Licuable
			2.45			Arena pobremente graduada , con limo, bajo contenido de finos, compacidad medianamente densa.	29.80	0.6539	0.2493	2.62	No Licuable	0.5404	0.2493	2.17	No Licuable	0.7675	0.2493	3.08	No Licuable
			N.F=2.50			Arena pobremente graduada , con limo, bajo contenido de finos, compacidad medianamente densa.	66.76	-	0.2788	-	No Licuable	-	0.2788	-	No Licuable	-	0.2788	-	No Licuable
			3.45			Arena pobremente graduada , con limo, bajo contenido de finos, compacidad medianamente densa.	66.76	-	0.2788	-	No Licuable	-	0.2788	-	No Licuable	-	0.2788	-	No Licuable
4.45	Arena pobremente graduada , con limo, bajo contenido de finos, compacidad muy densa.	66.76	-	0.2788	-	No Licuable	-	0.2788	-	No Licuable	-	0.2788	-	No Licuable					

Observación: No se pudo continuar a la profundidad de 4.45 metros (Supero los 50 golpes a la hinca de 12" a 18", según norma se detiene el ensayo) /Rechazo, por lo tanto, se concluyó y tomo la decisión de dar por finalizado al ensayo.

Fuente: Propio

Tabla 44

Resumen de los resultados Método Semi Empírico SEED e IDRISS, para una magnitud sísmica Mw=7.0 (SPT 02).

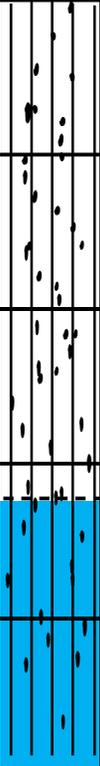
Resultados obtenidos del analisis del Potencial de Licuefaccion de suelos en el Distrito de Santa Rosa																				
Metodo Basado en el Numero de Golpes del Ensayo SPT (Metodo Semi Empirico SEED e IDRISS)																				
Ubicación	Perforacion					Descripcion	Resultados													
	Magnitud	Nro	Prof.	Estrato	SUCS		Factor Correccion MSF de NCEER (Seed R. B. et al) (1997 ; 2003)					Factor Correccion MSF de Seed e Idriss (1982)				Factor Correccion MSF de Ambraseys (1988)				
							(N1) _{60cs}	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	
En las intersecciones de las calles Rivera del Mar y Mercedes Gordillo a 50 m de CEPAR , centro de procesamiento de pescado seco salado	Mw=7.0	SPT 02	0.50		SP-SM	Arena pobremente graduada , con limo, bajo contenido de finos, compacidad muy suelta	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
			1.00			SP-SM	Arena pobremente graduada , con limo, bajo contenido de finos, compacidad medianamente suelta.	11.51	0.1507	0.2535	0.59	Licuable	0.1368	0.2535	0.54	Licuable	0.1646	0.2535	0.65	Licuable
			1.45			SP-SM	Arena pobremente graduada , con limo, bajo contenido de finos, compacidad medianamente densa.	19.23	0.2487	0.2515	0.99	Licuable	0.2717	0.2515	1.08	Licuable	0.2717	0.2515	1.08	Licuable
			2.45			SP-SM	Arena pobremente graduada , con limo, bajo contenido de finos, compacidad medianamente densa.	29.80	0.5404	0.2841	1.90	No Licuable	0.4904	0.2841	1.73	No Licuable	0.5903	0.2841	2.08	No Licuable
			3.45			SP-SM	Arena pobremente graduada , con limo, bajo contenido de finos, compacidad muy densa.	66.76	-	0.3178	-	No Licuable	-	0.3178	-	No Licuable	-	0.3178	-	No Licuable
			4.45			SP-SM	Arena pobremente graduada , con limo, bajo contenido de finos, compacidad muy densa.													

Observación: No se pudo continuar a la profundidad de 4.45 metros (Supero los 50 golpes a la hinca de 12" a 18", según norma se detiene el ensayo) /Rechazo, por lo tanto, se concluyó y tomo la decisión de dar por finalizado al ensayo.

Fuente: Propio

Tabla 45

Resumen de los resultados Método Semi Empírico SEED e IDRISS, para una magnitud sísmica Mw=7.5 (SPT 02).

Resultados obtenidos del analisis del Potencial de Licuefaccion de suelos en el Distrito de Santa Rosa																				
Metodo Basado en el Numero de Golpes del Ensayo SPT (Metodo Semi Empirico SEED e IDRISS)																				
Ubicación	Perforacion					Descripcion	Resultados													
	Magnitud	Nro	Prof.	Estrato	SUCS		Factor Correccion MSF de NCEER (Seed R. B. et al) (1997 ; 2003)					Factor Correccion MSF de Seed e Idriss (1982)				Factor Correccion MSF de Ambraseys (1988)				
							(N ₁) _{60cs}	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	
En las intersecciones de las calles Rivera del Mary Mercedes Gordillo a 50 m de CEPAR , centro de procesamiento de pescado seco salado	Mw=7.5	SPT 02	0.50		SP-SM	Arena pobremente graduada , con limo, bajo contenido de finos, compacidad muy suelta	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
			1.00			SP-SM	Arena pobremente graduada , con limo, bajo contenido de finos, compacidad medianamente suelta.	11.51	0.1266	0.2892	0.44	Licuable	0.1266	0.2892	0.44	Licuable	0.1266	0.2892	0.44	Licuable
			1.45			SP-SM	Arena pobremente graduada , con limo, bajo contenido de finos, compacidad medianamente densa.	19.23	0.2090	0.2870	0.73	Licuable	0.2090	0.2870	0.73	Licuable	0.2090	0.2103	0.99	Licuable
			2.45			SP-SM	Arena pobremente graduada , con limo, bajo contenido de finos, compacidad medianamente densa.	29.80	0.4541	0.3241	1.40	No Licuable	0.4541	0.3241	1.40	No Licuable	0.4541	0.3241	1.40	No Licuable
			N.F=2.50			SP-SM	Arena pobremente graduada , con limo, bajo contenido de finos, compacidad medianamente densa.	66.76	-	0.3626	-	No Licuable	-	0.3626	-	No Licuable	-	0.3626	-	No Licuable
			3.45			SP-SM	Arena pobremente graduada , con limo, bajo contenido de finos, compacidad muy densa.	4.45												

Observación: No se pudo continuar a la profundidad de 4.45 metros (Supero los 50 golpes a la hinca de 12" a 18", según norma se detiene el ensayo) /Rechazo, por lo tanto, se concluyó y tomo la decisión de dar por finalizado al ensayo.

Fuente: Propio

Tabla 46

Resumen de los resultados Método Semi Empírico SEED e IDRISS, para una magnitud sísmica Mw=8.0 (SPT 02).

Resultados obtenidos del analisis del Potencial de Licuefaccion de suelos en el Distrito de Santa Rosa																					
Metodo Basado en el Numero de Golpes del Ensayo SPT (Metodo Semi Empirico SEED e IDRISS)																					
Ubicación	Perforacion					Descripcion	Resultados														
	Magnitud	Nro	Prof.	Estrato	SUCS		Factor Correccion MSF de NCEER (Seed R. B. et al) (1997 ; 2003)					Factor Correccion MSF de Seed e Idriss (1982)				Factor Correccion MSF de Ambraseys (1988)					
							(N ₁) _{60cs}	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion		
En las intersecciones de las calles Rivera del Mar y Mercedes Gordillo a 50 m de CEPAR , centro de procesamiento de pescado seco salado	Mw=8.0	SPT 02	0.50		SP-SM	Arena pobremente graduada , con limo, bajo contenido de finos, compacidad muy suelta	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
			1.00			SP-SM	Arena pobremente graduada , con limo, bajo contenido de finos, compacidad medianamente suelta.	11.51	0.1064	0.3303	0.32	Licuable	0.1190	0.3303	0.36	Licuable	0.0849	0.3303	0.26	Licuable	
			1.45			SP-SM	Arena pobremente graduada , con limo, bajo contenido de finos, compacidad medianamente densa.	19.23	0.1756	0.3277	0.54	Licuable	0.1965	0.3277	0.60	Licuable	0.1400	0.3277	0.43	Licuable	
			2.45			SP-SM	Arena pobremente graduada , con limo, bajo contenido de finos, compacidad medianamente densa.	29.80	0.3815	0.3702	1.03	Licuable	0.4269	0.3702	1.15	Licuable	0.3043	0.3702	0.82	Licuable	
			3.45			SP-SM	Arena pobremente graduada , con limo, bajo contenido de finos, compacidad muy densa.	66.76	-	0.4140	-	No Licuable	-	0.4140	-	No Licuable	-	0.4140	-	No Licuable	
			4.45			SP-SM	Arena pobremente graduada , con limo, bajo contenido de finos, compacidad muy densa.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			4.45			SP-SM	Arena pobremente graduada , con limo, bajo contenido de finos, compacidad muy densa.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Observación: No se pudo continuar a la profundidad de 4.45 metros (Supero los 50 golpes a la hincada de 12" a 18", según norma se detiene el ensayo) /Rechazo, por lo tanto, se concluyó y tomo la decisión de dar por finalizado al ensayo.

Fuente: Propio

Tabla 47

Resumen de los resultados Método Semi Empírico SEED e IDRISS, para una magnitud sísmica Mw=8.5 (SPT 02).

Resultados obtenidos del analisis del Potencial de Licuefaccion de suelos en el Distrito de Santa Rosa																				
Metodo Basado en el Numero de Golpes del Ensayo SPT (Metodo Semi Empirico SEED e IDRISS)																				
Ubicación	Perforacion					Descripcion	Resultados													
	Magnitud	Nro	Prof.	Estrato			Factor Correccion MSF de NCEER (Seed R. B. et al) (1997 ; 2003)					Factor Correccion MSF de Seed e Idriss (1982)				Factor Correccion MSF de Ambraseys (1988)				
							(N1) _{60cs}	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	
En las intersecciones de las calles Rivera del Mar y Mercedes Gordillo a 50 m de CEPAR , centro de procesamiento de pescado seco salado	Mw=8.5	SPT 02	0.50		SP-SM	Arena pobremente graduada , con limo, bajo contenido de finos, compacidad muy suelta	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
			1.00			SP-SM	Arena pobremente graduada , con limo, bajo contenido de finos, compacidad medianamente suelta.	11.51	0.0925	0.3776	0.24	Licuable	0.1127	0.3776	0.30	Licuable	0.0557	0.3776	0.15	Licuable
			1.45			SP-SM	Arena pobremente graduada , con limo, bajo contenido de finos, compacidad medianamente suelta.	19.23	0.1526	0.3747	0.41	Licuable	0.1860	0.3747	0.50	Licuable	0.0920	0.3747	0.25	Licuable
			2.45			SP-SM	Arena pobremente graduada , con limo, bajo contenido de finos, compacidad medianamente densa.	29.80	0.3315	0.4232	0.78	Licuable	0.4042	0.4232	0.96	Licuable	0.1998	0.4232	0.47	Licuable
			N.F=2.50			SP-SM	Arena pobremente graduada , con limo, bajo contenido de finos, compacidad medianamente densa.	66.76	-	0.4733	-	No Licuable	-	0.4733	-	No Licuable	-	0.4733	-	No Licuable
			3.45			SP-SM	Arena pobremente graduada , con limo, bajo contenido de finos, compacidad medianamente densa.	4.45	SP-SM	Arena pobremente graduada , con limo, bajo contenido de finos, compacidad muy densa.										

Observación: No se pudo continuar a la profundidad de 4.45 metros (Supero los 50 golpes a la hincas de 12" a 18", según norma se detiene el ensayo) /Rechazo, por lo tanto, se concluyó y tomo la decisión de dar por finalizado al ensayo.

Fuente: Propio

SPT 03:

Se procedió con el cálculo del potencial de licuefacción para el sondaje SPT-3, ubicado en el Costado izquierdo del dren 4000, a unos 250 m del mar y al costado del terminal pesquero de Santa Rosa.

Se procedió con la aplicación de la metodología del método simplificado de Seed Idriss para las diferentes magnitudes establecida en el presente estudio.

Se analizaron los diferentes estratos encontrados en la aplicación del ensayo de Penetración Standar (SPT), que se detallaran a continuación:

Estrato 01:

De 0.50 m – 1.00 m de profundidad, es un limo de baja plasticidad, con una humedad natural de 25.23 %, su índice de plasticidad es de 17.62 y el material pasante la malla #200 es de 85.70%, su clasificación SUCS es ML.

Estrato 02:

De 1.00 m – 1.45 de profundidad, es una arena arcillosa, con una humedad natural de 21.49 %, su índice de plasticidad es de 25.54 y el material pasante la malla #200 es de 45.50 %, su clasificación SUCS es SC.

Estrato 03:

De 1.45 m – 2.00 m de profundidad, es una arena arcillosa, con una humedad natural de 16.48 % %, su índice de plasticidad es de 26.32 y el material pasante la malla #200 es de 13.80 %, su clasificación SUCS es SC.

Estrato 04:

De 2.00 m – 3.00 m de profundidad, es una arcilla arenosa de alta plasticidad, con una humedad natural de 19.73 % %, su índice de plasticidad es de 39.46 y el material pasante la malla #200 es de 58.10 %, su clasificación SUCS es CH.

Los resultados se presentan con más detalle en la tabla 46

Aplicación de la metodología del método simplificado de Seed Idriss para evaluar la licuefacción mediante los resultados de los ensayos obtenidos en el LEM -USS.

Tabla 48

Resumen de resultados de los ensayos de Granulometría y límites de Atterberg realizados (SPT 03).

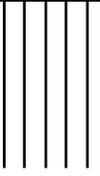
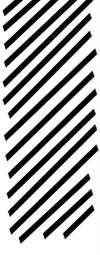
 UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN FACULTA DE INGENIERIA, ARQUITECTURA Y URBANISMO LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES													
Tesis:		POTENCIAL DE LICUEFACCION EN EL DISTRITO DE SANTA ROSA											
Tesistas:		BENITES ALARCON LUIS MANUEL VILCHEZ PEREZ JUAN JOEL ANTONY											
Ubicación:		DISTRITO DE SANTA ROSA - PROVINCIA DE CHICLAYO -DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE											
Perforacion:		SPT-3		Norte :		618498							
Nivel freático :		3.00 m		Este:		9239936							
REGISTRO DE EXCAVACIÓN SPT- 3													
Profundidad	Muestra	N.F	Espesor	Clasificación SUCS	Clasificación ASSTHO	Ensayos							
						w (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	M.F	c.u	c.c	% pasa malla 200
0.2			0.00- 0.50	S/M	S/M	S/M	S/M	S/M	S/M	S/M	S/M	S/M	S/M
0.4													
0.6			0.50-1.00	ML	A-7-6 (13)	25.23	47.33	29.72	17.62	0.36	0.22	1.35	85.70
0.8													
1													
1.2			1.00 m - 1.45 m	SC	A-7-6 (7)	21.49	45.98	20.44	25.54	1.07	0.28	0.37	45.50
1.4													
1.6													
1.8			1.45-2.00	SC	A-2-7 (0)	16.48	46.76	20.44	26.32	2.41	3.15	0.42	13.80
2													
2.2													
2.4			2.00 m - 3.00 m	CH	A-7-6 (11)	19.73	61.66	22.20	39.46	0.89	0.14	1.16	58.10
2.6													
2.8													
3													
3.2													
3.4													
3.6													
3.8													
4													
4.2													
4.4													
4.6													
4.8													
5													
5.2													
5.4													
5.6													
5.8													
6													

Descripción: Cuadro de registro de excavación según la profundidad y característica de cada estrato.

Fuente: Propio

Tabla 49

Resumen de los resultados Método Semi Empírico SEED e IDRISS, para una magnitud sísmica Mw=5.5 (SPT 03).

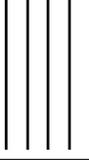
Resultados obtenidos del analisis del Potencial de Licuefaccion de suelos en el Distrito de Santa Rosa																			
Metodo Basado en el Numero de Golpes del Ensayo SPT (Metodo Semi Empirico SEED e IDRISS)																			
Ubicación	Perforacion					Descripcion	Resultados												
	Magnitud	Nro	Prof.	Estrato	SUCS		2003)					Factor Correccion MSF de Seed e Idriss (1982)				Factor Correccion MSF de Ambraseys (1988)			
							(N1) _{60cs}	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion
Costado izquierdo del dren 4000, a unos 350 m del mar y al costado del terminal pesquero de Santa Rosa	Mw=5.5	SPT 03	0.60		ML	Limo de baja plasticidad, alto contenido de finos, consistencia blanda.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
			1.00			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
			1.45		SC	Arena Arcillosa, con alto contenido de finos, consistencia dura.	33.69	-	0.172	-	No Licuable	-	0.17	-	No Licuable	-	0.17	-	No Licuable
			2.00				-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
			2.45		CH	Arcilla Arenosa de alta plasticidad, alto contenido de finos, , consistencia muy dura.	70.40	-	0.17	-	No Licuable	-	0.17	-	No Licuable	-	0.17	-	No Licuable
3.00	-	-	-				-	-	-	-	-	-	-	-					

Observación: No se pudo continuar a la Prof. De 2.45 metros el suelo es muy compacto y duro (Supero los 50 golpes en la hinca de los últimos 45 cm, solo ingresando 2' '), es decir se produce rechazo por lo consiguiente el ensayo termina.

Fuente: Propio

Tabla 50

Resumen de los resultados Método Semi Empírico SEED e IDRISS, para una magnitud sísmica Mw=6.0 (SPT 03).

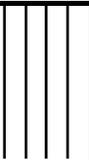
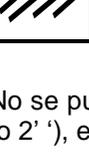
Resultados obtenidos del analisis del Potencial de Licuefaccion de suelos en el Distrito de Santa Rosa																			
Metodo Basado en el Numero de Golpes del Ensayo SPT (Metodo Semi Empirico SEED e IDRISS)																			
Ubicación	Perforacion					Descripcion	Resultados												
	Magnitud	Nro	Prof.	Estrato	SUCS		2003)					Factor Correccion MSF de Seed e Idriss (1982)				Factor Correccion MSF de Ambraseys (1988)			
							(N1) _{60cs}	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion
Costado izquierdo del dren 4000 , a unos 350 m del mar y al costado del terminal pesquero de Santa Rosa	Mw=6.0	SPT 03	0.60		ML	Limo de baja plasticidad, alto contenido de finos, consistencia blanda.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
			1.00		ML	Limo de baja plasticidad, alto contenido de finos, consistencia blanda.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			1.45		SC	Arena Arcillosa , con alto contenido de finos, consistencia dura.	33.69	-	0.195	-	No Licuable	-	0.20	-	No Licuable	-	0.20	-	No Licuable
			2.00		SC	Arena Arcillosa , con alto contenido de finos, consistencia dura.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			2.45		CH	Arcilla Arenosa de alta plasticidad, alto contenido de finos , consistencia muy dura.	70.40	-	0.194	-	No Licuable	-	0.20	-	No Licuable	-	0.19	-	No Licuable
			3.00		CH	Arcilla Arenosa de alta plasticidad, alto contenido de finos , consistencia muy dura.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Observación: No se pudo continuar a la Prof. De 2.45 metros el suelo es muy compacto y duro (Supero los 50 golpes en la hincas de los últimos 45 cm, solo ingresando 2' '), es decir se produce rechazo por lo consiguiente el ensayo termina.

Fuente: Propio

Tabla 51

Resumen de los resultados Método Semi Empírico SEED e IDRISS, para una magnitud sísmica Mw=6.5 (SPT 03).

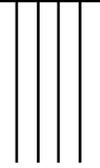
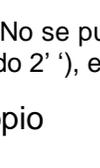
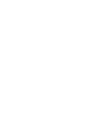
Resultados obtenidos del analisis del Potencial de Licuefaccion de suelos en el Distrito de Santa Rosa																			
Metodo Basado en el Numero de Golpes del Ensayo SPT (Metodo Semi Empirico SEED e IDRISS)																			
Ubicación	Perforacion					Descripcion	Resultados												
	Magnitud	Nro	Prof.	Estrato	SUCS		2003)					Factor Correccion MSF de Seed e Idriss (1982)				Factor Correccion MSF de Ambraseys (1988)			
							(N1) _{60cs}	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion
Costado izquierdo del dren 4000 , a unos 350 m del mar y al costado del terminal pesquero de Santa Rosa	Mw=6.5	SPT 03	0.60		ML	Limo de baja plasticidad, alto contenido de finos, consistencia blanda.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
			1.00		ML	Limo de baja plasticidad, alto contenido de finos, consistencia blanda.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
			1.45		SC	Arena Arcillosa, con alto contenido de finos, consistencia dura.	33.69	-	0.22	-	No Licuable	-	0.22	-	No Licuable	-	0.22	-	No Licuable
			2.00		SC	Arena Arcillosa, con alto contenido de finos, consistencia dura.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			2.45		CH	Arcilla Arenosa de alta plasticidad, alto contenido de finos, consistencia muy dura.	70.40	-	0.22	-	No Licuable	-	0.22	-	No Licuable	-	0.22	-	No Licuable
3.00		CH	Arcilla Arenosa de alta plasticidad, alto contenido de finos, consistencia muy dura.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			

Observación: No se pudo continuar a la Prof. De 2.45 metros el suelo es muy compacto y duro (Supero los 50 golpes en la hincas de los últimos 45 cm, solo ingresando 2' '), es decir se produce rechazo por lo consiguiente el ensayo termina.

Fuente: Propio

Tabla 52

Resumen de los resultados Método Semi Empírico SEED e IDRISS, para una magnitud sísmica Mw=7.0 (SPT 03).

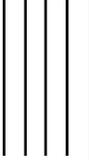
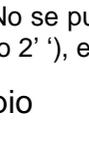
Resultados obtenidos del análisis del Potencial de Licuefaccion de suelos en el Distrito de Santa Rosa																			
Metodo Basado en el Numero de Golpes del Ensayo SPT (Metodo Semi Empirico SEED e IDRISS)																			
Ubicación	Perforacion					Descripcion	Resultados												
	Magnitud	Nro	Prof.	Estrato	SUCS		2003)					Factor Correccion MSF de Seed e Idriss (1982)				Factor Correccion MSF de Ambraseys (1988)			
							(N ₁) _{60cs}	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion
Costado izquierdo del dren 4000 , a unos 350 m del mar y al costado del terminal pesquero de Santa Rosa	Mw=7.0	SPT 03	0.60		ML	Limo de baja plasticidad, alto contenido de finos, consistencia blanda.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
			1.00		ML	Limo de baja plasticidad, alto contenido de finos, consistencia blanda.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			1.45		SC	Arena Arcillosa , con alto contenido de finos, consistencia dura.	33.69	-	0.25	-	No Licuable	-	0.25	-	No Licuable	-	0.25	-	No Licuable
			2.00		SC	Arena Arcillosa , con alto contenido de finos, consistencia dura.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			2.45		CH	Arcilla Arenosa de alta plasticidad, alto contenido de finos , consistencia muy dura.	70.40	-	0.25	-	No Licuable	-	0.25	-	No Licuable	-	0.25	-	No Licuable
			3.00		CH	Arcilla Arenosa de alta plasticidad, alto contenido de finos , consistencia muy dura.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Observación: No se pudo continuar a la Prof. De 2.45 metros el suelo es muy compacto y duro (Supero los 50 golpes en la hinca de los últimos 45 cm, solo ingresando 2'), es decir se produce rechazo por lo consiguiente el ensayo termina.

Fuente: Propio

Tabla 53

Resumen de los resultados Método Semi Empírico SEED e IDRISS, para una magnitud sísmica Mw=7.5 (SPT 03).

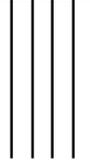
Resultados obtenidos del analisis del Potencial de Licuefaccion de suelos en el Distrito de Santa Rosa																				
Metodo Basado en el Numero de Golpes del Ensayo SPT (Metodo Semi Empirico SEED e IDRISS)																				
Ubicación	Perforacion					Descripcion	Resultados													
	Magnitud	Nro	Prof.	Estrato	SUCS		2003)					Factor Correccion MSF de Seed e Idriss (1982)				Factor Correccion MSF de Ambraseys (1988)				
							(N1) _{60cs}	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	
Costado izquierdo del dren 4000 , a unos 350 m del mar y al costado del terminal pesquero de Santa Rosa	Mw=7.5	SPT 03	0.60		ML	Limo de baja plasticidad, alto contenido de finos, consistencia blanda.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
			1.00		SC	Arena Arcillosa, con alto contenido de finos, consistencia dura.	33.69	-	0.29	-	No Licuable	-	0.29	-	No Licuable	-	0.29	-	No Licuable	
			1.45		SC	Arena Arcillosa, con alto contenido de finos, consistencia dura.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			2.00		SC	Arena Arcillosa, con alto contenido de finos, consistencia dura.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			2.45		CH	Arcilla Arenosa de alta plasticidad, alto contenido de finos, consistencia muy dura.	70.40	-	0.29	-	No Licuable	-	0.29	-	No Licuable	-	0.29	-	No Licuable	
3.00		CH	Arcilla Arenosa de alta plasticidad, alto contenido de finos, consistencia muy dura.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			

Observación: No se pudo continuar a la Prof. De 2.45 metros el suelo es muy compacto y duro (Supero los 50 golpes en la hincia de los últimos 45 cm, solo ingresando 2'), es decir se produce rechazo por lo consiguiente el ensayo termina.

Fuente: Propio

Tabla 54

Resumen de los resultados Método Semi Empírico SEED e IDRISS, para una magnitud sísmica Mw=8.0 (SPT 03).

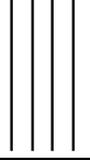
Resultados obtenidos del analisis del Potencial de Licuefaccion de suelos en el Distrito de Santa Rosa																					
Metodo Basado en el Numero de Golpes del Ensayo SPT (Metodo Semi Empirico SEED e IDRISS)																					
Ubicación	Perforacion					Descripcion	Resultados														
	Magnitud	Nro	Prof.	Estrato	SUCS		2003)					Factor Correccion MSF de Seed e Idriss (1982)				Factor Correccion MSF de Ambraseys (1988)					
							(N ₁) _{60cs}	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion		
Costado izquierdo del dren 4000 , a unos 350 m del mar y al costado del terminal pesquero de Santa Rosa	Mw=8.0	SPT 03	0.60		ML	Limo de baja plasticidad, alto contenido de finos, consistencia blanda.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
			1.00																		
			1.45		SC	Arena Arcillosa, con alto contenido de finos, consistencia dura.	33.69	-	0.33	-	No Licuable	-	0.33	-	No Licuable	-	0.33	-	No Licuable	-	No Licuable
			2.00		SC		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			2.45		CH	Arcilla Arenosa de alta plasticidad, alto contenido de finos, , consistencia muy dura.	70.40	-	0.33	-	No Licuable	-	0.33	-	No Licuable	-	0.33	-	No Licuable	-	No Licuable
			3.00				-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Observación: No se pudo continuar a la Prof. De 2.45 metros el suelo es muy compacto y duro (Supero los 50 golpes en la hincada de los últimos 45 cm, solo ingresando 2"), es decir se produce rechazo por lo consiguiente el ensayo termina.

Fuente: Propio

Tabla 55

Resumen de los resultados Método Semi Empírico SEED e IDRISS, para una magnitud sísmica Mw=8.5 (SPT 03).

Resultados obtenidos del analisis del Potencial de Licuefaccion de suelos en el Distrito de Santa Rosa																				
Metodo Basado en el Numero de Golpes del Ensayo SPT (Metodo Semi Empirico SEED e IDRISS)																				
Ubicación	Perforacion					Descripcion	Resultados													
	Magnitud	Nro	Prof.	Estrato	SUCS		2003)					Factor Correccion MSF de Seed e Idriss (1982)				Factor Correccion MSF de Ambraseys (1988)				
							(N ₁) _{60cs}	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	
Costado izquierdo del dren 4000 , a unos 350 m del mar y al costado del terminal pesquero de Santa Rosa	Mw=8.5	SPT 03	0.60		ML	Limo de baja plasticidad, alto contenido de finos, consistencia blanda.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
			1.00		SC	Arena Arcillosa , con alto contenido de finos, consistencia dura.	33.69	-	0.38	-	-	-	0.38	-	-	-	0.38	-	-	
			1.45		SC	Arena Arcillosa , con alto contenido de finos, consistencia dura.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			2.00		SC	Arena Arcillosa , con alto contenido de finos, consistencia dura.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			2.45		CH	Arcilla Arenosa de alta plasticidad, alto contenido de finos, , consistencia muy dura.	70.40	-	0.37	-	-	-	0.37	-	-	-	0.37	-	-	-
3.00		CH	Arcilla Arenosa de alta plasticidad, alto contenido de finos, , consistencia muy dura.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			

Observación: No se pudo continuar a la Prof. De 2.45 metros el suelo es muy compacto y duro (Supero los 50 golpes en la hinca de los últimos 45 cm, solo ingresando 2"), es decir se produce rechazo por lo consiguiente el ensayo termina.

Fuente: Propio

SPT 04:

Se procedió con el cálculo del potencial de licuefacción para el sondaje SPT-4, ubicado Calle Jose Olaya a 50 m del Centro Regional de investigaciones Pesqueras e Instituto del Mar a 100 m del mar.

Se procedió con la aplicación de la metodología del método simplificado de Seed Idriss para las diferentes magnitudes establecida en el presente estudio.

Se analizaron los diferentes estratos encontrados en la aplicación del ensayo de Penetración Standar (SPT), que se detallaran a continuación:

Estrato 01:

De 0.50 m – 1.00 m de profundidad, es un arena pobremente graduada, con una humedad natural de 22.39 %, no presenta plasticidad y el material pasante la malla #200 es de 3.80 %, su clasificación SUCS es SP.

Estrato 02:

De 1.00 m – 1.70 m de profundidad, es un arena pobremente graduada con limo, con una humedad natural de 10.55 %, no presenta plasticidad y el material pasante la malla #200 es de 6.90 %, su clasificación SUCS es SP-SM.

Estrato 03:

De 1.70 m – 2.00 m de profundidad, es una arena pobremente graduada con limo, con una humedad natural de 23.92 %, no presenta plasticidad y el material pasante la malla #200 es de 10.30 %, su clasificación SUCS es SP.

Estrato 04:

De 2.00 m – 3.20 m de profundidad, es una arena pobremente graduada, con una humedad natural de 26.21 %, no presenta plasticidad y el material pasante la malla #200 es de 10.30 %, su clasificación SUCS es SP.

Estrato 05:

De 3.20 m – 3.90 m de profundidad, es una arena pobremente graduada con limo, con una humedad natural de 36.50 %, no presenta plasticidad y el material pasante la malla #200 es de 6.40 %, su clasificación SUCS es SP-SM.

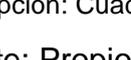
Estrato 06:

De 3.90 m – 4.80 m de profundidad, es una arena pobremente graduada con limo, con una humedad natural de 37.28 %, no presenta plasticidad y el material pasante la malla #200 es de 8.20 %, su clasificación SUCS es SP-SM.

Los resultados se presentan con más detalle en la tabla 46

Tabla 56

Resumen de resultados de los ensayos de Granulometría y límites de Atterberg realizados (SPT 04).

 UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN FACULTA DE INGENIERIA, ARQUITECTURA Y URBANISMO LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES													
Tesis:		POTENCIAL DE LICUEFACCION EN EL DISTRITO DE SANTA ROSA											
Tesistas:		BENITES ALARCON LUIS MANUEL VILCHEZ PEREZ JUAN JOEL ANTONY											
Ubicación:		DISTRITO DE SANTA ROSA - PROVINCIA DE CHICLAYO - DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE											
Perforación:		SPT-4				Norte :		618578					
Nivel freático :		1.30 m				Este:		9239887					
REGISTRO DE EXCAVACIÓN SPT- 4													
Profundidad	Muestra	N.F	Espesor	Clasificación SUCS	Clasificación ASSTHO	Ensayos							
						w (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	M.F	c.u	c.c	% pasa malla 200
0.2			0.00-0.50	S/M	S/M	S/M	S/M	S/M	S/M	S/M	S/M	S/M	S/M
0.4													
0.6													
0.8			0.50 m - 1.00 m	SP	A-3 (0)	22.39	N.P.	N.P.	N.P.	0.94	1.73	0.95	3.80
1													
1.2		N.F 1.20 m											
1.4			1.00 m - 1.70 m	SP-SM	A-3 (0)	10.55	N.P.	N.P.	N.P.	0.96	1.98	1.03	6.90
1.6													
1.8			1.70 m - 2.00 m	SP-SM	A-3 (0)	23.92	N.P.	N.P.	N.P.	1.02	2.29	1.11	10.30
2													
2.2													
2.4													
2.6			2.00 m - 3.20 m	SP	A-3 (0)	26.21	N.P.	N.P.	N.P.	1.50	2.50	0.97	4.30
2.8													
3													
3.2													
3.4													
3.6			3.20 m - 3.90 m	SP-SM	A-3 (0)	36.50	N.P.	N.P.	N.P.	1.88	3.33	0.91	6.40
3.8													
4													
4.2													
4.4			3.90 m - 4.80 m	SP-SM	A-3 (0)	37.28	N.P.	N.P.	N.P.	2.18	4.43	0.97	8.20
4.6													
4.8													

Descripción: Cuadro de registro de excavación según la profundidad y característica de cada estrato.

Fuente: Propio

Aplicación de la metodología del método simplificado de Seed Idriss para evaluar la licuefacción mediante los resultados de los ensayos obtenidos en el LEM -USS.

Tabla 57

Resumen de los resultados Método Semi Empírico SEED e IDRISS, para una magnitud sísmica Mw=5.5 (SPT 04).

Resultados obtenidos del analisis del Potencial de Licuefaccion de suelos en el Distrito de Santa Rosa para SPT #04																				
Metodo Basado en el Numero de Golpes del Ensayo SPT (Metodo Semi Empirico SEED e IDRISS)																				
Ubicación	Magnitud	Perforacion				Descripcion	Resultados													
		Nro	Prof.	Estrato	SUCS		Factor Correccion MSF de NCEER (Seed R. B. et al) (1997 ; 2003)					Factor Correccion MSF de Seed e Idriss (1982)				Factor Correccion MSF de Ambraseys (1988)				
							(N1) _{60cs}	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	
Calle Jose Olaya a 50 m del Centro Regional de Investigaciones Pesqueras e Intituto del Mar a 100 m del mar	Mw=5.5	SPT #04	0.60			SP	Arena pobremente graduada de bajo contenido de finos, con una consistencia muy blanda	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
			1.00																	
			N.F=1.20			SP-SM	Arena pobremente graduada con limo de bajo contenido de finos, con una consistencia compacta.	8.78	0.2266	0.1811	1.25	Licuable	0.1467	0.1811	0.81	Licuable	0.2933	0.1811	1.62	No Licuable
			1.45																	
			2.45			SP-SM	Arena pobremente graduada con limo de bajo contenido de finos, con una consistencia compacta.	16.39	0.3853	0.2216	1.74	No Licuable	0.2493	0.2216	1.13	Licuable	0.4986	0.2216	2.25	No Licuable
			3.45			SP	Arena pobremente graduada de bajo contenido de finos, con una consistencia muy compacta	50.56	-	0.2418	-	No Licuable	-	0.2418	-	No Licuable	-	0.2418	-	No Licuable
4.45			SP-SM	Arena pobremente graduada con limo de bajo contenido de finos, con una consistencia dura.	71.91	-	0.2531	-	No Licuable	-	-	-	No Licuable	-	0.2531	-	No Licuable			

Observación: No se pudo continuar a la profundidad de 4.45 metros (Supero los 50 golpes a la hinca de 12" a 18", según norma se detiene el ensayo) /Rechazo, por lo tanto se concluyó y tomo la decisión de dar por finalizado al ensayo.

Fuente: Propio

Tabla 58

Resumen de los resultados Método Semi Empírico SEED e IDRISS, para una magnitud sísmica Mw=6.0 (SPT 04).

Resultados obtenidos del analisis del Potencial de Licuefaccion de suelos en el Distrito de Santa Rosa para SPT #04																				
Metodo Basado en el Numero de Golpes del Ensayo SPT (Metodo Semi Empirico SEED e IDRISS)																				
Ubicación	Magnitud	Perforacion				Descripcion	Resultados													
		Nro	Prof.	Estrato	SUCS		Factor Correccion MSF de NCEER (Seed R. B. et al) (1997 ; 2003)					Factor Correccion MSF de Seed e Idriss (1982)				Factor Correccion MSF de Ambraseys (1988)				
							(N ₁) _{60cs}	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	
Calle Jose Olaya a 50 m del Centro Regional de Investigaciones Pesqueras e Intituto del Mar a 100 m del mar	Mw=6.0	SPT #04	0.60			SP	Arena pobremente graduada de bajo contenido de finos, con una consistencia muy blanda	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
			1.00																	
			NF=1.20			SP-SM	Arena pobremente graduada con limo de bajo contenido de finos, con una consistencia compacta.	8.78	0.1815	0.2062	0.88	Licuable	0.1354	0.2062	0.66	Licuable	0.2256	0.2062	1.09	Licuable
			1.45			SP-SM	Arena pobremente graduada con limo de bajo contenido de finos, con una consistencia compacta.	16.39	0.3086	0.2522	1.22	Licuable	0.2301	0.2522	0.91	Licuable	0.3835	0.2522	1.52	No Licuable
			2.45			SP	Arena pobremente graduada de bajo contenido de finos, con una consistencia muy compacta	50.56	-	0.2753	-	No Licuable	-	0.2753	-	No Licuable	-	0.2753	-	No Licuable
			3.45			SP-SM	Arena pobremente graduada con limo de bajo contenido de finos, con una consistencia dura.	71.91	-	0.2881	-	No Licuable	-	0.2881	-	No Licuable	-	0.2881	-	No Licuable

Observación: No se pudo continuar a la profundidad de 4.45 metros (Supero los 50 golpes a la hinca de 12" a 18", según norma se detiene el ensayo) /Rechazo, por lo tanto se concluyó y tomo la decisión de dar por finalizado al ensayo.

Fuente: Propio

Tabla 59

Resumen de los resultados Método Semi Empírico SEED e IDRISS, para una magnitud sísmica Mw=6.5 (SPT 04).

Resultados obtenidos del analisis del Potencial de Licuefaccion de suelos en el Distrito de Santa Rosa para SPT #04																				
Metodo Basado en el Numero de Golpes del Ensayo SPT (Metodo Semi Empirico SEED e IDRISS)																				
Ubicación	Magnitud	Perforacion				Descripcion	Resultados													
		Nro	Prof.	Estrato	SUCS		2003)					Factor Correccion MSF de Seed e Idriss (1982)				Factor Correccion MSF de Ambraseys (1988)				
							(N ₁) _{60cs}	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	
Calle Jose Olaya a 50 m del Centro Regional de Investigaciones Pesqueras e Intituto del Mar a 100 m del mar	Mw=6.5	SPT #04	0.60			SP	Arena pobremente graduada de bajo contenido de finos, con una consistencia muy blanda	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
			1.00																	
			NF=1.20			SP-SM	Arena pobremente graduada con limo de bajo contenido de finos, con una consistencia compacta.	8.78	0.1477	0.2349	0.63	Licuable	0.1220	0.2349	0.52	Licuable	0.1733	0.2349	0.74	Licuable
			1.45			SP-SM	Arena pobremente graduada con limo de bajo contenido de finos, con una consistencia compacta.	16.39	0.2510	0.2873	0.87	Licuable	0.2075	0.2873	0.72	Licuable	0.2946	0.2873	1.03	Licuable
			2.45			SP	Arena pobremente graduada de bajo contenido de finos, con una consistencia muy compacta	50.56	-	0.3136	-	No Licuable	-	0.3136	-	No Licuable	-	0.3136	-	No Licuable
			SP-SM	Arena pobremente graduada con limo de bajo contenido de finos, con una consistencia dura.	71.91	-	0.3282	-	No Licuable	-	0.3282	-	No Licuable	-	0.3282	-	No Licuable			
			4.45																	

Observación: No se pudo continuar a la profundidad de 4.45 metros (Supero los 50 golpes a la hinca de 12" a 18", según norma se detiene el ensayo) /Rechazo, por lo tanto se concluyó y tomo la decisión de dar por finalizado al ensayo.

Fuente: Propio

Tabla 60

Resumen de los resultados Método Semi Empírico SEED e IDRISS, para una magnitud sísmica Mw=7.0 (SPT 04).

Resultados obtenidos del analisis del Potencial de Licuefaccion de suelos en el Distrito de Santa Rosa para SPT #04																				
Metodo Basado en el Numero de Golpes del Ensayo SPT (Metodo Semi Empirico SEED e IDRISS)																				
Ubicación	Magnitud	Perforacion				Descripcion	Resultados													
		Nro	Prof.	Estrato	SUCS		2003)					Factor Correccion MSF de Seed e Idriss (1982)				Factor Correccion MSF de Ambraseys (1988)				
							(N1) _{60cs}	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	
Calle Jose Olaya a 50 m del Centro Regional de Investigaciones Pesqueras e Intituto del Mar a 100 m del mar	Mw=7.0	SPT #04	0.60			SP	Arena pobremente graduada de bajo contenido de finos, con una consistencia muy blanda	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
			1.00				Arena pobremente graduada con limo de bajo contenido de finos, con una consistencia compacta.	8.78	0.1220	0.2677	0.46	Licuable	0.1108	0.2677	0.41	Licuable	0.1333	0.2677	0.50	Licuable
						SP-SM	Arena pobremente graduada con limo de bajo contenido de finos, con una consistencia compacta.	16.39	0.2075	0.3275	0.63	Licuable	0.2266	0.3275	0.69	Licuable	0.2266	0.3275	0.69	Licuable
						SP	Arena pobremente graduada de bajo contenido de finos, con una consistencia muy compacta	50.56	-	0.3575	-	No Licuable	-	0.3575	-	No Licuable	-	0.3575	-	No Licuable
						SP-SM	Arena pobremente graduada con limo de bajo contenido de finos, con una consistencia dura.	71.91	-	0.3741	-	No Licuable	-	0.3741	-	No Licuable	-	0.3741	-	No Licuable

Observación: No se pudo continuar a la profundidad de 4.45 metros (Supero los 50 golpes a la hinca de 12" a 18", según norma se detiene el ensayo) /Rechazo, por lo tanto se concluyó y tomo la decisión de dar por finalizado al ensayo.

Fuente: Propio

Tabla 62

Resumen de los resultados Método Semi Empírico SEED e IDRISS, para una magnitud sísmica Mw=8.0 (SPT 04).

Resultados obtenidos del analisis del Potencial de Licuefaccion de suelos en el Distrito de Santa Rosa para SPT #04																			
Metodo Basado en el Numero de Golpes del Ensayo SPT (Metodo Semi Empirico SEED e IDRISS)																			
Ubicación	Magnitud	Perforacion				Descripcion	Resultados												
		Nro	Prof.	Estrato	SUCS		2003)					Factor Correcion MSF de Seed e Idriss (1982)				Factor Correcion MSF de Ambraseys (1988)			
							(N1) _{60cs}	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion
Calle Jose Olaya a 50 m del Centro Regional de Investigaciones Pesqueras e Intituto del Mar a 100 m del mar	Mw=8.0	SPT #04	0.60		SP	Arena pobremente graduada de bajo contenido de finos, con una consistencia muy blanda	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
			1.00		SP-SM	Arena pobremente graduada con limo de bajo contenido de finos, con una consistencia compacta.	8.78	0.0861	0.3488	0.25	Licuable	0.0964	0.3488	0.28	Licuable	0.0687	0.3488	0.20	Licuable
			2.45		SP-SM	Arena pobremente graduada con limo de bajo contenido de finos, con una consistencia compacta.	16.39	0.1464	0.4267	0.34	Licuable	0.1639	0.4267	0.38	Licuable	0.1168	0.4267	0.27	Licuable
			3.45		SP	Arena pobremente graduada de bajo contenido de finos, con una consistencia muy compacta	50.56	-	0.4657	-	No Licuable	-	0.4657	-	No Licuable	-	0.4657	-	No Licuable
			4.45		SP-SM	Arena pobremente graduada con limo de bajo contenido de finos, con una consistencia dura.	71.91	-	0.4874	-	No Licuable	-	0.4874	-	No Licuable	-	0.4874	-	No Licuable

Observación: No se pudo continuar a la profundidad de 4.45 metros (Supero los 50 golpes a la hinca de 12" a 18", según norma se detiene el ensayo) /Rechazo, por lo tanto se concluyó y tomo la decisión de dar por finalizado al ensayo.

Fuente: Propio

Tabla 63

Resumen de los resultados Método Semi Empírico SEED e IDRISS, para una magnitud sísmica Mw=8.5 (SPT 04).

Resultados obtenidos del analisis del Potencial de Licuefaccion de suelos en el Distrito de Santa Rosa para SPT #04																				
Metodo Basado en el Numero de Golpes del Ensayo SPT (Metodo Semi Empirico SEED e IDRISS)																				
Ubicación	Magnitud	Perforacion				Descripcion	Resultados													
		Nro	Prof.	Estrato	SUCS		2003)					Factor Correccion MSF de Seed e Idriss (1982)				Factor Correccion MSF de Ambraseys (1988)				
							(N ₁) _{60cs}	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	
Calle Jose Olaya a 50 m del Centro Regional de Investigaciones Pesqueras e Intituto del Mar a 100 m del mar	Mw=8.5	SPT #04	0.60			SP	Arena pobremente graduada de bajo contenido de finos, con una consistencia muy blanda	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
			1.00																	
			NF=1.20			SP-SM	Arena pobremente graduada con limo de bajo contenido de finos, con una consistencia compacta.	8.78	0.0749	0.3988	0.19	Licuable	0.0913	0.3988	0.23	Licuable	0.0451	0.3988	0.11	Licuable
			1.45																	
			2.45			SP-SM	Arena pobremente graduada con limo de bajo contenido de finos, con una consistencia compacta.	16.39	0.1273	0.4878	0.26	Licuable	0.1552	0.4878	0.32	Licuable	0.0767	0.4878	0.16	Licuable
			3.45			SP	Arena pobremente graduada de bajo contenido de finos, con una consistencia muy compacta	50.56	-	0.5324	-	No Licuable	-	0.5324	-	No Licuable	-	0.5324	-	No Licuable
4.45			SP-SM	Arena pobremente graduada con limo de bajo contenido de finos, con una consistencia dura.	71.91	-	0.5572	-	No Licuable	-	0.5572	-	No Licuable	-	0.5572	-	No Licuable			

Observación: No se pudo continuar a la profundidad de 4.45 metros (Supero los 50 golpes a la hincas de 12" a 18", según norma se detiene el ensayo) /Rechazo, por lo tanto se concluyó y tomo la decisión de dar por finalizado al ensayo.

Fuente:

Propio

SPT 05:

Se procedió con el cálculo del potencial de licuefacción para el sondaje SPT-5, ubicada entre las calles Rivera del Mar y Las Palmeras a unos 300 m del mercado de Santa Rosa

Se procedió con la aplicación de la metodología del método simplificado de Seed Idriss para las diferentes magnitudes establecida en el presente estudio.

Se analizaron los diferentes estratos encontrados en la aplicación del ensayo de Penetración Standar (SPT), que se detallaran a continuación:

Estrato 01:

De 0.50 m – 1.50 m de profundidad, es un arena pobremente graduada con limo, con una humedad natural de 14.30 %, no presenta plasticidad y el material pasante la malla #200 es de 6.80 %, su clasificación SUCS es SP - SM.

Estrato 02:

De 1.50 m – 2.50 de profundidad, es una arena pobremente graduada con limo, con una humedad natural de 26.17 %, no presenta plasticidad y el material pasante la malla #200 es de 5.70%, su clasificación SUCS es SP-SM.

Estrato 03:

De 2.50 m – 3.50 m de profundidad, es un arena pobremente graduada con limo, con una humedad natural de 32.88 %, no presenta plasticidad y el material pasante la malla #200 es de 6.30 %, su clasificación SUCS es SP-SM.

Estrato 04:

De 3.50 m – 4.50 m de profundidad, es un arena pobremente graduada con limo, con una humedad natural de 33.50 %, no presenta plasticidad y el material pasante la malla #200 es de 7.80 %, su clasificación SUCS es SP - SM.

Estrato 05:

De 4.50 m – 5.50 m de profundidad, es una arena limosa, con una humedad natural de 33.50 %, no presenta plasticidad y el material pasante la malla #200 es de 15.00%, su clasificación SUCS es SM.

Estrato 06:

De 5.50 m – 6.50 m de profundidad, es una arena limosa, con una humedad natural de 33.2 %, no presenta plasticidad y el material pasante la malla #200 es de 14.60%, su clasificación SUCS es SM.

Los resultados se presentan con más detalle en la tabla 56

Tabla 64

Resumen de resultados de los ensayos de Granulometría y límites de Atterberg realizados (SPT 05).

 UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN FACULTA DE INGENIERIA, ARQUITECTURA Y URBANISMO LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES													
Tesis:		POTENCIAL DE LICUEFACCION EN EL DISTRITO DE SANTA ROSA											
Tesistas:		BENITES ALARCON LUIS MANUEL											
Ubicación:		VILCHEZ PEREZ JUAN JOEL ANTONY											
Perforación:		SPT-5											
Nivel freático :		1.30 m											
				Norte :		618815							
				Este:		9239418							
REGISTRO DE EXCAVACIÓN SPT- 5													
Profundidad	Muestra	N.F	Espesor	Clasificación SUCS	Clasificación ASSTHO	Ensayos							
						w (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	M.F	c.u	c.c	% pasa malla 200
0.2			0.00- 0.50	S/M	S/M	S/M	S/M	S/M	S/M	S/M	S/M	S/M	S/M
0.4													
0.6													
0.8													
1			0.50 - 1.50 m	SP-SM	A-3 (0)	14.30	N.P.	N.P.	N.P.	1.10	2.13	0.99	6.80
1.2		N.F 1.30 m											
1.4													
1.6													
1.8													
2			1.50 m - 2.50 m	SP-SM	A-3 (0)	26.17	N.P.	N.P.	N.P.	0.96	1.65	0.91	5.70
2.2													
2.4													
2.6													
2.8													
3			2.50 m - 3.50 m	SP-SM	A-3 (0)	32.88	N.P.	N.P.	N.P.	0.96	1.65	0.90	6.30
3.2													
3.4													
3.6													
3.8													
4			3.50 - 4.50 m	SP-SM	A-3 (0)	33.5	N.P.	N.P.	N.P.	1.23	2.32	0.97	7.80
4.2													
4.4													
4.6													
4.8													
5			4.50 - 5.50 m	SM	A-2-4 (0)	33.5	N.P.	N.P.	N.P.	0.89	0.96	0.50	15.00
5.2													
5.4													
5.6													
5.8			5.50 - 6.00 m	SM	A-2-4 (0)	33.2	N.P.	N.P.	N.P.	1.10	1.19	0.47	14.60
6													

Descripción: Cuadro de registro de excavación según la profundidad y característica de cada estrato.

Fuente: Propio

Tabla 65

Resumen de los resultados Método Semi Empírico SEED e IDRISS, para una magnitud sísmica Mw=5.5 (SPT 05).

Resultados obtenidos del analisis del Potencial de Licuefaccion de suelos en el Distrito de Santa Rosa para SPT #05																				
Metodo Basado en el Numero de Golpes del Ensayo SPT (Metodo Semi Empirico SEED e IDRISS)																				
Ubicación	Magnitud	Perforacion				Descripcion	Resultados													
		Nro	Prof.	Estrato	SUCS		Factor Correccion MSF de NCEER (Seed R. B. et al) (1997 ; 2003)					Factor Correccion MSF de Seed e Idriss (1982)				Factor Correccion MSF de Ambraseys (1988)				
							(N1) _{60cs}	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	
ubicada entre las calles Rivera del Mar y Las Palmeras a unos 300 m del mercado de Santa Rosa	Mw=5.5	SPT #05	0.60			SP-SM	Arena mal graduada con limo de bajo contenido de finos, con una consistencia muy blanda	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
			1.00			SP-SM	Arena mal graduada con limo , bajo contenido de finos, con una consistencia medianamente compacta.	7.18	0.1970	0.1824	1.08	Licuable	0.1275	0.1824	0.70	Licuable	0.2550	0.1824	1.40	No Licuable
			1.45	NF=1.30		SP-SM	Arena limosa, bajo contenido de finos, con una consistencia compacta.	13.45	0.3202	0.2295	1.39	No Licuable	0.2072	0.2295	0.90	Licuable	0.4143	0.2295	1.81	No Licuable
			2.45			SP-SM	Arena limosa, bajo contenido de finos, con una consistencia muy compacta.	23.25	0.5765	0.2526	2.28	No Licuable	0.3730	0.2526	1.48	No Licuable	0.7460	0.2526	2.95	No Licuable
			3.45			SM	Arena limosa, alto contenido de finos, con una consistencia dura.	57.36	-	0.2654	-	No Licuable	-	-	-	No Licuable	-	0.2654	-	No Licuable
			4.45			SM	Arena limosa, bajo contenido de finos, con una consistencia dura.	64.80	-	0.2728	-	No Licuable	-	0.2728	-	No Licuable	-	0.2728	-	No Licuable
			5.45																	

No se pudo continuar a la profundidad de 5.45 metros (Supero los 50 golpes a la hincas de 12" a 18", según norma se detiene el ensayo)/Rechazo, por lo tanto se concluyó y tomo la decisión de dar por finalizado al ensayo.

Fuente: Propio

Tabla 66

Resumen de los resultados Método Semi Empírico SEED e IDRISS, para una magnitud sísmica Mw=6.0 (SPT 05).

Resultados obtenidos del analisis del Potencial de Licuefaccion de suelos en el Distrito de Santa Rosa para SPT #05																				
Metodo Basado en el Numero de Golpes del Ensayo SPT (Metodo Semi Empirico SEED e IDRISS)																				
Ubicación	Magnitud	Perforacion				Descripcion	Resultados													
		Nro	Prof.	Estrato	SUCS		Factor Correccion MSF de NCEER (Seed R. B. et al) (1997 ; 2003)					Factor Correccion MSF de Seed e Idriss (1982)				Factor Correccion MSF de Ambraseys (1988)				
							(Ni) _{60cs}	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	
ubicada entre las calles Rivera del Mar y Las Palmeras a unos 300 m del mercado de Santa Rosa	Mw=6.0	SPT #05	0.60			SP-SM	Arena mal graduada con limo de bajo contenido de finos, con una consistencia muy blanda	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
			1.00			SP-SM	Arena mal graduada con limo , bajo contenido de finos, con una consistencia medianamente compacta.	7.18	0.1578	0.2077	0.76	Licuable	0.1177	0.2077	0.57	Licuable	0.1962	0.2077	0.94	Licuable
			1.45			SP-SM	Arena limosa, bajo contenido de finos, con una consistencia compacta.	13.45	0.2564	0.2613	0.98	Licuable	0.1912	0.2613	0.73	Licuable	0.3187	0.2613	1.22	Licuable
			2.45			SP-SM	Arena limosa, bajo contenido de finos, con una consistencia muy compacta.	23.25	0.4617	0.2875	1.61	No Licuable	0.3443	0.2875	1.20	Licuable	0.5738	0.2875	2.00	No Licuable
			4.45			SM	Arena limosa, alto contenido de finos, con una consistencia dura.	57.36	-	0.3021	-	No Licuable	-	0.3021	-	No Licuable	-	0.3021	-	No Licuable
			5.45			SM	Arena limosa, bajo contenido de finos, con una consistencia dura.	64.80	-	0.3105	-	No Licuable	-	0.3105	-	No Licuable	-	0.3105	-	No Licuable

No se pudo continuar a la profundidad de 5.45 metros (Supero los 50 golpes a la hinca de 12" a 18", según norma se detiene el ensayo) /Rechazo, por lo tanto, se concluyó y tomo la decisión de dar por finalizado al ensayo.

Fuente: Propio

Tabla 67

Resumen de los resultados Método Semi Empírico SEED e IDRISS, para una magnitud sísmica Mw=6.5 (SPT 05).

Resultados obtenidos del analisis del Potencial de Licuefaccion de suelos en el Distrito de Santa Rosa para SPT #05																				
Metodo Basado en el Numero de Golpes del Ensayo SPT (Metodo Semi Empirico SEED e IDRISS)																				
Ubicación	Magnitud	Perforacion				Descripcion	Resultados													
		Nro	Prof.	Estrato	SUCS		2003)					Factor Correccion MSF de Seed e Idriss (1982)				Factor Correccion MSF de Ambraseys (1988)				
							(N ₁) _{60cs}	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	
ubicada entre las calles Rivera del Mar y Las Palmeras a unos 300 m del mercado de Santa Rosa	Mw=6.5	SPT #05	0.60			SP-SM	Arena mal graduada con limo de bajo contenido de finos, con una consistencia muy blanda	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
			1.00			SP-SM	Arena mal graduada con limo , bajo contenido de finos, con una consistencia medianamente compacta.	7.18	0.1284	0.2366	0.54	Licuable	0.1061	0.2366	0.45	Licuable	0.1507	0.2366	0.64	Licuable
			1.45	NF=2.00		SP-SM	Arena limosa, bajo contenido de finos, con una consistencia compacta.	13.45	0.2086	0.2976	0.70	Licuable	0.1724	0.2976	0.58	Licuable	0.2448	0.2976	0.82	Licuable
			2.45			SP-SM	Arena limosa, bajo contenido de finos, con una consistencia muy compacta.	23.25	0.3756	0.3275	1.15	Licuable	0.3104	0.3275	0.95	Licuable	0.4408	0.3275	1.35	No Licuable
			3.45			SP-SM	Arena limosa, alto contenido de finos, con una consistencia dura.	57.36	-	0.3441	-	No Licuable	-	0.3441	-	No Licuable	-	0.3441	-	No Licuable
			4.45			SM	Arena limosa, bajo contenido de finos, con una consistencia dura.	64.80	-	0.3537	-	No Licuable	-	0.3537	-	No Licuable	-	0.3537	-	No Licuable
			5.45			SM	Arena limosa, bajo contenido de finos, con una consistencia dura.													

No se pudo continuar a la profundidad de 5.45 metros (Supero los 50 golpes a la hincada de 12" a 18", según norma se detiene el ensayo)/Rechazo, por lo tanto se concluyó y tomo la decisión de dar por finalizado al ensayo.

Fuente: Propio

Tabla 68

Resumen de los resultados Método Semi Empírico SEED e IDRISS, para una magnitud sísmica Mw=7.0 (SPT 05).

Resultados obtenidos del analisis del Potencial de Licuefaccion de suelos en el Distrito de Santa Rosa para SPT #05																				
Metodo Basado en el Numero de Golpes del Ensayo SPT (Metodo Semi Empirico SEED e IDRISS)																				
Ubicación	Magnitud	Perforacion				Descripcion	Resultados													
		Nro	Prof.	Estrato	SUCS		2003)					Factor Correccion MSF de Seed e Idriss (1982)				Factor Correccion MSF de Ambraseys (1988)				
							(N ₁) _{60cs}	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	
ubicada entre las calles Rivera del Mar y Las Palmeras a unos 300 m del mercado de Santa Rosa	Mw=7.0	SPT #05	0.60			SP-SM	Arena mal graduada con limo de bajo contenido de finos, con una consistencia muy blanda	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
			1.00			SP-SM	Arena mal graduada con limo , bajo contenido de finos, con una consistencia medianamente compacta.	7.18	0.1061	0.2697	0.39	Licuable	0.0963	0.2697	0.36	Licuable	0.1159	0.2697	0.43	Licuable
			1.45			SP-SM	Arena limosa, bajo contenido de finos, con una consistencia compacta.	13.45	0.1724	0.3393	0.51	Licuable	0.1883	0.3393	0.56	Licuable	0.1883	0.3393	0.56	Licuable
			2.45			SP-SM	Arena limosa, bajo contenido de finos, con una consistencia muy compacta.	23.25	0.3104	0.3733	0.83	Licuable	0.2817	0.3733	0.75	Licuable	0.3391	0.3733	0.91	Licuable
			4.45			SM	Arena limosa, alto contenido de finos, con una consistencia dura.	57.36	-	0.3923	-	No Licuable	-	0.3923	-	No Licuable	-	0.3923	-	No Licuable
			5.45			SM	Arena limosa,bajo contenido de finos, con una consistencia dura.	64.80	-	0.4032	-	No Licuable	-	0.4032	-	No Licuable	-	0.4032	-	No Licuable

No se pudo continuar a la profundidad de 5.45 metros (Supero los 50 golpes a la hincas de 12" a 18", según norma se detiene el ensayo)/Rechazo, por lo tanto se concluyó y tomo la decisión de dar por finalizado al ensayo.

Fuente: Propio

Tabla 69

Resumen de los resultados Método Semi Empírico SEED e IDRISS, para una magnitud sísmica Mw=7.5 (SPT 05).

Resultados obtenidos del analisis del Potencial de Licuefaccion de suelos en el Distrito de Santa Rosa para SPT #05																				
Metodo Basado en el Numero de Golpes del Ensayo SPT (Metodo Semi Empirico SEED e IDRISS)																				
Ubicación	Magnitud	Perforacion				Descripcion	Resultados													
		Nro	Prof.	Estrato	SUCS		2003)					Factor Correccion MSF de Seed e Idriss (1982)				Factor Correccion MSF de Ambraseys (1988)				
							(N ₁) _{60cs}	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	
ubicada entre las calles Rivera del Mar y Las Palmeras a unos 300 m del mercado de Santa Rosa	Mw=7.5	SPT #05	0.60			SP-SM	Arena mal graduada con limo de bajo contenido de finos, con una consistencia muy blanda	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
			1.00			SP-SM	Arena mal graduada con limo , bajo contenido de finos, con una consistencia medianamente compacta.	7.18	0.0892	0.3076	0.29	Licuable	0.0892	0.3076	0.29	Licuable	0.0892	0.3076	0.29	Licuable
			1.45			SP-SM	Arena limosa, bajo contenido de finos, con una consistencia compacta.	13.45	0.1449	0.3870	0.37	Licuable	0.1449	0.3870	0.37	Licuable	0.1449	0.3870	0.37	Licuable
			2.45			SP-SM	Arena limosa, bajo contenido de finos, con una consistencia muy compacta.	23.25	0.2608	0.4259	0.61	Licuable	0.2608	0.4259	0.61	Licuable	0.2608	0.4259	0.61	Licuable
			4.45			SM	Arena limosa, alto contenido de finos, con una consistencia dura.	57.36	-	0.4476	-	No Licuable	-	0.4476	-	No Licuable	-	0.4476	-	No Licuable
			5.45			SM	Arena limosa,bajo contenido de finos, con una consistencia dura.	64.80	-	0.4600	-	No Licuable	-	0.4600	-	No Licuable	-	0.4600	-	No Licuable

No se pudo continuar a la profundidad de 5.45 metros (Supero los 50 golpes a la hinc a de 12" a 18", según norma se detiene el ensayo)/Rechazo, por lo tanto se concluyó y tomo la decisión de dar por finalizado al ensayo.

