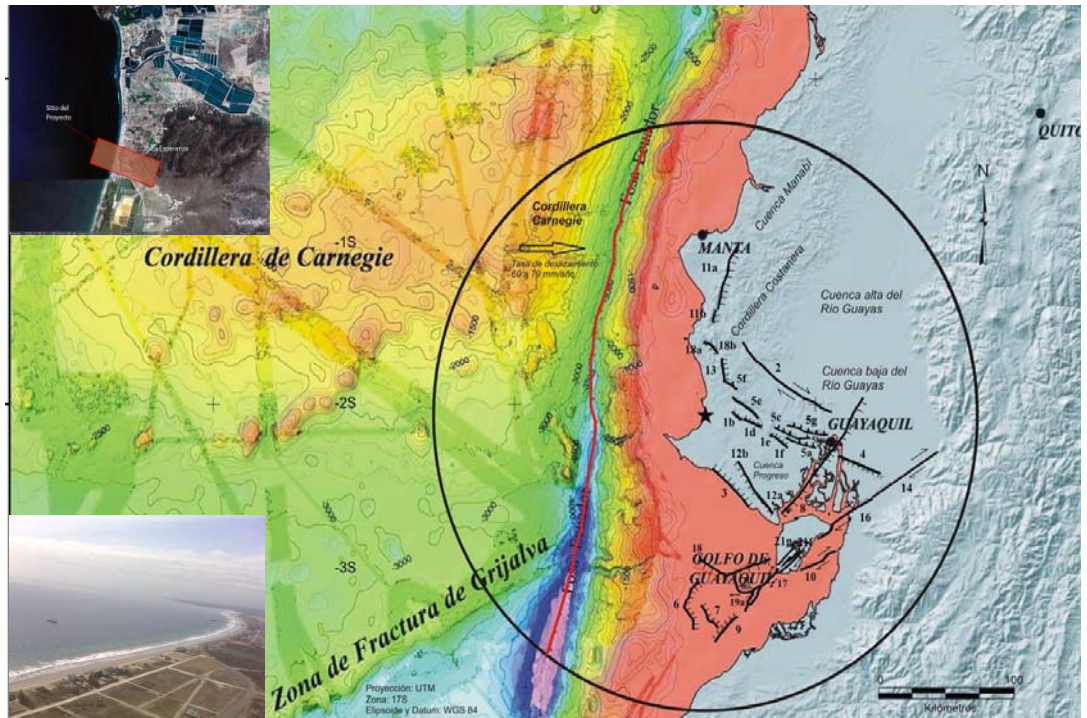


INFORME PRELIMINAR DE FASE III

Estudios Geológicos, Geotécnicos y de Riesgo Sísmico para el proyecto: **“TERMINAL MARÍTIMO Y PLANTA DE ALMACENAMIENTO DE GLP EN MONTEVERDE, PROVINCIA DE SANTA ELENA”**



INFORME PRELIMINAR DE LA EVALUACIÓN DE LA ESTABILIDAD GEOTÉCNICA DEL SUBSUELO, ESTÁTICA, CÍCLICA Y SÍSMICA (AGUA)

Preparado para:

FLOPEC Flota Petrolera Ecuatoriana

Guayaquil-Ecuador

Noviembre 07, del 2008



UNIVERSIDAD NAVAL “COMANDANTE RAFAEL MORAN VALVERDE”

Cumpliendo con los términos de referencia de la evaluación de la estabilidad geotécnica del subsuelo, estática, cíclica y sísmica a lo largo del eje del muelle proyectado, se han realizado análisis de la estabilidad del subsuelo ante las cargas cíclicas del oleaje en la parte superior del subsuelo y sísmicas en el subsuelo evaluando el potencial de licuación en las series arenosas.

1.1 Objetivo del Estudio

El objetivo principal del presente estudio es la generación de un marco de comportamiento cíclico, sísmico y estático del subsuelo afectado por la parte superior por el oleaje, considerando la interacción entre el pilote-suelo, y sísmica por el paso de las ondas cortantes y de superficie durante el evento sísmico de diseño, 10% PE en 50 años. Con esta información el especialista en cargo del diseño definitivo del sistema de cimentación del muelle podrá considerar estos efectos fundamentales en este tipo de obras portuarias, considerando su ubicación geográfica.

1.2 Alcance de la Investigación

Para cumplir el objetivo planteado se realizaron las siguientes actividades:

- Evaluación del potencial de licuación y los asentamientos probables luego de la disipación de la presión de poro
- Evaluación dinámica de la rigidez y amortiguamiento de las series arenosas

2.1 Metodología

Licuación es el fenómeno mediante el cual un depósito de suelo; grava, arena o limo saturado, pierde una gran parte de su resistencia al esfuerzo cortante debido al incremento de presión de poros bajo condiciones de carga no-drenada, estas pueden ser monotónicas o cíclicas.

Es importante reconocer que la licuación no ocurre de manera aleatoria y que por el contrario se requieren ciertos ambientes geológicos e hidrológicos, y que ocurre principalmente en depósitos recientes de arena y limo con altos niveles freáticos, casos históricos de licuación han sido documentados en ciudades que han ocurrido sismos, tales como; Bahía de Caraquez en Ecuador, Adapazari en Turquía, Bahía de San Francisco en USA, Kobe en Japón, y otros.

Los más susceptibles están constituidos por los depósitos del Holoceno (con una edad inferior a los 10.000 años), pero es muy poco probable, dependiendo del nivel del peligro sísmico, que se presente en depósitos de suelos de edad anterior a los del Pleistoceno. Los depósitos recientes ubicados en deltas de canales y ríos, llanuras de inundación y rellenos pobremente compactados (rellenos hidráulicos) son los más susceptibles a la licuación. Por lo expuesto y considerando que se detectó en todos los sondeos realizados en agua un estrato variable de arena limosa, se evaluó el potencial de licuación y se estimó el nivel de deformaciones volumétricas que se podrían generar luego de que se disipe el exceso de presión de poro en la masa de suelo licuable.

