

**UNIVERSIDAD LAICA “ELOY ALFARO” DE MANABÍ**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

TESIS DE GRADO  
PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:  
INGENIERO CIVIL

**TÍTULO:**

“ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD DE CARGA DE PILOTES. CASOS DE ESTUDIO: PUENTE MEJÍA SOBRE EL RÍO PORTOVIEJO, CANTÓN PORTOVIEJO; INTERCAMBIADOR DE TRÁNSITO, CANTÓN MANTA”

**AUTOR:**

ANA ISABEL ROMERO CEDEÑO

**DIRECTOR DE TESIS:**

ING. JAVIER MOREIRA ROCA MSc.

**2015**

MANTA – ECUADOR

## **CERTIFICACIÓN DEL TUTOR**

Ing. Javier Moreira Roca MSc. Docente de la Carrera de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí.

### **CERTIFICA:**

Que la presente Tesis de Grado Titulada “**ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD DE CARGA DE PILOTES. CASOS DE ESTUDIO: PUENTE MEJÍA SOBRE EL RÍO PORTOVIEJO, CANTÓN PORTOVIEJO; INTERCAMBIADOR DE TRÁNSITO, CANTÓN MANTA**”, ha sido exhaustamente revisada.

Las opiniones y conceptos vertidos en esta Tesis de Grado son fruto del trabajo, perseverancia y originalidad de su autor: Sra. Ana Isabel Romero Cedeño, siendo de su exclusiva responsabilidad.

---

Ing. Javier Moreira Roca MSc.  
**DIRECTOR DE TESIS**

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

DECLARO QUE:

El presente trabajo de investigación denominado “ANÁLISIS DE CAPACIDAD DE CARGA DE PILOTES. CASOS DE ESTUDIO: PUENTE MEJÍA SOBRE EL RÍO PORTOVIEJO, CANTÓN PORTOVIEJO; INTERCAMBIADOR DE TRÁNSITO, CANTÓN MANTA” ha sido desarrollado en base una investigación adecuada, respetando derechos de propiedad intelectual de terceros, aplicando las respectivas citas y referencias en este documento, por lo que este trabajo es de mi autoría.

En integridad de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad, y alcance científico del proyecto de grado en mención.

---

ROMERO CEDEÑO ANA ISABEL

## **DEDICATORIA**

A mis padres Abg. Antonio Romero y Abg. Mary Cedeño, por su amor, comprensión y apoyo incondicional, por estar conmigo en los momentos más difíciles, y haberme formado con los mejores ejemplos de valores.

A mi amada hija Suanny Mera, por ser mi mayor motivación, quien me da fuerzas y me impulsa a ser cada día mejor.

A mis familiares, profesores y compañeros que siempre confiaron en mí.

---

ROMERO CEDEÑO ANA ISABEL

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por permitirme llegar hasta este momento tan especial en mi vida y llenarme de bendiciones cada día, a mis familiares y amigos, principalmente a mis padres y hermanos por su apoyo y a la Lcda. Geomayra Párraga.

A la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, a todos quienes conforman la carrera de Ingeniería Civil, en especial a mi Director de Tesis el Ing. Javier Moreira Roca Msc, por la orientación y ayuda que me brindó para la realización de esta tesis.

A la Empresa Fiscalizadora Condiseño CIA. LTDA, por brindar la información necesaria de los proyectos de estudio.

A mi primo el Ing. Angel Moreira Romero, por su apoyo incondicional durante mi etapa estudiantil, gracias a todos hoy logro cumplir una de mis metas.

---

**ROMERO CEDEÑO ANA ISABEL**

## RESUMEN

La presente investigación tiene como fin determinar cuál de las metodologías teóricas para el cálculo de capacidad de carga en pilotes, se aproxima a los valores encontrados con la fórmula de hinca del método dinámico Delmag, realizado en los proyectos: Intercambiador de Tránsito en el Cantón Manta, donde predominan suelos granulares (arena); Puente Mejía sobre el Río Portoviejo, Cantón Portoviejo, donde predominan suelos cohesivos (arcilla), considerando que los métodos teóricos presentan altos niveles de variabilidad en sus resultados surge la necesidad de establecer un método confiable acorde a las características de la zona de estudio, aplicando factores de seguridad que permitan reducir la incertidumbre de los diseños.

Con base en la información recopilada de los proyectos, se realiza el análisis y comparación de los resultados obtenidos con métodos teóricos en relación con los obtenidos con el método dinámico Delmag, de lo cual se concluyó que en el Intercambiador de Tránsito, (suelo arenoso) el método Meyerhof tanto en su fórmula general como en la basada en el ensayo de penetración estándar presenta resultados óptimos, aplicando un factor de seguridad igual a 2, seguido del método Aoki Velloso que también resulta confiable usando un factor de seguridad igual a 3. En el caso del Puente Mejía (suelo arcilloso) se comprueba que utilizar el método dinámico (Delmag) para predicción de carga no es recomendado para suelos con estas características, la manera más confiable para determinar la capacidad real de carga es realizar pruebas de carga en los pilotes.

## **ABSTRACT**

This research aims to determine the theoretical methods for calculating load capacity driven piles, it approaches the values found by the formula piling with the Delmag dynamic method, accomplished to projects: Traffic Exchanger in Canton Manta, dominated granular soils (sand); Mejia bridge over the Río Portoviejo, Portoviejo Canton where predominantly cohesive soils (clay); whereas the theoretical methods have high levels of variability in the results, it arises the need for establishing a reliable method according to the characteristics of the study area, applying safety factors to reduce the uncertainty of the designs. Based on the information gathered from the projects, it was analyzed and compared the results with theoretical methods in relation to those obtained with the dynamic Delmag method, from which it was concluded that the Transit Exchanger (sandy soil), the method Meyerhof, as its general formula as the one based on the standard penetration test, performances optimal results, applying a safety factor equal to 2, followed by Aoki Velloso method which is also reliable applying a safety factor equal to 3. In the case of Mejia Bridge (clay soil), it was confirmed that using the dynamic method (Delmag) for load forecasting is not applicable to soils with these characteristics, the most reliable way to determine the actual load capacity is to test the load on the pilings.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR .....	ii
DECLARACIÓN DE AUTORÍA .....	iii
DEDICATORIA .....	iv
AGRADECIMIENTO .....	v
RESUMEN .....	vi
ABSTRACT .....	vii
ÍNDICE DE CONTENIDO .....	viii
ÍNDICE DE TABLAS .....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xii
INTRODUCCIÓN .....	1
CAPITULO I .....	6
GENERALIDADES DE CAPACIDAD DE CARGA EN PILOTES HINCADOS .....	6
1.1    Pilotes: Definición, Usos y Clasificación.....	6
1.1.1    Definición .....	6
1.1.2    Usos de Pilotes.....	7
1.1.3    Clasificación de Pilotes.....	9
1.1.3.1    Según su Material .....	9
1.1.3.2    Según la Transmisión de Carga.....	10
1.1.3.3    Según el Proceso Constructivo .....	11
1.1.3.4    Comparación de Tipos de Pilotes.....	12
1.2    Consideraciones para cimentaciones profundas.....	13
1.2.1    Ensayo SPT (Estándar Penetración Test) .....	14
1.2.2    Capacidad de Carga .....	15
1.2.3    Prueba de Carga .....	16
1.3    Métodos Dinámicos .....	19
1.3.1.1    Métodos Estáticos.....	21
1.4    Métodos Estáticos para Suelos no Cohesivos (Arena).....	22

1.4.1	Capacidad de Carga por Punta.....	22
1.4.1.1	Método Meyerhof.....	22
1.4.1.2	Método Vesic.....	23
1.4.1.3	Método Janbu (Das, 2006) .....	24
1.4.1.4	Coyle y Castello .....	25
1.4.1.5	Aoki Velloso (1975).....	26
1.4.1.6	Decourt Cuaresma (1978).....	27
1.4.2	Capacidad de Carga por Fricción.....	28
1.4.2.1	Meyerhof .....	30
1.4.2.2	Coyle y Castello .....	30
1.4.2.3	Aoki Velloso (1975).....	31
1.5	Métodos Estáticos para Suelos Cohesivos (Arcilla) .....	33
1.5.1	Capacidad de Carga por Punta.....	33
1.5.1.1	Aoki Velloso (1975).....	33
1.5.2	Capacidad de Carga por Fricción.....	33
1.5.2.1	Método $\alpha$ .....	33
1.5.2.2	Método $\beta$ .....	34
1.5.2.3	MÉTODO $\lambda$ : .....	34
CAPÍTULO II.....		36
2.1	Recopilación de Información .....	36
2.1.1	Intercambiador de Tránsito, Cantón Manta .....	37
2.1.1.1	Características del Proyecto .....	37
2.1.2	Puente Mejía Sobre el Rio Portoviejo.....	42
2.1.2.1	Características del Proyecto .....	42
2.2	Aplicación de Método Dinámico para Capacidad de Carga .....	43
2.2.1	Fórmula de Hincas, Delmag Arena .....	43
2.2.2	Fórmula de Hincas Delmag en Arcilla .....	45
2.3	Determinación de Capacidad de Carga en Arena .....	46
2.3.1	Capacidad de Carga Por Punta.....	47
2.3.1.1	Método Meyerhof.....	47

2.3.1.2	Método Meyerhof utilizando SPT .....	49
2.3.1.3	Método Janbu: .....	49
2.3.1.4	Método Coyle y Castello. ....	51
2.3.1.5	Método Aoki Velloso .....	52
2.3.2	Capacidad de Carga Por Fricción en Arena .....	52
2.3.2.1	Meyerhof .....	52
2.3.2.2	Coyle y Castello .....	53
2.3.2.3	Método Aoki Velloso .....	54
2.4	Determinación de Capacidad de Carga en Arcillas.....	55
2.4.1	Carga por Punta .....	55
2.4.1.1	Fórmula General .....	56
2.4.1.2	Método Aoki Velloso .....	56
2.4.2	Carga por Fricción .....	57
2.4.2.1	Método $\alpha$ .....	57
2.4.2.2	Método $\lambda$ .....	58
2.4.2.1	Método $\beta$ .....	60
2.4.2.2	Método Aoki Velloso .....	61
CAPITULO III.....		62
ANÁLISIS DE RESULTADOS.....		62
3.1	Comparación de resultados: Intercambiador de tránsito, Cantón Manta .....	62
3.2	Comparación de resultados: Puente Mejía, Cantón Portoviejo.....	83
3.3	Resumen de Resultados.....	86
CONCLUSIONES .....		87
RECOMENDACIONES.....		89

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Comparación de tipos de pilotes.....	12
Tabla 1.2 Correlación $N_{spt}$ con ángulo de fricción interna en arcillas.....	14
Tabla 1.3 Formulas Dinámicas para capacidad de carga en pilotes .....	20
Tabla 1.4 Descripción de métodos estáticos según el tipo de suelo. ....	21
Tabla 1.5 Valores $I_r$ método Vesic. ....	24
Tabla 1.6 Coeficientes $K$ , $\alpha$ , Método Aoki Velloso. ....	27
Tabla 1.7 Coeficientes $F_1$ y $F_2$ , Método Aoki Velloso. (Pousada e Carreiro, 2004).....	27
Tabla 1.8 Valores del coeficiente $C$ característico del suelo .....	28
Tabla 1.9 Valores de $K$ coeficiente efectivo de tierra.....	29
Tabla 1.10 Coeficientes $K$ , $\alpha$ , Método Aoki Velloso. ....	32
Tabla 1.11 Método $F_1$ y $F_2$ , Método Aoki Velloso.....	32
Tabla 2.1 Perfiles Sísmicos del Proyecto Intercambiado de Tránsito Manta .....	40
Tabla 2.2 Peso del pistón del martillo.....	44
Tabla 3.1 Combinaciones de Métodos estáticos para capacidad de carga en pilotes. ....	63
<i>Tabla 3.2</i> Resumen de Intercambiador de Tránsito Manta.....	86
<i>Tabla 3.3</i> Resumen de Puente Mejía, Cantón Portoviejo. ....	86

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Componente de un Pilote. ....	7
Figura 1.2 Condiciones para el uso de cimentaciones con pilotes.....	8
Figura 1.3 Pilotes la transmisión de carga. ....	11
Figura 1.4 Correlación $N_{spt}$ - ángulo de fricción interna. ....	15
Figura 1.5 Bulbo de presiones producido por pilotes. ....	16
Figura 1.6 Prueba de carga estática. ....	17
Figura 1.7. Equipo PDA para adquisición de datos. Deformímetro y acelerómetro típico. .	18
Figura 1.8 Prueba de carga dinámica. ....	18
Figura 1.9 Variación de la resistencia unitaria de punta en arena homogénea. ....	22
Figura 1.10 Variación de los valores de $N^*c$ y $N^*q$ con el ángulo de fricción del suelo según Meyerhof. ....	23
Figura 1.11 Variación de los valores de $N^*c$ y $N^*q$ con el ángulo de fricción del suelo según Janbu.....	25
Figura 1.12 Variación de los valores de $N^*q$ con $L/D$ según Coyle y Castello. ....	26
Figura 1.13 Compactación de arena cercana a pilotes hincados.....	28
Figura 1.14 Resistencia por fricción unitaria para pilotes en arena. ....	29
Figura 1.15 Variación de $K$ con $L/D$ (según Coyle y Castello).....	31
Figura 1.16 Variación de $\alpha$ con la cohesión no drenada de una arcilla. ....	33
Figura 1.17 Variación de $\lambda$ con la longitud de empotramiento de un pilote (según McClelland). ....	36
Figura 2.1 Ubicación Intercambiador de Tránsito Manta. ....	37
Figura 2.2 Intercambiador de Tránsito Manta. ....	38
Figura 2.3 Perforación 4, abscisa 0+297.....	39
Figura 2.4 Perfil estratigráfico del Intercambiador de Tránsito Manta. ....	40
Figura 2.5 Hinca de Pilotes en Intercambiador de Tránsito Manta. ....	41
Figura 2.6 Puente Mejía, Cantón Portoviejo.....	42
Figura 2.7 Hinca de Pilotes en Puente Mejía. ....	43
Figura 2.8 Esquema del Perfil Estratigráfico en el que Hincó el Pilote 1 de la Pila 7 de Manta. ....	46
Figura 2.9 Valor de $N_q$ Método Meyerhof. ....	48

Figura 2.10 Valor de $N_q$ Método Janbu. ....	50
Figura 2.11 Valor de $N_q$ Método Coyle y Castello. ....	51
Figura 2.12 Perfil se Suelo Puente Mejía. ....	55
Figura 3.1 Capacidad de carga última en pilotes de la pila 3 (métodos combinados).....	64
Figura 3.2 Capacidad de carga última por punta en pilotes de la pila 3 .....	64
Figura 3.3 Comparación entre Método Delmag y Métodos Meyerhof en pila 3.....	66
Figura 3.4 Capacidad de carga última en pilotes de la pila 5 (métodos combinados).....	68
Figura 3.5 Capacidad de carga última por punta en pilotes de la pila 5 .....	68
Figura 3.6 Comparación entre Método Delmag y Métodos Meyerhof en pila 5.....	70
Figura 3.7 Capacidad de carga última en pilotes de la pila 6 (métodos combinados).....	72
Figura 3.8 Capacidad de carga última por punta en pilotes de la pila 6. ....	72
Figura 3.9 Comparación entre Método Delmag y Métodos Meyerhof en pila 6.....	73
Figura 3.10 Capacidad de carga última en pilotes de la pila 7 (métodos combinados).....	75
Figura 3.11 Capacidad de carga última por punta en pilotes de la pila 7. ....	75
Figura 3.12 Comparación entre Método Delmag y Métodos Meyerhof en pila 7.....	76
Figura 3.13 Capacidad de carga última en pilotes de la pila 8 (métodos combinados).....	78
Figura 3.14 Capacidad de carga última por punta en pilotes de la pila 8. ....	78
Figura 3.15 Comparación entre Método Delmag y Métodos Meyerhof en pila 8.....	80
Figura 3.16 Capacidad de carga última en pilotes de la pila 9 (métodos combinados).....	81
Figura 3.17 Capacidad de carga última por punta en pilotes de la pila 9. ....	81
Figura 3.18 Comparación entre Método Delmag y Métodos Meyerhof en pila 9.....	83
Figura 3.19 Capacidad de carga última en pilotes de Puente Mejía. ....	84
Figura 3.20 Capacidad de carga última por fricción en pilotes Puente Mejía. ....	84

## INTRODUCCIÓN

Conocido es por ingenieros dedicados a la consultoría y específicamente en el ámbito estructural, en donde para el cálculo y diseño de una cimentación a pesar de contar con estudios geotécnicos detallados, siempre existirá la incertidumbre en determinar la capacidad admisible de trabajo de una cimentación (Pilotes), tanto así que para su diseño existe un factor de seguridad de entre 2 a 4.

El tema propuesto se reviste de importancia, ya que al contar con estudios geotécnicos y reportes de cada uno de los pilotes que fueron hincados en las obras: Puente Mejía sobre el Río Portoviejo en el Cantón Portoviejo, e Intercambiador de tránsito del Cantón Manta, nos dará como resultado la comprobación con la fórmula aplicada para la determinación de carga del pilote antes del proyecto.

Considerando que existe un sin número de fórmulas para dicho cálculo, el pretender analizar y comparar cuál es la ecuación ideal que más se ajuste a los resultados obtenidos por medio de la fórmula de hinca. El tema en cuestión será aplicado tanto para subsuelos en donde predomina suelo cohesivo (suelos finos) como es el caso del Puente Mejía, y donde predomina suelos no cohesivos (suelos granulares) que encontramos en el Intercambiador de Tránsito del Cantón Manta.

Se debe tomar en cuenta que con un eficaz y correcto análisis y diseño de la cimentación, se puede llegar a reducir los costos de producción y construcción, que este tipo de cimentación requieren, sin olvidar que el suelo no es un material homogéneo, por lo tanto el análisis y diseño de pilotes se convierte en todo un arte, que entre otras cosas involucra: criterio, lógica conceptos e intuición.

Los resultados obtenidos con esta investigación servirán para saber predecir con mayor certeza la capacidad admisible de un pilote usando la fórmula más adecuada de las muchas que existen.

## **Antecedentes del Problema**

En nuestro medio las pocas obras cimentadas sobre pilotes hincados se las ha considerado hasta llegar a lo que denominamos “rechazo” y que posiblemente la capacidad de carga es mucho mayor que la que se necesita, todo esto se da porque uno de los ensayos más seguros para determinar la real capacidad de carga es por miedo de la llamada “Prueba de Carga”, básicamente, esta prueba no es más que, experimentar a escala real, el comportamiento de cualquier sistema de fundación bajo la acción de cargas y establecer su capacidad última. Su inconveniente fundamental radica en su elevado costo y en el tiempo requerido para su realización.

Esta metodología raramente es empleada en el territorio ecuatoriano; por lo general, solo es aplicada en los casos de alta responsabilidad, cuando las condiciones económicas satisfacen las exigencias requeridas o al existir incertidumbre tanto en las cargas como en la resistencia del suelo de fundación, la razón principal de esta prueba es la falta de confiabilidad en los métodos de predicción.

Autores como Meyerhof, Vesic, Janbu, Aoki Velloso entre otros han empleado formulaciones para el cálculo de capacidad de carga, en las cuales los parámetros del suelo requeridos para la elaboración de dichos cálculos tales como: cohesión, ángulo de fricción interna, peso unitario húmedo, humedad natural y el valor de la resistencia a la penetración estándar, son primordiales para establecer un comportamiento geotécnico; sin embargo, la discrepancia entre cada una de las metodologías radica fundamentalmente en las diferencias de los factores de capacidad de carga, de forma y de profundidad, expuestas para cada uno de los métodos existentes, debido a que los diferentes criterios varían de acuerdo a la forma de las superficies de falla consideradas. (Maya, 2011)

La determinación de capacidad de carga de pilotes basada en fórmulas de hincado de pilotes, no son del todo confiables, estas fórmulas deben ser supervisadas por experiencia local o mediante pruebas de carga, por lo tanto se deben usar con precaución. Estas fórmulas ofrecen una representación muy pobre del sistema de hincado y la pérdida de energía de los componentes del sistema. Las fórmulas dinámicas también asumen un pilote rígido, y así despreciando los efectos de la rigidez axial en el pilote durante el hincado, y

asumiendo que la resistencia del pilote es constante e instantánea al momento de la fuerza de impacto.

Lo que normalmente se hace para determinar la capacidad de carga de un pilote hincado es por medio de fórmulas de hinca, en la que depende el tipo y dimensión del pilote; el peso y altura de caída libre de la masa de hincado.

### **Diseño Científico.**

#### **Problema Científico.**

Existencia de variadas fórmulas de aplicación de capacidad de carga de pilotes hincados, dando poca confiabilidad de los resultados de predicción.

#### **Objeto.**

Capacidad de carga de pilotes hincados.

#### **Campo.**

Cimentaciones profundas.

### **Objetivo General de la Investigación**

Analizar las ecuaciones existentes de capacidad de carga para pilotes hincados, teniendo como base de datos estudios geotécnicos, tipo y dimensión del pilote y reportes de hinca.

### **Objetivos Específicos**

- ✚ Desarrollar y explotar las destrezas y habilidades que se espera desarrollar en el ingeniero Civil mediante la utilización de un método eficiente de análisis para capacidad de carga en pilotes.
- ✚ Comparar los resultados de capacidad de carga aplicando el método dinámico versus métodos teóricos.
- ✚ Establecer la conexión necesaria entre teoría y práctica para fortalecer los conocimientos adquiridos en el proceso de aprendizaje.

## **Hipótesis**

La capacidad de carga de Pilotes Hincados, depende de las condiciones geotécnicas del subsuelo, las dimensiones del pilote y las características del equipo de hinca.

## **Variables**

### **Variable Independiente.**

Capacidad de carga de Pilotes Hincados.

### **Variables Dependientes.**

Condiciones geotécnicas del subsuelo, dimensiones del pilote y características del equipo de hinca.

## **Métodos, Técnicas Y Procedimientos.**

### **Métodos**

**Método comparativo** (de la comparación o contrastación) consiste en poner dos o más fenómenos, uno al lado del otro, para establecer sus similitudes y diferencias y de ello sacar conclusiones que definan un problema o que establezcan caminos futuros para mejorar el conocimiento de algo (www.abc.com.py, 2003)

**El método experimental** dentro de los métodos empíricos resulta el más complejo y eficaz; este surge como resultado del desarrollo de la técnica y del conocimiento humano, como consecuencia del esfuerzo que realiza el hombre por penetrar en lo desconocido a través de su actividad transformadora.

**Método lógico deductivo** en él se aplican los principios descubiertos a casos particulares, a partir de un enlace de juicios. Consiste en encontrar principios desconocidos, a partir de los conocidos. Una ley o principio puede reducirse a otra más general que la incluya. Si un cuerpo cae decimos que pesa porque es un caso particular de la gravitación. También sirve para descubrir consecuencias desconocidas, de principios conocidos.

**Método hipotético-deductivo** consiste en proponer una hipótesis como consecuencia de sus inferencias del conjunto de datos empíricos o de principios y leyes más generales. En el primer caso arriba a la hipótesis mediante procedimientos inductivos y en segundo caso mediante procedimientos deductivos. Es la vía primera de inferencias lógicas deductivos para arribar a conclusiones particulares a partir de la hipótesis y que después se puedan comprobar experimentalmente.

## **Técnica**

### Técnica de observación

Esta técnica permite la observación en contacto directo con el objeto de estudio, y el acopio de testimonios que permitan confrontar la teoría con la práctica en la búsqueda de la verdad objetiva.

## **Procedimientos**

Recopilar datos geotécnicos e información de campo referente a los resultados de hincado de pilotes, de los casos de estudio: Puente Mejía sobre el río Portoviejo, Cantón Portoviejo; e intercambiador de Tránsito, Cantón Manta.

Organizar y seleccionar la información

Tabulación, análisis e interpretación de los resultados, utilizando las diferentes fórmulas de aplicación para cálculo de capacidad de carga de pilotes hincados, así como también la aplicación de la fórmula de Hinca dependiendo del peso y altura de caída libre del martillo y de las características del pilote.

Comparación de los resultados de capacidad de carga aplicando métodos teóricos de diseño versus capacidad de carga utilizando la fórmula de hinca.

## CAPITULO I

### GENERALIDADES DE CAPACIDAD DE CARGA EN PILOTES HINCADOS

El presente capítulo consiste un análisis bibliográfico, conceptual y referencial, acerca de las diferentes ecuaciones utilizadas para determinar la capacidad de carga en pilotes hincados. Los temas a estudiar para lograr lo antes dicho son los siguientes:

- ✚ Pilotes: Definición, Usos y Clasificación.
- ✚ Consideraciones para cimentaciones profundas
- ✚ Métodos Dinámicos para capacidad de Carga en pilotes
- ✚ Métodos Estáticos en Acilla y Arenas.

#### 1.1 Pilotes: Definición, Usos y Clasificación

##### 1.1.1 Definición

Los pilotes pertenecen al tipo de cimentaciones profundas, normalmente son elementos lineales verticales, su sección puede ser cuadrada o circular, se construyen de varios materiales tales como: madera, acero u hormigón, su costo es más elevado que cimentaciones superficiales pero su capacidad de carga es mayor.

Las partes principales por las que están conformado un pilote son la Punta y el Fuste; y las complementarias son el encepado y las vigas de amarre. El fuste es el cuerpo vertical longitudinal del pilote; la Punta es la parte inferior del pilote; el Encepado se sitúa en la parte superior de los pilotes, son elementos estructurales de hormigón armado que se asemejan a una zapata y sirven de unión entre pilotes y la estructura, el encepado permite que los pilotes trabajen de manera conjunta distribuyendo las cargas. La viga de amarre son vigas que atan los encepados, la Vigas de Amarre son vigas que atan los encepados. En la Figura 1.1 se muestran los componentes de un pilote.

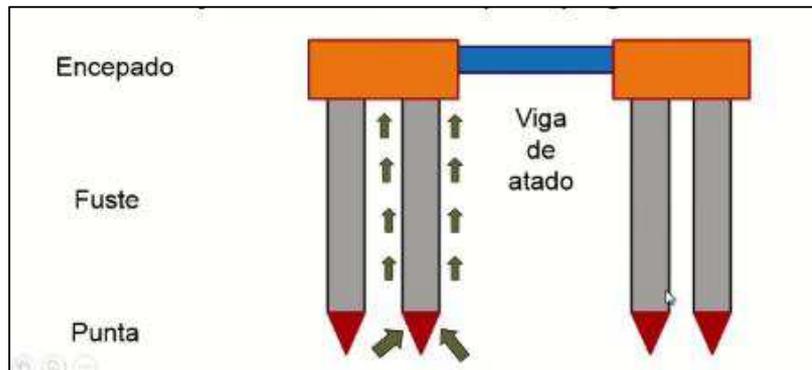


Figura 1.1 Componente de un Pilote.  
(Fuente: Universidad Politécnica de Valencia)

### 1.1.2 Usos de Pilotes

Los pilotes se usan cuando se produce alguno de los motivos que se presentan a continuación:

- ✚ Cuando la capacidad de carga de los estratos superficiales no alcanza los valores necesarios para soportar las cargas transmitidas por la superestructura, se requiere el uso de pilotes para transmitir la carga hasta estratos resistentes, en caso de no encontrarlo a profundidades razonables los pilotes transmitirán la carga estructural de manera gradual al suelo, a través de la resistencia a fricción generada en la interfaz suelo-pilote. (Das, 2006)
- ✚ En diseño y construcción de estructuras que tengan solicitaciones de fuerzas horizontales, por ejemplo: Estructuras de retención de tierras o grandes edificios que se vean afectados por cargas de vientos o sísmicas, las cimentaciones con pilotes además de transmitir las cargas verticales al suelo, resisten por flexión. (Das, 2006)
- ✚ Donde existan suelos expansivos y colapsables que se extiendan a gran profundidad por debajo de la superficie del terreno, estos suelos se crecen y contraen según la cantidad de agua que contengan y su presión de expansión es considerable, las cimentaciones con pilotes son las más recomendadas cuando estos sobrepasan la zona activa de expansión y contracción, (Das, 2006)

- ✚ En estructuras que se encuentran bajo la acción de fuerzas de levantamiento, como es el caso de torres de transmisión, plataformas fuera de la costa y en losas debajo del nivel freático.
- ✚ En cimentaciones de puentes, para evitar la pérdida de capacidad de carga que sufriría una cimentación superficial por efecto de la erosión del suelo en la superficie del terreno.

En la Figura 1.2 se muestran las condiciones para uso de pilotes.

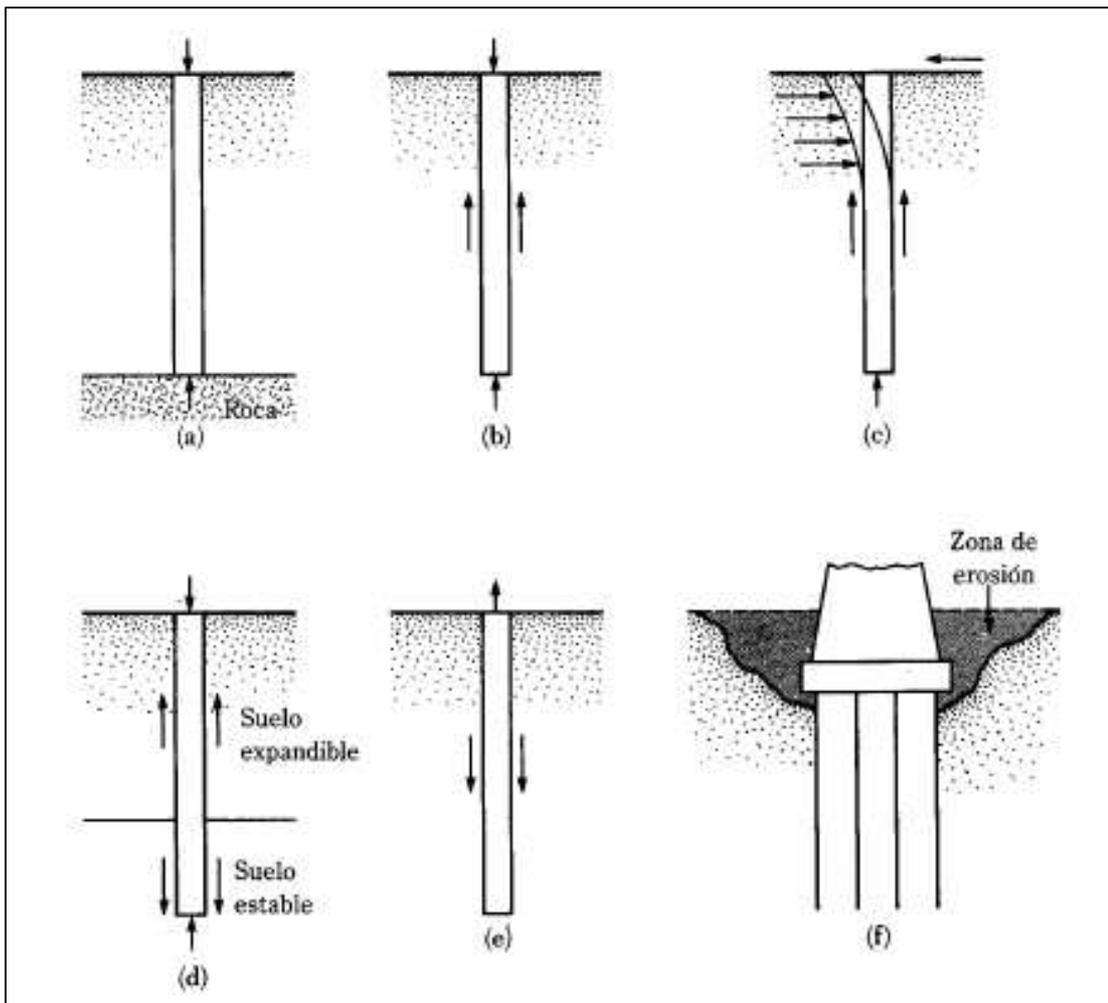


Figura 1.2 Condiciones para el uso de cimentaciones con pilotes.  
(Fuente: Principios de ingeniería de Cimentaciones, Braja M. Das)

### 1.1.3 Clasificación de Pilotes

Los pilotes se clasifican de tres maneras:

- ✚ Según su Material.
- ✚ Según la Transmisión de Carga.
- ✚ Según su Proceso Constructivo.

#### 1.1.3.1 Según su Material

##### Pilotes de Acero

Pilotes usualmente a base de perfiles H, I; o tubos laminados, los tipos H son más utilizados porque los espesores de su alma y patines son iguales, a diferencia del tipo I que varían sus espesores, en cuanto a los tubos estos pueden ser de extremos abiertos o cerrados, en algunos casos se llenan con concreto luego de ser hincados. De ser necesario los pilotes de acero se pueden empalmar mediante, soldadura, remaches o tornillos.

Para pilotes de acero la capacidad admisible estructural es:

$$Q_{adm} = A_s f_s \quad (1.1)$$

Donde:

$A_s$ : Área de la selección transversal del acero.

$f_s$ : Esfuerzo admisible del acero.

##### Pilotes de madera

Los pilotes de madera se hincan con golpeteo suave sobre la parte más gruesa del tronco, la carga de trabajo no sobrepasa las 25 - 30 Ton, la longitud máxima es de entre 10 o 20 m y su diámetro mínimo de 15 cm. Se conservan más tiempo si se los mantiene permanentemente mojados o secos, pero si se alternan estas condiciones de humedad, se destruyen rápidamente. Por economía las maderas más usadas son: pino y abeto, maderas de mayor dureza como la haya o la teca, resultan más costosas, pero brindan mayor resistencia ante impactos o el ataque de aguas de mar. Con el fin de evitar el ataque de hongos o insectos se recomienda antes de ser colocados impregnarlos con una sustancia que proteja sus fibras.

Para pilotes de madera la capacidad admisible estructural es:

$$Q_{adm} = A_p f_w \quad (1.2)$$

Donde:

$A_s$ : Área promedio de la sección transversal del pilote.

$f_w$ : Esfuerzo admisible de la madera.

### **Pilotes de Concreto.**

Los pilotes de concreto son los más utilizados en nuestro medio, aunque son los más costosos por cuanto necesita de un equipo necesario para fabricar y manipular los pilotes, el concreto debe ser de muy buena calidad, para lo cual se aconseja usar de 8 1/2 a 10 sacos de cemento por m<sup>3</sup> de concreto y una relación agua/cemento < 0,5 en peso.

### **Pilotes de Compuestos.**

Son pilotes construidos con diferentes materiales mencionados anteriormente, los pilotes de acero y concreto se utilizan cuando la longitud requerida excede la capacidad de los pilotes simples, y se construyen con la parte inferior de acero y la superior de concreto colado in-situ, Los pilotes compuesto no son muy usados, debido a que resulta difícil la formación de juntas entre distintos materiales.

#### **1.1.3.2 Según la Transmisión de Carga**

Los pilotes según el mecanismo de transferencia de carga se dividen en tres tipos:

##### **Pilotes de Carga de Punta**

Los pilotes de punta son los que transmiten la mayor parte de la carga a un estrato resistente por medio del soporte en la punta del pilote. Esto sucede cuando los estratos superiores son débiles, es decir no presentan la suficiente capacidad portante del suelo, por lo que la longitud de los pilotes se debe extender hasta un estrato firme.

##### **Pilotes de Fricción o Fuste.**

Cuando a grandes profundidades no se encuentra estrato resistente, los pilotes trabajan a fricción o fuste es decir la resistencia se produce por fricción superficial entre el pilote y el terreno. Transmite cargas a un cierto espesor de suelo relativamente blando, la longitud depende de la carga, tamaño del pilote y la resistencia cortante del suelo.

### **Pilotes por Apoyo Mixto.**

Los pilotes por apoyo mixto son una combinación de los dos anteriores, cuando parte de la carga del pilote se transmite al terreno por fricción y el resto por apoyo directo, en la Figura 1.3 se muestra la clasificación de los pilotes según la transmisión de carga.

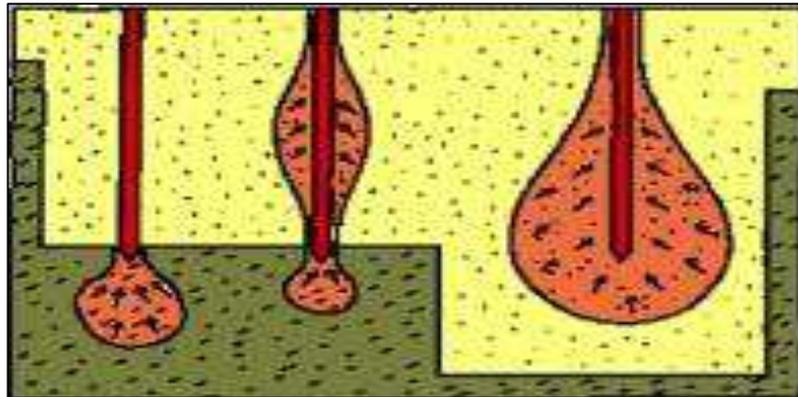


Figura 1.3 Pilotes la transmisión de carga.  
(Fuente: Universidad Politécnica de Valencia)

### **1.1.3.3 Según el Proceso Constructivo**

#### **Pilotes Prefabricados.**

Los pilotes prefabricados o premoldeados; se construyen de hormigón armado u hormigón pretensado, siendo los de hormigón armado tradicional utilizados para trabajar a compresión, mientras que los de hormigón pretensado funcionan bien a tracción. Por lo general su sección es cuadrada y sus dimensiones normalmente varían de 30 cm. x 30 cm. o 45 cm. x 45 cm. en casos especiales se construyen con secciones hexagonales. Se colocan en el terreno mediante proceso de hincado, por medio de golpes que efectúa un martinete o con una pala metálica equipada para hincado del pilote. En la parte inferior se refuerza con una pieza metálica con punta especial para permitir la hincado.

#### **Pilotes Hormigonados In-Situ**

Estos pilotes se ejecutan en obra, tal como su nombre lo indica “In Situ”, en el sitio, se realiza extrayendo la tierra donde estará ubicado el pilote, luego se coloca la armadura y finalmente se procede a hormigonar. El Hormigón a utilizar debe tener una resistencia a la compresión mayor a 250 Kg/cm<sup>2</sup> y con un revenimiento medido en cono de Abrams de 10 a 15 cm.

## Pilotes de Desplazamiento.

Son pilotes que se construyen por desplazamiento de tierra, es decir no es necesario extraerla del terreno, se pueden ejecutar de dos maneras:

- ✚ Pilotes de desplazamiento con azuche.
- ✚ Pilotes de desplazamiento con tapón de gravas.

### 1.1.3.4 Comparación de Tipos de Pilotes.

En Tabla 1.1 se presenta una comparación de las ventajas y desventajas de los diversos tipos de pilotes según su material y proceso constructivo

Tabla 1.1 Comparación de tipos de pilotes.

COMPARACIÓN DE TIPOS DE PILOTES						
Tipo de Pilote	Longitud usual	Longitud Máxima	carga usual	Carga Máxima aprox.	Ventajas	Desventajas
Acero	50-200 pies (15-60 m)	Prácticamente ilimitada	67-270 klb 300-1200 kN	Ec. 1.1	a) Fácil de manipular respecto al corte y extensión de longitud deseada b) Resiste altos esfuerzos de Hincado c) Penetra estratos duros como gravas densas y roca blanda d) Alta capacidad de carga	a) Material relativamente caro b) Alto nivel de ruido durante el hincado c) Susceptible a la corrosión d) Los pilotes H se dañan o deflexionan respecto a la vertical durante el hincado a través de estratos duros
Concreto prefabricado	<i>Prefabricado:</i> 30 - 50 pies (10 - 15 m) <i>Presforzado:</i> 30-150 pies (10 - 35 m)	<i>Prefabricado:</i> 100 pies (30 m) <i>Presforzado:</i> 200 pies (60 m)	67 - 675 klb 300-3000 kN	<i>Prefabricado:</i> 180-200 klb 800-900 kN  <i>Presforzado:</i> 1700-1900 Klb 7500-8500 kN	a) Puede someterse a un fuerte hincado b) Resistente a la corrosión c) Combinable fácilmente con una superestructura de concreto	a) Difícil de lograr un corte apropiado b) Difícil de transportar
Concreto colado in situ ademado	15-50 pies (5-15 m)	100-130 pies (30-40 m)	45-115 klb (200-500 kN)	180 klb (800 kN)	a) Relativamente barato b) Posibilidad de inspección antes de verter el concreto c) Fácil de alargar	a) Difícil de empalmar después de colar b) Ademes delgados pueden dañarse durante el hincado
Concreto colado in situ no ademado	15-50 pies (5-15 m)	100-130 pies (30-40 m)	65-115 klb (300-500 kN)	160 klb (700 kN)	a) Inicialmente económicos b) Pueden terminarse a cualquier elevación	a) Pueden generarse vacíos si el concreto se cuela rápidamente b) Difícil de empalmar después de colar c) En suelos blandos, los lados del agujero pueden desplomarse, comprimiendo el concreto
Madera	30 - 50 pies (10 - 15 m)	100 pies (30 m)	22-45 klb (100-200 kN)	60 klb (270 kN)	a)Económicos b)Fácil de manipular c)Los pilotes permanentemente sumergidos son bastante resistentes deteriorarse	a) Deterioro arriba del nivel freático b) Pueden dañarse durante un hincado fuerte c) Baja capacidad de carga d) Baja resistencia a carga de tensión al estar empalmados

(Fuente: Principios de ingeniería de Cimentaciones, Braja M. Das)

## **1.2 Consideraciones para cimentaciones profundas.**

Para poder determinar el tipo de cimentación a emplear es necesario contar con estudios geotécnicos, características del proyecto, estratigrafía y propiedades del subsuelo, equipos, maquinaria y personal técnico especializado, para obtener datos confiables.

La exploración del subsuelo comprende los trabajos de campo y ensayos de laboratorio necesarios para definir y cuantificar la estratigrafía y las propiedades mecánicas del subsuelo, basado en la geología local. Los trabajos de campo comprenden la ejecución de sondeos de exploración y muestreo, los trabajos de campo también incluyen mediciones y pruebas en sitio.

Los principales parámetros para el cálculo de la capacidad de carga en pilotes son:

### **Cohesión**

Es la atracción entre partículas, originada por las fuerzas moleculares y las películas de agua. Es decir, la cohesión de un suelo varía si se altera su contenido de humedad. La cohesión se mide  $\text{kg/cm}^2$ . En arcillas la cohesión es de  $0,25 \text{ kg/cm}^2$  a  $1.5 \text{ kg/cm}^2$ , Los suelos limosos tienen muy poca cohesión, y en arenas es prácticamente nula. (Apuntes de Ingeniería Civil)

### **Fricción interna**

Es la resistencia al deslizamiento causado por la fricción que hay entre las superficies de contacto de las partículas y de su densidad, en suelos granulares la fricción interna es alta. En arcillas la fricción interna es baja.