Fuente: Propio

Tabla 70

Resumen de los resultados Método Semi Empírico SEED e IDRISS, para una magnitud sísmica Mw=8.0 (SPT #05).

Resultados obtenidos del analisis del Potencial de Licuefaccion de suelos en el Distrito de Santa Rosa para SPT #05																				
Metodo Basado en el Numero de Golpes del Ensayo SPT (Metodo Semi Empirico SEED e IDRISS)																				
Ubicación	Magnitud	Perforacion				Descripcion	Resultados													
		Nro	Prof.	Estrato	SUCS		2003					Factor Correccion MSF de Seed e Idriss (1982)				Factor Correccion MSF de Ambraseys (1988)				
							(N ₁) _{60cs}	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	
ubicada entre las calles Rivera del Mar y Las Palmeras a unos 300 m del mercado de Santa Rosa	MW=8.0	SPT #05	0.60			SP-SM	Arena mal graduada con limo de bajo contenido de finos, con una consistencia muy blanda	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
			1.00			SP-SM	Arena mal graduada con limo, bajo contenido de finos, con una consistencia medianamente compacta.	7.18	0.0749	0.3513	0.21	Licuable	0.0838	0.3513	0.24	Licuable	0.0597	0.3513	0.17	Licuable
			1.45			SP-SM	Arena limosa, bajo contenido de finos, con una consistencia compacta.	13.45	0.1217	0.4420	0.28	Licuable	0.1362	0.4420	0.31	Licuable	0.0971	0.4420	0.22	Licuable
			2.45			SP-SM	Arena limosa, bajo contenido de finos, con una consistencia muy compacta.	23.25	0.2191	0.4864	0.45	Licuable	0.2452	0.4864	0.50	Licuable	0.1748	0.4864	0.36	Licuable
			3.45			SM	Arena limosa, alto contenido de finos, con una consistencia dura.	57.36	-	0.5111	-	No Licuable	-	0.5111	-	No Licuable	-	0.5111	-	No Licuable
			4.45			SM	Arena limosa, bajo contenido de finos, con una consistencia dura.	64.80	-	0.5253	-	No Licuable	-	0.5253	-	No Licuable	-	0.5253	-	No Licuable
			5.45																	

No se pudo continuar a la profundidad de 5.45 metros (Supero los 50 golpes a la hinca de 12" a 18", según norma se detiene el ensayo)/Rechazo, por lo tanto se concluyó y tomo la decisión de dar por finalizado al ensayo.

Fuente: Propio

Tabla 71

Resumen de los resultados Método Semi Empírico SEED e IDRISS, para una magnitud sísmica Mw=8.5 (SPT 05).

Resultados obtenidos del analisis del Potencial de Licuefaccion de suelos en el Distrito de Santa Rosa para SPT #05																				
Metodo Basado en el Numero de Golpes del Ensayo SPT (Metodo Semi Empirico SEED e IDRISS)																				
Ubicación	Magnitud	Perforacion				Descripcion	Resultados													
		Nro	Prof.	Estrato	SUCS		2003)					Factor Correccion MSF de Seed e Idriss (1982)				Factor Correccion MSF de Ambraseys (1988)				
							(N ₁) _{60cs}	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	
ubicada entre las calles Rivera del Mar y Las Palmeras a unos 300 m del mercado de Santa Rosa	Mw=8.5	SPT #05	0.60			SP-SM	Arena mal graduada con limo de bajo contenido de finos, con una consistencia muy blanda	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
			1.00			SP-SM	Arena mal graduada con limo , bajo contenido de finos, con una consistencia medianamente compacta.	7.18	0.0651	0.4016	0.16	Licuable	0.0794	0.4016	0.20	Licuable	0.0392	0.4016	0.10	Licuable
			1.45			SP-SM	Arena limosa, bajo contenido de finos, con una consistencia compacta.	13.45	0.1058	0.5053	0.21	Licuable	0.1289	0.5053	0.26	Licuable	0.0637	0.5053	0.13	Licuable
			2.45			SP-SM	Arena limosa, bajo contenido de finos, con una consistencia muy compacta.	23.25	0.1904	0.5561	0.34	Licuable	0.2321	0.5561	0.42	Licuable	0.1148	0.5561	0.21	Licuable
			4.45			SM	Arena limosa, alto contenido de finos, con una consistencia dura.	57.36	-	0.5843	-	No Licuable	-	0.5843	-	No Licuable	-	0.5843	-	No Licuable
			5.45			SM	Arena limosa,bajo contenido de finos, con una consistencia dura.	64.80	-	0.6006	-	No Licuable	-	0.6006	-	No Licuable	-	0.6006	-	No Licuable

No se pudo continuar a la profundidad de 5.45 metros (Supero los 50 golpes a la hinca de 12" a 18", según norma se detiene el ensayo)/Rechazo, por lo tanto se concluyó y tomo la decisión de dar por finalizado al ensayo.

Fuente: Propio

SPT 06:

Se procedió con el cálculo del potencial de licuefacción para el sondaje SPT-6, ubicado A espaldas de ECOPINSHA, a 200 m del dren 400 y 300 del mar.

Se procedió con la aplicación de la metodología del método simplificado de Seed Idriss para las diferentes magnitudes establecida en el presente estudio.

Se analizaron los diferentes estratos encontrados en la aplicación del ensayo de Penetración Standar (SPT), que se detallaran a continuación:

Estrato 01:

De 0.50 m – 1.00 m de profundidad, es un limo de baja plasticidad, con una humedad natural de 25.23 %, su índice de plasticidad es de 17.62 y el material pasante la malla #200 es de 85.70%, su clasificación SUCS es ML.

Estrato 02:

De 1.00 m – 1.45 de profundidad, es una arena arcillosa, con una humedad natural de 21.49 %, su índice de plasticidad es de 25.54 y el material pasante la malla #200 es de 45.50 %, su clasificación SUCS es SC.

Estrato 03:

De 1.45 m – 2.00 m de profundidad, es una arcilla arenosa de baja plasticidad, con una humedad natural de 16.48 % %, su índice de plasticidad es de 26.32 y el material pasante la malla #200 es de 54.80 %, su clasificación SUCS es CL.

Estrato 04:

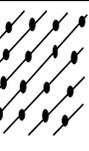
De 2.00 m – 2.50 m de profundidad, es una arcilla arenosa de alta plasticidad, con una humedad natural de 19.73 % %, su índice de plasticidad es de 39.46 y el material pasante la malla #200 es de 50.10 %, su clasificación SUCS es CH.

Los resultados se presentan con más detalle en la tabla 65

Aplicación de la metodología del método simplificado de Seed Idriss para evaluar la licuefacción mediante los resultados de los ensayos obtenidos en el LEM -USS.

Tabla 73

Resumen de los resultados Método Semi Empírico SEED e IDRISS, para una magnitud sísmica Mw=5.5 (SPT 06).

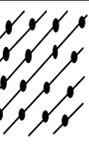
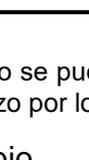
Resultados obtenidos del análisis del Potencial de Licuefacción de suelos en el Distrito de Santa Rosa																				
Metodo Basado en el Numero de Golpes del Ensayo SPT (Metodo Semi Empirico SEED e IDRISS)																				
Ubicación	Perforacion					Descripcion	Resultados													
	Magnitud	Nro	Prof.	Estrato	SUCS		2003)					Factor Correccion MSF de Seed e Idriss (1982)				Factor Correccion MSF de Ambraseys (1988)				
							(N ₁) _{60cs}	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	
A espaldas del Terminal Pesquero ECOPINSHA , a la margen derecha del dren 4000 y a unos 400 m del mar.	Mw=5.5	SPT 06	0.60		ML	Limo de baja plasticidad, alto contenido de finos, consistencia blanda.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
			1.00		SC	Arena Arcillosa , con alto contenido de finos, consistencia dura.	42.87	-	0.172	-	No Licuable	-	0.17	-	No Licuable	-	0.17	-	No Licuable	
			1.45		CL	Arcilla Arenosa de baja plasticidad, con alto contenido de finos y de consistencia dura	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			2.00		CH	Arcilla Arenosa de alta plasticidad, alto contenido de finos , consistencia muy dura.	85.54	-	0.17	-	No Licuable	-	0.17	-	No Licuable	-	0.17	-	No Licuable	
			2.45		CH	Arcilla Arenosa de alta plasticidad, alto contenido de finos , consistencia muy dura.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			2.50		CH	Arcilla Arenosa de alta plasticidad, alto contenido de finos , consistencia muy dura.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			

Descripción: No se pudo continuar a la profundidad de 2.45 metros (Supero los 50 golpes en la hinca de los últimos 6", solo ingresando 1"). Es decir se produce rechazo por lo consiguiente el ensayo termina.

Fuente: Propio

Tabla 74

Resumen de los resultados Método Semi Empírico SEED e IDRISS, para una magnitud sísmica Mw=6.0 (SPT 06).

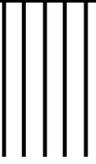
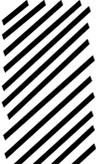
Resultados obtenidos del analisis del Potencial de Licuefaccion de suelos en el Distrito de Santa Rosa																			
Metodo Basado en el Numero de Golpes del Ensayo SPT (Metodo Semi Empirico SEED e IDRISS)																			
Ubicación	Perforacion					Descripcion	Resultados												
	Magnitud	Nro	Prof.	Estrato	SUCS		2003)					Factor Correccion MSF de Seed e Idriss (1982)				Factor Correccion MSF de Ambraseys (1988)			
							(N1) _{60cs}	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion
A espaldas del Terminal Pesquero ECOPINSHA, a la margen derecha del dren 4000 y a unos 400 m del mar.	Mw=6.0	SPT 06	0.60		ML	Limo de baja plasticidad, alto contenido de finos, consistencia blanda.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
			1.00		ML	Limo de baja plasticidad, alto contenido de finos, consistencia blanda.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			1.45		SC	Arena Arcillosa, con alto contenido de finos, consistencia dura.	42.87	-	0.195	-	No Licuable	-	0.20	-	No Licuable	-	0.20	-	No Licuable
			2.00		CL	Arcilla Arenosa de baja plasticidad, con alto contenido de finos y de consistencia dura	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			2.45		CH	Arcilla Arenosa de alta plasticidad, alto contenido de finos, consistencia muy dura.	85.54	-	0.194	-	No Licuable	-	0.20	-	No Licuable	-	0.19	-	No Licuable
2.50		CH	Arcilla Arenosa de alta plasticidad, alto contenido de finos, consistencia muy dura.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			

Descripción: No se pudo continuar a la profundidad de 2.45 metros (Supero los 50 golpes en la hinca de los últimos 6", solo ingresando 1"). Es decir se produce rechazo por lo consiguiente el ensayo termina.

Fuente: Propio

Tabla 75

Resumen de los resultados Método Semi Empírico SEED e IDRISS, para una magnitud sísmica Mw=6.5 (SPT 06).

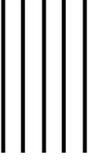
Resultados obtenidos del analisis del Potencial de Licuefaccion de suelos en el Distrito de Santa Rosa																				
Metodo Basado en el Numero de Golpes del Ensayo SPT (Metodo Semi Empirico SEED e IDRISS)																				
Ubicación	Perforacion					Descripcion	Resultados													
	Magnitud	Nro	Prof.	Estrato	SUCS		2003)					Factor Correccion MSF de Seed e Idriss (1982)				Factor Correccion MSF de Ambraseys (1988)				
							(N ₁) _{60cs}	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	
A espaldas del Terminal Pesquero ECOPINSHA, a la margen derecha del dren 4000 y a unos 400 m del mar.	MW=6.5	SPT 06	0.60		ML	Limo de baja plasticidad, alto contenido de finos, consistencia blanda.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
			1.00		SC	Arena Arcillosa, con alto contenido de finos, consistencia dura.	42.87	-	0.22	-	No Licuable	-	0.22	-	No Licuable	-	0.22	-	No Licuable	
			1.45	-----																
			2.00		CL	Arcilla Arenosa de baja plasticidad, con alto contenido de finos y de consistencia dura	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			2.45		CH	Arcilla Arenosa de alta plasticidad, alto contenido de finos, , consistencia muy dura.	85.54	-	0.22	-	No Licuable	-	0.22	-	No Licuable	-	0.22	-	No Licuable	
2.50	-----																			

Descripción: No se pudo continuar a la profundidad de 2.45 metros (Supero los 50 golpes en la hinca de los últimos 6", solo ingresando 1"). Es decir se produce rechazo por lo consiguiente el ensayo termina.

Fuente: Propio

Tabla 76

Resumen de los resultados Método Semi Empírico SEED e IDRISS, para una magnitud sísmica Mw=7.0 (SPT 06).

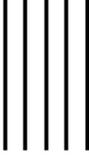
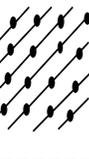
Resultados obtenidos del analisis del Potencial de Licuefaccion de suelos en el Distrito de Santa Rosa																				
Metodo Basado en el Numero de Golpes del Ensayo SPT (Metodo Semi Empirico SEED e IDRISS)																				
Ubicación	Perforacion					Descripcion	Resultados													
	Magnitud	Nro	Prof.	Estrato	SUCS		2003				Factor Correccion MSF de Seed e Idriss (1982)				Factor Correccion MSF de Ambraseys (1988)					
							(N ₁) _{60cs}	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	
A espaldas del Terminal Pesquero ECOPINSHA, a la margen derecha del dren 4000 y a unos 400 m del mar.	Mw=7.0	SPT 06	0.60		ML	Limo de baja plasticidad, alto contenido de finos, consistencia blanda.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
			1.00		SC	Arena Arcillosa, con alto contenido de finos, consistencia dura.	42.87	-	0.25	-	No Licuable	-	0.25	-	No Licuable	-	0.25	-	No Licuable	
			1.45		CL	Arcilla Arenosa de baja plasticidad, con alto contenido de finos y de consistencia dura.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			2.00		CH	Arcilla Arenosa de alta plasticidad, alto contenido de finos, consistencia muy dura.	85.54	-	0.25	-	No Licuable	-	0.25	-	No Licuable	-	0.25	-	No Licuable	
			2.45				-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			3.00																	

Descripción: No se pudo continuar a la profundidad de 2.45 metros (Supero los 50 golpes en la hincas de los últimos 6", solo ingresando 1"). Es decir se produce rechazo por lo consiguiente el ensayo termina.

Fuente: Propio

Tabla 77

Resumen de los resultados Método Semi Empírico SEED e IDRISS, para una magnitud sísmica Mw=7.5 (SPT 06).

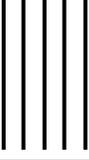
Resultados obtenidos del analisis del Potencial de Licuefaccion de suelos en el Distrito de Santa Rosa																				
Metodo Basado en el Numero de Golpes del Ensayo SPT (Metodo Semi Empirico SEED e IDRISS)																				
Ubicación	Perforacion					Descripcion	Resultados													
	Magnitud	Nro	Prof.	Estrato	SUCS		2003)					Factor Correccion MSF de Seed e Idriss (1982)				Factor Correccion MSF de Ambraseys (1988)				
							(N ₁) _{60cs}	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	
A espaldas del Terminal Pesquero ECOPINSHA , a la margen derecha del dren 4000 y a unos 400 m del mar.	Mw=7.5	SPT 06	0.60		ML	Limo de baja plasticidad, alto contenido de finos, consistencia blanda.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
			1.00		SC	Arena Arcillosa, con alto contenido de finos, consistencia dura.	42.87	-	0.29	-	No Licuable	-	0.29	-	No Licuable	-	0.29	-	No Licuable	
			1.45		CL	Arcilla Arenosa de baja plasticidad, con alto contenido de finos y de consistencia dura	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			2.00		CH	Arcilla Arenosa de alta plasticidad, alto contenido de finos, , consistencia muy dura.	85.54	-	0.29	-	No Licuable	-	0.29	-	No Licuable	-	0.29	-	No Licuable	
			2.45		CH	Arcilla Arenosa de alta plasticidad, alto contenido de finos, , consistencia muy dura.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			3.00		CH	Arcilla Arenosa de alta plasticidad, alto contenido de finos, , consistencia muy dura.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			

Descripción: No se pudo continuar a la profundidad de 2.45 metros (Supero los 50 golpes en la hinca de los últimos 6", solo ingresando 1"). Es decir se produce rechazo por lo consiguiente el ensayo termina.

Fuente: Propio

Tabla 78

Resumen de los resultados Método Semi Empírico SEED e IDRISS, para una magnitud sísmica Mw=8.0 (SPT 06).

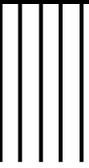
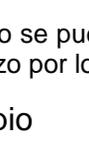
Resultados obtenidos del analisis del Potencial de Licuefaccion de suelos en el Distrito de Santa Rosa																				
Metodo Basado en el Numero de Golpes del Ensayo SPT (Metodo Semi Empirico SEED e IDRISS)																				
Ubicación	Perforacion					Descripcion	Resultados													
	Magnitud	Nro	Prof.	Estrato	SUCS		2003)					Factor Correccion MSF de Seed e Idriss (1982)				Factor Correccion MSF de Ambraseys (1988)				
							(N ₁) _{60cs}	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	
A espaldas del Terminal Pesquero ECOPINSHA , a la margen derecha del dren 4000 y a unos 400 m del mar.	Mw=8.0	SPT 06	0.60		ML	Limo de baja plasticidad, alto contenido de finos, consistencia blanda.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
			1.00		SC	Arena Arcillosa , con alto contenido de finos, consistencia dura.	42.87	-	0.33	-	No Licuable	-	0.33	-	No Licuable	-	0.33	-	No Licuable	
			1.45		CL	Arcilla Arenosa de baja plasticidad, con alto contenido de finos y de consistencia dura	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			2.00		CH	Arcilla Arenosa de alta plasticidad, alto contenido de finos , consistencia muy dura.	85.54	-	0.33	-	No Licuable	-	0.33	-	No Licuable	-	0.33	-	No Licuable	
			2.45		CH	Arcilla Arenosa de alta plasticidad, alto contenido de finos , consistencia muy dura.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			3.00		CH	Arcilla Arenosa de alta plasticidad, alto contenido de finos , consistencia muy dura.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			

Descripción: No se pudo continuar a la profundidad de 2.45 metros (Supero los 50 golpes en la hinca de los últimos 6", solo ingresando 1"). Es decir se produce rechazo por lo consiguiente el ensayo termina.

Fuente: Propio

Tabla 79

Resumen de los resultados Método Semi Empírico SEED e IDRISS, para una magnitud sísmica Mw=8.5 (SPT 06).

Resultados obtenidos del analisis del Potencial de Licuefaccion de suelos en el Distrito de Santa Rosa																				
Metodo Basado en el Numero de Golpes del Ensayo SPT (Metodo Semi Empirico SEED e IDRISS)																				
Ubicación	Perforacion					Descripcion	Resultados													
	Magnitud	Nro	Prof.	Estrato	SUCS		2003)					Factor Correccion MSF de Seed e Idriss (1982)				Factor Correccion MSF de Ambraseys (1988)				
							(N ₁) _{60cs}	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	
A espaldas del Terminal Pesquero ECOPINSHA, a la margen derecha del dren 4000 y a unos 400 m del mar.	MW=8.5	SPT 06	0.60		ML	Limo de baja plasticidad, alto contenido de finos, consistencia blanda.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
			1.00		SC	Arena Arcillosa, con alto contenido de finos, consistencia dura.	42.87	-	0.38	-	No Licuable	-	0.38	-	No Licuable	-	0.38	-	No Licuable	
			1.45		CL	Arcilla Arenosa de baja plasticidad, con alto contenido de finos y de consistencia dura	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			2.00		CH	Arcilla Arenosa de alta plasticidad, alto contenido de finos, consistencia muy dura.	85.54	-	0.37	-	No Licuable	-	0.37	-	No Licuable	-	0.37	-	No Licuable	
			2.45				-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			3.00																	

Descripción: No se pudo continuar a la profundidad de 2.45 metros (Supero los 50 golpes en la hincas de los últimos 6", solo ingresando 1"). Es decir se produce rechazo por lo consiguiente el ensayo termina.

Fuente: Propio

SPT 07:

Se procedió con el cálculo del potencial de licuefacción para el sondaje SPT-7, Entre las Av Mariscal Castilla y calle Natividad a 300 m de la comisaría de Santa Rosa.

Se procedió con la aplicación de la metodología del método simplificado de Seed Idriss para las diferentes magnitudes establecida en el presente estudio.

Se analizaron los diferentes estratos encontrados en la aplicación del ensayo de Penetración Standard (SPT), que se detallaran a continuación:

Estrato 01:

De 0.60 m – 1.00 m de profundidad, es una arena pobremente graduada con limo, con una humedad natural de 17.47 %, no presenta plasticidad y el material pasante la malla #200 es de 7.50 %, su clasificación SUCS es SP - SM.

Estrato 02:

De 1.00 m – 1.90 m de profundidad, es una arena limosa, con una humedad natural de 19.36 %, con una plasticidad de 8.85% y el material pasante la malla #200 es de 34.80%, su clasificación SUCS es SM.

Estrato 03:

De 1.90 m – 3.00 m de profundidad, es una arena arcillosa, con una humedad natural de 26.30 %, con una plasticidad de 10.81% y el material pasante la malla #200 es de 32.20%, su clasificación SUCS es SC.

Estrato 04:

De 3.00 m – 4.00 m de profundidad, es una arena arcillosa, con una humedad natural de 27.32 %, con una plasticidad de 23.64% y el material pasante la malla #200 es de 21.20 %, su clasificación SUCS es SC.

Estrato 05:

De 4.00 m – 5.00 m de profundidad, es una arena arcillosa, con una humedad natural de 23.32 %, con una plasticidad de 10.39% y el material pasante la malla #200 es de 35.40%, su clasificación SUCS es SC.

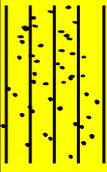
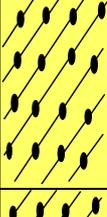
Estrato 05:

De 5.00 m – 6.00 m de profundidad, es una arena arcillosa, con una humedad natural de 24.72 %, con una plasticidad de 10.39% y el material pasante la malla #200 es de 37.80%, su clasificación SUCS es SC.

Los resultados se presentan con más detalle en la tabla 80

Tabla 80

Resumen de resultados de los ensayos de Granulometría y límites de Atterberg realizados (SPT 07).

 UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN FACULTA DE INGENIERIA, ARQUITECTURA Y URBANISMO LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES													
Tesis:		POTENCIAL DE LICUEFACCION EN EL DISTRITO DE SANTA ROSA											
Tesistas:		BENITES ALARCON LUIS MANUEL VILCHEZ PEREZ JUAN JOEL ANTONY											
Ubicación:		DISTRITO DE SANTA ROSA - PROVINCIA DE CHICLAYO -DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE											
Perforación:		SPT-7		Norte :		618793		Cota : 5.70 m.s.n.m					
Nivel freático :		2.00		Este:		9239843							
REGISTRO DE EXCAVACIÓN SPT- 7													
Profundidad	Muestra	N.F	Espesor	Clasificación SUCS	Clasificación ASSTHO	Ensayos							
						w (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	M.F	c.u	c.c	% pasa malla 200
0.2			0.0 m - 0.60 m	S/M	S/M	S/M	S/M	S/M	S/M	S/M	S/M	S/M	S/M
0.4													
0.6													
0.8			0.60 m - 100 m	SP-SM	A-3 (0)	17.47	N.P.	N.P.	N.P.	1.28	2.34	1.00	7.5
1													
1.2													
1.4													
1.6			1.00 m - 1.90 m	SM	A-2-4 (0)	19.36	31.46	22.61	8.85	0.67	0.30	0.17	34.80
1.8													
2													
2.2													
2.4													
2.6		N.F 2.00 m	1.90 m - 3.00 m	SC	A-2-6 (0)	26.30	25.57	14.77	10.81	0.753	0.34	0.12	32.20
2.8													
3													
3.2													
3.4													
3.6													
3.8			3.00 m - 4.00 m	SC	A-2-6 (1)	28.95	40.24	16.60	23.64	0.949	0.61	0.25	21.20
4													
4.2													
4.4													
4.6													
4.8													
5													
5.2			5.00 m - 6.00 m	SC	A-6 (2)	24.72	25.57	8.64	16.93	0.789	0.32	0.2	37.80
5.4													
5.6													
5.8													
6													

Descripción: Cuadro de registro de excavación según la profundidad y característica de cada estrato.

Fuente: Propio

Aplicación de la metodología del método simplificado de Seed Idriss para evaluar la licuefacción mediante los resultados de los ensayos obtenidos en el LEM -USS.

Tabla 81

Resumen de los resultados Método Semi Empírico SEED e IDRISS, para una magnitud sísmica Mw=5.5

Resultados obtenidos del analisis del Potencial de Licuefaccion de suelos en el Distrito de Santa Rosa para SPT #07																		
Metodo Basado en el Numero de Golpes del Ensayo SPT (Metodo Semi Empirico SEED e IDRISS)																		
Ubicación	Magnitud	Prof.	Estrato	SUCS	Descripcion	Resultados												
						Factor Correccion MSF de NCEER (Seed R. B. et al) (1997 ; 2003)				Factor Correccion MSF de Seed e Idriss (1982)				Factor Correccion MSF de Ambraseys (1988)				
						(N _i) _{60cs}	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion
ubicada entre la Av. Mariscal Castilla (AV principal que une Pimentel y Santa Rosa) y la Ca. Natividad V. a unos 300 m del Terminal Ecophinsa	Mw=5.5	0.60		SP-SM	Limo arenoso de alto contenido de finos, con una consistencia muy blanda	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		1.00		SM	Arena Limosa , alto contenido de finos, con una consistencia muy compacta.	24.40	0.6199	0.1715	3.61	No Licuable	0.4011	0.1715	2.34	No Licuable	0.8022	0.1715	4.68	No Licuable
		1.45		SC	Arena Arcillosa, bajo contenido de finos, con una consistencia muy compacta.	24.24	0.6134	0.1885	3.25	No Licuable	0.3969	0.1885	2.11	No Licuable	0.7939	0.1885	4.21	No Licuable
		2.45		SC	Arena Arcillosa, bajo contenido de finos, con una consistencia muy compacta.	25.53	0.6690	0.2159	3.10	No Licuable	0.4329	0.2159	2.00	No Licuable	0.8657	0.2159	4.01	No Licuable
		3.45		SC	Arena Arcillosa, bajo contenido de finos, con una consistencia dura.	39.92	-	0.2334	-	No Licuable	-	-	-	No Licuable	-	0.2334	-	No Licuable
		4.45		SC	Arena Arcillosa, bajo contenido de finos, con una consistencia dura.	84.53	-	0.2449	-	No Licuable	-	0.2449	-	No Licuable	-	0.2449	-	No Licuable
		6.00		SC	Arena Arcillosa, bajo contenido de finos, con una consistencia dura.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Descripción: No se pudo continuar a la profundidad de 5.45 metros (Supero los 50 golpes a la hinca de 12" a 18", según norma se detiene el ensayo). Se produce rechazo por lo tanto se concluyó y tomo la decisión de dar por finalizado el ensayo ya que el estrato se considera de consistencia dura.

Fuente: Propio

Tabla 82

Resumen de los resultados Método Semi Empírico SEED e IDRISS, para una magnitud sísmica Mw=6.0 (SPT 07)

Resultados obtenidos del analisis del Potencial de Licuefaccion de suelos en el Distrito de Santa Rosa para SPT #07																		
Metodo Basado en el Numero de Golpes del Ensayo SPT (Metodo Semi Empirico SEED e IDRISS)																		
Ubicación	Magnitud				Descripcion	Resultados												
		Prof.	Estrato	SUCS		Factor Correccion MSF de NCEER (Seed R. B. et al) (1997 ; 2003)					Factor Correccion MSF de Seed e Idriiss (1982)				Factor Correccion MSF de Ambraseys (1988)			
						(N ₁) _{60cs}	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion
ubicada entre la Av. Mariscal Castilla (AV principal que une Pimentel y Santa Rosa) y la Ca. Natividad V. a unos 300 m del Terminal Ecophinsa	Mw=6.0	0.60		SP-SM	Limo arenoso de alto contenido de finos, con una consistencia muy blanda	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		1.00		SM	Arena Limosa , alto contenido de finos, con una consistencia muy compacta.	24.40	0.4965	0.1952	2.54	No Licuable	0.3703	0.1952	1.90	No Licuable	0.6171	0.1952	3.16	No Licuable
		1.45		SC	Arena Arcillosa, bajo contenido de finos, con una consistencia muy compacta.	24.24	0.4913	0.2146	2.29	No Licuable	0.3664	0.2146	1.71	No Licuable	0.6107	0.2146	2.85	No Licuable
		2.45		SC	Arena Arcillosa, bajo contenido de finos, con una consistencia muy compacta.	25.53	0.5358	0.2458	2.18	No Licuable	0.3996	0.2458	1.63	No Licuable	0.6659	0.2458	2.71	No Licuable
		3.45		SC	Arena Arcillosa, bajo contenido de finos, con una consistencia dura.	39.92	-	0.2657	-	No Licuable	-	0.2657	-	No Licuable	-	0.2657	-	No Licuable
		4.45		SC	Arena Arcillosa, bajo contenido de finos, con una consistencia dura.	84.53	-	0.2788	-	No Licuable	-	0.2788	-	No Licuable	-	0.2788	-	No Licuable
		6.00		SC	Arena Arcillosa, bajo contenido de finos, con una consistencia dura.													

Descripción: No se pudo continuar a la profundidad de 5.45 metros (Supero los 50 golpes a la hinca de 12” a 18”, según norma se detiene el ensayo). Se produce rechazo por lo tanto se concluyó y tomo la decisión de dar por finalizado el ensayo ya que el estrato se considera de consistencia dura.