Como primera etapa del análisis, se realizó una evaluación inicial del potencial de licuación mediante el método simplificado de Bray et. al (2004). Con este primer análisis se detectó que la serie areno-limosa superior es potencialmente licuable en el en los primeros metros del estrato superior de arena limosa de playa. Considerando el procedimiento probabilístico de Cetin et al (2004) se evaluó el potencial de licuación en términos de factor de seguridad y probabilidad de licuación para las series arenosas y areno-limosas para cada zona geotécnica, zona 1 a 4.

Adicionalmente, se estimó las posibles deformaciones volumétricas (post-licuación) que se desarrollarían en cada zona geotécnica luego que el exceso de la presión de poro se disipe en el subsuelo. El estado actual del conocimiento, Seed et. al (2003) nos permite estimar los asentamiento/deformación post licuación con un factor de ± 2 con respecto a los valores de deformación observados en casos medidos en campo. Para la estimación de las deformaciones volumétricas, se consideró el criterio de Wu, J (2003).

2.2 Resultados del potencial de licuación y estimación de deformaciones post-licuación

Considerando los resultados presentados en el informe de evaluación geotécnica y geológica del subsuelo en el cual se definen cuatro zonas geotécnicas, se ha evaluado el potencial de licuación de cada zona. La excitación sísmica de entrada fue obtenida en el análisis de peligro sísmico, considerando el efecto de sitio del subsuelo en el sitio donde se realizó el ensayo DOWNHOLE, PA10 para el sismo de 10% PE en 50 años ($T_r = 475$ años), para lo cual se establece un PGA de 0.52g.

En la zona 1, se muestra la figura 1 el cuadro de análisis del potencial de licuación obteniendo los valores de CRR y CSR, los Factores de Seguridad y Probabilidad de licuación de cada capa de suelo analizada. En la figura 2 se muestra que en los dos primeros metros la serie arenosa en propensa a licuarse en el evento sísmico de diseño, obteniendo FS de 0.26 a 0.79 y probabilidad de licuación de 50 a mayores de 95%. Es recomendable que se considere este comportamiento del subsuelo en los análisis dinámicos de carga lateral del sistema de pilotes. En la figura 3 se muestran las estimaciones de la deformación volumétrica en el estrato licuable, donde se esperarían valores del orden de 5 cm en campo libre.

En la zona 2, se muestra la figura 4 el cuadro de análisis del potencial de licuación obteniendo los valores de CRR y CSR, los Factores de Seguridad y Probabilidad de licuación de cada capa de suelo analizada. En la figura 5 se muestra que en los dos primeros metros la serie arenosa en propensa a licuarse en el evento sísmico de diseño, obteniendo FS de 0.23 a 0.30 y probabilidad de licuación mayores de 95%. Es recomendable que se considere este comportamiento del subsuelo en los análisis dinámicos de carga lateral del sistema de pilotes. En la figura 6 se muestran las estimaciones de la deformación volumétrica en el estrato licuable, donde se esperarían valores del orden de 8 cm en campo libre.

En la zona 3, se muestra la figura 7 el cuadro de análisis del potencial de licuación obteniendo los valores de CRR y CSR, los Factores de Seguridad y Probabilidad de licuación de cada capa de suelo analizada. En la figura 8 se muestra que en los dos primeros metros la serie arenosa en propensa a licuarse en el evento sísmico de diseño, obteniendo FS de 0.23 a 0.30, adicionalmente se observa un estrato de 1m de espesor ubicado en a los 12 m de profundidad cuyo FS es 0.35, y probabilidad de licuación mayores de 95%. Es recomendable que se considere este comportamiento del subsuelo en los análisis dinámicos de carga lateral del sistema de pilotes. En la figura 9 se muestran las estimaciones de la deformación volumétrica en el estrato licuable, donde se esperarían valores del orden de 10 cm en campo libre.

En la zona 4, se muestra la figura 10 el cuadro de análisis del potencial de licuación obteniendo los valores de CRR y CSR, los Factores de Seguridad y Probabilidad de licuación de cada capa de suelo analizada. En la figura 11 se muestra que en los dos primeros metros la serie arenosa en propensa a licuarse en el evento sísmico de diseño, obteniendo FS (Factor de Seguridad) de 0.10 a 0.59 y probabilidad de licuación de 80 a mayor de 95%. Entre los 4 a 6 metros aproximadamente se observan probabilidades de licuación de 61 75%. En el estrato de arena a los 9 m de profundidad se observa un FS de 0.13 y probabilidad de licuación mayor a 95%. Es recomendable que se considere este comportamiento del subsuelo en los análisis dinámicos de carga lateral del sistema de pilotes. En la figura 12 se muestran las estimaciones de la deformación volumétrica en el estrato licuable, donde se esperarían valores del orden de 27 cm en campo libre, siendo esta zona la de mayor riesgo de licuación.

ZONA GEOTECNICA 1

Liquefaction Analysis

SPT No.	Depth (m)	N field	Energy Factor	Rod Factor	Sampler Factor	Borehole Factor	Total Stress (kN/m^2)	Effective Stress (kN/m^2)	Cn	N1,60	Fines Content (%)	N1,60,cs	Ksigma	Alpha	Kalpha	CRR	CSR	FS	PI (%)
1	1	14	1	.7	1	1	17	7.18	1.6	15.6	20	17.8	1.5	---	---	.226	.844	.26	> 95
2	2	25	1	.79	1	1	34	14.37	1.6	31.6	20	35.1	1.5	---	---	.668	.844	.79	50
3	3	35	1	.85	1	1	51	21.57	1.6	47.6	20	52.4	1.46	---	---	NL	.844	---	---
4	7	40	1	.96	1	1	119	50.32	1.41	54.1	20	59.4	1.18	---	---	NL	.841	---	---
5	17	65	1	.99	1	1	296	129.23	.88	56.6	30	62.6	.92	---	---	NL	.778	---	---
6	20	38	1	1	1	1	350	153.79	.81	30.7	40	36.7	.88	---	---	NL	.753	---	---