La fricción interna de un suelo, se define por el ángulo cuya tangente es la relación entre la fuerza que resiste el deslizamiento, a lo largo de un plano, y la fuerza normal "p" aplicada a dicho plano. Este valor varía de prácticamente  $0^\circ$  para arcillas plásticas, cuya consistencia este próxima a su límite líquido; para gravas y arenas secas, compactas y de partículas angulares hasta  $45^\circ$  o más. Generalmente, el ángulo de fricción interna  $\phi$  para arenas es alrededor de  $30^\circ$ . (Apuntes de Ingeniería Civil)

### **Factor de seguridad.**

Los factores de seguridad tienen como objetivo evitar la falla de los elementos diseñados y construidos, el ingeniero debe identificar los parámetros que influyen en el comportamiento de las estructuras, y el nivel de confiabilidad se tenga de los datos, valores y procesos aplicados, entre mayor sea la incertidumbre mayor será el factor de seguridad. (Gonzales, 2009). Para pilotes se recomienda un factor de seguridad entre 2 y 4.

#### **1.2.1 Ensayo SPT (Estándar Penetración Test).**

Los ensayos In-Situ que están directamente relacionados con las cimentaciones profundas son los de penetración, principalmente el SPT (Estándar Penetración Test), consiste en medir el número de golpes (N) necesarios para que una cuchara (cilíndrica, hueca, muy robusta) penetre una determinada profundidad, con la que se tomaran muestras naturalmente alteradas del suelo. Si se requieren más de 50 golpes en un intervalo de 15 cm, se considera rechazo, existen diversas correlaciones entre N (spt) y otros parámetros como ángulo de fricción interna del suelo y cohesión.

Tabla 1.2 Correlación Nspt con ángulo de fricción interna en arcillas.

N, golpes (SPT)	Qu (Kg/cm <sup>2</sup> )	DESCRIPCIÓN	ÁNGULO DE FRICCIÓN En grados:	E (Kg/cm <sup>2</sup> )
< 2	< 0.25	Muy Blanda	0	3
2 - 4	0,25 - 0,50	Blanda	0 - 2	30
4 - 8	0,5 - 1,0	Media	2 - 4	45 - 90
8 - 15	1,0 - 2,0	Compacta	4 - 6	90 - 200
15 - 30	2,0 - 4,0	Muy Compacta	6 - 12	> 200
> 30	> 40	Dura	> 14	

(Fuente: <http://geotecnia.info/index.php/angulo-de-rozamiento-interno-gravas>)

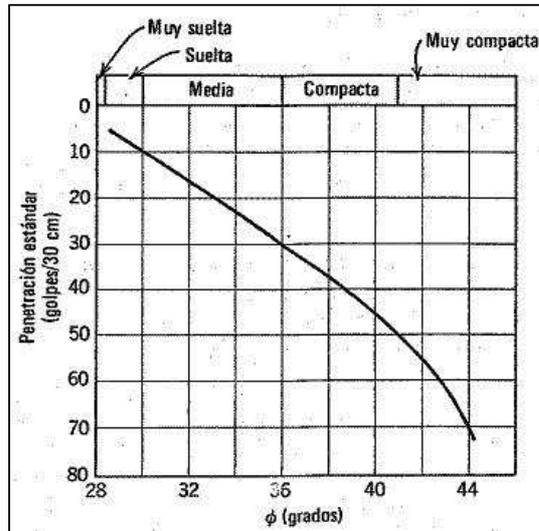


Figura 1.4 Correlación N<sub>spt</sub> - ángulo de fricción interna.  
(Fuente: <http://geotecnia.info/index.php/angulo-de-rozamiento-interno-gravas>)

### 1.2.2 Capacidad de Carga

La capacidad última de carga de un pilote, es igual a la sumatoria de la capacidad de la carga tomada en la punta del pilote más la resistencia total por fricción lateral.

$$Q_u = Q_p + Q_s \quad (1.4)$$

Donde:

$Q_u$ : Capacidad última del pilote

$Q_p$ : Capacidad de carga por punta

$Q_s$ : Capacidad por fricción lateral

Una vez calculada la capacidad de carga última de un pilote, debe usarse un factor de seguridad razonable para obtener la capacidad de carga total admisible. El factor de seguridad generalmente varía entre 2 y 4, dependiendo la incertidumbre del cálculo de la carga última.

$$Q_a = \frac{Q_u}{F_s} \quad (1.5)$$

Donde:

$Q_a$ : Capacidad admisible del pilote

$Q_u$ : Capacidad última del pilote

$F_s$ : Factor de seguridad

## Grupo de Pilotes

Cuando los pilotes se encuentran cerca entre sí, no se pueda asumir la capacidad del grupo como la suma de la capacidad de cada pilote considerado aisladamente, cuando los pilotes se aproximan, los bulbos individuales se van fundiendo creando un único bulbo de mayor volumen. Este bulbo no sólo encierra zonas con incrementos de tensión diferentes, sino que alcanza una profundidad mayor que en el caso del pilote aislado. Por ello se origina en el terreno una deformación mayor de la que se produciría si los pilotes estuvieran separados y con la misma carga. (<http://bibing.us.es/proyectos>)

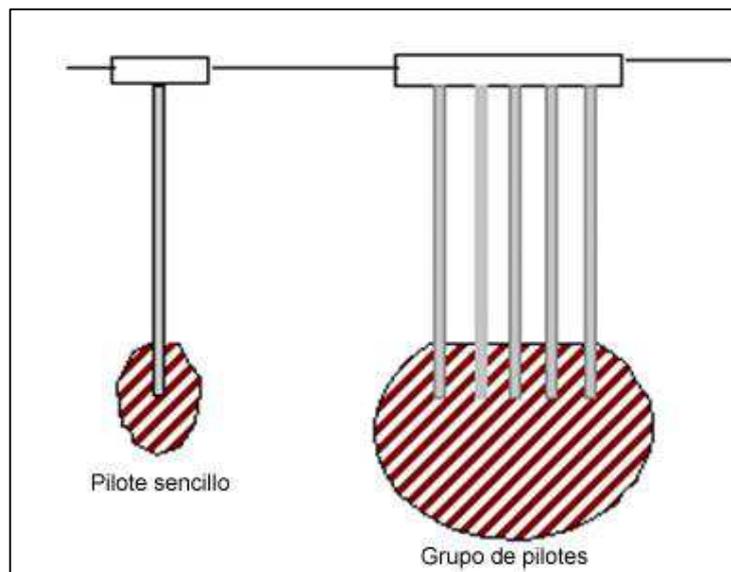


Figura 1.5 Bulbo de presiones producido por pilotes.  
(Fuente: Rivillas, 2012)

### 1.2.3 Prueba de Carga

La prueba de carga consiste en la aplicación de una carga y el estudio de las deformaciones provocadas por dicha carga en la estructura estudiada.

También determina el asentamiento del pilote bajo la carga de servicio, o bien para determinar la carga de rotura del pilote. Generalmente son realizados antes de la ejecución del pilotaje, para "ajustar" el diseño del pilote, o luego de la ejecución del pilotaje, como un control de recepción.

El ensayo de carga más utilizado en pilotes, es aquel en el que se aplica una carga vertical de compresión en la cabeza del pilote y se registran sus desplazamientos, siguiendo algún procedimiento de ejecución determinado generalmente por una norma. (<https://www.fing.edu.uy/ensayo-est%C3%A1tico-de-carga-de-pilotes>)



Figura 1.6 Prueba de carga estática.  
(Fuente: <http://ripollconsulting.com/pilotes.h0tml>)

### **Prueba de Carga Dinámica**

Es el método más confiable para determinar la capacidad de carga en pilotes, consiste en aplicar cargas al pilote por medio de un gato hidráulico, las cargas se aplican por etapas y dejando el tiempo suficiente después de cada aplicación para que ocurra asentamiento. En pilotes en arena las pruebas de carga se realizan inmediatamente después de hincado, en cambio los pilotes en arcillas se deben tener precaución en dejar cierto espacio de tiempo entre el hincado y la prueba, debido a que la zona alrededor de la arcilla se remoldea o se comprime lo que produce una disminución de la resistencia cortante  $C_u$ .

La prueba consiste en dejar caer una masa una altura determinada, el peso depende de la carga a movilizar (en un 2 a 3%), analizando las señales fuerza (Deformímetro) y aceleración (acelerómetros) con modelos de interacción suelo / estructura se logra determinar a capacidad de carga estática y detallar su distribución a lo largo del pilote. (Jeoprobe S.A.S, 2012)

La prueba PDA se basa en la teoría de propagación de ondas, la cual sostiene que la onda que produce el impacto del pilote, baja a través del suelo y se refleja cuando encuentra resistencia.



Figura 1.7. Equipo PDA para adquisición de datos. Deformímetro y acelerómetro típico. (Fuente: [http://jeoprobe.com/servicio\\_pilotes\\_pda.html](http://jeoprobe.com/servicio_pilotes_pda.html))

Es una prueba no destructiva que se puede realizar a cualquier tipo de pilote, separa la capacidad por punta del pilote de la del fuste. Calcula los esfuerzos a lo largo del fuste. Son más económicas que las pruebas de carga estática.



Figura 1.8 Prueba de carga dinámica. (Fuente: [http://jeoprobe.com/servicio\\_pilotes\\_pda.html](http://jeoprobe.com/servicio_pilotes_pda.html))

### 1.3 Métodos Dinámicos

Los métodos dinámicos, se basan en observaciones de la resistencia a la hinca, consideran que la energía cinética de la maza al caer transfiere energía al pilote y al suelo. Esta realiza un trabajo útil forzando al pilote a introducirse en el suelo venciendo su resistencia dinámica. Estos métodos están basados en la teoría del trabajo y energía, es decir: la energía impartida por el martillo por golpe = (resistencia del pilote) (penetración por golpe de martillo). (Das, 2006)

La carga que recibe el pilote y la "falla" producida por la hinca con martillo, ocurren en una pequeña fracción de segundo, mientras que en la estructura la carga se aplica en un lapso que varía de horas a años. Una relación fija entre la capacidad de carga de un pilote obtenido dinámicamente y la obtenida a largo plazo, solo puede existir en un suelo en el que la resistencia a esfuerzo cortante sea independiente de la velocidad de aplicación de la carga. Esto es aproximadamente cierto en un suelo no cohesivo seco y en suelos no cohesivos húmedos de compacidad intermedia o de granos tan gruesos, que el esfuerzo cortante no produzca un esfuerzo neutro apreciable. En suelos no cohesivos, de granos finos y saturados, la resistencia depende de la velocidad con que se desarrolla el esfuerzo cortante; en estos suelos el análisis dinámico puede no ser válido, (Araneda Santander, 2015)

La presente investigación utiliza la fórmula dinámica Delmag, por ser el equipo con que se realizó el hincado de Pilotes en los proyectos de estudio, la tabla 1.3 contiene un resumen de fórmulas de hinca.

Tabla 1.3 Formulas Dinámicas para capacidad de carga en pilotes

AUTORES	FÓRMULAS DINÁMICAS
EYTELWEIN	$R_d = \frac{MH}{e} \times \frac{M}{M+P} + (M+P)$
HOLLANDAIS	$R_d = \frac{MH}{e} \times \frac{M}{M+P}$
HOLLANDAIS modificada	$R_d = \frac{E\Omega}{l} \left[ -e + \sqrt{e^2 + \frac{2M(M+p^2P)H}{M+P} \times \frac{l}{E\Omega}} \right]$
BRIX	$R_d = \frac{MH}{e} \times \frac{4MP}{(M+P)^2}$
REDTENBACHER	$R_d = \frac{E\Omega}{l} \left[ -e + \sqrt{e^2 + \frac{2M^2H}{M+P} \times \frac{l}{E\Omega}} \right]$
GOODRICH	$R_d = \frac{MH}{e} \times 0,276$
VIERENDELL	$R_d = \frac{3E\Omega}{4l} \left[ -e + \sqrt{e^2 + \frac{8M^2H}{3M+P} \times \frac{l}{E\Omega}} \right]$

(Fuente: Libro Pilotes y cimentaciones sobre pilotes)

### Método Delmag

Este método considera que la energía que el martillo transfiere al pilote, es igual a la energía necesaria para la penetración del pilote, más la energía perdida por la elasticidad del sistema suelo pilote, para el cálculo de la capacidad de carga admisible se considera un factor de seguridad de 2.

La fórmula Delmag se expresa:

$$Qt = \frac{E \times R}{(s+cL) \times (Q+R)} \quad (1.6)$$

Donde:

E: energía nominal mKg

R: peso del martillo Kg

c: compresión temporal del pilote y suelo

c= 0,3mm acero y/o concreto

c= 0,6mm madera

L: longitud de pilote

Q: Peso pilote

s: rechazo pilote mm/golpe

### 1.3.1.1 Métodos Estáticos

Los Métodos estáticos usan como parámetros de diseño, las características tanto del pilote como del suelo, son métodos basados en correlaciones con pruebas de campo, a continuación algunos de los métodos y sus características.

Tabla 1.4 Descripción de métodos estáticos según el tipo de suelo.

<b>Método</b>	<b>Tipo de Suelo</b>	<b>Descripción</b>
Meyerhof	no cohesivo	Método empírico basado en la prueba de SPT. Toma en consideración el valor de N de la prueba de penetración estándar, el esfuerzo vertical efectivo y el área de la fundación.
Nordlund	no cohesivo	Método semi-empírico basado en observaciones de campo, considera la forma y material de la fundación, el volumen de suelo desplazado, el esfuerzo vertical efectivo, la fricción entre el suelo y fundación. Este método utiliza tablas y gráficas para obtener distintos factores de corrección para cada una de sus consideraciones.
Alfa	cohesivo	Método empírico basado en esfuerzos totales, se utiliza el valor de $\alpha$ para estimar la adhesión. Utiliza el factor $\alpha$ el cual se obtiene de tablas o figuras. Considera las dimensiones de la fundación, el método de instalación y el área de la fundación.
Beta	Cohesivo y no cohesivo	Método semi-empírico basado en esfuerzos efectivos en la falla. Utiliza el factor $\beta$ el cual se obtiene de tablas o figuras. Considera el tipo de fundación, el tipo de suelo, la fricción entre el suelo y la fundación y la presión lateral del suelo.

(Fuente: Principios de ingeniería de Cimentaciones, Braja M. Das)

## 1.4 Métodos Estáticos para Suelos no Cohesivos (Arena)

### 1.4.1 Capacidad de Carga por Punta

#### 1.4.1.1 Método Meyerhof

En suelos no cohesivos la capacidad de carga de punta de un pilote por lo general aumenta con la profundidad de empotramiento en el estrato de apoyo, obteniendo su valor máximo cuando la relación de empotramiento es  $L_b/D = (L_b/D)_{cr}$ . Para un suelo homogéneo  $L_b = L$  es decir  $q_p$  permanece constante ( $q_p = q_l$ ) para suelos heterogéneos  $L_b < L$ .

La Figura 1.9 muestra la variación de la resistencia unitaria de punta en un área homogénea.

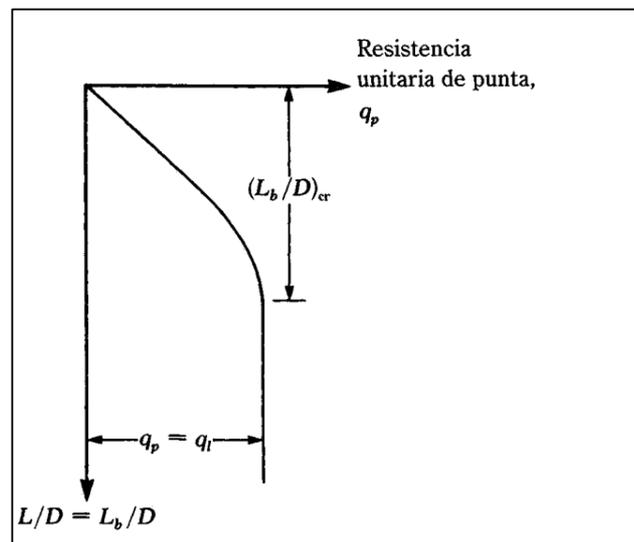


Figura 1.9 Variación de la resistencia unitaria de punta en arena homogénea.  
(Fuente: Principios de Ingeniería de Cimentaciones, Braja M. Das)

Para pilotes en arena, la ecuación para calcular la capacidad de carga por punta es:

$$Q_p = A_p q_p = A_p q' N_q^* \quad (1.7)$$

Sin embargo,  $Q_p$  no debe superar el valor límite  $A_p q_l$ , es decir

$$Q_p = A_p q_p \leq A_p q_l \quad (1.8)$$

La resistencia de punta límite es

$$q_l (\text{kN/m}^2) = 50 N_q^* \tan \phi \quad (1.9)$$

Donde  $\phi$  = ángulo de fricción interna en el estrato de apoyo

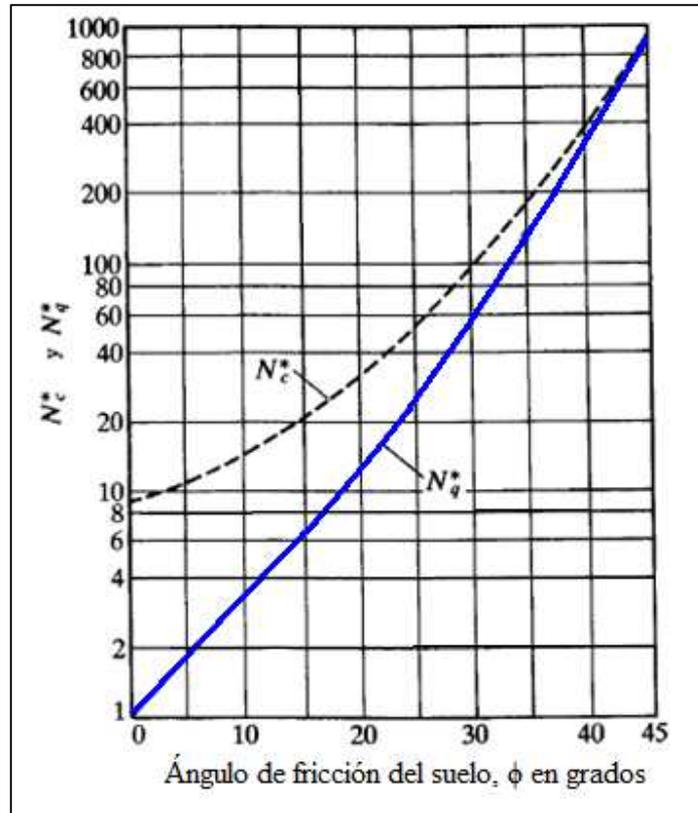


Figura 1.10 Variación de los valores de  $N_c^*$  y  $N_q^*$  con el ángulo de fricción del suelo según Meyerhof.

(Fuente: Principios de Ingeniería de Cimentaciones, Braja M. Das)

La resistencia de punta última en un suelo granular homogéneo ( $L_b=L$ ) puede obtenerse de los números de penetración estándar (Meyerhof (1976).

$$q_p(\text{kN/m}^2) = 40N_{\text{cor}} L/D \leq 400N_{\text{cor}} \quad (1.10)$$

Donde

$N_{\text{cor}}$  = Número de penetración estándar corregido promedio cerca de la punta del pilote (aprox. 10D arriba y 4D debajo de la punta)

#### 1.4.1.2 Método Vesic

Basada en la teoría de expansión de cavidades (Vesic, 1977), este método utiliza parámetros de esfuerzo efectivo.

$$Q_p = A_p q_p = A_p (cN_c^* + \sigma'_o N_\sigma^*) \quad (1.11)$$

Donde:  $\sigma'_o$  = esfuerzo efectivo normal medio del terreno al nivel de la punta del pilote

$$\sigma'_o = \left(\frac{1+2K_o}{3}\right) q' \quad (1.12)$$

$K_o$  = coeficiente de presión de tierra en reposo =  $1 - \tan \phi$

$N_c^*, N_q^*$  = factores de capacidad de carga

Según la teoría de Vesic:  $N_\sigma^* = f(I_{rr})$

Donde

$I_{rr}$  = índice de rigidez reducida para el suelo  $I_{rr} = \frac{I_r}{1+I_r\Delta}$

$I_r$  = índice de rigidez =  $\frac{E_s}{2(1+\mu_s)(c+q'\tan\phi)} = \frac{G_s}{c+q'\tan\phi}$

$E_s$  = módulo de elasticidad del suelo

$\mu_s$  = relación de Poisson del suelo

$G_s$  = módulo de cortante del suelo

$\Delta$  = deformación unitaria promedio en la zona plástica debajo de la punta del pilote

Los valores de  $I_r$  se obtienen de pruebas en laboratorio de consolidación y triaxiales. Sin embargo para uso preliminar se recomiendan los siguientes valores:

Tabla 1.5 Valores  $I_r$  método Vesic.

TIPO DE SUELO	$I_r$
Arena	70-150
Limos y arcillas (condición drenada)	50-100
Arcillas (condición no drenada)	100-200

(Fuente: Principios de Ingeniería de Cimentaciones, Braja M. Das)

#### 1.4.1.3 Método Janbu (Das, 2006)

La ecuación propuesta por Janbu para calcular  $Q_p$

$$Q_p = A_p(cN_c^* + q'N_q^*) \quad (1.13)$$

Los factores  $N_c^*$  y  $N_q^*$  se calculan asumiendo una superficie de falla en el suelo en la punta del pilote, (figura 1.11)

$$N_q^* = (\tan\phi + \sqrt{(1 + \tan^2\phi)})^2 (e^{2\eta'\tan\phi}) \quad (1.14)$$

$$N_c^* = (N_q^* - 1) \cot\phi \quad (1.15)$$

El ángulo  $\eta'$  varía dependiendo del tipo de suelos,  $70^\circ$  aproximadamente en arcillas blandas,  $105^\circ$  en suelos arenosos densos.

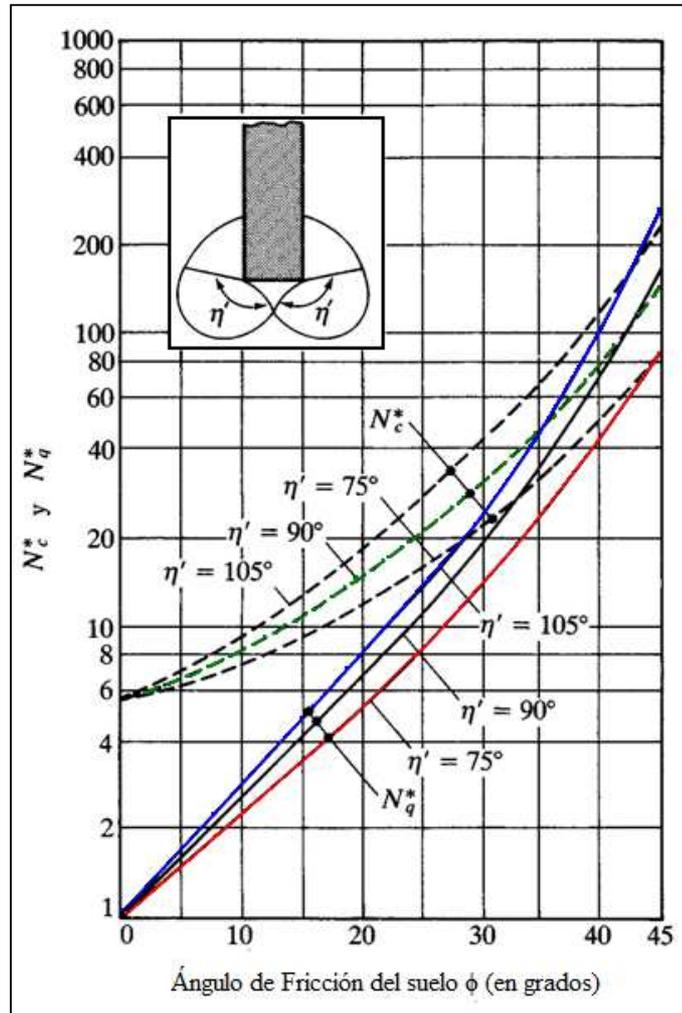


Figura 1.11 Variación de los valores de  $N_c^*$  y  $N_q^*$  con el ángulo de fricción del suelo según Janbu  
(Fuente: Principios de Ingeniería de Cimentaciones, Braja M. Das)

#### 1.4.1.4 Coyle y Castello

Coyle y Castello (1981) método basado en los resultados obtenidos del análisis a 24 pruebas de cargas a gran escala. La expresión para calcular  $Q_p$  es:

$$Q_p = A_p q' N_q^* \quad (1.16)$$

Donde  $q'$  = esfuerzo vertical efectivo en la punta del pilote

$N_q^*$  = Factor de capacidad de carga

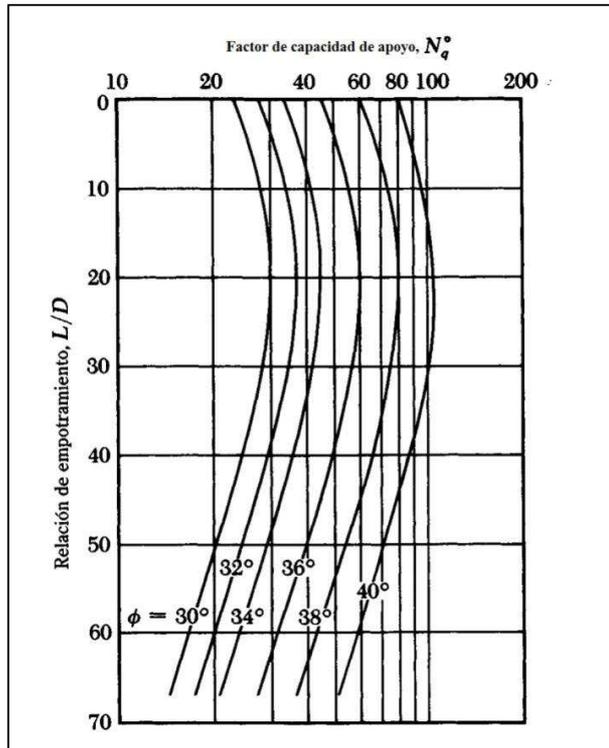


Figura 1.12 Variación de los valores de  $N_q$  con  $L/D$  según Coyle y Castello.  
(Fuente: Principios de Ingeniería de Cimentaciones, Braja M. Das)

#### 1.4.1.5 Aoki Velloso (1975)

Con base en correlaciones empíricas de resultados de ensayos in situ, tales como CTP (cono de penetración estática), SPT (Ensayo de penetración estándar) y ajustados con pruebas de carga, la fórmula general de carga por punta es:

$$Q_p = A_p q_p \quad (1.17)$$

$$q_p = \frac{K_p N_p}{F_1} \quad (1.18)$$

$$Q_p = A_p \frac{K_p N_p}{F_1} \quad (1.19)$$

Donde:

$Q_p$  = Capacidad de carga de la punta del pilote

$A_p$  = Área del pilote

$K_p$  = Coeficiente que depende del tipo de suelo (tabla 1.6)

$N_p$  = Número de penetración estándar corregido en la punta del pilote

$F_1$  = Factor de correlación, depende del tipo de pilote (tabla 1.7)

Tabla 1.6 Coeficientes K,  $\alpha$ , Método Aoki Velloso.

Tipo de suelo	K (Kpa)	$\alpha\%$
Arena	1 000	1,4
Arena limosa	800	2
arena limo arcillosa	700	2,4
arena arcillosa	600	3
Arena arcillo limosa	500	2,8
Limo	400	3
Limo arenoso	550	2,2
Limo areno limoso	450	2,8
limo arcilloso	250	3,4
Arena arcillo arenoso	200	3
Arcilla	350	6
Arcilla arenosa	220	2,4
Arcilla areno limosa	330	2,8
Arcilla limosa	220	4
Arcilla limo arenosa	330	3

Fuente: (Cintra e Aoki, 2010)

Tabla 1.7 Coeficientes F1 y F2, Método Aoki Velloso. (Pousada e Carreiro, 2004)

TIPO DE PILOTE	F1	F2
FRANKI	2,5	5
METÁLICO	1,75	3,5
PRE-MOLDEADO DE CONCRETO	1,75	3,5
EXCAVADO	3	6

#### 1.4.1.6 Decourt Cuaresma (1978)

La capacidad de carga en la punta de la base del pilote es estimada por la ecuación:

$$Q_p = A_p q_p \quad (1.20)$$

$$q_p = \alpha C N_p \quad (1.21)$$

Donde:

$Q_p$  = Capacidad de carga de la punta del pilote

$A_p$  = Área del pilote

$\alpha$  = factor en la porción de resistencia en la punta (Tabla 1.6)

$C$  = Coeficiente característico del suelo (Tabla 1.8)

$N_p$  = Número de penetración estándar corregido en la punta del pilote

El valor medio del índice de resistencia a la penetración en la punta del pilote,  $N_p$  obtenida a partir de tres valores: El correspondiente al nivel de la punta, el inmediatamente anterior y posterior.

Tabla 1.8 Valores del coeficiente C característico del suelo

TIPO DE SUELO	C(KPa)
Arcilla	120
Limo Arcilloso	200
Limo Arenoso	250
Arena	400

(Fuente: Pousada e Carreiro, 2004)

#### 1.4.2 Capacidad de Carga por Fricción

La fórmula general para la determinación de la capacidad carga por fricción es:

$$Q_s = \Sigma p \Delta L f \quad (1.22)$$

Para determinar la resistencia unitaria por fricción,  $f$ , se deben considerar varios factores: La densificación del suelo alrededor del pilote producida por la vibración durante el hincado, la figura 1.13 muestra la variación del ángulo de fricción del suelo  $\phi$ , la zona de densificación es aproximadamente 2.5 veces el diámetro del pilote. (Das, 2006)

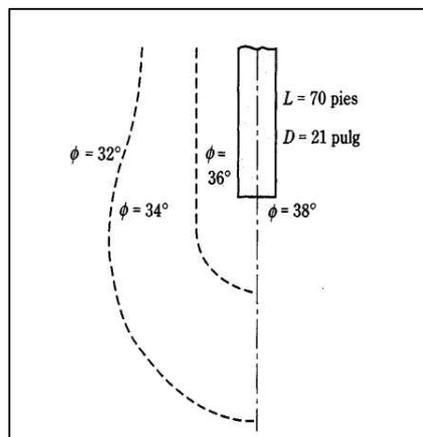


Figura 1.13 Compactación de arena cercana a pilotes hincados. (Fuente: Principios de Ingeniería de Cimentaciones, Braja M. Das)

La naturaleza de variación de  $f$  en campo, se lo aprecia en la figura 1.14 La fricción unitaria superficial aumenta hasta una profundidad  $L'$  luego permanece constante.  $L'$  longitud crítica es de entre  $15D$  a  $20D$ .

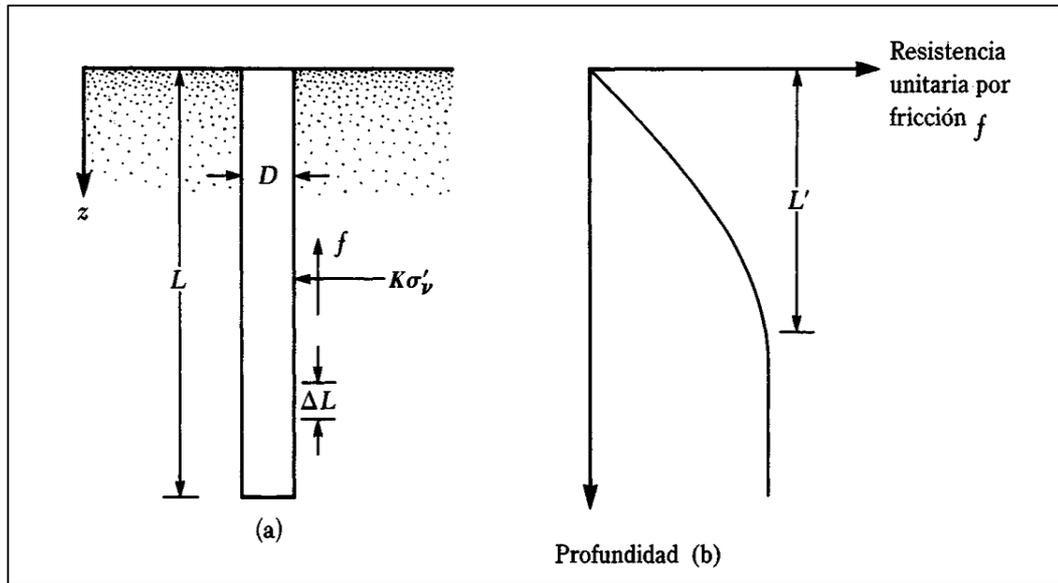


Figura 1.14 Resistencia por fricción unitaria para pilotes en arena.  
(Fuente: Principios de Ingeniería de Cimentaciones, Braja M. Das)

Considerando estos factores tenemos:

$$\text{Para } z=0 \text{ a } L' \quad f = K\sigma'_s \tan\delta \quad (1.23)$$

$$\text{Para } z=L' \text{ a } L \quad f = f_{z \text{ a } L'} \quad (1.24)$$

Donde

$K$  = Coeficiente efectivo de tierra

$\sigma'_s$  = Esfuerzo vertical efectivo a la profundidad bajo consideración

$\delta$  = Ángulo de fricción entre suelo y pilote, valores de  $\delta$  están en el rango de  $0.5\phi$  a  $0.8\phi$ .

Los valores promedio de  $K$  se muestran en la tabla 1.9.

Tabla 1.9 Valores de  $K$  coeficiente efectivo de tierra.

TIPO DE PILOTE	$K$
Perforado	$\approx K_o = 1 - \text{sen}\phi$
Hincado, de bajo desplazamiento	$\approx K_o = 1 - \text{sen}\phi$ a $1.4K_o = 1.4(1 - \text{sen}\phi)$
Hincado, de bajo desplazamiento	$\approx K_o = 1 - \text{sen}\phi$ a $1.8K_o = 1.8(1 - \text{sen}\phi)$

(Fuente: Principios de Ingeniería de Cimentaciones, Braja M. Das)

### 1.4.2.1 Meyerhof

Fórmula general:

$$Q_s = \Sigma p \Delta L f \quad (1.25)$$

Reemplazando las ecuaciones (1.23 y 1.24) en (1.25) queda:

$$Q_s = K \sigma'_v \tan \delta p \Delta L \quad (1.26)$$

Donde:

$K$  = Coeficiente efectivo de tierra

$\sigma'_v$  = Esfuerzo vertical efectivo a la profundidad bajo consideración

$\delta$  = Ángulo de fricción entre suelo y pilote, valores de  $\delta$  están en el rango de  $0.5\phi$  a  $0.8\phi$ .

Con valores de la resistencia a la penetración estándar corregida promedio se puede calcular la resistencia unitaria promedio  $f_{prom}$ , en pilotes hincados de gran desplazamiento, (Das, 2006)

$$f_{prom} (KN/m^2) = 2\bar{N}_{cor} \quad (1.27)$$

Donde:

$\bar{N}_{cor}$  = Valor corregido promedio de la resistencia de penetración estándar.

Para pilotes de desplazamiento pequeño:  $f_{prom} (KN/m^2) = \bar{N}_{cor}$

### 1.4.2.2 Coyle y Castello

$$Q_s = K \sigma'_s \tan \delta p \Delta L \quad (1.28)$$

Donde:

$K$  = Coeficiente Activo de Tierra (Figura 1.15)

$\sigma'_s$  = Presión de sobrecarga efectiva promedio

$\delta$  = Ángulo de fricción entre suelo y pilote =  $0,8\phi$

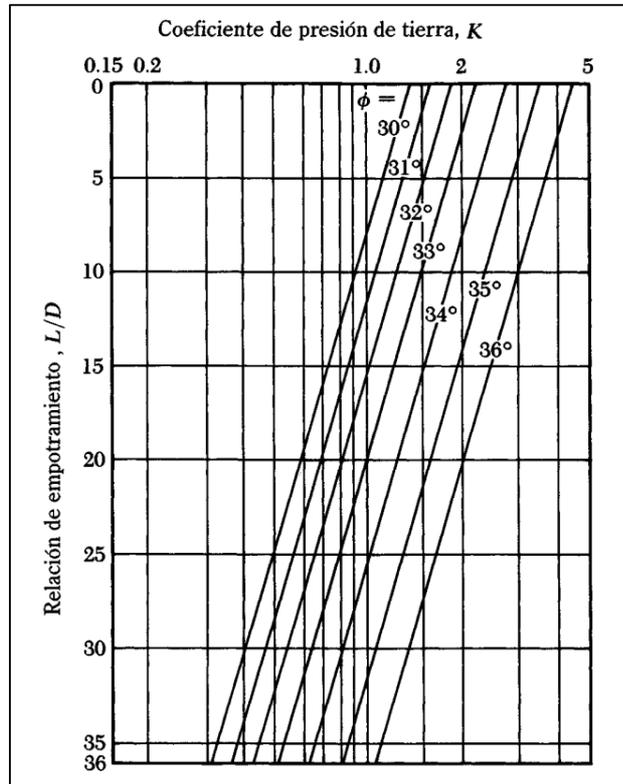


Figura 1.15 Variación de K con L/D (según Coyle y Castello).  
(Fuente: Principios de Ingeniería de Cimentaciones, Braja M. Das)

#### 1.4.2.3 Aoki Velloso (1975)

$$Q_s = \frac{p}{F_2} \sum_1^n (\alpha K N_{spt} \Delta L) \quad (1.29)$$

Donde:

$Q_s$  = Capacidad de carga por fricción

$p$  = Perímetro del pilote

$\alpha$  = Razón de fricción

$K_p$  = Coeficiente que depende del tipo de suelo

$N_{spt}$  = Número de penetración estándar corregido

en la punta del pilote

$F_2$  = Factor de corrección

Tabla 1.10 Coeficientes K,  $\alpha$ , Método Aoki Velloso.

<b>Tipo de suelo</b>	<b>K (Kpa)</b>	<b><math>\alpha</math>%</b>
Arena	1 000	1,4
Arena limosa	800	2
arena limo arcillosa	700	2,4
arena arcillosa	600	3
Arena arcillo limosa	500	2,8
Limo	400	3
Limo arenoso	550	2,2
Limo areno limoso	450	2,8
limo arcilloso	250	3,4
Arena arcillo arenoso	200	3
Arcilla	350	6
Arcilla arenosa	220	2,4
Arcilla areno limosa	330	2,8
Arcilla limosa	220	4
Arcilla limo arenosa	330	3

Fuente: (Cintra e Aoki, 2010)

Tabla 1.11 Método F1 y F2, Método Aoki Velloso.

<b>Tipo de Pilote</b>	<b>F1</b>	<b>F2</b>
Franki	2,5	2F1
Metálico	1,75	2F1
Pre-Fabricado	1+D/0,8	2F1
Excavado	3,0	2F1
Raíz, Hélice Continua y Omega	2,0	2F1

Fuente: (Cintra e Aoki, 2010)

## 1.5 Métodos Estáticos para Suelos Cohesivos (Arcilla)

### 1.5.1 Capacidad de Carga por Punta

Para arcillas saturadas (condición no drenada  $\phi = 0$ ), la ecuación toma la forma:

$$Q_p = N_c^* c_u A_p = 9 c_u A_p$$

Donde:

$Q_p$  = Capacidad de carga por punta

$A_p$  = Área del pilote

$c_u$  = Cohesión no drenada del suelo debajo  
de la punta del pilote

#### 1.5.1.1 Aoki Velloso (1975)

El método Aoki Velloso, expresa una fórmula general que puede ser utilizada para cualquier tipo de suelo, la misma se explicó a detalle en la sección 1.4.1.5.