Fuente: Propio

Tabla 83

Resumen de los resultados Método Semi Empírico SEED e IDRISS, para una magnitud sísmica Mw=6.5 (SPT 07)

Resultados obtenidos del analisis del Potencial de Licuefaccion de suelos en el Distrito de Santa Rosa para SPT #07																			
Metodo Basado en el Numero de Golpes del Ensayo SPT (Metodo Semi Empirico SEED e IDRISS)																			
Ubicación	Magnitud				Descripcion	Resultados													
		Prof.	Estrato	SUCS		2003)					Factor Correccion MSF de Seed e Idriss (1982)				Factor Correccion MSF de Ambraseys (1988)				
						(N _i) _{60cs}	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	
ubicada entre la Av. Mariscal Castilla (AV principal que une Pimentel y Santa Rosa) y la Ca. Natividad V. a unos 300 m del Terminal Ecophinsa	Mw=6.5	0.60		SP-SM	Limo arenoso de alto contenido de finos, con una consistencia muy blanda	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		1.00																	
		1.45		SM	Arena Limosa, alto contenido de finos, con una consistencia muy compacta.	24.40	0.4039	0.2224	1.82	No Licuable	0.3338	0.2224	1.50	No Licuable	0.4740	0.2224	2.13	No Licuable	
		NF=2.00		2.45	SC	Arena Arcillosa, bajo contenido de finos, con una consistencia muy compacta.	24.24	0.3997	0.2445	1.64	No Licuable	0.3303	0.2445	1.35	No Licuable	0.4691	0.2445	1.92	No Licuable
		2.45			SC	Arena Arcillosa, bajo contenido de finos, con una consistencia muy compacta.	25.53	0.4359	0.2800	1.56	No Licuable	0.3602	0.2800	1.29	Licuable	0.5116	0.4197	1.22	Licuable
		3.45			SC	Arena Arcillosa, bajo contenido de finos, con una consistencia dura.	39.92	-	0.3027	-	No Licuable	-	0.3027	-	No Licuable	-	0.3027	-	No Licuable
		4.45		SC	Arena Arcillosa, bajo contenido de finos, con una consistencia dura.	84.53	-	0.3176	-	No Licuable	-	0.3176	-	No Licuable	-	0.3176	-	No Licuable	
6.00																			

Descripción: No se pudo continuar a la profundidad de 5.45 metros (Supero los 50 golpes a la hinca de 12" a 18", según norma se detiene el ensayo). Se produce rechazo por lo tanto se concluyó y tomo la decisión de dar por finalizado el ensayo ya que el estrato se considera de consistencia dura.

Fuente: Propio

Tabla 84

Resumen de los resultados Método Semi Empírico SEED e IDRISS, para una magnitud sísmica Mw=7.0 (SPT 07)

Resultados obtenidos del analisis del Potencial de Licuefaccion de suelos en el Distrito de Santa Rosa para SPT #07																		
Metodo Basado en el Numero de Golpes del Ensayo SPT (Metodo Semi Empirico SEED e IDRISS)																		
Ubicación	Magnitud	Prof.	Estrato	SUCS	Descripcion	Resultados												
						2003)					Factor Correccion MSF de Seed e Idriss (1982)				Factor Correccion MSF de Ambraseys (1988)			
						(N1) _{60cs}	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion
ubicada entre la Av. Mariscal Castilla (AV principal que une Pimentel y Santa Rosa) y la Ca. Natividad V. a unos 300 m del Terminal Ecophinsa	Mw=7.0	0.60		SP-SM	Limo arenoso de alto contenido de finos, con una consistencia muy blanda	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		1.00		SM	Arena Limosa , alto contenido de finos, con una consistencia muy compacta.	24.40	0.3338	0.2535	1.32	No Licuable	0.3029	0.2535	1.20	Licuable	0.3646	0.2535	1.44	No Licuable
		1.45		SC	Arena Arcillosa, bajo contenido de finos, con una consistencia muy compacta.	24.24	0.3303	0.2787	1.19	Licuable	0.3608	0.2787	1.29	Licuable	0.3608	0.2787	1.29	Licuable
		2.45		SC	Arena Arcillosa, bajo contenido de finos, con una consistencia muy compacta.	25.53	0.3602	0.3192	1.13	Licuable	0.3269	0.3192	1.02	Licuable	0.3935	0.3192	1.23	Licuable
		3.45		SC	Arena Arcillosa, bajo contenido de finos, con una consistencia dura.	39.92	-	0.3450	-	No Licuable	-	0.3450	-	No Licuable	-	0.3450	-	No Licuable
		4.45		SC	Arena Arcillosa, bajo contenido de finos, con una consistencia dura.	84.53	-	0.3620	-	No Licuable	-	0.3620	-	No Licuable	-	0.3620	-	No Licuable
		6.00		SC	Arena Arcillosa, bajo contenido de finos, con una consistencia dura.													

Descripción: No se pudo continuar a la profundidad de 5.45 metros (Supero los 50 golpes a la hincas de 12" a 18", según norma se detiene el ensayo). Se produce rechazo por lo tanto se concluyó y tomo la decisión de dar por finalizado el ensayo ya que el estrato se considera de consistencia dura.

Fuente: Propio

Tabla 85

Resumen de los resultados Método Semi Empírico SEED e IDRISS, para una magnitud sísmica Mw=7.5 (SPT 07)

Resultados obtenidos del analisis del Potencial de Licuefaccion de suelos en el Distrito de Santa Rosa para SPT #07																		
Metodo Basado en el Numero de Golpes del Ensayo SPT (Metodo Semi Empirico SEED e IDRISS)																		
Ubicación	Magnitud				Descripcion	Resultados												
		Prof.	Estrato	SUCS		2003)					Factor Correccion MSF de Seed e Idriss (1982)				Factor Correccion MSF de Ambraseys (1988)			
						(N ₁) _{60cs}	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion
ubicada entre la Av. Mariscal Castilla (AV principal que une Pimentel y Santa Rosa) y la Ca. Natividad V. a unos 300 m del Terminal Ecophinsa	Mw=7.5	0.60		SP-SM	Limo arenoso de alto contenido de finos, con una consistencia muy blanda	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		1.00		SM	Arena Limosa, alto contenido de finos, con una consistencia muy compacta.	24.40	0.2805	0.2892	0.97	Licuable	0.2805	0.2892	0.97	Licuable	0.2805	0.2892	0.97	Licuable
		1.45																
		NF=2.00		SC	Arena Arcillosa, bajo contenido de finos, con una consistencia muy compacta.	24.24	0.2776	0.3179	0.87	Licuable	0.2776	0.3179	0.87	Licuable	0.2776	0.2708	1.03	Licuable
		2.45		SC	Arena Arcillosa, bajo contenido de finos, con una consistencia muy compacta.	25.53	0.3027	0.3641	0.83	Licuable	0.3027	0.3641	0.83	Licuable	0.3027	0.3641	0.83	Licuable
		3.45																
4.45		SC	Arena Arcillosa, bajo contenido de finos, con una consistencia dura.	39.92	-	0.3936	-	No Licuable	-	0.3936	-	No Licuable	-	0.3936	-	No Licuable		
6.00		SC	Arena Arcillosa, bajo contenido de finos, con una consistencia dura.	84.53	-	0.4130	-	No Licuable	-	0.4130	-	No Licuable	-	0.4130	-	No Licuable		

Descripción: No se pudo continuar a la profundidad de 5.45 metros (Supero los 50 golpes a la hinca de 12" a 18", según norma se detiene el ensayo). Se produce rechazo por lo tanto se concluyó y tomo la decisión de dar por finalizado el ensayo ya que el estrato se considera de consistencia dura.

Fuente: Propio

Tabla 86

Resumen de los resultados Método Semi Empírico SEED e IDRISS, para una magnitud sísmica Mw=8.0 (SPT 07)

Resultados obtenidos del analisis del Potencial de Licuefaccion de suelos en el Distrito de Santa Rosa para SPT #07																		
Metodo Basado en el Numero de Golpes del Ensayo SPT (Metodo Semi Empirico SEED e IDRISS)																		
Ubicación	Magnitud	Prof.	Estrato	SUCS	Descripcion	Resultados												
						2003)					Factor Correccion MSF de Seed e Idriss (1982)				Factor Correccion MSF de Ambraseys (1988)			
						(N ₁) _{60cs}	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion
ubicada entre la Av. Mariscal Castilla (AV principal que une Pimentel y Santa Rosa) y la Ca. Natividad V. a unos 300 m del Terminal Ecophinsa	Mw=8.0	0.60		SP-SM	Limo arenoso de alto contenido de finos, con una consistencia muy blanda	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		1.00		SM	Arena Limosa, alto contenido de finos, con una consistencia muy compacta.	24.40	0.2356	0.3303	0.71	Licuable	0.2637	0.3303	0.80	Licuable	0.1879	0.3303	0.57	Licuable
		1.45																
		NF=2.00		SC	Arena Arcillosa, bajo contenido de finos, con una consistencia muy compacta.	24.24	0.2332	0.3630	0.64	Licuable	0.2609	0.3630	0.72	Licuable	0.1860	0.3630	0.51	Licuable
		2.45																
		3.45		SC	Arena Arcillosa, bajo contenido de finos, con una consistencia muy compacta.	25.53	0.2543	0.4158	0.61	Licuable	0.2845	0.4158	0.68	Licuable	0.2028	0.4158	0.49	Licuable
		4.45		SC	Arena Arcillosa, bajo contenido de finos, con una consistencia dura.	39.92	-	0.4495	-	No Licuable	-	0.4495	-	No Licuable	-	0.4495	-	No Licuable
6.00		SC	Arena Arcillosa, bajo contenido de finos, con una consistencia dura.	84.53	-	0.4717	-	No Licuable	-	0.4717	-	No Licuable	-	0.4717	-	No Licuable		

Descripción: No se pudo continuar a la profundidad de 5.45 metros (Supero los 50 golpes a la hincas de 12" a 18", según norma se detiene el ensayo). Se produce rechazo por lo tanto se concluyó y tomo la decisión de dar por finalizado el ensayo ya que el estrato se considera de consistencia dura.

Fuente: Propio

Tabla 87

Resumen de los resultados Método Semi Empírico SEED e IDRISS, para una magnitud sísmica Mw=8.5 (SPT 07)

Resultados obtenidos del analisis del Potencial de Licuefaccion de suelos en el Distrito de Santa Rosa para SPT #07																		
Metodo Basado en el Numero de Golpes del Ensayo SPT (Metodo Semi Empirico SEED e IDRISS)																		
Ubicación	Magnitud	Prof.	Estrato	SUCS	Descripcion	Resultados												
						2003)					Factor Correccion MSF de Seed e Idriss (1982)				Factor Correccion MSF de Ambraseys (1988)			
						(N ₁) _{60cs}	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion
ubicada entre la Av. Mariscal Castilla (AV principal que une Pimentel y Santa Rosa) y la Ca. Natividad V. a unos 300 m del Terminal Ecophinsa	Mw=8.5	0.60		SP-SM	Limo arenoso de alto contenido de finos, con una consistencia muy blanda	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		1.00		SM	Arena Limosa , alto contenido de finos, con una consistencia muy compacta.	24.40	0.2048	0.3776	0.54	Licuable	0.2496	0.3776	0.66	Licuable	0.1234	0.3776	0.33	Licuable
		1.45																
		NF=2.00		SC	Arena Arcillosa, bajo contenido de finos, con una consistencia muy compacta.	24.24	0.2026	0.4150	0.49	Licuable	0.2470	0.4150	0.60	Licuable	0.1221	0.4150	0.29	Licuable
		2.45																
		3.45		SC	Arena Arcillosa, bajo contenido de finos, con una consistencia muy compacta.	25.53	0.2210	0.4754	0.46	Licuable	0.2694	0.4754	0.57	Licuable	0.1332	0.4754	0.28	Licuable
		4.45		SC	Arena Arcillosa, bajo contenido de finos, con una consistencia dura.	39.92	-	0.5139	-	No Licuable	-	0.5139	-	No Licuable	-	0.5139	-	No Licuable
6.00		SC	Arena Arcillosa, bajo contenido de finos, con una consistencia dura.	84.53	-	0.5392	-	No Licuable	-	0.5392	-	No Licuable	-	0.5392	-	No Licuable		

Descripción: No se pudo continuar a la profundidad de 5.45 metros (Supero los 50 golpes a la hinca de 12" a 18", según norma se detiene el ensayo). Se produce rechazo por lo tanto se concluyó y tomo la decisión de dar por finalizado el ensayo ya que el estrato se considera de consistencia dura.

Fuente: Propio

SPT 08:

Se procedió con el cálculo del potencial de licuefacción para el sondaje SPT-8, Entre las calles Mercedes Gordillo y Rivera del Mar a unos 50 m del CEPAR, Centro de Procesamiento de pescado seco salado

Se procedió con la aplicación de la metodología del método simplificado de Seed Idriss para las diferentes magnitudes establecida en el presente estudio.

Se analizaron los diferentes estratos encontrados en la aplicación del ensayo de Penetración Standar (SPT), que se detallaran a continuación:

Estrato 01:

De 0.60 m – 1.00 m de profundidad, es una arena pobremente graduada con arcilla, con una humedad natural de 37.45 %, con una plasticidad de 10.75% y el material pasante la malla #200 es de 11.20%, su clasificación SUCS es SP - SC.

Estrato 02:

De 1.00 m – 2.00 m de profundidad, es una arena arcillosa, con una humedad natural de 39.69 %, con una plasticidad 23.38% y el material pasante la malla #200 es de 36.90%, su clasificación SUCS es SC.

Estrato 03:

De 2.00 m – 2.45 m de profundidad, es una arena arcillosa, con una humedad natural de 18.85 %, con una plasticidad de 18.66% y el material pasante la malla #200 es de 13.10%, su clasificación SUCS es SC.

Estrato 04:

De 2.45 m – 3.00 m de profundidad, es una arena arcillosa, con una humedad natural de 23.10 %, con una plasticidad de 7.31% y el material pasante la malla #200 es de 15.50 %, su clasificación SUCS es SC.

Estrato 05:

De 3.00 m – 4.00 m de profundidad, es una arcilla arenosa de baja plasticidad, con una humedad natural de 23.40 %, con una plasticidad de 18.58% y el material pasante la malla #200 es de 51.49%, su clasificación SUCS es CL.

Los resultados se presentan con más detalle en la tabla 46

Tabla 88

Resumen de resultados de los ensayos de Granulometría y límites de Atterberg realizados (SPT 08).

 UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN FACULTA DE INGENIERIA, ARQUITECTURA Y URBANISMO LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES													
Tesis:		POTENCIAL DE LICUEFACCION EN EL DISTRITO DE SANTA ROSA											
Tesistas:		BENITES ALARCON LUIS MANUEL											
		VILCHEZ PEREZ JUAN JOEL ANTONY											
Ubicación:		DISTRITO DE SANTA ROSA - PROVINCIA DE CHICLAYO -DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE											
Perforación:		SPT-8				Norte : 618851				Cota : 6.15 m.s.n.m			
Nivel freático :		0.60				Este: 9240008							
REGISTRO DE EXCAVACIÓN SPT- 8													
Profundidad	Muestra	N.F	Espesor	Clasificación SUCS	Clasificación ASSTHO	Ensayos							
						w (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	M.F	c.u	c.c	% pasa malla 200
0.2													
0.4			S/M	S/M	S/M	S/M	S/M	S/M	S/M	S/M	S/M	S/M	S/M
0.6		N.F 0.60 m											
0.8			0.60 m - 1.00 m	SP-SC	A-2-6 (0)	37.45	28.38	17.63	10.75	1.93	3.9	0.6	11.2
1													
1.2													
1.4			1.00 m - 2.00 m	SC	A-6 (3)	39.69	36.65	13.27	23.38	0.91	0.32	0.19	36.9
1.6													
1.8													
2													
2.2			2.00 m - 2.45 m	SC	A-2-6 (0)	18.85	29.34	10.68	18.66	2.61	5.76	0.26	13.1
2.4													
2.6													
2.8			2.45 m - 3.00 m	SC	A-2-4 (0)	23.1	25.88	18.57	7.31	2.1	1.53	0.33	15.50
3													
3.2													
3.4			3.00 m - 4.00 m	CL	A-6 (6)	23.4	35.58	17.00	18.58	0.94	0.21	0.62	51.49
3.6													
3.8													
4													

Descripción: Cuadro de registro de excavación según la profundidad y característica de cada estrato.

Fuente: Propio

Aplicación de la metodología del método simplificado de Seed Idriss para evaluar la licuefacción mediante los resultados de los ensayos obtenidos en el LEM -USS.

Tabla 89

Resumen de los resultados Método Semi Empírico SEED e IDRISS, para una magnitud sísmica Mw=5.5 (SPT #08)

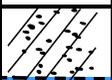
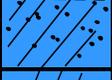
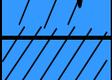
Resultados obtenidos del analisis del Potencial de Licuefaccion de suelos en el Distrito de Santa Rosa para SPT #08																		
Metodo Basado en el Numero de Golpes del Ensayo SPT (Metodo Semi Empirico SEED e IDRISS)																		
Ubicación	Magnitud				Descripcion	Resultados												
		Prof.	Estrato	SUCS		Factor Correccion MSF de NCEER (Seed R. B. et al) (1997 ; 2003)					Factor Correccion MSF de Seed e Idriss (1982)			Factor Correccion MSF de Ambraseys (1988)				
						(N ₁) _{60cs}	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion
Ubicada entre la Av. Calle 28 de junio los Pinos Manzana "B". A espaldas del tanque elevado de agua Potable del Distrito	Mw=5.5	0.50		SP-SC	Arena pobremente graduada con arcilla de bajo contenido de finos, con una consistencia muy blanda	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
		1.00		SC	Arena Arcillosa, alto contenido de finos, con una consistencia compacta.	18.77	0.4434	0.2414	1.84	No Licuable	0.2869	0.2414	1.19	Licuable	0.5738	0.2414	2.38	No Licuable
		1.45		SC	Arena Arcillosa, bajo contenido de finos, con una consistencia muy compacta.	25.73	0.6786	0.2734	2.48	No Licuable	0.4391	0.2734	1.61	No Licuable	0.8782	0.2734	3.21	No Licuable
		2.45		CL	Arcilla Arenosa de baja plasticidad, con un alto contenido de finos, con una consistencia dura.	109.58	-	0.2888	-	No Licuable	-	0.2888	-	No Licuable	-	0.2888	-	No Licuable
		3.45		CL	Arcilla Arenosa de baja plasticidad, con un alto contenido de finos, con una consistencia dura.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		4.00		CL	Arcilla Arenosa de baja plasticidad, con un alto contenido de finos, con una consistencia dura.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		

Observacion: No se pudo continuar a la profundidad de 3.45 metros (Supero los 50 golpes a la hinc de 12" a 18", según norma se detiene el ensayo, solo ingresando 3")/Rechazo, por lo tanto se concluyo y tomo la decisión de dar por finalizado al ensayo ya que el estrato se considera de consistencia dura .

Fuente: Propio

Tabla 90

Resumen de los resultados Método Semi Empírico SEED e IDRISS, para una magnitud sísmica Mw=6.0 (SPT 08)

Resultados obtenidos del analisis del Potencial de Licuefaccion de suelos en el Distrito de Santa Rosa para SPT #08																		
Metodo Basado en el Numero de Golpes del Ensayo SPT (Metodo Semi Empirico SEED e IDRISS)																		
Ubicación	Magnitud	Prof.	Estrato	SUCS	Descripcion	Resultados												
						Factor Correccion MSF de NCEER (Seed R. B. et al) (1997 ; 2003)					Factor Correccion MSF de Seed e Idriss (1982)				Factor Correccion MSF de Ambraseys (1988)			
						(N ₁) _{60cs}	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion
Ubicada entre la Av. Calle 28 de Junio los Pinos Manzana "B". A espaldas del tanque elevado de agua Potable del Distrito	Mw=6.0	0.50		SP-SC	Arena pobremente graduada con arcilla de bajo contenido de finos, con una consistencia muy blanda	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
		1.00				-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
		1.45		SC	Arena Arcillosa, alto contenido de finos, con una consistencia compacta.	18.77	0.3551	0.2748	1.29	Licuable	0.2648	0.2748	0.96	Licuable	0.4414	0.2748	1.61	No Licuable
		2.45		SC	Arena Arcillosa, bajo contenido de finos, con una consistencia muy compacta.	25.73	0.5435	0.3112	1.75	No Licuable	0.4053	0.3112	1.30	No Licuable	0.6755	0.3112	2.17	No Licuable
		3.45		CL	Arcilla Arenosa de baja plasticidad, con un alto contenido de finos, con una consistencia dura.	109.58	-	0.3287	-	No Licuable	-	0.3287	-	No Licuable	-	0.3287	-	No Licuable
		4.00				-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Observacion: No se pudo continuar a la profundidad de 3.45 metros (Supero los 50 golpes a la hinca de 12" a 18", según norma se detiene el ensayo, solo ingresando 3")/Rechazo, por lo tanto se concluyo y tomo la decisión de dar por finalizado al ensayo ya que el estrato se considera de consistencia dura .

Fuente: Propio

Tabla 91

Resumen de los resultados Método Semi Empírico SEED e IDRISS, para una magnitud sísmica Mw=6.5 (SPT 08)

Resultados obtenidos del analisis del Potencial de Licuefaccion de suelos en el Distrito de Santa Rosa para SPT #08																		
Metodo Basado en el Numero de Golpes del Ensayo SPT (Metodo Semi Empirico SEED e IDRISS)																		
Ubicación	Magnitud	Prof.	Estrato	SUCS	Descripcion	Resultados												
						2003)					Factor Correccion MSF de Seed e Idriss (1982)				Factor Correccion MSF de Ambraseys (1988)			
						(N ₁) _{60cs}	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion
Ubicada entre la Av. Calle 28 de Junio los Pinos Manzana "B". A espaldas del tanque elevado de agua Potable del Distrito	Mw=6.5	0.50		SP-SC	Arena pobremente graduada con arcilla de bajo contenido de finos, con una consistencia muy blanda	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		N.F=0.60																
		1.00		SC	Arena Arcillosa, alto contenido de finos, con una consistencia compacta.	18.77	0.2889	0.3130	0.92	Licuable	0.2387	0.3130	0.76	Licuable	0.3390	0.3130	1.08	Licuable
		1.45																
		2.45		SC	Arena Arcillosa, bajo contenido de finos, con una consistencia muy compacta.	25.73	0.4422	0.3545	1.25	Licuable	0.3654	0.3545	1.03	Licuable	0.5189	0.3545	1.46	No Licuable
		3.45		CL	Arcilla Arenosa de baja plasticidad, con un alto contenido de finos, con una consistencia dura.	109.58	-	0.3745	-	No Licuable	-	0.3745	-	No Licuable	-	-	-	-
4.00																		

Observacion: No se pudo continuar a la profundidad de 3.45 metros (Supero los 50 golpes a la hinca de 12" a 18", según norma se detiene el ensayo, solo ingresando 3")/Rechazo, por lo tanto se concluyo y tomo la decisión de dar por finalizado al ensayo ya que el estrato se considera de consistencia dura .

Fuente: Propio

Tabla 92

Resumen de los resultados Método Semi Empírico SEED e IDRISS, para una magnitud sísmica Mw=7.0 (SPT 08)

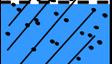
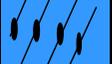
Resultados obtenidos del analisis del Potencial de Licuefaccion de suelos en el Distrito de Santa Rosa para SPT #08																		
Metodo Basado en el Numero de Golpes del Ensayo SPT (Metodo Semi Empirico SEED e IDRISS)																		
Ubicación	Magnitud	Prof.	Estrato	SUCS	Descripcion	Resultados												
						2003)				Factor Correccion MSF de Seed e Idriss (1982)				Factor Correccion MSF de Ambraseys (1988)				
						(N ₁) _{60cs}	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion
Ubicada entre la Av. Calle 28 de Junio los Pinos Manzana "B". A espaldas del tanque elevado de agua Potable del Distrito	Mw=7.0	0.50		SP-SC	Arena pobremente graduada con arcilla de bajo contenido de finos, con una consistencia muy blanda	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
		1.00		SC	Arena Arcillosa, alto contenido de finos, con una consistencia compacta.	18.77	0.2387	0.3568	0.67	Licuable	0.2167	0.3568	0.61	Licuable	0.2608	0.3568	0.73	Licuable
		1.45		SC	Arena Arcillosa, bajo contenido de finos, con una consistencia muy compacta.	25.73	0.3654	0.4041	0.90	Licuable	0.3992	0.4041	0.99	Licuable	0.3992	0.4041	0.99	Licuable
		2.45		CL	Arcilla Arenosa de baja plasticidad, con un alto contenido de finos, con una consistencia dura.	109.58	-	0.4269	-	No Licuable	-	0.4269	-	No Licuable	-	0.4269	-	No Licuable
		3.45		CL	Arcilla Arenosa de baja plasticidad, con un alto contenido de finos, con una consistencia dura.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		4.00		CL	Arcilla Arenosa de baja plasticidad, con un alto contenido de finos, con una consistencia dura.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Observacion: No se pudo continuar a la profundidad de 3.45 metros (Supero los 50 golpes a la hinca de 12" a 18", según norma se detiene el ensayo, solo ingresando 3")/Rechazo, por lo tanto se concluyo y tomo la decisión de dar por finalizado al ensayo ya que el estrato se considera de consistencia dura .

Fuente: Propio

Tabla 93

Resumen de los resultados Método Semi Empírico SEED e IDRISS, para una magnitud sísmica Mw=7.5 (SPT 08)

Resultados obtenidos del analisis del Potencial de Licuefaccion de suelos en el Distrito de Santa Rosa para SPT #08																		
Metodo Basado en el Numero de Golpes del Ensayo SPT (Metodo Semi Empirico SEED e IDRISS)																		
Ubicación	Magnitud	Prof.	Estrato	SUCS	Descripcion	Resultados												
						2003)					Factor Correccion MSF de Seed e Idriss (1982)				Factor Correccion MSF de Ambraseys (1988)			
						(N ₁) _{60cs}	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion
Ubicada entre la Av. Calle 28 de Junio los Pinos Manzana "B". A espaldas del tanque elevado de agua Potable del Distrito	Mw=7.5	0.50		SP-SC	Arena pobremente graduada con arcilla de bajo contenido de finos, con una consistencia muy blanda	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
		1.00				-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
		1.45		SC	Arena Arcillosa, alto contenido de finos, con una consistencia compacta.	18.77	0.2006	0.4070	0.49	Licuable	0.2006	0.4070	0.49	Licuable	0.2006	0.4070	0.49	Licuable
		2.45		SC	Arena Arcillosa, bajo contenido de finos, con una consistencia muy compacta.	25.73	0.3071	0.4611	0.67	Licuable	0.3071	0.4611	0.67	Licuable	0.3071	0.2950	1.04	Licuable
		3.45		CL	Arcilla Arenosa de baja plasticidad, con un alto contenido de finos, con una consistencia dura.	109.58	-	0.4870	-	No Licuable	-	0.4870	-	No Licuable	-	0.4870	-	No Licuable
		4.00				-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

Observacion: No se pudo continuar a la profundidad de 3.45 metros (Supero los 50 golpes a la hinca de 12" a 18", según norma se detiene el ensayo, solo ingresando 3")/Rechazo, por lo tanto se concluyo y tomo la decisión de dar por finalizado al ensayo ya que el estrato se considera de consistencia dura .

Fuente: Propio

Tabla 94

Resumen de los resultados Método Semi Empírico SEED e IDRISS, para una magnitud sísmica Mw=8.0 (SPT 08)

Resultados obtenidos del analisis del Potencial de Licuefaccion de suelos en el Distrito de Santa Rosa para SPT #08																		
Metodo Basado en el Numero de Golpes del Ensayo SPT (Metodo Semi Empirico SEED e IDRISS)																		
Ubicación	Magnitud	Prof.	Estrato	SUCS	Descripcion	Resultados												
						2003)					Factor Correccion MSF de Seed e Idriss (1982)				Factor Correccion MSF de Ambraseys (1988)			
						(N ₁) _{60cs}	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion
Ubicada entre la Av. Calle 28 de Junio los Pinos Manzana "B". A espaldas del tanque elevado de agua Potable del Distrito	Mw=8.0	0.50		SP-SC	Arena pobremente graduada con arcilla de bajo contenido de finos, con una consistencia muy blanda	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		1.00		SP-SC	Arena pobremente graduada con arcilla de bajo contenido de finos, con una consistencia muy blanda	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		1.45		SC	Arena Arcillosa, alto contenido de finos, con una consistencia compacta.	18.77	0.1685	0.4648	0.36	Licuable	0.1886	0.4648	0.41	Licuable	0.1344	0.4648	0.29	Licuable
		2.45		SC	Arena Arcillosa, bajo contenido de finos, con una consistencia muy compacta.	25.73	0.2579	0.5265	0.49	Licuable	0.2886	0.5265	0.55	Licuable	0.2057	0.5265	0.39	Licuable
		3.45		CL	Arcilla Arenosa de baja plasticidad, con un alto contenido de finos, con una consistencia dura.	109.58	-	0.5561	-	No Licuable	-	0.5561	-	No Licuable	-	0.5561	-	No Licuable
		4.00		CL	Arcilla Arenosa de baja plasticidad, con un alto contenido de finos, con una consistencia dura.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Observacion: No se pudo continuar a la profundidad de 3.45 metros (Supero los 50 golpes a la hinca de 12" a 18", según norma se detiene el ensayo, solo ingresando 3")/Rechazo, por lo tanto se concluyo y tomo la decisión de dar por finalizado al ensayo ya que el estrato se considera de consistencia dura .

Fuente: Propio

Tabla 95

Resumen de los resultados Método Semi Empírico SEED e IDRISS, para una magnitud sísmica Mw=8.5 (SPT 08)

Resultados obtenidos del analisis del Potencial de Licuefaccion de suelos en el Distrito de Santa Rosa para SPT #08																		
Metodo Basado en el Numero de Golpes del Ensayo SPT (Metodo Semi Empirico SEED e IDRISS)																		
Ubicación	Magnitud	Prof.	Estrato	SUCS	Descripcion	Resultados												
						2003)					Factor Correccion MSF de Seed e Idriss (1982)				Factor Correccion MSF de Ambraseys (1988)			
						(N _i) _{60cs}	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion
Ubicada entre la Av. Calle 28 de Junio los Pinos Manzana "B". A espaldas del tanque elevado de agua Potable del Distrito	Mw=8.5	0.50		SP-SC	Arena pobremente graduada con arcilla de bajo contenido de finos, con una consistencia muy blanda	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		1.00		SP-SC	Arena pobremente graduada con arcilla de bajo contenido de finos, con una consistencia muy blanda	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		1.45		SC	Arena Arcillosa, alto contenido de finos, con una consistencia compacta.	18.77	0.1465	0.5314	0.28	Licuable	0.1786	0.5314	0.34	Licuable	0.0883	0.5314	0.17	Licuable
		2.45		SC	Arena Arcillosa, bajo contenido de finos, con una consistencia muy compacta.	25.73	0.2241	0.6019	0.37	Licuable	0.2733	0.6019	0.45	Licuable	0.1351	0.6019	0.22	Licuable
		3.45		CL	Arcilla Arenosa de baja plasticidad, con un alto contenido de finos, con una consistencia dura.	109.58	-	0.6358	-	No Licuable	-	0.6358	-	No Licuable	-	0.6358	-	No Licuable
		4.00		CL	Arcilla Arenosa de baja plasticidad, con un alto contenido de finos, con una consistencia dura.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Observacion: No se pudo continuar a la profundidad de 3.45 metros (Supero los 50 golpes a la hinca de 12" a 18", según norma se detiene el ensayo, solo ingresando 3")/Rechazo, por lo tanto se concluyo y tomo la decisión de dar por finalizado al ensayo ya que el estrato se considera de consistencia dura .