Notes:

CSR analysis using Seed & Idriss (1971) and Cetin et al. (2001)
 CSR File: C:\Program Files\SHAKE2000\pa10.CSR
 CRR using SPT Data and Cetin et al. (2001) Probabilistic Method
 CRR File: C:\Program Files\SHAKE2000\PA10 monte.CRR
 Earthquake used in CSR Analysis:
 Earthquake Magnitude for CRR Analysis: 8
 Peak Ground Acceleration for CSR Analysis (g, from User): .55
 Magnitude Scaling Factor (MSF): .86
 Depth to Water Table for CRR Analysis (m): 0
 Depth to Water Table for Cn Calculation (m): 0
 Depth to Base Layer for CSR Analysis (m): 25.5
 MSF Option: Cetin et al. (2001)
 Cn Option: Liao & Whitman (1986)
 Ksigma Option:
 SPT Energy Ratio: Safety Hammer(1): .95
 **effective stress computed using Depth to Water Table for CRR Analysis
 *value modified by user



Comdte. Rafael Morán Valverde

UNIVERSIDAD NAVAL
"COMANDANTE RAFAEL MORAN VALVERDE"

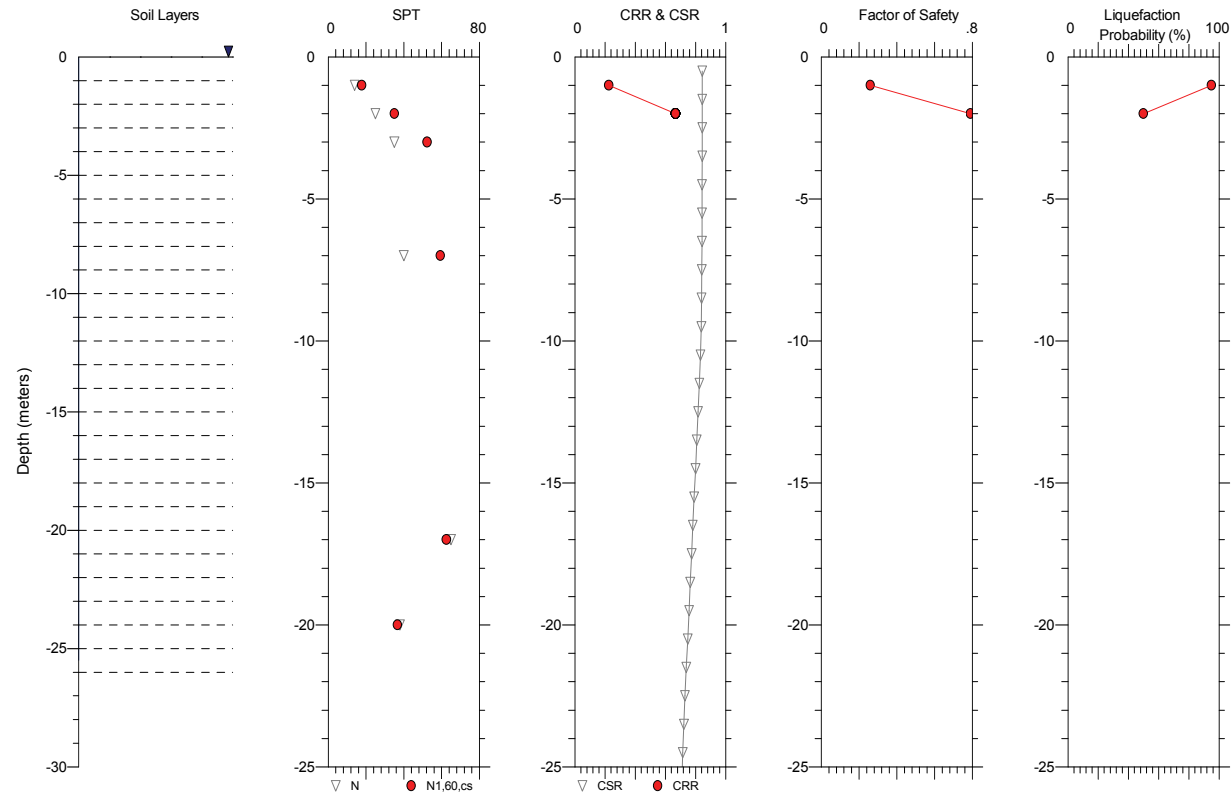
CLIENTE: FLOPEC

ESTUDIOS GEOLOGICOS, GEOTECNICOS Y DE RIESGO SISMICO PARA
EL PROYECTO: "TERMINAL MARITIMO Y PLANTA DE ALMACENAMIENTO
DE GLP EN MONTE VERDE PROVINCIA DE SANTA ELENA"

SECCION:

FIGURA 1

ZONA GEOTECNICA 1



Notes:

CSR analysis using Seed & Idriss (1971) and Cetin et al. (2001)
 CSR File: C:\Program Files\SHAKE2000\pal0.CSR
 CRR using SPT Data and Cetin et. al. (2001) Probabilistic Method
 CRR File: C:\Program Files\SHAKE2000\PA10 monte.CRR
 Earthquake used in CSR Analysis:
 Earthquake Magnitude for CRR Analysis: 8
 Peak Ground Acceleration for CSR Analysis (g, from User): .55
 Magnitude Scaling Factor (MSF): .86
 Depth to Water Table for CRR Analysis (m): 0

Depth to Water Table for Cn Calculation (m): 0
 Depth to Base Layer for CSR Analysis (m): 25.5
 MSF Option: Cetin et al. (2001)
 Cn Option: Liao & Whitman (1986)
 Kalpha Option: No Kalpha Used
 Ksigma Option:
 SPT Energy Ratio: Safety Hammer(1): .95
 **effective stress computed using Depth to Water Table for CRR Analysis



UNIVERSIDAD NAVAL
 "COMANDANTE RAFAEL MORAN VALVERDE"

