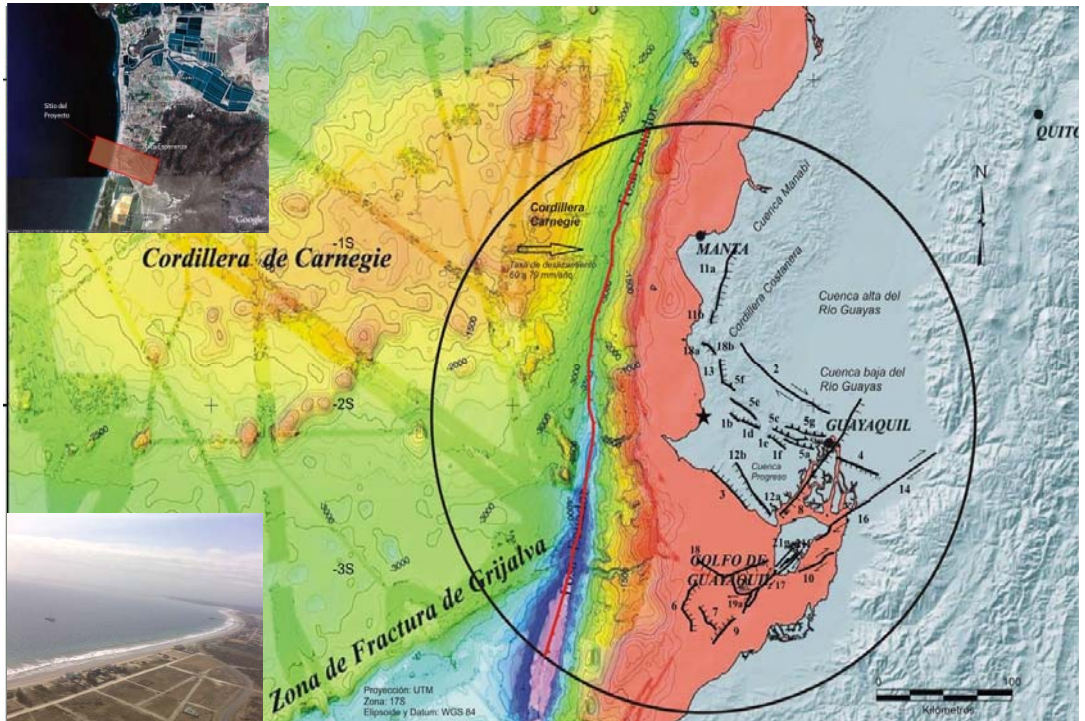


INFORME PRELIMINAR DE FASE III

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



INFORMES PRELIMINARES DE:

- ANÁLISIS DEL ESTADO LÍMITE DE FALLA Y SERVICIO DE LA CIMENTACIÓN DEL MUELLE Y ESTRUCTURAS DE ATRAQUE.
- ANÁLISIS Y DISEÑOS GEOTÉCNICOS DE LA ESTRUCTURA DEL MUELLE Y ESTRUCTURA DE ATRAQUE

Preparado para:

FLOPEC Flota Petrolera Ecuatoriana

Guayaquil-Ecuador

Noviembre 07, del 2008



UNIVERSIDAD NAVAL “COMANDANTE RAFAEL MORAN VALVERDE”

TABLA DE CONTENIDO – Informe de los análisis del estado límite de falla y servicio de la cimentación del muelle y estructuras de atraque, análisis y diseños geotécnico de estructura del muelle y estructura de atraque



Sección	Página
1. Introducción	1-1
1.1 Descripción del Proyecto	1-1
1.2 Antecedentes	1-1
1.3 Alcance y Objetivos de los Trabajos	1-2
2. Investigación Geotécnica Considerada	2-1
2.1 Caracterización Geotécnica de perfil del muelle	2-1
3. Modelos Geotécnicos Aplicados	3-1
3.1 Dispersión de Parámetros de Resistencia	3-1
3.2 Modelos Idealizados de Parámetros de Resistencia	3-2
3.2.1 Penalización a la fricción unitaria en pilotes hincados por chiflonado	3-1
4. Capacidad Axial Estática de Pilotes	4-1
4.1 Resultados de Análisis por Compresión Axial	4-1
5. Análisis de Interacción Inercial Suelo-Pilote ante Cargas Laterales.	5-1
5.1 Descripción General del Método de Análisis	5-1
5.2 Criterios de Modelación y Condiciones Iniciales	5-1
5.3 Curvas p-y	5-2
5.4 Resultados de Análisis de Interacción Inercial Suelo-Pilote ante Cargas Laterales	5-2
6. Conclusión y recomendaciones generales	6-1

1.1 Descripción del Proyecto

El proyecto, consiste en la construcción de la infraestructura necesaria que permita satisfacer las necesidades de almacenamiento de gas GLP en Ecuador, su transporte y entrega para el sector sur del país, así como cubrir parte de la demanda de los países de la cuenca del Pacífico. En tal virtud, el proyecto constituye una alternativa técnica y económicamente ventajosa para el país en lo referente a la importación de GLP y con proyección de incrementar en 10.000 T; así mismo un almacenamiento para diesel de 400.000 galones, con lo cual se constituirá en un centro de acopio de propano, butano y mezcla de GLP, facilitando capitalizar las oportunidades de comercialización el GLP en los países vecinos. Con el fin de que el país sea el primer beneficiado, el Terminal de almacenamiento en tierra estará conectado a un terminal de despacho en Pascuales mediante un gasoducto. La planta de almacenamiento en tierra se abastecerá de buques cargueros que atracarán en un muelle de 1300 metros de longitud, los cuales descargarán el gas a una tubería que recorre el muelle hasta tierra y la planta de almacenamiento.

En la siguiente tabla se muestran las características del buque de diseño, información proporcionada por FLOPEC.

Tabla 1.1 Características de buque de diseño

Toneladas de Peso muerto (DWT)	Eslora (m)	Manga (m)	Calado (m)
75.000	280.5	47	14.4

En la siguiente tabla se muestran las cargas gravitacionales que soportará el muelle, información proporcionada por FLOPEC.

Tabla 1.2 Cargas gravitacionales sobre impuestas en el muelle de 1300 metros

Cargas Muertas	
Tubería Cargada	573 Kg/m
Alumbrado	55 Kg/m
Muelle de Descarga/Atraque	31000 Kg
Cargas Vivas	
Vehículo	3000 Kg
Carga de Vehículo	12000 Kg
Carga Humana	250 Kg/m ²

1.2 Antecedentes

Para la ejecución de los estudios geológicos, geotécnicos y de riesgo sísmico del proyecto, la empresa FLOPEC contrató los servicios técnicos y científicos de la Universidad Naval “Cmdte. Rafael Morán Valverde” de la Armada del Ecuador (UNINAV).

1.3 Alcance y Objetivo de los Trabajos

En este informe se presentan las recomendaciones de cimentación profunda para el muelle y estructuras de atraque a construir en agua, en función de los resultados de un análisis y diseño geotécnico ante cargas estáticas a compresión, y laterales considerando la interacción inercial del sistema suelo-pilote.

El objetivo de los trabajos realizados es el de presentar los parámetros de diseño geotécnico con varias alternativas para que sean consideradas en el diseño definitivo aplicando el estado del conocimiento con las normas vigentes en función del tipo de estructuras a construir.

El alcance de los trabajos se puede resumir en:

- Interpretación de los parámetros de la caracterización geotécnica
- Zonificación geotécnica del perfil del muelle
- Elaboración de un modelo geotécnico de diseño
- Análisis de capacidad estática de pilotes a compresión
- Análisis de interacción inercial suelo-pilote ante cargas laterales
- Elaboración de un modelo geotécnico para interacción inercial (curvas p-y)
- Recomendaciones conceptuales para la cimentación y condiciones de apoyo

2. Investigación Geotécnica Considerada- Informe de los análisis del estado límite de falla y servicio de la cimentación del muelle y estructuras de atraque, análisis y diseños geotécnico de estructura del muelle y estructura de atraque.



2.1 Caracterización Geotécnica de perfil del muelle

Para la modelación se tomaron las perforaciones de la siguiente tabla correspondientes a los sondeos en agua:

Tabla2.1 Perforaciones PA consideradas en modelación

ID	COTA T.N. (MSL)
PA1	-22.84
PA2	-22.4
PA3	-22.18
PA4	-21.46
PA5	-20.27
PA6	-19.58
PA8	-15.89
PA10	2.49

La caracterización de los parámetros geotécnicos se obtuvo mediante ensayos in situ, de laboratorio y correlaciones semi-empíricas aplicando modelos calibrados en sitio. Las características de los ensayos, sus respaldos, registros de perforación y metodología de obtención de los parámetros geotécnicos se encuentran reportados en el “Informe de la exploración geotécnica y geológica (ensayos de campo y laboratorio) para la estructura del muelle y atraques (en agua)”. En este reporte se presentan las caracterizaciones geotécnicas de las diferentes zonas para el eje del muelle agrupándolas de la siguiente manera:

Zona 1	PA 1 / PA2
Zona 2	PA3 / PA4
Zona 3	PA5 / PA6
Zona 4a	PA10
Zona 4b	PA8

La figura 2.1 muestra el perfil geotécnico del eje del muelle. En el informe definitivo se incluirá la interpretación de la caracterización geotécnica para la obtención de los modelos idealizados así como una interpretación adicional sobre el perfil geotécnico del muelle.

3.1 Dispersión de Parámetros de resistencia

De la caracterización geotécnica del capítulo 2 se tomó la dispersión de datos de los valores parámetros encontrados en la campaña de exploración. Se graficaron las tendencias de este parámetro en función de la elevación, obteniendo así valores medios esperados para cada subzona.

Los materiales encontrados en la exploración corresponden a arenas cementadas, arenas con alta densidad relativa y arcillas duras. Estos materiales son difíciles de atravesar mediante sistemas de pilotes hincados, por lo que se recomienda el uso de chiflonado o prebarrenado donde sea necesario.

Para el caso de las estructuras en agua, los pilotes prebarrenados se vuelven extremadamente costosos, complicados constructivamente para estructuras costa afuera y además innecesarios, ya que este tipo de pilotes se utiliza cuando se quiere penetrar en el estrato rocoso, lo cual no es el caso para el muelle ya que se cuentan con estratos que cumplen con la capacidad requerida por las condiciones de servicio.

Para este tipo de estructuras, con grandes cargas laterales (sismo, oleaje o atraque) es necesario diseñar pilotes con que tengan una buena capacidad lateral para evitar desplazamientos excesivos. A esto se le debe sumar el hecho de la gran longitud de los pilotes debido a la profundidad del lecho marino. Los pilotes de acero tienen la ventaja de ser robustos, livianos al manipuleo, capaces de soportar grandes cargas de compresión cuando son hincados en estratos duros, y son capaces de ser hincados a penetraciones profundas, a pesar de que sean más costosos que los pilotes pretensados, los cuales resultan muy esbeltos para esta magnitud de longitudes de fuerzas laterales.

3.2 Modelos Idealizados de Parámetros de Resistencia

El modelo idealizado del subsuelo para las diferentes zonas se presenta en las figuras 3.1, 3.2, 3.3 y 3.4. Nótese que en estos modelos se denotan los estratos donde se prevee el uso del chiflonado o “jetting” para atravesar los estratos de arenas cementadas o arenas con números de golpes mayores a 100. Estos modelos fueron obtenidos de las tendencias de los parámetros de las caracterizaciones geotécnicas para cada zona. En el informe definitivo se discutirá a mayor detalle sobre la obtención de los modelos idealizados.

3.2.1 Penalización a la fricción unitaria en pilotes hincados por chiflonado

En los estratos difíciles de hincar, se plantea el uso de un sistema de chiflonado o jetting, o de ser el caso, de prebarrenado (para los estratos con arenas cementadas). Estas metodologías constructivas son necesarias para hincar a través de estos estratos intercalados superficialmente de alta resistencia. Hay que considerar que al realizar estos procedimientos se fuerza al suelo a soltarse por ende se reduce su resistencia al fuste.

Para considerar este efecto se utilizó la ecuación propuesta por Coduto (2001) con los coeficientes de penalización respectivos para cada caso. En el informe definitivo de incluirán las ecuaciones y los coeficientes aplicados en la limitación de la fricción unitaria.

4. Capacidad Axial Estática de Pilotes - Informe de los análisis del estado límite de falla y servicio de la cimentación del muelle y estructuras de atraque, análisis y diseños geotécnicos de estructura del muelle y estructura de atraque.



Para determinar la capacidad de carga los pilotes prebarrenados, se plantea el uso de la ecuación de capacidad última de carga:

$$Q_{ult} = Q_s + Q_t = \sum f_{si} A_{si} + q_t A_t \quad (4.1)$$

donde,

Q_s , es la capacidad o resistencia por fuste o fricción

Q_t , es la capacidad o resistencia de punta

A_t , es el área de la punta del pilote (sección transversal)

A_s , es el área del fuste del pilote (perimetral)

f_s , es la resistencia unitaria de fuste o fricción

q_t , es la resistencia unitaria de punta

La capacidad por resistencia, está definida por la capacidad de carga admisible o de servicio será: $Q_{adm} = Q_{ult}/FS$, donde FS es el factor de seguridad contra la falla. En este estudio se consideró un factor de seguridad de 2.5 para la resistencia de fuste y 3 para la resistencia de punta, tomando en cuenta que hemos considerado dos modelos geotécnicos de diseño.

Las metodologías de cálculo corresponden a los procedimientos de cálculo de capacidad de carga axial para pilotes hincados de:

- FHWA (Federal Highway Works Administration of the United States)
- Método Lambda Revisado (Vijayvergiya y Focht, 1972)
- Método API (American Petroleum Institute)
- USACE (Us Army Corps of Engineers)
-

En los estudios se utilizó el programa de análisis por capacidad axial de pilotes hincados APILEplus 5.0 de Ensoft, Inc. En el informe definitivo se presentarán las descripciones de los métodos utilizados en los análisis.

Se aplicarán los análisis para pilotes tubulares de acero de 1.20 metros de diámetro con un espesor de 25mm y para pilotes pretensados de 60x60cm de sección. En el informe definitivo se discutirá a mayor profundidad acerca de la obtención de las secciones de diseño.

La figura 4.1 representa la convención de signos y nomenclaturas a utilizar en los análisis por capacidad axial en un esquema del pilote analizado. Todas las profundidades presentadas en las figuras del presente capítulo son medidas a partir del terreno natural. Se considera una longitud de fricción cero para cada pilote desde su cabeza de 1.5 veces su diámetro.

4.1 Resultados de Análisis por Compresión Axial

En las figuras 4.2 a 4.12 se presentan las gráficas de asentamiento y capacidades axiales totales últimas para los pilotes analizados en cada zona.

5.1 Descripción General del Método de Análisis

La relación entre la presión y la deflexión en cualquier punto a lo largo de un pilote no es lineal. Para tener en cuenta esta condición existen varios procedimientos, sin embargo el enfoque más usado es el de las curvas p-y (p=presión, y=deflexión) desarrollado por Reese. La ecuación diferencial que se plantea para el desarrollo de esta metodología es la siguiente.

$$\frac{d^2 M}{dz} + (P_z) \frac{d^2 \rho}{dz^2} - \rho = 0$$

donde,

ρ = deflexión

M= momento a la profundidad z en el pilote

z= profundidad

P_z = carga axial en el pilote a la profundidad z

p=reacción en el suelo por unidad de longitud (en este caso, p actúa como una carga lineal equivalente)

Esta ecuación incorpora los efectos de la carga axial y de la variación de la rigidez del pilote con la profundidad. La solución se obtiene aplicando diferencias finitas.

El objeto de la metodología es definir una serie de curvas p-y, en diferentes puntos a lo largo del pilote, tales que cumplan la compatibilidad entre la carga y la deflexión correspondiente a cada punto. Para definir estas curvas se tiene como premisa que el comportamiento del suelo a una profundidad determinada es independiente de los puntos vecinos. Si bien es cierto esto no es estrictamente seguro, Reese comprobó a través de pruebas de carga que los resultados obtenidos son bastante cercanos a los reales.

Se aplica en el presente trabajo esta metodología de análisis utilizando el programa LPILE Plus V.5 desarrollado por Ensoft, Inc. con las condiciones iniciales que se describen a continuación.

5.2 Criterios de Modelación y Condiciones Iniciales

Para la conformación de las curvas p-y se aplicarán los modelos geotécnicos establecidos para las descritas en el capítulo 3.

Se plantea que la losa del muelle esté en la cota +7.00, y bajo esta existan los apoyos de los pilotes mediante cabezales. La figura 5.1 presenta el esquema del modelo a analizar. La profundidad referida en las figuras del presente capítulo corresponde a la distancia medida desde la cabeza del pilote en la cota +7.00.

El análisis consiste en aplicar para una misma carga axial, que será la capacidad axial a compresión de cada pilote, cargas laterales incrementales en función de un porcentaje de la capacidad axial. Se analizarán los pilotes tubulares de acero de 1.20 metros de diámetro con una longitud de empotramiento bajo el lecho marino que varía desde los 20 hasta los 15 metros para cada zona. El objetivo es proporcionar las curvas que representen los comportamientos adecuados de los pilotes para estas magnitudes de carga, esto es que

tengan una longitud de empotramiento adecuada y que tengan deformaciones controlables ante cargas laterales. De esta manera las figuras de capacidad lateral de pilotes tienen en su longitud de empotramiento, la longitud recomendada para que exista un buen comportamiento lateral.

Se realizará un análisis de interacción suelo-pilote (individual, sin considerar en este estudio el efecto de grupo ya que no se conoce la configuración geométrica de la subestructura y superestructura) con cargas laterales estáticas para evaluar la respuesta del pilote utilizando sus propiedades elásticas. Este criterio de modelación se lo llama modelación básica, y es el primer análisis que se debe controlar en el diseño de un pilote ante cargas laterales. Una vez obtenida la configuración estructural en los diseños definitivos se deberán realizar análisis considerando el comportamiento no lineal de las propiedades de rigidez del pilote.

La condición de apoyo equivale a un empotramiento, donde se puede desplazar la cabeza del pilote, pero está restringido a rotación.

5.3 Curvas p-y

La figuras 5.2, a 5.6 muestran las series de curvas p-y con respecto a la profundidad debajo de la cabeza del pilote utilizadas en el modelo de carga lateral para el pilote de acero modelado. Las curvas fueron obtenidas internamente en el programa para cada zona geotécnica. En el informe definitivo se describirán los procedimientos aplicados para la obtención de las curvas p-y.

5.4 Resultados de Análisis de Interacción Inercial Suelo-Pilote Ante Cargas Laterales

Se presentan los resultados de los análisis realizados en las figuras 5.7 a 5.11

Un pilote largo es aquel que está lo suficientemente embebido en el suelo como para que su base tenga esencialmente cero movimiento y que tampoco experimente momento, fuerza cortante, rotación o deflexión. El que tan largo el pilote debe de ser depende de las propiedades del suelo y del pilote. Por ejemplo, si un suelo es muy rígido, la profundidad de empotramiento no debe de ser muy grande para que el pilote sea “largo”. El empotramiento de un pilote corto, en contraste, es insuficiente para prevenir el movimiento de su base y, como un resultado la deformación el pilote es despreciable comparado con el movimiento de todo el pilote como un cuerpo rígido. De tal manera que un pilote corto falla como un cuerpo rígido ya sea en rotación o traslación dependiendo de sus condiciones de apoyo. Los pilotes solos son cargados bajo la condición de apoyo libre, de tal manera que la cabeza del pilote pueda rotar libremente, mientras que pilotes conectados a un cabezal son sujetos a condiciones que pueden ser típicamente asemejados como un apoyo de empotramiento, de tal manera que la cabeza del pilote no rotará con respecto al cabezal, si no moviéndose con él (predominantemente en traslación) bajo la acción de una carga lateral.