Fuente: Propio

SPT 09:

Se procedió con el cálculo del potencial de licuefacción para el sondaje SPT-9, Entre las calles Mercedes Gordillo y Rivera del Mar a unos 50 m del CEPAR, Centro de Procesamiento de pescado seco salado

Se procedió con la aplicación de la metodología del método simplificado de Seed Idriss para las diferentes magnitudes establecida en el presente estudio.

Se analizaron los diferentes estratos encontrados en la aplicación del ensayo de Penetración Standar (SPT), que se detallaran a continuación:

Estrato 01:

De 0.50 m – 1.00 m de profundidad, es un arena arcillosa, con una humedad natural de 37.45%, con una plasticidad de 37.99% y el material pasante la malla #200 es de 18.70%, su clasificación SUCS es SC.

Estrato 02:

De 1.00 m – 1.80 de profundidad, es una arena arcillosa, con una humedad natural de 39.69 %, con una plasticidad de 28.82% y el material pasante la malla #200 es de 49.00%, su clasificación SUCS es SC.

Estrato 03:

De 1.80 m – 2.60 m de profundidad, es una arena arcillosa, con una humedad natural de 32.25 %, con una plasticidad de 15.10% y el material pasante la malla #200 es de 32.25%, su clasificación SUCS es SC.

Estrato 04:

De 2.60 m – 3.00 m de profundidad, es una arcilla arenosa de baja plasticidad, con una humedad natural de 35.01 %, con una plasticidad de 13.07% y el material pasante la malla #200 es de 52.50 %, su clasificación SUCS es CL.

Estrato 05:

De 3.00 m – 4.00 m de profundidad, es una arcilla arenosa de baja plasticidad, con una humedad natural de 30.77 %, con una plasticidad de 22.82% y el material pasante la malla #200 es de 63.80%, su clasificación SUCS es CL.

Los resultados se presentan con más detalle en la tabla 46

Tabla 96

Resumen de resultados de los ensayos de Granulometría y límites de Atterberg realizados (SPT 09).

 UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN FACULTA DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES														
Tesis:		POTENCIAL DE LICUEFACCIÓN EN EL DISTRITO DE SANTA ROSA												
Tesistas:		BENITES ALARCON LUIS MANUEL VILCHEZ PEREZ JUAN JOEL ANTONY												
Ubicación:		DISTRITO DE SANTA ROSA - PROVINCIA DE CHICLAYO - DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE												
Perforación:		SPT-9			Norte : 619466			Cota : 6.20 m.s.n.m						
Nivel freático :		0.50			Este: 9239332									
REGISTRO DE EXCAVACIÓN SPT- 9														
Profundidad	Muestra	N.F	Espesor	Clasificación SUCS	Clasificación ASSTHO	Ensayos								
						w (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	M.F	c.u	c.c	% pasa malla 200	
0.2				S/M	S/M	S/M	S/M	S/M	S/M	S/M	S/M	S/M	S/M	S/M
0.4		N.F. 0.50 m												
0.6														
0.8			0.50m- 1.00 m	SC	A-2-7 (1)	37.45	49.14	11.14	37.99	1.76	1.37	0.18	18.7	
1														
1.2														
1.4			1.00 m - 1.80 m	SC	A-6 (8)	39.69	39.96	14.14	25.82	0.73	0.21	0.59	49.00	
1.6														
1.8														
2														
2.2			1.80 m - 2.60 m	SC	A-2-6 (0)	32.25	37.99	22.89	15.10	2.64	6.74	0.3	32.25	
2.4														
2.6														
2.8			2.60 m - 3.00 m	CL	A-6 (5)	35.01	33.89	20.82	13.07	1.26	0.21	0.67	52.50	
3														
3.2														
3.4														
3.6			3.00 m - 4.00	CL	A-7-6 (12)	30.77	45.71	22.89	22.82	0.70	0.13	1.50	63.80	
3.8														
4														

Descripción: Cuadro de registro de excavación según la profundidad y característica de cada estrato.

Fuente: Propio

Aplicación de la metodología del método simplificado de Seed Idriss para evaluar la licuefacción mediante los resultados de los ensayos obtenidos en el LEM -USS.

Tabla 97

Resumen de los resultados Método Semi Empírico SEED e IDRISS, para una magnitud sísmica Mw=5.5 (SPT 09).

Resultados obtenidos del analisis del Potencial de Licuefaccion de suelos en el Distrito de Santa Rosa para SPT #09																		
Metodo Basado en el Numero de Golpes del Ensayo SPT (Metodo Semi Empirico SEED e IDRISS)																		
Ubicación	Magnitud				Descripcion	Resultados												
		Prof.	Estrato	SUCS		Factor Correccion MSF de NCEER (Seed R. B. et al) (1997 ; 2003)					Factor Correccion MSF de Seed e Idriss (1982)				Factor Correccion MSF de Ambraseys (1988)			
						(N1) _{60cs}	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion
Entre las calles Hugo Pecse y 7 de junio a unos 300 m del tanque elevado	Mw=5.5	0.00		SC	Arena arcillosa de bajo contenido de finos, con una consistencia muy blanda	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		NF=0.50				1.00	29.10	0.9171	0.2491	3.68	No Licuable	0.5934	0.2491	2.38	No Licuable	1.1868	0.2491	4.76
		1.45		SC	Arena arcillosa de alto contenido de finos, con una consistencia muy compacta	61.92	-	0.2831	-	No Licuable	-	0.2831	-	No Licuable	-	0.2831	-	No Licuable
		2.45		CL	Arcilla Arenosa de baja plasticidad, con un alto contenido de finos, con una consistencia muy compacta.	104.33	-	0.2725	-	No Licuable	-	0.2725	-	No Licuable	-	0.2725	-	No Licuable
		3.45		CL	Arcilla Arenosa de baja plasticidad, con un alto contenido de finos, con una consistencia dura.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		4.00																

Observacion: No se pudo continuar a la profundidad de 3.45 metros (Supero los 50 golpes a la hincas de 6" a 12", según norma se detiene el ensayo, solo ingresando 3"/Rechazo, por lo tanto se concluyó y tomo la decisión de dar por finalizado al ensayo ya que el estrato se considera de consistencia dura. Fuente: Propio

Tabla 98

Resumen de los resultados Método Semi Empírico SEED e IDRISS, para una magnitud sísmica Mw=6.0 (SPT 09).

Resultados obtenidos del analisis del Potencial de Licuefaccion de suelos en el Distrito de Santa Rosa para SPT #09																					
Metodo Basado en el Numero de Golpes del Ensayo SPT (Metodo Semi Empirico SEED e IDRISS)																					
Ubicación	Magnitud				Descripcion	Resultados															
		Prof.	Estrato	SUCS		Factor Correccion MSF de NCEER (Seed R. B. et al) (1997 ; 2003)					Factor Correccion MSF de Seed e Idriss (1982)				Factor Correccion MSF de Ambraseys (1988)						
						(N ₁) _{60cs}	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion			
Entre las calles Hugo Pecse y 7 de Junio a unos 300 m del tanque elevado	Mw=6.0	0.00	[Blue shaded]	SC	Arena arcillosa de bajo contenido de finos, con una consistencia muy blanda	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
		Nf=0.50																			
		1.00																			
		1.45					SC	Arena arcillosa de alto contenido de finos, con una consistencia muy compacta	29.10	0.7345	0.2836	2.59	No Licuable	0.5477	0.2836	1.93	No Licuable	0.9129	0.2836	3.22	No Licuable
		2.45					CL	Arcilla Arenosa de baja plasticidad, con un alto contenido de finos, con una consistencia muy compacta.	61.92	-	0.3223	-	No Licuable	-	0.3223	-	No Licuable	-	0.3223	-	No Licuable
		3.45					CL	Arcilla Arenosa de baja plasticidad, con un alto contenido de finos, con una consistencia dura.	104.33	-	0.3102	-	No Licuable	-	0.3102	-	No Licuable	-	0.3102	-	No Licuable
4.00		-	-	-	-	-			-	-	-	-	-								

Observacion: No se pudo continuar a la profundidad de 3.45 metros (Supero los 50 golpes a la hinca de 6" a 12", según norma se detiene el ensayo, solo ingresando 3"/Rechazo, por lo tanto, se concluyó y tomo la decisión de dar por finalizado al ensayo ya que el estrato se considera de consistencia dura.

Fuente: Propio

Tabla 99

Resumen de los resultados Método Semi Empírico SEED e IDRISS, para una magnitud sísmica Mw=6.5 (SPT 09).

Resultados obtenidos del analisis del Potencial de Licuefaccion de suelos en el Distrito de Santa Rosa para SPT #09																								
Metodo Basado en el Numero de Golpes del Ensayo SPT (Metodo Semi Empirico SEED e IDRISS)																								
Ubicación	Magnitud				Descripcion	Resultados																		
		Prof.	Estrato	SUCS		2003)					Factor Correccion MSF de Seed e Idriss (1982)				Factor Correccion MSF de Ambraseys (1988)									
						(N ₁) _{60cs}	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion						
Entre las calles Hugo Pece y 7 de Junio a unos 300 m del tanque elevado	Mw=6.5	0.00	-	SC	Arena arcillosa de bajo contenido de finos, con una consistencia muy blanda	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-							
		Nf=0.50				-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-								
		1.00	-	SC	Arena arcillosa de alto contenido de finos, con una consistencia muy compacta	29.10	0.5975	0.3231	1.85	No Licuable	0.4938	0.3231	1.53	No Licuable	0.7013	0.3231	2.17	No Licuable						
		1.45				-	CL	Arcilla Arenosa de baja plasticidad, con un alto contenido de finos, con una consistencia muy compacta.	61.92	-	0.3672	-	No Licuable	-	0.3672	-	No Licuable	-	0.3672	-	No Licuable			
		2.45							-	CL	Arcilla Arenosa de baja plasticidad, con un alto contenido de finos, con una consistencia dura.	104.33	-	0.3533	-	No Licuable	-	0.3533	-	No Licuable	-	-	-	No Licuable
		3.45										-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
4.00	-	-																					-	-

Observacion: No se pudo continuar a la profundidad de 3.45 metros (Supero los 50 golpes a la hinca de 6" a 12", según norma se detiene el ensayo, solo ingresando 3"/Rechazo, por lo tanto se concluyó y tomo la decisión de dar por finalizado al ensayo ya que el estrato se considera de consistencia dura. Fuente: Propio

Tabla 100

Resumen de los resultados Método Semi Empírico SEED e IDRISS, para una magnitud sísmica Mw=7.0 (SPT 09).

Resultados obtenidos del analisis del Potencial de Licuefaccion de suelos en el Distrito de Santa Rosa para SPT #09																								
Metodo Basado en el Numero de Golpes del Ensayo SPT (Metodo Semi Empirico SEED e IDRISS)																								
Ubicación	Magnitud	Prof.	Estrato	SUCS	Descripcion	Resultados																		
						2003)					Factor Correccion MSF de Seed e Idriss (1982)				Factor Correccion MSF de Ambraseys (1988)									
						(N ₁) _{60cs}	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion						
Entre las calles Hugo Pecse y 7 de Junio a unos 300 m del tanque elevado	Mw=7.0	0.00	-	SC	Arena arcillosa de bajo contenido de finos, con una consistencia muy blanda	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-							
		NF=0.50				-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-								
		1.00	-	SC	Arena arcillosa de alto contenido de finos, con una consistencia muy compacta	29.10	0.4938	0.3683	1.34	No Licuable	0.4482	0.3683	1.22	Licuable	0.5394	0.3683	1.46	No Licuable						
		1.45				-	CL	Arcilla Arenosa de baja plasticidad, con un alto contenido de finos, con una consistencia muy compacta.	61.92	-	0.4185	-	No Licuable	-	0.4185	-	No Licuable	-	0.4185	-	No Licuable			
		2.45							-	CL	Arcilla Arenosa de baja plasticidad, con un alto contenido de finos, con una consistencia dura.	104.33	-	0.4028	-	No Licuable	-	0.4028	-	No Licuable	-	0.4028	-	No Licuable
		3.45										-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
4.00	-	-																					-	-

Observacion: No se pudo continuar a la profundidad de 3.45 metros (Supero los 50 golpes a la hincada de 6" a 12", según norma se detiene el ensayo, solo ingresando 3"/Rechazo, por lo tanto se concluyó y tomo la decisión de dar por finalizado al ensayo ya que el estrato se considera de consistencia dura. Fuente: Propio

Tabla 101

Resumen de los resultados Método Semi Empírico SEED e IDRISS, para una magnitud sísmica $M_w=7.5$ (SPT 09).

Resultados obtenidos del analisis del Potencial de Licuefaccion de suelos en el Distrito de Santa Rosa para SPT #09

Metodo Basado en el Numero de Golpes del Ensayo SPT (Metodo Semi Empirico SEED e IDRIS)

Ubicación	Magnitud				Descripcion	Resultados														
		Prof.	Estrato	SUCS		2003)					Factor Correccion MSF de Seed e Idriss (1982)				Factor Correccion MSF de Ambraseys (1988)					
						(N ₁) _{60cs}	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion		
Entre las calles Hugo Pecse y 7 de junio a unos 300 m del tanque elevado	MW=7.5	0.00		SC	Arena arcillosa de bajo contenido de finos, con una consistencia muy blanda	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
		NF=0.50				-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
		1.00		SC	Arena arcillosa de alto contenido de finos, con una consistencia muy compacta	29.10	0.4150	0.4201	0.99	Licuable	0.4150	0.4201	0.99	Licuable	0.4150	0.4201	0.99	Licuable		
		1.45				CL	Arcilla Arenosa de baja plasticidad, con un alto contenido de finos, con una consistencia muy compacta.	61.92	-	0.4775	-	No Licuable	-	0.4775	-	No Licuable	-	-	-	No Licuable
		2.45						104.33	-	0.4595	-	No Licuable	-	0.4595	-	No Licuable	-	0.4595	-	No Licuable
		3.45						-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.00																				

Observación: No se pudo continuar a la profundidad de 3.45 metros (Supero los 50 golpes a la hinca de 6" a 12", según norma se detiene el ensayo, solo ingresando 3"/Rechazo, por lo tanto se concluyó y tomo la decisión de dar por finalizado al ensayo ya que el estrato se considera de consistencia dura. Fuente: Propio

Tabla 102

Resumen de los resultados Método Semi Empírico SEED e IDRISS, para una magnitud sísmica Mw=8.0 (SPT 09).

Resultados obtenidos del analisis del Potencial de Licuefaccion de suelos en el Distrito de Santa Rosa para SPT #09																								
Metodo Basado en el Numero de Golpes del Ensayo SPT (Metodo Semi Empirico SEED e IDRISS)																								
Ubicación	Magnitud				Descripcion	Resultados																		
		Prof.	Estrato	SUCS		2003)					Factor Correccion MSF de Seed e Idriss (1982)				Factor Correccion MSF de Ambraseys (1988)									
						(N ₁) _{60cs}	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion						
Entre las calles Hugo Pecse y 7 de Junio a unos 300 m del tanque elevado	Mw=8.0	0.00	-	SC	Arena arcillosa de bajo contenido de finos, con una consistencia muy blanda	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
		Nf=0.50				-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-							
		1.00	-	SC	Arena arcillosa de alto contenido de finos, con una consistencia muy compacta	29.10	0.3486	0.4798	0.73	Licuable	0.3901	0.4798	0.81	Licuable	0.2780	0.4798	0.58	Licuable						
		1.45				-	CL	Arcilla Arenosa de baja plasticidad, con un alto contenido de finos, con una consistencia muy compacta.	61.92	-	0.5453	-	No Licuable	-	0.5453	-	No Licuable	-	0.5453	-	No Licuable			
		2.45							-	CL	Arcilla Arenosa de baja plasticidad, con un alto contenido de finos, con una consistencia dura.	104.33	-	0.5248	-	No Licuable	-	0.5248	-	No Licuable	-	0.5248	-	No Licuable
		3.45										-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
4.00																								

Observación: No se pudo continuar a la profundidad de 3.45 metros (Supero los 50 golpes a la hincas de 6" a 12", según norma se detiene el ensayo, solo ingresando 3"/Rechazo, por lo tanto, se concluyó y tomo la decisión de dar por finalizado al ensayo ya que el estrato se considera de consistencia dura. Fuente: Propio

Tabla 103

Resumen de los resultados Método Semi Empírico SEED e IDRISS, para una magnitud sísmica Mw=8.5 (SPT 09).

Resultados obtenidos del analisis del Potencial de Licuefaccion de suelos en el Distrito de Santa Rosa para SPT #09																		
Metodo Basado en el Numero de Golpes del Ensayo SPT (Metodo Semi Empirico SEED e IDRISS)																		
Ubicación	Magnitud				Descripcion	Resultados												
		Prof.	Estrato	SUCS		2003)					Factor Correccion MSF de Seed e Idriss (1982)				Factor Correccion MSF de Ambraseys (1988)			
						(N ₁) _{60cs}	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion
Entre las calles Hugo Pecse y 7 de Junio a unos 300 m del tanque elevado	Mw=8.5	0.00		SC	Arena arcillosa de bajo contenido de finos, con una consistencia muy blanda	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		NF=0.50			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
		1.00		SC	Arena arcillosa de alto contenido de finos, con una consistencia muy compacta	29.10	0.3029	0.5485	0.55	Licuable	0.3693	0.5485	0.67	Licuable	0.1826	0.5485	0.33	Licuable
		1.45			CL	Arcilla Arenosa de baja plasticidad, con un alto contenido de finos, con una consistencia muy compacta.	61.92	-	0.6234	-	No Licuable	-	0.6234	-	No Licuable	-	0.6234	-
		2.45		CL		Arcilla Arenosa de baja plasticidad, con un alto contenido de finos, con una consistencia dura.	104.33	-	0.5999	-	No Licuable	-	0.5999	-	No Licuable	-	0.5999	-
		3.45			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			

Observación: No se pudo continuar a la profundidad de 3.45 metros (Supero los 50 golpes a la hincas de 6" a 12", según norma se detiene el ensayo, solo ingresando 3"/Rechazo, por lo tanto, se concluyó y tomo la decisión de dar por finalizado al ensayo ya que el estrato se considera de consistencia dura. Fuente: Propio

SPT 10:

Se procedió con el cálculo del potencial de licuefacción para el sondaje SPT-10, Entre las calles Mercedes Gordillo y Rivera del Mar a unos 50 m del CEPAR, Centro de Procesamiento de pescado seco salado

Se procedió con la aplicación de la metodología del método simplificado de Seed Idriss para las diferentes magnitudes establecida en el presente estudio.

Se analizaron los diferentes estratos encontrados en la aplicación del ensayo de Penetración Standar (SPT), que se detallaran a continuación:

Estrato 01:

De 0.60 m – 1.00 m de profundidad, es un arena pobremente graduada con limo, con una humedad natural de 17.53 %, no presenta plasticidad y el material pasante la malla #200 es de 11.10%, su clasificación SUCS es SP - SM.

Estrato 02:

De 1.00 m – 1.90 de profundidad, es un arena limo arcillosa, con una humedad natural de 18.01 %, con una plasticidad 6.04% y el material pasante la malla #200 es de 48.50%, su clasificación SUCS es SC - SM.

Estrato 03:

De 1.90 m – 2.60 m de profundidad, es un arena pobremente graduada con limo, con una humedad natural de 18.53 %, no presenta plasticidad y el material pasante la malla #200 es de 8.50%, su clasificación SUCS es SP - SM.

Estrato 04:

De 2.60 m – 3.70 m de profundidad, es un arena pobremente graduada con limo, con una humedad natural de 19.30 %, no presenta plasticidad y el material pasante la malla #200 es de 5.30 %, su clasificación SUCS es SP - SM.

Estrato 05:

De 3.70 m – 4.50 m de profundidad, es una arena pobremente graduada con limo, con una humedad natural de 20.15 %, no presenta plasticidad y el material pasante la malla #200 es de 6.40%, su clasificación SUCS es SP – SM.

Estrato 05:

De 4.50 m – 5.70 m de profundidad, es una arena pobremente graduada con limo, con una humedad natural de 20.72 %, no presenta plasticidad y el material pasante la malla #200 es de 11.10%, su clasificación SUCS es SP – SM.

Los resultados se presentan con más detalle en la tabla 46

Tabla 104

Resumen de resultados de los ensayos de Granulometría y límites de Atterberg realizados (SPT 10).

 UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN FACULTA DE INGENIERIA, ARQUITECTURA Y URBANISMO LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES													
Tesis:		POTENCIAL DE LICUEFACCION EN EL DISTRITO DE SANTA ROSA											
Tesistas:		BENITES ALARCON LUIS MANUEL VILCHEZ PEREZ JUAN JOEL ANTONY											
Ubicación:		DISTRITO DE SANTA ROSA - PROVINCIA DE CHICLAYO - DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE											
Perforacion:		SPT-10		Norte :		619304		Cota :		m.s.n.m			
Nivel freático :		2.00		Este:		9238908							
REGISTRO DE EXCAVACIÓN SPT- 10													
Profundidad	Muestra	N.F	Espesor	Clasificación	Clasificación	Ensayos							
				SUCS	ASSTHO	w (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	M.F	c.u	c.c	% pasa malla 200
0.2			0.00- 0.50	S/M	S/M	S/M	S/M	S/M	S/M	S/M	S/M	S/M	S/M
0.4													
0.6													
0.8			0.60m- 1.00m	SP-SM	A-2-4 (0)	17.53	N.P.	N.P.	N.P	1.48	2.39	0.81	11.1
1													
1.2			1.00 m- 1.90m	SC-SM	A-4 (3)	18.01	24.61	18.57	6.04	0.56	0.21	0.5562	48.5
1.4													
1.6													
1.8													
2		N.F 2.00 m	1.90m- 2.60m	SP-SM	A-3 (0)	18.53	N.P.	N.P.	N.P	0.87	2.05	1.12	8.5
2.2													
2.4			2.60m- 3.70m	SP-SM	A-3 (0)	19.30	N.P.	N.P.	N.P	1.03	1.72	0.9	5.3
2.6													
2.8													
3													
3.2			3.70 m- 4.50m	SP-SM	A-3 (0)	20.15	N.P.	N.P.	N.P	1.88	3.33	0.91	6.4
3.4													
3.6													
3.8													
4			4.50 m- 5.70 m	SP-SM	A-2-4 (0)	20.72	N.P.	N.P.	N.P	1.25	1.98	0.88	11.1
4.2													
4.4													
4.6													
4.8													
5													
5.2													
5.4													
5.6													
5.8													
6													

Descripción: Cuadro de registro de excavación según la profundidad y característica de cada estrato.

Fuente: Propio

Tabla 105

Resumen de los resultados Método Semi Empírico SEED e IDRISS, para una magnitud sísmica Mw=5.5 (SPT 10)

Resultados obtenidos del analisis del Potencial de Licuefaccion de suelos en el Distrito de Santa Rosa para SPT #10																				
Metodo Basado en el Numero de Golpes del Ensayo SPT (Metodo Semi Empirico SEED e IDRISS)																				
Ubicación	Magnitud	Perforacion				Descripcion	Resultados													
		Nro	Prof.	Estrato	SUCS		Factor Correccion MSF de NCEER (Seed R. B. et al) (1997 ; 2003)					Factor Correccion MSF de Seed e Idriss (1982)				Factor Correccion MSF de Ambraseys (1988)				
							(N ₁) _{60cs}	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	
En las intersecciones de la AV. Mariscal Castilla y la Av. Venezuela, tramo que une Santa Rosa - Monsefu	Mw=5.5	SPT #10	0.60			SP-SM	Limo arenoso de alto contenido de finos, con una consistencia muy blanda	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
			1.00			SC-SM	Arena Limo arcillosa, alto contenido de finos, con una consistencia compacta.	15.33	0.3610	0.1715	2.11	No Licuable	0.2336	0.1715	1.36	No Licuable	0.4672	0.1715	2.72	No Licuable
			1.45			SP-SM	Arena limosa, bajo contenido de finos, con una consistencia compacta.	15.02	0.3541	0.1875	1.89	No Licuable	0.2291	0.1875	1.22	Licuable	0.4582	0.1875	2.44	No Licuable
			2.45			SP-SM	Arena limosa, bajo contenido de finos, con una consistencia muy compacta.	22.68	0.5571	0.2133	2.61	No Licuable	0.3605	0.2133	1.69	No Licuable	0.7210	0.2133	3.38	No Licuable
			3.45			SP-SM	Arena limosa, alto contenido de finos, con una consistencia dura.	36.91	-	0.2315	-	No Licuable	-	-	-	No Licuable	-	0.2315	-	No Licuable
			4.45			SP-SM	Arena limosa, bajo contenido de finos, con una consistencia dura.	70.80	-	0.2427	-	No Licuable	-	0.2427	-	No Licuable	-	0.2427	-	No Licuable
			5.45																	

Descripción: No se pudo continuar a la profundidad de 5.45 metros (Supero los 50 golpes a la hincas de 12" a 18", según norma se detiene el ensayo). Se produce rechazo por lo tanto se concluyó y tomo la decisión de dar por finalizado el ensayo.

Fuente: Propio

Tabla 106

Resumen de los resultados Método Semi Empírico SEED e IDRISS, para una magnitud sísmica Mw=6.0 (SPT 10).

Resultados obtenidos del analisis del Potencial de Licuefaccion de suelos en el Distrito de Santa Rosa para SPT #10																				
Metodo Basado en el Numero de Golpes del Ensayo SPT (Metodo Semi Empirico SEED e IDRISS)																				
Ubicación	Magnitud	Perforacion				Descripcion	Resultados													
		Nro	Prof.	Estrato	SUCS		Factor Correccion MSF de NCEER (Seed R. B. et al) (1997 ; 2003)					Factor Correccion MSF de Seed e Idriss (1982)				Factor Correccion MSF de Ambraseys (1988)				
							(N1) _{60cs}	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	
En las intersecciones de la AV. Mariscal Castilla y la Av. Venezuela, tramo que une Santa Rosa - Monsefu	Mw=6.0	SPT #10	0.60			SP-SM	Limo arenoso de alto contenido de finos, con una consistencia muy blanda	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
			1.00			SC-SM	Arena Limo arcillosa , alto contenido de finos, con una consistencia compacta.	15.33	0.2892	0.1952	1.48	No Licuable	0.2156	0.1952	1.10	Licuable	0.3594	0.1952	1.84	No Licuable
			1.45	NF=2.00		SP-SM	Arena limosa, bajo contenido de finos, con una consistencia compacta.	15.02	0.2836	0.2134	1.33	No Licuable	0.2115	0.2134	0.99	Licuable	0.3525	0.2134	1.65	No Licuable
			2.45			SP-SM	Arena limosa, bajo contenido de finos, con una consistencia muy compacta.	22.68	0.4462	0.2428	1.84	No Licuable	0.3328	0.2428	1.37	No Licuable	0.5546	0.2428	2.28	No Licuable
			3.45			SP-SM	Arena limosa, alto contenido de finos, con una consistencia dura.	36.91	-	0.2636	-	No Licuable	-	0.2636	-	No Licuable	-	0.2636	-	No Licuable
			4.45			SP-SM	Arena limosa,bajo contenido de finos, con una consistencia dura.	70.80	-	0.2762	-	No Licuable	-	0.2762	-	No Licuable	-	0.2762	-	No Licuable
			5.45																	

Descripción: No se pudo continuar a la profundidad de 5.45 metros (Supero los 50 golpes a la hinca de 12” a 18”, según norma se detiene el ensayo). Se produce rechazo por lo tanto se concluyó y tomo la decisión de dar por finalizado el ensayo.

Fuente: Propio

Tabla 107

Resumen de los resultados Método Semi Empírico SEED e IDRISS, para una magnitud sísmica Mw=6.5 (SPT 10).

Resultados obtenidos del analisis del Potencial de Licuefaccion de suelos en el Distrito de Santa Rosa para SPT #10																				
Metodo Basado en el Numero de Golpes del Ensayo SPT (Metodo Semi Empirico SEED e IDRISS)																				
Ubicación	Magnitud	Perforacion				Descripcion	Resultados													
		Nro	Prof.	Estrato	SUCS		2003)					Factor Correccion MSF de Seed e Idriss (1982)				Factor Correccion MSF de Ambraseys (1988)				
							(N ₁) _{60cs}	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	
En las intersecciones de la AV. Mariscal Castilla y la Av. Venezuela, tramo que une Santa Rosa - Monsefu	Mw=6.5	SPT #10	0.60			SP-SM	Limo arenoso de alto contenido de finos, con una consistencia muy blanda	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
			1.00			SC-SM	Arena Limo arcillosa , alto contenido de finos, con una consistencia compacta.	15.33	0.2352	0.2224	1.06	Licuable	0.1944	0.2224	0.87	Licuable	0.2761	0.2224	1.24	Licuable
			1.45			SP-SM	Arena limosa, bajo contenido de finos, con una consistencia compacta.	15.02	0.2307	0.2431	0.95	Licuable	0.1907	0.2431	0.78	Licuable	0.2708	0.2431	1.11	Licuable
			2.45			SP-SM	Arena limosa, bajo contenido de finos, con una consistencia muy compacta.	22.68	0.3630	0.2765	1.31	No Licuable	0.3000	0.2765	1.08	Licuable	0.4260	0.2765	1.54	No Licuable
			3.45			SP-SM	Arena limosa, alto contenido de finos, con una consistencia dura.	36.91	-	0.3002	-	No Licuable	-	0.3002	-	No Licuable	-	0.3002	-	No Licuable
			4.45			SP-SM	Arena limosa,bajo contenido de finos, con una consistencia dura.	70.80	-	0.3147	-	No Licuable	-	0.3147	-	No Licuable	-	0.3147	-	No Licuable
			5.45																	

Descripción: No se pudo continuar a la profundidad de 5.45 metros (Supero los 50 golpes a la hincas de 12” a 18”, según norma se detiene el ensayo). Se produce rechazo por lo tanto se concluyó y tomo la decisión de dar por finalizado el ensayo.

Fuente: Propio

Tabla 108

Resumen de los resultados Método Semi Empírico SEED e IDRISS, para una magnitud sísmica Mw=7.0 (SPT 10).