### 1.5.2 Capacidad de Carga por Fricción

#### 1.5.2.1 Método $\alpha$

Este método estipula que la resistencia unitaria superficial  $f$  e:

$$f = \alpha C_u$$

$\alpha$  = factor empírico de adhesión.

$$Q_s = \Sigma f p \Delta L = \Sigma \alpha C_u p \Delta L$$

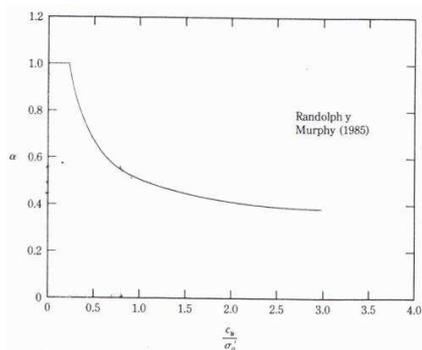


Figura 1.16 Variación de  $\alpha$  con la cohesión no drenada de una arcilla.  
(Fuente: Principios de Ingeniería de Cimentaciones, Braja M. Das)

### 1.5.2.2 Método $\beta$

Este método mantiene la fórmula general de resistencia por fricción.

$$Q_s = \Sigma fp\Delta L \quad (1.33)$$

Para el cálculo de  $f$  se considera que en pilotes hincados en arcillas saturadas, aumenta la presión de poro en el suelo alrededor, la cual alcanza valores de hasta 4 a 6 veces  $Cu$ , pero se disipa gradualmente en aproximadamente un mes. La resistencia unitaria por fricción en el pilote se determina de acuerdo a los parámetros de esfuerzo efectivo de la arcilla en un estado remoldeado ( $c = 0$ ), (Das, 2006).

$$f = \beta \sigma'_v$$

Donde:

$\sigma'_v$  = esfuerzo vertical efectivo

$$\beta = K \tan \phi_R$$

$\phi_R$  = Ángulo de fricción drenada  
en arcilla remoldeada

$K$  = coeficiente de presión de tierra  
en reposo

$$K = 1 - \text{sen} \phi_R \quad (\text{Consolidadas})$$

$$K = 1 - \text{sen} \phi_R \sqrt{OCR} \quad (\text{Pre consolidadas})$$

$$f = (1 - \text{sen} \phi_R) \tan \phi_R \sigma'_v \quad (\text{Para arcillas normalmente consolidadas})$$

$$f = (1 - \text{sen} \phi_R) \tan \phi_R \sqrt{OCR} \sigma'_v \quad (\text{Para arcillas preconsolidadas})$$

### 1.5.2.3 MÉTODO $\lambda$ :

Propuesto por Vijayvergiya y Fotch (1972), está basado en la hipótesis de que el desplazamiento del suelo producido por el hincado del pilote conduce a una presión lateral pasiva a cualquier profundidad, la resistencia superficial promedio es

$$f_{prom} = \lambda(\bar{\sigma}'_v + 2C_u)$$

- $\bar{\sigma}'$  = Esfuerzo vertical efectivo medio para toda la longitud de empotramiento
- $c_u$  = Resistencia cortante media no drenada ( $\phi = 0$ )
- $\delta$  = Ángulo de fricción entresuelo y pilote =  $0.8\phi$
- $\lambda$  = factor de adhesión del suelo

El valor de  $\lambda$  varía con la profundidad de penetración del pilote, la resistencia por fricción total del pilote se expresa:

$$Q_s = \sum p \Delta L f_{prom} \tag{1.37}$$

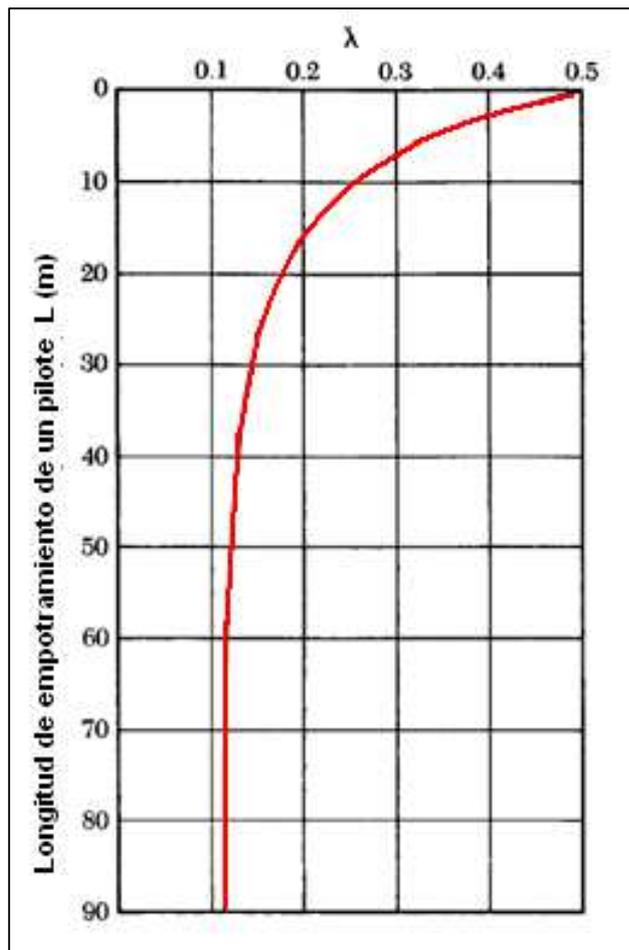


Figura 1.17 Variación de  $\lambda$  con la longitud de empotramiento de un pilote (según McClelland).  
(Fuente: Principios de Ingeniería de Cimentaciones, Braja M. Das)

## **CAPÍTULO II**

### **PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE CARGA**

En el presente capítulo se realiza el procedimiento de cálculo de los diversos métodos para determinar la capacidad de carga admisible en pilotes hincados, aplicados en los proyectos de estudio: Intercambiador de Transito (Cantón Manta), Puente Mejía (Cantón Portoviejo), tomando como referencia y parámetros reales los valores obtenidos del proceso de hinca, para luego realizar un análisis comparativo con los métodos estáticos, con el fin de establecer cuál de ellos es el más aproximado a la fórmula de hinca. La metodología a seguir consiste en:

- ✚ Recopilación de Información de los Proyectos de Estudio
- ✚ Aplicación de Método Dinámico (Formula Delmag)
- ✚ Métodos Estáticos en Suelos No Cohesivos (arena)
- ✚ Métodos Estáticos en Suelo Cohesivo (arcilla)

#### **2.1 Recopilación de Información**

La recopilación de la información para el desarrollo de la presente Tesis consta de las características geotécnicas y constructivas de los proyectos, reporte del proceso de hinca e información del equipo utilizado.

## 2.1.1 Intercambiador de Tránsito, Cantón Manta

### 2.1.1.1 Características del Proyecto

El proyecto (Intercambiador de Tránsito) se encuentra ubicado en la ciudad de Manta, entre las avenidas Jaime Chávez Gutiérrez, intersección con vía al aeropuerto y avenida la Cultura. Figura 2.1

La cimentación del paso vehicular a desnivel está conformada por un total de 464 pilotes, que están repartidos en 12 pilas y dos estribos, en un promedio de 36 pilotes por pila. El Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO), fue la entidad encargada de este proyecto. El paso a desnivel se construye con el fin de descongestionar el tránsito en el malecón de Manta que conecta desde el puerto y el aeropuerto.



Figura 2.1 Ubicación Intercambiador de Tránsito Manta.

Fuente: Google earth

El intercambiador tiene una losa de 435 metros de longitud, 22,60 metros de ancho, seis carriles de pavimento rígido, señalización horizontal, vertical, iluminación y dos rampas de 50 metros, el objetivo del proyecto es brindar una solución al caótico tránsito vehicular en la intersección de las vías Puerto-Aeropuerto, avenidas 4 de Noviembre, de la Cultura y Jaime Chávez Gutiérrez, y dinamizar el flujo comercial. (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2012)



Figura 2.2 Intercambiador de Tránsito Manta.  
Fuente: Ministerio de Transporte y Obras Públicas

### **Estudio Geotécnico**

La estratigrafía del suelo se la obtuvo mediante el estudio geotécnico en donde se realizaron 6 perforaciones a lo largo de la ubicación del intercambiador de tránsito, en la figura 2.2 se las denomina P1, P2, P3, P4, P5, P6, el nivel freático se encuentra a 3.5 metros de profundidad, La primera capa de suelo está compuesta por relleno formado por fragmentos de roca, mezcla de suelo compuesto de arena, limo y arcilla de color café, de plasticidad baja, poco húmedo. Seguida de una capa de arena de grano fino a medio, de color gris cafetoso, poco húmedo hasta 3,50 metros, a partir de esta profundidad saturada, con conchillas, no tiene plasticidad, de compacidad media alta, pertenece a la clasificación SP (arena mal graduada), ver Anexo D.



Figura 2.3 Perforación 4, abscisa 0+297  
Fuente: Empresa fiscalizadora Condiseño Cia. Ltda.

### **Estudio Geofísico**

Se realizaron tres perfiles sísmicos: PS-1, PS-3 y PS-2, ubicados longitudinalmente a lo largo del eje proyectado cubriendo el espacio comprendido entre las abscisas 0+155 y 0+390. En conjunto estos perfiles presentan tres fronteras sísmicas que caracterizan a cuatro capas con velocidades diferentes, los complejos sísmicos encontrados son: A, B, C y D. En la Figura 2.3 se muestra el eje del perfil estratigráfico del Intercambiador de tránsito Manta.

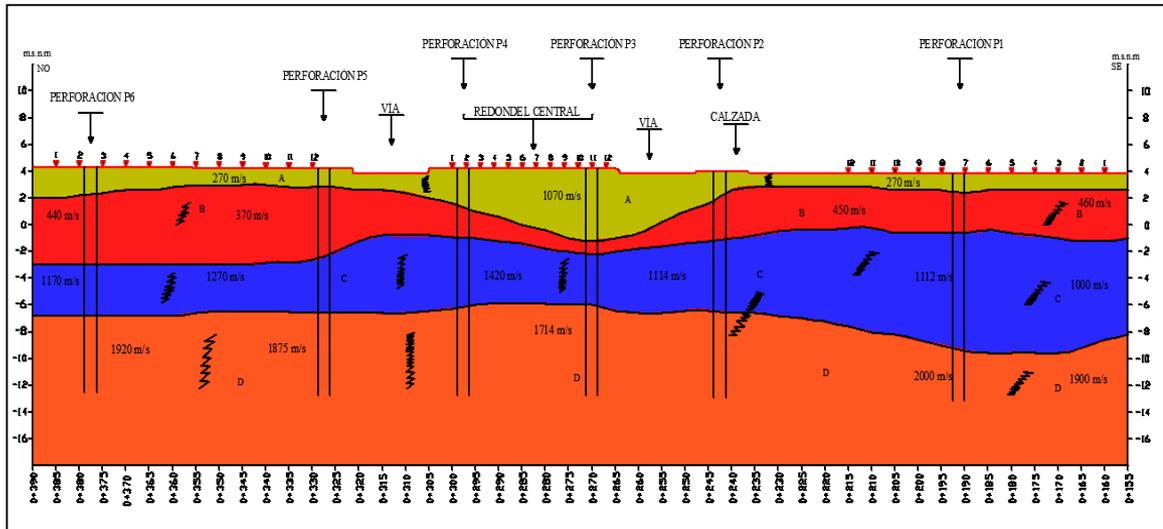


Figura 2.4 Perfil estratigráfico del Intercambiador de Tránsito Manta.  
Fuente Empresa Fiscalizadora Condiseño Cia Ltda.

El complejo sísmico A constituye la capa de materiales de relleno, la frontera inferior de esta capa geofísica es muy irregular produciéndose un hundimiento de la misma a lo largo del perfil PS-2, su potencia en general oscila entre 1.5 y 5.5 m

El complejo sísmico B está compuesto por arenas y limos húmedos y saturados, posiblemente esta capa sufrió una erosión en la parte central del perfil.

El complejo sísmico C compuesto por arenas, limos y arenas gruesas saturadas, su potencia varía entre 4.60 y 9.20 m.

El complejo sísmico D está correlacionado con lutitas compactas que constituye un aceptable nivel de fundación, (Ver anexo D. Perfil Estratigráfico Manta). En la Tabla 2.1 se muestran los cuatros horizontes sísmicos que se obtuvieron del estudio geofísico

Tabla 2.1 Perfiles Sísmicos del Proyecto Intercambiado de Tránsito Manta

Complejo Sísmico	Velocidad Vp (m/s)	Velocidad promedio Vp (m/s)	Velocidad promedio Vs (m/s)	Potencia (m)	Correspondencia geológica
A	270-1070	670	690	1.5 - 5.5	Material de relleno.
B	370-460	430	300	0.8 - 5.80	Arenas y limos húmedos y saturados.
C	1000-1420	1180	761		Arenas, limos, arenas

				4.60 -9.20	grosas saturadas.
D	1714-2000	1882	1199	>10.0	Lutitas, Formación Tosagua.

(Fuente: Empresa Fiscalizadora Condiseño S.A)

### Reportes de Hinca

El proceso de hincado se realizó con el equipo Martillo Delmag D-30, de cuyo reporte se obtuvo el valor del rechazo y la longitud penetrada de cada uno de los pilotes, parámetros necesarios para determinar la capacidad de carga admisible, mediante el método dinámico Delmag. Para esta investigación se consideran las pilas 3, 5, 6, 7, 8 y 9, por coincidir con la ubicación de los sondeos estratigráficos.



Figura 2.5 Hincado de Pilotes en Intercambiador de Tránsito Manta.  
Fuente: Diario La Hora

## 2.1.2 Puente Mejía Sobre el Río Portoviejo

### 2.1.2.1 Características del Proyecto



Figura 2.6 Ubicación Puente Mejía, Cantón Portoviejo  
(Fuente: Google Earth)

El Puente Mejía está ubicado en la vía Portoviejo – Crucita, a la altura del sitio Mejía intersección con el Río Portoviejo, la carretera es a cuatro carriles de pavimento flexible, con un nuevo puente, esta vía en general es una obra considerada emblemática para los habitantes de la parroquia Crucita y la población portovejense, pues es primordial para fortalecer el desarrollo turístico, comercial, pesquero de la región manabita. (Ministerio de Transporte y Obras Públicas)

Su cimentación está compuesta por dos estribos de 20 pilotes cada uno, fue necesario realizar un rediseño de los pilotes, porque al momento de ser hincados coincidían con una masa de hormigón del antiguo puente, quedando como diseño definitivo pilotes de 25 metros de longitud con una sección de 45 x 45 cm.

El estudio geotécnico revela que por las condiciones del suelo los pilotes deben llegar a una profundidad mínima de 20 m. Como estratigrafía más desfavorable se toma el perfil N° 1 (Ver Anexo H), donde se considera como estrato único el suelo tipo MH limo inorgánico, corresponde al estribo en el margen izquierdo. El proceso de hincado se lo realizó con Martillo Delmag D-30, cuyo reporte consta en Anexo I.



Figura 2.7 Hincas de Pilotes en Puente Mejía.  
Fuente: Diario La Hora

## 2.2 Aplicación de Método Dinámico para Capacidad de Carga

Con los datos obtenidos del proceso de hincas, se procede a realizar el cálculo de la capacidad de carga, por medio de la fórmula de Hincas del Método Delmag.

Con fines didácticos se desarrolla el cálculo para un pilote modelo, describiendo la metodología empleada al universo de pilotes de estudio.

### 2.2.1 Fórmula de Hincas, Delmag Arena

Para el proyecto Intercambiador de Tránsito Manta se describe el pilote N° 1 de la pila N° 7, cuyos datos se obtienen del reporte de hincas, (Ver Anexo F-4).

Los pilotes en el intercambiador de Tránsito fueron hincados con martillo DELMAG D-30, la teoría dice que para martillos Delmag la fórmula de hincas es:

$$Qu = \frac{E \times R}{(s + cL) \times (Q + R)} \quad (1.5)$$

Donde R es el peso del pistón del martillo en Kg (Tabla 2.2), el cual debe ser aproximadamente un tercio del peso del pilote.

Tabla 2.2 Peso del pistón del martillo.

<b>MARTILLOS DELMAG DIESEL</b>	
MODELO	PESO PISTON (KG)
D -5	500
D - 12	1250
D - 22	2200
D - 30	3000
D - 44	4400

El valor de (E) energía por golpe, es  $E=2.5R$ , en este proyecto en particular no se cumple la condición de  $R=1/3 Q$ , por lo que se decide trabajar a un 75% de la energía, con lo que el valor de E queda:

$$E = 0.75 \times 2.5R \qquad E = 1.875R$$

Dato de Pilote	Datos de Hinca
L= 13m	R= 3000 Kg
Sección= 45cm x 45cm	c= 0.3mm
$\gamma = 2400 \text{ Kg/m}^2$	s= 30 golpes en los últimos 10cm

**Solución:**

$$E = 1,875R = 1,875(3000Kg) = 5625 \text{ Kg}$$

$$Q = (13m)(0,45m \times 0,45m)(2400 \text{ Kg/m}^2) = 6318 \text{ Kg}$$

$$s = 30 \text{ golpes en últimos } 10 \text{ cm} = \frac{100mm}{29 \text{ golpes}} = 3.3mm/golpe$$

$$Q_u = \frac{5625Kg \times 3000Kg}{(3,3mm/golpe + 0,3(13m)) \times (6318Kg + 3000Kg)}$$

$$Q_u = 250,40 \text{ Ton}$$

Aplicando  $F_s = 2$ , se obtiene la capacidad de carga admisible:

$$Q_a = \frac{Q_u}{F_s} \qquad (1.5)$$

$$Q_a = \frac{250,40 \text{ Ton}}{2}$$

$$Q_a = 125.20 \text{ Ton}$$

### 2.2.2 Fórmula de Hinca Delmag en Arcilla

Para el proyecto Puente Mejía Cantón Portoviejo, se describe el pilote N° 1 del estribo izquierdo, cuyos datos se obtienen del reporte de hinca (Ver Anexo I)

Los pilotes en el Puente Mejía fueron hincados con martillo DELMAG D-30, cuya fórmula de hinca es:

$$Qt = \frac{E \times R}{(s + cL) \times (Q + R)} \quad (1.5)$$

Dato de Pilote	Datos de Hinca
L= 25m	R= 3000 Kg
Sección= 45cm x 45cm	c= 0.3mm
Y= 2400 Kg/m <sup>2</sup>	s= 18 golpes en los últimos 10cm

#### Solución:

$$E = 2.5R = 2.5(3000Kg) = 7500 Kg$$

$$Q = (25m)(0,45m \times 0,45m)(2400 Kg/m^2) = 12.150,0 Kg$$

$$s = 18 \text{ golpes en últimos } 10 \text{ cm} = \frac{100mm}{18 \text{ golpes}} = 5,56mm/golpe$$

$$Qt = \frac{7500Kg \times 3000Kg}{(5,56mm/golpe + 0,3(25m)) \times (12.150,0 Kg + 3000Kg)}$$

$$Qt = 113,72 \text{ Ton}$$

Aplicando  $F_s = 2$ , se obtiene la capacidad de carga admisible:

$$Q_a = \frac{Q_u}{F_s} \quad (1.5)$$

$$Q_a = \frac{113,72 \text{ Ton}}{2}$$

$$Q_a = 56,86 \text{ Ton}$$

### 2.3 Determinación de Capacidad de Carga en Arena

A continuación se desarrolla cada uno de los métodos estáticos considerados para el análisis de la capacidad de carga en pilotes del proyecto Intercambiador de tránsito en el Cantón Manta, con fines didácticos se presenta el cálculo del pilote N° 1, de la pila N° 07 (Figura 2.8), cuyos datos se obtienen de los anexos D, E4 y F4.

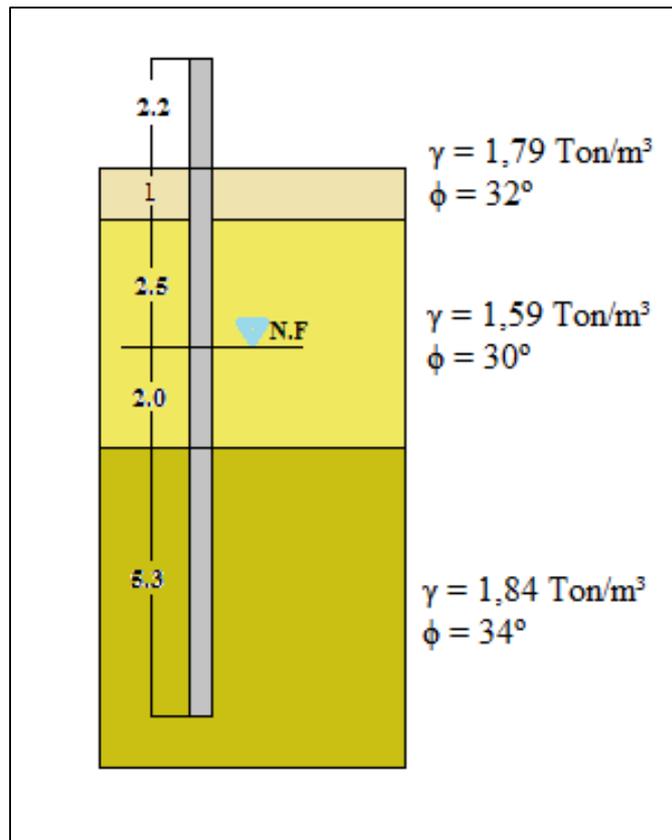


Figura 2.8 Esquema del Perfil Estratigráfico en el que Hincó el Pilote 1 de la Pila 7 de Manta.  
(Elaboración: El Autor)

## 2.3.1 Capacidad de Carga Por Punta

### 2.3.1.1 Método Meyerhof

#### Datos

$$\begin{aligned}L &= 10.8\text{m} \\ \text{Sección} &= 45\text{cm} \times 45\text{cm} \\ \phi &= 34^\circ\end{aligned}$$

#### Solución:

$$Q_p = A_p q' N_q^* \quad (1.6)$$

Área:

$$A_p = (0,45\text{m})(0,45\text{m}) = 0,203 \text{ m}^2$$

Esfuerzo efectivo del suelo  $q'$ :

$$\begin{aligned}q' &= (1,0\text{m} \times 1,796\text{Ton}/\text{m}^2) + (2,5\text{m} \times 1,591\text{Ton}/\text{m}^2) + (2,0\text{m} \times 0,591\text{Ton}/\text{m}^2) \\ &\quad + (5,30\text{m} \times 0,84\text{Ton}/\text{m}^2) \\ q' &= 11,80 \text{ Ton}/\text{m}^2\end{aligned}$$

Factor de capacidad de carga  $N_q^*$ :

$$\phi = 34^\circ \quad N_q^* = 100 \text{ (Figura 2.4)}$$

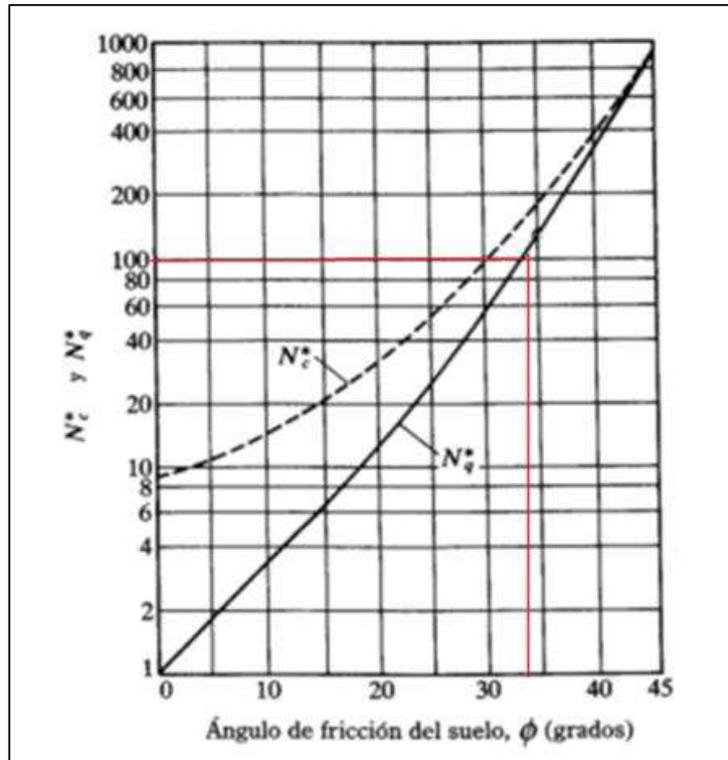


Figura 2.9 Valor de Nq Método Meyerhof.

$$Q_p = (0,203\text{m}^2)(11,80\text{Ton/m}^2)(100) = 238,9 \text{ Ton}$$

Chequeo:  $Q_p = A_p q_p \leq A_p q_l$

$$q_l = 50N_q^* \tan \phi = 50 \times 100 \times \tan 34^\circ = 3372,5 \text{ Kg/m}^2$$

$$A_p q_l = 0,203\text{m}^2 \times 3372,5 \text{ Ton/m}^2 = 689,20\text{Ton}$$

$$238,9 \text{ Ton} > 689,20\text{Ton}$$

$$Q_p = 238,9 \text{ Ton}$$

Aplicando  $F_s = 2$ , se obtiene la capacidad de carga admisible:

$$Q_a = \frac{Q_u}{F_s} \tag{1.5}$$

$$Q_a = \frac{238,9 \text{ Ton}}{2}$$

$$Q_a = 119,45 \text{ Ton}$$

### 2.3.1.2 Método Meyerhof utilizando SPT

#### Datos

$$N_{\text{cor}} = 28$$

$$L = 10,8\text{m}$$

$$D = 0,45\text{ m}$$

#### Solución

$$q_p(\text{kN}/\text{m}^2) = 40N_{\text{cor}} L/D \leq 400N_{\text{cor}} \quad (1.9)$$

$$q_p(\text{kN}/\text{m}^2) = (40)(28)(10,8\text{m}/0,45\text{m}) \leq 400(28)$$

$$q_p(\text{kN}/\text{m}^2) = 13340 > 11200$$

$$A_p q_p = 0,203\text{m}^2 \times 1120\text{ Ton}/\text{m}$$

$$\mathbf{Q_p = 227,36\text{ Ton}}$$

Aplicando  $F_s = 2$ , se obtiene la capacidad de carga admisible:

$$Q_a = \frac{Q_u}{F_s} \quad (1.5)$$

$$Q_a = \frac{250,40\text{ Ton}}{2}$$

$$\mathbf{Q_a = 125.20\text{ Ton}}$$

### 2.3.1.3 Método Janbu:

#### Solución

$$Q_p = A_p q' N_q^* \quad (1.12)$$

Área:

$$A_p = (0,45\text{m})(0,45\text{m}) = 0,203\text{ m}^2$$

Esfuerzo efectivo del suelo  $q'$ :

$$q' = (1,0\text{m} \times 1,796\text{Ton}/\text{m}^2) + (2,5\text{m} \times 1,591\text{Ton}/\text{m}^2) + (2,0\text{m} \times 0,591\text{Ton}/\text{m}^2) \\ + (5.30\text{m} \times 0,84\text{Ton}/\text{m}^2) \\ q' = 11,80 \text{ Ton}/\text{m}^2$$

Factor de capacidad de carga  $N_q^*$ :

Para:

$$\phi = 34^\circ \quad \eta' = 90 \quad N_q^*$$

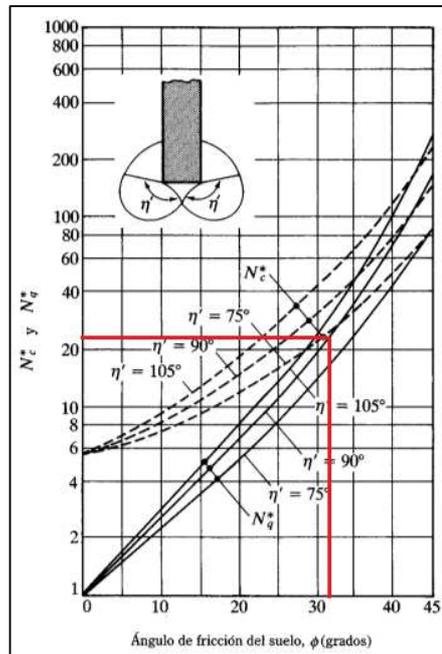


Figura 2.10 Valor de  $N_q$  Método Janbu.

$$Q_p = (0,203\text{m}^2)(11,8\text{Ton}/\text{m}^2)(33)$$

$$Q_p = 78,84 \text{ Ton}$$

Aplicando  $F_s = 2$ , se obtiene la capacidad de carga admisible:

$$Q_a = \frac{Q_u}{F_s} \tag{1.5}$$

$$Q_a = \frac{78,84 \text{ Ton}}{2}$$

$$Q_a = 39.42 \text{ Ton}$$

### 2.3.1.4 Método Coyle y Castello.

$$Q_p = A_p q' N_q^* \quad (1.6)$$

Área:

$$A_p = (0,45m)(0,45m) = 0,203 \text{ m}^2$$

Esfuerzo efectivo del suelo  $q'$ :

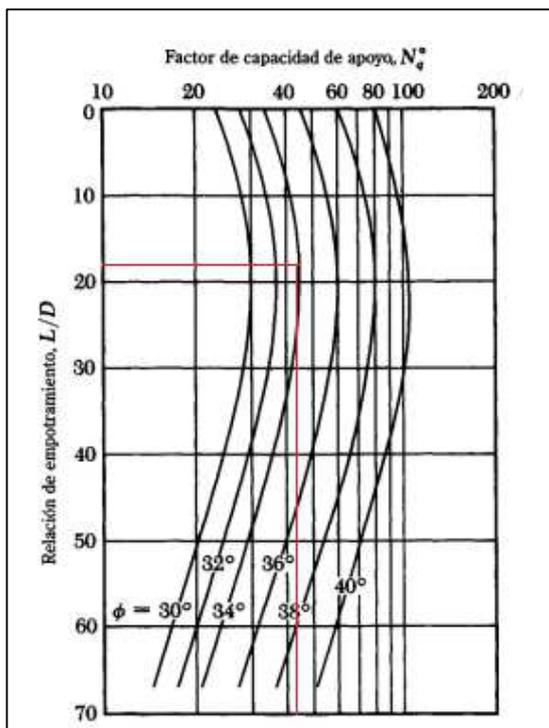
$$q' = (1,0m \times 1,796 \text{ Ton/m}^2) + (2,5m \times 1,591 \text{ Ton/m}^2) + (2,0m \times 0,591 \text{ Ton/m}^2) + (5,30m \times 0,84 \text{ Ton/m}^2)$$

$$q' = 11,80 \text{ Ton/m}^2$$

Factor de capacidad de carga  $N_q^*$ :

$$\text{Para } L/D = 10,8/0,45 = 24$$

$$N_q^* = 43$$



$$Q_p = (0,203 \text{ m}^2)(11,80 \text{ Ton/m}^2)(43)$$

$$Q_p = 103 \text{ Ton}$$

Aplicando  $F_s = 2$ , se obtiene la capacidad de carga admisible:

$$Q_a = \frac{Q_u}{F_s} \quad (1.5)$$

$$Q_a = \frac{103 \text{ Ton}}{2}$$

$$Q_a = 51.5 \text{ Ton}$$

Figura 2.11 Valor de  $N_q$  Método Coyle y Castello.

### 2.3.1.5 Método Aoki Velloso

$$Q_p = A_p \frac{K_p N_p}{F_1} \quad (1.18)$$

$$A_p = (0,45m)(0,45m) = 0,203 \text{ m}^2$$

$$K_p = 1000$$

$$N_p = 28$$

$$F_1 = 1,75$$

$$Q_p = (0,203) \frac{(28)(1000)}{1,75}$$

$$\mathbf{Q_p = 324,00 \text{ Ton}}$$

Aplicando  $F_s = 2$ , se obtiene la capacidad de carga admisible:

$$Q_a = \frac{Q_u}{F_s} \quad (1.5)$$

$$Q_a = \frac{324 \text{ Ton}}{2}$$

$$\mathbf{Q_a = 162 \text{ Ton}}$$

## 2.3.2 Capacidad de Carga Por Fricción en Arena

### 2.3.2.1 Meyerhof

$$Q_s = \Sigma p \Delta L f \quad (1.21)$$

Donde

$$f = K_s \sigma_v^1 \tan \delta \quad (1.22)$$

$$P = 4 \times 0,45 \text{ m} = 1,8 \text{ m}$$

$$K = 1,4$$

$$Q_s = (1,8 \text{ m})(1,4) \left( \frac{0 + 1,795}{2} + (2,5 \times 1,549) + (7,3 \times 0,84) \right) \\ + \tan (0,8 \times 35^\circ)(10,9)$$

$$\mathbf{Q_s = 110,32 \text{ Ton}}$$

Aplicando  $F_s = 2$ , se obtiene la capacidad de carga admisible:

$$Q_a = \frac{Q_u}{F_s} \quad (1.5)$$

$$Q_a = \frac{110,32 \text{ Ton}}{2}$$

$$Q_a = 55.16 \text{ Ton}$$

### 2.3.2.2 Coyle y Castello

$$Q_s = f_{prom} p L = K \bar{\sigma}'_v \tan \delta p L \quad (1.25)$$

Calculo del esfuerzo efectivo medio

$$q' = (1,0 \times 1,796) + (2,5 \times 1,591) + (2,0 \times 0,591) + (5,30 \times 0,84) = 11,80$$

$$\bar{\sigma}'_v = \frac{q'}{2} = \frac{11,8}{2} = 5,899$$

$$Q_s = 1(5,899) \tan(0,8 * 34^\circ) (1,8 * 10,8) = 58.93 \text{ Ton}$$

$$Q_s = 58.93 \text{ Ton}$$

Aplicando  $F_s = 2$ , se obtiene la capacidad de carga admisible:

$$Q_a = \frac{Q_u}{F_s} \quad (1.5)$$

$$Q_a = \frac{58,93 \text{ Ton}}{2}$$

$$Q_a = 29.465 \text{ Ton}$$

### 2.3.2.3 Método Aoki Velloso

Con los datos obtenidos del ensayo de penetración estándar colocamos los valores de N spt para cada tramo, el primer metro no se considera para este cálculo, Los valores K,  $\alpha$  y F2 se toman de las Tablas 1.10 y 1.11.

Datos

D = 45 cm

Lp= 10.8 m

F2= 3.5

Perímetro:

P = 4x0.45=1.8

Solución:

$$Q_s = \frac{p}{F_2} \sum_1^n (\alpha K N_{spt} \Delta L)$$

L	Nspt	K	$\alpha$	Qs	Qs acumulada
1	0	100	0.014		0.00
2	15	100	0.014	10.80	10.80
3	7	100	0.014	5.04	15.84
4	3	100	0.014	2.16	18.00
5	5	100	0.014	3.60	21.60
6	11	100	0.014	7.92	29.52
7	16	100	0.014	11.52	41.04
8	19	100	0.014	13.68	54.72
9	24	100	0.014	17.28	72.00
10	26	100	0.014	18.72	90.72
11	28	100	0.014	20.16	<b>110.88</b>

Aplicando Fs= 3, se obtiene la capacidad de carga admisible:

$$Q_a = \frac{Q_u}{F_s} \quad (1.5)$$

$$Q_a = \frac{110,88 \text{ Ton}}{3}$$

$$Q_a = \mathbf{36,96 \text{ Ton}}$$

## 2.4 Determinación de Capacidad de Carga en Arcillas

A continuación se desarrolla cada uno de los métodos estáticos considerados para el análisis de la capacidad de carga en pilotes del Puente Mejía en Cantón Portoviejo, con fines didácticos se presenta el cálculo del pilote N° 1 (Figura 2.12), del estribo izquierdo, cuyos datos se obtienen del anexo I. Los resultados obtenidos en todos los pilotes se presentan en el Anexo B.

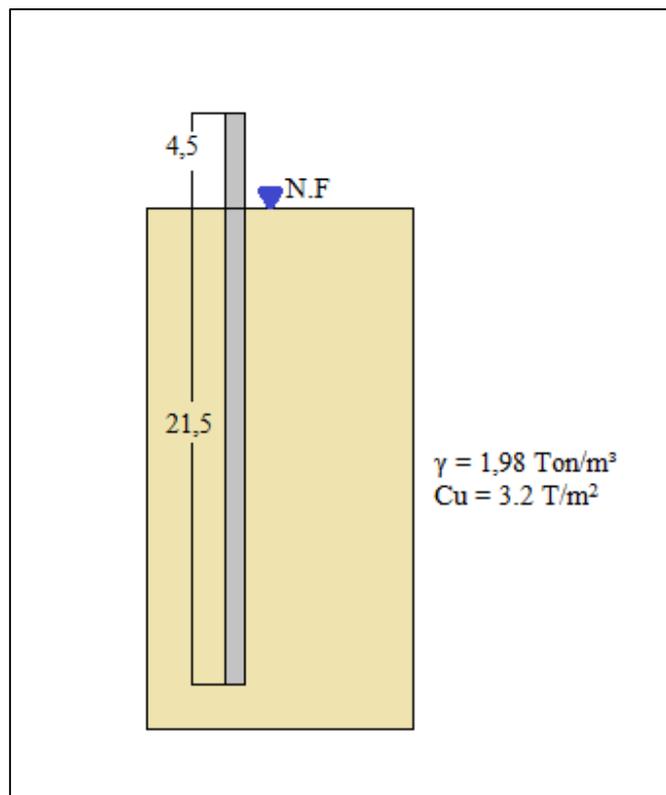


Figura 2.12 Perfil se Suelo Puente Mejía.

### 2.4.1 Carga por Punta

Para el cálculo de la capacidad por carga por punta en suelos cohesivos, se aplicaran: la fórmula general y el método Aoki Velloso, los cuales se detallan a continuación.

### 2.4.1.1 Fórmula General

#### Datos

$$D = 45 \text{ cm}$$

$$C_u = 3,20 \text{ Ton/m}^2$$

#### Solución

$$Q_p = N_c^* c_u A_p = 9 c_u A_p \quad (1.27)$$

$$\text{Área} = 0,45 \times 0,45 = 0,203 \text{ m}^2$$

$$Q_p = 9(3.2)(0.203)$$

$$\mathbf{Q_p = 5,86 \text{ Ton}}$$

Aplicando  $F_s = 2$ , se obtiene la capacidad de carga admisible:

$$Q_a = \frac{Q_u}{F_s} \quad (1.5)$$

$$Q_a = \frac{5,86 \text{ Ton}}{2}$$

$$\mathbf{Q_a = 2,92 \text{ Ton}}$$

### 2.4.1.2 Método Aoki Velloso

Los valor de  $N_p$  se obtiene del ensayo de penetración estándar (anexo E-4), los valores  $K$ ,  $\alpha$  y  $F_1$  se obtienen de las tablas 1.10 y 1.11 respectivamente

#### Datos:

$$D = 0,45 \text{ m}$$

$$L_p = 21,5 \text{ m}$$

$$K_p = 20$$

$$N_p = 15$$

$$F_1 = 1,75$$

### Solución

$$A_p = (0,45m)(0,45m) = 0,203 \text{ m}^2$$

$$Q_p = A_p \frac{K_p N_p}{F_1} \quad (1.19)$$

$$Q_p = (0,203) \frac{(15)(20)}{1,75}$$

$$Q_p = 34,71 \text{ Ton}$$

Aplicando  $F_s = 2$ , se obtiene la capacidad de carga admisible:

$$Q_a = \frac{Q_u}{F_s} \quad (1.5)$$

$$Q_a = \frac{34,71 \text{ Ton}}{2}$$

$$Q_a = 17,36 \text{ Ton}$$

## 2.4.2 Carga por Fricción

### 2.4.2.1 Método $\alpha$

#### Datos

Sección: 0,45 x 0,45 cm

$L = 21,5 \text{ m}$

$\gamma = 1,98 \text{ T/m}^3$

$C_u = 3,2 \text{ T/m}^2$

#### Solución:

$$Q_s = \alpha \cdot C_u \cdot p \cdot l \quad (1.28)$$

$$C_u = 3,20 \quad \sigma_o' = \frac{(0,98)(21,7)}{2} = 10,53 \text{ T/m}^2$$

$$\frac{C_u}{\sigma_o'} = \frac{3,20}{10,53} = 0,30$$

$$Q_s = 0,86 \times 1,8 \times 21,5 \times 3,20$$

$$Q_s = 106,50 \text{ Tn}$$

Aplicando  $F_s = 2$ , se obtiene la capacidad de carga admisible:

$$Q_a = \frac{Q_u}{F_s} \quad (1.5)$$

$$Q_a = \frac{106,50 \text{ Ton}}{2}$$

$$Q_a = 53,25 \text{ Ton}$$

#### 2.4.2.2 Método $\lambda$

##### Datos

Sección: 0,45 x 0,45 cm

$L = 21,5 \text{ m}$

$\gamma = 1,98 \text{ T/m}^3$

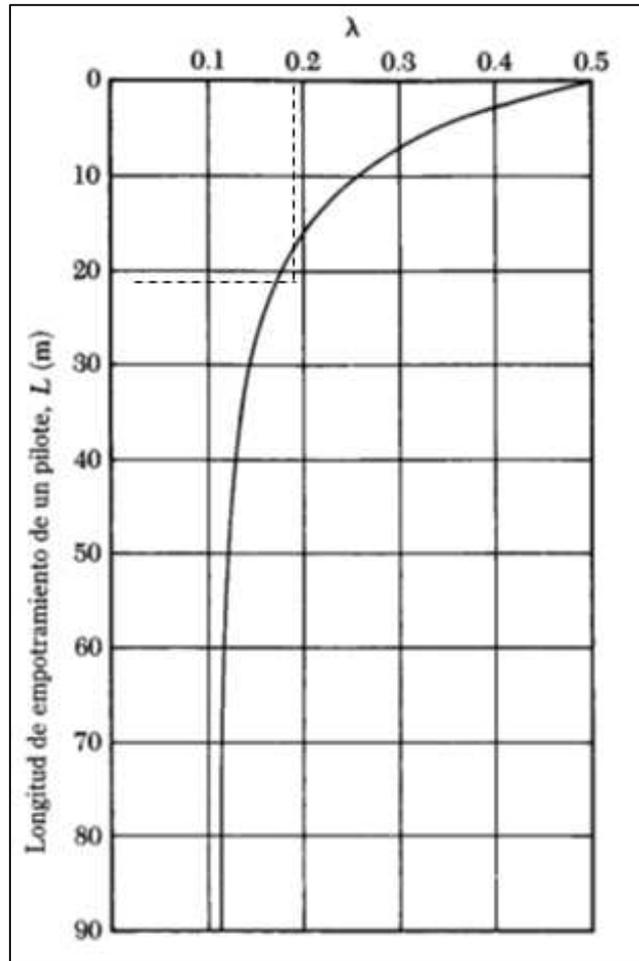
$C_u = 3,2 \text{ T/m}^2$

##### Solución:

$$Q_s = \Sigma p \Delta L f_{prom} \quad (1.23)$$

$$f_{prom} = \lambda (\bar{\sigma}'_v + 2C_u) \quad (1.32)$$

Para  $L = 21,5 \text{ m}$                        $\lambda = 0,165$



$$\sigma' = \frac{(0,98)(21,5)}{2} = 10,53$$

$$f = 0,165x(10,53 + 2x3,2) x1,8x21,5$$

$$QS = 108,106 \text{ Ton}$$

Aplicando  $F_s=2$ , se obtiene la capacidad de carga admisible:

$$Q_a = \frac{Q_u}{F_s} \tag{1.5}$$

$$Q_a = \frac{108,106 \text{ Ton}}{2}$$

$$Q_a = 54,05 \text{ Ton}$$

### 2.4.2.1 Método $\beta$

#### Datos

Sección: 0,45 x 0,45 cm

L= 21,5 m

$\gamma = 1.98 \text{ T/m}^3$

$C_u = 3.2 \text{ T/m}^2$

$\phi = 12$

#### Solución:

$$Q_s = (1 - \text{sen}\phi)\tan\phi_R\sigma'_v p \Delta L \quad (1.31)$$

$$\sigma\sigma' = \frac{(0,98)(21,5)}{2} = 10,53 \text{ T/m}^2$$

$$Q_s = (1 - \text{sen}(12^\circ))(\tan 12^\circ)(10,53)(1,8)(21,5)$$

$$Q_s = 68,61 \text{ Ton}$$

Aplicando  $F_s = 2$ , se obtiene la capacidad de carga admisible:

$$Q_a = \frac{Q_u}{F_s} \quad (1.5)$$

$$Q_a = \frac{68,61 \text{ Ton}}{2}$$

$$Q_a = 34,30 \text{ Ton}$$

### 2.4.2.2 Método Aoki Velloso

Con los datos obtenidos del ensayo de penetración estándar colocamos los valores de N spt para cada tramo, el primer metro no se considera para este cálculo, Los valores K,  $\alpha$  y F2 se toman de las Tablas 1.10 y 1.11.