CLIENTE: FLOPEC

ESTUDIOS GEOLOGICOS, GEOTECNICOS Y DE RIESGO SISMICO PARA
 EL PROYECTO: "TERMINAL MARITIMO Y PLANTA DE ALMACENAMIENTO
 DE GLP EN MONTE VERDE PROVINCIA DE SANTA ELENA"

SECCION:

FIGURA 2

ZONA GEOTECNICA 1

Seismic Induced Settlement Analysis

SPT No.	Depth (m)	Thickness (m)	Soil Type	(N)1	(N1)60,cs	N(1,J)	CSR M=7.5	FSL	Ecyc (%)	Evol (%)	Settlement (cm)
1	1	1.5		----	17.8		.981	.26		2.727	4.09
2	2	1		----	35.1		.981	.79		.906	.906
3	3	2.5		----	----	----	----	NFSL		----	0
4	7	7		----	----	----	----	NFSL		----	0
5	17	6.5		----	----	----	----	NFSL		----	0
6	20	1.5		----	----	----	----	NFSL		----	0
Total Settlement (cm):											4.996

Notes:

CSR analysis using Seed & Idriss (1971) and Cetin & Seed (2000) for Mw: 8 & Vs: 286 fps
 CSR analysis on File: C:\Program Files\SHAKE2000\pa10.CSR
 Earthquake used in CSR Analysis:
 CRR File: C:\Program Files\SHAKE2000\PA10 monte.CRR
 CRR - SPT Data & Seed et. al. Method in NCEER Workshop and Cetin et al. (2001) Probabilistic Method and Cetin et al. (2001) Method
 CRR results on File: C:\Program Files\SHAKE2000\PA10 monte.CRR
 Depth to Water Table for CRR Analysis (m): 0
 Settlement of Dry Sands: Tokimatsu & Seed (1987)
 Settlement of Saturated Sands: Wu (2003)



UNIVERSIDAD NAVAL
"COMANDANTE RAFAEL MORAN VALVERDE"

CLIENTE: FLOPEC

ESTUDIOS GEOLOGICOS, GEOTECNICOS Y DE RIESGO SISMICO PARA
EL PROYECTO: "TERMINAL MARITIMO Y PLANTA DE ALMACENAMIENTO
DE GLP EN MONTE VERDE PROVINCIA DE SANTA ELENA"

SECCION:

FIGURA 3

ZONA GEOTECNICA 2

Liquefaction Analysis

SPT No.	Depth (m)	N field	Energy Factor	Rod Factor	Sampler Factor	Borehole Factor	Total Stress (kN/m^2)	Effective Stress (kN/m^2)	Cn	N1,60	Fines Content (%)	N1,60,cs	Ksigma	Alpha	Kalpha	CRR	CSR	FS	PI (%)
1	1	12	1	.7	1	1	17	7.18	1.6	13.4	20	15.4	1.5	---	---	.189	.797	.23	> 95
2	2	15	1	.79	1	1	34	14.37	1.6	18.9	20	21.4	1.5	---	---	.244	.796	.3	> 95
3	4	32	1	.9	1	1	68	28.75	1.6	46	20	50.6	1.37	---	---	NL	.792	---	---
4	11	38	1	.98	1	1	187	79.08	1.13	42	20	46.3	1.05	---	---	NL	.735	---	---
5	12	38	1	.99	1	1	204	86.28	1.08	40.6	40	46.6	1.02	---	---	NL	.719	---	---
6	13	38	1	.99	1	1	221	93.46	1.04	39.1	0	39.1	1	---	---	NL	.702	---	---

Notes:

CSR analysis using Seed & Idriss (1971) and Cetin et al. (2001)
 CSR File: C:\Program Files\SHAKE2000\pa10.CSR
 CRR using SPT Data and Cetin et. al. (2001) Probabilistic Method
 CRR File: C:\Program Files\SHAKE2000\z2monte.CRR
 Earthquake used in CSR Analysis:
 Earthquake Magnitude for CRR Analysis: 8
 Peak Ground Acceleration for CSR Analysis (g, from User): .52
 Magnitude Scaling Factor (MSF): .86
 Depth to Water Table for CRR Analysis (m): 0
 Depth to Water Table for Cn Calculation (m): 0
 Depth to Base Layer for CSR Analysis (m): 14.5
 MSF Option: Cetin et al. (2001)
 Cn Option: Liao & Whitman (1986)
 Ksigma Option:
 SPT Energy Ratio: Safety Hammer(1): .95
 *effective stress computed using Depth to Water Table for CRR Analysis
 *value modified by user



Comdte. Rafael Morán Valverde

UNIVERSIDAD NAVAL
"COMANDANTE RAFAEL MORAN VALVERDE"