Resultados obtenidos del analisis del Potencial de Licuefaccion de suelos en el Distrito de Santa Rosa para SPT #10																				
Metodo Basado en el Numero de Golpes del Ensayo SPT (Metodo Semi Empirico SEED e IDRISS)																				
Ubicación	Magnitud	Perforacion				Descripcion	Resultados													
		Nro	Prof.	Estrato	SUCS		2003)					Factor Correccion MSF de Seed e Idriiss (1982)				Factor Correccion MSF de Ambraseys (1988)				
							(N ₁) _{60cs}	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	
En las intersecciones de la AV. Mariscal Castilla y la Av. Venezuela, tramo que une Santa Rosa - Monsefu	Mw=7.0	SPT #10	0.60			SP-SM	Limo arenoso de alto contenido de finos, con una consistencia muy blanda	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
			1.00			SC-SM	Arena Limo arcillosa, alto contenido de finos, con una consistencia compacta.	15.33	0.1944	0.2535	0.77	Licuable	0.1764	0.2535	0.70	Licuable	0.2124	0.2535	0.84	Licuable
			1.45			SP-SM	Arena limosa, bajo contenido de finos, con una consistencia compacta.	15.02	0.1907	0.2772	0.69	Licuable	0.2083	0.2772	0.75	Licuable	0.2083	0.2772	0.75	Licuable
			2.45			SP-SM	Arena limosa, bajo contenido de finos, con una consistencia muy compacta.	22.68	0.3000	0.3152	0.95	Licuable	0.2723	0.3152	0.86	Licuable	0.3277	0.3152	1.04	Licuable
			4.45			SP-SM	Arena limosa, alto contenido de finos, con una consistencia dura.	36.91	-	0.3422	-	No Licuable	-	0.3422	-	No Licuable	-	0.3422	-	No Licuable
			5.45			SP-SM	Arena limosa, bajo contenido de finos, con una consistencia dura.	70.80	-	0.3587	-	No Licuable	-	0.3587	-	No Licuable	-	0.3587	-	No Licuable

Descripción: No se pudo continuar a la profundidad de 5.45 metros (Supero los 50 golpes a la hinca de 12" a 18", según norma se detiene el ensayo). Se produce rechazo por lo tanto se concluyó y tomo la decisión de dar por finalizado el ensayo.

Fuente: Propio

Tabla 109

Resumen de los resultados Método Semi Empírico SEED e IDRISS, para una magnitud sísmica Mw=7.5 (SPT 10).

Resultados obtenidos del analisis del Potencial de Licuefaccion de suelos en el Distrito de Santa Rosa para SPT #10																				
Metodo Basado en el Numero de Golpes del Ensayo SPT (Metodo Semi Empirico SEED e IDRISS)																				
Ubicación	Magnitud	Perforacion				Descripcion	Resultados													
		Nro	Prof.	Estrato	SUCS		2003)					Factor Correccion MSF de Seed e Idriss (1982)				Factor Correccion MSF de Ambraseys (1988)				
							(N ₁) _{60cs}	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	
En las intersecciones de la AV. Mariscal Castilla y la Av. Venezuela, tramo que une Santa Rosa - Monsefu	Mw=7.5	SPT #10	0.60			SP-SM	Limo arenoso de alto contenido de finos, con una consistencia muy blanda	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
			1.00			SC-SM	Arena Limo arcillosa, alto contenido de finos, con una consistencia compacta.	15.33	0.1634	0.2892	0.56	Licuable	0.1634	0.2892	0.56	Licuable	0.1634	0.2892	0.56	Licuable
			1.45			SP-SM	Arena limosa, bajo contenido de finos, con una consistencia compacta.	15.02	0.1602	0.3162	0.51	Licuable	0.1602	0.3162	0.51	Licuable	0.1602	0.3162	0.51	Licuable
			2.45			SP-SM	Arena limosa, bajo contenido de finos, con una consistencia muy compacta.	22.68	0.2521	0.3596	0.70	Licuable	0.2521	0.3596	0.70	Licuable	0.2521	0.3596	0.70	Licuable
			4.45			SP-SM	Arena limosa, alto contenido de finos, con una consistencia dura.	36.91	-	0.3905	-	No Licuable	-	0.3905	-	No Licuable	-	0.3905	-	No Licuable
			5.45			SP-SM	Arena limosa, bajo contenido de finos, con una consistencia dura.	70.80	-	0.4092	-	No Licuable	-	0.4092	-	No Licuable	-	0.4092	-	No Licuable

Descripción: No se pudo continuar a la profundidad de 5.45 metros (Supero los 50 golpes a la hinca de 12" a 18", según norma se detiene el ensayo). Se produce rechazo por lo tanto se concluyó y tomo la decisión de dar por finalizado el ensayo.

Fuente: Propio

Tabla 110

Resumen de los resultados Método Semi Empírico SEED e IDRISS, para una magnitud sísmica Mw=8.0 (SPT 10).

Resultados obtenidos del analisis del Potencial de Licuefaccion de suelos en el Distrito de Santa Rosa para SPT #10																				
Metodo Basado en el Numero de Golpes del Ensayo SPT (Metodo Semi Empirico SEED e IDRISS)																				
Ubicación	Magnitud	Perforacion				Descripcion	Resultados													
		Nro	Prof.	Estrato	SUCS		2003)					Factor Correccion MSF de Seed e Idriss (1982)				Factor Correccion MSF de Ambraseys (1988)				
							(N _i) _{60cs}	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	
En las intersecciones de la AV. Mariscal Castilla y la Av. Venezuela, tramo que une Santa Rosa - Monsefu	Mw=8.0	SPT #10	0.60			SP-SM	Limo arenoso de alto contenido de finos, con una consistencia muy blanda	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
			1.00			SC-SM	Arena Limo arcillosa , alto contenido de finos, con una consistencia compacta.	15.33	0.1372	0.3303	0.42	Licuable	0.1536	0.3303	0.46	Licuable	0.1095	0.3303	0.33	Licuable
			1.45			SP-SM	Arena limosa, bajo contenido de finos, con una consistencia compacta.	15.02	0.1346	0.3611	0.37	Licuable	0.1506	0.3611	0.42	Licuable	0.1073	0.3611	0.30	Licuable
			2.45			SP-SM	Arena limosa, bajo contenido de finos, con una consistencia muy compacta.	22.68	0.2118	0.4107	0.52	Licuable	0.2370	0.4107	0.58	Licuable	0.1689	0.4107	0.41	Licuable
			4.45			SP-SM	Arena limosa, alto contenido de finos, con una consistencia dura.	36.91	-	0.4459	-	No Licuable	-	0.4459	-	No Licuable	-	0.4459	-	No Licuable
			5.45			SP-SM	Arena limosa,bajo contenido de finos, con una consistencia dura.	70.80	-	0.4673	-	No Licuable	-	0.4673	-	No Licuable	-	0.4673	-	No Licuable

Descripción: No se pudo continuar a la profundidad de 5.45 metros (Supero los 50 golpes a la hinca de 12" a 18", según norma se detiene el ensayo). Se produce rechazo por lo tanto se concluyó y tomo la decisión de dar por finalizado el ensayo.

Fuente: Propio

Tabla 111

Resumen de los resultados Método Semi Empírico SEED e IDRISS, para una magnitud sísmica Mw=8.5 (SPT 10).

Resultados obtenidos del analisis del Potencial de Licuefaccion de suelos en el Distrito de Santa Rosa para SPT #10																					
Metodo Basado en el Numero de Golpes del Ensayo SPT (Metodo Semi Empirico SEED e IDRISS)																					
Ubicacion	Magnitud	Perforacion				Descripcion	Resultados														
		Nro	Prof.	Estrato	SUCS		2003					Factor Correccion MSF de Seed e Idriss (1982)				Factor Correccion MSF de Ambraseys (1988)					
							(N ₁) _{60cs}	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion	CRR corr.	CSR corr.	FS	Evaluacion		
En las intersecciones de la AV. Mariscal Castilla y la Av. Venezuela, tramo que une Santa Rosa - Monsefu	Mw=8.5	SPT #10	0.60			SP-SM	Limo arenoso de alto contenido de finos, con una consistencia muy blanda	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
			1.00			SC-SM	Arena Limo arcillosa , alto contenido de finos, con una consistencia compacta.	15.33	0.1193	0.3776	0.32	Licuable	0.1454	0.3776	0.39	Licuable	0.0719	0.3776	0.19	Licuable	
			1.45			SP-SM	Arena limosa, bajo contenido de finos, con una consistencia compacta.	15.02	0.1170	0.4128	0.28	Licuable	0.1426	0.4128	0.35	Licuable	0.0705	0.4128	0.17	Licuable	
			2.45			SP-SM	Arena limosa, bajo contenido de finos, con una consistencia muy compacta.	22.68	0.1840	0.4695	0.39	Licuable	0.2244	0.4695	0.48	Licuable	0.1109	0.4695	0.24	Licuable	
			3.45			SP-SM	Arena limosa, alto contenido de finos, con una consistencia dura.	36.91	-	0.5097	-	No Licuable	-	0.5097	-	No Licuable	-	0.5097	-	No Licuable	
			4.45			SP-SM	Arena limosa,bajo contenido de finos, con una consistencia dura.	70.80	-	0.5342	-	No Licuable	-	0.5342	-	No Licuable	-	0.5342	-	No Licuable	
			5.45																		

Descripción: No se pudo continuar a la profundidad de 5.45 metros (Supero los 50 golpes a la hinca de 12" a 18", según norma se detiene el ensayo). Se produce rechazo por lo tanto se concluyó y tomo la decisión de dar por finalizado el ensayo.

Fuente: Propio

4.3. Contratación de la hipótesis

- A) Mediante el ensayo de penetración estándar (SPT), análisis granulométrico, límites de consistencia y Gravedad Específica se determinó el potencial de licuefacción del suelo en el distrito de Santa Rosa.
- B) El método utilizado para calcular el potencial de licuefacción del área en estudio fue el método simplificado de SEED e IDRISS, por ser el más estudiado y aplicado con el ensayo de penetración estándar (SPT), confiable y el más utilizado a lo largo de la historia, los ensayos complementarios para obtención de los parámetros (valores numéricos) utilizados en el método fueron: ensayo SPT (Ensayo de Penetración Estándar) se obtuvo el número de golpes, muestras para realizar en Análisis Granulométrico, se obtuvo clasificación SUCS, contenido de finos, ensayos de Límites de Atterberg, ensayo de peso específico relativo de las partículas sólidas (Gs); según Plano de Peligros Geológicos (PL-03) tenemos un área de estudio con puntos de perforaciones SPT que abarcan una separación de 120 m, de 0.88 km² (100%), existe un suelo licuable hasta las profundidades de 4.45 m en un área de 0.13 km² (14.90%), existe un suelo licuable hasta las profundidades de 3.45 m en un área de 0.34 km² (38.56%), existe un suelo licuable hasta las profundidades de 2.45 m en un área de 0.29 km² (32.29%), y no existe licuefacción en un área de 0.13 km² (14.25%).
- C) Conclusión: Con el Método se ha comprobado que el potencial de licuefacción si existe en la mayor parte del área que llega a abarcar el estudio del distrito de Santa Rosa en un área total de 0.77 km² (85.75%).

4.4. Discusión de resultados

Con los resultados obtenidos después de analizar cada sondeo SPT seleccionado se puede llegar a la conclusión que la información recopilada y tomada mediante el mapa de riesgos de Santa Rosa elaborado por el índice 2003 como base para realizar la presente investigación la cual se puede diferir con los ensayos realizados y resultados obtenidos en los suelos del presente estudio, el cual se clasificó en 4 grupos o zonas,

Zona 1: Comprende en la zona central del distrito, abarca los sondeos SPT 1 y SPT7, exactamente entre la Calle José Olaya, Av. Mariscal Castilla y calle Natividad a unos 300 m del terminal pesquero ECOPHINSA, esta zona está compuesta de SC (arenas arcillosas), SP-SM (arena mal graduada con limo) y SC (arena arcillosa), esta zona es licuable hasta la profundidad de 4.45 m para el SPT – 01 y hasta 3.45 m para el SPT-07. Ver Plano (PL-03) Mapa de Zonas Vulnerables a la Licuefacción en Santa Rosa.

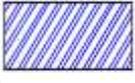
Zona 2: Comprendida en la zona oeste del distrito ,entre los Sectores I Cercado de Santa Rosa, Sector III Urbanización José Olaya y Sector V Urb. 28 de julio ,exactamente empieza desde el Centro Regional de Investigaciones Pesqueras e Instituto Nacional del Mar, así como también en las intersecciones de las calles Rivera del Mar y Mercedes Gordillo a unos 50 m del CEPAR, abarca también las intersección de las calles Rivera del Mar y Las Palmeras a unos 300 m del mercado de Santa Rosa y finalmente hasta el cercado exactamente en la intersección de la AV Mariscal Castilla y Venezuela en la parte sur del distrito está conformada por suelos de arenas mal graduadas (SP), arenas pobremente graduadas con limo (SP- SM), arenas arcillosas (SC- SM), esta zona es licuable hasta una profundidad de 3.45 m para los SPT -02 , SPT- 05 Y SPT -10 y hasta 2.45m para el SPT-04. Ver Plano (PL-03) Mapa de Zonas licuables Santa Rosa.

Zona 3: Comprendida en la parte norte del distrito exactamente desde espaldas del Terminal Pesquero Ecophinsa hasta las inmediaciones del dren 400, esta zona está conformada por Arenas arcillosas (SC), Limo arenoso de Baja plasticidad (ML), Arcillas arenosas de baja plasticidad (CH) y por Arcillas Arenosas de alta plasticidad (CL) esta zona no es licuable a ninguna profundidad. Ver Plano (PL-03) Mapa de Zonas licuables Santa Rosa.

Zona 4: Comprendida en la parte Este del distrito en la intersección de las calles 28 de julio y Pinos (Sector IV Urb. Los Cedros y Sector II Urb. 28 de octubre), así como también abarca las intersecciones de las calles Hugo Pesce Y 7Junio (Sector IV Urb, Los comuneros y Sector VII Urb. Señor Nazareno), está conformada por Arenas arcillosas (SC), Arcillas arenosas de alta plasticidad (CL), esta zona es licuable hasta una profundidad de 2.45 m para el SPT- 08 y hasta 1.45 m para el SPT -09. Ver Plano (PL-03) Mapa de Zonas licuables Santa Rosa.

Tabla 112

Resumen de los resultados de los sondeos SPT según profundidad de licuación.

SPT	Simbolo	Clasificacion SUCS	Potencial de Licuefaccion	Profundidad de Licuefaccion (m)	Area Comrendida de Estudio (Km2)	Perimetro (Km)	Area Comrendida de Estudio (m2)	Perimetro (m)	Area Comrendida de Estudio (%)
SPT - 01		SM, SP-SM, SC	Suelo Licuable	4.45	0.13	1.73	132382.29	1732.20	14.90%
SPT - 07				3.45					
SPT - 10		SP-SM, SM, SP, SC-SM	Suelo Licuable	3.45	0.34	3.57	342538.95	3565.31	38.56%
SPT - 02				3.45					
SPT - 04				2.45					
SPT - 05				3.45					
SPT - 03		ML, SC, CH, CL	Suelo No Licuable	-	0.13	1.57	126624.21	1569.58	14.25%
SPT - 06									
SPT - 08		SC, CL	Suelo Licuable	2.45	0.29	2.75	286813.96	2750.50	32.29%
SPT - 09				1.45					

Fuente: Elaboración propia

Resumen de resultados para la zona I

Tabla 113

Resumen de los resultados de los sondeos para la Zona I (SPT 01 y SPT 07) para Mw= 5.5

Resumen Resultados del analisis de Potencial de Licuefaccion de Suelos en el Distrito de Santa Rosa para una Magnitud Sismica Mw=5.5 en la escala de Richter.						
SPT-01(ZONA 1)						
Perforacion		Profundidad evaluada y perforada				
		1.45 m	2.45 m	3.45 m	4.45 m	5.45 m
SPT - 01	SUCS	SM	SM	SM	SM	SM
	(N1)60cs	11.89	16.46	22.58	29.69	66.29
	FS	1.68	2.07	2.6	4.31	-
	EVALUACION	NO LICUABLE	NO LICUABLE	NO LICUABLE	NO LICUABLE	NO LICUABLE
	RANGO O NIVEL DE LICUACION	NO EXISTE SUCEPTIBILIDAD ALA LICUACION				
Perforacion		Profundidad evaluada y perforada				
		1.45 m	2.45 m	3.45 m	4.45 m	5.45 m
SPT - 07	SUCS	SM	SC	SM	SM	SM
	(N1)60cs	24.4	24.24	25.23	39.92	84.53
	FS	3.61	3.25	3.1	-	-
	EVALUACION	NO LICUABLE	NO LICUABLE	NO LICUABLE	NO LICUABLE	NO LICUABLE
	RANGO O NIVEL DE LICUACION	NO EXISTE SUCEPTIBILIDAD ALA LICUACION				

Tabla 114

Resumen de los resultados de los sondeos para la Zona I (SPT 01 y SPT 07) para Mw= 6.0

Resumen Resultados del analisis de Potencial de Licuefaccion de Suelos en el Distrito de Santa Rosa para una Magnitud Sismica Mw=6.0 en la escala de Richter.						
SPT-01(ZONA 1)						
Perforacion		Profundidad evaluada y perforada				
		1.45 m	2.45 m	3.45 m	4.45 m	5.45 m
SPT - 01	SUCS	SM	SM	SM	SM	SM
	(N1)60cs	11.89	16.46	22.58	29.69	66.29
	FS	1.18	1.46	1.83	3.04	-
	EVALUACION	LICUABLE	NO LICUABLE	NO LICUABLE	NO LICUABLE	NO LICUABLE
	RANGO O NIVEL DE LICUACION	RANGO DE SUCEPTIBILIDAD ALA LICUACION: BAJO 1 ESTRATOS (1.45) LICUABLES				
Perforacion		Profundidad evaluada y perforada				
		1.45 m	2.45 m	3.45 m	4.45 m	5.45 m
SPT - 07	SUCS	SM	SC	SM	SM	SM
	(N1)60cs	24.4	24.24	25.23	39.92	84.53
	FS	2.54	2.29	2.18	-	-
	EVALUACION	NO LICUABLE	NO LICUABLE	NO LICUABLE	NO LICUABLE	NO LICUABLE
	RANGO O NIVEL DE LICUACION	NO EXISTE SUCEPTIBILIDAD ALA LICUACION				

Tabla 5

Resumen de los resultados de los sondeos para la Zona I (SPT 01 y SPT 07) para Mw= 6.5

Resumen Resultados del analisis de Potencial de Licuefaccion de Suelos en el Distrito de Santa Rosa para una Magnitud Sismica Mw=6.5 en la escala de Richter.						
SPT-01(ZONA 1)						
Perforacion		Profundidad evaluada y perforada				
		1.45 m	2.45 m	3.45 m	4.45 m	5.45 m
SPT - 01	SUCS	SM	SM	SM	SM	SM
	(N1)60cs	11.89	16.46	22.58	29.69	66.29
	FS	0.84	1.04	1.31	2.17	-
	EVALUACION	LICUABLE	LICUABLE	NO LICUABLE	NO LICUABLE	NO LICUABLE
	RANGO O NIVEL DE LICUACION	RANGO DE SUCEPTIBILIDAD ALA LICUACION: MEDIO 2 ESTRATOS (1.45 Y 2.45) LICUABLES				
Perforacion		Profundidad evaluada y perforada				
		1.45 m	2.45 m	3.45 m	4.45 m	5.45 m
SPT - 07	SUCS	SM	SC	SM	SM	SM
	(N1)60cs	24.4	24.24	25.23	39.92	84.53
	FS	1.82	1.64	1.56	-	-
	EVALUACION	NO LICUABLE	NO LICUABLE	NO LICUABLE	NO LICUABLE	NO LICUABLE
	RANGO O NIVEL DE LICUACION	NO EXISTE SUCEPTIBILIDAD ALA LICUACION				

Tabla 116

Resumen de los resultados de los sondeos para la Zona I (SPT 01 y SPT 07) para Mw= 7.0

Resumen Resultados del analisis de Potencial de Licuefaccion de Suelos en el Distrito de Santa Rosa para una Magnitud Sismica Mw=7.0 en la escala de Richter.						
SPT-01(ZONA 1)						
Perforacion		Profundidad evaluada y perforada				
		1.45 m	2.45 m	3.45 m	4.45 m	5.45 m
SPT - 01	SUCS	SM	SM	SM	SM	SM
	(N1)60cs	11.89	16.46	22.58	29.69	66.29
	FS	0.61	0.75	0.95	1.57	-
	EVALUACION	LICUABLE	LICUABLE	LICUABLE	NO LICUABLE	NO LICUABLE
	RANGO O NIVEL DE LICUACION	RANGO DE SUCEPTIBILIDAD ALA LICUACION ALTO : 3 ESTRATOS (1.45,2.45 Y 3.45) LICUABLES				
Perforacion		Profundidad evaluada y perforada				
		1.45 m	2.45 m	3.45 m	4.45 m	5.45 m
SPT - 07	SUCS	SC-SM	SP-SM	SP-SM	SP-SM	SP-SM
	(N1)60cs	15.33	15.02	22.68	36.91	70.8
	FS	1.32	1.1	1.13	-	-
	EVALUACION	NO LICUABLE	LICUABLE	LICUABLE	NO LICUABLE	NO LICUABLE
	RANGO O NIVEL DE LICUACION	RANGO DE SUCEPTIBILIDAD ALA LICUACION: MEDIO 2 ESTRATOS (1.45 Y 2.45) LICUABLES				

Tabla 117

Resumen de los resultados de los sondeos para la Zona I (SPT 01 y SPT 07) para Mw= 7.5

Resumen Resultados del analisis de Potencial de Licuefaccion de Suelos en el Distrito de Santa Rosa para una Magnitud Sismica Mw=7.5 en la escala de Richter.						
SPT-01(ZONA 1)						
Perforacion		Profundidad evaluada y perforada				
		1.45 m	2.45 m	3.45 m	4.45 m	5.45 m
SPT - 01	SUCS	SM	SM	SM	SM	SM
	(N1)60cs	11.89	16.46	22.58	29.69	66.29
	FS	0.45	0.55	0.7	1.16	-
	EVALUACION	LICUABLE	LICUABLE	LICUABLE	LICUABLE	NO LICUABLE
	RANGO O NIVEL DE LICUACION	RANGO DE SUCEPTIBILIDAD ALA LICUACION MUY ALTO : 4 ESTRATOS (1.45 ,2.45 , 3.45 y 4.45) LICUABLES				
Perforacion		Profundidad evaluada y perforada				
		1.45 m	2.45 m	3.45 m	4.45 m	5.45 m
SPT - 07	SUCS	SC-SM	SP-SM	SP-SM	SP-SM	SP-SM
	(N1)60cs	15.33	15.02	22.68	36.91	70.8
	FS	0.97	0.87	0.83	-	-
	EVALUACION	LICUABLE	LICUABLE	LICUABLE	NO LICUABLE	NO LICUABLE
	RANGO O NIVEL DE LICUACION	RANGO DE SUCEPTIBILIDAD ALA LICUACION ALTO : 3 ESTRATOS (1.45 ,2.45 Y 3.45) LICUABLES				

Tabla 118

Resumen de los resultados de los sondeos para la Zona I (SPT 01 y SPT 07) para Mw= 8.0

Resumen Resultados del analisis de Potencial de Licuefaccion de Suelos en el Distrito de Santa Rosa para una Magnitud Sismica Mw=8.0 en la escala de Richter.						
SPT-01(ZONA 1)						
Perforacion		Profundidad evaluada y perforada				
		1.45 m	2.45 m	3.45 m	4.45 m	5.45 m
SPT - 01	SUCS	SM	SM	SM	SM	SM
	(N1)60cs	11.89	16.46	22.58	29.69	66.29
	FS	0.33	0.41	0.51	0.85	-
	EVALUACION	LICUABLE	LICUABLE	LICUABLE	LICUABLE	NO LICUABLE
	RANGO O NIVEL DE LICUACION	RANGO DE SUCEPTIBILIDAD ALA LICUACION MUY ALTO : 4 ESTRATOS (1.45 ,2.45 , 3.45 y 4.45) LICUABLES				
Perforacion		Profundidad evaluada y perforada				
		1.45 m	2.45 m	3.45 m	4.45 m	5.45 m
SPT - 07	SUCS	SC-SM	SP-SM	SP-SM	SP-SM	SP-SM
	(N1)60cs	15.33	15.02	22.68	36.91	70.8
	FS	0.71	0.64	0.61	-	-
	EVALUACION	LICUABLE	LICUABLE	LICUABLE	NO LICUABLE	NO LICUABLE
	RANGO O NIVEL DE LICUACION	RANGO DE SUCEPTIBILIDAD ALA LICUACION ALTO : 3 ESTRATOS (1.45 ,2.45 Y 3.45) LICUABLES				

Tabla 119

Resumen de los resultados de los sondeos para la Zona I (SPT 01 y SPT 07) para Mw= 8.5

Resumen Resultados del analisis de Potencial de Licuefaccion de Suelos en el Distrito de Santa Rosa para una Magnitud Sismica Mw=8.5 en la escala de Richter.						
SPT-01(ZONA 1)						
Perforacion		Profundidad evaluada y perforada				
		1.45 m	2.45 m	3.45 m	4.45 m	5.45 m
SPT - 01	SUCS	SM	SM	SM	SM	SM
	(N1)60cs	11.89	16.46	22.58	29.69	66.29
	FS	0.25	0.31	0.39	0.65	-
	EVALUACION	LICUABLE	LICUABLE	LICUABLE	LICUABLE	NO LICUABLE
	RANGO O NIVEL DE LICUACION	RANGO DE SUCEPTIBILIDAD ALA LICUACION MUY ALTO : 4 ESTRATOS (1.45 ,2.45 , 3.45 y 4.45) LICUABLES				
Perforacion		Profundidad evaluada y perforada				
		1.45 m	2.45 m	3.45 m	4.45 m	5.45 m
SPT - 07	SUCS	SC-SM	SP-SM	SP-SM	SP-SM	SP-SM
	(N1)60cs	15.33	15.02	22.68	36.91	70.8
	FS	0.54	0.49	0.46	-	-
	EVALUACION	LICUABLE	LICUABLE	LICUABLE	NO LICUABLE	NO LICUABLE
	RANGO O NIVEL DE LICUACION	RANGO DE SUCEPTIBILIDAD ALA LICUACION ALTO : 3 ESTRATOS (1.45 ,2.45 Y 3.45) LICUABLES				

Con respecto a los resultados obtenidos para la zona I que abarca los sondeos de SPT 01, SPT 07, que se encuentran ubicados en la Zona 1: Comprendida en la zona central del distrito, abarca los sondeos SPT 1 y SPT7, exactamente entre la Calle José Olaya, Av. Mariscal Castilla y calle Natividad a unos 300 m del terminal pesquero ECOPHINSA, esta zona está compuesta de SC (arenas arcillosas), SP-SM (arena mal graduada con limo) y SC (arena arcillosa), esta zona es licuable hasta la profundidad de 4.45 m para el SPT – 01 y hasta 3.45 m para el SPT-07. Ver Plano (PL-03) Mapa de Zonas Vulnerables a la Licuefacción, en Santa Rosa.

En la cual se registraron número de golpes bajos e intermedios hasta la profundidad de 4.45 y golpes muy elevados a profundidades por encima de los 4.45m. Se produce rechazo a una profundidad de 5.45 ya que en el hincado en las ultimas 6” el estrato es muy compacto por lo cual se

produce rechazo es decir el número de golpes es superior a los 50 golpes en ese estrato.

En las **tablas 113 a la 119**, se observa que para una **magnitud sísmica de $M_w = 5.5$** , el $F_s > 1.30$, es decir no el potencial de licuefacción es muy bajo o inexistente.

Para una magnitud sísmica de $M_w=6.0$, para el SPT-01 el **$F_s=1.18$** , el suelo es susceptible a la licuación hasta una profundidad de 1.45m su rango de licuación es **BAJO**, pero SPT-07 el $F_s > 1.30$ donde no se presenta licuefacción.

Para una magnitud sísmica de $M_w=6.5$, para el SPT-01 el **$F_s=1.04$** , el suelo es susceptible a la licuación hasta una profundidad de 2.45m, su rango de licuación es **MEDIO** ya que presenta 2 estratos (1.45m y 2.45 m) mayores a un 1m licuables, pero SPT-07 el $F_s > 1.30$ donde no se presenta licuefacción.

Para una magnitud sísmica de $M_w=7.0$, para el SPT-01 el **$F_s=0.95$** , el suelo es susceptible a la licuación hasta una profundidad de 3.45m, su rango de licuación es **ALTO** ya que presenta 3 estratos (1.45m ,2.45 m y 3.45m) mayores a un 1m licuables, pero SPT-07 para una profundidad de 1.45m tiene un $F_s > 1.30$, no presenta licuefacción, pero partir de 2.45m hasta los 3.45 el **$F_s=1.13$** y presentan licuefacción y su rango de susceptibilidad a la licuación es de **MEDIO** ya que solo posee 2 estratos (2.45m y 3.45 m) son licuables.

Para una magnitud sísmica de $M_w=7.5$, para el SPT-01 el **$F_s=1.16$** , el suelo es susceptible a la licuación hasta una profundidad de 4.45m, su rango de licuación es **MUY ALTO** ya que presenta 4 estratos (1.45m ,2.45 m ,3.45m y 4.45 m) mayores a un 1m licuables, pero SPT-07 el $F_s=0.83$, el

suelo es susceptible a la licuación hasta una profundidad de 3.45m, su rango de licuación es **ALTO** ya que presenta estratos (1.45m ,2.45 m y 3.45m) mayores a un 1m licuables.

Para una magnitud sísmica de $M_w=8.0$, para el SPT-01 el **$F_s=0.85$** , el suelo es susceptible a la licuación hasta una profundidad de 4.45m, su rango de licuación es **MUY ALTO** ya que presenta 4 estratos (1.45m ,2.45 m ,3.45m y 4.45 m) mayores a un 1m licuables, pero SPT-07 el **$F_s=0.61$** , el suelo es susceptible a la licuación hasta una profundidad de 3.45m, su rango de licuación es **ALTO** ya que presenta estratos (1.45m ,2.45 m y 3.45m) mayores a un 1m licuables.

Para una magnitud sísmica de $M_w=8.5$, para el SPT-01 el **$F_s=0.65$** , el suelo es susceptible a la licuación hasta una profundidad de 4.45m, su rango de licuación es **MUY ALTO** ya que presenta 4 estratos (1.45m ,2.45 m ,3.45m y 4.45 m) mayores a un 1m licuables, pero SPT-07 el **$F_s=0.45$** , el suelo es susceptible a la licuación hasta una profundidad de 3.45m, su rango de licuación es **ALTO** ya que presenta estratos (1.45m ,2.45 m y 3.45m) mayores a un 1m licuables.