#### Datos

D = 45 cm

Lp= 21,5 m

F2= 3,5

Perímetro:

P = 4x0,45=1,8 m

L	Nspt	K	$\alpha$	Qs	Qs acumulada
1	0	200	0.06		0
2	2	200	0.06	1.10	1,23
3	4	200	0.06	2.19	3,7
4	3	200	0.06	1.65	5,55
5	4	200	0.06	2.19	8,02
6	4	200	0.06	2.19	10,49
7	5	200	0.06	2.74	13,58
8	6	200	0.06	3.29	17,28
9	7	200	0.06	3.84	21,6
10	12	200	0.06	6.58	29,01
11	6	200	0.06	3.29	32,71
12	7	200	0.06	3.84	37,03
13	11	200	0.06	6.03	43,82
14	15	200	0.06	8.23	53,07
15	19	200	0.06	10.42	64,8
16	23	200	0.06	12.62	78,99
17	21	200	0.06	11.52	91,95
18	18	200	0.06	9.87	103,06
19	18	200	0.06	9.87	114,17
20	18	200	0.06	9.87	125,28
21	16	200	0.06	8.78	135,15
22	15	200	0.06	8.23	144,41

Aplicando  $F_s = 2$ , se obtiene la capacidad de carga admisible:

$$Q_a = \frac{Q_u}{F_s} \quad (1.5)$$

$$Q_a = \frac{144,41 \text{ Ton}}{2}$$

$$Q_a = 72,21 \text{ Ton}$$

## CAPITULO III

### ANÁLISIS DE RESULTADOS

Se presenta el análisis de resultados de la capacidad de carga en pilotes de los proyectos: Intercambiador de tránsito, Cantón Manta, cuya estratigrafía de manera general está constituido por suelos arenosos; Puente Mejía, Cantón Portoviejo, cuya estratigrafía de manera general está constituido por suelos arcillosos; se analizan pilotes que tienen características similares, tales como: longitud, rechazo, valor  $N_{spt}$ , se establece criterios de selección apropiados que nos permitan obtener resultados óptimos, teniendo en cuenta que las formulas analíticas presentan un cierto grado de incertidumbre dependiendo de la confiabilidad de los datos, procesos, y demás factores tanto físicos, técnicos o humanos que puedan alterar la veracidad de los resultados, es recomendado aplicar factores de seguridad que permitan reducir la carga calculada de manera que represente un margen prudente ante solicitaciones de carga no previstas o inexactitudes en los valores utilizados para el cálculo, a esta capacidad de carga reducida se la conoce como capacidad de carga admisible y será a la que el elemento de fundación deberá trabajar durante su vida útil, de manera que se pueda prevenir y evitar fallas en la estructura.

En ambos proyectos de estudio se considera el valor referencial para la comparación del obtenido con la fórmula de hincada del método Delmag, y para los métodos teóricos se aplica combinaciones entre los métodos empleados para carga por punta y los de carga por fuste. De esta manera poder encontrar, mediante el análisis respectivo la que más se asemeje al método de Hincada.

#### **3.1 Comparación de resultados: Intercambiador de tránsito, Cantón Manta**

##### **Pila 03**

Esta pila está compuesta por 38 pilotes de los cuales se calcula la capacidad de carga en 28 pilotes que tienen una longitud total de 14 m, sección de 45x45 cm; al momento de la hincada registran longitudes de penetración de aproximadamente entre 9 y 12 metros, con un rango de rechazo de entre 28 y 31 golpes en los últimos 10 cm, valores que fueron obtenidos de los reportes de hincada (Anexo F1); del estudio geotécnico se obtiene los valores de  $N_{spt}$  los cuales están entre 26 y 28, valor que sirve de parámetro para el cálculo de la capacidad de carga del pilote.

Para obtener la capacidad de carga última se aplica el método dinámico Delmag, el cual para esta investigación se considera como valor referencial; en cuanto a los métodos estáticos se realizan combinaciones entre los cinco métodos utilizados para carga por punta y los tres utilizados para carga por fuste, obteniendo un total de 15 combinaciones, las cuales se representan mediante la simbología expresada en la Tabla 3.1, y se grafican en la Figura 3.1

Tabla 3.1 Combinaciones de Métodos estáticos para capacidad de carga en pilotes.

COMBINACIONES DE MÉTODOS ESTÁTICOS		
SIMBOLOGÍA	PUNTA	FRICCIÓN
M	MEYERHOF	MEYERHOF
Ms	MEYERHOF (SPT)	MEYERHOF
J-M	JANBU	MEYERHOF
C-M	COYLE Y CASTELLO	MEYERHOF
A-M	AOKI VELLOSO	MEYERHOF
M-C	MEYERHOF	COYLE Y CASTELLO
Ms-C	MEYERHOF (SPT)	COYLE Y CASTELLO
J-C	JANBU	COYLE Y CASTELLO
C	COYLE Y CASTELLO	COYLE Y CASTELLO
A-C	AOKI VELLOSO	COYLE Y CASTELLO
M-A	MEYERHOF	AOKI VELLOSO
Ms-A	MEYERHOF (SPT)	AOKI VELLOSO
J-A	JANBU	AOKI VELLOSO
C-A	COYLE Y CASTELLO	AOKI VELLOSO
A	AOKI VELLOSO	AOKI VELLOSO

Fuente: autor

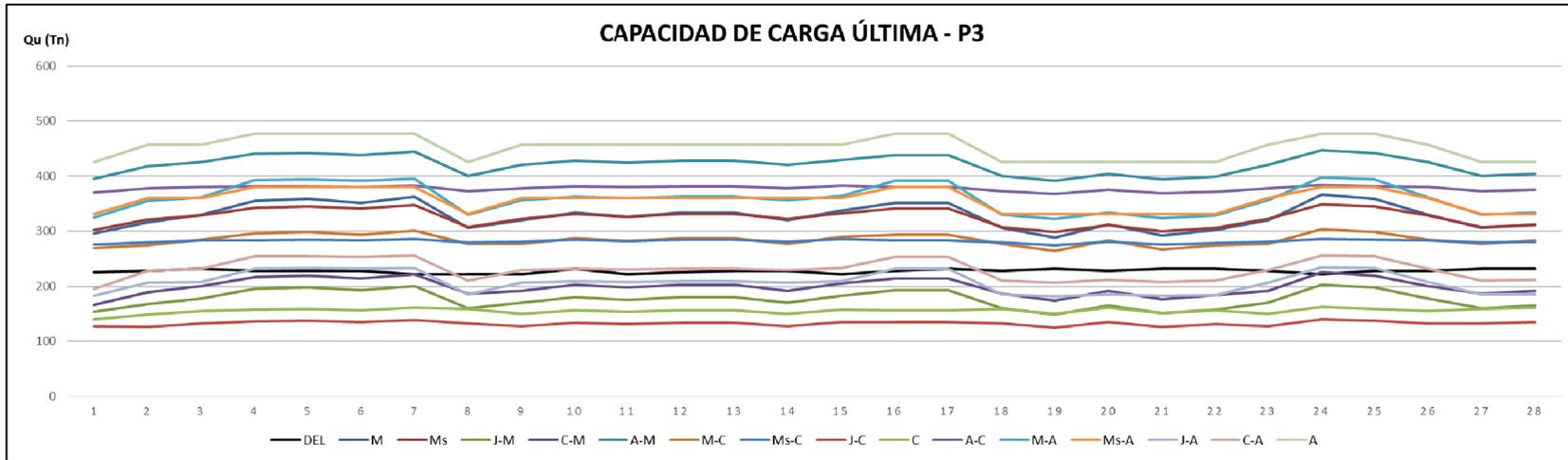


Figura 3.1 Capacidad de carga última en pilotes de la pila 3 (métodos combinados).

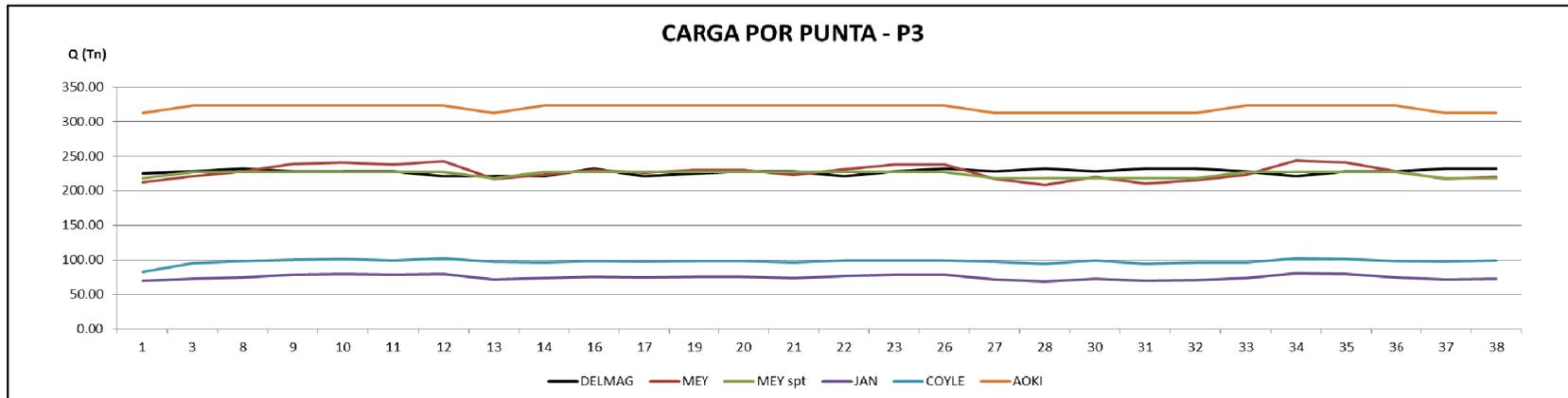


Figura 3.2 Capacidad de carga última por punta en pilotes de la pila 3

Los métodos estáticos expresan un rango de valores entre 480 y 120 Ton, alejados de los valores obtenidos con método Delmag, el cual tiene un rango de carga aproximadamente entre 221 y 232 Ton, lo que refleja una variación mínima.

Al trabajar estos pilotes en suelos arenosos con condiciones de compacidad media alta; el pilote trabaja exclusivamente a punta, por lo que, en el análisis en cuestión, no considera el trabajo a fricción, la Figura 3.2 muestra los valores obtenidos comparando únicamente la capacidad de carga por punta.

- ✚ El método dinámico Delmag presenta valores entre 221 y 232 Ton, es importante recordar que su ecuación se basa en datos del martillo empleado, características del pilotes y el rechazo al momento de la hincada, valores tomados del reporte de hincada anexo F-1, siendo todos los pilotes hincados con el mismo equipo (martillo Delmag D-30), y teniendo la misma longitud total 14 m, el parámetro variable es el rechazo es decir el número de golpes necesarios para penetrar los últimos 10 cm. Para calcular la carga admisible con este método recomiendan utilizar un factor de seguridad de 2, lo que al aplicarlo nos da valores de carga admisible de entre 110 y 115 Ton.
- ✚ El Método Aoki Velloso basado en  $N_{spt}$  y las características del suelo, arroja valores entre 312 y 324 Ton, superiores al método Delmag, al aplicar un factor de seguridad de 3, se obtiene valores de capacidad de carga admisible entre 104 y 108 Ton.
- ✚ El método Meyerhof en su forma general, presenta valores de carga última entre 208 y 244 Ton, cercano a los valores del método Delmag, al momento de calcular la capacidad de carga admisible se considera un factor de seguridad de 2 con lo que se obtienen valores de carga admisible entre 104 y 122 Ton.
- ✚ El método Meyerhof utilizando el número de penetración estándar  $N_{spt}$ , presenta valores de carga última entre 218 y 226 Ton, al momento de calcular la capacidad de carga admisible se considera un factor de seguridad de 2 con lo que obtiene valores de carga admisible entre 109 y 113 Ton.
- ✚ El método Janbu presenta valores de carga entre 69 y 81 Ton, resultan bajos en comparación con los datos obtenidos con el método Delmag; por lo tanto, para lograr que los resultados se aproximen a los valores de Delmag, se debe dividir para aproximadamente 0.6, pero este valor ya no se considera un factor de seguridad, por el

contrario funciona como factor de mayoración porque logra que la carga aumente, con lo cual para el presente análisis no aplica.

- ✚ El método Coyle y Castello presenta valores de carga entre 83 y 103 Ton, al igual que el método anterior resultan bajos en comparación con el método Delmag, por lo tanto, para lograr que los resultados se aproximen a los valores de Delmag, se debe dividir para aproximadamente 0.8, pero este valor no se considera un factor de seguridad, por el contrario funcionaria como un factor de mayoración porque logra que la carga aumente, con lo cual para el presente análisis no aplica

A continuación se presenta la Figura 3.3 donde se establece la capacidad de carga admisible aplicando el método Meyerhof por punta, en sus versiones general y spt, por ser estos los métodos que resultan más cercanos a los valores obtenidos con la fórmula de hinca, cabe recordar que el factor de seguridad utilizado fue el mismo que para el método Delmag, es decir  $F_s=2$ .

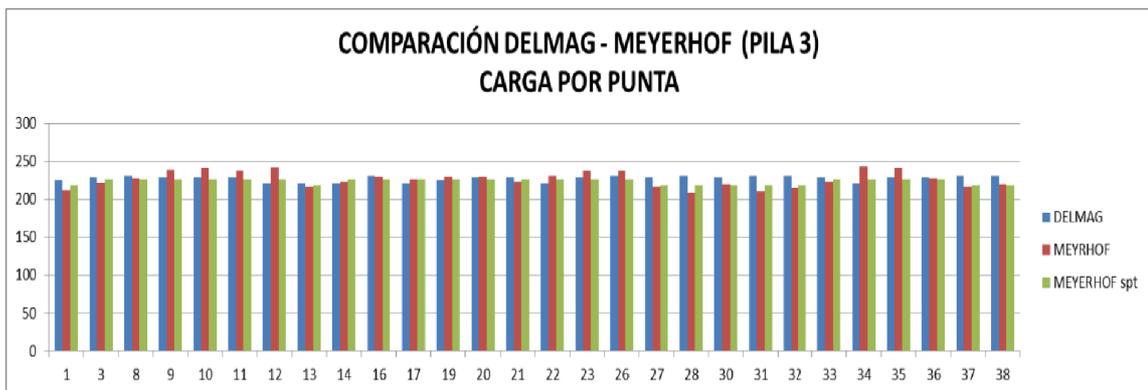


Figura 3.3 Comparación entre Método Delmag y Métodos Meyerhof en pila 3.

### **Pila 05**

Se calcula la capacidad de carga en 37 pilotes que tienen una longitud total de 13 m, sección de 45x45 cm; al momento de la hinca registran longitudes de penetración de aproximadamente entre 9.5 y 10.5 metros, con un rango de rechazo de entre 26 y 32 golpes en los últimos 10 cm, valores que fueron obtenidos de los reportes de hinca (Anexo F-2); del estudio geotécnico se obtiene los valores de  $N_{spt}$  los cuales están entre 25 y 27, valor que sirve de parámetro para el cálculo de la capacidad de carga del pilote.

Para obtener la capacidad de carga última se aplica el método dinámico Delmag, el cual para esta investigación se considera como valor referencial; en cuanto a los métodos estáticos se realizan combinaciones entre los cinco métodos utilizados para carga por punta y los tres utilizados para carga por fuste, obteniendo un total de 15 combinaciones, cuya simbología fue representada en la Tabla 3.1, y se grafican en la Figura 3.4.

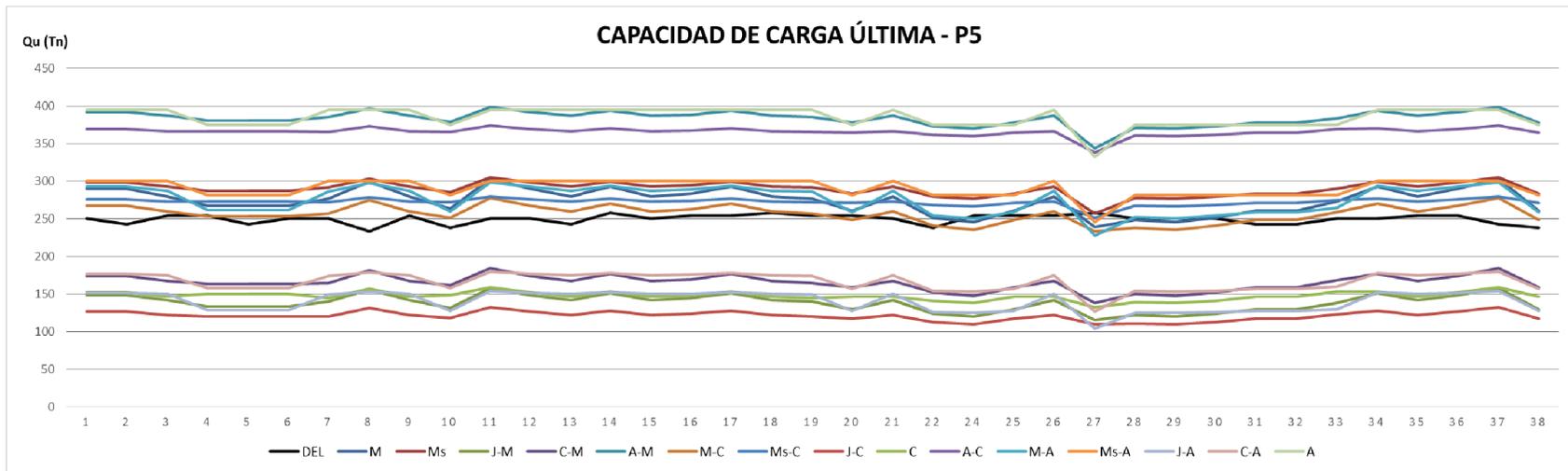


Figura 3.4 Capacidad de carga última en pilotes de la pila 5 (métodos combinados)

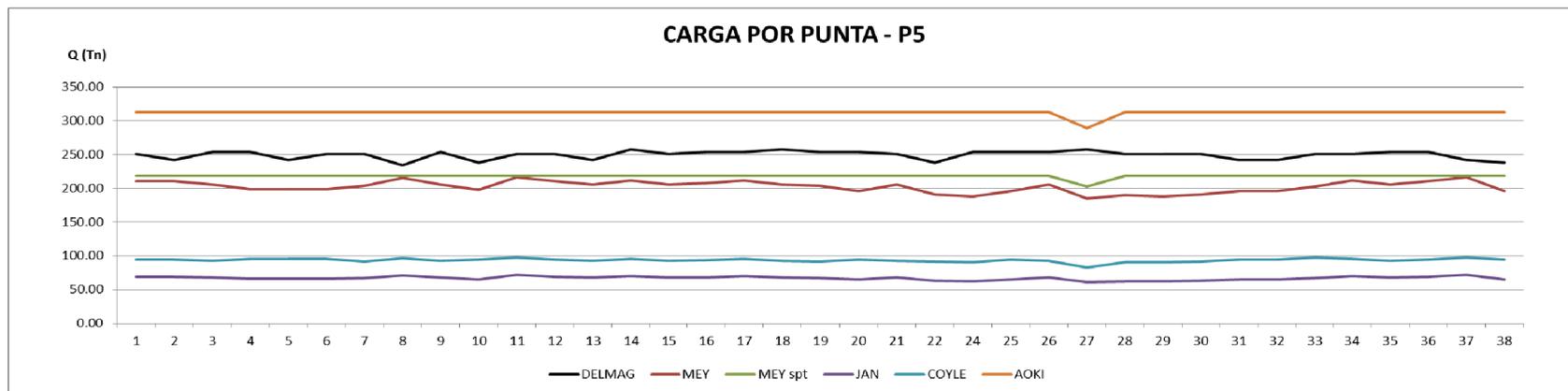


Figura 3.5 Capacidad de carga última por punta en pilotes de la pila 5

Los métodos estáticos expresan un rango de valores entre 400 y 120 Ton, alejados de los valores obtenidos con método Delmag, el cual tiene un rango de carga aproximadamente entre 257 y 233 Ton.

Al trabajar estos pilotes en suelos arenosos con condiciones de compacidad media alta; el pilote trabaja exclusivamente a punta, por lo que, en el análisis en cuestión, no considera el trabajo a fricción, la Figura 3.5 muestra los valores obtenidos comparando únicamente la capacidad de carga por punta.

- ✚ El método dinámico Delmag presenta rango de valores entre 257 y 233 Ton, es importante recordar que su ecuación se basa en datos del martillo empleado, características del pilotes y el rechazo al momento de la hincada, valores tomados del reporte de hincada anexo F-2, siendo todos los pilotes hincados con el mismo equipo (martillo Delmag D-30), y teniendo la misma longitud total 13 m, el parámetro variable es el rechazo es decir el número de golpes necesarios para penetrar los últimos 10 cm. Para calcular la carga admisible con este método recomiendan utilizar un factor de seguridad de 2, lo que al aplicarlo nos da valores de carga admisible de entre 128 y 116 Ton.
- ✚ El Método Aoki Velloso basado en  $N_{spt}$  y las características del suelo, arroja valores entre 289 y 312 Ton, superiores al método Delmag, al aplicar un factor de seguridad de 3, se obtiene valores de capacidad de carga admisible entre 124 y 115 Ton.
- ✚ El método Meyerhof en su forma general, presenta valores de carga última entre 184 y 216 Ton, al momento de calcular la capacidad de carga admisible se considera un factor de seguridad de 1.8 con lo que se obtienen valores de carga admisible entre 102 y 120 Ton.
- ✚ El método Meyerhof utilizando el número de penetración estándar  $N_{spt}$ , presenta valores de carga última entre 202 y 218 Ton, al momento de calcular la capacidad de carga admisible se considera un factor de seguridad de 1.8 con lo que obtiene valores de carga admisible entre 112 y 122 Ton.
- ✚ El método Janbu presenta valores de carga entre 60 y 71 Ton, resultan bajos en comparación con los datos obtenidos con el método Delmag; por lo tanto, para lograr que los resultados se aproximen a los valores de Delmag, se debe dividir para

aproximadamente 0.6, pero este valor ya no se considera un factor de seguridad, por el contrario funciona como factor de mayoración porque logra que la carga aumente, con lo cual para el presente análisis no aplica.

- El método Coyle y Castello presenta valores de carga entre 83 y 97 Ton, al igual que el método anterior resultan bajos en comparación con el método Delmag, por lo tanto, para lograr que los resultados se aproximen a los valores de Delmag, se debe dividir para aproximadamente 0.8, pero este valor no se considera un factor de seguridad, por el contrario funcionaria como un factor de mayoración porque logra que la carga aumente, con lo cual para el presente análisis no aplica

A continuación se presenta la Figura 3.6 donde se establece la capacidad de carga admisible aplicando el método Meyerhof por punta, en sus versiones general y spt, por ser estos los métodos que resultan más cercanos a los valores obtenidos con la fórmula de hinca, cabe recordar que el factor de seguridad utilizado es decir 1.8.

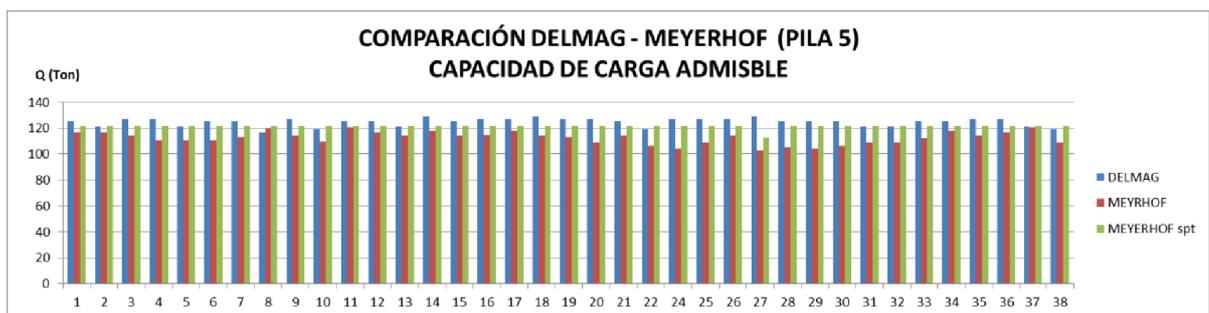


Figura 3.6 Comparación entre Método Delmag y Métodos Meyerhof en pila 5.

## **Pila 06**

Se calcula la capacidad de carga en 37 pilotes que tienen una longitud total de 13 m, sección de 45x45 cm; al momento de la hinca registran longitudes de penetración de aproximadamente entre 9 y 11 metros, con un rango de rechazo de entre 26 y 31 golpes en los últimos 10 cm, valores que fueron obtenidos de los reportes de hinca (Anexo F-3); del mismo modo, del estudio geotécnico se obtiene los valores de  $N_{spt}$  los cuales están entre 27 y 30.

Para obtener la capacidad de carga última se aplica el método dinámico Delmag; en cuanto a los métodos estáticos se realizan combinaciones entre los cinco métodos utilizados para carga por punta y los tres utilizados para carga por fuste, obteniendo un total de 15 combinaciones, las cuales se representan mediante la simbología expresada en la Tabla 3.1, y se grafican en la Figura 3.7.

Los métodos estáticos expresan un rango de valores entre 450 y 140 Ton, alejados de los valores obtenidos con método Delmag, el cual tiene un rango de carga aproximadamente entre 254 y 233 Ton.

Al trabajar estos pilotes en suelos arenosos con condiciones de compacidad media alta; el pilote trabaja exclusivamente a punta, por lo que, en el análisis en cuestión, no considera el trabajo a fricción, la figura 3.8 muestra los valores obtenidos comparando únicamente la capacidad de carga por punta.

- ✚ El método dinámico Delmag presenta rango de valores entre 233 y 254 Ton, para calcular la carga admisible con este método recomiendan utilizar un factor de seguridad de 2, lo que al aplicarlo nos da valores de carga admisible de entre 116 y 127 Ton.
- ✚ El Método Aoki Velloso basado en  $N_{spt}$  y las características del suelo, arroja valores entre 312 y 347 Ton, superiores al método Delmag, al aplicar un factor de seguridad de 3, se obtiene valores de capacidad de carga admisible entre 104 y 115 Ton.
- ✚ El método Meyerhof en su forma general, presenta valores de carga última entre 214 y 244 Ton, cercano a los valores del método Delmag, al momento de calcular la capacidad de carga admisible se considera un factor de seguridad de 2 con lo que se obtienen valores de carga admisible entre 107 y 122 Ton.
- ✚ El método Meyerhof utilizando el número de penetración estándar  $N_{spt}$ , presenta valores de carga última entre 218 y 243 Ton, al momento de calcular la capacidad de carga admisible se considera un factor de seguridad de 2 con lo que obtiene valores de carga admisible entre 109 y 121.5 Ton.

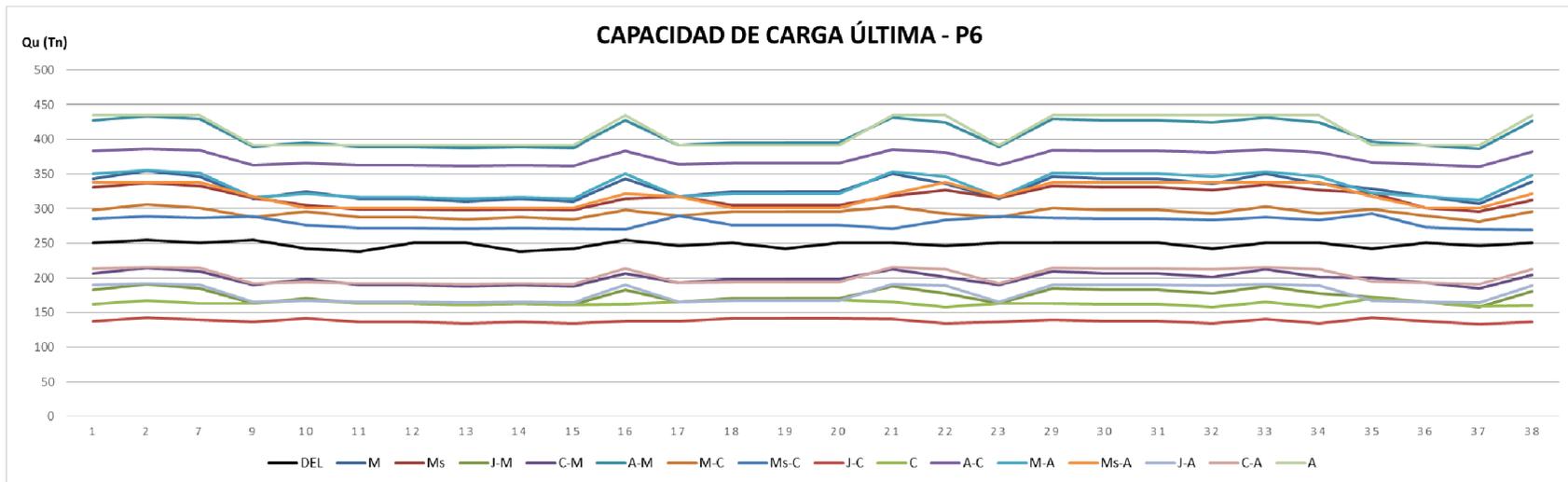


Figura 3.7 Capacidad de carga última en pilotes de la pila 6 (métodos combinados).

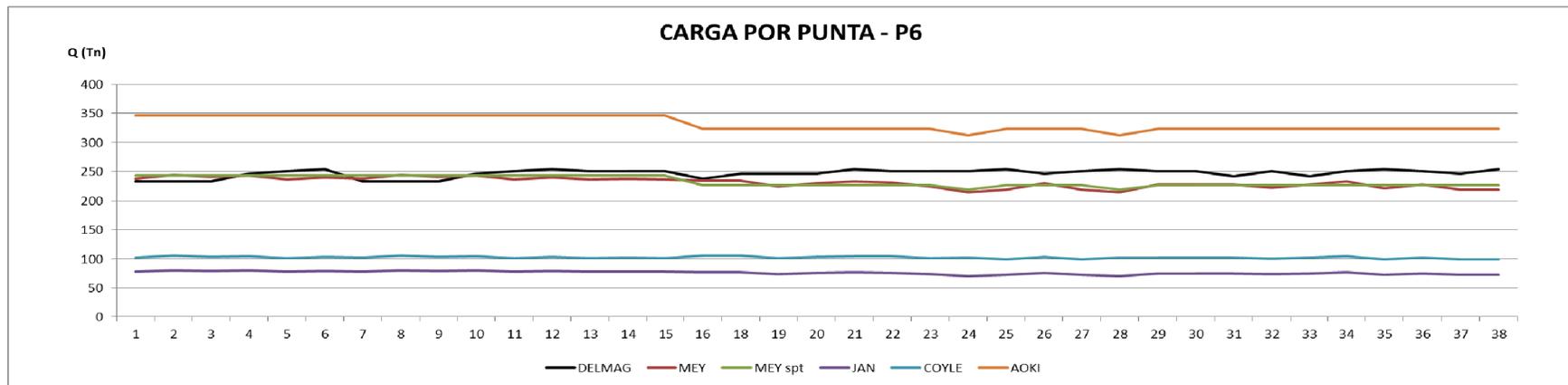


Figura 3.8 Capacidad de carga última por punta en pilotes de la pila 6.

- ✚ El método Janbu presenta valores de carga entre 71 y 81 Ton, resultan bajos en comparación con los datos obtenidos con el método Delmag; por lo tanto, para lograr que los resultados se aproximen a los valores de Delmag, se debe dividir para aproximadamente 0.6, pero este valor ya no se considera un factor de seguridad, por el contrario funciona como factor de mayoración porque logra que la carga aumente, con lo cual para el presente análisis no aplica.
- ✚ El método Coyle y Castello presenta valores de carga entre 123 y 131 Ton, para lograr que los resultados se aproximen a los valores de Delmag, se debe dividir para aproximadamente 0.8, pero este valor no se considera un factor de seguridad, por el contrario funcionaria como un factor de mayoración porque logra que la carga aumente, con lo cual para el presente análisis no aplica.

A continuación se presenta la Figura 3.9 donde se establece la capacidad de carga admisible aplicando el método Meyerhof por punta, en sus versiones general y spt, por ser estos los métodos que resultan más cercanos a los valores obtenidos con la fórmula de hinca, cabe recordar que el factor de seguridad utilizado fue el mismo que para el método Delmag, es decir  $F_s=2$ .

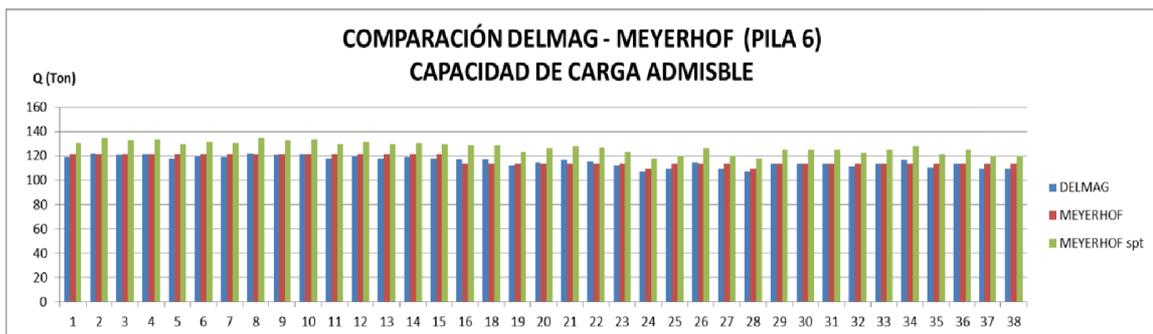


Figura 3.9 Comparación entre Método Delmag y Métodos Meyerhof en pila 6.

### **Pila 07**

Esta pila está compuesta por 38 pilotes de los cuales se calcula la capacidad de carga en 28 pilotes que tienen una longitud total de 13 m, sección de 45x45 cm; al momento de la hinca registran longitudes de penetración de aproximadamente entre 9.8 y 11.10 metros, con un rango de rechazo de entre 27 y 31 golpes en los últimos 10 cm, valores que fueron

obtenidos de los reportes de hinca (Anexo F-4); del estudio geotécnico se obtiene los valores de  $N_{spt}$  los cuales están entre 26 y 28.

Para obtener la capacidad de carga última se aplica el método dinámico Delmag, el cual para esta investigación se considera valor referencial; en cuanto a los métodos estáticos se realizan combinaciones entre los cinco métodos utilizados para carga por punta y los tres utilizados para carga por fuste, obteniendo un total de 15 combinaciones, las cuales se representan mediante la simbología expresada en la Tabla 3.1, y se grafican en la Figura 3.10.

Los métodos estáticos expresan un rango de valores entre 480 y 120 Ton, alejados del valor referencial (método Delmag), el cual tiene un rango de carga aproximadamente entre 220 y 230 Ton, su variación es mínima.

Al trabajar estos pilotes en suelos arenosos con condiciones de compacidad media alta; el pilote trabaja exclusivamente a punta, por lo que, en el análisis en cuestión, no considera el trabajo a fricción, la figura 3.11 muestra los valores obtenidos comparando únicamente la capacidad de carga por punta.

- ✚ El método dinámico Delmag presenta rango de valores entre 238 y 254 Ton, el parámetro variable es el rechazo es decir el número de golpes necesarios para penetrar los últimos 10 cm. Para calcular la carga admisible con este método recomiendan utilizar un factor de seguridad de 2, lo que al aplicarlo nos da valores de carga admisible de entre 119 y 127 Ton.
- ✚ El Método Aoki Velloso basado en  $N_{spt}$  y las características del suelo, arroja valores entre 300 y 324 Ton, superiores al método Delmag, al aplicar un factor de seguridad de 2.5, se obtiene valores de capacidad de carga admisible entre 120 y 130 Ton.
- ✚ El método Meyerhof en su forma general, presenta valores de carga última entre 222 y 244 Ton, cercano a los valores del método Delmag, al momento de calcular la capacidad de carga admisible se considera un factor de seguridad de 2 con lo que se obtienen valores de carga admisible entre 110 y 122 Ton.

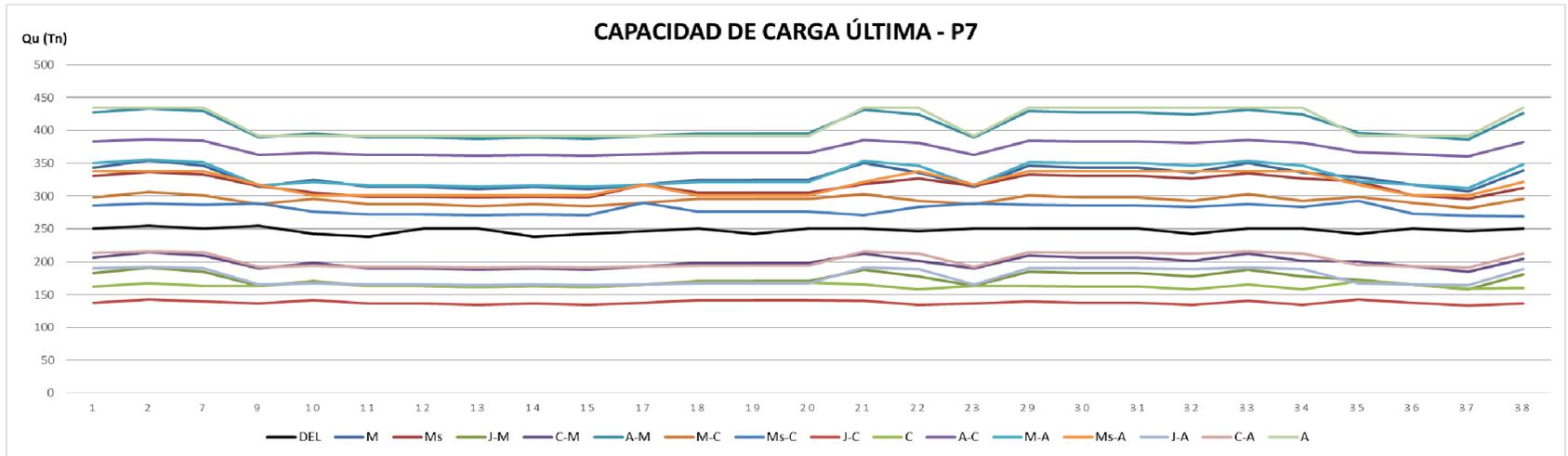


Figura 3.10 Capacidad de carga última en pilotes de la pila 7 (métodos combinados).

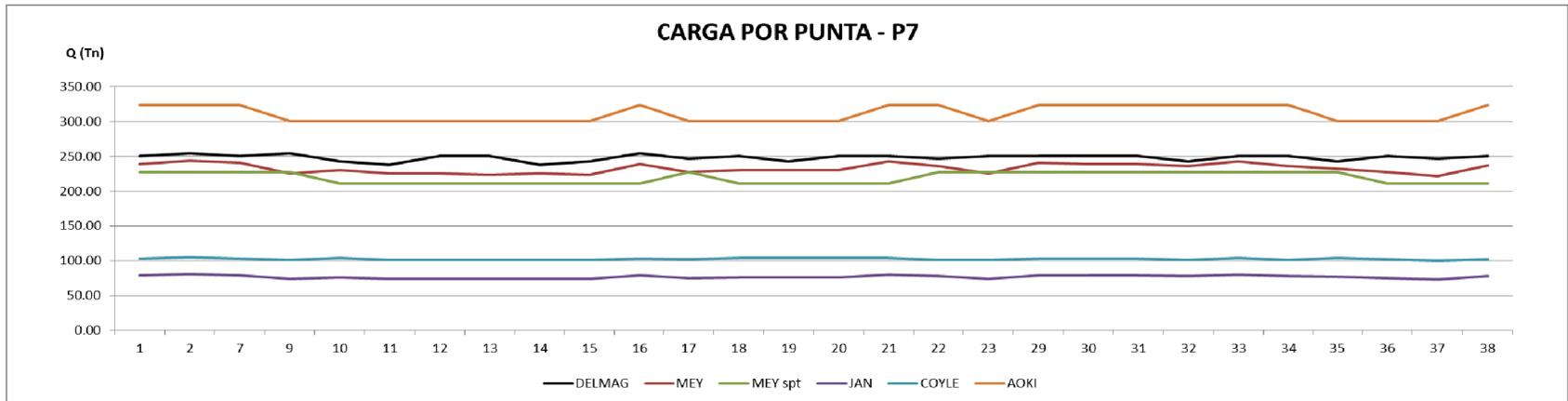


Figura 3.11 Capacidad de carga última por punta en pilotes de la pila 7.

- ✚ El método Meyerhof utilizando el número de penetración estándar  $N_{spt}$ , presenta valores de carga última entre 210 y 226 Ton, al momento de calcular la capacidad de carga admisible se considera un factor de seguridad de 1.8 con lo que obtiene valores de carga admisible entre 117 y 126 Ton.
- ✚ El método Janbu presenta valores de carga entre 73 y 81 Ton, resultan bajos en comparación con los datos obtenidos con el método Delmag; por lo tanto, para lograr que los resultados se aproximen a los valores de Delmag, se debe dividir para aproximadamente 0.6, pero este valor ya no se considera un factor de seguridad, por el contrario funciona como factor de mayoración porque logra que la carga aumente, con lo cual para el presente análisis no aplica.
- ✚ El método Coyle y Castello presenta valores de carga entre 99 y 104 Ton, al igual que el método anterior resultan bajos en comparación con el método Delmag, por lo tanto, para lograr que los resultados se aproximen a los valores de Delmag, se debe dividir para aproximadamente 0.8, pero este valor no se considera un factor de seguridad, por el contrario funcionaria como un factor de mayoración porque logra que la carga aumente, con lo cual para el presente análisis no aplica

A continuación se presenta la figura 3.12 donde se establece la capacidad de carga admisible aplicando el método Meyerhof por punta, en sus versiones general con factor de seguridad de 2; y utilizando spt, con un factor de seguridad de 1.8, por ser estos los métodos que resultan más cercanos a los valores obtenidos con la fórmula de hinca.

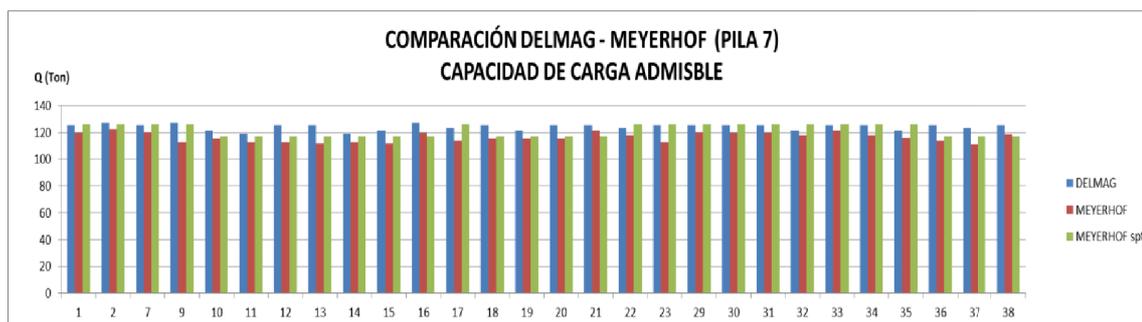


Figura 3.12 Comparación entre Método Delmag y Métodos Meyerhof en pila 7.