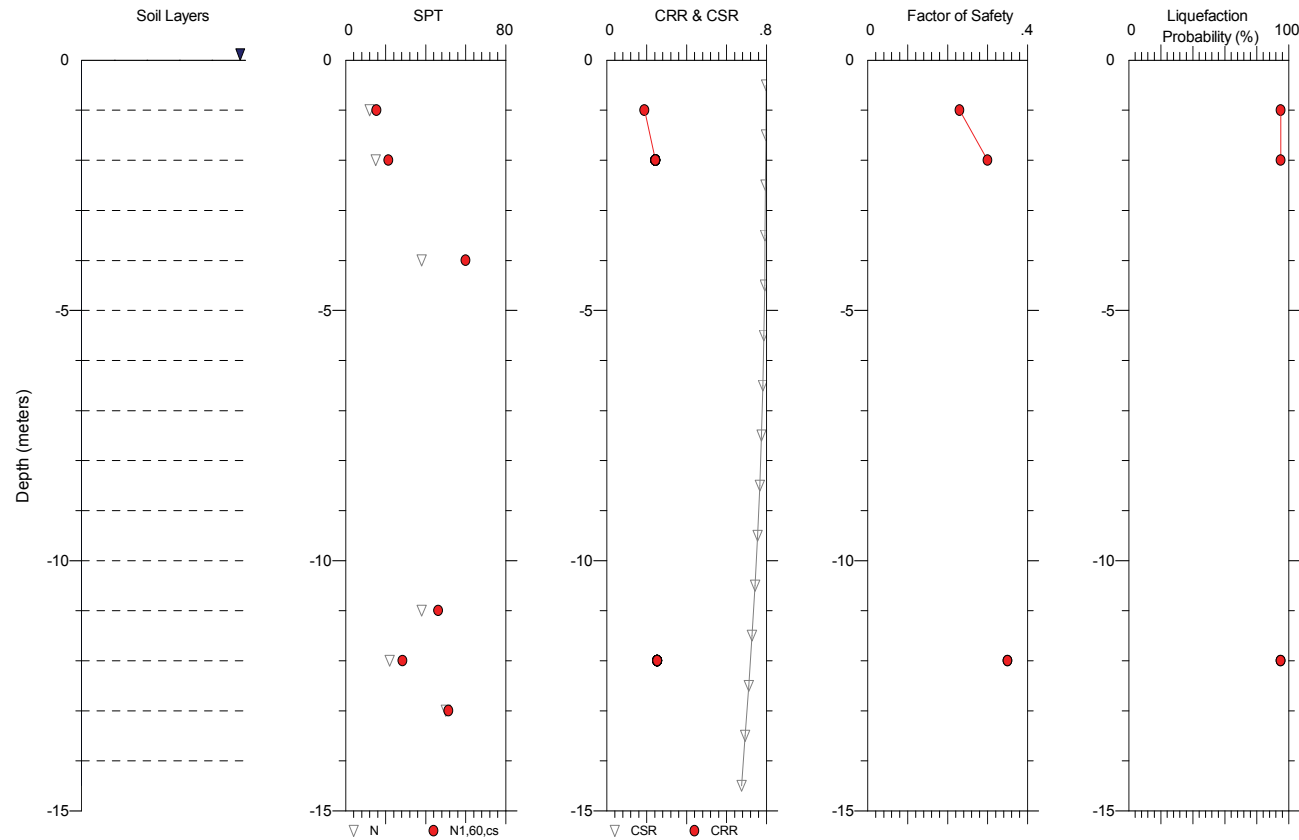
CLIENTE: FLOPEC

ESTUDIOS GEOLOGICOS, GEOTECNICOS Y DE RIESGO SISMICO PARA
EL PROYECTO: "TERMINAL MARITIMO Y PLANTA DE ALMACENAMIENTO
DE GLP EN MONTE VERDE PROVINCIA DE SANTA ELENA"

SECCION:

FIGURA 4

ZONA GEOTECNICA 2



UNIVERSIDAD NAVAL

CLIENTE:

FLOPEC

ESTUDIOS GEOLOGICOS, GEOTECNICOS Y DE RIESGO SISMICO PARA
EL PROYECTO: "TERMINAL MARITIMO Y PLANTA DE ALMACENAMIENTO

SECCION:

FIGURA 5

ZONA GEOTECNICA 2

Seismic Induced Settlement Analysis

SPT No.	Depth (m)	Thickness (m)	Soil Type	(N)1	(N1)60,cs	N(1,J)	CSR M=7.5	FSL	Ecyc (%)	Evol (%)	Settlement (cm)
1	1	1.5		----	15.4		.926	.23		3.024	4.536
2	2	1.5		----	21.4		.925	.3		2.299	3.448
3	4	4.5		----	----	----	----	NFSL		----	0
4	11	4		----	----	----	----	NFSL		----	0
5	12	1		----	----	----	----	NFSL		----	0
6	13	.5		----	----	----	----	NFSL		----	0
Total Settlement (cm):											7.983

Notes:

CSR analysis using Seed & Idriss (1971) and Cetin & Seed (2000) for Mw: 8 & Vs: 236 fps
 CSR analysis on File: C:\Program Files\SHAKE2000\pa10.CSR
 Earthquake used in CSR Analysis:
 CRR File: C:\Program Files\SHAKE2000\z2monte.CRR
 CRR - SPT Data & Seed et. al. Method in NCEER Workshop and Cetin et al. (2001) Probabilistic Method and Cetin et al. (2001) Method
 CRR results on File: C:\Program Files\SHAKE2000\z2monte.CRR
 Depth to Water Table for CRR Analysis (m): 0
 Settlement of Dry Sands: Tokimatsu & Seed (1987)
 Settlement of Saturated Sands: Wu (2003)



UNIVERSIDAD NAVAL
"COMANDANTE RAFAEL MORAN VALVERDE"

CLIENTE: FLOPEC

ESTUDIOS GEOLOGICOS, GEOTECNICOS Y DE RIESGO SISMICO PARA
EL PROYECTO: "TERMINAL MARITIMO Y PLANTA DE ALMACENAMIENTO
DE GLP EN MONTE VERDE PROVINCIA DE SANTA ELENA"

SECCION:

FIGURA 6

ZONA GEOTECNICA 3

Liquefaction Analysis

SPT No.	Depth (m)	N field	Energy Factor	Rod Factor	Sampler Factor	Borehole Factor	Total Stress (kN/m ²)	Effective Stress (kN/m ²)	Cn	N1,60	Fines Content (%)	N1,60,cs	Ksigma	Alpha	Kalpha	CRR	CSR	FS	PI (%)
1	1	12	1	.7	1	1	17	7.18	1.6	13.4	20	15.4	1.5	---	---	.189	.797	.23	> 95
2	2	15	1	.79	1	1	34	14.37	1.6	18.9	20	21.4	1.5	---	---	.244	.796	.3	> 95
3	4	38	1	.9	1	1	68	28.75	1.6	54.7	20	60	1.37	---	---	NL	.792	---	---
4	11	38	1	.98	1	1	187	79.08	1.13	42	20	46.3	1.05	---	---	NL	.735	---	---
5	12	22	1	.99	1	1	204	86.28	1.08	23.5	40	28.5	1.02	---	---	.253	.719	.35	> 95
6	13	50	1	.99	1	1	221	93.46	1.04	51.4	0	51.4	1	---	---	NL	.702	---	---

Notes:

CSR analysis using Seed & Idriss (1971) and Cetin et al. (2001)
 CSR File: C:\Program Files\SHAKE2000\pa10.CSR
 CRR using SPT Data and Cetin et. al. (2001) Probabilistic Method
 CRR File: C:\Program Files\SHAKE2000\z3monte.CRR
 Earthquake used in CSR Analysis:
 Earthquake Magnitude for CRR Analysis: 8
 Peak Ground Acceleration for CSR Analysis (g, from User): .52
 Magnitude Scaling Factor (MSF): .86
 Depth to Water Table for CRR Analysis (m): 0
 Depth to Water Table for Cn Calculation (m): 0
 Depth to Base Layer for CSR Analysis (m): 14.5
 MSF Option: Cetin et al. (2001)
 Cn Option: Liao & Whitman (1986)
 Ksigma Option:
 SPT Energy Ratio: Safety Hammer(1): 1
 *effective stress computed using Depth to Water Table for CRR Analysis
 *value modified by user



Comdte. Rafael Morán Valverde

UNIVERSIDAD NAVAL
"COMANDANTE RAFAEL MORAN VALVERDE"

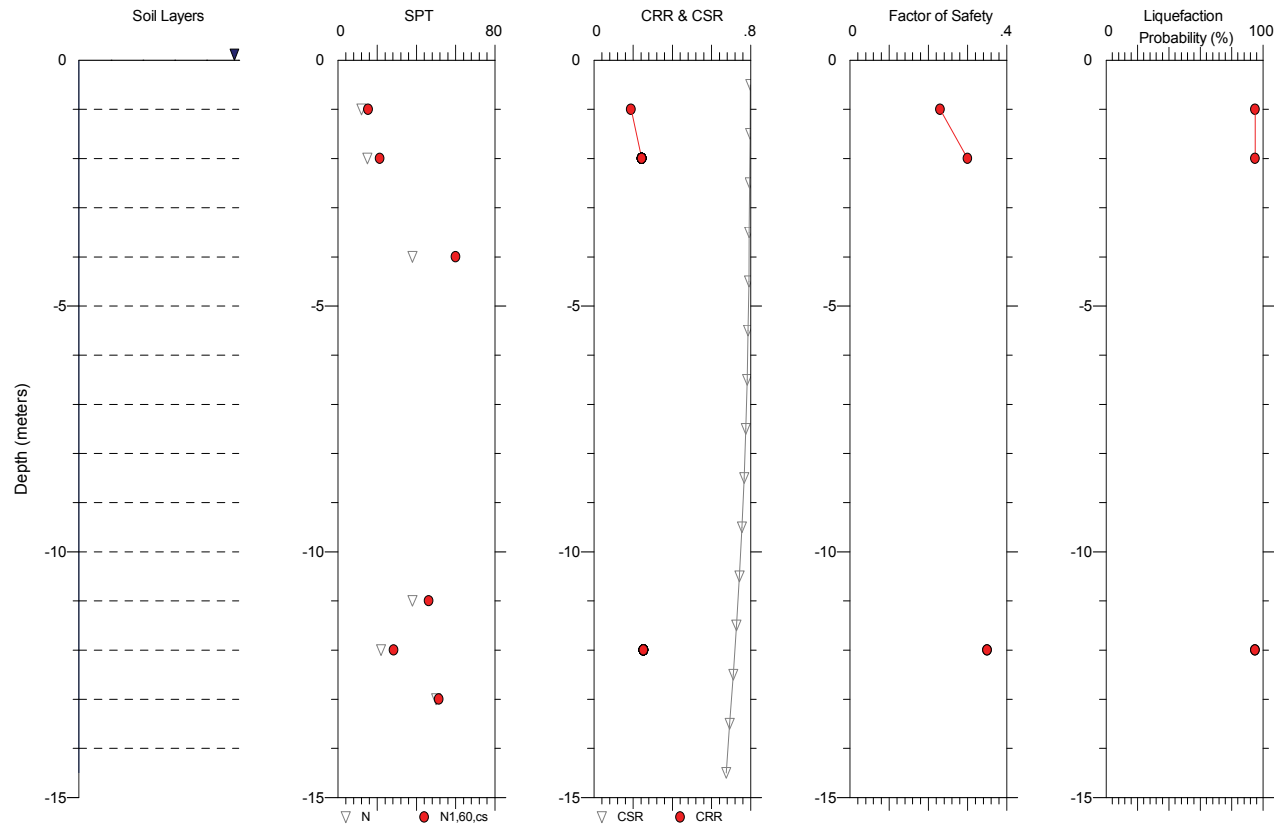
CLIENTE: FLOPEC

ESTUDIOS GEOLOGICOS, GEOTECNICOS Y DE RIESGO SISMICO PARA
EL PROYECTO: "TERMINAL MARITIMO Y PLANTA DE ALMACENAMIENTO
DE GLP EN MONTE VERDE PROVINCIA DE SANTA ELENA"

SECCION:

FIGURA 7

ZONA GEOTECNICA 3



Notes:

CSR analysis using Seed & Idriss (1971) and Cetin et al. (2001)
 CSR File: C:\Program Files\SHAKE2000\pa10.CSR
 CRR using SPT Data and Cetin et. al. (2001) Probabilistic Method
 CRR File: C:\Program Files\SHAKE2000\z3monte.CRR
 Earthquake used in CSR Analysis:
 Earthquake Magnitude for CRR Analysis: 8
 Peak Ground Acceleration for CSR Analysis (g, from User): .52
 Magnitude Scaling Factor (MSF): .86
 Depth to Water Table for CRR Analysis (m): 0

Depth to Water Table for Cn Calculation (m): 0
 Depth to Base Layer for CSR Analysis (m): 14.5
 MSF Option: Cetin et al. (2001)
 Cn Option: Liao & Whitman (1986)
 Kalpha Option: No Kalpha Used
 Ksigma Option:
 SPT Energy Ratio: Safety Hammer(1): .95
 **effective stress computed using Depth to Water Table for CRR Analysis