Resumen de resultados para la zona II

Tabla 120

Resumen de los resultados de los sondeos zona II (SPT 01, SPT 02, SPT 04, SPT 05, SPT 10) para Mw= 5.5

Resumen Resultados del analisis de Potencial de Licuefaccion de Suelos en el Distrito de Santa Rosa para una Magnitud Sismica Mw=5.5 en la escala de Richter.						
SPT 02 , SPT 4 , SPT 05 (ZONA 2)						
Perforacion		Profundidad evaluada y perforada				
		1.45 m	2.45 m	3.45 m	4.45 m	5.45 m
SPT - 02	SUCS	SP-SM	SP-SM	SP-SM	SP-SM	-
	(N1)60cs	11.51	19.23	29.8	66.76	-
	FS	1.63	2.71	5.22	-	-
	EVALUACION	NO LICUABLE	NO LICUABLE	NO LICUABLE	NO LICUABLE	NO LICUABLE
	RANGO O NIVEL DE LICUACION	NO EXISTE SUCEPTIBILIDAD A LA LICUACION				
Perforacion		Profundidad evaluada y perforada				
		1.45 m	2.45 m	3.45 m	4.45 m	5.45 m
SPT - 04	SUCS	SP-SM	SP-SM	SP	SP-SM	-
	(N1)60cs	8.78	16.39	50.56	71.96	-
	FS	1.25	1.74	-	-	-
	EVALUACION	LICUABLE	NO LICUABLE	NO LICUABLE	NO LICUABLE	NO LICUABLE
	RANGO O NIVEL DE LICUACION	RANGO DE SUCEPTIBILIDAD ALA LICUACION: MEDIO 2 ESTRATOS (1.45 Y 2.45) LICUABLES				
Perforacion		Profundidad evaluada y perforada				
		1.45 m	2.45 m	3.45 m	4.45 m	5.45 m
SPT - 05	SUCS	SP-SM	SP-SM	SP-SM	SM	SM
	(N1)60cs	7.18	13.45	23.25	57.36	76.52
	FS	1.08	1.39	2.28	-	-
	EVALUACION	LICUABLE	NO LICUABLE	NO LICUABLE	NO LICUABLE	NO LICUABLE
	RANGO O NIVEL DE LICUACION	RANGO DE SUCEPTIBILIDAD ALA LICUACION: BAJO 1 ESTRATOS (1.45) LICUABLES				
Perforacion		Profundidad evaluada y perforada				
		1.45 m	2.45 m	3.45 m	4.45 m	5.45 m
SPT-10	SUCS	SC-SM	SP-SM	SP-SM	SP-SM	SP-SM
	(N1)60cs	15.33	15.02	22.68	36.91	70.8
	FS	2.11	1.89	2.61	-	-
	EVALUACION	NO LICUABLE	NO LICUABLE	NO LICUABLE	NO LICUABLE	NO LICUABLE
	RANGO O NIVEL DE LICUACION	NO EXISTE SUCEPTIBILIDAD ALA LICUACION				

Tabla 121

Resumen de los resultados de los sondeos zona II (SPT 01, SPT 02, SPT 04, SPT 05, SPT 10) para Mw= 6.0

Resumen Resultados del analisis de Potencial de Licuefaccion de Suelos en el Distrito de Santa Rosa para una Magnitud Sismica Mw=6.0 en la escala de Richter.						
SPT 02 , SPT 4 , SPT 05 (ZONA 2)						
Perforacion		Profundidad evaluada y perforada				
		1.45 m	2.45 m	3.45 m	4.45 m	5.45 m
SPT - 02	SUCS	SP-SM	SP-SM	SP-SM	SP-SM	-
	(N1)60cs	11.51	19.23	29.8	66.76	-
	FS	1.15	1.91	3.67	-	-
	EVALUACION	LICUABLE	NO LICUABLE	NO LICUABLE	NO LICUABLE	NO LICUABLE
	RANGO O NIVEL DE LICUACION	RANGO DE SUCEPTIBILIDAD ALA LICUACION: BAJO 1 ESTRATOS (1.45) LICUABLES				
Perforacion		Profundidad evaluada y perforada				
		1.45 m	2.45 m	3.45 m	4.45 m	5.45 m
SPT - 04	SUCS	SP-SM	SP-SM	SP	SP-SM	-
	(N1)60cs	8.78	16.39	50.56	71.96	-
	FS	0.88	1.22	-	-	-
	EVALUACION	LICUABLE	LICUABLE	NO LICUABLE	NO LICUABLE	NO LICUABLE
	RANGO O NIVEL DE LICUACION	RANGO DE SUCEPTIBILIDAD ALA LICUACION: MEDIO 2 ESTRATOS (1.45 Y 2.45) LICUABLES				
Perforacion		Profundidad evaluada y perforada				
		1.45 m	2.45 m	3.45 m	4.45 m	5.45 m
SPT - 05	SUCS	SP-SM	SP-SM	SP-SM	SM	SM
	(N1)60cs	7.18	13.45	23.25	57.36	76.52
	FS	0.76	0.98	1.61	-	-
	EVALUACION	LICUABLE	LICUABLE	NO LICUABLE	NO LICUABLE	NO LICUABLE
	RANGO O NIVEL DE LICUACION	RANGO DE SUCEPTIBILIDAD ALA LICUACION: MEDIO 2 ESTRATOS (1.45 Y 2.45) LICUABLES				
Perforacion		Profundidad evaluada y perforada				
		1.45 m	2.45 m	3.45 m	4.45 m	5.45 m
SPT-10	SUCS	SC-SM	SP-SM	SP-SM	SP-SM	SP-SM
	(N1)60cs	15.33	15.02	22.68	36.91	70.8
	FS	1.48	1.33	1.84	-	-
	EVALUACION	NO LICUABLE	NO LICUABLE	NO LICUABLE	NO LICUABLE	NO LICUABLE
	RANGO O NIVEL DE LICUACION	NO EXISTE SUCEPTIBILIDAD ALA LICUACION				

Tabla 122

Resumen de los resultados de los sondeos zona II (SPT 01, SPT 02, SPT 04, SPT 05, SPT 10) para Mw= 6.5

Resumen Resultados del analisis de Potencial de Licuefaccion de Suelos en el Distrito de Santa Rosa para una Magnitud Sismica Mw=6.5 en la escala de Richter.						
SPT 02 , SPT 4 , SPT 05 (ZONA 2)						
Perforacion		Profundidad evaluada y perforada				
		1.45 m	2.45 m	3.45 m	4.45 m	5.45 m
SPT - 02	SUCS	SP-SM	SP-SM	SP-SM	SP-SM	-
	(N1)60cs	11.51	19.23	29.8	66.76	-
	FS	0.82	1.36	2.62	-	-
	EVALUACION	LICUABLE	NO LICUABLE	NO LICUABLE	NO LICUABLE	NO LICUABLE
	RANGO O NIVEL DE LICUACION	RANGO DE SUCEPTIBILIDAD ALA LICUACION: BAJO 1 ESTRATOS (1.45) LICUABLES				
Perforacion		Profundidad evaluada y perforada				
		1.45 m	2.45 m	3.45 m	4.45 m	5.45 m
SPT - 04	SUCS	SP-SM	SP-SM	SP	SP-SM	-
	(N1)60cs	8.78	16.39	50.56	71.96	-
	FS	0.63	0.87	-	-	-
	EVALUACION	LICUABLE	LICUABLE	NO LICUABLE	NO LICUABLE	NO LICUABLE
	RANGO O NIVEL DE LICUACION	RANGO DE SUCEPTIBILIDAD ALA LICUACION: MEDIO 2 ESTRATOS (1.45 Y 2.45) LICUABLES				
Perforacion		Profundidad evaluada y perforada				
		1.45 m	2.45 m	3.45 m	4.45 m	5.45 m
SPT - 05	SUCS	SP-SM	SP-SM	SP-SM	SM	SM
	(N1)60cs	7.18	13.45	23.25	57.36	76.52
	FS	0.54	0.7	1.15	-	-
	EVALUACION	LICUABLE	LICUABLE	LICUABLE	NO LICUABLE	NO LICUABLE
	RANGO O NIVEL DE LICUACION	RANGO DE SUCEPTIBILIDAD ALA LICUACION ALTO : 3 ESTRATOS (1.45 ,2.45 Y 3.45) LICUABLES				
Perforacion		Profundidad evaluada y perforada				
		1.45 m	2.45 m	3.45 m	4.45 m	5.45 m
SPT-10	SUCS	SC-SM	SP-SM	SP-SM	SP-SM	SP-SM
	(N1)60cs	15.33	15.02	22.68	36.91	70.8
	FS	1.06	0.95	1.31	-	-
	EVALUACION	LICUABLE	LICUABLE	NO LICUABLE	NO LICUABLE	NO LICUABLE
	RANGO O NIVEL DE LICUACION	RANGO DE SUCEPTIBILIDAD ALA LICUACION: MEDIO 2 ESTRATOS (1.45 Y 2.45) LICUABLES				

Tabla 123

Resumen de los resultados de los sondeos zona II (SPT 01, SPT 02, SPT 04, SPT 05, SPT 10) para Mw= 7.0

Resumen Resultados del analisis de Potencial de Licuefaccion de Suelos en el Distrito de Santa Rosa para una Magnitud Sismica Mw=7.0 en la escala de Richter.						
SPT 02 , SPT 4 , SPT 05 (ZONA 2)						
Perforacion		Profundidad evaluada y perforada				
		1.45 m	2.45 m	3.45 m	4.45 m	5.45 m
SPT - 02	SUCS	SP-SM	SP-SM	SP-SM	SP-SM	-
	(N1)60cs	11.51	19.23	29.8	66.76	-
	FS	0.59	0.99	1.9	-	-
	EVALUACION	LICUABLE	LICUABLE	NO LICUABLE	NO LICUABLE	NO LICUABLE
	RANGO O NIVEL DE LICUACION	RANGO DE SUCEPTIBILIDAD ALA LICUACION: MEDIO 2 ESTRATOS (1.45 Y 2.45) LICUABLES				
Perforacion		Profundidad evaluada y perforada				
		1.45 m	2.45 m	3.45 m	4.45 m	5.45 m
SPT - 04	SUCS	SP-SM	SP-SM	SP	SP-SM	-
	(N1)60cs	8.78	16.39	50.56	71.96	-
	FS	0.46	0.63	-	-	-
	EVALUACION	LICUABLE	LICUABLE	NO LICUABLE	NO LICUABLE	NO LICUABLE
	RANGO O NIVEL DE LICUACION	RANGO DE SUCEPTIBILIDAD ALA LICUACION: MEDIO 2 ESTRATOS (1.45 Y 2.45) LICUABLES				
Perforacion		Profundidad evaluada y perforada				
		1.45 m	2.45 m	3.45 m	4.45 m	5.45 m
SPT-05	SUCS	SP-SM	SP-SM	SP-SM	SM	SM
	(N1)60cs	7.18	13.45	23.25	57.36	76.52
	FS	0.39	0.51	0.83	-	-
	EVALUACION	LICUABLE	LICUABLE	LICUABLE	NO LICUABLE	NO LICUABLE
	RANGO O NIVEL DE LICUACION	RANGO DE SUCEPTIBILIDAD ALA LICUACION ALTO : 3 ESTRATOS (1.45 ,2.45 Y 3.45) LICUABLES				
Perforacion		Profundidad evaluada y perforada				
		1.45 m	2.45 m	3.45 m	4.45 m	5.45 m
SPT-10	SUCS	SC-SM	SP-SM	SP-SM	SP-SM	SP-SM
	(N1)60cs	15.33	15.02	22.68	36.91	70.8
	FS	0.77	0.69	0.95	-	-
	EVALUACION	LICUABLE	LICUABLE	LICUABLE	NO LICUABLE	NO LICUABLE
	RANGO O NIVEL DE LICUACION	RANGO DE SUCEPTIBILIDAD ALA LICUACION ALTO : 3 ESTRATOS (1.45 ,2.45 Y 3.45) LICUABLES				

Tabla 124

Resumen de los resultados de los sondeos zona II (SPT 01, SPT 02, SPT 04, SPT 05, SPT 10) para Mw= 7.5

Resumen Resultados del analisis de Potencial de Licuefaccion de Suelos en el Distrito de Santa Rosa para una Magnitud Sismica Mw=7.5 en la escala de Richter.						
SPT 02 , SPT 4 , SPT 05 (ZONA 2)						
Perforacion		Profundidad evaluada y perforada				
		1.45 m	2.45 m	3.45 m	4.45 m	5.45 m
SPT - 02	SUCS	SP-SM	SP-SM	SP-SM	SP-SM	-
	(N1)60cs	11.51	19.23	29.8	66.76	-
	FS	0.44	0.73	1.4	-	-
	EVALUACION	LICUABLE	LICUABLE	NO LICUABLE	NO LICUABLE	NO LICUABLE
	RANGO O NIVEL DE LICUACION	RANGO DE SUCEPTIBILIDAD ALA LICUACION: MEDIO 2 ESTRATOS (1.45 Y 2.45) LICUABLES				
Perforacion		Profundidad evaluada y perforada				
		1.45 m	2.45 m	3.45 m	4.45 m	5.45 m
SPT - 04	SUCS	SP-SM	SP-SM	SP	SP-SM	-
	(N1)60cs	8.78	16.39	50.56	71.96	-
	FS	0.34	0.47	-	-	-
	EVALUACION	LICUABLE	LICUABLE	NO LICUABLE	NO LICUABLE	NO LICUABLE
	RANGO O NIVEL DE LICUACION	RANGO DE SUCEPTIBILIDAD ALA LICUACION: MEDIO 2 ESTRATOS (1.45 Y 2.45) LICUABLES				
Perforacion		Profundidad evaluada y perforada				
		1.45 m	2.45 m	3.45 m	4.45 m	5.45 m
SPT-05	SUCS	SP-SM	SP-SM	SP-SM	SM	SM
	(N1)60cs	7.18	13.45	23.25	57.36	76.52
	FS	0.29	0.37	0.61	-	-
	EVALUACION	LICUABLE	LICUABLE	LICUABLE	NO LICUABLE	NO LICUABLE
	RANGO O NIVEL DE LICUACION	RANGO DE SUCEPTIBILIDAD ALA LICUACION ALTO : 3 ESTRATOS (1.45 ,2.45 Y 3.45) LICUABLES				
Perforacion		Profundidad evaluada y perforada				
		1.45 m	2.45 m	3.45 m	4.45 m	5.45 m
SPT-10	SUCS	SC-SM	SP-SM	SP-SM	SP-SM	SP-SM
	(N1)60cs	15.33	15.02	22.68	36.91	70.8
	FS	0.56	0.51	0.7	-	-
	EVALUACION	LICUABLE	LICUABLE	LICUABLE	NO LICUABLE	NO LICUABLE
	RANGO O NIVEL DE LICUACION	RANGO DE SUCEPTIBILIDAD ALA LICUACION ALTO : 3 ESTRATOS (1.45 ,2.45 Y 3.45) LICUABLES				

Tabla 125

Resumen de los resultados de los sondeos zona II (SPT 01, SPT 02, SPT 04, SPT 05, SPT 10) para Mw= 8.0

Resumen Resultados del analisis de Potencial de Licuefaccion de Suelos en el Distrito de Santa Rosa para una Magnitud Sismica Mw=8.0 en la escala de Richter.						
SPT 02 , SPT 4 , SPT 05 (ZONA 2)						
Perforacion		Profundidad evaluada y perforada				
		1.45 m	2.45 m	3.45 m	4.45 m	5.45 m
SPT - 02	SUCS	SP-SM	SP-SM	SP-SM	SP-SM	-
	(N1)60cs	11.51	19.23	29.8	66.76	-
	FS	0.32	0.54	1.03	-	-
	EVALUACION	LICUABLE	LICUABLE	LICUABLE	NO LICUABLE	NO LICUABLE
	RANGO O NIVEL DE LICUACION	RANGO DE SUCEPTIBILIDAD ALA LICUACION ALTO : 3 ESTRATOS (1.45 ,2.45 Y 3.45) LICUABLES				
Perforacion		Profundidad evaluada y perforada				
		1.45 m	2.45 m	3.45 m	4.45 m	5.45 m
SPT - 04	SUCS	SP-SM	SP-SM	SP	SP-SM	-
	(N1)60cs	8.78	16.39	50.56	71.96	-
	FS	0.25	0.34	-	-	-
	EVALUACION	LICUABLE	LICUABLE	NO LICUABLE	NO LICUABLE	NO LICUABLE
	RANGO O NIVEL DE LICUACION	RANGO DE SUCEPTIBILIDAD ALA LICUACION: MEDIO 2 ESTRATOS (1.45 Y 2.45) LICUABLES				
Perforacion		Profundidad evaluada y perforada				
		1.45 m	2.45 m	3.45 m	4.45 m	5.45 m
SPT-05	SUCS	SP-SM	SP-SM	SP-SM	SM	SM
	(N1)60cs	7.18	13.45	23.25	57.36	76.52
	FS	0.21	0.28	0.45	-	-
	EVALUACION	LICUABLE	LICUABLE	LICUABLE	NO LICUABLE	NO LICUABLE
	RANGO O NIVEL DE LICUACION	RANGO DE SUCEPTIBILIDAD ALA LICUACION ALTO : 3 ESTRATOS (1.45 ,2.45 Y 3.45) LICUABLES				
Perforacion		Profundidad evaluada y perforada				
		1.45 m	2.45 m	3.45 m	4.45 m	5.45 m
SPT-10	SUCS	SC-SM	SP-SM	SP-SM	SP-SM	SP-SM
	(N1)60cs	15.33	15.02	22.68	36.91	70.8
	FS	0.42	0.37	0.52	-	-
	EVALUACION	LICUABLE	LICUABLE	LICUABLE	NO LICUABLE	NO LICUABLE
	RANGO O NIVEL DE LICUACION	RANGO DE SUCEPTIBILIDAD ALA LICUACION ALTO : 3 ESTRATOS (1.45 ,2.45 Y 3.45) LICUABLES				

Tabla 126

Resumen de los resultados de los sondeos zona II (SPT 01, SPT 02, SPT 04, SPT 05, SPT 10) para Mw= 8.5

Resumen Resultados del analisis de Potencial de Licuefaccion de Suelos en el Distrito de Santa Rosa para una Magnitud Sismica Mw=8.5 en la escala de Richter.						
SPT 02 , SPT 4 , SPT 05 (ZONA 2)						
Perforacion		Profundidad evaluada y perforada				
		1.45 m	2.45 m	3.45 m	4.45 m	5.45 m
SPT - 02	SUCS	SP-SM	SP-SM	SP-SM	SP-SM	-
	(N1)60cs	11.51	19.23	29.8	66.76	-
	FS	0.24	0.41	0.78	-	-
	EVALUACION	LICUABLE	LICUABLE	LICUABLE	NO LICUABLE	NO LICUABLE
	RANGO O NIVEL DE LICUACION	RANGO DE SUCEPTIBILIDAD ALA LICUACION ALTO : 3 ESTRATOS (1.45 ,2.45 Y 3.45) LICUABLES				
Perforacion		Profundidad evaluada y perforada				
		1.45 m	2.45 m	3.45 m	4.45 m	5.45 m
SPT - 04	SUCS	SP-SM	SP-SM	SP	SP-SM	-
	(N1)60cs	8.78	16.39	50.56	71.96	-
	FS	0.19	0.26	-	-	-
	EVALUACION	LICUABLE	LICUABLE	NO LICUABLE	NO LICUABLE	NO LICUABLE
	RANGO O NIVEL DE LICUACION	RANGO DE SUCEPTIBILIDAD ALA LICUACION: MEDIO 2 ESTRATOS (1.45 Y 2.45) LICUABLES				
Perforacion		Profundidad evaluada y perforada				
		1.45 m	2.45 m	3.45 m	4.45 m	5.45 m
SPT-05	SUCS	SP-SM	SP-SM	SP-SM	SM	SM
	(N1)60cs	7.18	13.45	23.25	57.36	76.52
	FS	0.16	0.21	0.34	-	-
	EVALUACION	LICUABLE	LICUABLE	LICUABLE	NO LICUABLE	NO LICUABLE
	RANGO O NIVEL DE LICUACION	RANGO DE SUCEPTIBILIDAD ALA LICUACION ALTO : 3 ESTRATOS (1.45 ,2.45 Y 3.45) LICUABLES				
Perforacion		Profundidad evaluada y perforada				
		1.45 m	2.45 m	3.45 m	4.45 m	5.45 m
SPT-10	SUCS	SC-SM	SP-SM	SP-SM	SP-SM	SP-SM
	(N1)60cs	15.33	15.02	22.68	36.91	70.8
	FS	0.32	0.28	0.39	-	-
	EVALUACION	LICUABLE	LICUABLE	LICUABLE	NO LICUABLE	NO LICUABLE
	RANGO O NIVEL DE LICUACION	RANGO DE SUCEPTIBILIDAD ALA LICUACION ALTO : 3 ESTRATOS (1.45 ,2.45 Y 3.45) LICUABLES				

Con respecto a los resultados de la Zona 2 que abarca los sondeos SPT-02, SPT-04, SPT-5 y SPT-10 que está comprendida en la zona oeste del distrito, entre los Sectores I Cercado de Santa Rosa, Sector III Urbanización José Olaya y Sector V Urb. 28 de julio, exactamente empieza desde el Centro Regional de Investigaciones Pesqueras e Instituto Nacional del Mar, así como también en las intersecciones de las calles Rivera del Mar y Mercedes Gordillo a unos 50 m del CEPAR, abarca también la intersección de las calles Rivera del Mar y Las Palmeras a unos 300 m del mercado de Santa Rosa y finalmente hasta el cercado exactamente en la intersección de la AV Mariscal Castilla y Venezuela en la parte sur del distrito está conformada por suelos de arenas mal graduadas (SP), arenas pobremente graduadas con limo (SP- SM), arenas arcillosas (SC- SM), esta zona es licuable hasta una profundidad de 3.45 m para los SPT -02, SPT- 05 Y SPT -10 y hasta 2.45m para el SPT-04. Ver Plano (PL-03) Mapa de Zonas licuables Santa Rosa.

Se registraron número de golpes para cada profundidad evaluada, hasta la profundidad de 2.45m se registraron golpes bajos, para la profundidad de 3.45m golpes intermedios y para superiores a 3.45m golpes muy elevados, dando rechazo de ensayo una profundidad promedio de 4.45 metros para, esto se debe a que se tratan de suelos arenosos, de consistencia muy dura.

En las **tablas 120 a la 126**, se observa que para una **magnitud sísmica de $M_w = 5.5$** , el $F_s > 1.30$, es decir el potencial de licuefacción es muy bajo o inexistente para los SPT- 02 y SPT-10 pero para los SPT- 04 y SPT-05 su **$F_s = 1.25$** y **$F_s = 1.08$** respectivamente, es decir el estrato es susceptible a la licuefacción para una profundidad de 1.45m y su rango de licuación es **BAJO**

Para una magnitud sísmica de $M_w = 6.0$, para el SPT-02 el **$F_s = 1.15$** , el suelo es susceptible a la licuación hasta una profundidad de 1.45m su rango de licuación es **BAJO**, pero el SPT-04 y SPT-05 su **$F_s = 1.22$** y **$F_s =$**

0.88 respectivamente, donde el estrato es susceptible a la licuación hasta una profundidad de 2.45m y rango de licuación es **MEDIO** ya que presenta 2 estratos (1.45m y 2.45 m) mayores a un 1m licuables, y para el SPT-10 su $F_s > 1.30$ no existe licuefacción.

Para una magnitud sísmica de $M_w=6.5$, para el SPT-02 el $F_s=0.82$, el suelo es susceptible a la licuación hasta una profundidad de 1.45m su rango de licuación es **BAJO**, pero el SPT-04 y SPT-10 su $F_s=0.87$ y $F_s=0.95$ respectivamente, donde el estrato es susceptible a la licuación hasta una profundidad de 2.45m y rango de licuación es **MEDIO** ya que presenta 2 estratos (1.45m y 2.45 m) mayores a un 1m licuables, para SPT-05 el $F_s=1.15$, el suelo es susceptible a la licuación hasta una profundidad de 3.45m, su rango de licuación es **ALTO** ya que presenta 3 estratos (1.45m ,2.45 m y 3.45m) mayores a un 1m licuables.

Para una magnitud sísmica de $M_w=7.0$, para el SPT-02 y SPT-04 su $F_s=0.99$ y $F_s= 0.63$ respectivamente, donde el estrato es susceptible a la licuación hasta una profundidad de 2.45m y rango de licuación es **MEDIO** ya que presenta 2 estratos (1.45m y 2.45 m) mayores a un 1m licuables, y para el SPT-05 y SPT-10 su $F_s=0.83$ y $F_s= 0.95$ el suelo es susceptible a la licuación hasta una profundidad de 3.45m, su rango de licuación es **ALTO** ya que presenta 3 estratos (1.45m ,2.45 m y 3.45m) mayores a un 1m licuables.

Para una magnitud sísmica de $M_w=7.5$, para el SPT-02 y SPT-04 su $F_s=0.73$ y $F_s= 0.47$ respectivamente, donde el estrato es susceptible a la licuación hasta una profundidad de 2.45m y rango de licuación es **MEDIO** ya que presenta 2 estratos (1.45m y 2.45 m) mayores a un 1m licuables, y

para el SPT-05 y SPT-10 su $F_s=0.61$ y $F_s= 0.70$ el suelo es susceptible a la licuación hasta una profundidad de 3.45m, su rango de licuación es **ALTO** ya que presenta 3 estratos (1.45m ,2.45 m y 3.45m) mayores a un 1m licuables.

Para una magnitud sísmica de $M_w=8.0$, para el SPT-02, SPT-05 y SPT-10 su $F_s=1.03$, $F_s= 0.45$ y $F_s= 0.52$ respectivamente ,el suelo es susceptible a la licuación hasta una profundidad de 3.45m, su rango de licuación es **ALTO** ya que presenta 3 estratos (1.45m ,2.45 m y 3.45m) mayores a un 1m licuables para SPT-04 su $F_s=0.34$, donde el estrato es susceptible a la licuación hasta una profundidad de 2.45m y rango de licuación es **MEDIO** ya que presenta 2 estratos (1.45m y 2.45 m) mayores a un 1m licuables

Para una magnitud sísmica de $M_w=8.5$, para el SPT-02, SPT-05 y SPT-10 su $F_s=0.78$, $F_s= 0.34$ y $F_s= 0.39$ respectivamente ,el suelo es susceptible a la licuación hasta una profundidad de 3.45m, su rango de licuación es **ALTO** ya que presenta 3 estratos (1.45m ,2.45 m y 3.45m) mayores a un 1m licuables para SPT-04 su $F_s=0.26$, donde el estrato es susceptible a la licuación hasta una profundidad de 2.45m y rango de licuación es **MEDIO** ya que presenta 2 estratos (1.45m y 2.45 m) mayores a un 1m licuables.

Resultados para la zona III

Tabla 127

*Resumen de los resultados de los sondeos zona III (SPT 03, y SPT 06)
para Mw= 5.5*

Resumen Resultados del analisis de Potencial de Licuefaccion de Suelos en el Distrito de Santa Rosa para una Magnitud Sismica Mw=5.5 en la escala de Richter.					
SPT-03 , SPT 06 (Zona 3)					
Perforacion		Profundidad evaluada y perforada			
		1.45 m	2.45 m	3.45 m	4.45 m
SPT - 03	SUCS	ML	SC	CH	-
	(N1)60cs	33.69	70.4	-	-
	FS	-	-	-	-
	EVALUACION	NO LICUABLE	NO LICUABLE	NO LICUABLE	NO LICUABLE
	RANGO O NIVEL DE LICUACION	NO EXISTE SUCEPTIBILIDAD ALA LICUACION			
SPT - 06	SUCS	ML	SC	CH	-
	(N1)60cs	42.87	85.54	-	-
	FS	-	-	-	-
	EVALUACION	NO LICUABLE	NO LICUABLE	NO LICUABLE	NO LICUABLE
	RANGO O NIVEL DE LICUACION	NO EXISTE SUCEPTIBILIDAD ALA LICUACION			

Tabla 128

*Resumen de los resultados de los sondeos zona III (SPT 03, y SPT 06)
para Mw=6.0*

Resumen Resultados del analisis de Potencial de Licuefaccion de Suelos en el Distrito de Santa Rosa para una Magnitud Sismica Mw=6.0 en la escala de Richter.					
SPT-03 , SPT 06 (Zona 3)					
Perforacion		Profundidad evaluada y perforada			
		1.45 m	2.45 m	3.45 m	4.45 m
SPT - 03	SUCS	ML	SC	CH	-
	(N1)60cs	33.69	70.4	-	-
	FS	-	-	-	-
	EVALUACION	NO LICUABLE	NO LICUABLE	NO LICUABLE	NO LICUABLE
	RANGO O NIVEL DE LICUACION	NO EXISTE SUCEPTIBILIDAD ALA LICUACION			
SPT - 06	SUCS	ML	SC	CH	-
	(N1)60cs	42.87	85.54	-	-
	FS	-	-	-	-
	EVALUACION	NO LICUABLE	NO LICUABLE	NO LICUABLE	NO LICUABLE
	RANGO O NIVEL DE LICUACION	NO EXISTE SUCEPTIBILIDAD ALA LICUACION			

Tabla 129

Resumen de los resultados de los sondeos zona III (SPT 03, y SPT 06) para Mw=6.5

Resumen Resultados del analisis de Potencial de Licuefaccion de Suelos en el Distrito de Santa Rosa para una Magnitud Sismica Mw=6.5 en la escala de Richter.					
SPT-03 , SPT 06 (Zona 3)					
Perforacion		Profundidad evaluada y perforada			
		1.45 m	2.45 m	3.45 m	4.45 m
SPT - 03	SUCS	ML	SC	CH	-
	(N1)60cs	33.69	70.4	-	-
	FS	-	-	-	-
	EVALUACION	NO LICUABLE	NO LICUABLE	NO LICUABLE	NO LICUABLE
	RANGO O NIVEL DE LICUACION	NO EXISTE SUCEPTIBILIDAD ALA LICUACION			
SPT - 06	SUCS	ML	SC	CL	-
	(N1)60cs	42.87	85.54	-	-
	FS	-	-	-	-
	EVALUACION	NO LICUABLE	NO LICUABLE	NO LICUABLE	NO LICUABLE
	RANGO O NIVEL DE LICUACION	NO EXISTE SUCEPTIBILIDAD ALA LICUACION			

Tabla 130

Resumen de los resultados de los sondeos zona III (SPT 03, y SPT 06) para Mw=7.0

Resumen Resultados del analisis de Potencial de Licuefaccion de Suelos en el Distrito de Santa Rosa para una Magnitud Sismica Mw=7.0 en la escala de Richter.					
SPT-03 , SPT 06 (Zona 3)					
Perforacion		Profundidad evaluada y perforada			
		1.45 m	2.45 m	3.45 m	4.45 m
SPT - 03	SUCS	ML	SC	CL	-
	(N1)60cs	33.69	70.4	-	-
	FS	-	-	-	-
	EVALUACION	NO LICUABLE	NO LICUABLE	NO LICUABLE	NO LICUABLE
	RANGO O NIVEL DE LICUACION	NO EXISTE SUCEPTIBILIDAD ALA LICUACION			
SPT - 06	SUCS	ML	SC	CL	-
	(N1)60cs	42.87	85.54	-	-
	FS	-	-	-	-
	EVALUACION	NO LICUABLE	NO LICUABLE	NO LICUABLE	NO LICUABLE
	RANGO O NIVEL DE LICUACION	NO EXISTE SUCEPTIBILIDAD ALA LICUACION			

Tabla 131

Resumen de los resultados de los sondeos zona III (SPT 03, y SPT 06) para Mw=7.5

Resumen Resultados del analisis de Potencial de Licuefaccion de Suelos en el Distrito de Santa Rosa para una Magnitud Sismica Mw=7.5 en la escala de Richter.					
SPT-03 , SPT 06 (Zona 3)					
Perforacion		Profundidad evaluada y perforada			
		1.45 m	2.45 m	3.45 m	4.45 m
SPT - 03	SUCS	ML	SC	CH	-
	(N1)60cs	33.69	70.4	-	-
	FS	-	-	-	-
	EVALUACION	NO LICUABLE	NO LICUABLE	NO LICUABLE	NO LICUABLE
	RANGO O NIVEL DE LICUACION	NO EXISTE SUCEPTIBILIDAD ALA LICUACION			
SPT - 06	SUCS	ML	SC	CL	-
	(N1)60cs	42.87	85.54	-	-
	FS	-	-	-	-
	EVALUACION	NO LICUABLE	NO LICUABLE	NO LICUABLE	NO LICUABLE
	RANGO O NIVEL DE LICUACION	NO EXISTE SUCEPTIBILIDAD ALA LICUACION			

Tabla 132

Resumen de los resultados de los sondeos zona III (SPT 03, y SPT 06) para Mw=8.0

Resumen Resultados del analisis de Potencial de Licuefaccion de Suelos en el Distrito de Santa Rosa para una Magnitud Sismica Mw=8.0 en la escala de Richter.					
SPT-03 , SPT 06 (Zona 3)					
Perforacion		Profundidad evaluada y perforada			
		1.45 m	2.45 m	3.45 m	4.45 m
SPT - 03	SUCS	ML	SC	CH	-
	(N1)60cs	33.69	70.4	-	-
	FS	-	-	-	-
	EVALUACION	NO LICUABLE	NO LICUABLE	NO LICUABLE	NO LICUABLE
	RANGO O NIVEL DE LICUACION	NO EXISTE SUCEPTIBILIDAD ALA LICUACION			
SPT - 06	SUCS	ML	SC	CL	-
	(N1)60cs	42.87	85.54	-	-
	FS	-	-	-	-
	EVALUACION	NO LICUABLE	NO LICUABLE	NO LICUABLE	NO LICUABLE
	RANGO O NIVEL DE LICUACION	NO EXISTE SUCEPTIBILIDAD ALA LICUACION			

Tabla 133

Resumen de los resultados de los sondeos zona III (SPT 03, y SPT 06) para Mw=8.5

Resumen Resultados del analisis de Potencial de Licuefaccion de Suelos en el Distrito de Santa Rosa para una Magnitud Sismica Mw=8.5 en la escala de Richter.					
SPT-03 , SPT 06 (Zona 3)					
Perforacion		Profundidad evaluada y perforada			
		1.45 m	2.45 m	3.45 m	4.45 m
SPT - 03	SUCS	ML	SC	CH	-
	(N1)60cs	33.69	70.4	-	-
	FS	-	-	-	-
	EVALUACION	NO LICUABLE	NO LICUABLE	NO LICUABLE	NO LICUABLE
	RANGO O NIVEL DE LICUACION	NO EXISTE SUCEPTIBILIDAD ALA LICUACION			
SPT - 06	SUCS	ML	SC	CL	-
	(N1)60cs	42.87	85.54	-	-
	FS	-	-	-	-
	EVALUACION	NO LICUABLE	NO LICUABLE	NO LICUABLE	NO LICUABLE
	RANGO O NIVEL DE LICUACION	NO EXISTE SUCEPTIBILIDAD ALA LICUACION			

Con Respecto a los resultados de la Zona 3 que está comprendida por los sondeos SPT-03 y SPT-6 y está Comprendida en la parte norte del distrito exactamente desde espaldas del Terminal Pesquero Ecophinsa hasta las

inmediaciones del dren 400, esta zona está conformada por Arenas arcillosas (SC), Limo arenoso de Baja plasticidad (ML), Arcillas arenosas de baja plasticidad (CH) y por Arcillas Arenosas de alta plasticidad (CL) esta zona no es licuable a ninguna profundidad. Ver Plano (PL-03) Mapa de Zonas licuables Santa Rosa.

se registraron número de golpes muy elevados y significativos a muy pocas profundidades, dando rechazo de ensayo a 2.45 metros, esto se debe a que se tratan de suelos Arenas arcillosas (SC), Limo arenoso de Baja plasticidad (ML), Arcillas arenosas de baja plasticidad (CH) y por Arcillas Arenosas de alta plasticidad (CL) , de consistencia muy dura; también no se pudo verificar la napa freática hasta la profundidad de sondaje establecida, con estos resultados se calculó el $(N_1)_{60CS}$ dando valores mayores a 30, el cual según el método y sus parámetros establecidos no se pueden utilizar las formulas propuestas por los diferentes investigadores porque se trata de suelo muy denso y compacto que no presenta potencial de licuefacción con ninguna magnitud sísmica de $M_w=5.5$ a 8.5 como se aprecia en la **Tabla 127 a la tabla 133**, estos suelos están dentro de la zona 1 ya que esta zona no es susceptible a la licuefacción y así se demostró de acuerdo a los sondajes SPT 03 y SPT 06 realizados .