Un pilote largo, y flexible no se moverá como un cuerpo rígido cuando sea sujeto a cargas laterales incrementales, si no se deformará hasta que se formen una o más rótulas plásticas en una o dos secciones transversales donde los momentos flectores excedan los momentos

5. Análisis de Interacción Inercial Suelo-Pilote Ante Cargas Laterales

Informe de los análisis del estado límite de falla y servicio de la cimentación del muelle y estructuras de atraque, análisis y diseños geotécnicos de estructura del muelle y estructura de atraque.



plásticos de la sección, este comportamiento es el deseado en zonas sísmicas y zonas con grandes cargas laterales.

En el informe definitivo se incluirá un corte longitudinal con las profundidades recomendadas (ya especificadas en este capítulo) y sus respectivas capacidades axiales admisibles.

6. Conclusiones y Recomendaciones Generales - Informe de los análisis del estado límite de falla y servicio de la cimentación del muelle y estructuras de atraque, análisis y diseños geotécnicos de estructura del muelle y estructura de atraque.



1. Se realizaron análisis de carga laterales estáticas para un pilote individual sin considerar el efecto de grupo. Una vez que se determine la configuración geométrica de la superestructura y subestructura en el diseño definitivo se recomienda realizar un análisis considerando el efecto de grupo de los pilotes ante cargas laterales. Se presentan gráficos de diseño geotécnico con alternativas que se considera tendrán mejor comportamiento ante cargas laterales. En el capítulo 5 se presentan las consideraciones técnicas sobre el comportamiento de pilotes ante cargas laterales. Las gráficas presentadas en este capítulo corresponden a pilotes tubulares de acero de 1.20 metros de diámetro con las longitudes de empotramiento en el lecho marino recomendadas, las cuales varían entre 14 a 20 metros, para asegurar un adecuado comportamiento lateral para las magnitudes de cargas evaluadas en el presente estudio. Los pilotes de concreto pretensados no son aplicables para la estructura del muelle para las magnitudes de carga analizadas ya que tienen deformaciones laterales y momentos excesivos debidos a la esbeltez de los pilotes.

2. Al diseñar los pilotes ante cargas laterales y axiales se deben tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- Que la deformación del pilote sea menor a los límites establecidos
- Que exista más de un punto de inflexión para la deformación y para el momento flector
- Que el momento desarrollado en los análisis de modelación básica realizados sea menor que la capacidad de momento última del pilote
- Revisar siempre la longitud requerida por capacidad axial (compresión y tensión), y la longitud requerida por cargas laterales, para el diseño se debe de usar la mayor de las dos
- Tomar en consideración las fuerzas de tensión (producidas por fuerzas expansivas), momentos y cortantes (producidas por fuerzas laterales) en el diseño estructural del pilote.
- Considerar las propiedades inelásticas del concreto en el diseño estructural

3. Para el uso de los pilotes de acero es necesario utilizar rigidizadores a lo largo del pilote para evitar pandeos y daños al momento de la hincia, especialmente en el pie del pilote. En el informe definitivo se recomendarán esquemas de refuerzo para los rigidizadores.

4. Para poder penetrar los estratos superiores se recomienda utilizar martillos vibratorios de alta energía. En el caso de que se imposibilite la vibración con el martillo se puede utilizar un sistema de jetting en el tubo interior con “Airlift” para pasar los estratos arenosos muy densos. Un metro antes de llegar a la punta se deberá eliminar el sistema de jetting y se deberá proceder a la hincia nuevamente con el martillo vibratorio para lograr el “setting” adecuado el cual debe ser comprobado con ensayos de PDA en cada pilote.

5. Se recomienda utilizar acero de tipo A558

6. Es necesario hacer análisis estructurales considerando el comportamiento no lineal de los elementos durante un sismo aplicando el estado actual del conocimiento considerando las normativas sísmicas vigentes para el tipo de estructuras a diseñar.

6. Conclusiones y Recomendaciones Generales - Informe de los análisis del estado límite de falla y servicio de la cimentación del muelle y estructuras de atraque, análisis y diseños geotécnicos de estructura del muelle y estructura de atraque.



7. Se recomienda el uso de las guías de diseño sísmico (Seismic Design Guidelines and Data Submittal Requirements for LNG Facilities) preparadas por el Federal Energy Regulatory Commission de los Estados Unidos (FERC), en su publicación de enero del 2007. En este documento se establece que para estructuras que van a contener gas licuado se consideran como categoría sísmica I. El documento del FERC considera, además de otros, la publicación del (National Fire Protection Association) NFPA 59A-2001. En el NFPA se define dos niveles de sismos, el sismo operacional (Operating Basis Earthquake, OBE) y el sismo de apagado con seguridad (Safe Shutdown Earthquake, SSE), los cuales deben de ser analizados para las estructuras de categoría sísmica I según lo estipula el FERC.

Las estructuras que no están dentro de este criterio, se podrían analizar con el IBC 2006 (International Building Code) para las categorías sísmicas II y III.

El sismo **OBE** se lo define por el **menor** de los dos:

1. El movimiento sísmico de 10% de PE en 50 años (periodo de retorno de 475 años)
2. Dos tercios (2/3) del Sismo Máximo Considerado (MCE), según la norma ASCE-07 es el de 2% de PE en 50 años.

El sismo **SSE**, se lo define por el **menor** de los dos:

1. El movimiento sísmico de 1% de PE en 50 años (periodo de retorno de 4975 años)
o
2. Dos veces el sismo OBE

8. Es NECESARIO hacer análisis dinámicos no lineales confiables con los registros sísmicos adecuados en este tipo de estructuras, los cuales han sido proporcionados en el estudio de peligro sísmico.

9. En el informe definitivo se incluirán recomendaciones adicionales, sobre la protección que se debe dar a los pilotes de acero en ambientes salinos agresivos.

10. Se incluirá en el informe definitivo como un perfil longitudinal del muelle con longitudes recomendada de pilotes con capacidades de carga admisibles. En caso de que se requiera disminuir la sección de los pilotes el diseñador estructural deberá asegurar que el sistema tenga la misma rigidez lateral de los pilotes analizados así como la capacidad para transmitir las cargas axiales al subsuelo.

NOTA: En el Informe Definitivo se incluirán las referencias utilizadas.

Modelo Geotécnico Idealizado de Zona Geotécnica 1

ESTRATO NO.	ELEVACION		PROFUNDIDAD		MODELO DE COMPORTAMI ENTO	γ' (kN/m ³)	qc (kN/m2)	MODELO DE ARENAS				MODELO DE ARCILLAS			
	DE	A	DE	A				N60	ϕ (grados)	Ko	Nq	Su (kN/m2)	Su R (kN/m2)	IP (%)	YSR
1	23	25	0	2	ARCILLA	5	500	-	-	-	-	10	10	15	1
2	25	31	2	8	ARENA	8	14000	35	38	0.38	40	-	-	-	-
3	31	34	8	11	ARENA	8	12000	30	33	0.45	20	-	-	-	-
4	34	41	11	18	ARENA	8	24000	60	38	0.38	40	-	-	-	-
5	41	45	18	22	ARENA	8	14000	35	32	0.47	20	-	-	-	-
6	45	47	22	24	ARENA	8	14000	35	29	0.52	12	-	-	-	-
7	47	52	24	29	ARCILLA	7	1000	-	-	-	-	50	7	40	0.3
8	52	59.5	29	36.5	ARCILLA	7	3000	-	-	-	-	150	12	50	0.6

Estratos con Penalización de fuerza unitaria de fricción por efecto de chiflonado o “jetting”



Cmdte. Rafael Morán Valverde

UNIVERSIDAD NAVAL
"COMANDANTE RAFAEL MORAN VALVERDE"

CLIENTE :

FLOPEC

PROYECTO :

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"

SECCIÓN:

FIGURA:

3.1

Modelo Geotécnico Idealizado de Zona Geotécnica 2

ESTRATO NO.	ELEVACION		PROFUNDIDAD		MODELO DE COMPORTAMI	γ' (kN/m ³)	qc (kN/m2)	MODELO DE ARENAS				MODELO DE ARCILLAS			
	DE	A	DE	A				N60	ϕ (grados)	Ko	Nq	Su (kN/m2)	Su R (kN/m2)	IP (%)	YSR
1	22	26.3	0	4.3	ARENA	8	4000	10	27	0.5	8	-	-	-	-
2	26.3	30	4.3	8	ARENA	8	30000	75	38	0.38	40	-	-	-	-
3	30	35	8	13	ARENA	8	12000	30	35	0.42	20	-	-	-	-
4	35	42	13	20	ARENA	8	50000	100	38	0.38	40	-	-	-	-
5	42	46	20	24	ARENA	8	20000	50	33	0.44	20	-	-	-	-
6	46	50	24	28	ARCILLA	7	3500	-	-	-	-	175	7.5	45	0.96
7	50	57	28	35	ARCILLA	7	1000	-	-	-	-	50	15	50	0.24

Estratos con Penalización de fuerza unitaria de fricción por efecto de chiflonado o “jetting”



UNIVERSIDAD NAVAL
"COMANDANTE RAFAEL MORAN VALVERDE"

CLIENTE :

FLOPEC

PROYECTO :

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"

SECCIÓN:

FIGURA:

3.2

Modelo Geotécnico Idealizado de Zona Geotécnica 3

ESTRATO NO.	ELEVACION		PROFUNDIDAD		MODELO DE COMPORTAMI	γ' (kN/m ³)	qc (kN/m2)	MODELO DE ARENAS				MODELO DE ARCILLAS			
	DE	A	DE	A				N60	ϕ (grados)	Ko	Nq	Su (kN/m2)	Su R (kN/m2)	IP (%)	YSR
1	20	24	0	4	31	ARENA	8	3500	10	29	0.5	8	-	-	-
2	24	28	4	8	35	ARENA	8	12200	35	38	0.38	40	-	-	-
3	28	30	8	10	37	ARENA	8	8700	25	31	0.48	20	-	-	-
4	30	33	10	13	40	ARENA	8	8700	25	31	0.48	20	-	-	-
5	33	36	13	16	43	ARENA	8	22000	65	38	0.38	40	-	-	-
6	36	40	16	20	47	ARCILLA	7	1200	-	-	-	60	15	30	0.45
7	40	43	20	23	50	ARCILLA	7	3000	-	-	-	150	15	60	0.96

Estratos con Penalización de fuerza unitaria de fricción por efecto de chiflonado o “jetting”



UNIVERSIDAD NAVAL
"COMANDANTE RAFAEL MORAN VALVERDE"

CLIENTE :

FLOPEC

PROYECTO :

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"

SECCIÓN:

FIGURA:

3.3

Modelo Geotécnico Idealizado de Zona Geotécnica 4

ZONA 4b

ESTRATO NO.	ELEVACION		PROFUNDIDAD		MODELO DE COMPORTAMI	γ' (kN/m ³)	qc (kN/m ²)	MODELO DE ARENAS				MODELO DE ARCILLAS		
	DE	A	DE	A				N60	ϕ (grados)	Ko	Nq	Su (kN/m ²)	Su R (kN/m ²)	IP (%)
1	16	23	0	7	ARENA	8	4800	12	31	0.48	20	-	-	-
2	23	28	7	12	ARCILLA	7	600	-	-	-	-	30	75	60
3	28	32	12	16	ARCILLA	7	6000	-	-	-	-	300	75	60

ZONA 4a

ESTRATO NO.	ELEVACION		PROFUNDIDAD		MODELO DE COMPORTAMI	γ' (kN/m ³)	qc (kN/m ²)	MODELO DE ARENAS				MODELO DE ARCILLAS			
	DE	A	DE	A				N60	ϕ (grados)	Ko	Nq	Su (kN/m ²)	Su R (kN/m ²)	IP (%)	YSR
1	-2	0	0	2	ARENA	8	4000	10	25	0.37	8	-	-	-	-
2	0	3	2	5	ARENA	8	10000	25	34	0.44	20	-	-	-	-
3	3	8	5	10	ARENA	8	10000	25	31	0.48	20	-	-	-	-
4	8	11	10	13	ARENA	8	4000	10	26	0.56	12	-	-	-	-
5	11	15	13	17	ARCILLA	7	2200	-	-	-	-	110	10	40	1.1
6	15	20	17	22	ARENA	8	4800	12	31	0.48	20	-	-	-	-

Estratos con Penalización de fuerza unitaria de fricción por efecto de chiflonado o “jetting”



Cmdte. Rafael Morán Valverde

UNIVERSIDAD NAVAL
"COMANDANTE RAFAEL MORAN VALVERDE"

CLIENTE :

FLOPEC

PROYECTO :

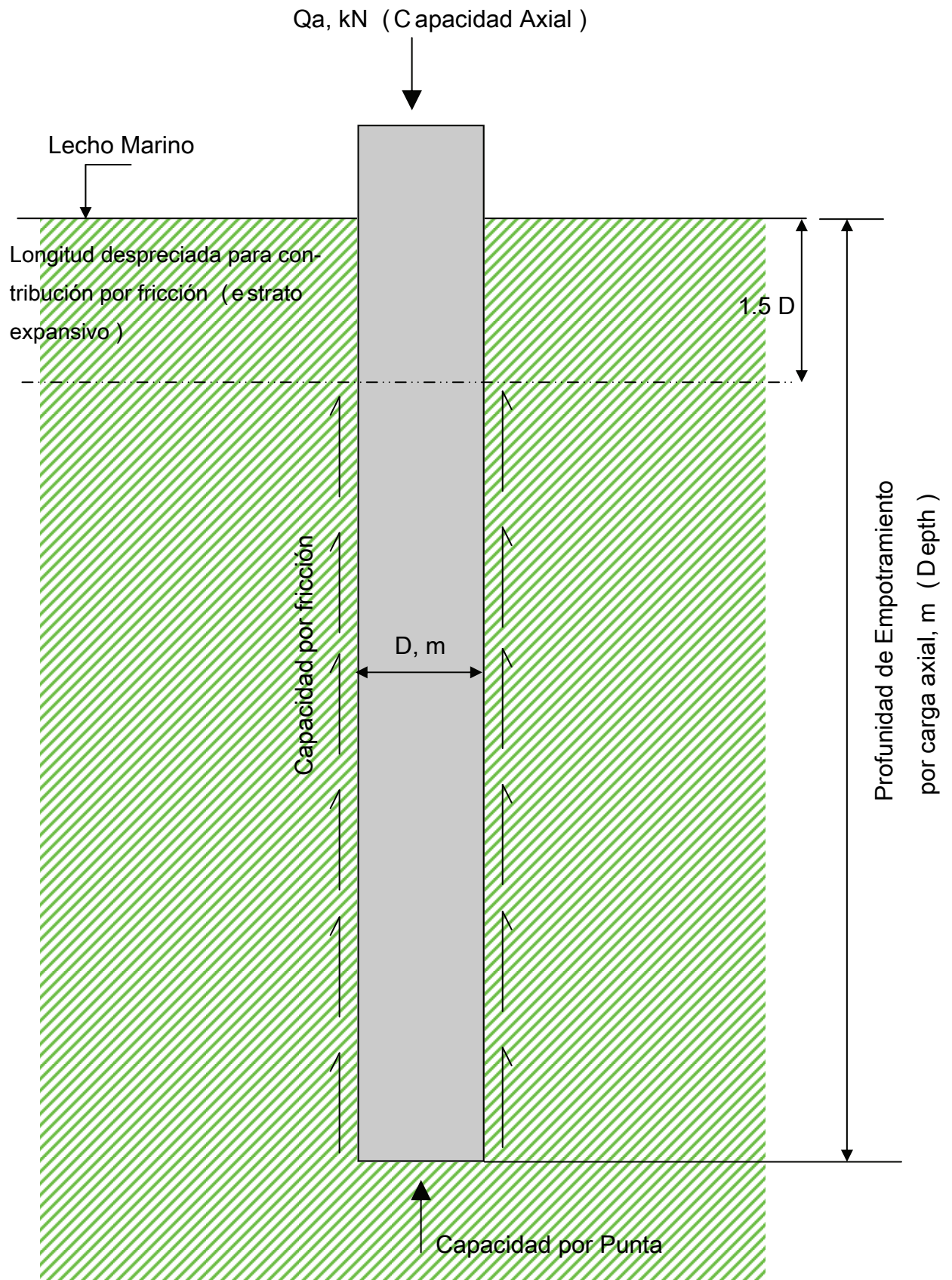
ESTUDIOS GEOLOGICOS, GEOTECNICOS Y DE RIESGO
SISMICO PARA EL PROYECTO: " TERMINAL MARITIMO
Y PLANTA DE ALMACENAMIENTO DE GLP EN MONTE VERDE
PROVINCIA DE SANTA ELENA"

SECCIÓN:

FIGURA:

3.4

Modelo Esquemático de pilotes analizados por carga axial



UNIVERSIDAD NAVAL
"COMANDANTE RAFAEL MORAN VALVERDE"

CLIENTE :

FLOPEC

PROYECTO :

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"