### **Pila 08**

Esta pila está compuesta por 38 pilotes de los cuales se calcula la capacidad de carga en 34 pilotes que tienen una longitud total de 13 m, sección de 45x45 cm; al momento de la hinca registran longitudes de penetración de aproximadamente entre 9,5 y 12 metros, con un rango de rechazo entre 28 y 31 golpes en los últimos 10 cm, valores que fueron obtenidos de los reportes de hinca (Anexo F-5); del mismo modo, del estudio geotécnico se obtiene los valores de  $N_{spt}$  los cuales están entre 28 y 31, valor que sirve de parámetro para el cálculo de la capacidad de carga del pilote.

Para obtener la capacidad de carga última se aplica el método dinámico Delmag, el cual para esta investigación se considera valor referencial; en cuanto a los métodos estáticos se realizan combinaciones entre los cinco métodos utilizados para carga por punta y los tres utilizados para carga por fuste, obteniendo un total de 15 combinaciones, las cuales se representan mediante la simbología expresada en la Tabla 3.1, y se grafican en la Figura 3.13.

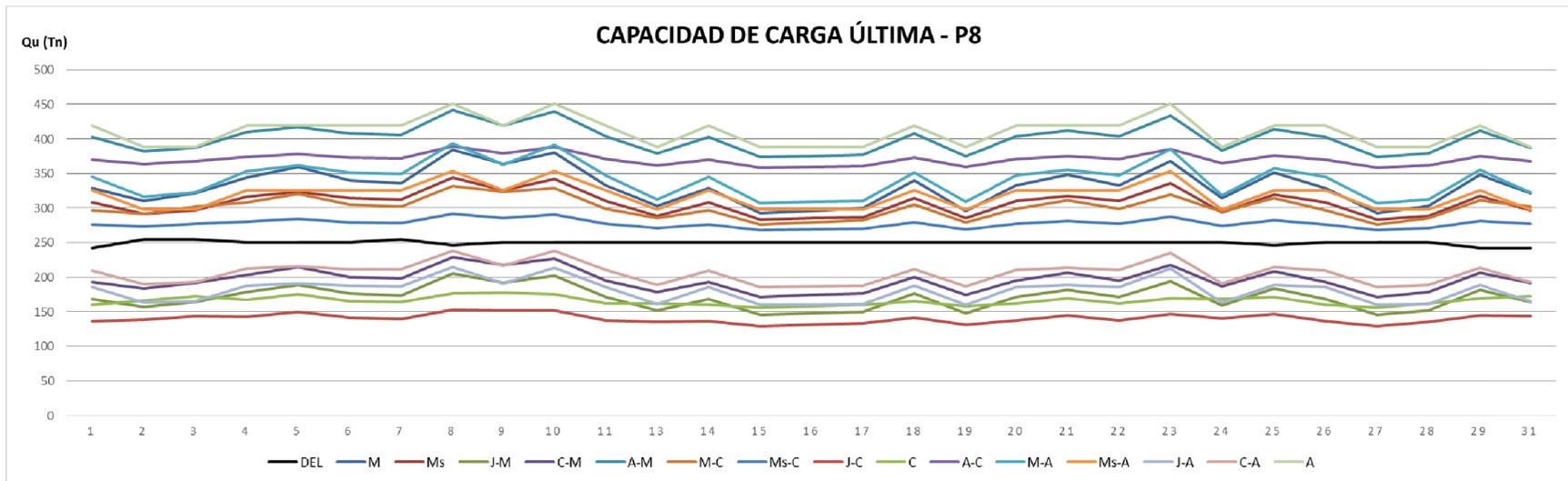


Figura 3.13 Capacidad de carga última en pilotes de la pila 8 (métodos combinados).

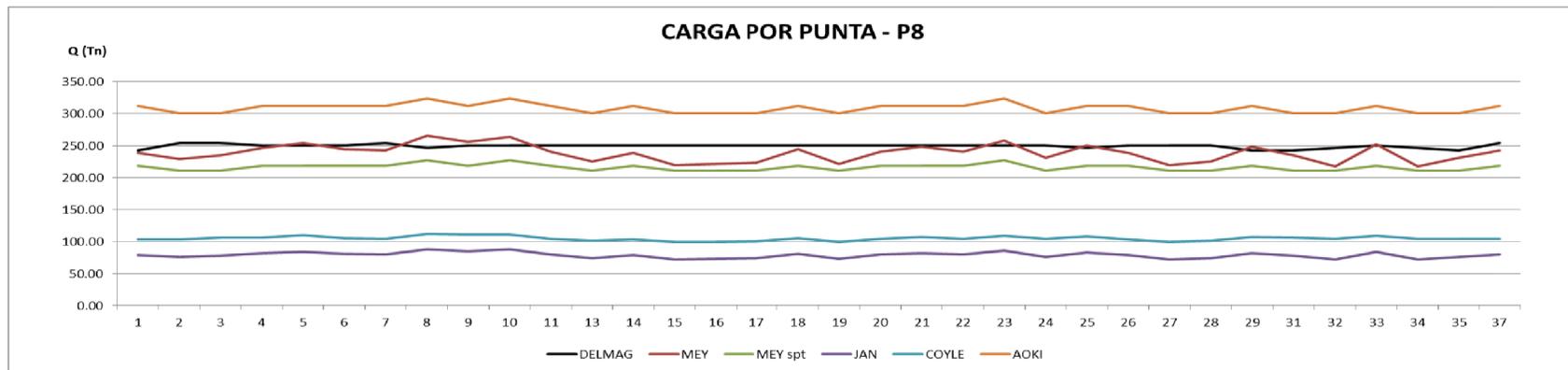


Figura 3.14 Capacidad de carga última por punta en pilotes de la pila 8.

Los métodos estáticos expresan un rango de valores entre 450 y 130 Ton, alejados de los valores obtenidos con método Delmag, el cual tiene un rango de carga aproximadamente entre 242 y 254 Ton.

Al trabajar estos pilotes en suelos arenosos con condiciones de compacidad media alta; el pilote trabaja exclusivamente a punta, por lo que, en el análisis en cuestión, no considera el trabajo a fricción, la Figura 3.14 muestra los valores obtenidos comparando únicamente la capacidad de carga por punta, y del cual se hace el siguiente análisis:

- ✚ El método dinámico Delmag presenta rango de valores entre 242 y 254 Ton, para calcular la carga admisible con este método recomiendan utilizar un factor de seguridad de 2, lo que al aplicarlo nos da valores de carga admisible de entre 122 y 127 Ton.
- ✚ El Método Aoki Velloso basado en  $N_{spt}$  y las características del suelo, arroja valores entre 308 y 324 Ton, superiores al método Delmag, al aplicar un factor de seguridad de 2.5, se obtiene valores de capacidad de carga admisible entre 120 y 129 Ton.
- ✚ El método Meyerhof en su forma general, presenta valores de carga última entre 217 y 266 Ton, al calcular la capacidad de carga admisible se considera un factor de seguridad de 2 con lo que se obtienen valores de carga admisible entre 108.76 y 133 Ton.
- ✚ El método Meyerhof utilizando el número de penetración estándar  $N_{spt}$ , presenta valores de carga última entre 210 y 226 Ton, al momento de calcular la capacidad de carga admisible se considera un factor de seguridad de 1.8 con lo que obtiene valores de carga admisible entre 117 y 126 Ton.
- ✚ El método Janbu presenta valores de carga entre 71 y 88 Ton, resultan bajos en comparación con los datos obtenidos con el método Delmag; por lo tanto, para lograr que los resultados se aproximen a los valores de Delmag, se debe dividir para aproximadamente 0.6, pero este valor ya no se considera un factor de seguridad, por el contrario funciona como factor de mayoración porque logra que la carga aumente, con lo cual para el presente análisis no aplica.
- ✚ El método Coyle y Castello presenta valores de carga entre 99 y 111 Ton, al igual que el método anterior resultan bajos en comparación con el método Delmag, por lo tanto, para el presente análisis no aplica.

En la Figura 3.15 se expresa la capacidad de carga admisible aplicando el método Meyerhof por punta, en sus versiones general con factor de seguridad de 2; y spt con factor de seguridad 1.8, estos métodos son los más cercanos a los valores obtenidos con la fórmula de hinca.

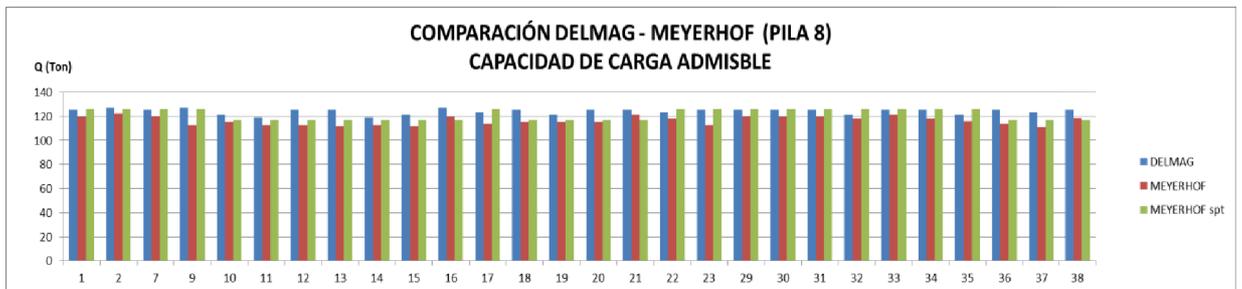


Figura 3.15 Comparación entre Método Delmag y Métodos Meyerhof en pila 8.

### **Pila 09**

Esta pila está compuesta por 37 pilotes de los cuales se calcula la capacidad de carga en 34 que tienen una longitud total de 13 m, sección de 45x45 cm; al momento de la hinca registran longitudes de penetración de aproximadamente entre 9,5 y 11 metros, con un rango de rechazo de entre 28 y 30 golpes en los últimos 10 cm, valores que fueron obtenidos de los reportes de hinca (Anexo F-6); del estudio geotécnico se obtiene el valor de  $N_{spt}$  que para estos pilotes es de 27.

La Figura 3.16 muestra la capacidad de carga última aplicando el método dinámico Delmag, más 15 combinaciones entre los diversos métodos estáticos estudiados.

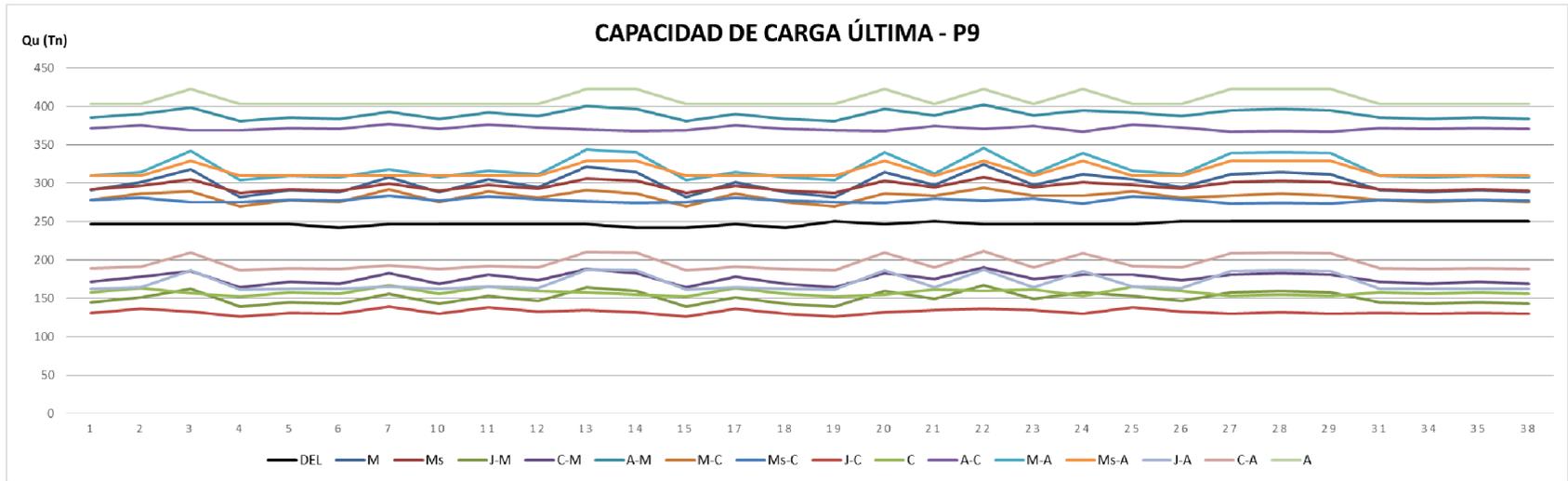


Figura 3.16 Capacidad de carga última en pilotes de la pila 9 (métodos combinados).

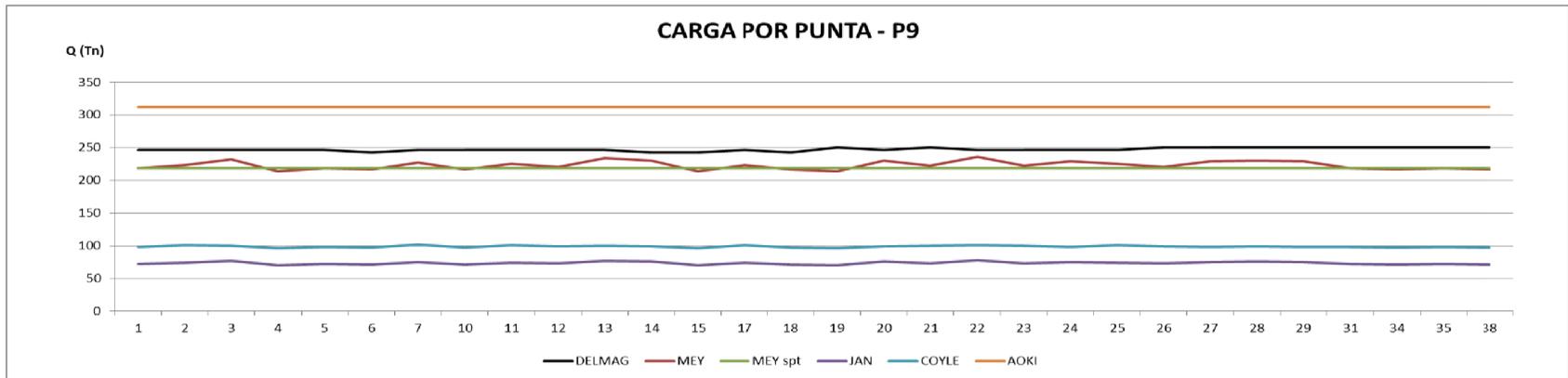


Figura 3.17 Capacidad de carga última por punta en pilotes de la pila 9.

Los métodos estáticos combinados expresan valores entre 130 y 430 Ton, el valor referencial (método Delmag), es aproximadamente 250 Ton.

Al trabajar estos pilotes en suelos arenosos con condiciones de compacidad media alta; el pilote trabaja exclusivamente a punta, por lo que, en el análisis en cuestión, no considera el trabajo a fricción, la Figura 3.17 muestra los valores obtenidos comparando únicamente la capacidad de carga por punta.

- ✚ El método dinámico Delmag presenta rango de valores entre 242 y 250 Ton, para calcular la carga admisible con este método recomiendan utilizar un factor de seguridad de 2, lo que al aplicarlo nos da valores de carga admisible de entre 121 y 125 Ton.
- ✚ El Método Aoki Velloso, al tener todos los pilotes el mismo valor de  $N_{spt}$ , el cual es 27, da como resultado la misma capacidad de carga en todos los pilotes cuyo valor es 312 Ton, por esta razón en la figura 3.17 este método aparece como una recta; aplicando un factor de seguridad de 2.5, se obtiene capacidad de carga admisible de 125 Ton.
- ✚ El método Meyerhof en su forma general, presenta valores de carga última entre 213 y 235 Ton, al calcular la capacidad de carga admisible se considera un factor de seguridad de 1,8 con lo que se obtienen valores de carga admisible entre 118 y 130 Ton.
- ✚ El método Meyerhof utilizando el número de penetración estándar  $N_{spt}$ , presenta valor de carga última de 218,7 Ton para todos los pilotes, al momento de calcular la capacidad de carga admisible se considera un factor de seguridad de 1.8 con lo que obtiene valores de carga admisible de 121.5 Ton.
- ✚ El método Janbu presenta valores de carga entre 70 y 77 Ton, resultan bajos en comparación con los datos obtenidos con el método Delmag; por lo tanto, el presente análisis no aplica.
- ✚ El método Coyle y Castello presenta valores de carga entre 96 y 102 Ton, al igual que el método anterior resultan bajos en comparación con el método Delmag, con lo cual para el presente análisis no aplica

A continuación se presenta la Figura 3.18 donde se establece la capacidad de carga admisible aplicando el método Meyerhof por punta, en sus versiones general y spt, por ser

estos los métodos que resultan más cercanos a los valores obtenidos con la fórmula de hincas.

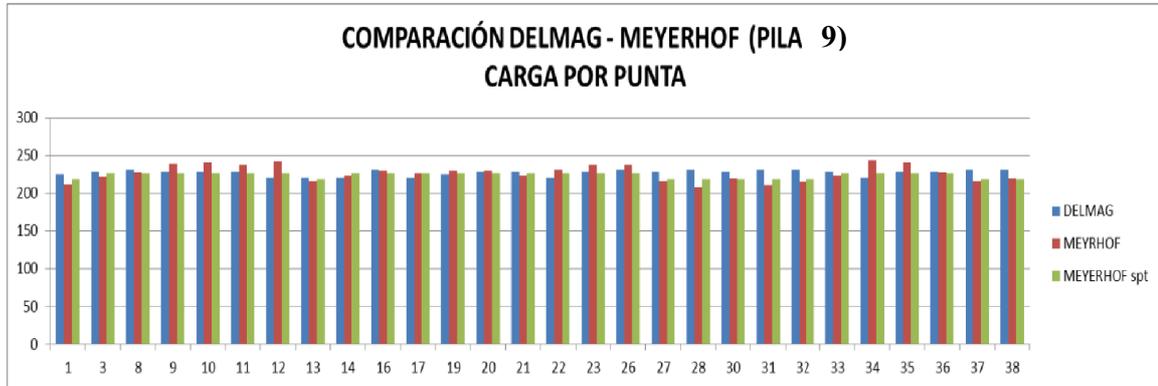


Figura 3.18 Comparación entre Método Delmag y Métodos Meyerhof en pila 9.

### 3.2 Comparación de resultados: Puente Mejía, Cantón Portoviejo

Para este análisis se considera el margen izquierdo, en el cual se calcula la capacidad de carga admisible en 19 pilotes que tienen una longitud fabricada de 25 m, sección de 45x45 cm; al momento de la hincas registran longitudes de penetración entre 20 y 22,5 metros, con un rango de rechazo de entre 19 y 24 golpes en los últimos 10 cm, valores que fueron obtenidos de los reportes de hincas (Anexo I); del estudio geotécnico se obtiene los valores de  $N_{spt}$  los cuales están entre 15 y 18, valor que sirve de parámetro para el cálculo de la capacidad de carga del pilote.

Para obtener la capacidad de carga última se aplica el método dinámico Delmag, el cual para esta investigación se considera como valor referencial; en cuanto a los métodos estáticos se realizan combinaciones entre los dos métodos utilizados para carga por punta y los cuatro utilizados para carga por fuste, obteniendo un total de 8 combinaciones, las cuales sus valores de representan en la Figura 3.19.

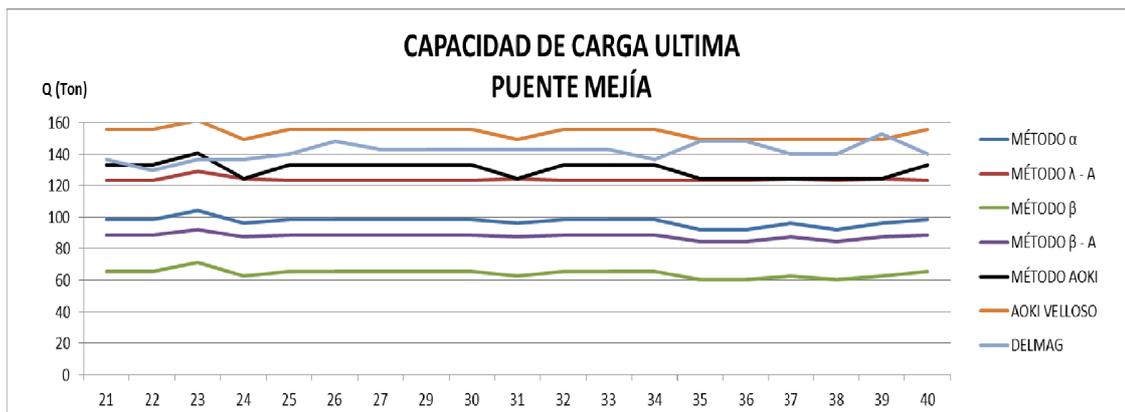


Figura 3.19 Capacidad de carga última en pilotes de Puente Mejía.

La combinaciones de métodos estáticos expresan un rango de valores entre 65,23 y 185,45 Ton. La carga última por punta utilizando la fórmula general es igual para todos los pilotes y su valor es 5, 85 Ton, mientras que con el método Aoki Velloso es aproximadamente 32,40 Ton, al dividir este valor para el factor de seguridad se obtiene una capacidad de carga admisible de 16,2 Ton, lo que resulta un aporte mínimo para la capacidad de carga total, por tal motivo se considera que al trabajar estos pilotes en suelos arcillosos el mayor aporte lo realiza la fricción, en la figura 3.20 se muestran los valores considerando exclusivamente la carga por fricción:

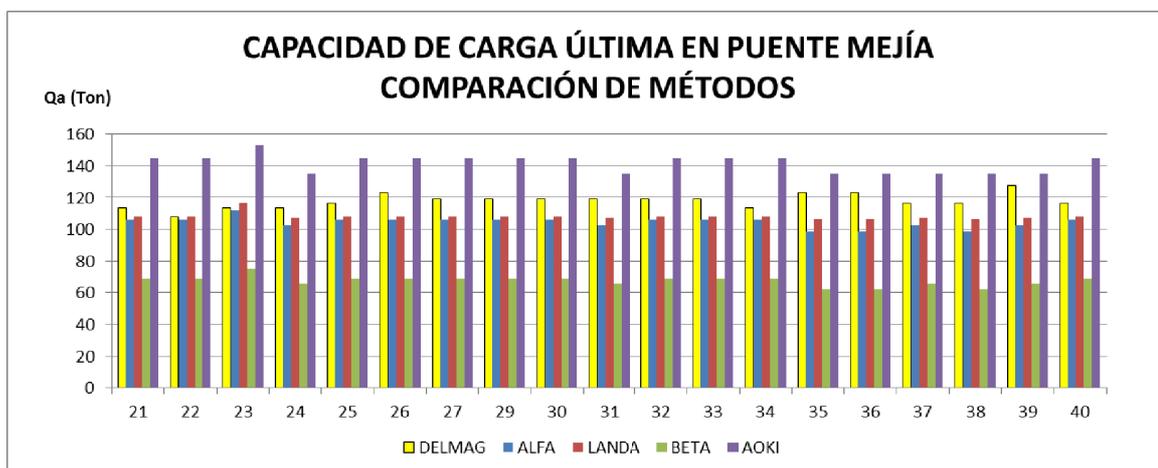
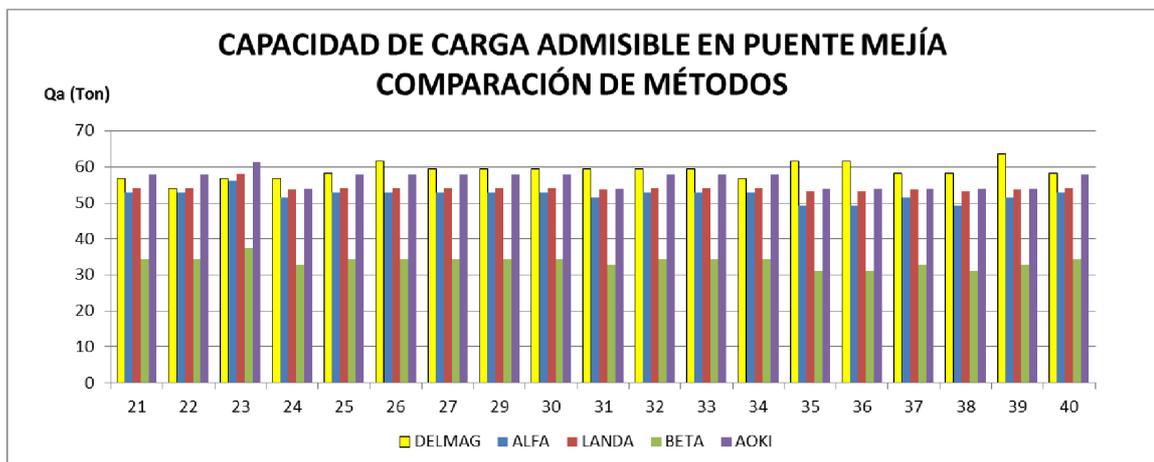


Figura 3.20 Capacidad de carga última por fricción en pilotes Puente Mejía.

El método dinámico Delmag presenta valores entre 118,29 y 127,3 Ton, es importante recordar que su ecuación se basa en datos del martillo empleado, todos los pilotes se hincaron con martillo Delmag D-30, y tienen la misma longitud de construcción de 25 m, el

parámetro variable es el rechazo 18 y 24, se obtiene del Anexo I. Para calcular la carga admisible con este método recomiendan utilizar un factor de seguridad de 2, lo que al aplicarlo da valores de carga admisible entre 59,15 y 63,65 Ton.

- ✚ El método  $\alpha$ , presenta valores de carga última entre 103,92 y 112,10 Ton, cercano a los valores del método Delmag, al momento de calcular la capacidad de carga admisible se aplicando un factor de seguridad de 2 se obtienen valores de carga admisible entre 51.96 y 56,05 Ton.
- ✚ El método  $\lambda$  presenta valores de carga última entre 107,93 y 116,44 Ton, al momento de calcular la capacidad de carga admisible se considera un factor de seguridad de 2 con lo que obtiene valores de carga admisible entre 53,97 y 58,22 Ton.
- ✚ El método  $\beta$  presenta valores de carga entre 66,94 y 75,18 Ton, resultan bajos en comparación con los datos obtenidos con el método Delmag, se debería aplicar un factor de seguridad 1,25, para alcance los valores deseados, pero este Fs es inferior a los recomendados para cimentaciones con pilotes.
- ✚ El Método Aoki Velloso basado en  $N_{spt}$  y las características del suelo, arroja valores entre 140,65 y 153,05 Ton, superiores al método Delmag, al aplicar un factor de seguridad de 2,5 se obtiene valores de capacidad de carga admisible entre 56,26 y 61,22 Ton.



### 3.3 Resumen de Resultados

A continuación se detalla un cuadro resumen con los resultados obtenidos del análisis comparativo realizado.

*Tabla 3.2* Resumen de Intercambiador de Tránsito Manta.

<b>MÉTODO</b>	<b>CARGA ÚLTIMA PROM (Ton)</b>	<b>FACTOR DE SEGURIDAD</b>	<b>CARGA ADMISIBLE (Ton)</b>	<b>OBSERVACIÓN</b>
DELMAG	241.5	2	120.75	ACEPTABLE
MEYERHOF	230.15	2	115.075	ACEPTABLE
MEYERHOF SPT	228.30	2	114.15	ACEPTABLE
JANBU	74.75	-	-	NO ACEPTABLE
COYLE Y CASTELLO	100.48	-	-	NO ACEPTABLE
AOKI VELLOSO	348.46	3	116.15	ACEPTABLE

*Tabla 3.3* Resumen de Puente Mejía, Cantón Portoviejo.

<b>MÉTODO</b>	<b>CARGA ÚLTIMA PROM (Ton)</b>	<b>FACTOR DE SEGURIDAD</b>	<b>CARGA ADMISIBLE (Ton)</b>	<b>OBSERVACIÓN</b>
DELMAG	122,65	2	61,33	ACEPTABLE
ALFA	108,01	2	54,01	ACEPTABLE
LANDA	112,185	2	56,09	ACEPTABLE
BETA	71,06	-	-	NO ACEPTABLE
AOKI VELLOSO	146,85	2,5	58,74	ACEPTABLE

## CONCLUSIONES

- ✚ Del presente análisis se concluye que la mayoría de los métodos de cálculo, presentan un rango de variabilidad en sus resultados, por lo que elegir el método de cálculo adecuado, dependerá de la experiencia del calculista en este ámbito.
- ✚ Se debe aplicar los métodos de cálculo de acuerdo a las condiciones geotécnicas propias del proyecto de estudio, ya que no existen métodos universales que representen todo el grado de confianza, tal como en la presente investigación los métodos utilizados para la ciudad de Manta, no fueron los mismos empleados en la ciudad de Portoviejo, precisamente porque las características geotécnicas no son iguales, en Manta predomina suelos granulares (arena) y en Portoviejo suelos cohesivos (arcilla).
- ✚ El factor de seguridad para determinar la capacidad de carga admisible en pilotes se debe elegir con mucho cuidado, ya que es de suma importancia porque se podría estar sobrestimando la capacidad de carga del pilote.
- ✚ De acuerdo al análisis comparativo realizado para el proyecto Intercambiador de Tránsito del cantón Manta, se concluye que el método Meyerhof, tanto en su fórmula general como en la basada en penetración estándar, presentan resultados confiables, aplicando factor de seguridad de 2.  
El método Aoki Velloso al basarse en los valores de penetración estándar también se puede considerar confiable, teniendo en cuenta aplicar el factor de seguridad correcto que según el análisis realizado es 3.
- ✚ De acuerdo al análisis realizado para el Puente Mejía Cantón Portoviejo, se concluye que los métodos estáticos que se aproximan a los valores del método Delmag, son el método  $\alpha$  y el método  $\beta$ . El método Aoki Velloso, presenta resultados confiables aplicando un factor de seguridad de 3.
- ✚ Cabe recalcar que pese a que los resultados obtenidos fueron satisfactorios, la manera más confiable para determinar la capacidad de carga real en suelos

arcillosos es realizando pruebas de carga, puesto a que los métodos dinámicos no resultan confiables en este tipo de suelos, tal como se expresa en la siguiente cita:

*“Las fórmulas de hincado son aplicables cuando la punta reposa sobre un terreno rocoso o de gran compacidad. Las fórmulas de hincado no son válidas en terrenos arcillosos, siendo la resistencia del terreno mucho más débil en hundimiento que en carga estática...”* (Davidian, 1982)

## RECOMENDACIONES

- ✚ Se recomienda realizar pruebas de carga para determinar la capacidad real de carga, cuando el número de pilotes lo amerite, ya que al existir variadas fórmulas para el diseño, cada una de ellas presenta márgenes diferenciales.
- ✚ Cuando exista mucha discrepancia entre los resultados se recomienda encontrar la capacidad de carga mediante el promedio de dos o más métodos, por ejemplo se puede tomar los valores de Aoki Velloso y los de Janbu, con lo cual el resultado seguramente estará entre el rango tolerable.
- ✚ Si bien es cierto la aplicación del factor de seguridad en el cálculo de capacidad de carga admisible en pilotes es de 2 a 4, en el presente trabajo se concluye y se recomienda que para suelos compuestos por material arenoso el método Meyerhof, tanto en su forma general y en la basada en la penetración estándar, son aplicables considerando un factor de seguridad de 2. El método Aoki Velloso también es recomendado para aplicar en suelos arenosos, aplicando un factor de seguridad de 3.
- ✚ Como recomendación general es conveniente que la carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, amplíe este tipo de investigación, considerando que la metodología presentada en esta tesis está ya propuesta.

## BIBLIOGRAFÍA

Angel, H. (2009). Construcción de Cimentod. Peru: CEAC.

Apuntes de Ingeniería Civil. (s.f.). Obtenido de  
<http://apuntesingenierocivil.blogspot.com/2011/02/cohesion-y-friccion-interna-propiedades.html>

Araneda Santander, M. (09 de Julio de 2015). myslide.es. Obtenido de  
<http://myslide.es/documents/analisis-estatico-de-la-capacidad-de-carga-de-un-pilote.html>

Arrúa, Francisca, & Redolfi. (2006). Análisis de Confiabilidad Aplicado a Pilotes en Suelos Loessicos Colapsables. Córdoba .

Augusto, E. (1993). Pilotes en la Cimentacion sobre Suelos Blandos. Bogotá.

Das, B. M. (2006). Principios de Ingeniería de cimentaciones.

Davidian, Z. (1982). PILOTES Y CIMENTACIONES SOBRE PILOTES. Barcelona: Editores Técnicos Asociados S.A.

Gonzales, A. (2009). FACTORES DE SEGURIDAD...POR QUÉ TANTOS? V ENCUESTRO DE INGENIEROS DE SUELOS Y ESTRUCTURAS. Bogotá, Colombia.

J, C. (2000). Cálculo de Estructuras de Cimentación. Madrid: Infoprint SA.

Jeoprobe S.A.S. (2012). Obtenido de [http://jeoprobe.com/servicio\\_pilotes\\_pda.html](http://jeoprobe.com/servicio_pilotes_pda.html)

Juarez, B. (s.f.). Mecanica de Suelos. Mexicano: Linmusa.

Luis, I. (2008). Pruebas de Carga No Destructuvas en Pilotes. Cuba.

Maya, A. P. (2011). EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LA CAPACIDAD DE CARGA EN CIMENTACIONES PROFUNDAS MÉTODOS ANÁLITICOS Y ESTÁTICOS. Medellín.

Rodrigo, U. (2004). Guia para el Diseño de Pilotes . Piura.

Rodríguez, Serra, & Oteo. (1989). Curso Aplicado de Cimentaciones. Madrid.

V, B. (s.f.). Geología Estructural. Moscu: Mir.

www.abc.com.py. (4 de Abril de 2003). Obtenido de <http://www.abc.com.py/articulos/el-metodo-comparativo-comparacion-o-contrastacion-v-691577.html>

# ANEXOS

ANEXO A Capacidad de Carga Última en Intercambiador de Tránsito Manta  
 ANEXO A1 Capacidad de Carga Última, métodos combinados Pila 3- Manta

CAPACIDAD DE CARGA ÚLTIMA MÉTODOS COMBINADOS PILA 3																								
PILOTE	HINCA	CARGA POR PUNTA					CARGA POR FRICCIÓN			Fricción Meyerhof					Fricción Coyle y Castello					Fricción Aoki Velloso				
		DELMAG	MEYER HOF	MEYERH OF(spt)	JANBU	COYLE Y CAASTE LLO	AOKI VELLOSO	MEYER HOF	COYLE Y CASTELLO	AOKI VELLOSO	MEYER HOF	MEYERH OF(spt)	JANBU	COYLE Y CASTELLO	AOKI VELLOSO	MEYER HOF	MEYERH OF(spt)	JANBU	COYLE Y CASTELLO	AOKI VELLOSO	MEYER HOF	MEYERH OF(spt)	JANBU	COYLE Y CASTELLO
1	225.05	212.10	218.70	69.99	82.72	312.43	83.27	57.55	113.04	295.37	301.97	153.26	165.99	395.70	269.65	276.25	127.55	140.27	369.98	325.14	331.74	183.03	195.76	425.47
2	231.79	240.99	226.80	79.53	101.22	324.00	118.28	57.96	153.36	359.27	345.08	197.81	219.50	442.28	298.95	284.76	137.49	159.18	381.96	394.35	380.16	232.89	254.58	477.36
3	228.48	221.73	226.80	73.17	95.34	324.00	94.20	53.18	133.20	315.93	321.00	167.37	189.54	418.20	274.91	279.98	126.35	148.52	377.18	354.93	360.00	206.37	228.54	457.20
7	231.79	204.07	210.60	67.34	97.96	300.86	74.72	56.96	93.60	278.80	285.32	142.07	172.68	375.58	261.04	267.56	124.31	154.92	357.82	297.67	304.20	160.94	191.56	394.46
8	231.79	228.15	226.80	75.29	98.10	324.00	101.90	56.80	133.20	330.05	328.70	177.19	200.00	425.90	284.95	283.60	132.09	154.91	380.80	361.35	360.00	208.49	231.30	457.20
9	228.48	239.39	226.80	79.00	100.54	324.00	116.16	57.08	153.36	355.55	342.96	195.16	216.70	440.16	296.47	283.88	136.08	157.63	381.08	392.75	380.16	232.36	253.90	477.36
10	228.48	240.99	226.80	79.53	101.22	324.00	118.28	57.96	153.36	359.27	345.08	197.81	219.50	442.28	298.95	284.76	137.49	159.18	381.96	394.35	380.16	232.89	254.58	477.36
11	228.48	237.78	226.80	78.47	99.87	324.00	114.06	56.21	153.36	351.84	340.86	192.53	213.93	438.06	293.99	283.01	134.68	156.08	380.21	391.14	380.16	231.83	253.23	477.36
12	221.48	242.60	226.80	80.06	101.89	324.00	120.42	58.85	153.36	363.02	347.22	200.48	222.31	444.42	301.44	285.65	138.90	160.74	382.85	395.96	380.16	233.42	255.25	477.36
13	221.48	216.91	218.70	71.58	97.61	312.43	88.64	60.64	113.04	305.56	307.34	160.22	186.25	401.07	277.56	279.34	132.23	158.26	373.07	329.95	331.74	184.62	210.65	425.47
14	221.48	223.34	226.80	73.70	96.03	324.00	96.09	54.07	133.20	319.43	322.89	169.79	192.13	420.09	277.41	280.87	127.77	150.11	378.07	356.54	360.00	206.90	229.23	457.20
15	221.48	240.99	226.80	79.53	101.22	324.00	118.28	57.96	153.36	359.27	345.08	197.81	219.50	442.28	298.95	284.76	137.49	159.18	381.96	394.35	380.16	232.89	254.58	477.36
16	231.79	229.76	226.80	75.82	98.79	324.00	103.87	57.73	133.20	333.63	330.67	179.69	202.67	427.87	287.48	284.53	133.55	156.52	381.73	362.96	360.00	209.02	231.99	457.20
18	225.05	205.68	218.70	67.87	92.56	312.43	76.39	53.56	113.04	282.07	295.09	144.27	168.95	388.82	259.24	272.26	121.43	146.11	365.99	318.72	331.74	180.91	205.60	425.47
19	225.05	229.76	226.80	75.82	98.79	324.00	103.87	57.73	133.20	333.63	330.67	179.69	202.67	427.87	287.48	284.53	133.55	156.52	381.73	362.96	360.00	209.02	231.99	457.20
20	228.48	229.76	226.80	75.82	98.79	324.00	103.87	57.73	133.20	333.63	330.67	179.69	202.67	427.87	287.48	284.53	133.55	156.52	381.73	362.96	360.00	209.02	231.99	457.20
21	228.48	223.34	226.80	73.70	96.03	324.00	96.09	54.07	133.20	319.43	322.89	169.79	192.13	420.09	277.41	280.87	127.77	150.11	378.07	356.54	360.00	206.90	229.23	457.20
22	221.48	231.36	226.80	76.35	99.49	324.00	105.87	58.66	133.20	337.23	332.67	182.22	205.36	429.87	290.02	285.46	135.01	158.14	382.66	364.56	360.00	209.55	232.69	457.20
23	228.48	237.78	226.80	78.47	99.87	324.00	114.06	56.21	153.36	351.84	340.86	192.53	213.93	438.06	293.99	283.01	134.68	156.08	380.21	391.14	380.16	231.83	253.23	477.36
25	228.48	249.02	226.80	82.18	104.59	324.00	129.19	62.45	153.36	378.20	355.99	211.36	233.77	453.19	311.47	289.25	144.63	167.04	386.45	402.38	380.16	235.54	257.95	477.36
26	231.79	237.78	226.80	78.47	99.87	324.00	114.06	56.21	153.36	351.84	340.86	192.53	213.93	438.06	293.99	283.01	134.68	156.08	380.21	391.14	380.16	231.83	253.23	477.36
27	228.48	216.91	218.70	71.58	97.61	312.43	88.64	60.64	113.04	305.56	307.34	160.22	186.25	401.07	277.56	279.34	132.23	158.26	373.07	329.95	331.74	184.62	210.65	425.47
28	231.79	208.89	218.70	68.93	94.00	312.43	79.79	55.54	113.04	288.68	298.49	148.72	173.79	392.22	264.43	274.24	124.47	149.54	367.97	321.93	331.74	181.97	207.04	425.47
29	231.79	197.65	210.60	65.23	94.87	300.86	68.26	52.82	93.60	265.91	278.86	133.48	163.13	369.11	250.48	263.42	118.05	147.70	353.68	291.25	304.20	158.83	188.47	394.46
30	228.48	220.12	218.70	72.64	99.06	312.43	92.33	62.75	113.04	312.45	311.03	164.97	191.38	404.76	282.87	281.45	135.39	161.80	375.18	333.16	331.74	185.68	212.10	425.47
31	231.79	210.49	218.70	69.46	94.72	312.43	81.52	56.54	113.04	292.01	300.22	150.98	176.24	393.95	267.04	275.24	126.00	151.26	368.97	323.53	331.74	182.50	207.76	425.47
32	231.79	215.31	218.70	71.05	96.89	312.43	86.83	59.61	113.04	302.14	305.53	157.88	183.72	399.26	274.92	278.31	130.66	156.49	372.03	328.35	331.74	184.09	209.93	425.47
33	228.48	223.34	226.80	73.70	96.03	324.00	96.09	54.07	133.20	319.43	322.89	169.79	192.13	420.09	277.41	280.87	127.77	150.11	378.07	356.54	360.00	206.90	229.23	457.20
34	221.48	244.20	226.80	80.59	102.56	324.00	122.58	59.74	153.36	366.78	349.38	203.17	225.15	446.58	303.94	286.54	140.33	162.30	383.74	397.56	380.16	233.95	255.92	477.36
35	228.48	240.99	226.80	79.53	101.22	324.00	118.28	57.96	153.36	359.27	345.08	197.81	219.50	442.28	298.95	284.76	137.49	159.18	381.96	394.35	380.16	232.89	254.58	477.36
36	228.48	228.15	226.80	75.29	98.10	324.00	101.90	56.80	133.20	330.05	328.70	177.19	200.00	425.90	284.95	283.60	132.09	154.91	380.80	361.35	360.00	208.49	231.30	457.20
37	231.79	216.91	218.70	71.58	97.61	312.43	88.64	60.64	113.04	305.56	307.34	160.22	186.25	401.07	277.56	279.34	132.23	158.26	373.07	329.95	331.74	184.62	210.65	425.47
38	231.79	220.12	218.70	72.64	99.06	312.43	92.33	62.75	113.04	312.45	311.03	164.97	191.38	404.76	282.87	281.45	135.39	161.80	375.18	333.16	331.74	185.68	212.10	425.47