Tabla 134

Resumen de los resultados de los sondeos zona IV (SPT 08 y SPT 09) para Mw=5.5

Resumen Resultados del analisis de Potencial de Licuefaccion de Suelos en el Distrito de Santa Rosa para una Magnitud Sismica Mw=5.5 en la escala de Richter.						
SPT- 08 , SPT 09 (Zona 4)						
Perforacion		Profundidad evaluada y perforada				
		1.45 m	2.45 m	3.45 m	4.45 m	5.45 m
SPT - 08	SUCS	SP-SC	SC	CL	-	-
	(N1)60cs	18.77	25.73	109.58	-	-
	FS	1.84	2.48	-	-	-
	EVALUACION	NO LICUABLE	NO LICUABLE	NO LICUABLE	NO LICUABLE	NO LICUABLE
	RANGO O NIVEL DE LICUACION	NO EXISTE SUCEPTIBILIDAD ALA LICUACION				
SPT - 09	SUCS	SC	CL	CL	-	-
	(N1)60cs	29.1	61.92	104.33	-	-
	FS	3.68	-	-	-	-
	EVALUACION	NO LICUABLE	NO LICUABLE	NO LICUABLE	NO LICUABLE	NO LICUABLE
	RANGO O NIVEL DE LICUACION	NO EXISTE SUCEPTIBILIDAD ALA LICUACION				

Tabla 135

Resumen de los resultados de los sondeos zona IV (SPT 08 y SPT 09) para Mw=6.0

Resumen Resultados del analisis de Potencial de Licuefaccion de Suelos en el Distrito de Santa Rosa para una Magnitud Sismica Mw=6.0 en la escala de Richter.						
SPT- 08 , SPT 09 (Zona 4)						
Perforacion		Profundidad evaluada y perforada				
		1.45 m	2.45 m	3.45 m	4.45 m	5.45 m
SPT - 08	SUCS	SP-SC	SC	CL	-	-
	(N1)60cs	18.77	25.73	109.58	-	-
	FS	1.29	1.75	-	-	-
	EVALUACION	LICUABLE	NO LICUABLE	NO LICUABLE	NO LICUABLE	NO LICUABLE
	RANGO O NIVEL DE LICUACION	RANGO DE SUCEPTIBILIDAD A LA LICUACION: BAJO 1 ESTRATOS (1.45) LICUABLES				
SPT - 09	SUCS	SC	CL	CL	-	-
	(N1)60cs	29.1	61.92	104.33	-	-
	FS	2.59	-	-	-	-
	EVALUACION	NO LICUABLE	NO LICUABLE	NO LICUABLE	NO LICUABLE	NO LICUABLE
	RANGO O NIVEL DE LICUACION	NO EXISTE SUCEPTIBILIDAD ALA LICUACION				

Tabla 136

Resumen de los resultados de los sondeos zona IV (SPT 08 y SPT 09) para Mw=6.5

Resumen Resultados del analisis de Potencial de Licuefaccion de Suelos en el Distrito de Santa Rosa para una Magnitud Sismica Mw=6.5 en la escala de Richter.						
SPT- 08 , SPT 09 (Zona 4)						
Perforacion		Profundidad evaluada y perforada				
		1.45 m	2.45 m	3.45 m	4.45 m	5.45 m
SPT - 08	SUCS	SP-SC	SC	CL	-	-
	(N1)60cs	18.77	25.73	109.58	-	-
	FS	0.92	1.25	-	-	-
	EVALUACION	LICUABLE	LICUABLE	NO LICUABLE	NO LICUABLE	NO LICUABLE
	RANGO O NIVEL DE LICUACION	RANGO DE SUCEPTIBILIDAD ALA LICUACION: MEDIO 2 ESTRATOS (1.45 Y 2.45) LICUABLES				
SPT - 09	SUCS	SC	CL	CL	-	-
	(N1)60cs	29.1	61.92	104.33	-	-
	FS	1.85	-	-	-	-
	EVALUACION	NO LICUABLE	NO LICUABLE	NO LICUABLE	NO LICUABLE	NO LICUABLE
	RANGO O NIVEL DE LICUACION	NO EXISTE SUCEPTIBILIDAD ALA LICUACION				

Tabla 137

Resumen de los resultados de los sondeos zona IV (SPT 08 y SPT 09) para Mw=7.0

Resumen Resultados del analisis de Potencial de Licuefaccion de Suelos en el Distrito de Santa Rosa para una Magnitud Sismica Mw=7.0 en la escala de Richter.						
SPT- 08 , SPT 09 (Zona 4)						
Perforacion		Profundidad evaluada y perforada				
		1.45 m	2.45 m	3.45 m	4.45 m	5.45 m
SPT - 08	SUCS	SP-SC	SC	CL	-	-
	(N1)60cs	18.77	25.73	109.58	-	-
	FS	0.67	0.9	-	-	-
	EVALUACION	LICUABLE	LICUABLE	NO LICUABLE	NO LICUABLE	NO LICUABLE
	RANGO O NIVEL DE LICUACION	RANGO DE SUCEPTIBILIDAD ALA LICUACION: MEDIO 2 ESTRATOS (1.45 Y 2.45) LICUABLES				
SPT - 09	SUCS	SC	CL	CL	-	-
	(N1)60cs	29.1	61.92	104.33	-	-
	FS	1.34	-	-	-	-
	EVALUACION	NO LICUABLE	NO LICUABLE	NO LICUABLE	NO LICUABLE	NO LICUABLE
	RANGO O NIVEL DE LICUACION	NO EXISTE SUCEPTIBILIDAD ALA LICUACION				

Tabla 138

Resumen de los resultados de los sondeos zona IV (SPT 08 y SPT 09) para Mw=7.5

Resumen Resultados del analisis de Potencial de Licuefaccion de Suelos en el Distrito de Santa Rosa para una Magnitud Sismica Mw=7.5 en la escala de Richter.						
SPT- 08 , SPT 09 (Zona 4)						
Perforacion		Profundidad evaluada y perforada				
		1.45 m	2.45 m	3.45 m	4.45 m	5.45 m
SPT - 08	SUCS	SP-SC	SC	CL	-	-
	(N1)60cs	18.77	25.73	109.58	-	-
	FS	0.49	0.67	-	-	-
	EVALUACION	LICUABLE	LICUABLE	NO LICUABLE	NO LICUABLE	NO LICUABLE
	RANGO O NIVEL DE LICUACION	RANGO DE SUCEPTIBILIDAD ALA LICUACION: MEDIO 2 ESTRATOS (1.45 Y 2.45) LICUABLES				
SPT - 09	SUCS	SC	CL	CL	-	-
	(N1)60cs	29.1	61.92	104.33	-	-
	FS	0.99	-	-	-	-
	EVALUACION	LICUABLE	NO LICUABLE	NO LICUABLE	NO LICUABLE	NO LICUABLE
	RANGO O NIVEL DE LICUACION	RANGO DE SUCEPTIBILIDAD ALA LICUACION: MEDIO 2 ESTRATOS (1.45 Y 2.45) LICUABLES				

Tabla 139

Resumen de los resultados de los sondeos zona IV (SPT 08 y SPT 09)
para Mw=8.0

Resumen Resultados del analisis de Potencial de Licuefaccion de Suelos en el Distrito de Santa Rosa para una Magnitud Sismica Mw=8.0 en la escala de Richter.						
SPT- 08 , SPT 09 (Zona 4)						
Perforacion		Profundidad evaluada y perforada				
		1.45 m	2.45 m	3.45 m	4.45 m	5.45 m
SPT - 08	SUCS	SP-SC	SC	CL	-	-
	(N1)60cs	18.77	25.73	109.58	-	-
	FS	0.36	0.49	-	-	-
	EVALUACION	LICUABLE	LICUABLE	NO LICUABLE	NO LICUABLE	NO LICUABLE
	RANGO O NIVEL DE LICUACION	RANGO DE SUCEPTIBILIDAD ALA LICUACION: MEDIO 2 ESTRATOS (1.45 Y 2.45) LICUABLES				
SPT - 09	SUCS	SC	CL	CL	-	-
	(N1)60cs	29.1	61.92	104.33	-	-
	FS	0.73	-	-	-	-
	EVALUACION	LICUABLE	NO LICUABLE	NO LICUABLE	NO LICUABLE	NO LICUABLE
	RANGO O NIVEL DE LICUACION	RANGO DE SUCEPTIBILIDAD A LA LICUACION: BAJO 1 ESTRATOS (1.45) LICUABLES				

Tabla 140

Resumen de los resultados de los sondeos zona IV (SPT 08 y SPT 09)
para Mw=8.5

Resumen Resultados del analisis de Potencial de Licuefaccion de Suelos en el Distrito de Santa Rosa para una Magnitud Sismica Mw=8.5 en la escala de Richter.						
SPT- 08 , SPT 09 (Zona 4)						
Perforacion		Profundidad evaluada y perforada				
		1.45 m	2.45 m	3.45 m	4.45 m	5.45 m
SPT - 08	SUCS	SP-SC	SC	CL	-	-
	(N1)60cs	18.77	25.73	109.58	-	-
	FS	0.28	0.37	-	-	-
	EVALUACION	LICUABLE	LICUABLE	NO LICUABLE	NO LICUABLE	NO LICUABLE
	RANGO O NIVEL DE LICUACION	RANGO DE SUCEPTIBILIDAD ALA LICUACION: MEDIO 2 ESTRATOS (1.45 Y 2.45) LICUABLES				
SPT - 09	SUCS	SC	CL	CL	-	-
	(N1)60cs	29.1	61.92	104.33	-	-
	FS	0.55	-	-	-	-
	EVALUACION	LICUABLE	NO LICUABLE	NO LICUABLE	NO LICUABLE	NO LICUABLE
	RANGO O NIVEL DE LICUACION	RANGO DE SUCEPTIBILIDAD A LA LICUACION: BAJO 1 ESTRATOS (1.45) LICUABLES				

Con respecto a los resultados de la Zona 4 que está comprendida por los sondeos SPT-08 y SPT- 09 y está Comprendida en la parte Este del distrito en la intersección de las calles 28 de julio y Pinos (Sector IV Urb. Los Cedros y Sector II Urb. 28 de octubre), así como también abarca las intersecciones de las calles Hugo Pesce Y 7Junio (Sector IV Urb, Los comuneros y Sector VII Urb. Señor Nazareno), está conformada por Arenas arcillosas (SC), Arcillas arenosas de alta plasticidad (CL), esta zona es licuable hasta una profundidad de 3.45 m para el SPT- 08 y hasta 1.45 m para el SPT -09. Ver Plano (PL-03) Mapa de Zonas licuables Santa Rosa.

se registraron número de golpes intermedios hasta la profundidad de 1.45m y golpes de intermedio a muy elevados hasta la profundidad de 3.45 , debido a que está conformado por suelos Arenas arcillosas (SC), Arcillas arenosas de alta plasticidad (CL) y a profundidades superiores a 3.45 m se registraron golpes muy elevados, dando rechazo, esto se debe a que se tratan de arenas arcillosas y arcillas arenosas, de consistencia dura ; con estos resultados se calculó el $(N_1)_{60CS}$ dando valores menores a 30, el cual según el método y sus parámetros establecidos se puede utilizar las formula propuestas por los diferentes investigadores porque se trata de suelo que presenta potencial de licuefacción y se procedió a calcular para diferentes magnitudes sísmicas de $M_w=5.5$ a 8.5, esto se detallan en las **tablas de 133 a la tabla 140**

Magnitud sísmica de $M_w = 5.5$, el $F_s > 1.30$, es decir el potencial de licuefacción es muy bajo o inexistente para los SPT- 08 y SPT-09

Magnitud sísmica de $M_w = 6.0$, el $F_s > 1.30$, es decir el potencial de licuefacción es muy bajo o inexistente para los SPT-09 y para SPT-08 el **$F_s=1.29$** , el suelo es susceptible a la licuación hasta una profundidad de 1.45m su rango de licuación es **BAJO**.

Magnitud sísmica de $M_w = 6.5$, el $F_s > 1.30$, es decir el potencial de licuefacción es muy bajo o inexistente para los SPT-09 y para SPT-08 su **$F_s=1.25$** , donde el estrato es susceptible a la licuación hasta una profundidad de 2.45m y rango de licuación es **MEDIO** ya que presenta 2 estratos (1.45m y 2.45 m) mayores a un 1m licuables.

Magnitud sísmica de $M_w = 7.0$, el $F_s > 1.30$, es decir el potencial de licuefacción es muy bajo o inexistente para los SPT-09 y para SPT-08 su **$F_s=0.90$** , donde el estrato es susceptible a la licuación hasta una profundidad de 2.45m y rango de licuación es **MEDIO** ya que presenta 2 estratos (1.45m y 2.45 m) mayores a un 1m licuables.

Magnitud sísmica de $M_w = 7.5$, para el SPT-08 su **$F_s=0.67$** , donde el estrato es susceptible a la licuación hasta una profundidad de 2.45m y rango de licuación es **MEDIO** ya que presenta 2 estratos (1.45m y 2.45 m) mayores a un 1m licuables, ya para el SPT-09 el **$F_s=0.99$** , el suelo es susceptible a la licuación hasta una profundidad de 1.45m su rango de licuación es **BAJO**.

Magnitud sísmica de $M_w = 8.0$, para el SPT-08 su **$F_s=0.49$** , donde el estrato es susceptible a la licuación hasta una profundidad de 2.45m y rango de licuación es **MEDIO** ya que presenta 2 estratos (1.45m y 2.45 m) mayores a un 1m licuables, ya para el SPT-09 el **$F_s=0.73$** , el suelo es susceptible a la licuación hasta una profundidad de 1.45m su rango de licuación es **BAJO**.

Magnitud sísmica de $M_w = 8.5$, para el SPT-08 su **$F_s=0.37$** , donde el estrato es susceptible a la licuación hasta una profundidad de 2.45m y rango de licuación es **MEDIO** ya que presenta 2 estratos (1.45m y 2.45 m) mayores a un 1m licuables, ya para el SPT-09 el **$F_s=0.55$** , el suelo es susceptible a la licuación hasta una profundidad de 1.45m su rango de licuación es **BAJO**.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y

RECOMENDACIONES

V. Conclusiones y recomendaciones

5.1. Conclusiones

1. Los ensayos de Granulometría y Límites de Atterberg, mediante los resultados obtenidos fueron utilizados para poder clasificar los suelos en SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACION DE SUELOS (SUCS), para así poder zonificar el área en estudio por estrato en cada sondeo SPT realizado y así mismo el ensayo de Gravedad Especifica Relativa de los Solidos fue utilizado para calcular la Densidad Natural y Densidad Saturada de cada estrato en cada sondeo SPT Realizado.

2. En el cálculo de corrección por Sismo el Valor (CRR), se realizó utilizando 3 factores de corrección: Factor de Correccion MSF de Seed e Idriss (1982), Factor de Correccion MSF de Ambraseys (1988) y Factor de Correccion MSF de NCEER (Seed R. B. et al) (1997 - 2003). Donde se toma en cuenta el Factor de Correccion MSF de NCEER (Seed R. B. et al) (1997 - 2003), por los resultados obtenidos que son más estables con respecto a los demás factores y por ser uno de los estudios más recientes.

3. De acuerdo a los resultados obtenidos en la investigación realizada se lograron agrupar e identificar IV zonas dentro de las cuales, las zonas I, II y IV se presentan como zonas susceptibles al fenómeno de licuefacción y la zona III donde el fenómeno no se presenta a ninguna profundidad.

Así mismo también se identificó la profundidad hasta donde ocurre el fenómeno de licuefacción para los sondajes SPT, el suelo estudiado es licuable para la zona I hasta los 4.45 m para el sondeo SPT-01 y 3.45m para el sondeo SPT-07 , zona II hasta los 3.45 para los sondeos SPT-02, SPT-05 y SPT-10 y hasta los 2.45 m, zona IV hasta la 2.45 m para el SPT-08 y 1.45m para el SPT-09. y no licuable a ninguna profundidad en la zona II.

Zona I: Compreendida en la zona central del distrito, abarca los sondeos SPT 1 y SPT7, exactamente entre la Calle José Olaya, Av. Mariscal Castilla y calle Natividad a unos 300 m del terminal pesquero

ECOPHINSA, esta zona está compuesta de SC (arenas arcillosas), SP-SM (arena mal graduada con limo) y SC (arena arcillosa), esta zona es licuable hasta la profundidad de 4.45 m para el SPT – 01 y hasta 3.45 m para el SPT-07. Ver Plano (PL-03) Mapa de Zonas Vulnerables a la Licuefacción en Santa Rosa.

Zona II: Compreendida en la zona oeste del distrito ,entre los Sectores I Cercado de Santa Rosa, Sector III Urbanización José Olaya y Sector V Urb. 28 de julio ,exactamente empieza desde el Centro Regional de Investigaciones Pesqueras e Instituto Nacional del Mar, así como también en las intersecciones de las calles Rivera del Mar y Mercedes Gordillo a unos 50 m del CEPAR, abarca también las intersección de las calles Rivera del Mar y Las Palmeras a unos 300 m del mercado de Santa Rosa y finalmente hasta el cercado exactamente en la intersección de la AV Mariscal Castilla y Venezuela en la parte sur del distrito está conformada por suelos de arenas mal graduadas (SP), arenas pobremente graduadas con limo (SP- SM), arenas arcillosas (SC- SM), esta zona es licuable hasta una profundidad de 3.45 m para los SPT -02 , SPT- 05 Y SPT -10 y hasta 2.45m para el SPT-04. Ver Plano (PL-03) Mapa de Zonas licuables Santa Rosa.

Zona III: Compreendida en la parte norte del distrito exactamente desde espaldas del Terminal Pesquero Ecophinsa hasta las inmediaciones del dren 400, esta zona está conformada por Arenas arcillosas (SC), Limo arenoso de Baja plasticidad (ML), Arcillas arenosas de baja plasticidad (CH) y por Arcillas Arenosas de alta plasticidad (CL) esta zona no es licuable a ninguna profundidad. Ver Plano (PL-03) Mapa de Zonas licuables Santa Rosa.

Zona IV: Compreendida en la parte Este del distrito en la intersección de las calles 28 de julio y Pinos (Sector IV Urb. Los Cedros y Sector II Urb. 28 de octubre), así como también abarca las intersecciones de las calles Hugo Pesce Y 7Junio (Sector IV Urb, Los comuneros y Sector VII Urb. Señor Nazareno), está conformada por Arenas arcillosas (SC), Arcillas arenosas de alta plasticidad (CL), esta zona es licuable hasta una profundidad de 2.45 m para el SPT- 08 y hasta 1.45 m para el SPT -09. Ver Plano (PL-03) Mapa de Zonas licuables Santa Rosa.

4. Con los sondajes SPT realizados para la presente investigación, se puede concluir que según los resultados obtenidos se determinó que las propiedades de los suelos estudiados en cada sondeo y agrupados de zonas debido a sus similitudes en su clasificación SUCS, se dice que la zona I y II que abarcan la zona costera y la zona Central del Distrito de Santa Rosa es decir el 53.46 % del total del área en estudio, es la más propensa y susceptible al fenómeno de licuefacción ya que según su clasificación SUCS es un suelo SP, SP-SM, SM, SC-SM, y con un bajo contenido de % de finos (material pasante la malla # 200) y teniendo una Napa freática , características esenciales para que seas propensas al fenómeno de licuación de suelos.

También con un $(N1)60cs < a 30$, es decir se registraron golpes de bajos a intermedios.

5. Según los los sondajes SPT realizados también se puede concluir que los suelos agrupados en la zona III que abarcan la zona norte del Distrito de Santa Rosa es decir el 14.25% del total del área en estudio, no presenta el fenómeno de licuefacción a ninguna profundidad, ya que según la clasificación SUCS es un suelo compuesto en su mayoría por ML,SC ,CL y CH y con un $(N1)60cs > a 30$, por lo consiguiente se trata de suelos de consistencia muy dura y muy dura debido al elevado número de golpes que se registra. En estas zonas no se pudo precisar el nivel freático hasta la profundidad estudiada.

6. El factor de desaceleración conforme a la profundidad (rd) va disminuyendo en función de la profundidad, dando una disminución a la relación del esfuerzo cíclico (CSR), que a su vez aumenta el factor de seguridad (FS), por lo que comprobamos que a mayor profundidad mayor factor de seguridad ante la licuefacción.

5.2. Recomendaciones.

1. El ensayo SPT es un método confiable para evaluar el potencial de licuefacción, pero los resultados no pueden ser considerados para dar a conocer que todo el distrito de Santa Rosa es susceptible a la licuefacción, ya que para zonas donde no se abarcaron sondeos esto podría cambiar, en la investigación se trató de abarcar la mayor área posible pero por razones de permisos y existiendo vías asfaltadas no se pudo abarcar otras zonas, y para otros estudios se debería abarcar otras área para así poder evaluar el potencial de licuefacción.
2. Para los proyectistas de todo tipo de obra civiles se recomienda que tenga en cuenta la profundidad donde ocurre el fenómeno de licuefacción para que así la estructura no pueda colapsar.
3. Realizar un estudio que abarque mas zona de estudio que por cuestiones económicas y de permisos no se pudo realizar.
4. En la presente investigación no se incluyeron métodos de mejora para el fenómeno de licuefacción por falta de tiempo y por condiciones económicas, así que para investigaciones futuras podrían ser incluidas en su desarrolló.

REFERENCIAS

- Alva, J., Meneses, J., Chang, L., Lara, J., Nishimura, T. (1992). *Efectos en el terreno ocasionados por los sismos de alto mayo en Perú*. Universidad Nacional de Ingeniería. Lima. Perú. Recuperado, desde: http://www.cismid.uni.edu.pe/descargas/redacis/redacis26_a.pdf
- Alfaro, F. (2013). *Comparación entre la metodología para evaluar el potencial de riesgo de licuefacción y los catastros realizados luego del terremoto de 2010 en concepción*. (Tesis de Ingeniería Civil). Universidad del Bio Bio. Concepción. Recuperado, desde: http://cybertesis.ubiobio.cl/5C83073D-FD83-4866-8F22-D30856C70751/FinalDownload/DownloadId-7F76C0197D8E7F4DBF9048920668C2B6/5C83073D-FD83-4866-8F22-D30856C70751/tesis/2013/alfaro_f/doc/alfaro_f.pdf
- Antonio, V. (2006). *Estabilización química de depósitos de suelos susceptibles a licuación*. (Tesis Doctoral). Universidad Nacional Autónoma de México. Recuperado, desde: <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/996/ANTONIOIZARRARAS.pdf?sequence=1>
- Campos, D. (2011). *Estudio de la Variabilidad del Suelo de Piura a Través del SPT para la valoración del F.S*. Universidad Nacional de Piura. (Tesis de Ingeniería Civil). Recuperado, desde: https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/123456789/1356/ICI_189.pdf?sequence=1
- Falcon, M., Ramirez, P. (2012). *Generación de mapas de licuefacción a partir del sismo de febrero de 2010*. Servicio Nacional de Geología y Minería, SERNAGEOMIN. Recuperado, desde: <http://vu2018.admin.hosting.ing.udec.cl/descargas/5.pdf>

García, N. (2007). *Análisis comparativo del fenómeno de licuación en arenas. Aplicación a Tumaco (Colombia)*. (Tesis Doctoral). Universidad Politécnica de Catalunya. España. Recuperado, desde:

<http://www.tdx.cat/5C83073D-FD83-4866-8F22-D30856C70751/FinalDownload/DownloadId-900464575567035C2BC58557C2D48CA7/5C83073D-FD83-4866-8F22-D30856C70751/bitstream/handle/10803/6249/03JRgn03de03.pdf;jsessionid=7B425CC9D25981F398BCC1D1DFEE181A?sequence=3>

Henríquez, C. (2007). *Mejora de terrenos potencialmente licuables con inyecciones de compactación*. (Tesis doctoral). Universidad Politécnica de Madrid. Recuperado, desde:

http://oa.upm.es/5C83073D-FD83-4866-8F22-D30856C70751/FinalDownload/DownloadId-AAE97B1C668FF9D58B36C1C58B908F19/5C83073D-FD83-4866-8F22-D30856C70751/379/1/CARLOS_HENRIQUEZ_PANTALEON.pdf

INDECI. (2003). *Mapa de peligros de la ciudad de Santa Rosa*. Instituto Nacional de Defensa Civil. PNUD PER/02/051. Perú. Recuperado, desde:

http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/estudios_CS/Region_lambayeque/chiclayo/pimentel_mp.pdf

INDECI. (2003). *Mapa de peligros de la ciudad de Lambayeque*. Instituto Nacional de Defensa Civil. PNUD PER/02/051. Perú. Recuperado, desde:

http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/estudios_CS/Region_lambayeque/chiclayo/pimentel_mp.pdf

Lara, N. (2013). *Susceptibilidad de licuefacción en la comuna de Doñihue*. (Tesis de geología). Universidad de Chile. Recuperado, desde: file:///C:/Users/Alumno/Downloads/cf-lara_ny.pdf

Liquiter. (2010). *Geostru Software*. Recuperado, desde: http://www.geostru.com/download/usermanual/Liquiter_ES.pdf

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2014). Decreto supremo que modifica la norma técnica E.030 "Diseño Sismorresistente" del reglamento nacional de edificaciones, aprobada por decreto supremo N° 011-2006-Vivienda, modificada con decreto supremo N° 002-2014-Vivienda. Perú. Recuperado, desde: <http://busquedas.elperuano.com.pe/download/url/decreto-supremo-que-modifica-la-norma-tecnica-e030-diseno-decreto-supremo-n-003-2016-vivienda-1337531-1>

Norma Técnica, E-0.50. (2013). *Suelos y cimentaciones*. Del reglamento nacional de edificaciones.

Mussio, V. (2012). *Potencial de licuación mediante el método de microtemores en la colonia solidaridad social, Mexicali*. (Tesis de Maestría). Universidad Nacional Autónoma de México. Recuperado, desde: <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/5177/tesis.pdf.pdf?sequence=1>

Santibáñez, D. (2006). *Determinación del potencial de licuefacción de suelos no cohesivos saturados bajo cargas sísmicas usando el ensayo de penetración estándar*. (Tesis de Ingeniería en Construcción). Universidad Austral de Chile. Recuperado, desde: <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2006/bmficis235d/doc/bmficis235d.pdf>

Seed & Idriss. (1971). *Procedimiento simplificado para la evaluación del potencial de licuefacción de suelos*.

Youd, T., Idriss, I. (1996). *Liquefaction Resistance of Soils*. Summary report from the 1996 NCEER and 1998 NCEER/NSF workshops on evaluation of liquefaction resistance of soils. Recuperado, desde:

http://www.marchetti-dmt.it/wp-content/uploads/bibliografia/youd_2001_NCEER_workshop.pdf

Zapata, O. (2012). *Estimación de desplazamiento lateral y vertical del terreno debido a licuación inducido por sismo en México*. (Tesis de ingeniería civil). Universidad Nacional Autónoma de México. Recuperado, desde:

<file:///C:/Users/Alumno/Downloads/TESIS.pdf.pdf>