UNIVERSIDAD NAVAL

CLIENTE: FLOPEC

ESTUDIOS GEOLOGICOS, GEOTECNICOS Y DE RIESGO SISMICO PARA
 EL PROYECTO: "TERMINAL MARITIMO Y PLANTA DE ALMACENAMIENTO
 DE GLP EN MONTE VERDE PROVINCIA DE SANTA ELENA"

SECCION:

FIGURA 8

ZONA GEOTECNICA 3

Seismic Induced Settlement Analysis

SPT No.	Depth (m)	Thickness (m)	Soil Type	(N)1	(N1)60.cs	N(1,J)	CSR M=7.5	FSL	Ecyc (%)	Evol (%)	Settlement (cm)
1	1	1.5		----	15.4		.926	.23		3.024	4.536
2	2	1.5		----	21.4		.925	.3		2.299	3.448
3	4	4.5		----	----	----	----	NFSL		----	0
4	11	4		----	----	----	----	NFSL		----	0
5	12	1		----	28.5		.836	.35		1.547	1.547
6	13	.5		----	----	----	----	NFSL		----	0
Total Settlement (cm):											9.531

Notes:

CSR analysis using Seed & Idriss (1971) and Cetin & Seed (2000) for Mw: 8 & Vs: 236 fps
 CSR analysis on File: C:\Program Files\SHAKE2000\pa10.CSR
 Earthquake used in CSR Analysis:
 CRR File: C:\Program Files\SHAKE2000\z3monte.CRR
 CRR - SPT Data & Seed et. al. Method in NCEER Workshop and Cetin et al. (2001) Probabilistic Method and Cetin et al. (2001) Method
 CRR results on File: C:\Program Files\SHAKE2000\z3monte.CRR
 Depth to Water Table for CRR Analysis (m): 0
 Settlement of Dry Sands: Tokimatsu & Seed (1987)
 Settlement of Saturated Sands: Wu (2003)



UNIVERSIDAD NAVAL
 "COMANDANTE RAFAEL MORAN VALVERDE"

CLIENTE: FLOPEC

ESTUDIOS GEOLOGICOS, GEOTECNICOS Y DE RIESGO SISMICO PARA
 EL PROYECTO: "TERMINAL MARITIMO Y PLANTA DE ALMACENAMIENTO
 DE GLP EN MONTE VERDE PROVINCIA DE SANTA ELENA"

SECCION:

FIGURA 9

ZONA GEOTECNICA 4

Liquefaction Analysis

SPT No.	Depth (m)	N field	Energy Factor	Rod Factor	Sampler Factor	Borehole Factor	Total Stress (kN/m ²)	Effective Stress (kN/m ²)	Cn	N1,60	Fines Content (%)	N1,60,cs	Ksigma	Alpha	Kalpha	CRR	CSR	FS	PI (%)
1	1	4	.95	.7	1	1	17	7.18	1.6	4.2	0	4.2	1.5	---	---	.081	.797	.1	> 95
2	2	26	.95	.79	1	1	34	14.37	1.6	31.2	5	32	1.5	---	---	.472	.796	.59	80
3	4	25	.95	.9	1	1	68	28.75	1.6	34.2	10	36	1.37	---	---	> 0.6	.792	- - -	61
4	6	25	.95	.95	1	1	102	43.14	1.53	34.5	10	36.3	1.24	---	---	> 0.6	.784	- - -	75
5	9	12	.95	.97	1	1	153	64.71	1.25	13.8	12	15	1.1	---	---	.099	.761	.13	> 95
6	13	50	.95	.99	1	1	221	93.46	1.04	48.9	0	48.9	1	---	---	NL	.702	- - -	- - -

Notes:

CSR analysis using Seed & Idriss (1971) and Cetin et al. (2001)
 CSR File: C:\Program Files\SHAKE2000\pa10.CSR
 CRR using SPT Data and Cetin et. al. (2001) Probabilistic Method
 CRR File: C:\Program Files\SHAKE2000\PA10 monte.CRR
 Earthquake used in CSR Analysis:
 Earthquake Magnitude for CRR Analysis: 8
 Peak Ground Acceleration for CSR Analysis (g, from User): .52
 Magnitude Scaling Factor (MSF): .86
 Depth to Water Table for CRR Analysis (m): 0
 Depth to Water Table for Cn Calculation (m): 0
 Depth to Base Layer for CSR Analysis (m): 13.5
 MSF Option: Cetin et al. (2001)
 Cn Option: Liao & Whitman (1986)
 Ksigma Option:
 SPT Energy Ratio: Safety Hammer(1): .95
 **effective stress computed using Depth to Water Table for CRR Analysis
 *value modified by user



UNIVERSIDAD NAVAL
"COMANDANTE RAFAEL MORAN VALVERDE"