ANEXO A2 Capacidad de Carga Última, métodos combinados Pila 5- Manta

CAPACIDAD DE CARGA ÚLTIMA MÉTODOS COMBINADOS PILA 5																								
PILOTE	HINCA	CARGA POR PUNTA					CARGA POR FRICCIÓN			Fricción Meyerhof					Fricción Coyle y Castello					Fricción Aoki Velloso				
	DELMAG	MEYERHOF	MEYERHOF(spt)	JANBU	COYLE Y CAASTELLO	AOKI VELLOSO	MEYERHOF	COYLE Y CASTELLO	AOKI VELLOSO	MEYERHOF	MEYERHOF(spt)	JANBU	COYLE Y CASTELLO	AOKI VELLOSO	MEYERHOF	MEYERHOF(spt)	JANBU	COYLE Y CASTELLO	AOKI VELLOSO	MEYERHOF	MEYERHOF(spt)	JANBU	COYLE Y CASTELLO	AOKI VELLOSO
1	250.37	210.32	218.70	69.41	94.64	312.43	79.37	57.07	82.08	289.69	298.07	148.78	174.01	391.80	267.39	275.77	126.48	151.71	369.50	292.40	300.78	151.49	176.72	394.51
2	242.39	210.32	218.70	69.41	94.64	312.43	79.37	57.07	82.08	289.69	298.07	148.78	174.01	391.80	267.39	275.77	126.48	151.71	369.50	292.40	300.78	151.49	176.72	394.51
3	254.15	205.50	218.70	67.82	92.48	312.43	74.37	54.07	82.08	279.87	293.07	142.18	166.84	386.80	259.58	272.77	121.89	146.55	366.50	287.58	300.78	149.90	174.56	394.51
4	254.15	199.08	218.70	65.70	95.56	312.43	67.99	54.38	62.64	267.07	286.69	133.68	163.55	380.42	253.46	273.08	120.08	149.94	366.81	261.72	281.34	128.34	158.20	375.07
5	242.39	199.08	218.70	65.70	95.56	312.43	67.99	54.38	62.64	267.07	286.69	133.68	163.55	380.42	253.46	273.08	120.08	149.94	366.81	261.72	281.34	128.34	158.20	375.07
6	250.37	199.08	218.70	65.70	95.56	312.43	67.99	54.38	62.64	267.07	286.69	133.68	163.55	380.42	253.46	273.08	120.08	149.94	366.81	261.72	281.34	128.34	158.20	375.07
7	250.37	203.90	218.70	67.29	91.75	312.43	72.74	53.09	82.08	276.64	291.44	140.03	164.50	385.17	256.99	271.79	120.38	144.85	365.52	285.98	300.78	149.37	173.83	394.51
8	233.79	215.14	218.70	70.99	96.81	312.43	84.56	60.15	82.08	299.69	303.26	155.55	181.37	396.98	275.28	278.85	131.14	156.96	372.58	297.22	300.78	153.07	178.89	394.51
9	254.15	205.50	218.70	67.82	92.48	312.43	74.37	54.07	82.08	279.87	293.07	142.18	166.84	386.80	259.58	272.77	121.89	146.55	366.50	287.58	300.78	149.90	174.56	394.51
10	238.17	197.47	218.70	65.17	94.79	312.43	66.44	53.36	62.64	263.92	285.14	131.61	161.23	378.87	250.83	272.06	118.53	148.15	365.79	260.11	281.34	127.81	157.43	375.07
11	250.37	216.74	218.70	71.52	97.53	312.43	86.33	61.19	82.08	303.07	305.03	157.85	183.86	398.75	277.93	279.89	132.72	158.72	373.62	298.82	300.78	153.60	179.61	394.51
12	250.37	210.32	218.70	69.41	94.64	312.43	79.37	57.07	82.08	289.69	298.07	148.78	174.01	391.80	267.39	275.77	126.48	151.71	369.50	292.40	300.78	151.49	176.72	394.51
13	242.39	205.50	218.70	67.82	92.48	312.43	74.37	54.07	82.08	279.87	293.07	142.18	166.84	386.80	259.58	272.77	121.89	146.55	366.50	287.58	300.78	149.90	174.56	394.51
14	257.80	211.92	218.70	69.94	95.37	312.43	81.08	58.09	82.08	293.00	299.78	151.01	176.44	393.51	270.01	276.79	128.02	153.45	370.52	294.00	300.78	152.02	177.45	394.51
15	250.37	205.50	218.70	67.82	92.48	312.43	74.37	54.07	82.08	279.87	293.07	142.18	166.84	386.80	259.58	272.77	121.89	146.55	366.50	287.58	300.78	149.90	174.56	394.51
16	254.15	207.11	218.70	68.35	93.20	312.43	76.02	55.06	82.08	283.12	294.72	144.36	169.21	388.44	262.17	273.76	123.41	148.26	367.49	289.19	300.78	150.43	175.28	394.51
18	257.80	205.50	218.70	67.82	92.48	312.43	74.37	54.07	82.08	279.87	293.07	142.18	166.84	386.80	259.58	272.77	121.89	146.55	366.50	287.58	300.78	149.90	174.56	394.51
19	254.15	203.90	218.70	67.29	91.75	312.43	72.74	53.09	82.08	276.64	291.44	140.03	164.50	385.17	256.99	271.79	120.38	144.85	365.52	285.98	300.78	149.37	173.83	394.51
20	254.15	195.87	218.70	64.64	94.02	312.43	64.92	52.34	62.64	260.79	283.62	129.56	158.94	377.35	248.21	271.04	116.98	146.36	364.77	258.51	281.34	127.28	156.66	375.07
21	250.37	205.50	218.70	67.82	92.48	312.43	74.37	54.07	82.08	279.87	293.07	142.18	166.84	386.80	259.58	272.77	121.89	146.55	366.50	287.58	300.78	149.90	174.56	394.51
22	238.17	191.05	218.70	63.05	91.70	312.43	60.47	49.35	62.64	251.52	279.17	123.52	152.18	372.90	240.40	268.05	112.40	141.06	361.78	253.69	281.34	125.69	154.34	375.07
23	242.39	224.77	226.80	74.17	96.65	324.00	95.48	55.45	102.24	320.25	322.28	169.66	192.13	419.48	280.22	282.25	129.62	152.10	379.45	327.01	329.04	176.41	198.89	426.24
24	254.15	187.84	218.70	61.99	90.16	312.43	57.61	47.41	62.64	245.45	276.31	119.60	147.77	370.04	235.25	266.11	109.40	137.57	359.84	250.48	281.34	124.63	152.80	375.07
25	254.15	195.87	218.70	64.64	94.02	312.43	64.92	52.34	62.64	260.79	283.62	129.56	158.94	377.35	248.21	271.04	116.98	146.36	364.77	258.51	281.34	127.28	156.66	375.07
26	254.15	205.50	218.70	67.82	92.48	312.43	74.37	54.07	82.08	279.87	293.07	142.18	166.84	386.80	259.58	272.77	121.89	146.55	366.50	287.58	300.78	149.90	174.56	394.51
27	257.80	184.63	202.50	60.93	83.08	289.29	54.83	49.00	43.20	239.46	257.33	115.76	137.91	344.12	233.63	251.50	109.93	132.08	338.29	227.83	245.70	104.13	126.28	332.49
28	250.37	189.44	218.70	62.52	90.93	312.43	59.03	48.38	62.64	248.48	277.73	121.55	149.97	371.46	237.82	267.08	110.89	139.31	360.81	252.08	281.34	125.16	153.57	375.07
29	250.37	187.84	218.70	61.99	90.16	312.43	57.61	47.41	62.64	245.45	276.31	119.60	147.77	370.04	235.25	266.11	109.40	137.57	359.84	250.48	281.34	124.63	152.80	375.07
30	250.37	191.05	218.70	63.05	91.70	312.43	60.47	49.35	62.64	251.52	279.17	123.52	152.18	372.90	240.40	268.05	112.40	141.06	361.78	253.69	281.34	125.69	154.34	375.07
31	242.39	195.87	218.70	64.64	94.02	312.43	64.92	52.34	62.64	260.79	283.62	129.56	158.94	377.35	248.21	271.04	116.98	146.36	364.77	258.51	281.34	127.28	156.66	375.07
32	242.39	195.87	218.70	64.64	94.02	312.43	64.92	52.34	62.64	260.79	283.62	129.56	158.94	377.35	248.21	271.04	116.98	146.36	364.77	258.51	281.34	127.28	156.66	375.07
33	250.37	202.29	218.70	66.76	97.10	312.43	71.14	56.46	62.64	273.43	289.84	137.89	168.24	383.57	258.75	275.16	123.22	153.56	368.89	264.93	281.34	129.40	159.74	375.07
34	250.37	211.92	218.70	69.94	95.37	312.43	81.08	58.09	82.08	293.00	299.78	151.01	176.44	393.51	270.01	276.79	128.02	153.45	370.52	294.00	300.78	152.02	177.45	394.51
35	254.15	205.50	218.70	67.82	92.48	312.43	74.37	54.07	82.08	279.87	293.07	142.18	166.84	386.80	259.58	272.77	121.89	146.55	366.50	287.58	300.78	149.90	174.56	394.51
36	254.15	210.32	218.70	69.41	94.64	312.43	79.37	57.07	82.08	289.69	298.07	148.78	174.01	391.80	267.39	275.77	126.48	151.71	369.50	292.40	300.78	151.49	176.72	394.51
37	242.39	216.74	218.70	71.52	97.53	312.43	86.33	61.19	82.08	303.07	305.03	157.85	183.86	398.75	277.93	279.89	132.72	158.72	373.62	298.82	300.78	153.60	179.61	394.51
38	238.17	195.87	218.70	64.64	94.02	312.43	64.92	52.34	62.64	260.79	283.62	129.56	158.94	377.35	248.21	271.04	116.98	146.36	364.77	258.51	281.34	127.28	156.66	375.07

ANEXO A3 Capacidad de Carga Última, métodos combinados Pila 6- Manta

CAPACIDAD DE CARGA ÚLTIMA MÉTODOS COMBINADOS PILA 6																								
PILOTE	HINCA	CARGA POR PUNTA					CARGA POR FRICCIÓN			Fricción Meyerhof					Fricción Coyle y Castello					Fricción Aoki Velloso				
	DELMAG	MEYER HOF	MEYERH OF(spt)	JANBU	COYLE Y CAASTELLO	AOKI VELLOSO	MEYER HOF	COYLE Y CASTELLO	AOKI VELLOSO	MEYER HOF	MEYERH OF(spt)	JANBU	COYLE Y CASTELLO	AOKI VELLOSO	MEYER HOF	MEYERH OF(spt)	JANBU	COYLE Y CASTELLO	AOKI VELLOSO	MEYER HOF	MEYERH OF(spt)	JANBU	COYLE Y CASTELLO	AOKI VELLOSO
1	233.79	237.96	243.00	78.53	102.32	347.14	76.87	57.61	137.52	314.83	319.87	155.40	179.20	424.02	295.57	300.61	136.14	159.93	404.76	375.48	380.52	216.05	239.84	484.66
2	233.79	244.76	243.00	80.77	105.25	347.14	76.87	57.61	137.52	321.63	319.87	157.64	182.12	424.02	302.37	300.61	138.38	162.86	404.76	382.28	380.52	218.29	242.77	484.66
3	233.79	241.36	243.00	79.65	103.78	347.14	83.68	61.50	137.52	325.04	326.68	163.33	187.47	430.83	302.85	304.50	141.14	165.28	408.64	378.88	380.52	217.17	241.30	484.66
4	246.45	243.06	243.00	80.21	104.51	347.14	80.23	59.54	137.52	323.29	323.23	160.44	184.74	427.37	302.60	302.54	139.75	164.05	406.68	380.58	380.52	217.73	242.03	484.66
5	250.37	236.26	243.00	77.96	101.59	347.14	81.94	60.51	137.52	318.20	324.94	159.91	183.53	429.09	296.77	303.51	138.48	162.10	407.66	373.78	380.52	215.48	239.11	484.66
6	254.15	239.66	243.00	79.09	103.05	347.14	75.23	56.66	137.52	314.89	318.23	154.32	178.28	422.38	296.32	299.66	135.75	159.71	403.81	377.18	380.52	216.61	240.57	484.66
7	233.79	237.96	243.00	78.53	102.32	347.14	78.54	58.57	137.52	316.50	321.54	157.07	180.86	425.68	296.53	301.57	137.10	160.89	405.72	375.48	380.52	216.05	239.84	484.66
8	233.79	244.76	243.00	80.77	105.25	347.14	76.87	57.61	137.52	321.63	319.87	157.64	182.12	424.02	302.37	300.61	138.38	162.86	404.76	382.28	380.52	218.29	242.77	484.66
9	233.79	241.36	243.00	79.65	103.78	347.14	83.68	61.50	137.52	325.04	326.68	163.33	187.47	430.83	302.85	304.50	141.14	165.28	408.64	378.88	380.52	217.17	241.30	484.66
10	246.45	243.06	243.00	80.21	104.51	347.14	80.23	59.54	137.52	323.29	323.23	160.44	184.74	427.37	302.60	302.54	139.75	164.05	406.68	380.58	380.52	217.73	242.03	484.66
11	250.37	236.26	243.00	77.96	101.59	347.14	81.94	60.51	137.52	318.20	324.94	159.91	183.53	429.09	296.77	303.51	138.48	162.10	407.66	373.78	380.52	215.48	239.11	484.66
12	254.15	239.66	243.00	79.09	103.05	347.14	75.23	56.66	137.52	314.89	318.23	154.32	178.28	422.38	296.32	299.66	135.75	159.71	403.81	377.18	380.52	216.61	240.57	484.66
13	250.37	236.26	243.00	77.96	101.59	347.14	78.54	58.57	137.52	314.80	321.54	156.50	180.13	425.68	294.83	301.57	136.54	160.16	405.72	373.78	380.52	215.48	239.11	484.66
14	250.37	237.96	243.00	78.53	102.32	347.14	75.23	56.66	137.52	313.19	318.23	153.76	177.55	422.38	294.62	299.66	135.19	158.98	403.81	375.48	380.52	216.05	239.84	484.66
15	250.37	236.26	243.00	77.96	101.59	347.14	76.87	57.61	137.52	313.13	319.87	154.84	178.46	424.02	293.87	300.61	135.58	159.20	404.76	373.78	380.52	215.48	239.11	484.66
16	238.17	234.56	226.80	77.40	105.55	324.00	75.23	56.66	137.52	309.79	302.03	152.64	180.78	399.23	291.22	283.46	134.07	162.21	380.66	372.08	364.32	214.92	243.07	461.52
18	246.45	234.56	226.80	77.40	105.55	324.00	90.88	65.50	137.52	325.43	317.68	168.28	196.43	414.88	300.06	292.30	142.91	171.05	389.50	372.08	364.32	214.92	243.07	461.52
19	246.45	224.35	226.80	74.04	100.96	324.00	73.61	66.86	115.92	297.97	300.41	147.65	174.57	397.61	291.22	293.66	140.90	167.82	390.86	340.27	342.72	189.96	216.88	439.92
20	246.45	229.45	226.80	75.72	103.25	324.00	64.41	60.26	115.92	293.86	291.21	140.13	167.66	388.41	289.72	287.06	135.98	163.52	384.26	345.37	342.72	191.64	219.17	439.92
21	254.15	232.86	226.80	76.84	104.78	324.00	68.90	63.52	115.92	301.76	295.70	145.75	173.69	392.90	296.38	290.32	140.36	168.31	387.52	348.78	342.72	192.76	220.70	439.92
22	250.37	231.16	226.80	76.28	104.02	324.00	72.02	65.74	115.92	303.18	298.82	148.30	176.04	396.02	296.89	292.54	142.02	169.76	389.74	347.08	342.72	192.20	219.94	439.92
23	250.37	224.35	226.80	74.04	100.96	324.00	70.45	64.63	115.92	294.80	297.25	144.49	171.41	394.45	288.98	291.43	138.66	165.59	388.63	340.27	342.72	189.96	216.88	439.92
24	250.37	214.15	218.70	70.67	102.79	312.43	64.41	60.26	115.92	278.56	283.11	135.08	167.20	376.84	274.42	278.96	130.94	163.06	372.69	330.07	334.62	186.59	218.71	428.35
25	254.15	219.25	226.80	72.35	98.66	324.00	56.07	58.50	95.76	275.32	282.87	128.42	154.74	380.07	277.76	285.30	130.86	157.17	382.50	315.01	322.56	168.11	194.42	419.76
26	246.45	229.45	226.80	75.72	103.25	324.00	60.13	57.09	115.92	289.59	286.93	135.85	163.39	384.13	286.55	283.89	132.81	160.35	381.09	345.37	342.72	191.64	219.17	439.92
27	250.37	219.25	226.80	72.35	98.66	324.00	68.90	63.52	115.92	288.16	295.70	141.26	167.57	392.90	282.78	290.32	135.88	162.19	387.52	335.17	342.72	188.27	214.58	439.92
28	254.15	214.15	218.70	70.67	102.79	312.43	60.13	57.09	115.92	274.29	278.83	130.80	162.93	372.56	271.24	275.79	127.76	159.89	369.52	330.07	334.62	186.59	218.71	428.35
29	250.37	227.75	226.80	75.16	102.49	324.00	56.07	58.50	95.76	283.83	282.87	131.23	158.56	380.07	286.26	285.30	133.66	160.99	382.50	323.51	322.56	170.92	198.25	419.76
30	250.37	227.75	226.80	75.16	102.49	324.00	67.38	62.43	115.92	295.14	294.18	142.54	169.87	391.38	290.18	289.23	137.59	164.92	386.43	343.67	342.72	191.08	218.41	439.92
31	242.39	227.75	226.80	75.16	102.49	324.00	67.38	62.43	115.92	295.14	294.18	142.54	169.87	391.38	290.18	289.23	137.59	164.92	386.43	343.67	342.72	191.08	218.41	439.92
32	250.37	222.65	226.80	73.48	100.19	324.00	67.38	62.43	115.92	290.04	294.18	140.86	167.58	391.38	285.08	289.23	135.90	162.62	386.43	338.57	342.72	189.40	216.11	439.92
33	242.39	227.75	226.80	75.16	102.49	324.00	62.96	59.20	115.92	290.71	289.76	138.12	165.45	386.96	286.95	286.00	134.36	161.69	383.20	343.67	342.72	191.08	218.41	439.92
34	250.37	232.86	226.80	76.84	104.78	324.00	67.38	62.43	115.92	300.24	294.18	144.22	172.17	391.38	295.28	289.23	139.27	167.21	386.43	348.78	342.72	192.76	220.70	439.92
35	254.15	220.95	226.80	72.91	99.43	324.00	72.02	65.74	115.92	292.97	298.82	144.93	171.45	396.02	286.69	292.54	138.65	165.17	389.74	336.87	342.72	188.83	215.35	439.92
36	250.37	227.75	226.80	75.16	102.49	324.00	61.53	58.14	115.92	289.29	288.33	136.69	164.02	385.53	285.89	284.94	133.30	160.63	382.14	343.67	342.72	191.08	218.41	439.92
37	246.45	219.25	226.80	72.35	98.66	324.00	67.38	62.43	115.92	286.64	294.18	139.74	166.05	391.38	281.68	289.23	134.78	161.09	386.43	335.17	342.72	188.27	214.58	439.92
38	254.15	219.25	226.80	72.35	98.66	324.00	60.13	57.09	115.92	279.39	286.93	132.49	158.80	384.13	276.35	283.89	129.45	155.76	381.09	335.17	342.72	188.27	214.58	439.92

**ANEXO A4 Capacidad de Carga Última, métodos combinados Pila 7- Manta**

CAPACIDAD DE CARGA ÚLTIMA MÉTODOS COMBINADOS PILA 7																								
PILOTE	HINCA	CARGA POR PUNTA					CARGA POR FRICCIÓN			Fricción Meyerhof					Fricción Coyle y Castello					Fricción Aoki Velloso				
	DELMAG	MEYER HOF	MEYERH OF(spt)	JANBU	COYLE Y CAASTE LLO	AOKI VELLOSO	MEYER HOF	COYLE Y CASTELLO	AOKI VELLOSO	MEYER HOF	MEYERH OF(spt)	JANBU	COYLE Y CASTELLO	AOKI VELLOSO	MEYER HOF	MEYERH OF(spt)	JANBU	COYLE Y CASTELLO	AOKI VELLOSO	MEYER HOF	MEYERH OF(spt)	JANBU	COYLE Y CASTELLO	AOKI VELLOSO
1	250.37	238.90	226.80	78.84	102.73	324.00	103.75	58.93	110.88	342.66	330.55	182.59	206.48	427.75	297.84	285.73	137.77	161.66	382.93	349.78	337.68	189.72	213.61	434.88
2	254.15	244.00	226.80	80.52	104.92	324.00	109.82	61.86	110.88	353.82	336.62	190.34	214.74	433.82	305.87	288.66	142.38	166.79	385.86	354.88	337.68	191.40	215.80	434.88
3	257.80	309.13	226.80	92.74	131.38	405.00	130.33	94.17	136.08	439.45	357.13	223.06	261.71	535.33	403.30	320.97	186.91	225.55	499.17	445.21	362.88	228.82	267.46	541.08
4	254.15	238.90	283.50	78.84	102.73	324.00	103.75	58.93	110.88	342.66	387.25	182.59	206.48	427.75	297.84	342.43	137.77	161.66	382.93	349.78	394.38	189.72	213.61	434.88
5	238.17	300.96	226.80	90.29	127.91	405.00	121.29	88.61	136.08	422.25	348.09	211.58	249.20	526.29	389.57	315.41	178.90	216.52	493.61	437.04	362.88	226.37	263.99	541.08
6	254.15	235.50	283.50	77.72	101.27	324.00	99.82	57.02	110.88	335.32	383.32	177.54	201.09	423.82	292.52	340.52	134.73	158.28	381.02	346.38	394.38	188.60	212.15	434.88
7	250.37	240.60	226.80	79.40	103.46	324.00	105.75	59.90	110.88	346.35	332.55	185.15	209.21	429.75	300.50	286.70	139.30	163.36	383.90	351.48	337.68	190.28	214.34	434.88
9	254.15	225.30	226.80	74.35	101.38	300.86	88.55	61.75	90.72	313.85	315.35	162.90	189.93	389.40	287.05	288.55	136.10	163.14	362.61	316.02	317.52	165.07	192.10	391.58
10	242.39	230.40	210.60	76.03	103.68	300.86	94.09	65.05	90.72	324.49	304.69	170.12	197.77	394.94	295.45	275.65	141.08	168.73	365.90	321.12	301.32	166.75	194.40	391.58
11	238.17	225.30	210.60	74.35	101.38	300.86	88.55	61.75	90.72	313.85	299.15	162.90	189.93	389.40	287.05	272.35	136.10	163.14	362.61	316.02	301.32	165.07	192.10	391.58
12	250.37	225.30	210.60	74.35	101.38	300.86	88.55	61.75	90.72	313.85	299.15	162.90	189.93	389.40	287.05	272.35	136.10	163.14	362.61	316.02	301.32	165.07	192.10	391.58
13	250.37	223.60	210.60	73.79	100.62	300.86	86.74	60.67	90.72	310.34	297.34	160.53	187.36	387.60	284.27	271.27	134.46	161.29	361.53	314.32	301.32	164.51	191.34	391.58
14	238.17	223.60	210.60	74.35	101.38	300.86	88.55	61.75	90.72	313.85	299.15	162.90	189.93	389.40	287.05	272.35	136.10	163.14	362.61	316.02	301.32	165.07	192.10	391.58
15	242.39	223.60	210.60	73.79	100.62	300.86	86.74	60.67	90.72	310.34	297.34	160.53	187.36	387.60	284.27	271.27	134.46	161.29	361.53	314.32	301.32	164.51	191.34	391.58
16	254.15	238.90	210.60	78.84	102.73	324.00	103.75	58.93	110.88	342.66	314.35	182.59	206.48	427.75	297.84	269.53	137.77	161.66	382.93	349.78	321.48	189.72	213.61	434.88
18	250.37	230.40	210.60	76.03	103.68	300.86	94.09	65.05	90.72	324.49	304.69	170.12	197.77	394.94	295.45	275.65	141.08	168.73	365.90	321.12	301.32	166.75	194.40	391.58
19	242.39	230.40	210.60	76.03	103.68	300.86	94.09	65.05	90.72	324.49	304.69	170.12	197.77	394.94	295.45	275.65	141.08	168.73	365.90	321.12	301.32	166.75	194.40	391.58
20	250.37	230.40	210.60	76.03	103.68	300.86	94.09	65.05	90.72	324.49	304.69	170.12	197.77	394.94	295.45	275.65	141.08	168.73	365.90	321.12	301.32	166.75	194.40	391.58
21	250.37	242.30	210.60	79.96	104.19	324.00	107.77	60.88	110.88	350.08	318.37	187.73	211.96	431.77	303.18	271.48	140.84	165.07	384.88	353.18	321.48	190.84	215.07	434.88
22	246.45	235.50	226.80	77.72	101.27	324.00	99.82	57.02	110.88	335.32	326.62	177.54	201.09	423.82	292.52	283.82	134.73	158.28	381.02	346.38	337.68	188.60	212.15	434.88
23	250.37	225.30	226.80	74.35	101.38	300.86	88.55	61.75	90.72	313.85	315.35	162.90	189.93	389.40	287.05	288.55	136.10	163.14	362.61	316.02	317.52	165.07	192.10	391.58
24	254.15	244.00	210.60	80.52	104.92	324.00	109.82	61.86	110.88	353.82	320.42	190.34	214.74	433.82	305.87	272.46	142.38	166.79	385.86	354.88	321.48	191.40	215.80	434.88
25	257.80	309.13	226.80	92.74	131.38	405.00	130.33	94.17	136.08	439.45	357.13	223.06	261.71	535.33	403.30	320.97	186.91	225.55	499.17	445.21	362.88	228.82	267.46	541.08
26	254.15	238.90	283.50	78.84	102.73	324.00	103.75	58.93	110.88	342.66	387.25	182.59	206.48	427.75	297.84	342.43	137.77	161.66	382.93	349.78	394.38	189.72	213.61	434.88
27	238.17	300.96	226.80	90.29	127.91	405.00	121.29	88.61	136.08	422.25	348.09	211.58	249.20	526.29	389.57	315.41	178.90	216.52	493.61	437.04	362.88	226.37	263.99	541.08
28	254.15	235.50	283.50	77.72	101.27	324.00	99.82	57.02	110.88	335.32	383.32	177.54	201.09	423.82	292.52	340.52	134.73	158.28	381.02	346.38	394.38	188.60	212.15	434.88
29	250.37	240.60	226.80	79.40	103.46	324.00	105.75	59.90	110.88	346.35	332.55	185.15	209.21	429.75	300.50	286.70	139.30	163.36	383.90	351.48	337.68	190.28	214.34	434.88
30	250.37	238.90	226.80	78.84	102.73	324.00	103.75	58.93	110.88	342.66	330.55	182.59	206.48	427.75	297.84	285.73	137.77	161.66	382.93	349.78	337.68	189.72	213.61	434.88
31	250.37	238.90	226.80	78.84	102.73	324.00	103.75	58.93	110.88	342.66	330.55	182.59	206.48	427.75	297.84	285.73	137.77	161.66	382.93	349.78	337.68	189.72	213.61	434.88
32	242.39	235.50	226.80	77.72	101.27	324.00	99.82	57.02	110.88	335.32	326.62	177.54	201.09	423.82	292.52	283.82	134.73	158.28	381.02	346.38	337.68	188.60	212.15	434.88
33	250.37	242.30	226.80	79.96	104.19	324.00	107.77	60.88	110.88	350.08	334.57	187.73	211.96	431.77	303.18	287.68	140.84	165.07	384.88	353.18	337.68	190.84	215.07	434.88
34	250.37	235.50	226.80	77.72	101.27	324.00	99.82	57.02	110.88	335.32	326.62	177.54	201.09	423.82	292.52	283.82	134.73	158.28	381.02	346.38	337.68	188.60	212.15	434.88
35	242.39	232.10	226.80	76.59	104.45	300.86	95.98	66.16	90.72	328.08	322.78	172.57	200.42	396.83	298.26	292.96	142.76	170.61	367.02	322.82	317.52	167.31	195.17	391.58
36	250.37	227.00	210.60	74.91	102.15	300.86	90.37	62.84	90.72	317.37	300.97	165.28	192.52	391.23	289.84	273.44	137.75	164.99	363.70	317.72	301.32	165.63	192.87	391.58
37	246.45	221.90	210.60	73.23	99.85	300.86	84.96	59.61	90.72	306.86	295.56	158.19	184.82	385.82	281.50	270.21	132.83	159.46	360.46	312.62	301.32	163.95	190.57	391.58
38	250.37	237.20	210.60	78.28	102.00	324.00	101.78	57.97	110.88	338.98	312.38	180.05	203.77	425.78	295.17	268.57	136.25	159.97	381.97	348.08	321.48	189.16	212.88	434.88

ANEXO A5 Capacidad de Carga Última, métodos combinados Pila 8- Manta

CAPACIDAD DE CARGA ÚLTIMA MÉTODOS COMBINADOS PILA 8																								
PILOTE	HINCA	CARGA POR PUNTA					CARGA POR FRICCIÓN			Fricción Meyerhof					Fricción Coyle y Castello					Fricción Aoki Velloso				
	DEL MAG	MEYER HOF	MEYERH OF(spt)	JANBU	COYLE Y CAASTE LLO	AOKI VELLOSO	MEYER HOF	COYLE Y CASTELLO	AOKI VELLOSO	MEYER HOF	MEYERH OF(spt)	JANBU	COYLE Y CASTELLO	AOKI VELLOSO	MEYER HOF	MEYERH OF(spt)	JANBU	COYLE Y CASTELLO	AOKI VELLOSO	MEYER HOF	MEYERH OF(spt)	JANBU	COYLE Y CASTELLO	AOKI VELLOSO
1	242.39	238.91	218.70	78.84	102.73	312.43	89.70	57.30	106.56	328.62	308.40	168.54	192.44	402.13	296.21	276.00	136.14	160.03	369.73	345.47	325.26	185.40	209.29	418.99
2	254.15	229.19	210.60	75.63	103.14	300.86	80.95	62.82	87.12	310.14	291.55	156.58	184.08	381.81	292.01	273.42	138.45	165.96	363.68	316.31	297.72	162.75	190.26	387.98
3	254.15	235.02	210.60	77.56	105.76	300.86	86.13	66.35	87.12	321.15	296.73	163.68	191.89	386.98	301.37	276.95	143.91	172.11	367.21	322.14	297.72	164.68	192.88	387.98
4	250.37	246.69	218.70	81.41	106.08	312.43	97.15	61.42	106.56	343.84	315.85	178.56	203.23	409.58	308.11	280.12	142.83	167.50	373.85	353.25	325.26	187.97	212.64	418.99
5	250.37	254.47	218.70	83.97	109.42	312.43	105.00	65.68	106.56	359.47	323.70	188.98	214.42	417.43	320.15	284.38	149.66	175.10	378.11	361.03	325.26	190.53	215.98	418.99
6	250.37	244.75	218.70	80.77	105.24	312.43	95.25	60.38	106.56	340.00	313.95	176.02	200.49	407.68	305.12	279.08	141.14	165.62	372.80	351.31	325.26	187.33	211.80	418.99
7	254.15	242.80	218.70	80.12	104.40	312.43	93.38	59.34	106.56	336.18	312.08	173.50	197.78	405.81	302.14	278.04	139.47	163.75	371.77	349.36	325.26	186.68	210.96	418.99
8	246.45	266.14	226.80	87.83	111.78	324.00	117.52	65.11	126.72	383.66	344.32	205.34	229.30	441.52	331.24	291.91	152.93	176.88	389.11	392.86	353.52	214.55	238.50	450.72
9	250.37	256.41	218.70	84.62	110.26	312.43	107.03	66.77	106.56	363.44	325.73	191.64	217.28	419.45	323.18	285.47	151.38	177.03	379.20	362.97	325.26	191.18	216.82	418.99
10	250.37	264.19	226.80	87.18	110.96	324.00	115.37	64.09	126.72	379.56	342.17	202.55	226.33	439.37	328.28	290.89	151.27	175.05	388.09	390.91	353.52	213.90	237.68	450.72
11	250.37	240.86	218.70	79.48	103.57	312.43	91.53	58.32	106.56	332.38	310.23	171.01	195.10	403.96	299.17	277.02	137.80	161.88	370.74	347.42	325.26	186.04	210.13	418.99
13	250.37	225.30	210.60	74.35	101.39	300.86	77.62	60.52	87.12	302.92	288.22	151.97	179.01	378.48	285.82	271.12	134.87	161.90	361.38	312.42	297.72	161.47	188.51	387.98
14	250.37	238.91	218.70	78.84	102.73	312.43	89.70	57.30	106.56	328.62	308.40	168.54	192.44	402.13	296.21	276.00	136.14	160.03	369.73	345.47	325.26	185.40	209.29	418.99
15	250.37	219.47	210.60	72.42	98.76	300.86	72.82	57.15	87.12	292.29	283.42	145.24	171.58	373.68	276.61	267.75	129.57	155.91	358.00	306.59	297.72	159.54	185.88	387.98
16	250.37	221.41	210.60	73.07	99.64	300.86	74.39	58.26	87.12	295.81	284.99	147.46	174.03	375.25	279.67	268.86	131.33	157.90	359.12	308.53	297.72	160.19	186.76	387.98
17	250.37	223.36	210.60	73.71	100.51	300.86	76.00	59.38	87.12	299.35	286.60	149.70	176.51	376.85	282.74	269.98	133.09	159.89	360.24	310.48	297.72	160.83	187.63	387.98
18	250.37	244.75	218.70	80.77	105.24	312.43	95.25	60.38	106.56	340.00	313.95	176.02	200.49	407.68	305.12	279.08	141.14	165.62	372.80	351.31	325.26	187.33	211.80	418.99
19	250.37	221.41	210.60	73.07	99.64	300.86	74.39	58.26	87.12	295.81	284.99	147.46	174.03	375.25	279.67	268.86	131.33	157.90	359.12	308.53	297.72	160.19	186.76	387.98
20	250.37	240.86	218.70	79.48	103.57	312.43	91.53	58.32	106.56	332.38	310.23	171.01	195.10	403.96	299.17	277.02	137.80	161.88	370.74	347.42	325.26	186.04	210.13	418.99
21	250.37	248.64	218.70	82.05	106.91	312.43	99.08	62.47	106.56	347.71	317.78	181.13	205.99	411.51	311.11	281.17	144.52	169.38	374.90	355.20	325.26	188.61	213.47	418.99
22	250.37	240.86	218.70	79.48	103.57	312.43	91.53	58.32	106.56	332.38	310.23	171.01	195.10	403.96	299.17	277.02	137.80	161.88	370.74	347.42	325.26	186.04	210.13	418.99
23	250.37	258.36	226.80	85.26	108.51	324.00	109.07	61.08	126.72	367.43	335.87	194.33	217.58	433.07	319.44	287.88	146.34	169.59	385.08	385.08	353.52	211.98	235.23	450.72
24	250.37	231.13	210.60	76.27	104.01	300.86	82.65	63.99	87.12	313.78	293.25	158.92	186.66	383.51	295.12	274.59	140.26	168.00	364.84	318.25	297.72	163.39	191.13	387.98
25	246.45	250.58	218.70	82.69	107.75	312.43	101.03	63.53	106.56	351.61	319.73	183.72	208.78	413.46	314.11	282.23	146.22	171.28	375.96	357.14	325.26	189.25	214.31	418.99
26	250.37	238.91	218.70	78.84	102.73	312.43	89.70	57.30	106.56	328.62	308.40	168.54	192.44	402.13	296.21	276.00	136.14	160.03	369.73	345.47	325.26	185.40	209.29	418.99
27	250.37	219.47	210.60	72.42	98.76	300.86	72.82	57.15	87.12	292.29	283.42	145.24	171.58	373.68	276.61	267.75	129.57	155.91	358.00	306.59	297.72	159.54	185.88	387.98
28	250.37	225.30	210.60	74.35	101.39	300.86	77.62	60.52	87.12	302.92	288.22	151.97	179.01	378.48	285.82	271.12	134.87	161.90	361.38	312.42	297.72	161.47	188.51	387.98
29	242.39	248.64	218.70	82.05	106.91	312.43	99.08	62.47	106.56	347.71	317.78	181.13	205.99	411.51	311.11	281.17	144.52	169.38	374.90	355.20	325.26	188.61	213.47	418.99
31	242.39	235.02	210.60	77.56	105.76	300.86	86.13	66.35	87.12	321.15	296.73	163.68	191.89	386.98	301.37	276.95	143.91	172.11	367.21	322.14	297.72	164.68	192.88	387.98
32	246.45	217.52	210.60	71.78	104.41	300.86	71.27	60.72	68.40	288.79	281.87	143.05	175.68	372.12	278.24	271.32	132.50	165.13	361.57	285.92	279.00	140.18	172.81	369.26
33	250.37	252.52	218.70	83.33	108.59	312.43	103.00	64.60	106.56	355.53	321.70	186.33	211.59	415.43	317.13	283.30	147.93	173.19	377.03	359.08	325.26	189.89	215.15	418.99
34	246.45	217.52	210.60	71.78	104.41	300.86	71.27	60.72	68.40	288.79	281.87	143.05	175.68	372.12	278.24	271.32	132.50	165.13	361.57	285.92	279.00	140.18	172.81	369.26
35	242.39	231.13	210.60	76.27	104.01	300.86	82.65	63.99	87.12	313.78	293.25	158.92	186.66	383.51	295.12	274.59	140.26	168.00	364.84	318.25	297.72	163.39	191.13	387.98

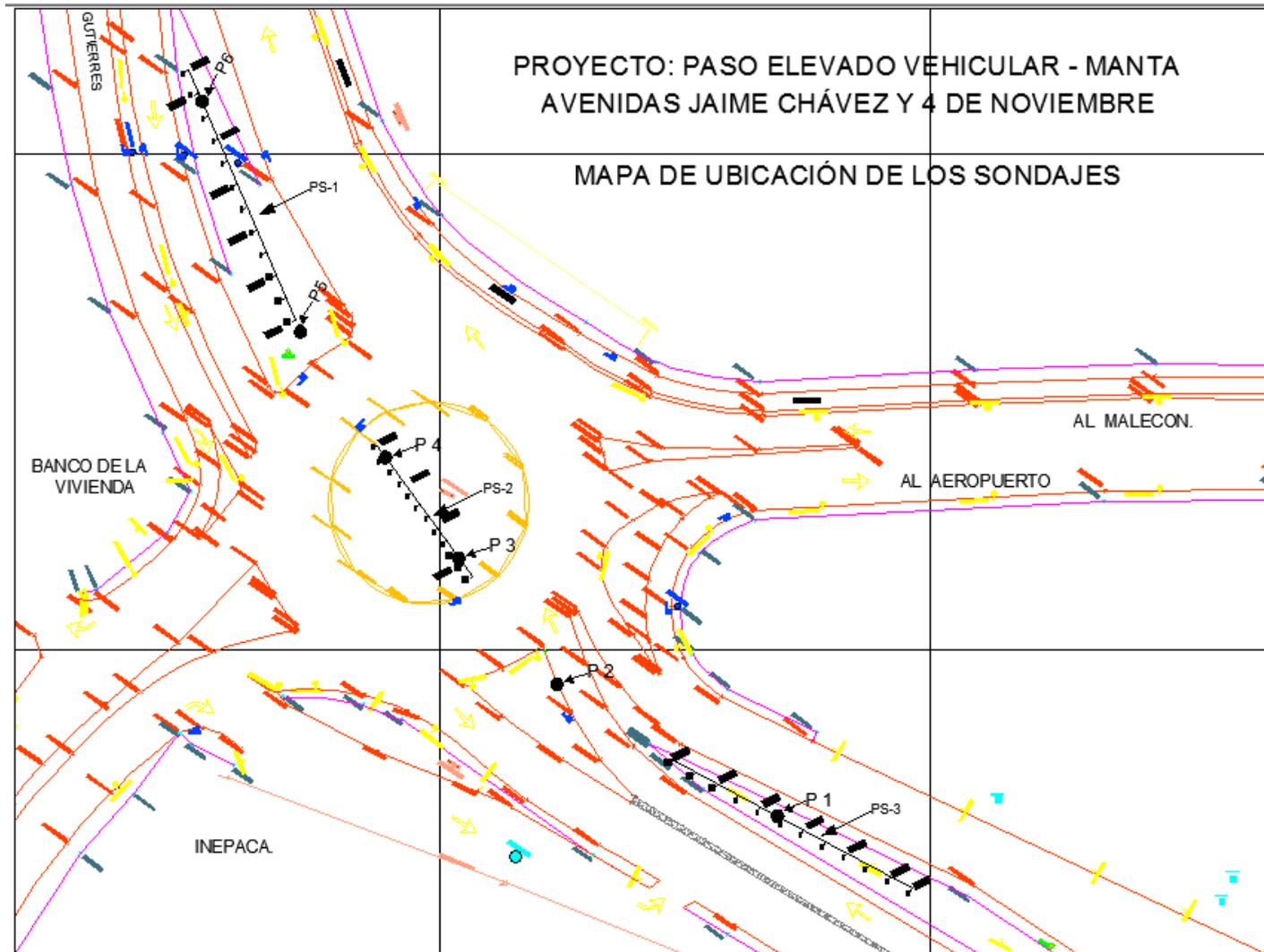
ANEXO A6 Capacidad de Carga Última, métodos combinados Pila 9- Manta