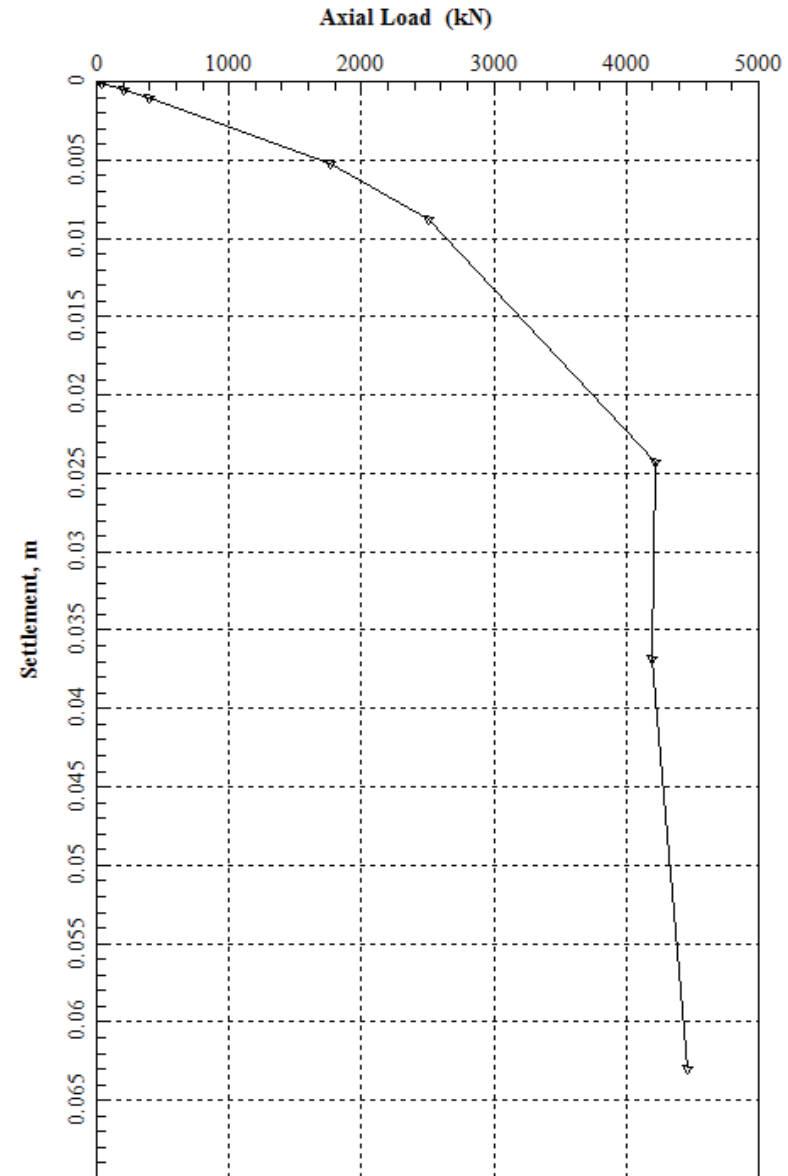
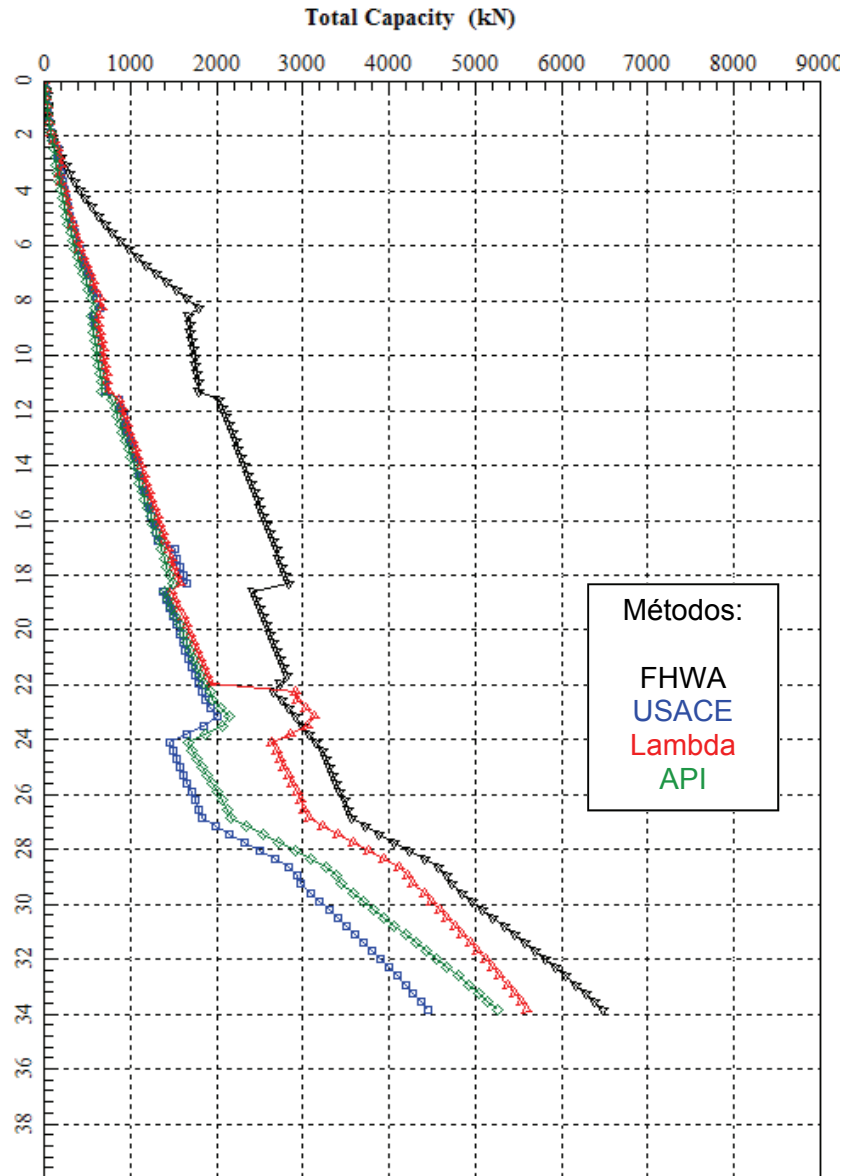
SECCIÓN:

FIGURA:

4.1

Capacidad de Carga Ultima de Pilotes Hincados Tubulares de Acero a Compresión Axial, D=1.2 m, e=25mm

ZONA 1



Comdte. Rafael Morán Valverde

UNIVERSIDAD NAVAL
"COMANDANTE RAFAEL MORAN VALVERDE"

CLIENTE :

FLOPEC

PROYECTO :

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"

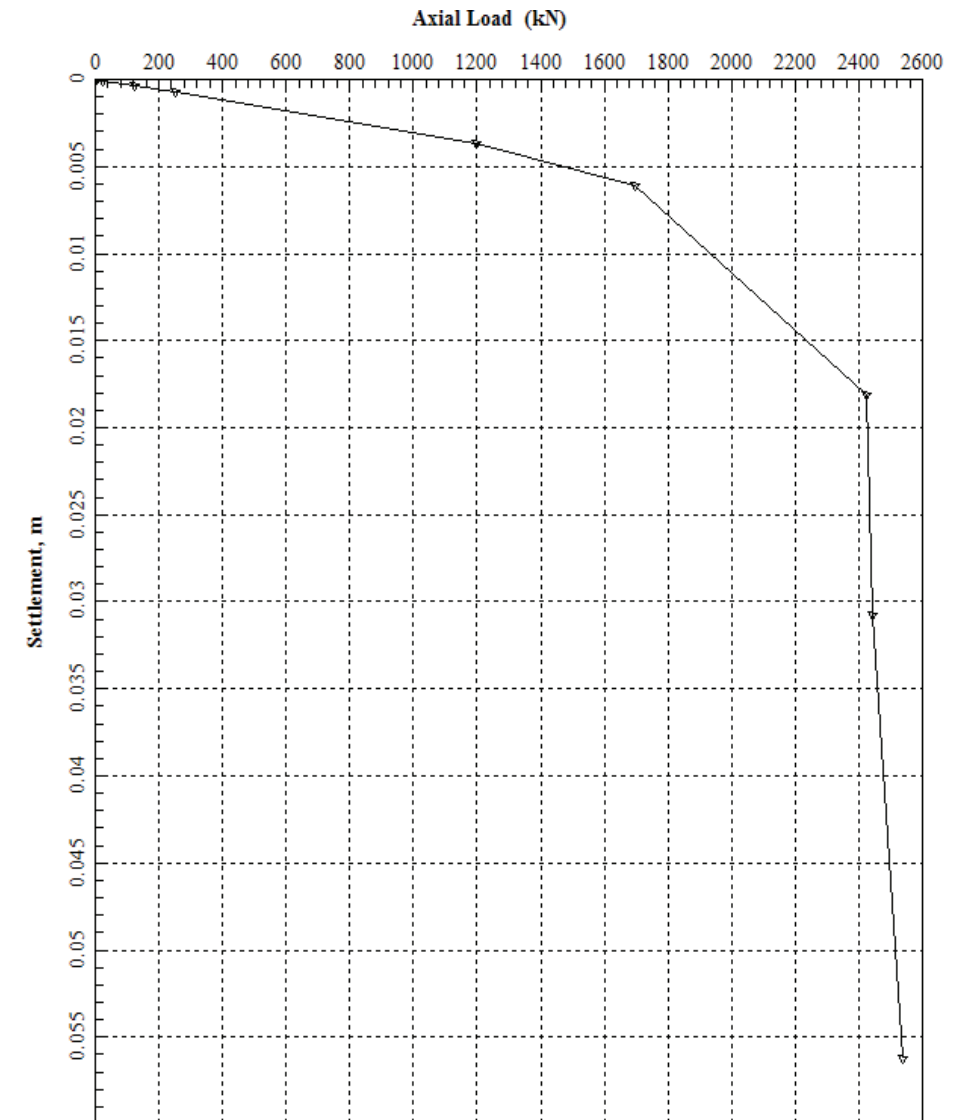
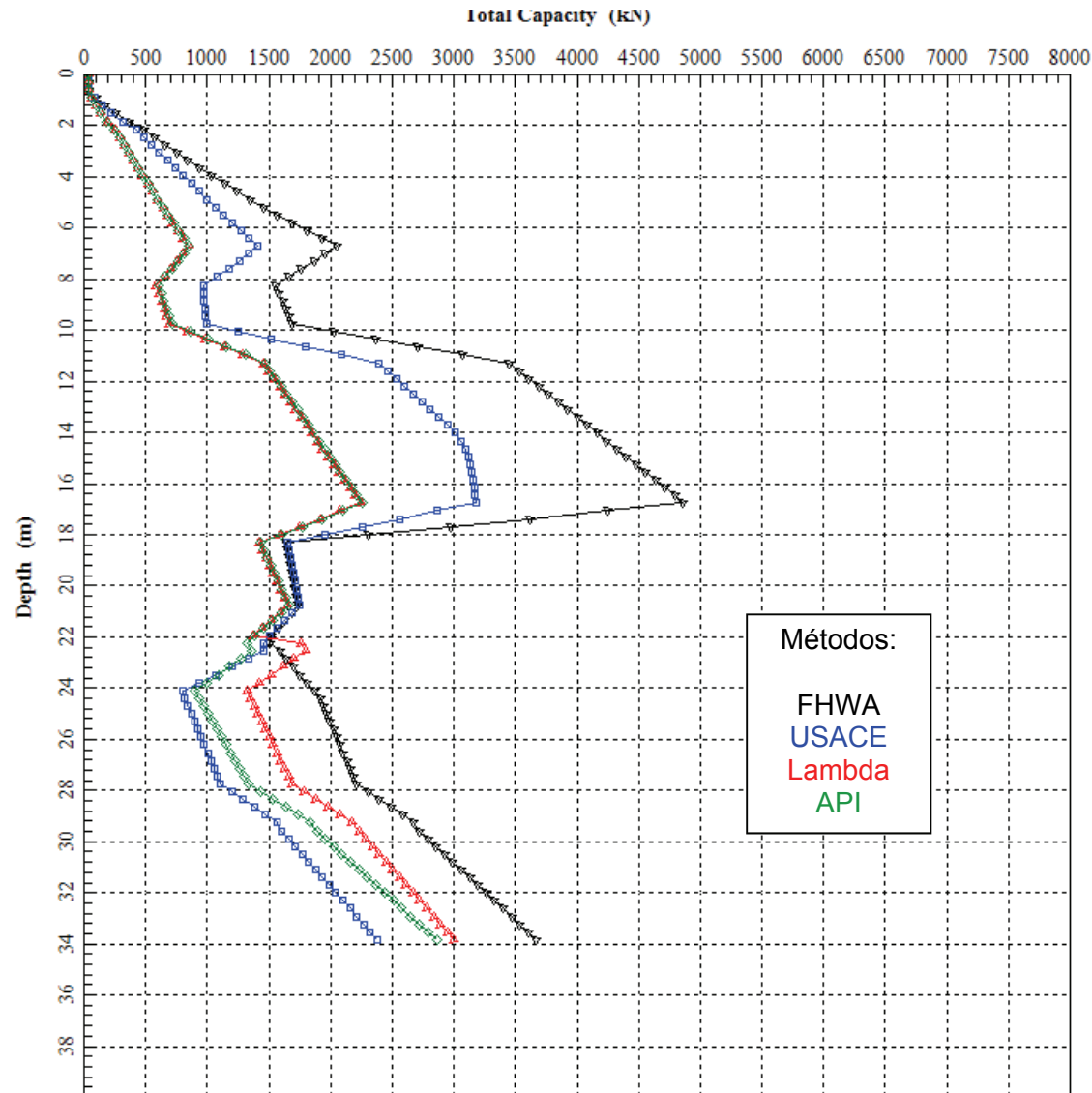
SECCIÓN:

FIGURA:

4.2

Capacidad de Carga Ultima de Pilotes Hincados de Concreto Presforzado a Compresión Axial, sección 60x60cm

ZONA 1



Cmdte. Rafael Morán Valverde

UNIVERSIDAD NAVAL
"COMANDANTE RAFAEL MORAN VALVERDE"

CLIENTE :

FLOPEC

PROYECTO :

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"

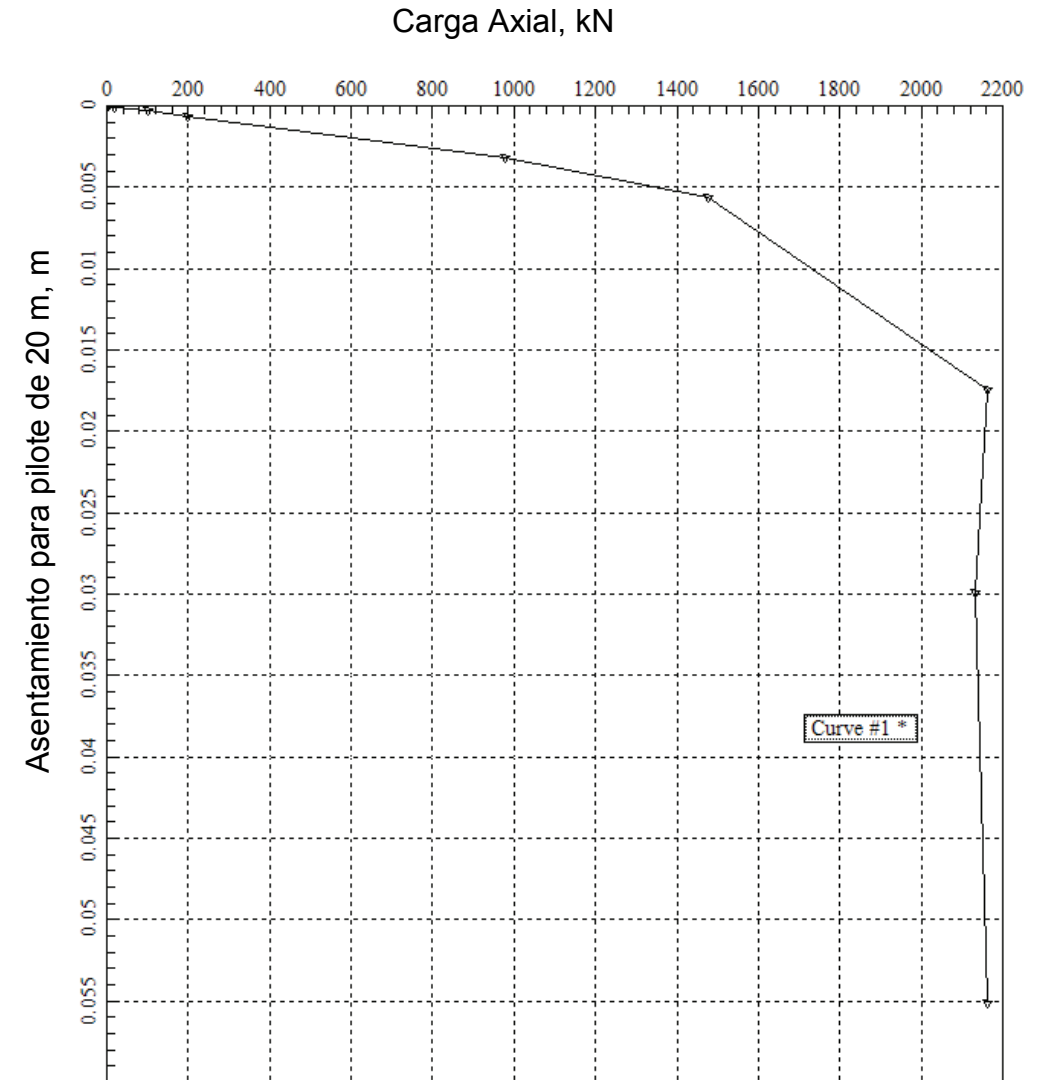
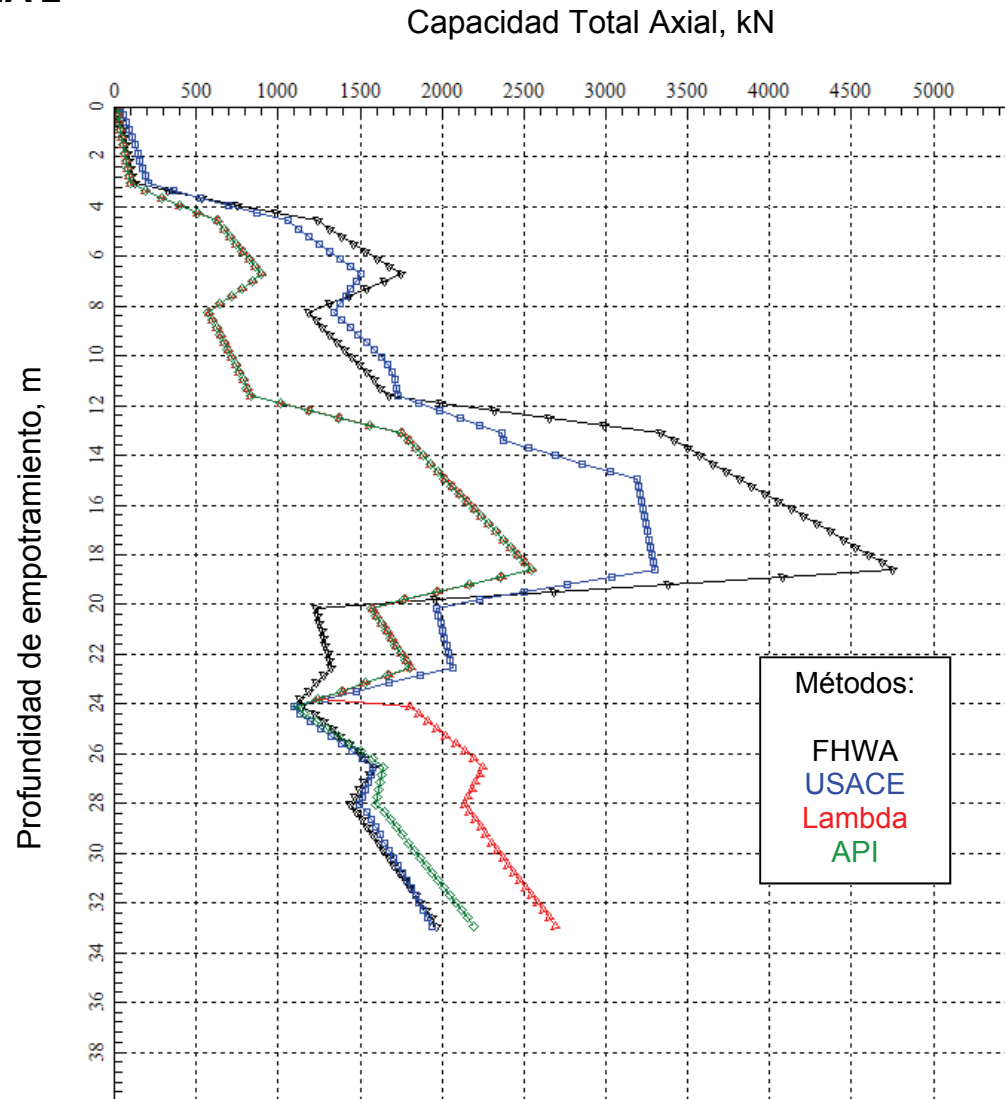
SECCIÓN:

FIGURA:

4.3

Capacidad de Carga Ultima de Pilotes Hincados de Concreto Presforzado a Compresión Axial, sección 60x60cm

ZONA 2



UNIVERSIDAD NAVAL
"COMANDANTE RAFAEL MORAN VALVERDE"

CLIENTE :

FLOPEC

PROYECTO :

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"

SECCIÓN:

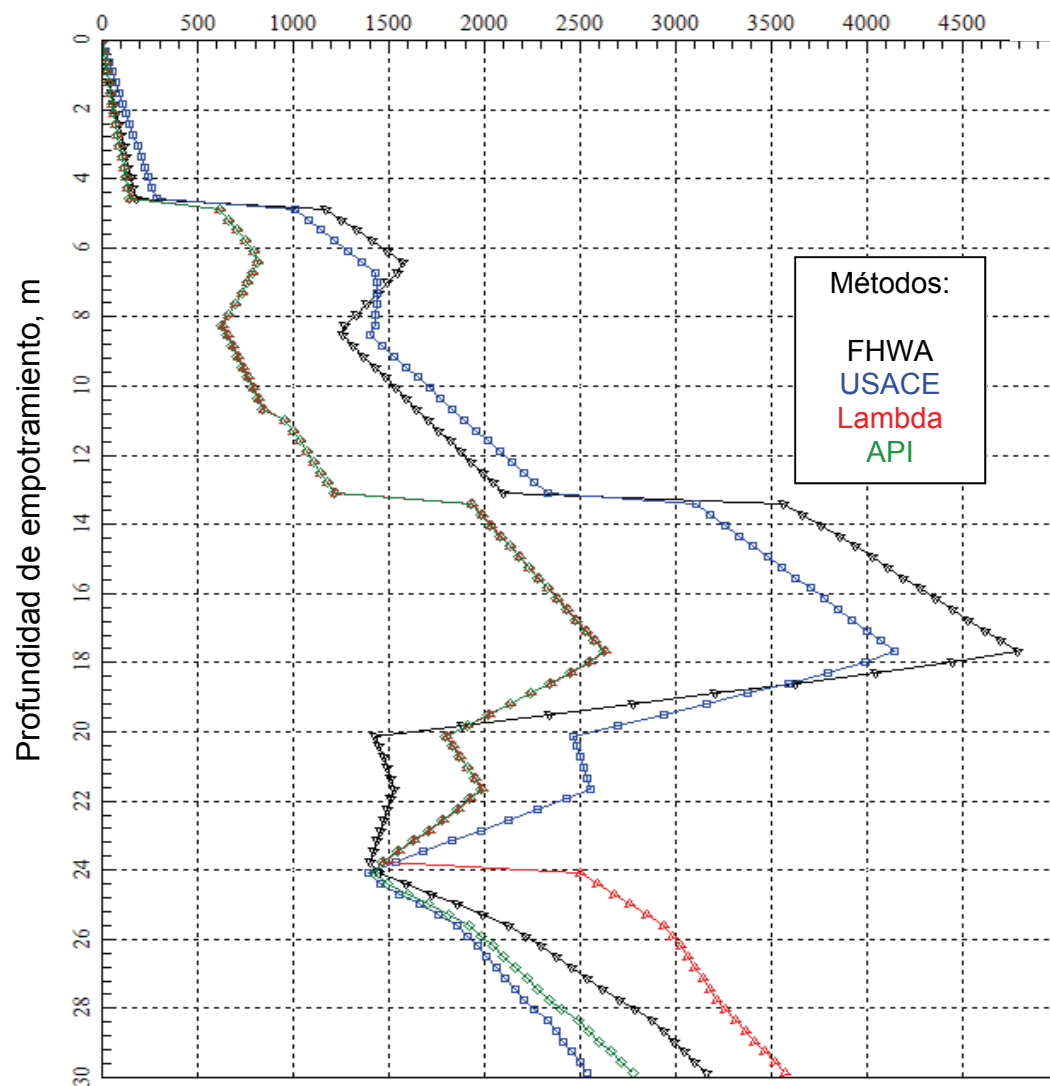
FIGURA:

4.4

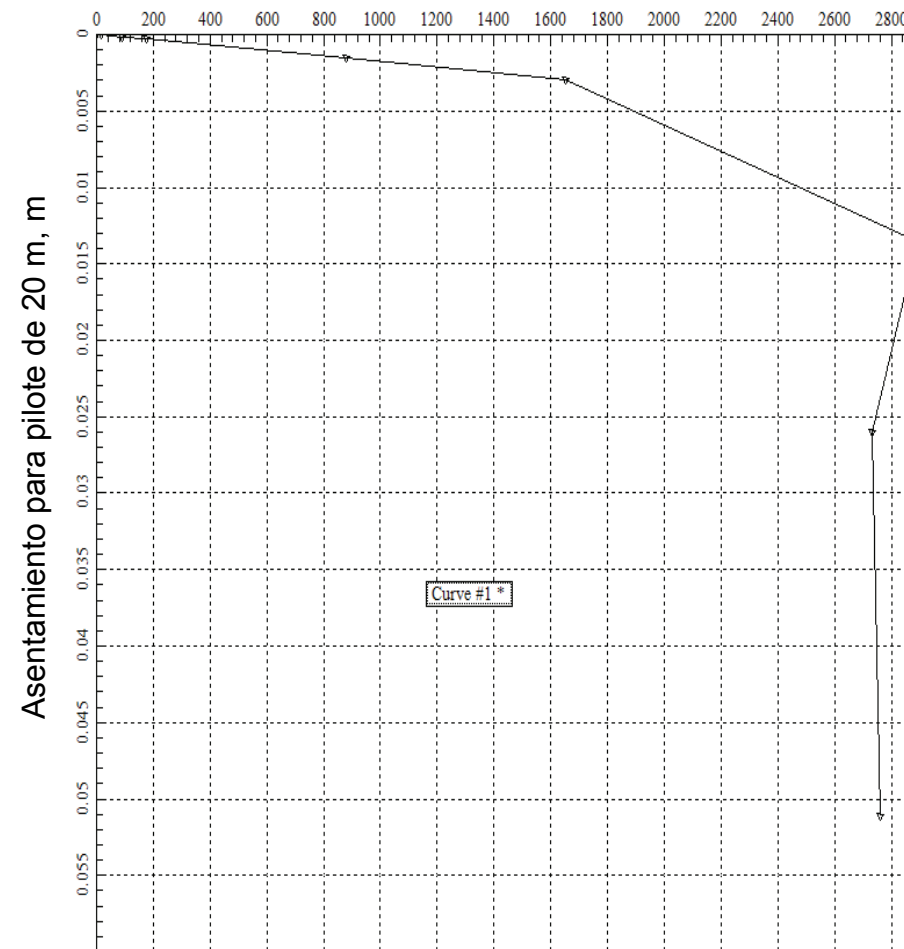
Capacidad de Carga Ultima de Pilotes Hincados Tubulares de Acero a Compresión Axial, D=1.2 m, e=25mm

ZONA 2

Capacidad Total Axial, kN



Carga Axial, kN



UNIVERSIDAD NAVAL
"COMANDANTE RAFAEL MORAN VALVERDE"

CLIENTE :

FLOPEC

PROYECTO :

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"

SECCIÓN:

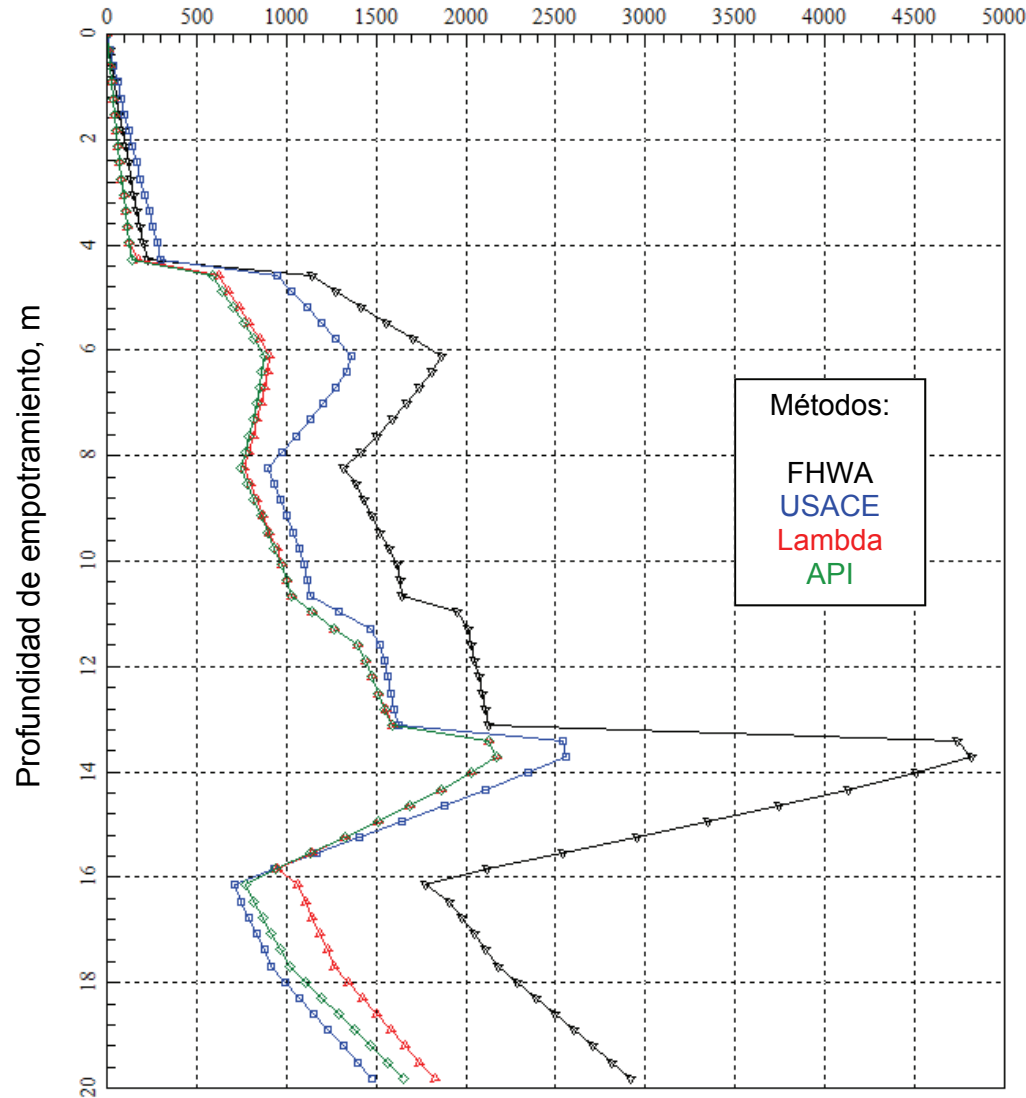
FIGURA:

4.5

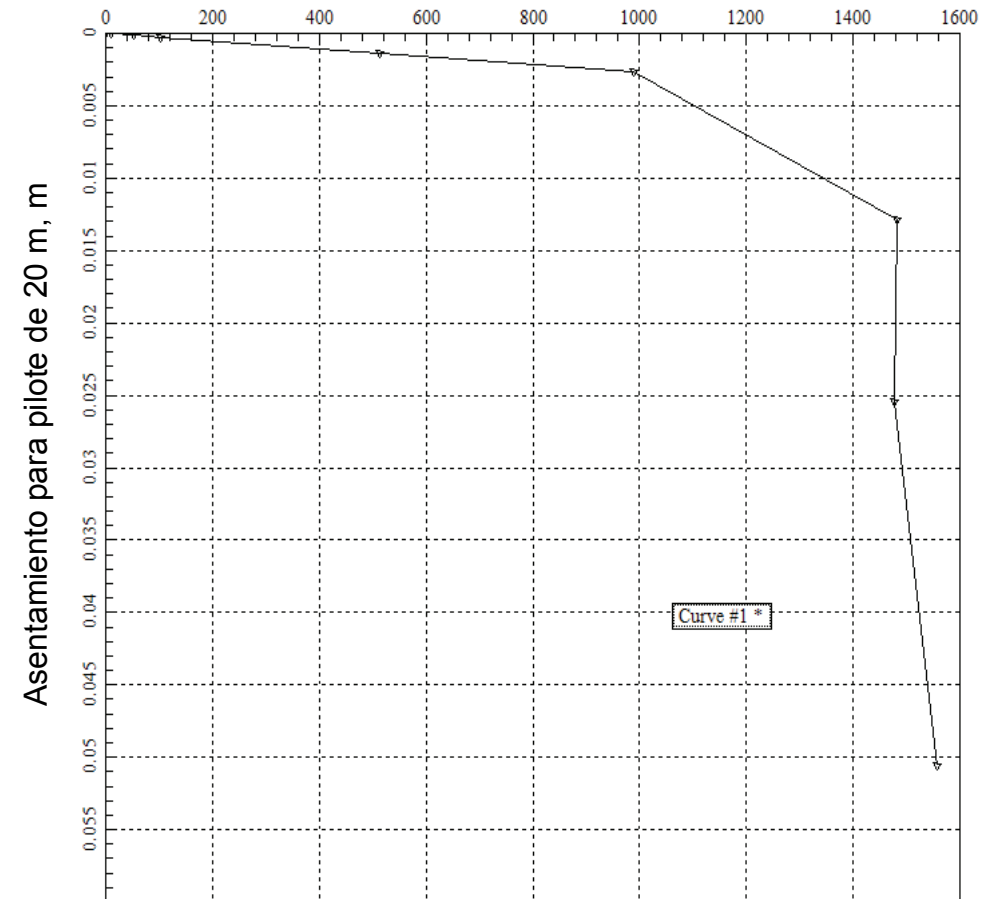
Capacidad de Carga Ultima de Pilotes Hincados Tubulares de Acero a Compresión Axial, D=1.2 m, e=25mm

ZONA 3

Capacidad Total Axial, kN



Carga Axial, kN



UNIVERSIDAD NAVAL
"COMANDANTE RAFAEL MORAN VALVERDE"

CLIENTE :

FLOPEC

PROYECTO :

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"

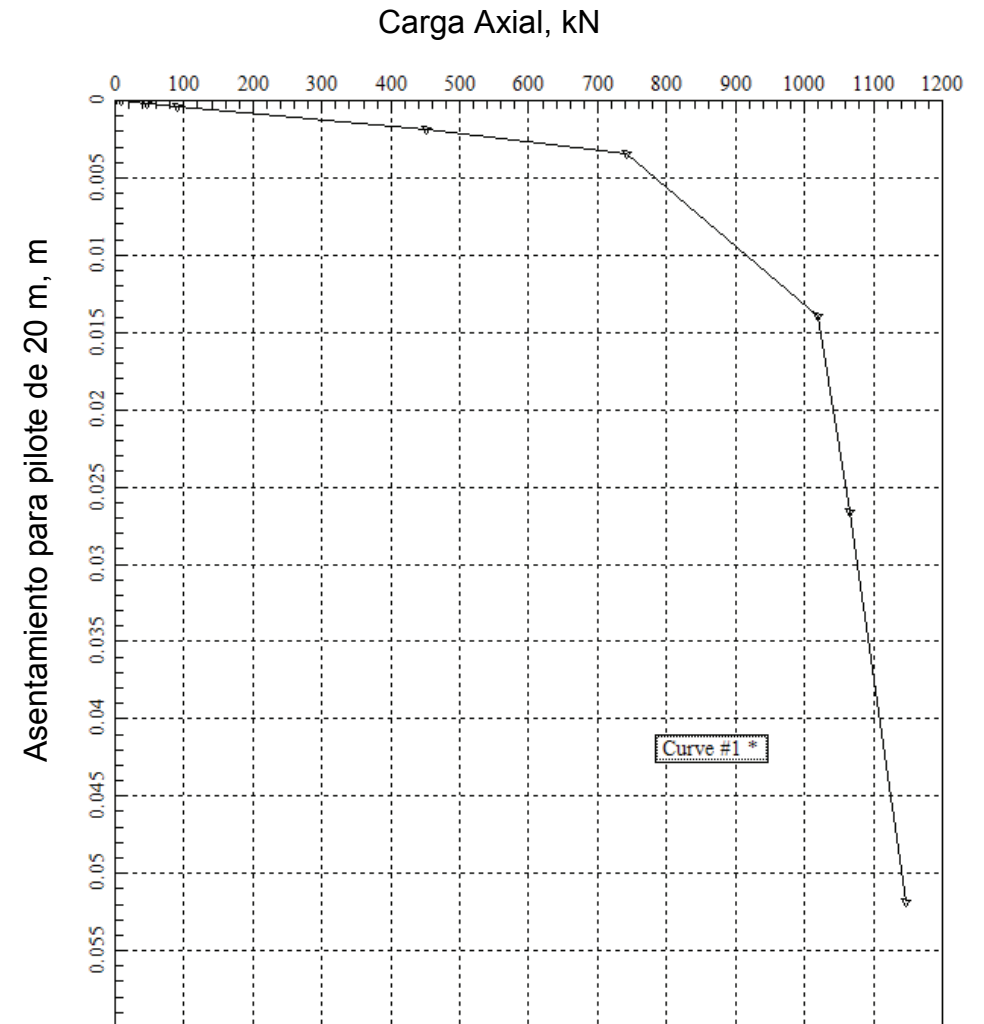
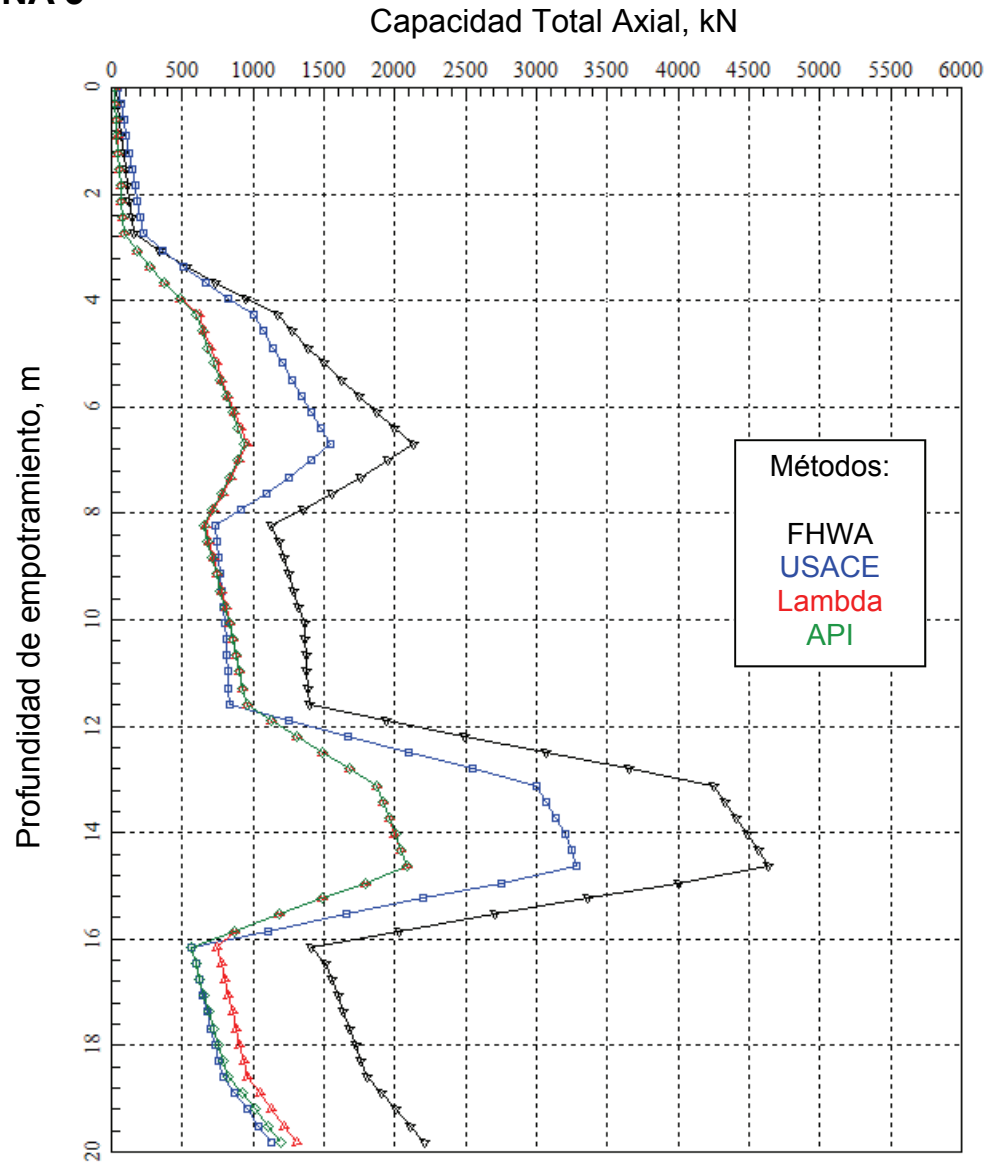
SECCIÓN:

FIGURA:

4.7

Capacidad de Carga Ultima de Pilotes Hincados de Concreto Presforzado a Compresión Axial, sección 60x60cm

ZONA 3



UNIVERSIDAD NAVAL
"COMANDANTE RAFAEL MORAN VALVERDE"

CLIENTE :

FLOPEC

PROYECTO :

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"

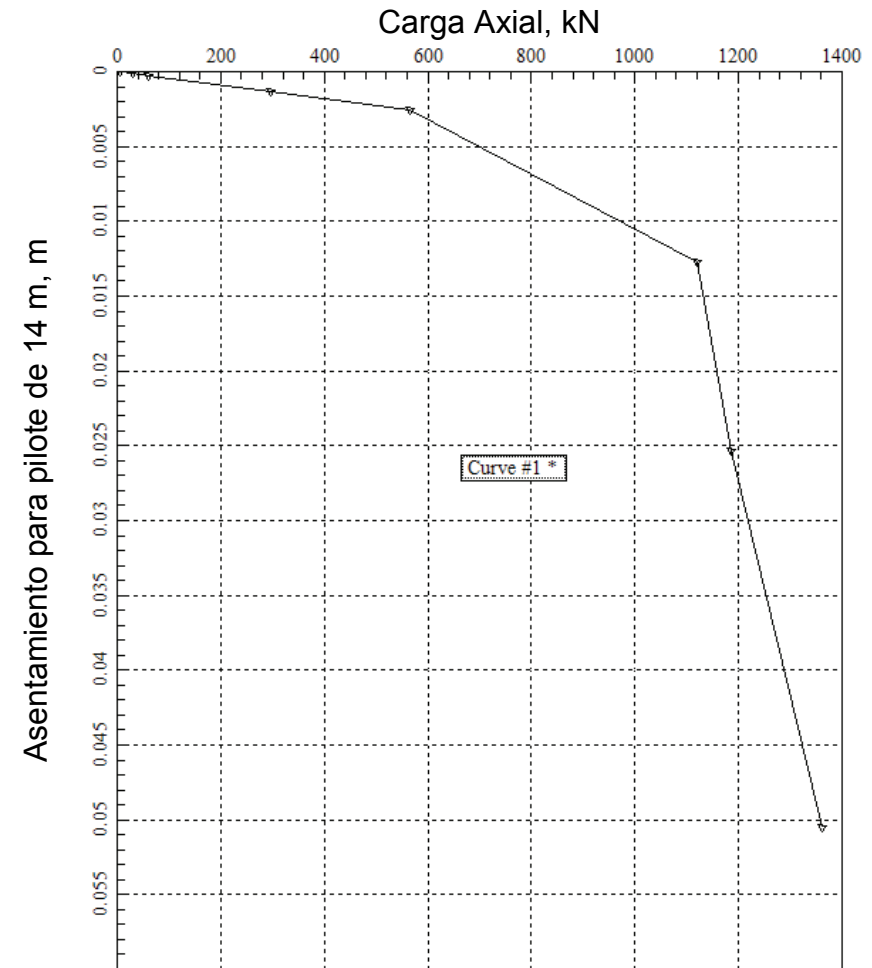
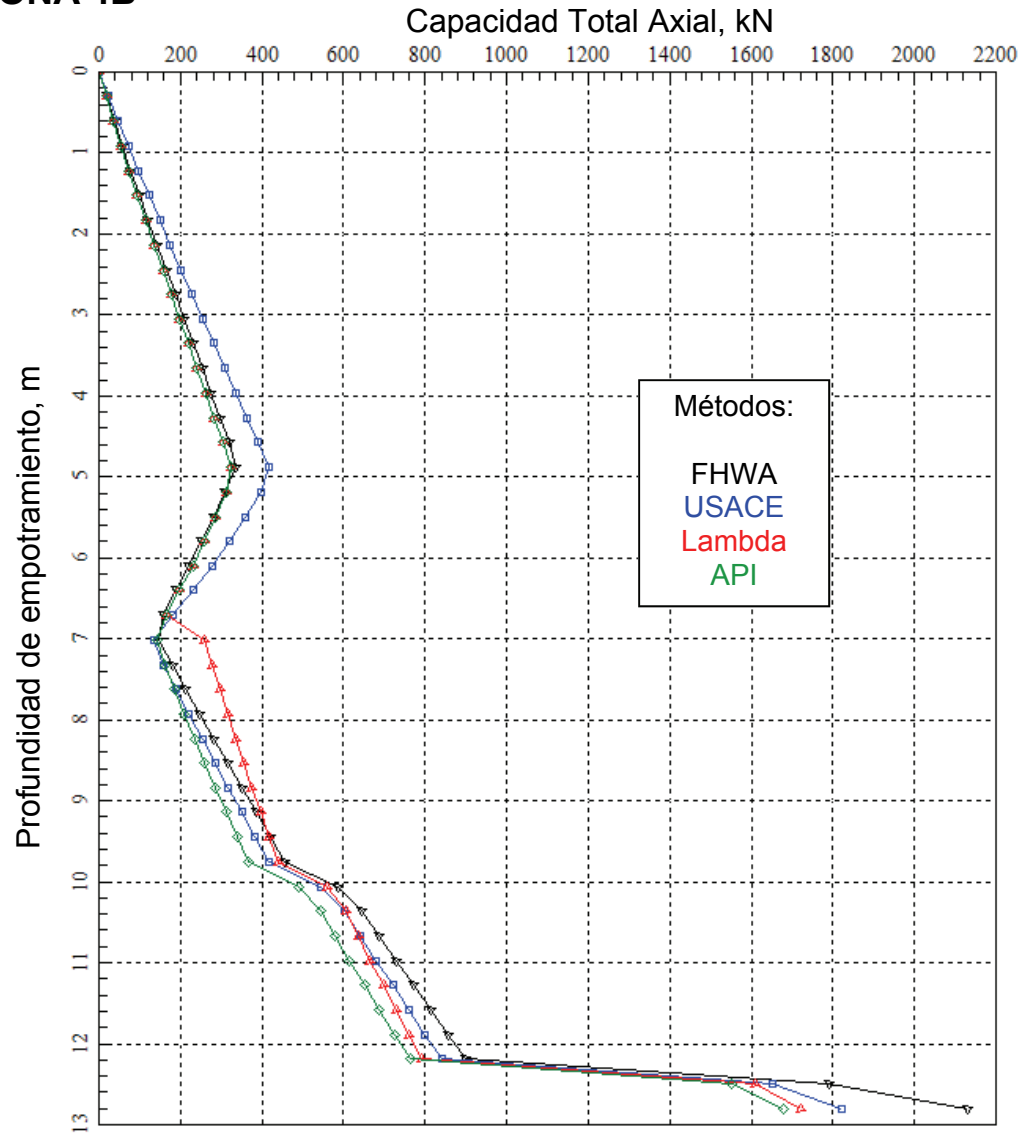
SECCIÓN:

FIGURA:

4.8

Capacidad de Carga Ultima de Pilotes Hincados Tubulares de Acero a Compresión Axial, D=1.2 m, e=25mm

ZONA 4B



Cmdte. Rafael Morán Valverde

UNIVERSIDAD NAVAL
"COMANDANTE RAFAEL MORAN VALVERDE"

CLIENTE :

FLOPEC

PROYECTO :

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"

SECCIÓN:

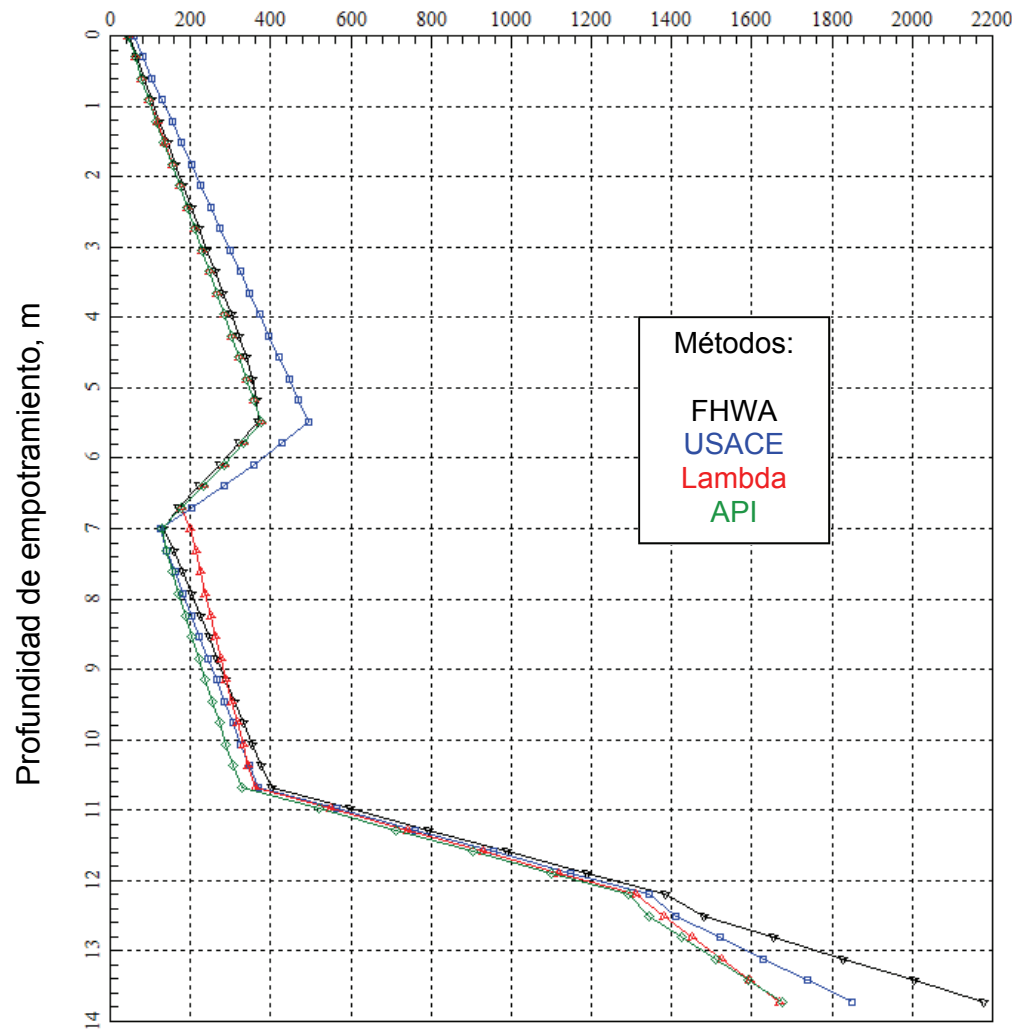
FIGURA:

4.9

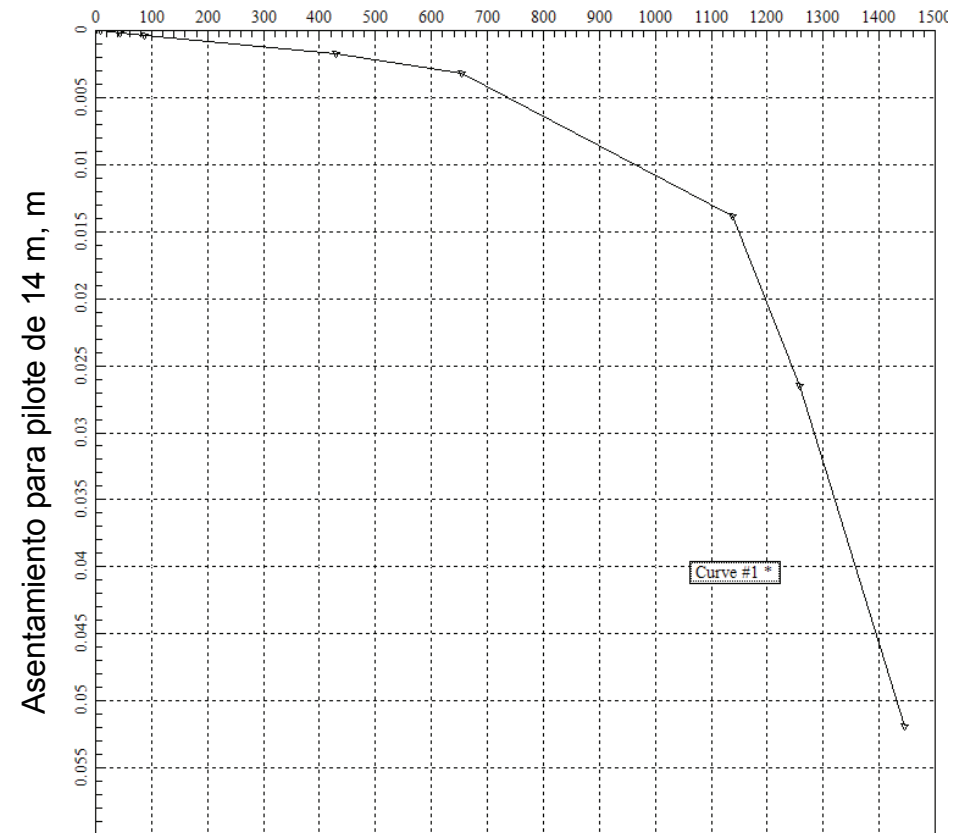
Capacidad de Carga Ultima de Pilotes Hincados de Concreto Presforzado a Compresión Axial, sección 60x60cm

ZONA 4B

Capacidad Total Axial, kN



Carga Axial, kN



Cmdte. Rafael Morán Valverde

UNIVERSIDAD NAVAL
"COMANDANTE RAFAEL MORAN VALVERDE"

CLIENTE :

FLOPEC

PROYECTO :

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"

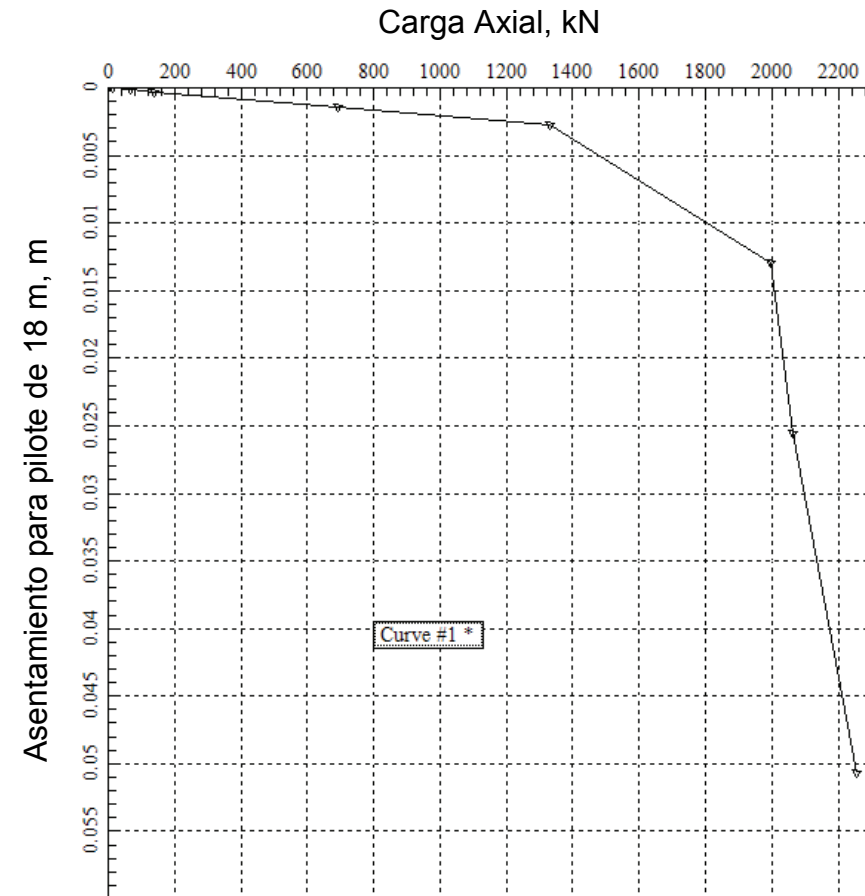
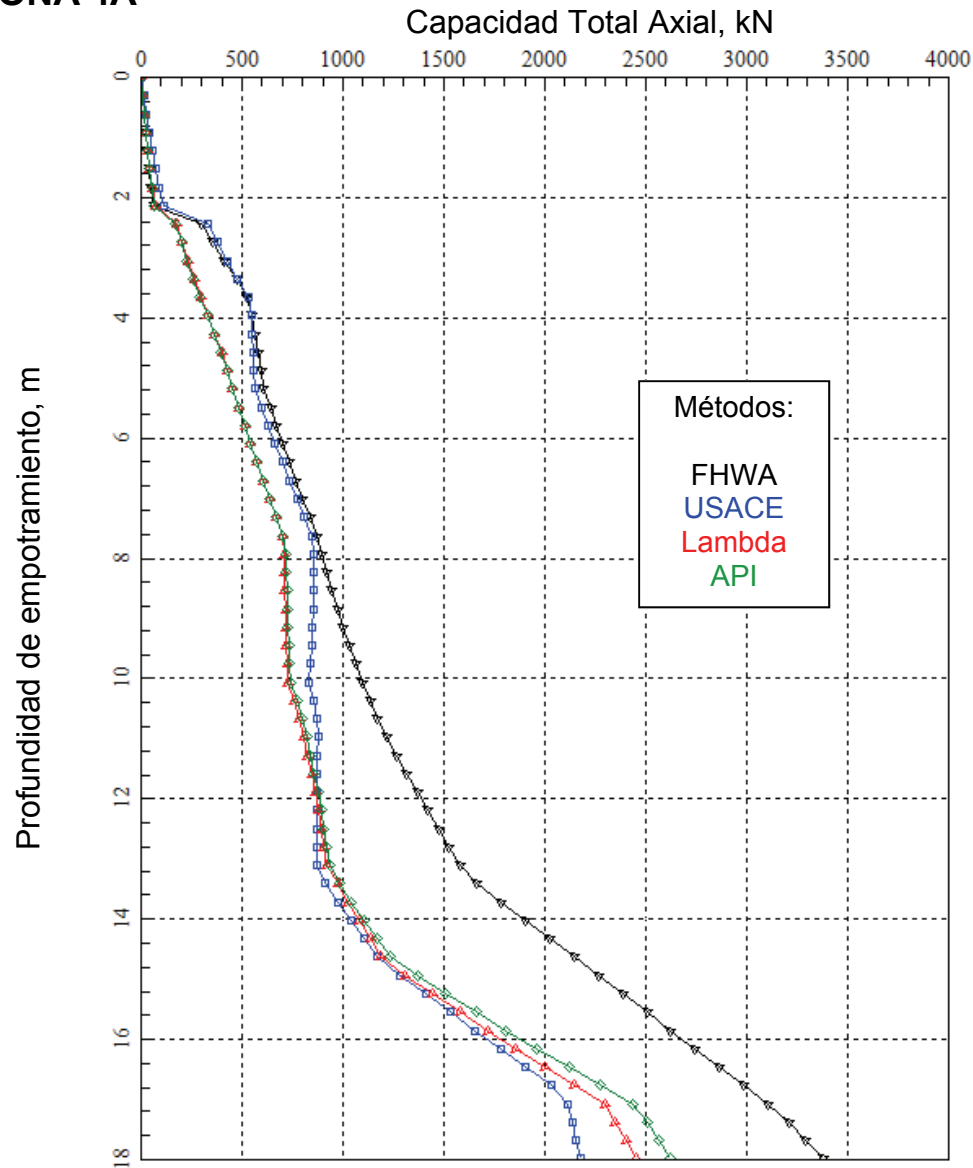
SECCIÓN:

FIGURA:

4.10

Capacidad de Carga Ultima de Pilotes Hincados Tubulares de Acero a Compresión Axial, D=1.2 m, e=25mm

ZONA 4A



Cmdte. Rafael Morán Valverde

UNIVERSIDAD NAVAL
"COMANDANTE RAFAEL MORAN VALVERDE"

CLIENTE :

FLOPEC

PROYECTO :

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"

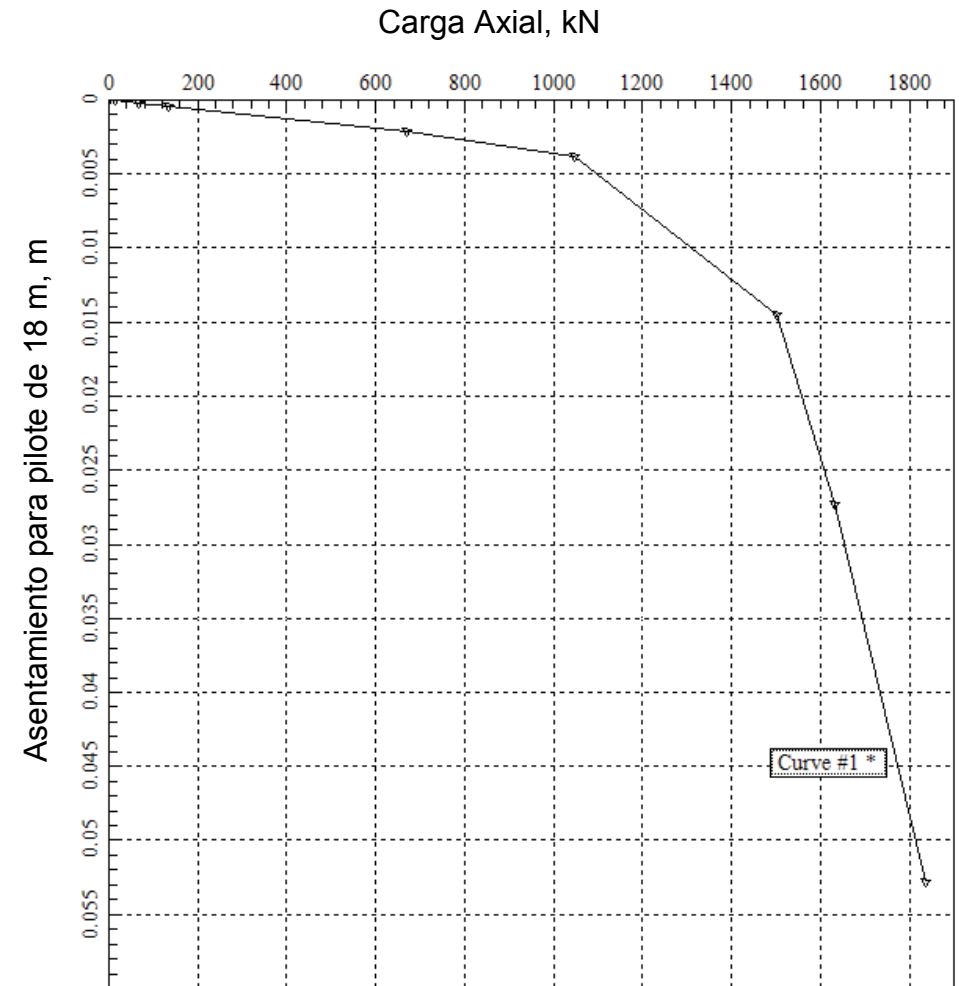
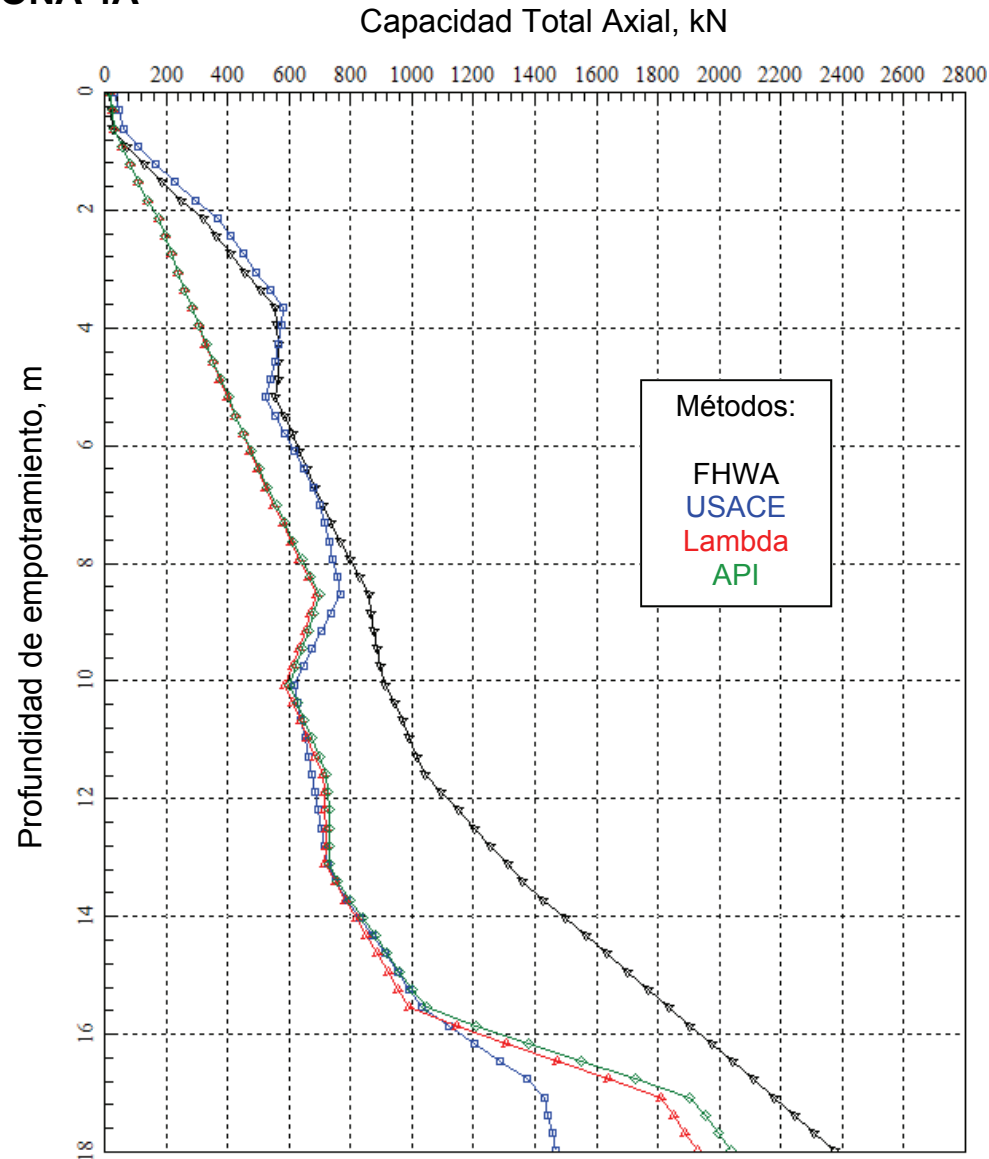
SECCIÓN:

FIGURA:

4.11

Capacidad de Carga Ultima de Pilotes Hincados de Concreto Presforzado a Compresión Axial, sección 60x60cm

ZONA 4A



Comdte. Rafael Morán Valverde

UNIVERSIDAD NAVAL
"COMANDANTE RAFAEL MORAN VALVERDE"

CLIENTE :

FLOPEC

PROYECTO :

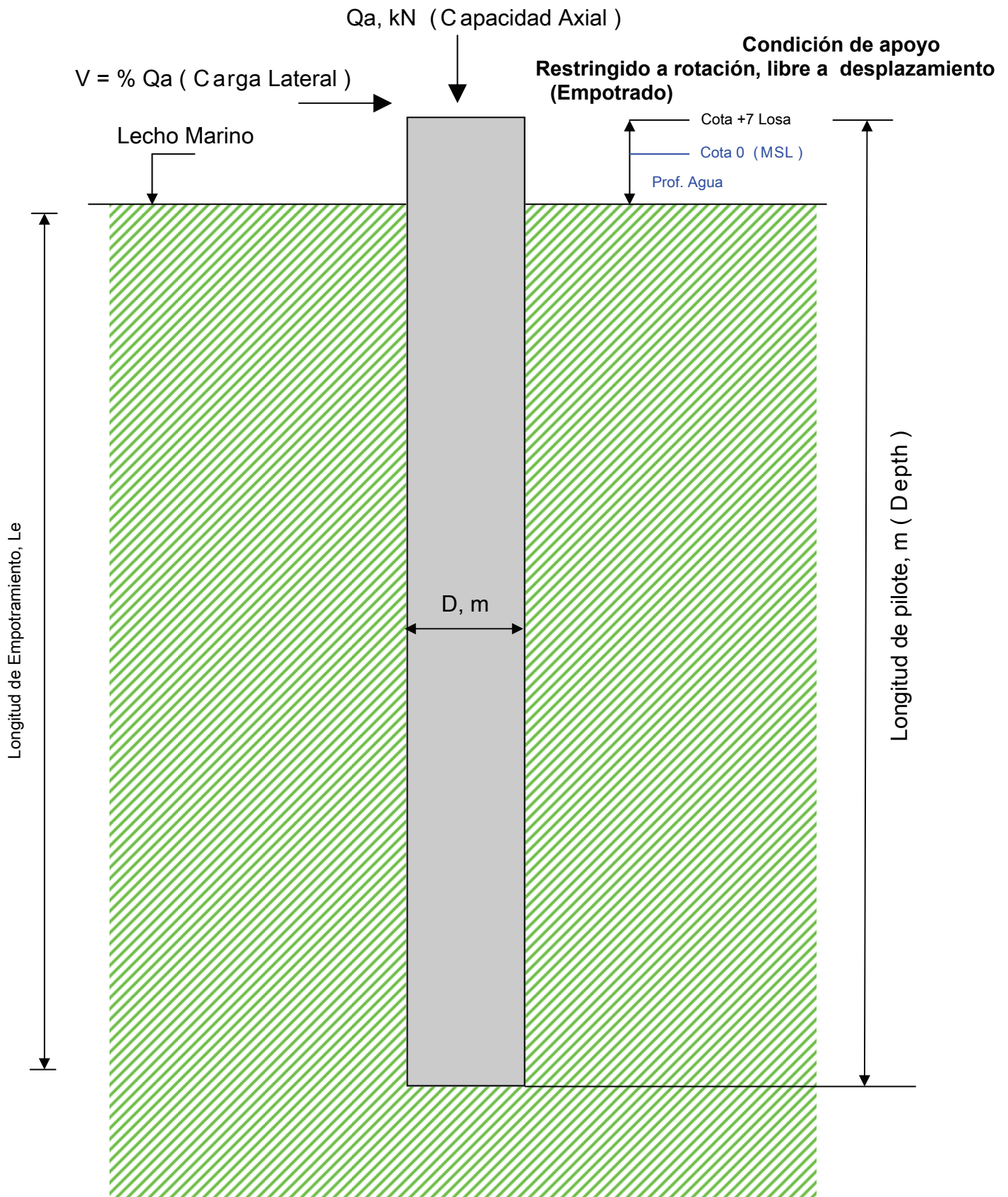
ESTUDIOS GEOLOGICOS, GEOTECNICOS Y DE RIESGO
SISMICO PARA EL PROYECTO: " TERMINAL MARITIMO
Y PLANTA DE ALMACENAMIENTO DE GLP EN MONTE VERDE
PROVINCIA DE SANTA ELENA"

SECCIÓN:

FIGURA:

4.12

Modelo Esquemático de pilotes analizados ante cargas laterales



Cmdte. Rafael Morán Valverde

UNIVERSIDAD NAVAL
"COMANDANTE RAFAEL MORAN VALVERDE"

CLIENTE :

FLOPEC

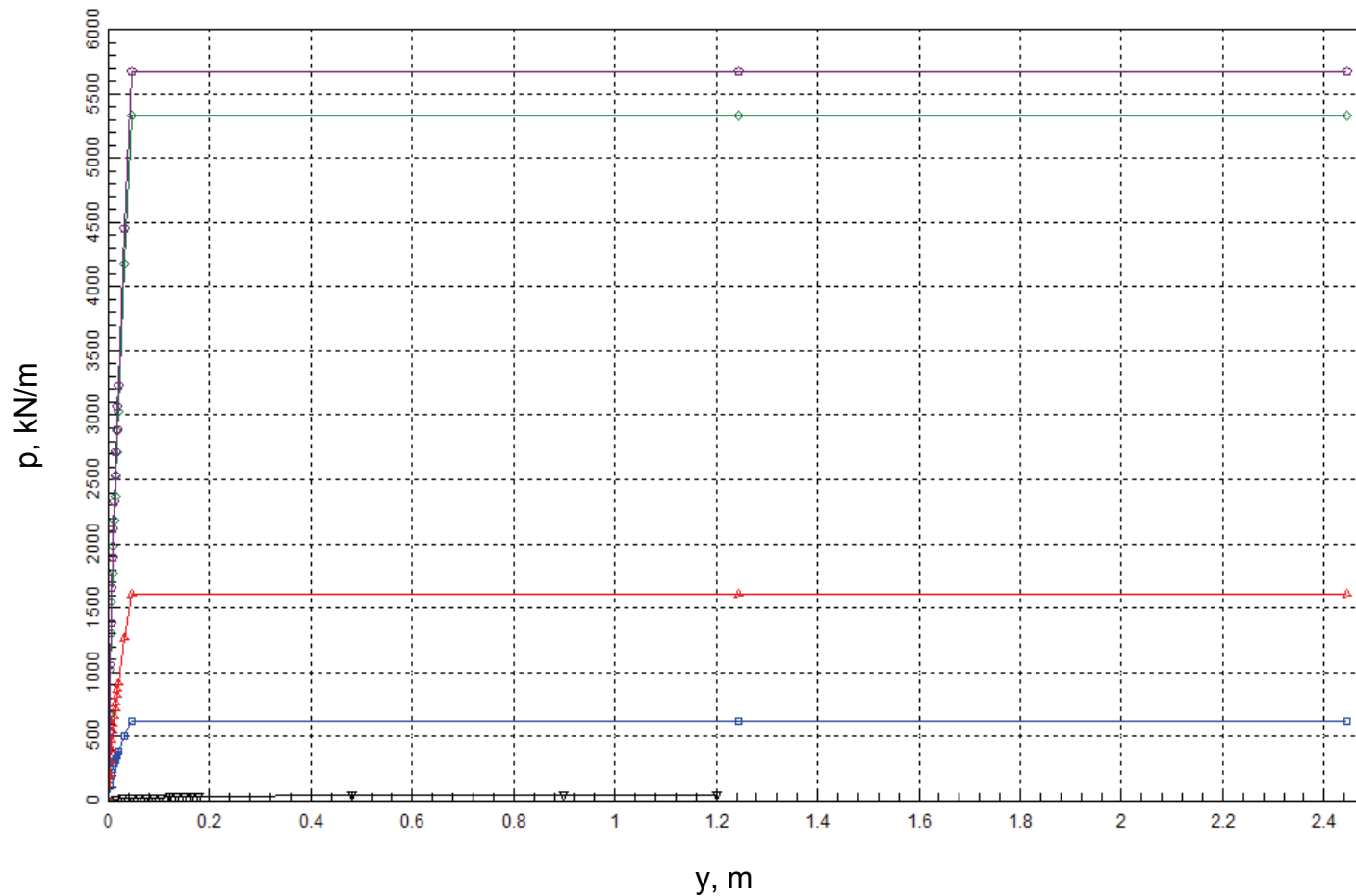
PROYECTO :

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"

SECCIÓN:

FIGURA: 5.1

Análisis de Interacción Inercial Suelo-Pilote Ante cargas Laterales **Curvas p-y para Pilote tubular de Acero D=1.2 m, e=25 mm Zona 1**



Profundidad bajo cabeza de pilote, m

- 31 m
- 35 m
- 39.5 m
- 44.5 m
- 49 m



UNIVERSIDAD NAVAL
 "COMANDANTE RAFAEL MORAN VALVERDE"

CLIENTE :

FLOPEC

PROYECTO :

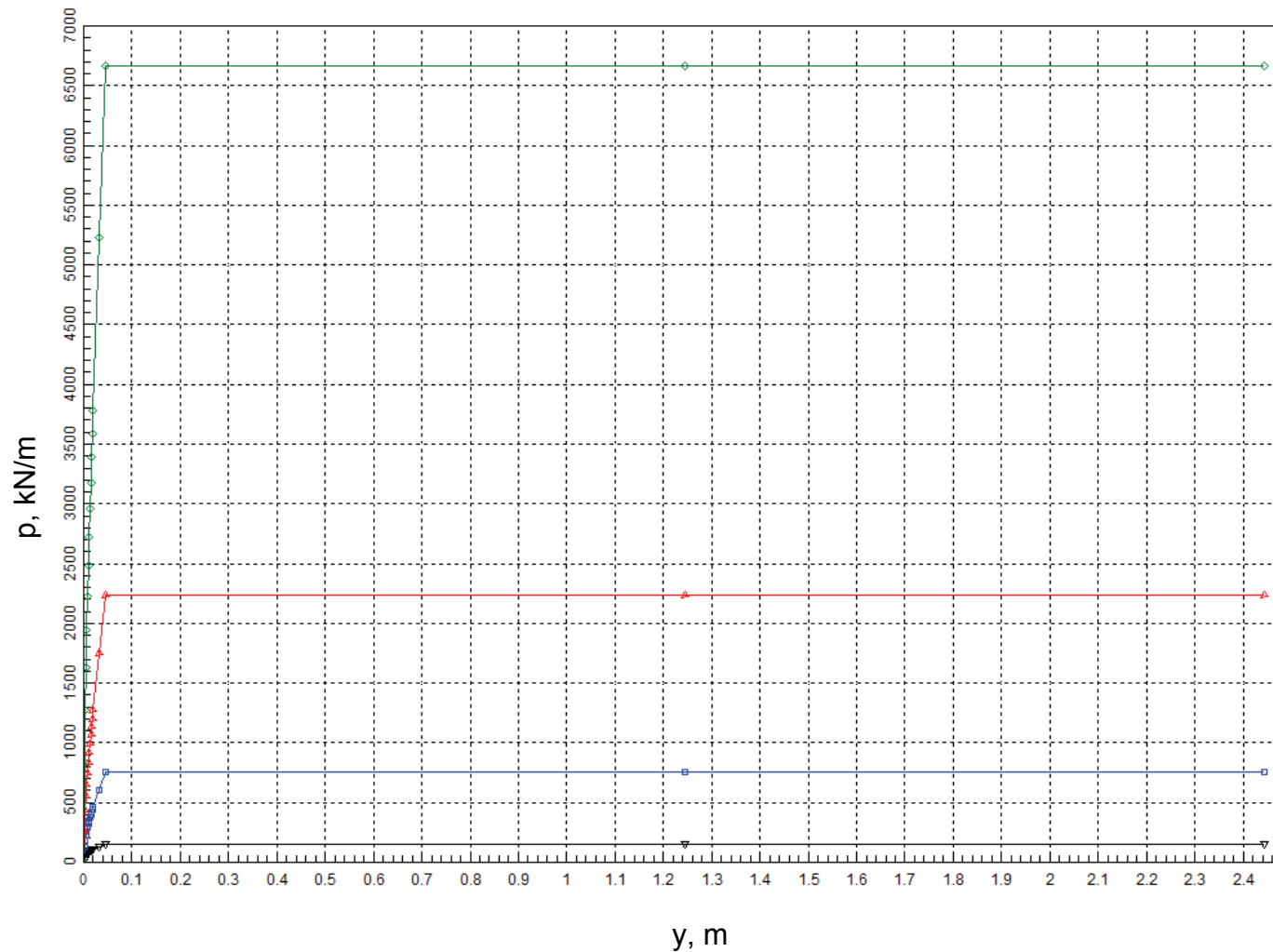
ESTUDOS GEOLOGICOS, GEOTECNICOS Y DE RIESGO
 SISMICO PARA EL PROYECTO: " TERMINAL MARITIMO
 Y PLANTA DE ALMACENAMIENTO DE GLP EN MONTE VERDE
 PROVINCIA DE SANTA ELENA"