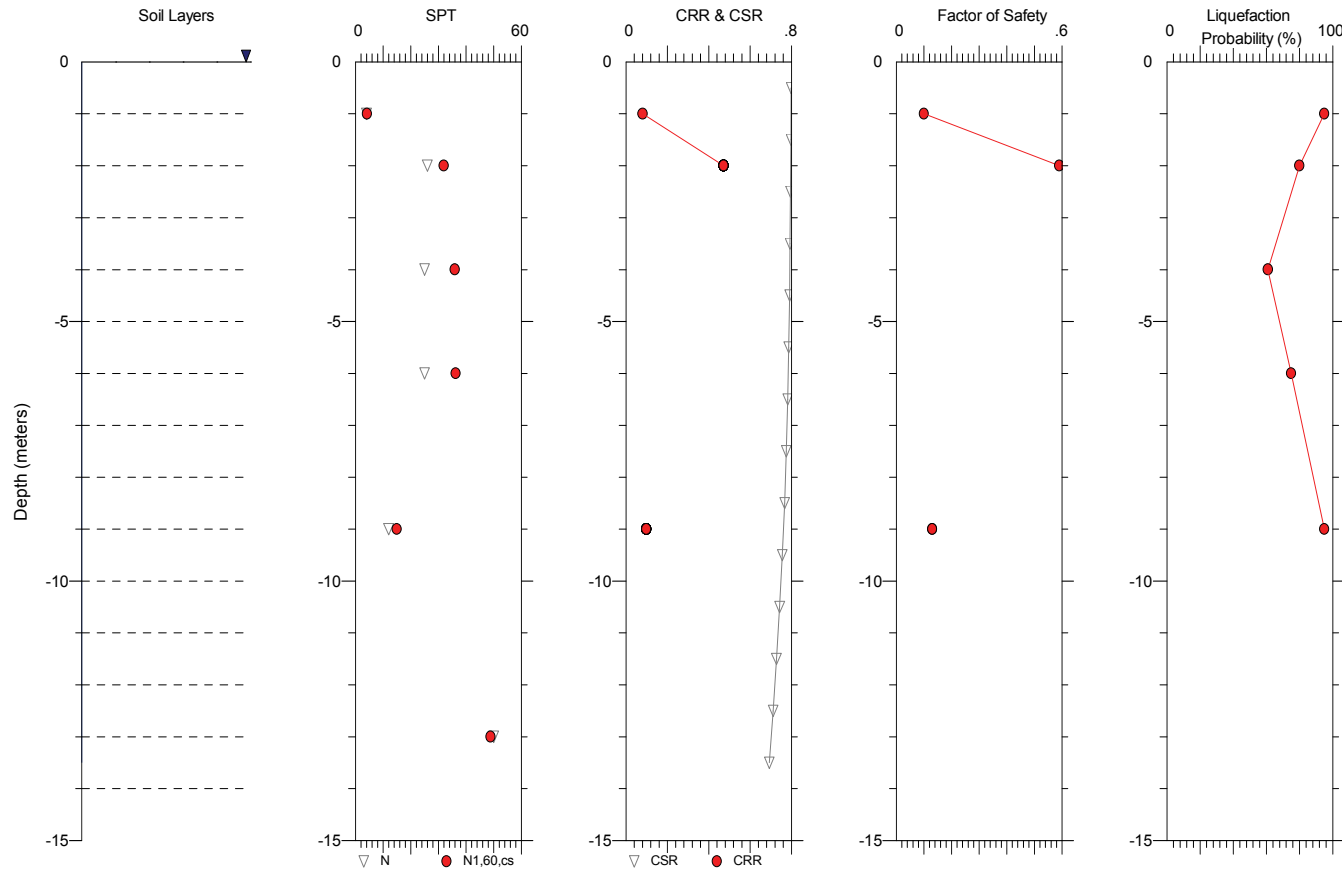
CLIENTE: FLOPEC

ESTUDIOS GEOLOGICOS, GEOTECNICOS Y DE RIESGO SISMICO PARA
EL PROYECTO: "TERMINAL MARITIMO Y PLANTA DE ALMACENAMIENTO
DE GLP EN MONTE VERDE PROVINCIA DE SANTA ELENA"

SECCION:

FIGURA 10

ZONA GEOTECNICA 4



Notes:

CSR analysis using Seed & Idriss (1971) and Cetin et al. (2001)
 CSR File: C:\Program Files\SHAKE2000\pal0.CSR
 CRR using SPT Data and Cetin et. al. (2001) Probabilistic Method
 CRR File: C:\Program Files\SHAKE2000\PA10 monte.CRR
 Earthquake used in CSR Analysis:
 Earthquake Magnitude for CRR Analysis: 8
 Peak Ground Acceleration for CSR Analysis (g, from User): .52
 Magnitude Scaling Factor (MSF): .86
 Depth to Water Table for CRR Analysis (m): 0

Depth to Water Table for Cn Calculation (m): 0
 Depth to Base Layer for CSR Analysis (m): 13.5
 MSF Option: Cetin et al. (2001)
 Cn Option: Liao & Whitman (1986)
 Ralpha Option: No Ralpha Used
 Rsigma Option:
 SPT Energy Ratio: Safety Hammer(1): .95
 **effective stress computed using Depth to Water Table for CRR Analysis



UNIVERSIDAD NAVAL

CLIENTE: FLOPEC

ESTUDIOS GEOLOGICOS, GEOTECNICOS Y DE RIESGO SISMICO PARA
 EL PROYECTO: "TERMINAL MARITIMO Y PLANTA DE ALMACENAMIENTO

SECCION:

FIGURA 11

ZONA GEOTECNICA 4

Seismic Induced Settlement Analysis

SPT No.	Depth (m)	Thickness (m)	Soil Type	(N)1	(N1)60,cs	N(1,J)	CSR M=7.5	FSL	Ecyc (%)	Evol (%)	Settlement (cm)
1	1	1.5		----	4.2		.926	.1		7.386	11.079
2	2	1.5		----	32		.925	.59		1.201	1.801
3	4	2		----	36		.92	> 2		.827	1.654
4	6	2.5		----	36.3		.911	> 2		.801	2.002
5	9	3.5		----	15		.884	.13		3.118	10.913
6	13	2		----	----	----	----	NFSL		----	0
Total Settlement (cm):											27.449

Notes:

CSR analysis using Seed & Idriss (1971) and Cetin & Seed (2000) for Mw: 8 & Vs: 236 fps
 CSR analysis on File: C:\Program Files\SHAKE2000\pa10.CSR
 Earthquake used in CSR Analysis:
 CRR File: C:\Program Files\SHAKE2000\PA10 monte.CRR
 CRR - SPT Data & Seed et. al. Method in NCEER Workshop and Cetin et al. (2001) Probabilistic Method and Cetin et al. (2001) Method
 CRR results on File: C:\Program Files\SHAKE2000\PA10 monte.CRR
 Depth to Water Table for CRR Analysis (m): 0
 Settlement of Dry Sands: Tokimatsu & Seed (1987)
 Settlement of Saturated Sands: Wu (2003)



UNIVERSIDAD NAVAL
 "COMANDANTE RAFAEL MORAN VALVERDE"

CLIENTE: FLOPEC

ESTU-
DIOS
GE-

SECCION:

FIGURA 12