CAPACIDAD DE CARGA ÚLTIMA MÉTODOS COMBINADOS PILA 9																								
PILOTE	HINCA	CARGA POR PUNTA					CARGA POR FRICCIÓN			Fricción Meyerhof					Fricción Coyle y Castello					Fricción Aoki Velloso				
	DELMAG	MEYER HOF	MEYERH OF(spt)	JANBU	COYLE Y CAASTE LLO	AOKI VELLOSO	MEYER HOF	COYLE Y CASTELLO	AOKI VELLOSO	MEYER HOF	MEYERH OF(spt)	JANBU	COYLE Y CASTELLO	AOKI VELLOSO	MEYER HOF	MEYERH OF(spt)	JANBU	COYLE Y CASTELLO	AOKI VELLOSO	MEYER HOF	MEYERH OF(spt)	JANBU	COYLE Y CASTELLO	AOKI VELLOSO
1	246.45	218.66	218.70	72.16	98.40	312.43	72.89	59.33	90.72	291.55	291.59	145.05	171.29	385.32	277.99	278.03	131.49	157.73	371.76	309.38	309.42	162.88	189.12	403.15
2	246.45	223.70	218.70	73.82	100.66	312.43	77.57	62.54	90.72	301.27	296.27	151.39	178.23	390.00	286.24	281.24	136.36	163.20	374.97	314.42	309.42	164.54	191.38	403.15
3	246.45	232.10	218.70	76.59	99.80	312.43	85.86	56.72	110.16	317.96	304.56	162.45	185.66	398.29	288.82	275.42	133.32	156.53	369.15	342.26	328.86	186.75	209.96	422.59
4	246.45	213.62	218.70	70.49	96.13	312.43	68.44	56.21	90.72	282.06	287.14	138.94	164.57	380.87	269.83	274.91	126.70	152.34	368.64	304.34	309.42	161.21	186.85	403.15
5	246.45	218.66	218.70	72.16	98.40	312.43	72.89	59.33	90.72	291.55	291.59	145.05	171.29	385.32	277.99	278.03	131.49	157.73	371.76	309.38	309.42	162.88	189.12	403.15
6	242.39	216.98	218.70	71.60	97.64	312.43	71.39	58.28	90.72	288.37	290.09	142.99	169.03	383.81	275.26	276.98	129.89	155.92	370.71	307.70	309.42	162.32	188.36	403.15
7	246.45	227.06	218.70	74.93	102.18	312.43	80.81	64.72	90.72	307.87	299.51	155.74	182.99	393.24	291.78	283.42	139.65	166.90	377.15	317.78	309.42	165.65	192.90	403.15
10	246.45	216.98	218.70	71.60	97.64	312.43	71.39	58.28	90.72	288.37	290.09	142.99	169.03	383.81	275.26	276.98	129.89	155.92	370.71	307.70	309.42	162.32	188.36	403.15
11	246.45	225.38	218.70	74.37	101.42	312.43	79.18	63.63	90.72	304.56	297.88	153.55	180.60	391.61	289.01	282.33	138.00	165.05	376.06	316.10	309.42	165.09	192.14	403.15
12	246.45	220.34	218.70	72.71	99.15	312.43	74.43	60.39	90.72	294.77	293.13	147.14	173.58	386.86	280.73	279.09	133.11	159.55	372.82	311.06	309.42	163.43	189.87	403.15
13	246.45	233.78	218.70	77.15	100.52	312.43	87.59	57.67	110.16	321.37	306.29	164.74	188.12	400.02	291.45	276.37	134.82	158.19	370.10	343.94	328.86	187.31	210.68	422.59
14	242.39	230.42	218.70	76.04	99.08	312.43	84.15	55.79	110.16	314.57	302.85	160.19	183.23	396.58	286.20	274.49	131.83	154.87	368.22	340.58	328.86	186.20	209.24	422.59
15	242.39	213.62	218.70	70.49	96.13	312.43	68.44	56.21	90.72	282.06	287.14	138.94	164.57	380.87	269.83	274.91	126.70	152.34	368.64	304.34	309.42	161.21	186.85	403.15
17	246.45	223.70	218.70	73.82	100.66	312.43	77.57	62.54	90.72	301.27	296.27	151.39	178.23	390.00	286.24	281.24	136.36	163.20	374.97	314.42	309.42	164.54	191.38	403.15
18	242.39	216.98	218.70	71.60	97.64	312.43	71.39	58.28	90.72	288.37	290.09	142.99	169.03	383.81	275.26	276.98	129.89	155.92	370.71	307.70	309.42	162.32	188.36	403.15
19	250.37	213.62	218.70	70.49	96.13	312.43	68.44	56.21	90.72	282.06	287.14	138.94	164.57	380.87	269.83	274.91	126.70	152.34	368.64	304.34	309.42	161.21	186.85	403.15
20	246.45	230.42	218.70	76.04	99.08	312.43	84.15	55.79	110.16	314.57	302.85	160.19	183.23	396.58	286.20	274.49	131.83	154.87	368.22	340.58	328.86	186.20	209.24	422.59
21	250.37	222.02	218.70	73.27	99.91	312.43	75.99	61.46	90.72	298.00	294.69	149.25	175.89	388.42	283.48	280.16	134.73	161.37	373.89	312.74	309.42	163.99	190.63	403.15
22	246.45	235.46	218.70	77.70	101.25	312.43	89.35	58.62	110.16	324.80	308.05	167.05	190.59	401.78	294.08	277.32	136.32	159.87	371.05	345.62	328.86	187.86	211.41	422.59
23	246.45	222.02	218.70	73.27	99.91	312.43	75.99	61.46	90.72	298.00	294.69	149.25	175.89	388.42	283.48	280.16	134.73	161.37	373.89	312.74	309.42	163.99	190.63	403.15
24	246.45	228.74	218.70	75.48	98.36	312.43	82.47	54.86	110.16	311.21	301.17	157.95	180.83	394.90	283.60	273.56	130.34	153.22	367.29	338.90	328.86	185.64	208.52	422.59
25	246.45	225.38	218.70	74.37	101.42	312.43	79.18	63.63	90.72	304.56	297.88	153.55	180.60	391.61	289.01	282.33	138.00	165.05	376.06	316.10	309.42	165.09	192.14	403.15
26	250.37	220.34	218.70	72.71	99.15	312.43	74.43	60.39	90.72	294.77	293.13	147.14	173.58	386.86	280.73	279.09	133.11	159.55	372.82	311.06	309.42	163.43	189.87	403.15
27	250.37	228.74	218.70	75.48	98.36	312.43	82.47	54.86	110.16	311.21	301.17	157.95	180.83	394.90	283.60	273.56	130.34	153.22	367.29	338.90	328.86	185.64	208.52	422.59
28	250.37	230.42	218.70	76.04	99.08	312.43	84.15	55.79	110.16	314.57	302.85	160.19	183.23	396.58	286.20	274.49	131.83	154.87	368.22	340.58	328.86	186.20	209.24	422.59
29	250.37	228.74	218.70	75.48	98.36	312.43	82.47	54.86	110.16	311.21	301.17	157.95	180.83	394.90	283.60	273.56	130.34	153.22	367.29	338.90	328.86	185.64	208.52	422.59
31	250.37	218.66	218.70	72.16	98.40	312.43	72.89	59.33	90.72	291.55	291.59	145.05	171.29	385.32	277.99	278.03	131.49	157.73	371.76	309.38	309.42	162.88	189.12	403.15
34	250.37	216.98	218.70	71.60	97.64	312.43	71.39	58.28	90.72	288.37	290.09	142.99	169.03	383.81	275.26	276.98	129.89	155.92	370.71	307.70	309.42	162.32	188.36	403.15
35	250.37	218.66	218.70	72.16	98.40	312.43	72.89	59.33	90.72	291.55	291.59	145.05	171.29	385.32	277.99	278.03	131.49	157.73	371.76	309.38	309.42	162.88	189.12	403.15
38	250.37	216.98	218.70	71.60	97.64	312.43	71.39	58.28	90.72	288.37	290.09	142.99	169.03	383.81	275.26	276.98	129.89	155.92	370.71	307.70	309.42	162.32	188.36	403.15
36	228.48	228.15	226.80	75.29	98.10	324.00	101.90	56.80	133.20	330.05	328.70	177.19	200.00	425.90	284.95	283.60	132.09	154.91	380.80	361.35	360.00	208.49	231.30	457.20
37	231.79	216.91	218.70	71.58	97.61	312.43	88.64	60.64	113.04	305.56	307.34	160.22	186.25	401.07	277.56	279.34	132.23	158.26	373.07	329.95	331.74	184.62	210.65	425.47
38	231.79	220.12	218.70	72.64	99.06	312.43	92.33	62.75	113.04	312.45	311.03	164.97	191.38	404.76	282.87	281.45	135.39	161.80	375.18	333.16	331.74	185.68	212.10	425.47

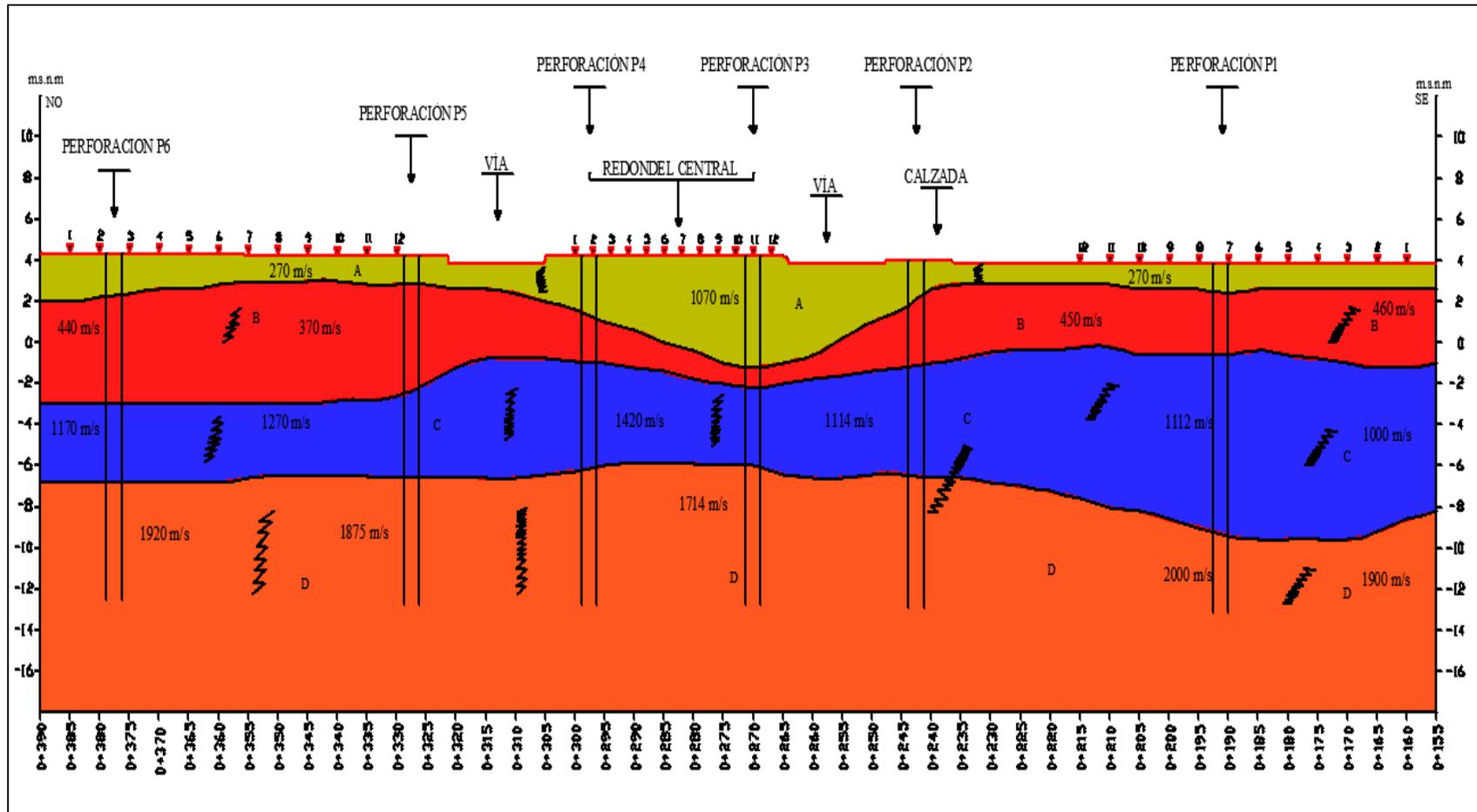
ANEXO B Capacidad de Carga Última, métodos combinados Puente Mejía

PILOTE	RECHAZO	L PENETRADA	HINCA DELMAG	CARGA POR PUNTA		CARGA POR FRICCIÓN				MÉTODOS COMBINADOS							
				GENERAL	AOKI VELLOSO	METODO $\alpha$	METODO $\lambda$	METODO $\beta$	AOKI VELLOSO	METODO $\alpha$		METODO $\lambda$		METODO $\beta$		AOKI VELLOSO	
										GENERAL	AOKI VELLOSO	GENERAL	AOKI VELLOSO	GENERAL	AOKI VELLOSO	GENERAL	AOKI VELLOSO
21	18	21.5	113.76	5.83	34.71	105.88	108.14	68.64	144.41	111.72	140.60	113.97	142.85	74.47	103.36	150.24	179.13
22	16	21.5	108.01	5.83	34.71	105.88	108.14	68.64	144.41	111.72	140.60	113.97	142.85	74.47	103.36	150.24	179.13
23	18	22.5	113.76	5.83	32.40	112.10	116.44	75.18	153.05	117.94	144.50	122.27	148.84	81.01	107.58	158.88	185.45
24	18	21	113.76	5.83	37.03	102.82	107.25	65.49	135.15	108.65	139.84	113.08	144.28	71.32	102.52	140.99	172.18
25	19	21.5	116.36	5.83	34.71	105.88	108.14	68.64	144.41	111.72	140.60	113.97	142.85	74.47	103.36	150.24	179.13
26	22	21.5	123.30	5.83	34.71	105.88	108.14	68.64	144.41	111.72	140.60	113.97	142.85	74.47	103.36	150.24	179.13
27	20	21.5	118.81	5.83	34.71	105.88	108.14	68.64	144.41	111.72	140.60	113.97	142.85	74.47	103.36	150.24	179.13
28	24	20	127.30	5.83	41.66	94.46	104.98	59.40	125.28	100.30	136.12	110.81	146.63	65.23	101.06	131.11	166.94
29	20	21.5	118.81	5.83	34.71	105.88	108.14	68.64	144.41	111.72	140.60	113.97	142.85	74.47	103.36	150.24	179.13
30	20	21.5	118.81	5.83	34.71	105.88	108.14	68.64	144.41	111.72	140.60	113.97	142.85	74.47	103.36	150.24	179.13
31	20	21	118.81	5.83	37.03	102.82	107.25	65.49	135.15	108.65	139.84	113.08	144.28	71.32	102.52	140.99	172.18
32	20	21.5	118.81	5.83	34.71	105.88	108.14	68.64	144.41	111.72	140.60	113.97	142.85	74.47	103.36	150.24	179.13
33	20	21.5	118.81	5.83	34.71	105.88	108.14	68.64	144.41	111.72	140.60	113.97	142.85	74.47	103.36	150.24	179.13
34	18	21.5	113.76	5.83	34.71	105.88	108.14	68.64	144.41	111.72	140.60	113.97	142.85	74.47	103.36	150.24	179.13
35	22	20.5	123.30	5.83	37.03	98.60	106.19	62.41	135.15	104.43	135.63	112.03	143.22	68.24	99.43	140.99	172.18
36	22	20.5	123.30	5.83	37.03	98.60	106.19	62.41	135.15	104.43	135.63	112.03	143.22	68.24	99.43	140.99	172.18
37	19	21	116.36	5.83	37.03	102.82	107.25	65.49	135.15	108.65	139.84	113.08	144.28	71.32	102.52	140.99	172.18
38	19	20.5	116.36	5.83	37.03	98.60	106.19	62.41	135.15	104.43	135.63	112.03	143.22	68.24	99.43	140.99	172.18
39	24	21	127.30	5.83	37.03	102.82	107.25	65.49	135.15	108.65	139.84	113.08	144.28	71.32	102.52	140.99	172.18
40	19	21.5	116.36	5.83	34.71	105.88	108.14	68.64	144.41	111.72	140.60	113.97	142.85	74.47	103.36	150.24	179.13

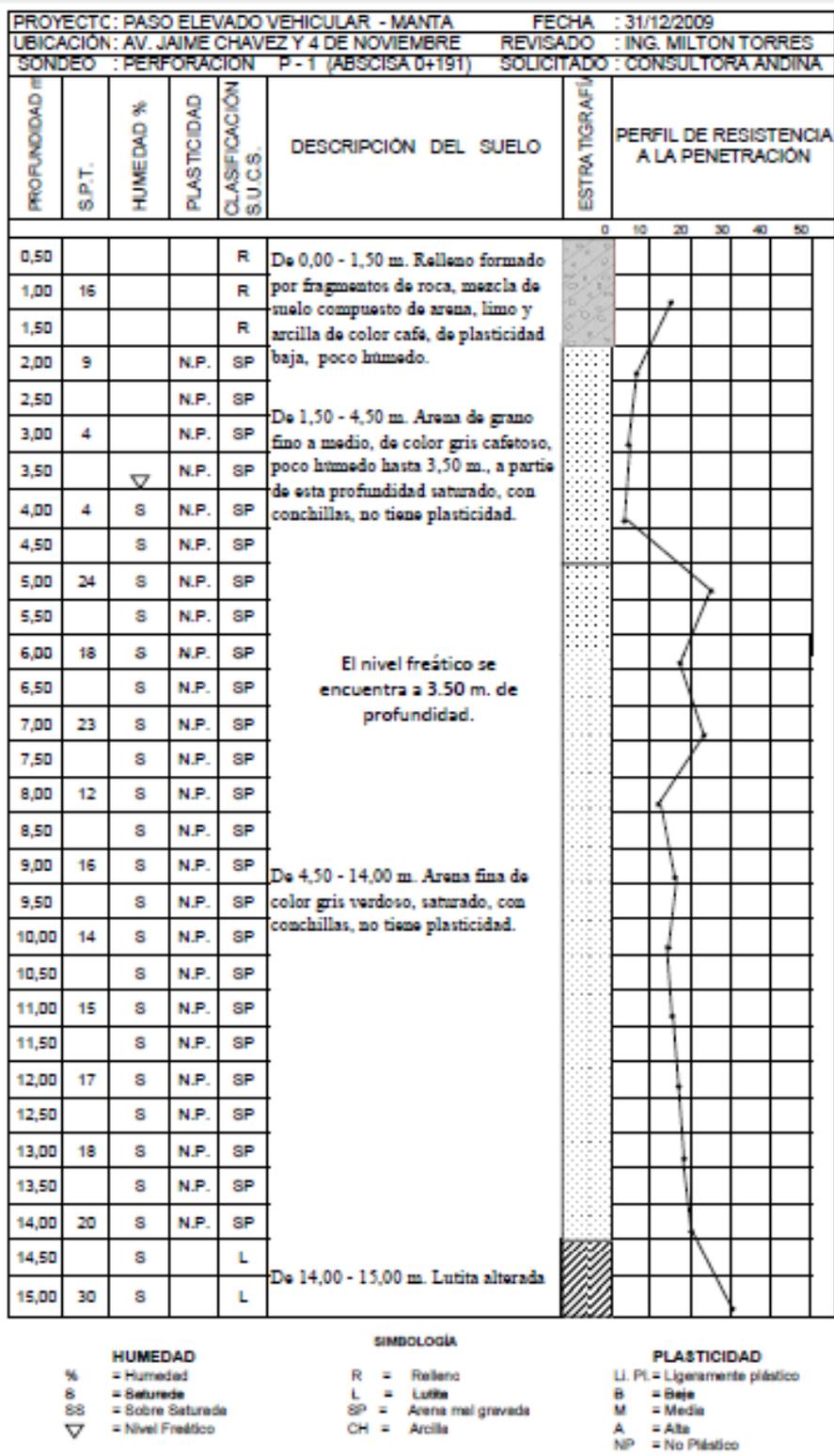
ANEXO C Mapa de Ubicación de los sondajes



ANEXO D Perfil Estratigráfico del Eje del Proyecto, Intercambiador de Tránsito Manta

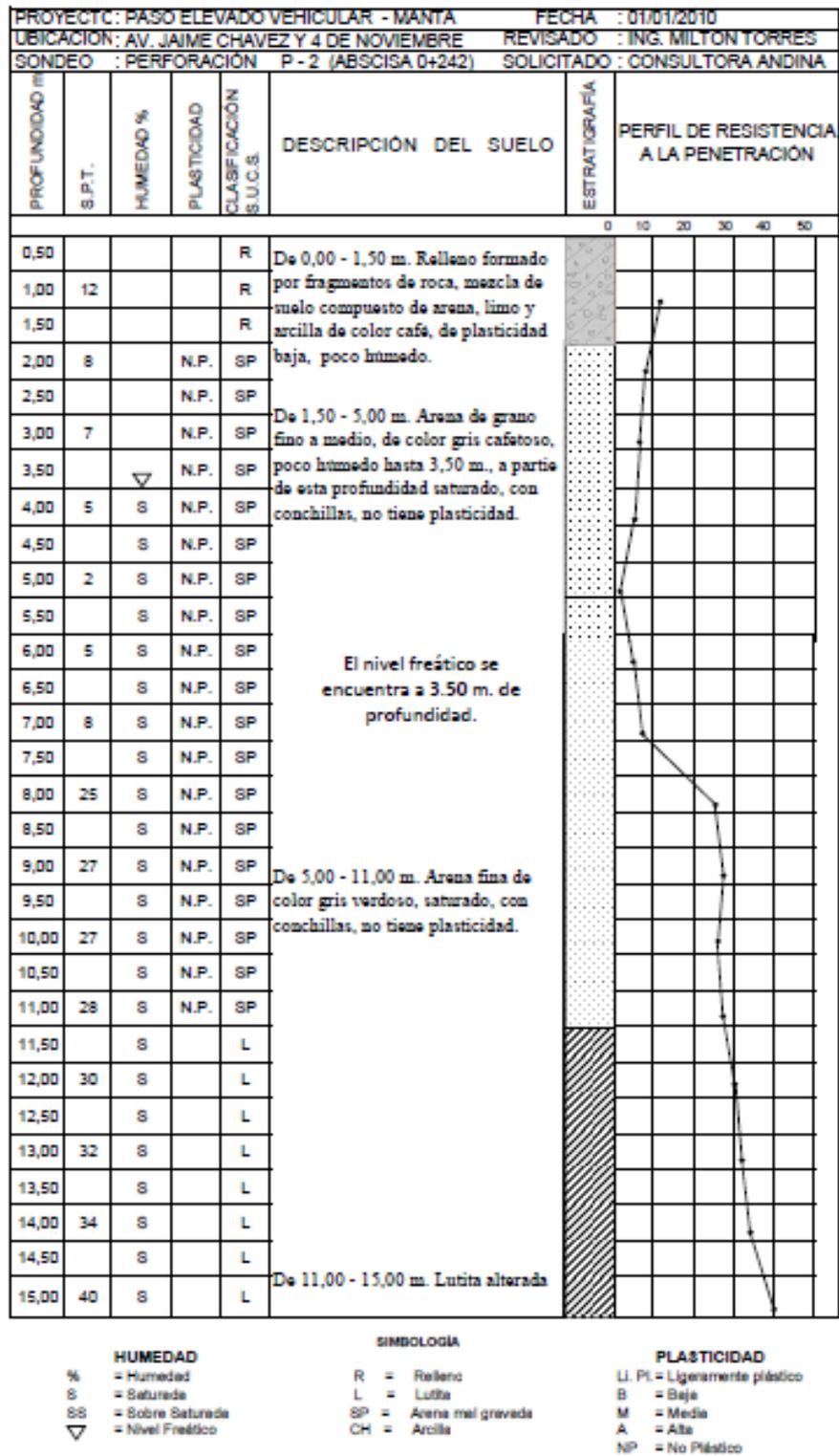


ANEXO E Registro de Sondajes Intercambiador de Tránsito Manta  
 ANEXO E1 Sondeo P1 Intercambiador de Tránsito Manta



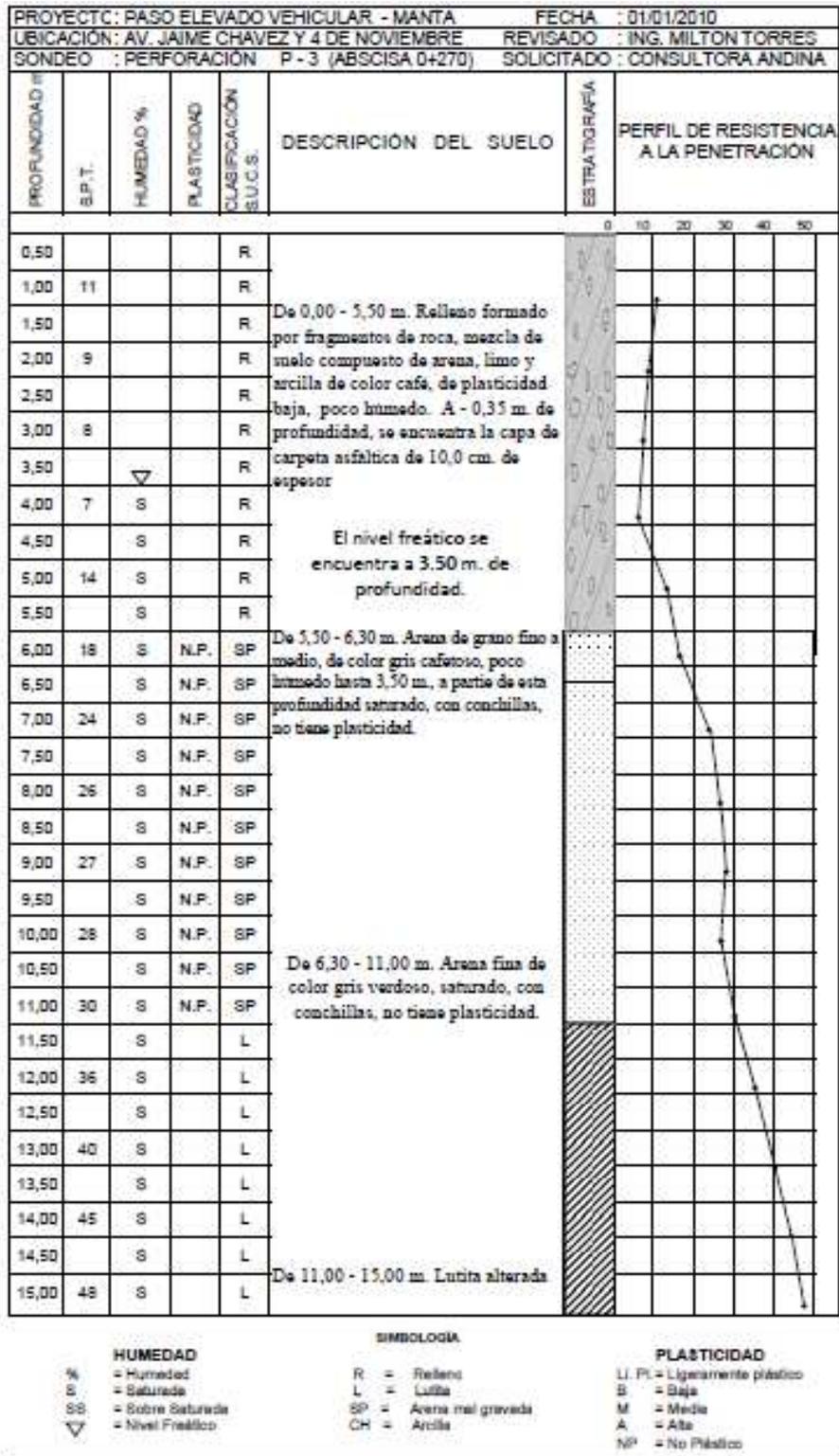
ANEXO E2

Sondeo P2 Intercambiador de Tránsito Manta

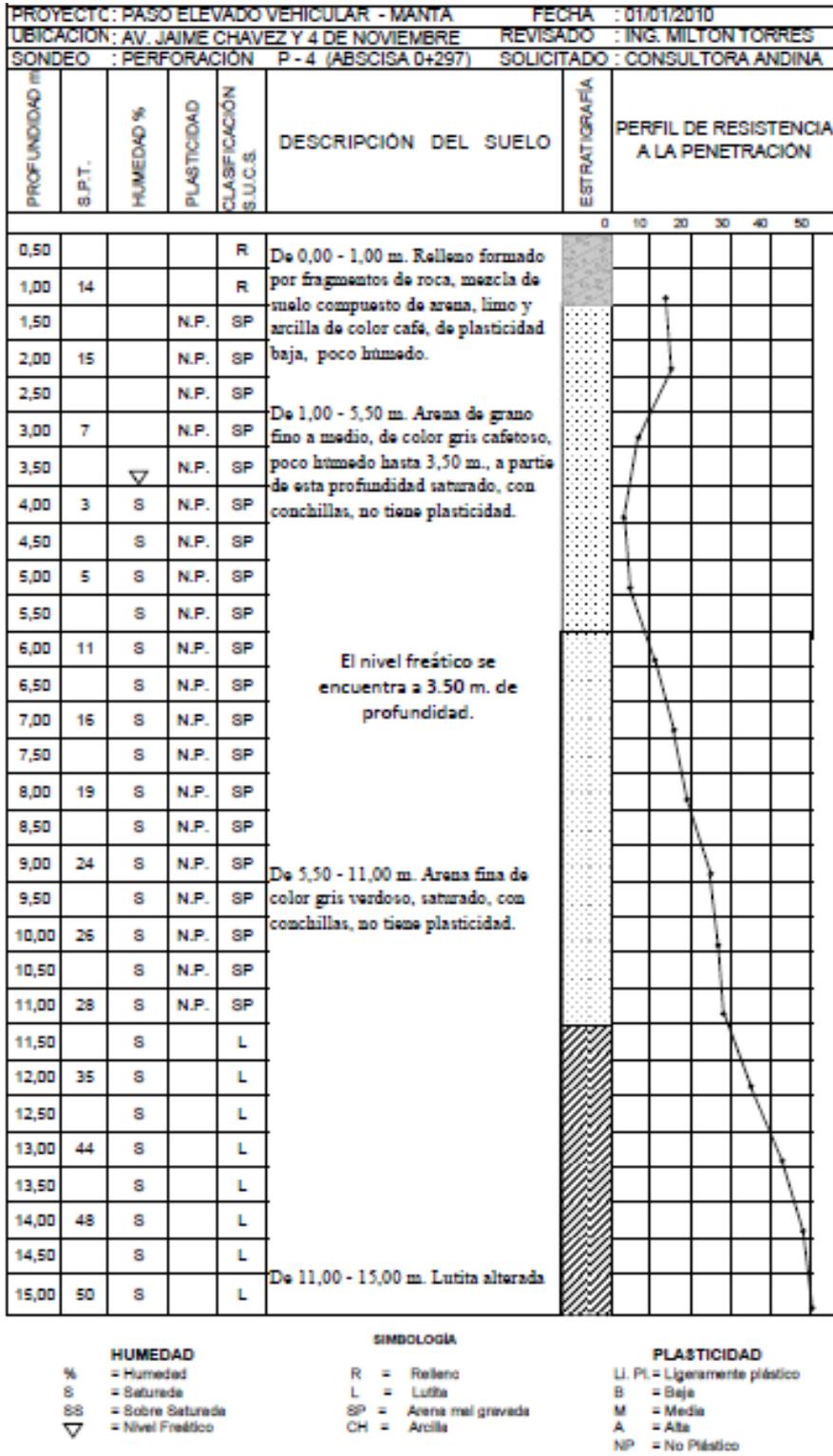


HUMEDAD	SIMBOLOGÍA	PLASTICIDAD
% = Humedad	R = Relleno	L, PL = Ligeramente plástico
S = Saturada	L = Lutita	B = Baja
SS = Sobre Saturada	SP = Arena mal gravada	M = Media
∇ = Nivel Freático	CH = Arcilla	A = Alta
		NP = No Plástico

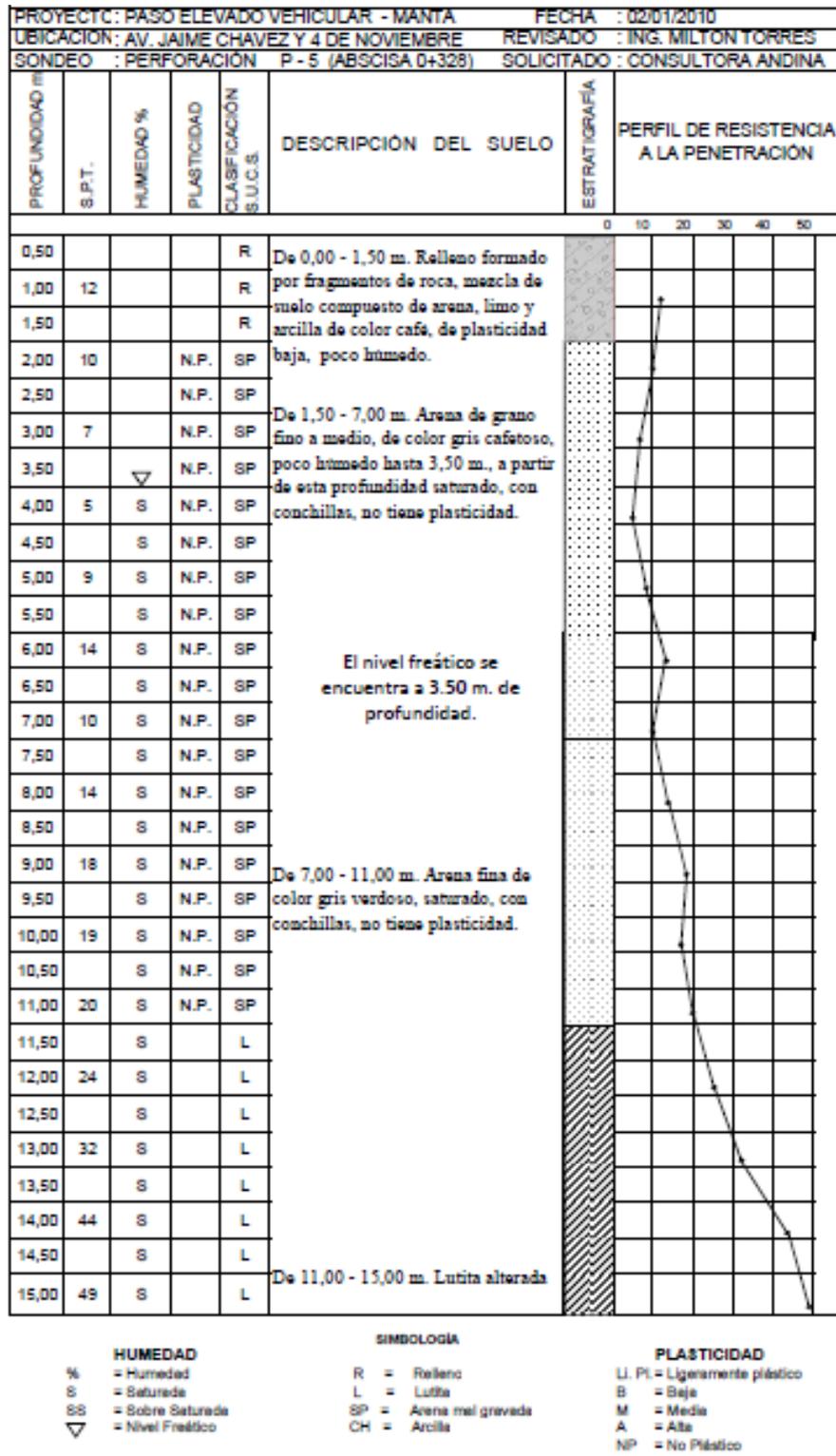
ANEXO E3 Sondeo P3 Intercambiador de Tránsito Manta



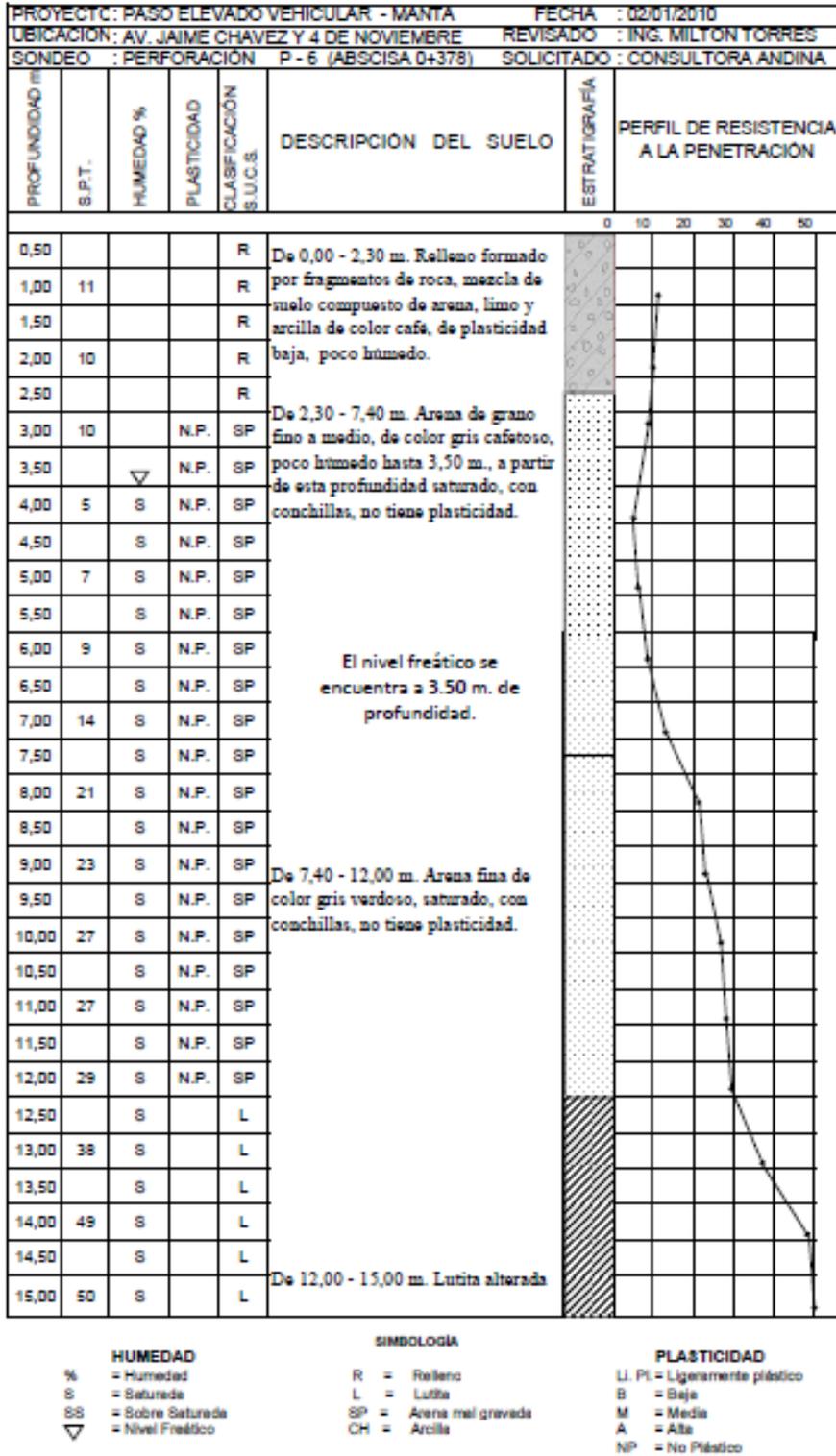
ANEXO E4 Sondeo P4 Intercambiador de Tránsito Manta



ANEXO E5 Sondeo P5 Intercambiador de Tránsito Manta



ANEXO E6 Sondeo P6 Intercambiador de Tránsito Manta



ANEXO F. Reporte de Hinca Intercambiador de Tránsito Manta  
 ANEXO F1. Reporte de Hinca Intercambiador de Tránsito Manta – Pila 03

REGISTRO DE HINCADO DE PILOTES					
FECHA	Nº PILOTE	LONGITU D TOTAL (m)	SECCION PILOTE	EXEDENT E (m)	# GOLPES RECHAZO
PILA 3					
martes, 17 de abril de 2012	1	14	0,45X0,45	4.1	29
sábado 05 de mayo de 2012	2	14	0,45X0,45	2.3	31
sábado 05 de mayo de 2012	3	14	0,45X0,45	3.5	30
sábado 05 de mayo de 2012	4	14	0,45X0,45	3	20
sábado 05 de mayo de 2012	5	14	0,45X0,45	4.1	25
sábado 05 de mayo de 2012	6	14	0,45X0,45	2.5	20
sábado 05 de mayo de 2012	7	14	0,45X0,45	4.6	31
sábado 05 de mayo de 2012	8	14	0,45X0,45	3.1	31
miércoles 09 de mayo de 2012	9	14	0,45X0,45	2.4	30
miércoles 09 de mayo de 2012	10	14	0,45X0,45	2.3	30
miércoles 09 de mayo de 2012	11	14	0,45X0,45	2.5	30
miércoles 09 de mayo de 2012	12	14	0,45X0,45	2.2	28
miércoles 09 de mayo de 2012	13	14	0,45X0,45	3.8	28
miércoles 09 de mayo de 2012	14	14	0,45X0,45	3.4	28
miércoles 09 de mayo de 2012	15	14	0,45X0,45	2.3	28
jueves 10 de mayo de 2012	16	14	0,45X0,45	3	31
jueves 10 de mayo de 2012	17	14	0,45X0,45	3.2	28
jueves 10 de mayo de 2012	18	14	0,45X0,45	4.5	29
jueves 10 de mayo de 2012	19	14	0,45X0,45	3	29
jueves 10 de mayo de 2012	20	14	0,45X0,45	3	30
jueves 10 de mayo de 2012	21	14	0,45X0,45	3.4	30
jueves 10 de mayo de 2012	22	14	0,45X0,45	2.9	28
jueves 10 de mayo de 2012	23	14	0,45X0,45	2.5	30
sábado 19 de mayo de 2012	24	14	0,45X0,45	1.8	30
sábado 19 de mayo de 2012	25	14	0,45X0,45	2.5	31
sábado 19 de mayo de 2012	26	14	0,45X0,45	3.8	30
sábado 19 de mayo de 2012	27	14	0,45X0,45	4.3	31
sábado 19 de mayo de 2012	28	14	0,45X0,45	5	31
sábado 19 de mayo de 2012	29	14	0,45X0,45	3.6	30
sábado 19 de mayo de 2012	30	14	0,45X0,45	4.2	31
sábado 19 de mayo de 2012	31	14	0,45X0,45	3.9	31
sábado 19 de mayo de 2012	32	14	0,45X0,45	3.4	30
Domingo 20 de mayo de 2012	33	14	0,45X0,45	2.1	28
Domingo 20 de mayo de 2012	34	14	0,45X0,45	2.3	30
		<b>476</b>		<b>108.5</b>	<b>29.029</b>