SECCIÓN:

FIGURA:

5.2

Análisis de Interacción Inercial Suelo-Pilote Ante cargas Laterales **Curvas p-y para Pilote tubular de Acero D=1.2 m, e=25 mm Zona 2**



Profundidad bajo cabeza de pilote, m

- 31 m
- 35 m
- 39.5 m
- 46 m



UNIVERSIDAD NAVAL
 "COMANDANTE RAFAEL MORAN VALVERDE"

CLIENTE :

FLOPEC

PROYECTO :

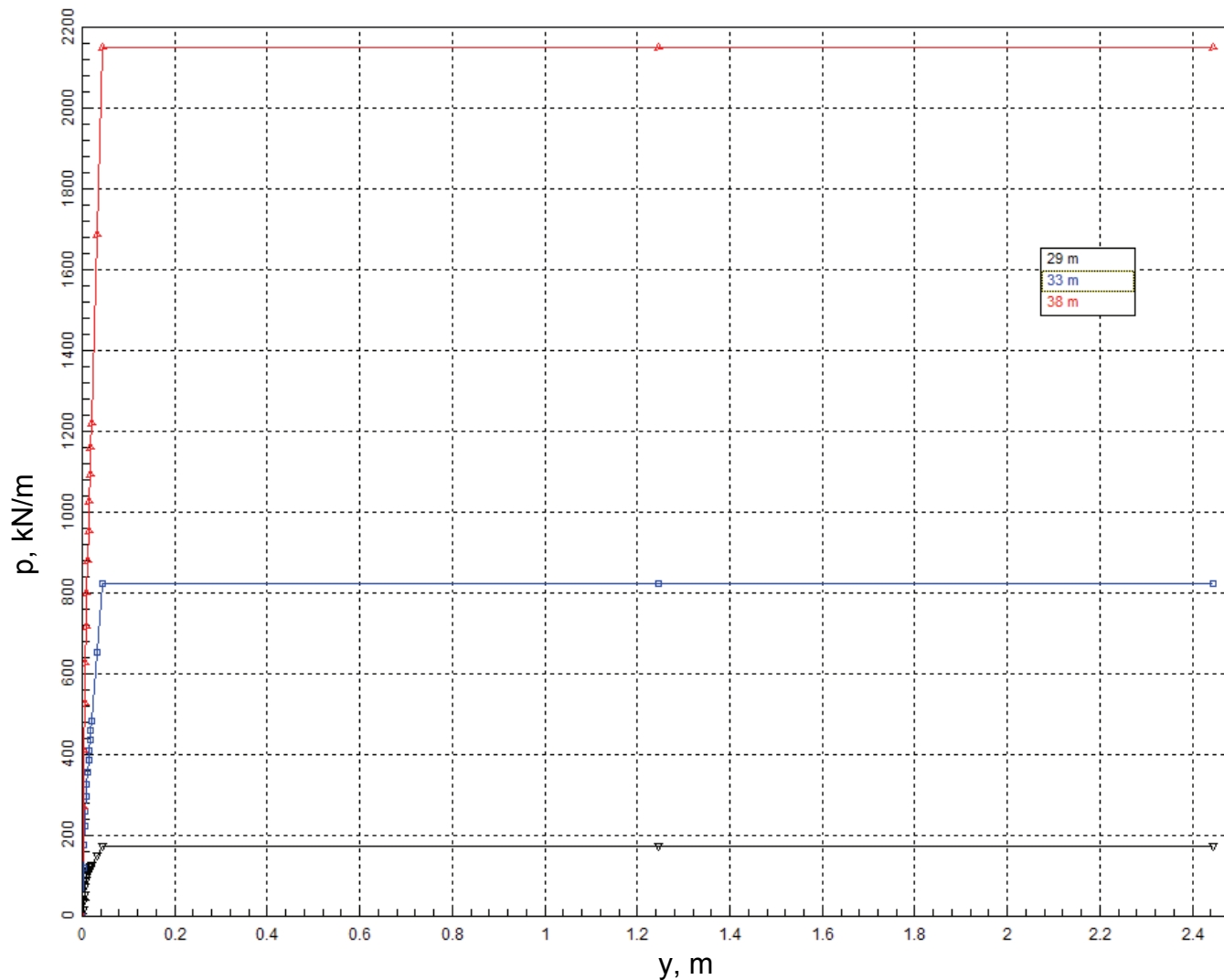
ESTUDIOS GEOLOGICOS, GEOTECNICOS Y DE RIESGO
 SISMICO PARA EL PROYECTO: " TERMINAL MARITIMO
 Y PLANTA DE ALMACENAMIENTO DE GLP EN MONTE VERDE
 PROVINCIA DE SANTA ELENA"

SECCIÓN:

FIGURA:

5.3

Análisis de Interacción Inercial Suelo-Pilote Ante cargas Laterales **Curvas p-y para Pilote tubular de Acero D=1.2 m, e=25 mm Zona 3**



Profundidad bajo cabeza de pilote, m

29 m

33 m

38 m

29 m
33 m
38 m



Cmdte. Rafael Morán Valverde

UNIVERSIDAD NAVAL
"COMANDANTE RAFAEL MORAN VALVERDE"

CLIENTE :

FLOPEC

PROYECTO :

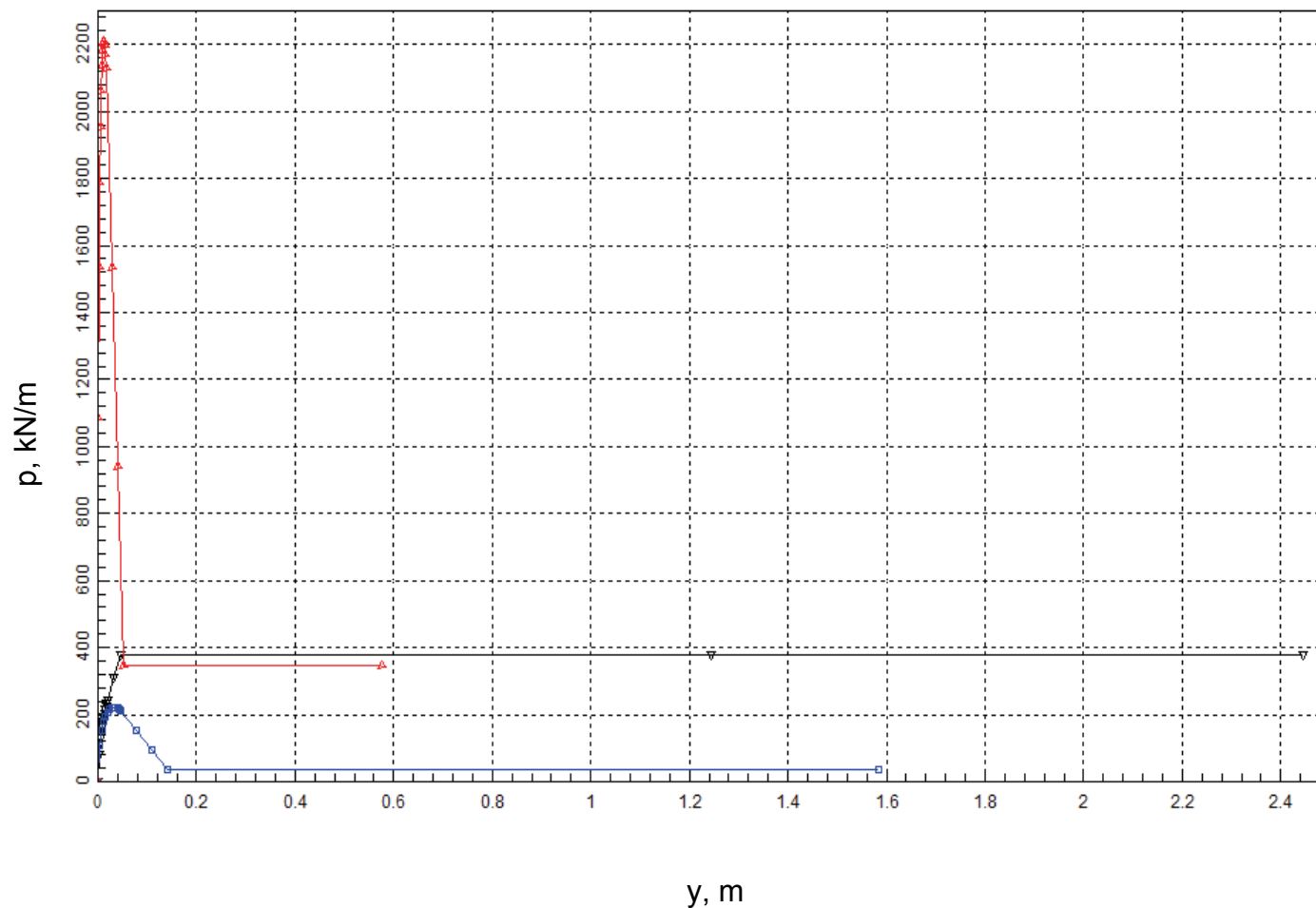
ESTUDIOS GEOLOGICOS, GEOTECNICOS Y DE RIESGO
SISMICO PARA EL PROYECTO: " TERMINAL MARITIMO
Y PLANTA DE ALMACENAMIENTO DE GLP EN MONTE VERDE
PROVINCIA DE SANTA ELENA"

SECCIÓN:

FIGURA:

5.4

Análisis de Interacción Inercial Suelo-Pilote Ante cargas Laterales **Curvas p-y para Pilote tubular de Acero D=1.2 m, e=25 mm Zona 4b**



Profundidad bajo cabeza
de pilote, m

27 m

33 m

37 m



Cmdte. Rafael Morán Valverde

UNIVERSIDAD NAVAL
"COMANDANTE RAFAEL MORAN VALVERDE"

CLIENTE :

FLOPEC

PROYECTO :

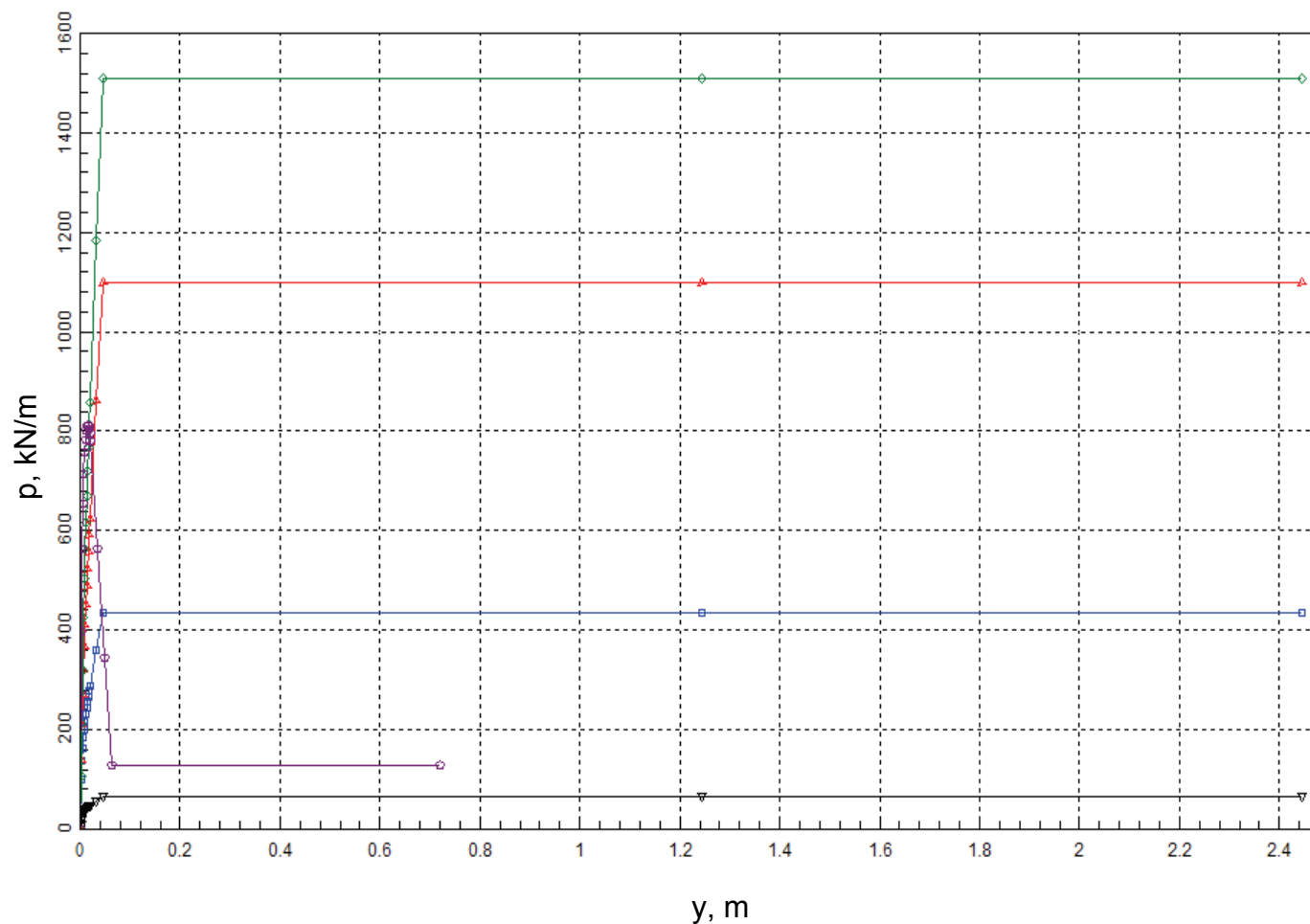
ESTUDIOS GEOLOGICOS, GEOTECNICOS Y DE RIESGO
SISMICO PARA EL PROYECTO: " TERMINAL MARITIMO
Y PLANTA DE ALMACENAMIENTO DE GLP EN MONTE VERDE
PROVINCIA DE SANTA ELENA"

SECCIÓN:

FIGURA:

5.5

Análisis de Interacción Inercial Suelo-Pilote Ante cargas Laterales **Curvas p-y para Pilote tubular de Acero D=1.2 m, e=25 mm Zona 4a**



Profundidad bajo cabeza de pilote, m

- 6 m
- 9 m
- 13 m
- 16 m
- 19 m



UNIVERSIDAD NAVAL
"COMANDANTE RAFAEL MORAN VALVERDE"

CLIENTE :

FLOPEC

PROYECTO :

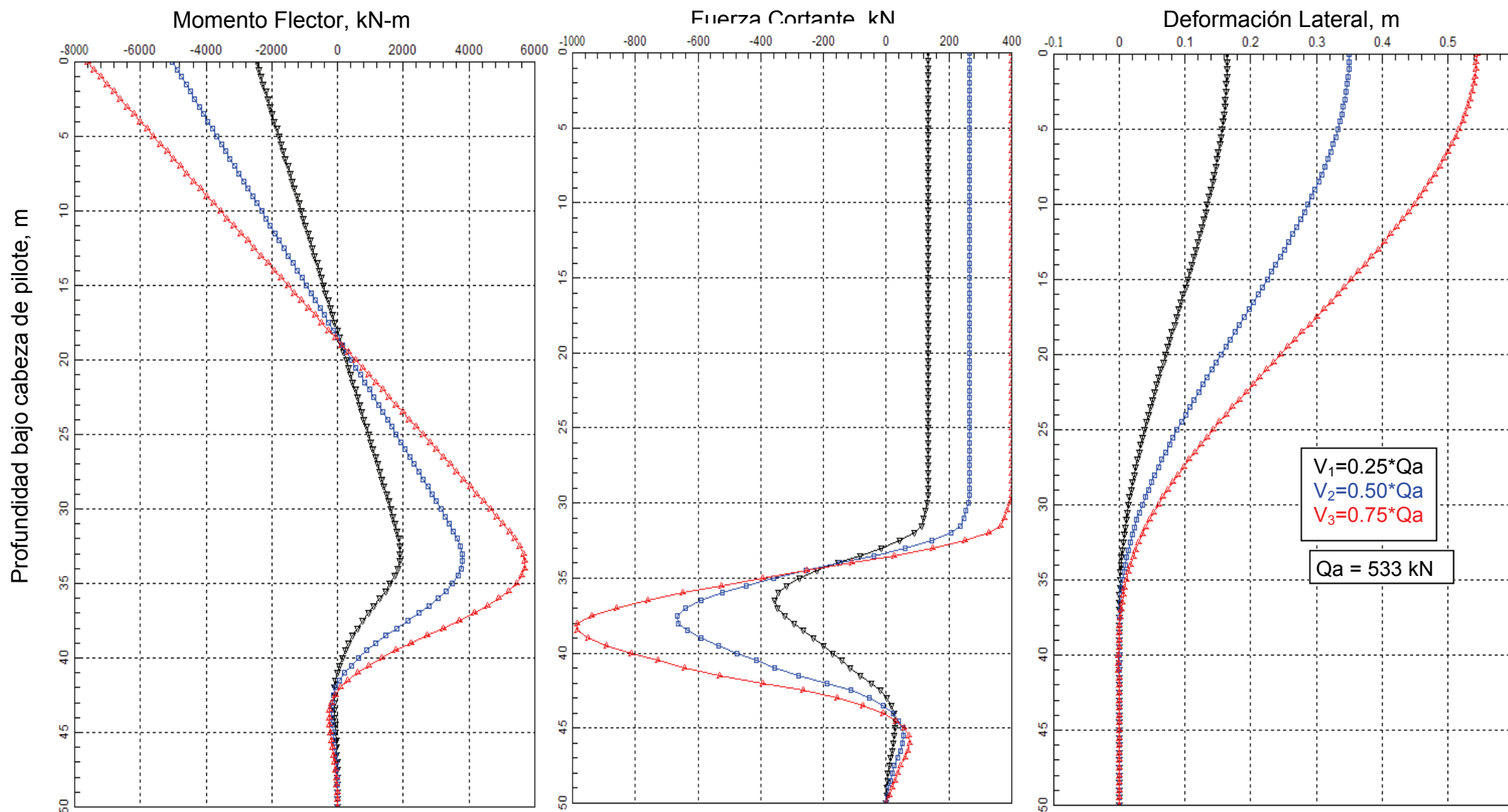
ESTUDIOS GEOLOGICOS, GEOTECNICOS Y DE RIESGO
SISMICO PARA EL PROYECTO: " TERMINAL MARITIMO
Y PLANTA DE ALMACENAMIENTO DE GLP EN MONTE VERDE
PROVINCIA DE SANTA ELENA"

SECCIÓN:

FIGURA:

5.6

Análisis de Interacción Inercial Suelo-Pilote Ante cargas Laterales, Pilote tubular de Acero
D=1.2m,e=25mm Le=20 m, Condición de apoyo I (Empotrado), Zona 1



UNIVERSIDAD NAVAL
 "COMANDANTE RAFAEL MORAN VALVERDE"

CLIENTE :

FLOPEC

PROYECTO :

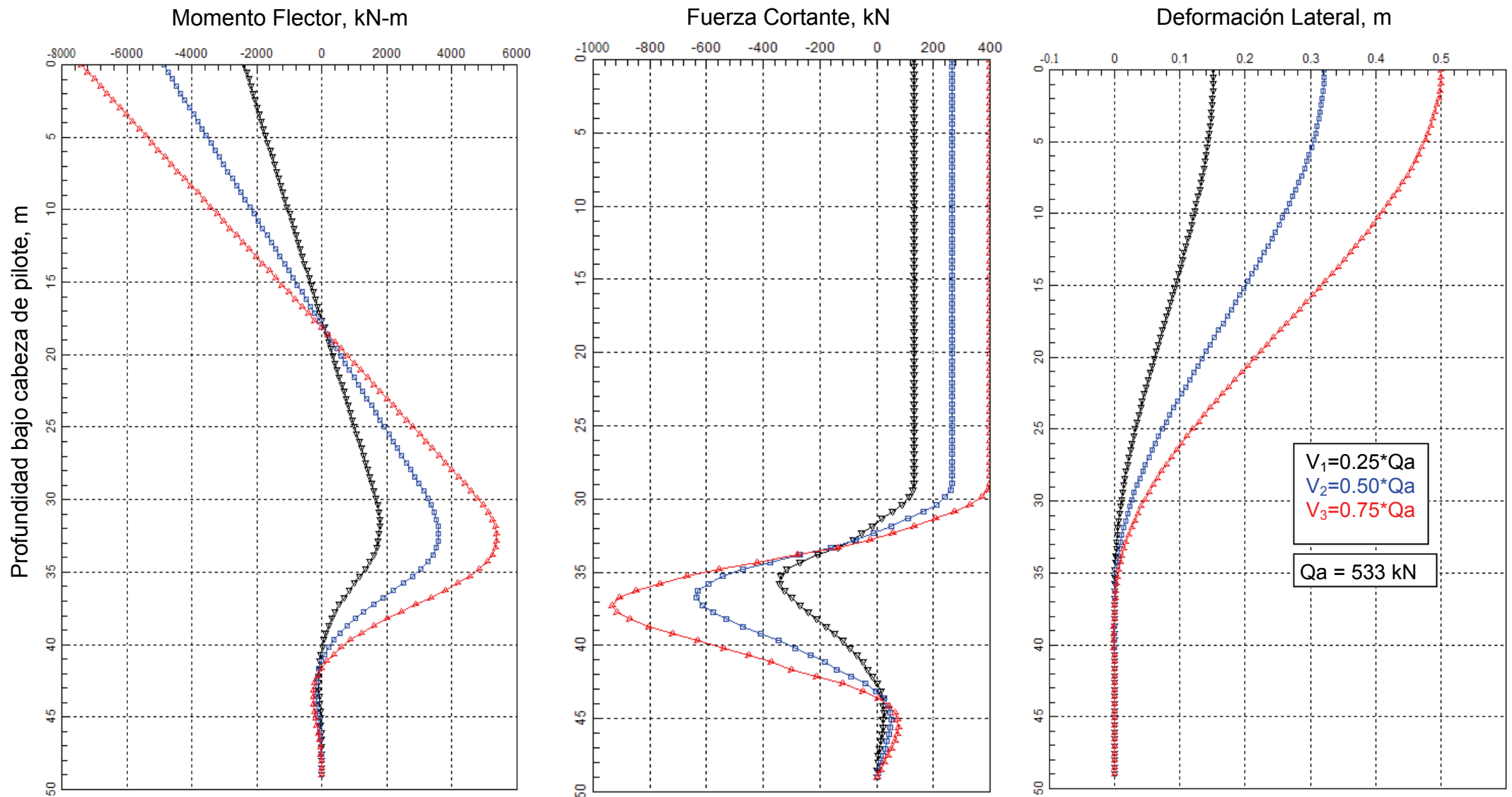
ESTUDIOS GEOLOGICOS, GEOTECNICOS Y DE RIESGO
 SISMICO PARA EL PROYECTO: " TERMINAL MARITIMO
 Y PLANTA DE ALMACENAMIENTO DE GLP EN MONTE VERDE
 PROVINCIA DE SANTA ELENA"

SECCIÓN:

FIGURA:

5.7

Análisis de Interacción Inercial Suelo-Pilote Ante cargas Laterales, Pilote tubular de Acero
D=1.2m,e=25mm Le=20 m, Condición de apoyo I (Empotrado), Zona 2



UNIVERSIDAD NAVAL
 "COMANDANTE RAFAEL MORAN VALVERDE"

CLIENTE :

FLOPEC

PROYECTO :

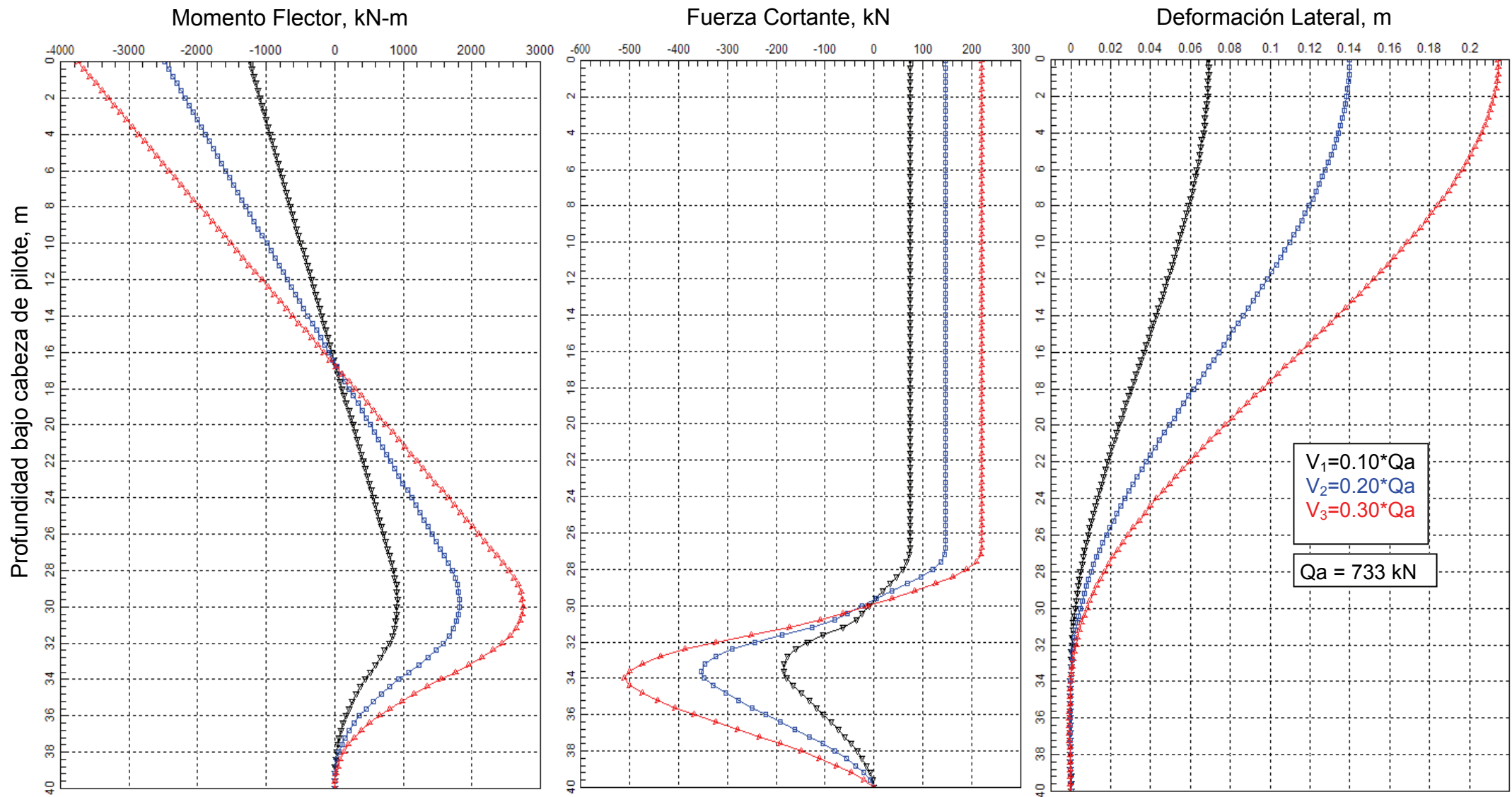
ESTUDIOS GEOLOGICOS, GEOTECNICOS Y DE RIESGO
 SISMICO PARA EL PROYECTO: " TERMINAL MARITIMO
 Y PLANTA DE ALMACENAMIENTO DE GLP EN MONTE VERDE
 PROVINCIA DE SANTA ELENA"

SECCIÓN:

FIGURA:

5.8

Análisis de Interacción Inercial Suelo-Pilote Ante cargas Laterales, Pilote tubular de Acero
D=1.2m,e=25mm Le=14 m, Condición de apoyo I (Empotrado), Zona 3



UNIVERSIDAD NAVAL
 "COMANDANTE RAFAEL MORAN VALVERDE"

CLIENTE :

FLOPEC

PROYECTO :

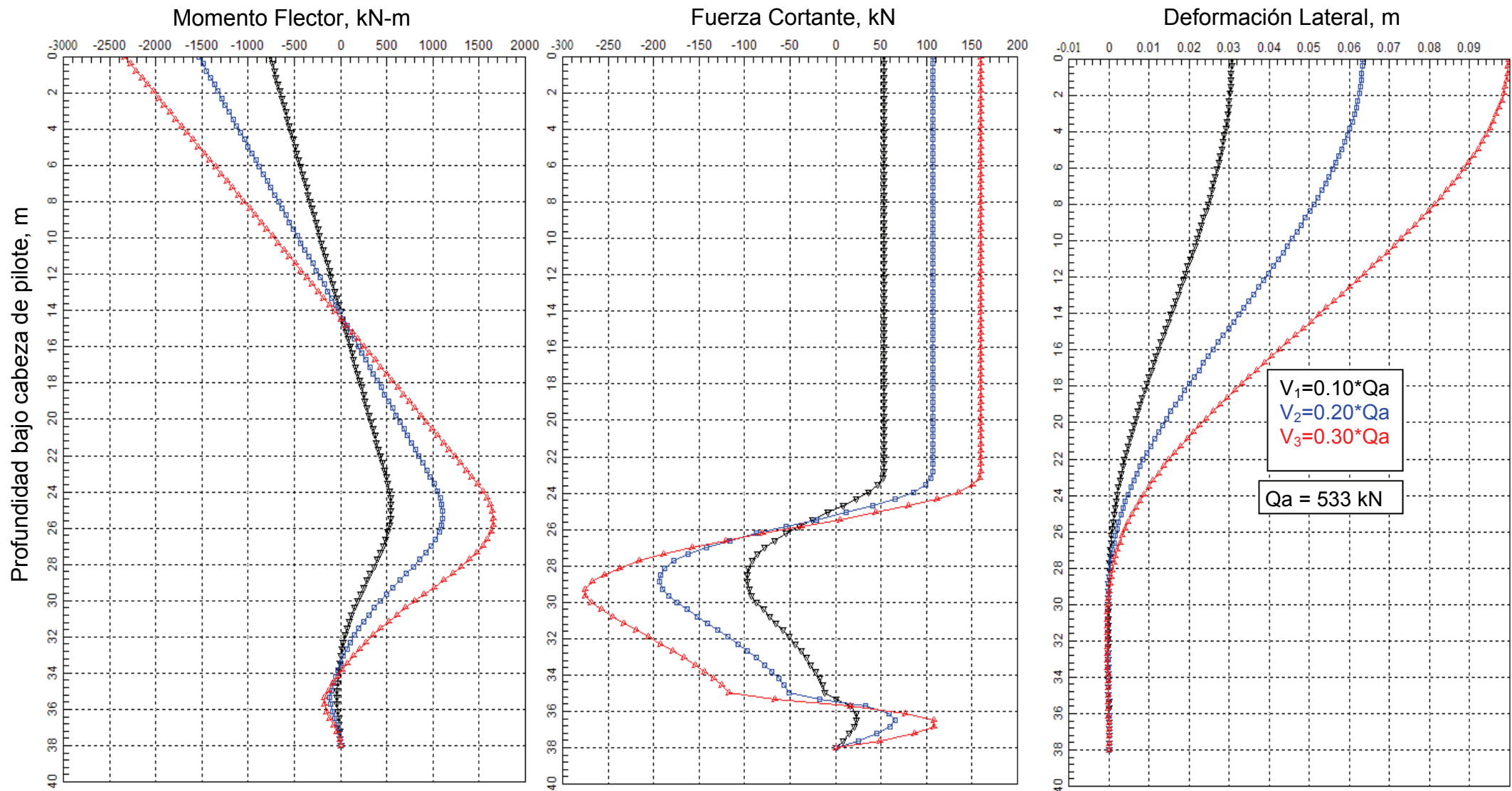
ESTUDIOS GEOLOGICOS, GEOTECNICOS Y DE RIESGO
 SISMICO PARA EL PROYECTO: " TERMINAL MARITIMO
 Y PLANTA DE ALMACENAMIENTO DE GLP EN MONTE VERDE
 PROVINCIA DE SANTA ELENA"

SECCIÓN:

FIGURA:

5.9

Análisis de Interacción Inercial Suelo-Pilote Ante cargas Laterales, Pilote tubular de Acero
D=1.2m,e=25mm Le=15 m, Condición de apoyo I (Empotrado), Zona 4b (Extremo en PA8)



UNIVERSIDAD NAVAL
 "COMANDANTE RAFAEL MORAN VALVERDE"

CLIENTE :

FLOPEC

PROYECTO :

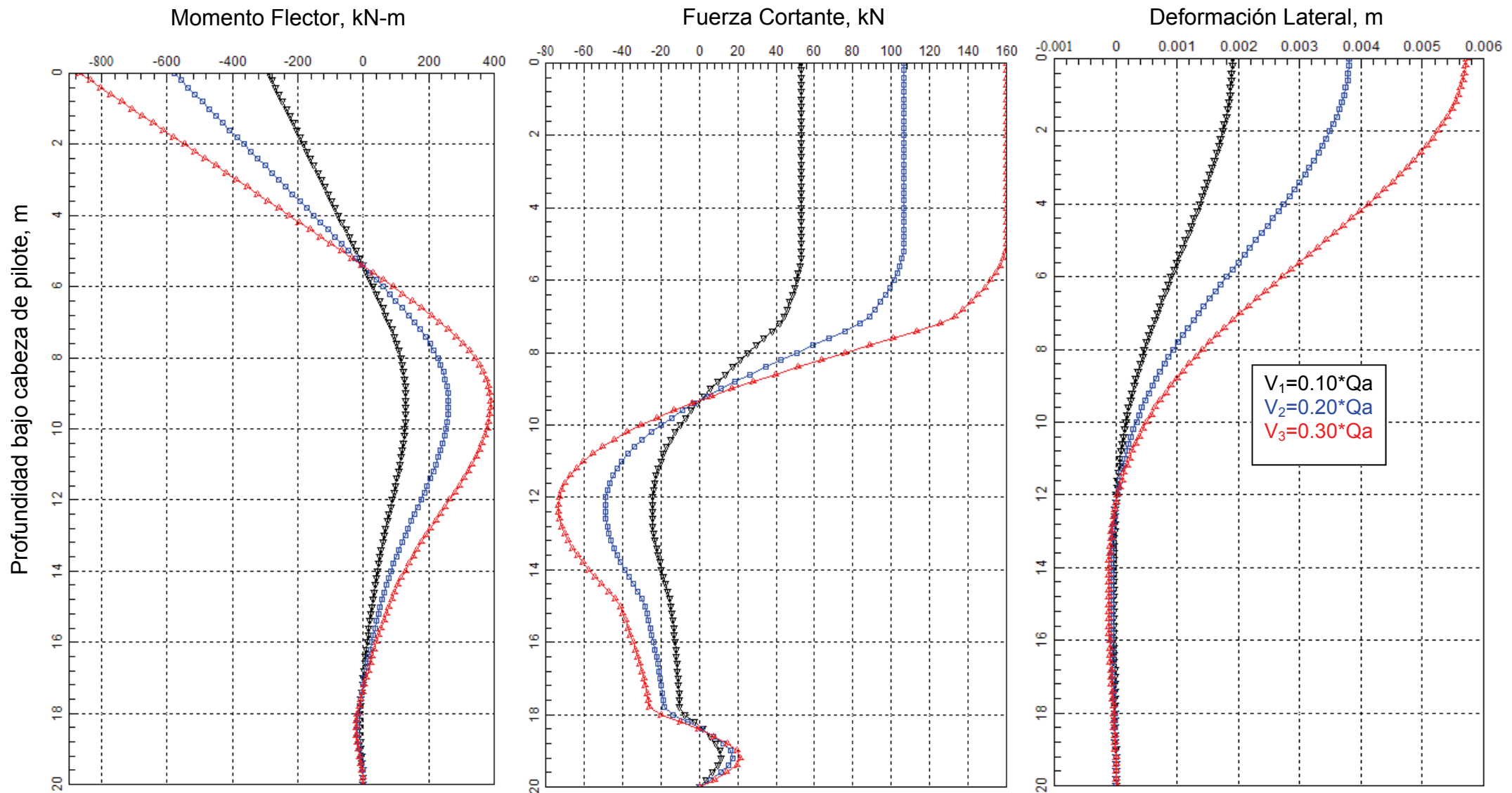
ESTUDIOS GEOLOGICOS, GEOTECNICOS Y DE RIESGO
 SISMICO PARA EL PROYECTO: " TERMINAL MARITIMO
 Y PLANTA DE ALMACENAMIENTO DE GLP EN MONTE VERDE
 PROVINCIA DE SANTA ELENA"

SECCIÓN:

FIGURA:

5.10

**Análisis de Interacción Inercial Suelo-Pilote Ante cargas Laterales, Pilote tubular de Acero
D=1.2m,e=25mm Le=15 m, Condición de apoyo I (Empotrado), Zona 4a (Extremo en PA10)**



UNIVERSIDAD NAVAL
"COMANDANTE RAFAEL MORAN VALVERDE"

CLIENTE :

FLOPEC

PROYECTO :

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"

SECCIÓN:

FIGURA:

5.11