ANEXO F2. Reporte de Hincia Intercambiador de Tránsito Manta – Pila 05

REGISTRO DE HINCADO DE PILOTES					
FECHA	Nº PILOTE	LONGITUD TOTAL (m)	SECCION PILOTE	EXEDENTE (m)	# GOLPES RECHAZO
<b>PILA 5</b>					
miércoles, 25 de abril de 2012	1	13	0,45X0,45	3.1	30
jueves, 26 de abril de 2012	2	13	0,45X0,45	3.1	28
jueves, 26 de abril de 2012	3	13	0,45X0,45	3.4	31
jueves, 26 de abril de 2012	4	13	0,45X0,45	3.8	31
jueves, 26 de abril de 2012	5	13	0,45X0,45	3.8	28
jueves, 26 de abril de 2012	6	13	0,45X0,45	3.8	30
jueves, 26 de abril de 2012	7	13	0,45X0,45	3.5	30
jueves, 26 de abril de 2012	8	13	0,45X0,45	2.8	26
jueves, 26 de abril de 2012	9	13	0,45X0,45	3.4	31
jueves, 26 de abril de 2012	10	13	0,45X0,45	3.9	27
jueves, 26 de abril de 2012	11	13	0,45X0,45	2.7	30
jueves, 26 de abril de 2012	12	13	0,45X0,45	3.1	30
jueves, 26 de abril de 2012	13	13	0,45X0,45	3.4	28
viernes, 27 de abril de 2012	14	13	0,45X0,45	3	32
viernes, 27 de abril de 2012	15	13	0,45X0,45	3.4	30
viernes, 27 de abril de 2012	16	13	0,45X0,45	3.3	31
viernes, 27 de abril de 2012	17	13	0,45X0,45	3	31
viernes, 27 de abril de 2012	18	13	0,45X0,45	3.4	32
viernes, 27 de abril de 2012	19	13	0,45X0,45	3.5	31
viernes, 27 de abril de 2012	20	13	0,45X0,45	4	31
viernes, 27 de abril de 2012	21	13	0,45X0,45	3.4	30
viernes, 27 de abril de 2012	22	13	0,45X0,45	4.3	27
viernes, 27 de abril de 2012	23	13	0,45X0,45	2.2	28
viernes, 27 de abril de 2012	24	13	0,45X0,45	4.5	31
viernes, 27 de abril de 2012	25	13	0,45X0,45	4	31
viernes, 27 de abril de 2012	26	13	0,45X0,45	3.4	31
viernes, 27 de abril de 2012	27	13	0,45X0,45	4.7	32
jueves, 03 de mayo de 2012	28	13	0,45X0,45	4.4	30
jueves, 03 de mayo de 2012	29	13	0,45X0,45	4.5	30
jueves, 03 de mayo de 2012	30	13	0,45X0,45	4.3	30
jueves, 03 de mayo de 2012	31	13	0,45X0,45	4	28
jueves, 03 de mayo de 2012	32	13	0,45X0,45	4	28
jueves, 03 de mayo de 2012	33	13	0,45X0,45	3.6	30
viernes 11 de mayo de 2012	34	13	0,45X0,45	3	30
jueves 17 de mayo de 2012	35	13	0,45X0,45	3.4	31
jueves 17 de mayo de 2012	36	13	0,45X0,45	3.1	31
viernes 18 de mayo de 2012	37	13	0,45X0,45	2.7	28
viernes 18 de mayo de 2012	38	13	0,45X0,45	4	27
		<b>494</b>		<b>134.9</b>	<b>33</b>

27%

ANEXO F3. Reporte de Hinca Intercambiador de Tránsito Manta – Pila 06

REGISTRO DE HINCADO DE PILOTES					
FECHA	Nº PILOTE	LONGITUD TOTAL (m)	SECCION PILOTE	EXEDENTE (m)	# GOLPES RECHAZO
<b>PILA 6</b>					
martes, 10 de abril de 2012	1	13	0,45X0,45	2.4	26
martes, 10 de abril de 2012	2	13	0,45X0,45	2.0	26
martes, 10 de abril de 2012	3	13	0,45X0,45	2.2	26
martes, 10 de abril de 2012	4	13	0,45X0,45	2.1	29
martes, 10 de abril de 2012	5	13	0,45X0,45	2.5	30
martes, 10 de abril de 2012	6	13	0,45X0,45	2.3	31
martes, 10 de abril de 2012	7	13	0,45X0,45	2.4	26
martes, 10 de abril de 2012	8	13	0,45X0,45	2	26
martes, 10 de abril de 2012	9	13	0,45X0,45	2.2	26
martes, 10 de abril de 2012	10	13	0,45X0,45	2.1	29
martes, 10 de abril de 2012	11	13	0,45X0,45	2.5	30
martes, 10 de abril de 2012	12	13	0,45X0,45	2.3	31
domingo, 15 de abril de 2012	13	13	0,45X0,45	2.5	30
domingo, 15 de abril de 2012	14	13	0,45X0,45	2.4	30
domingo, 15 de abril de 2012	15	13	0,45X0,45	2.5	30
martes, 17 de abril de 2012	16	13	0,45X0,45	2.6	27
martes, 17 de abril de 2012	17	13	0,45X0,45	1.6	28
martes, 17 de abril de 2012	18	13	0,45X0,45	2.6	29
martes, 17 de abril de 2012	19	13	0,45X0,45	3.2	29
miércoles, 18 de abril de 2012	20	13	0,45X0,45	2.9	29
miércoles, 18 de abril de 2012	21	13	0,45X0,45	2.7	31
jueves, 19 de abril de 2012	22	13	0,45X0,45	2.8	30
jueves, 19 de abril de 2012	23	13	0,45X0,45	3.2	30
jueves, 19 de abril de 2012	24	13	0,45X0,45	3.8	30
jueves, 19 de abril de 2012	25	13	0,45X0,45	3.5	31
jueves, 19 de abril de 2012	26	13	0,45X0,45	2.9	29
jueves, 19 de abril de 2012	27	13	0,45X0,45	3.5	30
jueves, 19 de abril de 2012	28	13	0,45X0,45	3.8	31
viernes, 20 de abril de 2012	29	13	0,45X0,45	3.0	30
viernes, 20 de abril de 2012	30	13	0,45X0,45	3	30
viernes, 20 de abril de 2012	31	13	0,45X0,45	3	28
viernes, 20 de abril de 2012	32	13	0,45X0,45	3.3	30
viernes, 20 de abril de 2012	33	13	0,45X0,45	3	28
viernes, 20 de abril de 2012	34	13	0,45X0,45	2.7	30
viernes, 20 de abril de 2012	35	13	0,45X0,45	3.4	31
viernes, 20 de abril de 2012	36	13	0,45X0,45	3	30
viernes, 20 de abril de 2012	37	13	0,45X0,45	3.5	29
viernes, 20 de abril de 2012	38	13	0,45X0,45	3.5	31
		<b>494</b>		<b>104.9</b>	<b>33</b>
				21%	

ANEXO F4. Reporte de Hincia Intercambiador de Tránsito Manta – Pila 07

REGISTRO DE HINCADO DE PILOTES					
FECHA	Nº PILOTE	LONGITUD TOTAL (m)	SECCION PILOTE	EXEDENTE (m)	# GOLPES RECHAZO
<b>PILA 7</b>					
lunes, 09 de abril de 2012	1	13	0,45X0,45	2.2	30
lunes, 09 de abril de 2012	2	13	0,45X0,45	1.9	31
lunes, 09 de abril de 2012	3	13	0,45X0,45	1.1	32
lunes, 09 de abril de 2012	4	13	0,45X0,45	2.2	31
martes, 10 de abril de 2012	5	13	0,45X0,45	1.5	27
martes, 10 de abril de 2012	6	13	0,45X0,45	2.4	31
martes, 10 de abril de 2012	7	13	0,45X0,45	2.1	30
jueves, 12 de abril de 2012	8	13	0,45X0,45	2.7	22
jueves, 12 de abril de 2012	9	13	0,45X0,45	3.0	31
jueves, 12 de abril de 2012	10	13	0,45X0,45	2.7	28
jueves, 12 de abril de 2012	11	13	0,45X0,45	3.0	27
jueves, 12 de abril de 2012	12	13	0,45X0,45	3	30
jueves, 12 de abril de 2012	13	13	0,45X0,45	3.1	30
jueves, 12 de abril de 2012	14	13	0,45X0,45	3	27
jueves, 12 de abril de 2012	15	13	0,45X0,45	3.1	28
jueves, 12 de abril de 2012	16	13	0,45X0,45	2.2	31
jueves, 12 de abril de 2012	17	13	0,45X0,45	2.9	29
jueves, 12 de abril de 2012	18	13	0,45X0,45	2.7	30
jueves, 12 de abril de 2012	19	13	0,45X0,45	2.7	28
jueves, 12 de abril de 2012	20	13	0,45X0,45	2.7	30
jueves, 12 de abril de 2012	21	13	0,45X0,45	2.0	30
jueves, 12 de abril de 2012	22	13	0,45X0,45	2.4	29
sábado, 14 de abril de 2012	23	13	0,45X0,45	3.0	30
lunes, 09 de abril de 2012	24	13	0,45X0,45	1.9	31
lunes, 09 de abril de 2012	25	13	0,45X0,45	1.1	32
lunes, 09 de abril de 2012	26	13	0,45X0,45	2.2	31
martes, 10 de abril de 2012	27	13	0,45X0,45	1.5	27
martes, 10 de abril de 2012	28	13	0,45X0,45	2.4	31
martes, 10 de abril de 2012	29	13	0,45X0,45	2.1	30
lunes, 09 de abril de 2012	30	13	0,45X0,45	2.2	30
viernes, 13 de abril de 2012	31	13	0,45X0,45	2.2	30
viernes, 13 de abril de 2012	32	13	0,45X0,45	2.4	28
viernes, 13 de abril de 2012	33	13	0,45X0,45	2	30
viernes, 13 de abril de 2012	34	13	0,45X0,45	2.4	30
viernes, 13 de abril de 2012	35	13	0,45X0,45	2.6	28
viernes, 13 de abril de 2012	36	13	0,45X0,45	2.9	30
viernes, 13 de abril de 2012	37	13	0,45X0,45	3.2	29
viernes, 13 de abril de 2012	38	13	0,45X0,45	2.3	30
		<b>494</b>		<b>91</b>	<b>32.9</b>

18%

ANEXO F5. Reporte de Hinca Intercambiador de Tránsito Manta – Pila 08

REGISTRO DE HINCADO DE PILOTES					
FECHA	Nº PILOTE	LONGITUD TOTAL (m)	SECCION PILOTE	EXEDENTE (m)	# GOLPES RECHAZO
<b>PILA 8</b>					
sábado, 31 de marzo de 2012	1	13	0,45X0,45	2.5	28
sábado, 31 de marzo de 2012	2	13	0,45X0,45	3.0	31
domingo, 01 de abril de 2012	3	13	0,45X0,45	2.7	31
domingo, 01 de abril de 2012	4	13	0,45X0,45	2.1	30
domingo, 01 de abril de 2012	5	13	0,45X0,45	1.7	30
domingo, 01 de abril de 2012	6	13	0,45X0,45	2.2	30
domingo, 01 de abril de 2012	7	13	0,45X0,45	2.3	31
domingo, 01 de abril de 2012	8	13	0,45X0,45	1.1	29
domingo, 01 de abril de 2012	9	13	0,45X0,45	1.6	30
domingo, 01 de abril de 2012	10	13	0,45X0,45	1.2	30
domingo, 01 de abril de 2012	11	13	0,45X0,45	2.4	30
lunes, 02 de abril de 2012	12	13	0,45X0,45	0.8	30
lunes, 02 de abril de 2012	13	13	0,45X0,45	3.2	30
lunes, 02 de abril de 2012	14	13	0,45X0,45	2.5	30
lunes, 02 de abril de 2012	15	13	0,45X0,45	3.5	30
lunes, 02 de abril de 2012	16	13	0,45X0,45	3.4	30
lunes, 02 de abril de 2012	17	13	0,45X0,45	3.3	30
lunes, 02 de abril de 2012	18	13	0,45X0,45	2.2	30
lunes, 02 de abril de 2012	19	13	0,45X0,45	3.4	30
lunes, 02 de abril de 2012	20	13	0,45X0,45	2.4	30
lunes, 02 de abril de 2012	21	13	0,45X0,45	2.0	30
lunes, 02 de abril de 2012	22	13	0,45X0,45	2.4	30
lunes, 02 de abril de 2012	23	13	0,45X0,45	1.5	30
lunes, 02 de abril de 2012	24	13	0,45X0,45	2.9	30
lunes, 02 de abril de 2012	25	13	0,45X0,45	1.9	29
lunes, 02 de abril de 2012	26	13	0,45X0,45	2.5	30
martes, 03 de abril de 2012	27	13	0,45X0,45	3.5	30
martes, 03 de abril de 2012	28	13	0,45X0,45	3.2	30
martes, 03 de abril de 2012	29	13	0,45X0,45	2.0	28
martes, 03 de abril de 2012	30	13	0,45X0,45	4.5	26
martes, 03 de abril de 2012	31	13	0,45X0,45	2.7	28
martes, 03 de abril de 2012	32	13	0,45X0,45	3.6	29
martes, 03 de abril de 2012	33	13	0,45X0,45	1.8	30
martes, 03 de abril de 2012	34	13	0,45X0,45	3.6	29
martes, 03 de abril de 2012	35	13	0,45X0,45	2.9	28
martes, 03 de abril de 2012	36	13	0,45X0,45	4.8	11
martes, 03 de abril de 2012	37	13	0,45X0,45	2.3	31
		<b>481</b>		<b>95.6</b>	<b>29.162</b>
				19.88%	

ANEXO F6. Reporte de Hincia Intercambiador de Tránsito Manta – Pila 09

REGISTRO DE HINCADO DE PILOTES					
FECHA	Nº PILOTE	LONGITUD TOTAL (m)	SECCION PILOTE	EXEDENTE (m)	# GOLPES RECHAZO
<b>PILA 9</b>					
jueves, 29 de marzo de 2012	1	13	0,45X0,45	3.1	29
jueves, 29 de marzo de 2012	2	13	0,45X0,45	2.8	29
jueves, 29 de marzo de 2012	3	13	0,45X0,45	2.3	29
jueves, 29 de marzo de 2012	4	13	0,45X0,45	3.4	29
jueves, 29 de marzo de 2012	5	13	0,45X0,45	3.1	29
jueves, 29 de marzo de 2012	6	13	0,45X0,45	3.2	28
viernes, 30 de marzo de 2012	7	13	0,45X0,45	2.6	29
viernes, 30 de marzo de 2012	8	13	0,45X0,45	11.8	27
viernes, 30 de marzo de 2012	9	13	0,45X0,45	1.2	28
viernes, 30 de marzo de 2012	10	13	0,45X0,45	3.2	29
viernes, 30 de marzo de 2012	11	13	0,45X0,45	2.7	29
viernes, 30 de marzo de 2012	12	13	0,45X0,45	3	29
viernes, 30 de marzo de 2012	13	13	0,45X0,45	2.2	29
viernes, 30 de marzo de 2012	14	13	0,45X0,45	2.4	28
viernes, 30 de marzo de 2012	15	13	0,45X0,45	3.4	28
viernes, 30 de marzo de 2012	16	13	0,45X0,45	3.2	35
viernes, 30 de marzo de 2012	17	13	0,45X0,45	2.8	29
jueves, 29 de marzo de 2012	18	13	0,45X0,45	3.2	28
sábado, 31 de marzo de 2012	19	13	0,45X0,45	3.4	30
sábado, 31 de marzo de 2012	20	13	0,45X0,45	2.4	29
sábado, 31 de marzo de 2012	21	13	0,45X0,45	2.9	30
sábado, 31 de marzo de 2012	22	13	0,45X0,45	2.1	29
sábado, 31 de marzo de 2012	23	13	0,45X0,45	2.9	29
sábado, 31 de marzo de 2012	24	13	0,45X0,45	2.5	29
sábado, 31 de marzo de 2012	25	13	0,45X0,45	2.7	29
sábado, 31 de marzo de 2012	26	13	0,45X0,45	3.0	30
sábado, 31 de marzo de 2012	27	13	0,45X0,45	2.5	30
sábado, 31 de marzo de 2012	28	13	0,45X0,45	2.4	30
sábado, 31 de marzo de 2012	29	13	0,45X0,45	2.5	30
sábado, 31 de marzo de 2012	30	13	0,45X0,45	1.9	28
sábado, 31 de marzo de 2012	31	13	0,45X0,45	3.1	30
sábado, 31 de marzo de 2012	32	13	0,45X0,45	3.8	31
sábado, 31 de marzo de 2012	33	13	0,45X0,45	3.6	31
sábado, 31 de marzo de 2012	34	13	0,45X0,45	3.2	30
sábado, 31 de marzo de 2012	35	13	0,45X0,45	3.1	30
domingo, 01 de abril de 2012	36	13	0,45X0,45	3.8	31
domingo, 01 de abril de 2012	37	13	0,45X0,45	3.6	31
domingo, 01 de abril de 2012	38	13	0,45X0,45	3.2	30
		<b>494</b>		<b>118.2</b>	<b>32.88</b>

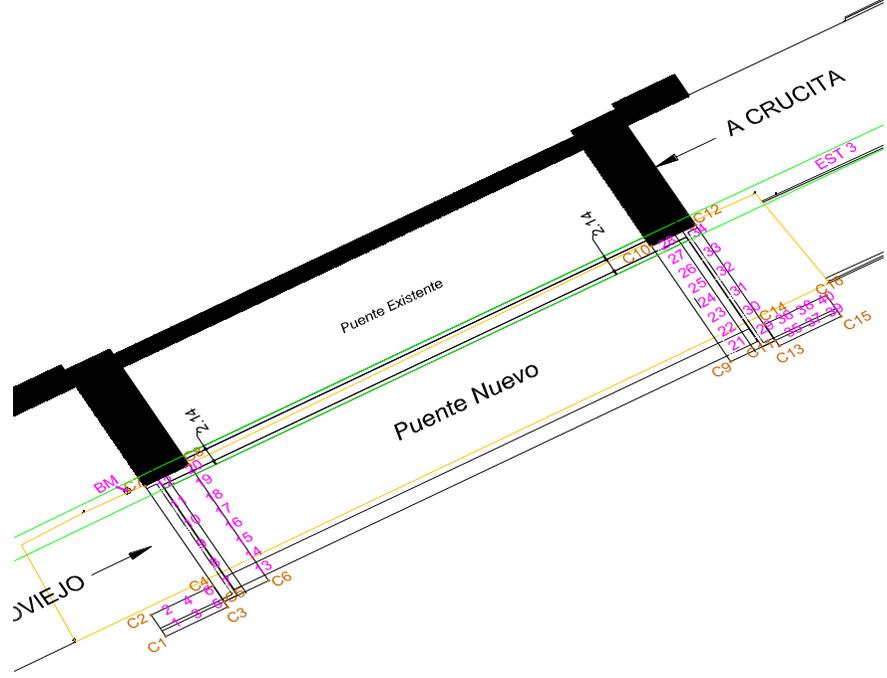
24%

# ANEXO G Implantación Puentes Mejía



OFICINA:  
Calle Córdova y 18 de Octubre, 3er. Piso  
TELÉFONOS: 05-2631498 / 05-2631176  
FAX: 05-2630366  
E-MAIL: [condisise@cssa.com.ec](mailto:condisise@cssa.com.ec)  
CASILLA N°: 13 - 01 - 289  
PORTOVIEJO - MANABI - ECUADOR

## IMPLANTACION DE PILOTES EN PUENTE MEJIA





ANEXO I. Reporte de Hinca Puente Mejía  
ANEXO II. Reporte de Hinca Puente Mejía – pilotes 21 y 22



OFICINA:  
Calle Córdova y 18 de Octubre, 3er. Piso  
TELÉFONOS: 05-2631498 / 05-2631176  
FAX: 05-2630366  
E-MAIL: consdise@ossa.com.ec  
CASILLA N°: 13 - 01 - 289  
PORTOVIEJO - MANABÍ - ECUADOR

**RESUMEN DE HINCADO DE PILOTES**

PILOTE# 21

RANGO		# DE GOLPES c/0,5	# DE GOLPES c/1,00	OBSERVACION
0.00	10.00			POR PESO PROPIO
10.00	10.50	11.00	19.00	
10.50	11.00	8.00		
11.00	11.50	12.00	20.00	
11.50	12.00	8.00		
12.00	12.50	7.00	13.00	
12.50	13.00	6.00		
13.00	13.50	8.00	17.00	
13.50	14.00	9.00		
14.00	14.50	14.00	27.00	
14.50	15.00	13.00		
15.00	15.50	16.00	34.00	
15.50	16.00	18.00		
16.00	16.50	15.00	30.00	
16.50	17.00	15.00		
17.00	17.50	19.00	38.00	
17.50	18.00	19.00		
18.00	18.50	21.00	49.00	
18.50	19.00	28.00		
19.00	19.50	33.00	67.00	
19.50	20.00	34.00		
20.00	20.50	46.00	166.00	
20.50	21.00	120.00		
21.00	21.50	90.00	RECHAZO	RECHAZO



OFICINA:  
Calle Córdova y 18 de Octubre, 3er. Piso  
TELÉFONOS: 05-2631498 / 05-2631176  
FAX: 05-2630366  
E-MAIL: consdise@ossa.com.ec  
CASILLA N°: 13 - 01 - 289  
PORTOVIEJO - MANABÍ - ECUADOR

**RESUMEN DE HINCADO DE PILOTES**

PILOTE# 22

RANGO		# DE GOLPES c/0,5	# DE GOLPES c/1,00	OBSERVACION
0.00	9.50			POR PESO PROPIO
9.50	10.00	25.00	32.00	
10.00	10.50	7.00		
10.50	11.00	5.00	11.00	
11.00	11.50	6.00		
11.50	12.00	8.00	16.00	
12.00	12.50	8.00		
12.50	13.00	6.00	12.00	
13.00	13.50	6.00		
13.50	14.00	6.00	14.00	
14.00	14.50	8.00		
14.50	15.00	11.00	26.00	
15.00	15.50	15.00		
15.50	16.00	21.00	51.00	
16.00	16.50	30.00		
16.50	17.00	26.00	56.00	
17.00	17.50	30.00		
17.50	18.00	31.00	61.00	
18.00	18.50	30.00		
18.50	19.00	29.00	66.00	
19.00	19.50	37.00		
19.50	20.00	44.00	110.00	
20.00	20.50	66.00		
20.50	21.00	110.00		
21.00	21.50	80.00		RECHAZO

## ANEXO I2. Reporte de Hinca Puente Mejía – pilotes 23 y 24



**OFICINA:**  
 Calle Córdova y 18 de Octubre. 3er. Piso  
**TELÉFONOS:** 05-2631498 / 05-2631176  
**FAX:** 05-2630366  
**E-MAIL:** consdise@ossa.com.ec  
**CASILLA N°:** 13 - 01 - 289  
**PORTOVIEJO - MANABÍ - ECUADOR**



**OFICINA:**  
 Calle Córdova y 18 de Octubre. 3er. Piso  
**TELÉFONOS:** 05-2631498 / 05-2631176  
**FAX:** 05-2630366  
**E-MAIL:** consdise@ossa.com.ec  
**CASILLA N°:** 13 - 01 - 289  
**PORTOVIEJO - MANABÍ - ECUADOR**

### RESUMEN DE HINCADO DE PILOTES

PILOTE# 23

RANGO		# DE GOLPES c/0,5	# DE GOLPES c/1,00	OBSERVACION
0.00	9.50			POR PESO PROPIO
9.50	10.00	15.00	33.00	
10.00	10.50	18.00		
10.50	11.00	24.00	50.00	
11.00	11.50	26.00		
11.50	12.00	33.00	119.00	
12.00	12.50	86.00		
12.50	13.00	100.00	141.00	
13.00	13.50	41.00		
13.50	14.00	30.00	50.00	
14.00	14.50	20.00		
14.50	15.00	11.00	22.00	
15.00	15.50	11.00		
15.50	16.00	13.00	29.00	
16.00	16.50	16.00		
16.50	17.00	19.00	44.00	
17.00	17.50	25.00		
17.50	18.00	26.00	52.00	
18.00	18.50	26.00		
18.50	19.00	29.00	58.00	
19.00	19.50	29.00		
19.50	20.00	33.00	71.00	
20.00	20.50	38.00		
20.50	21.00	42.00	85.00	
21.00	21.50	43.00		
21.50	22.00	85.00		
22.00	22.50	92.00		RECHAZO

### RESUMEN DE HINCADO DE PILOTES

PILOTE# 24

RANGO		# DE GOLPES c/0,5	# DE GOLPES c/1,00	OBSERVACION
0.00	9.50			POR PESO PROPIO
9.50	10.00	16.00	26.00	
10.00	10.50	10.00		
10.50	11.00	16.00		
11.00	11.50	12.00		RECHAZO
11.50	12.00	6.00	14.00	
12.00	12.50	8.00		
12.50	13.00	10.00	26.00	
13.00	13.50	16.00		
13.50	14.00	19.00	34.00	
14.00	14.50	15.00		
14.50	15.00	18.00	38.00	
15.00	15.50	20.00		
15.50	16.00	14.00	33.00	
16.00	16.50	19.00		
16.50	17.00	25.00	54.00	
17.00	17.50	29.00		
17.50	18.00	20.00	50.00	
18.00	18.50	30.00		
18.50	19.00	36.00	75.00	
19.00	19.50	39.00		
19.50	20.00	49.00	169.00	
20.00	20.50	120.00		
20.50	21.00	90.00		RECHAZO

### ANEXO I3. Reporte de Hinca Puente Mejía – pilotes 25 y 26



**OFICINA:**  
Calle Córdova y 18 de Octubre. 3er. Piso  
**TELÉFONOS:** 05-2631498 / 05-2631176  
**FAX:** 05-2630366  
**E-MAIL:** consdise@ossa.com.ec  
**CASILLA N°:** 13 - 01 - 289  
**PORTOVIEJO - MANABÍ - ECUADOR**

#### RESUMEN DE HINCADO DE PILOTES

PILOTE# 25

RANGO		# DE GOLPES c/0,5	# DE GOLPES c/1,00	OBSERVACION
0.00	9.50			POR PESO PROPIO
9.50	10.00	30.00	48.00	
10.00	10.50	18.00		
10.50	11.00	25.00	38.00	
11.00	11.50	13.00		
11.50	12.00	21.00	76.00	
12.00	12.50	55.00		
12.50	13.00	60.00	131.00	
13.00	13.50	71.00		
13.50	14.00	73.00	137.00	
14.00	14.50	64.00		
14.50	15.00	59.00	112.00	
15.00	15.50	53.00		
15.50	16.00	62.00	113.00	
16.00	16.50	51.00		
16.50	17.00	68.00	163.00	
17.00	17.50	95.00		
17.50	18.00	83.00	193.00	
18.00	18.50	110.00		
18.50	19.00	91.00	191.00	
19.00	19.50	100.00		
19.50	20.00	94.00	190.00	
20.00	20.50	96.00		
20.50	21.00	110.00		
21.00	21.50	93.00		RECHAZO



**OFICINA:**  
Calle Córdova y 18 de Octubre. 3er. Piso  
**TELÉFONOS:** 05-2631498 / 05-2631176  
**FAX:** 05-2630366  
**E-MAIL:** consdise@ossa.com.ec  
**CASILLA N°:** 13 - 01 - 289  
**PORTOVIEJO - MANABÍ - ECUADOR**

#### RESUMEN DE HINCADO DE PILOTES

PILOTE# 26

RANGO		# DE GOLPES c/0,5	# DE GOLPES c/1,00	OBSERVACION
0.00	10.00			POR PESO PROPIO
10.00	10.50	11.00	19.00	
10.50	11.00	8.00		
11.00	11.50	10.00	21.00	
11.50	12.00	11.00		
12.00	12.50	13.00	32.00	
12.50	13.00	19.00		
13.00	13.50	83.00	167.00	
13.50	14.00	84.00		
14.00	14.50	96.00	181.00	
14.50	15.00	85.00		
15.00	15.50	78.00	142.00	
15.50	16.00	64.00		
16.00	16.50	57.00	125.00	
16.50	17.00	68.00		
17.00	17.50	120.00	215.00	
17.50	18.00	95.00		
18.00	18.50	70.00	152.00	
18.50	19.00	82.00		
19.00	19.50	110.00	207.00	
19.50	20.00	97.00		
20.00	20.50	60.00	200.00	
20.50	21.00	140.00		
21.00	21.50	110.00	RECHAZO	RECHAZO

## ANEXO I4. Reporte de Hincia Puente Mejía – pilotes 27 y 28



**OFICINA:**  
 Calle Córdova y 18 de Octubre. 3er. Piso  
**TELÉFONOS:** 05-2631498 / 05-2631176  
**FAX:** 05-2630366  
**E-MAIL:** consdise@ossa.com.ec  
**CASILLA N°:** 13 - 01 - 289  
**PORTOVIEJO - MANABÍ - ECUADOR**

### RESUMEN DE HINCADO DE PILOTES

PILOTE# 27

RANGO		# DE GOLPES c/0,5	# DE GOLPES c/1,00	OBSERVACION
0.00	10.00			POR PESO PROPIO
10.00	10.50	15.00	25.00	
10.50	11.00	10.00		
11.00	11.50	19.00	35.00	
11.50	12.00	16.00		
12.00	12.50	14.00	36.00	
12.50	13.00	22.00		
13.00	13.50	55.00	116.00	
13.50	14.00	61.00		
14.00	14.50	88.00	164.00	
14.50	15.00	76.00		
15.00	15.50	86.00	152.00	
15.50	16.00	66.00		
16.00	16.50	70.00	148.00	
16.50	17.00	78.00		
17.00	17.50	119.00	220.00	
17.50	18.00	101.00		
18.00	18.50	68.00	153.00	
18.50	19.00	85.00		
19.00	19.50	115.00	208.00	
19.50	20.00	93.00		
20.00	20.50	69.00	202.00	
20.50	21.00	133.00		
21.00	21.50	99.00	RECHAZO	RECHAZO



**OFICINA:**  
 Calle Córdova y 18 de Octubre. 3er. Piso  
**TELÉFONOS:** 05-2631498 / 05-2631176  
**FAX:** 05-2630366  
**E-MAIL:** consdise@ossa.com.ec  
**CASILLA N°:** 13 - 01 - 289  
**PORTOVIEJO - MANABÍ - ECUADOR**

### RESUMEN DE HINCADO DE PILOTES

PILOTE# 28

RANGO		# DE GOLPES	# DE GOLPES c/1,00	OBSERVACION
0.00	8.50			POR PESO PROPIO
8.50	9.00	40.00	60.00	
9.00	9.50	20.00		
9.50	10.00	28.00	43.00	
10.00	10.50	15.00		
10.50	11.00	23.00	82.00	
11.00	11.50	59.00		
11.50	12.00	65.00	140.00	
12.00	12.50	75.00		
12.50	13.00	79.00	142.00	
13.00	13.50	63.00		
13.50	14.00	57.00	112.00	
14.00	14.50	55.00		
14.50	15.00	63.00	113.00	
15.00	15.50	50.00		
15.50	16.00	70.00	166.00	
16.00	16.50	96.00		
16.50	17.00	85.00	194.00	
17.00	17.50	109.00		
17.50	18.00	93.00	199.00	
18.00	18.50	106.00		
18.50	19.00	98.00	197.00	
19.00	19.50	99.00		
19.50	20.00	120.00		RECHAZO

## ANEXO I5. Reporte de Hinca Puente Mejía – pilotes 29 y 30



**OFICINA:**  
 Calle Córdova y 18 de Octubre, 3er. Piso  
**TELÉFONOS:** 05-2631498 / 05-2631176  
**FAX:** 05-2630366  
**E-MAIL:** consdise@ossa.com.ec  
**CASILLA N°:** 13 - 01 - 289  
**PORTOVIEJO - MANABÍ - ECUADOR**

### RESUMEN DE HINCADO DE PILOTES

PILOTE# 29

RANGO		# DE GOLPES	# DE GOLPES c/1,00	OBSERVACION
0.00	9.50			POR PESO PROPIO
9.50	10.00	65.00	173.00	
10.00	10.50	108.00		
10.50	11.00	121.00	185.00	
11.00	11.50	64.00		
11.50	12.00	58.00	98.00	
12.00	12.50	40.00		
12.50	13.00	35.00	76.00	
13.00	13.50	41.00		
13.50	14.00	37.00	87.00	
14.00	14.50	50.00		
14.50	15.00	65.00	117.00	
15.00	15.50	52.00		
15.50	16.00	70.00	118.00	
16.00	16.50	48.00		
16.50	17.00	42.00	75.00	
17.00	17.50	33.00		
17.50	18.00	37.00	76.00	
18.00	18.50	39.00		
18.50	19.00	43.00	98.00	
19.00	19.50	55.00		
19.50	20.00	60.00	117.00	
20.00	20.50	57.00		
20.50	21.00	80.00		
21.00	21.50	98		RECHAZO



**OFICINA:**  
 Calle Córdova y 18 de Octubre, 3er. Piso  
**TELÉFONOS:** 05-2631498 / 05-2631176  
**FAX:** 05-2630366  
**E-MAIL:** consdise@ossa.com.ec  
**CASILLA N°:** 13 - 01 - 289  
**PORTOVIEJO - MANABÍ - ECUADOR**

### RESUMEN DE HINCADO DE PILOTES

PILOTE# 30

RANGO		# DE GOLPES	# DE GOLPES c/1,00	OBSERVACION
0.00	8.00			POR PESO PROPIO
8.00	8.50	21.00	70.00	
8.50	9.00	49.00		
9.00	9.50	109.00	460.00	
9.50	10.00	351.00		
10.00	10.50	320.00	503.00	
10.50	11.00	183.00		
11.00	11.50	70.00	127.00	
11.50	12.00	57.00		
12.00	12.50	28.00	69.00	
12.50	13.00	41.00		
13.00	13.50	31.00	61.00	
13.50	14.00	30.00		
14.00	14.50	27.00	52.00	
14.50	15.00	25.00		
15.00	15.50	33.00	79.00	
15.50	16.00	46.00		
16.00	16.50	67.00	126.00	
16.50	17.00	59.00		
17.00	17.50	34.00	75.00	
17.50	18.00	41.00		
18.00	18.50	42.00	97.00	
18.50	19.00	55.00		
19.00	19.50	62.00	113.00	
19.50	20.00	51.00		
20.00	20.50	81.00	183.00	
20.50	21.00	102.00		
21.00	21.50	98.00		RECHAZO

## ANEXO I6. Reporte de Hinca Puente Mejía – pilotes 31 y 32



**OFICINA:**  
 Calle Córdova y 18 de Octubre, 3er. Piso  
**TELÉFONOS:** 05-2631498 / 05-2631176  
**FAX:** 05-2630366  
**E-MAIL:** consdise@ossa.com.ec  
**CASILLA N°:** 13 - 01 - 289  
**PORTOVIEJO - MANABI - ECUADOR**

### RESUMEN DE HINCADO DE PILOTES

PILOTE# 31

RANGO		# DE GOLPES	# DE GOLPES c/1,00	OBSERVACION
0.00	9.50			POR PESO PROPIO
9.50	10.00	43.00	173.00	
10.00	10.50	130.00		
10.50	11.00	221.00	307.00	
11.00	11.50	86.00		
11.50	12.00	49.00	91.00	
12.00	12.50	42.00		
12.50	13.00	32.00	59.00	
13.00	13.50	27.00		
13.50	14.00	22.00	44.00	
14.00	14.50	22.00		
14.50	15.00	24.00	54.00	
15.00	15.50	30.00		
15.50	16.00	33.00	71.00	
16.00	16.50	38.00		
16.50	17.00	38.00	75.00	
17.00	17.50	37.00		
17.50	18.00	38.00	79.00	
18.00	18.50	41.00		
18.50	19.00	44.00	100.00	
19.00	19.50	56.00		
19.50	20.00	64.00	138.00	
20.00	20.50	74.00		
20.50	21.00	101.00		RECHAZO



**OFICINA:**  
 Calle Córdova y 18 de Octubre, 3er.  
**TELÉFONOS:** 05-2631498 / 05-2631176  
**FAX:** 05-2630366  
**E-MAIL:** consdise@ossa.com.ec  
**CASILLA N°:** 13 - 01 - 289  
**PORTOVIEJO - MANABI - ECUADOR**

### RESUMEN DE HINCADO DE PILOTES

PILOTE# 32

RANGO		# DE GOLPES	# DE GOLPES c/1,00	OBSERVACION
0.00	9.50			POR PESO PROPIO
9.50	10.00	67.00	169.00	
10.00	10.50	102.00		
10.50	11.00	118.00	181.00	
11.00	11.50	63.00		
11.50	12.00	60.00	93.00	
12.00	12.50	33.00		
12.50	13.00	20.00	43.00	
13.00	13.50	23.00		
13.50	14.00	20.00	43.00	
14.00	14.50	23.00		
14.50	15.00	24.00	62.00	
15.00	15.50	38.00		
15.50	16.00	50.00	97.00	
16.00	16.50	47.00		
16.50	17.00	41.00	74.00	
17.00	17.50	33.00		
17.50	18.00	36.00	75.00	
18.00	18.50	39.00		
18.50	19.00	41.00	91.00	
19.00	19.50	50.00		
19.50	20.00	52.00	106.00	
20.00	20.50	54.00		
20.50	21.00	70.00		
21.00	21.50	98.00		RECHAZO

## ANEXO I7. Reporte de Hinca Puente Mejía – pilotes 33 y 34



OFICINA:  
Calle Córdova y 18 de Octubre, 3er. Piso  
TELÉFONOS: 05-2631498 / 05-2631176  
FAX: 05-2630366  
E-MAIL: consdise@ossa.com.ec  
CASILLA N°: 13 - 01 - 289  
PORTOVIEJO - MANABÍ - ECUADOR

### RESUMEN DE HINCADO DE PILOTES

PILOTE# 33

RANGO		# DE GOLPES	# DE GOLPES c/1,00	OBSERVACION
0.00	9.00			POR PESO PROPIO
9.00	9.50	90.00	155.00	
9.50	10.00	65.00		
10.00	10.50	37.00	57.00	
10.50	11.00	20.00		
11.00	11.50	15.00	32.00	
11.50	12.00	17.00		
12.00	12.50	12.00	25.00	
12.50	13.00	13.00		
13.00	13.50	12.00	24.00	
13.50	14.00	12.00		
14.00	14.50	11.00	31.00	
14.50	15.00	20.00		
15.00	15.50	20.00	50.00	
15.50	16.00	30.00		
16.00	16.50	27.00	55.00	
16.50	17.00	28.00		
17.00	17.50	20.00	48.00	
17.50	18.00	28.00		
18.00	18.50	38.00	71.00	
18.50	19.00	33.00		
19.00	19.50	36.00	81.00	
19.50	20.00	45.00		
20.00	20.50	45.00	95.00	
20.50	21.00	50.00		
21.00	21.50	98.00		RECHAZO



OFICINA:  
Calle Córdova y 18 de Octubre, 3er. Piso  
TELÉFONOS: 05-2631498 / 05-2631176  
FAX: 05-2630366  
E-MAIL: consdise@ossa.com.ec  
CASILLA N°: 13 - 01 - 289  
PORTOVIEJO - MANABÍ - ECUADOR

### RESUMEN DE HINCADO DE PILOTES

PILOTE# 34

RANGO		# DE GOLPES	# DE GOLPES c/1,00	OBSERVACION
0.00	10.50			POR PESO PROPIO
10.50	11.00	24.00	55.00	
11.00	11.50	31.00		
11.50	12.00	28.00	55.00	
12.00	12.50	27.00		
12.50	13.00	23.00	38.00	
13.00	13.50	15.00		
13.50	14.00	26.00	49.00	
14.00	14.50	23.00		
14.50	15.00	24.00	54.00	
15.00	15.50	30.00		
15.50	16.00	29.00	73.00	
16.00	16.50	44.00		
16.50	17.00	38.00	78.00	
17.00	17.50	40.00		
17.50	18.00	49.00	105.00	
18.00	18.50	56.00		
18.50	19.00	50.00	98.00	
19.00	19.50	48.00		
19.50	20.00	50.00	114.00	
20.00	20.50	64.00		
20.50	21.00	64.00		
21.00	21.50	91.00		RECHAZO

## ANEXO I8. Reporte de Hinca Puente Mejía – pilotes 35 y 36



OFICINA:  
Calle Córdova y 18 de Octubre, 3er. Piso  
TELÉFONOS: 05-2631498 / 05-2631176  
FAX: 05-2630366  
E-MAIL: consdise@ossa.com.ec  
CASILLA N°: 13 - 01 - 289  
PORTOVIEJO - MANABI - ECUADOR

### RESUMEN DE HINCADO DE PILOTES

PILOTE# 35

RANGO		# DE GOLPES	# DE GOLPES c/1,00	OBSERVACION
0.00	9.00			POR PESO PROPIO
9.00	9.50	40.00	160.00	
9.50	10.00	120.00		
10.00	10.50	130.00	219.00	
10.50	11.00	89.00		
11.00	11.50	50.00	96.00	
11.50	12.00	46.00		
12.00	12.50	36.00	66.00	
12.50	13.00	30.00		
13.00	13.50	25.00	45.00	
13.50	14.00	20.00		
14.00	14.50	28.00	61.00	
14.50	15.00	33.00		
15.00	15.50	38.00	78.00	
15.50	16.00	40.00		
16.00	16.50	46.00	86.00	
16.50	17.00	40.00		
17.00	17.50	39.00	85.00	
17.50	18.00	46.00		
18.00	18.50	50.00	112.00	
18.50	19.00	62.00		
19.00	19.50	70.00	148.00	
19.50	20.00	78.00		
20.00	20.50	108.00		RECHAZO



OFICINA:  
Calle Córdova y 18 de Octubre, 3er. Piso  
TELÉFONOS: 05-2631498 / 05-2631176  
FAX: 05-2630366  
E-MAIL: consdise@ossa.com.ec  
CASILLA N°: 13 - 01 - 289  
PORTOVIEJO - MANABI - ECUADOR

### RESUMEN DE HINCADO DE PILOTES

PILOTE# 36

RANGO		# DE GOLPES	# DE GOLPES c/1,00	OBSERVACION
0.00	9.00			POR PESO PROPIO
9.00	9.50	14.00	24.00	
9.50	10.00	10.00		
10.00	10.50	15.00	31.00	
10.50	11.00	16.00		
11.00	11.50	21.00	47.00	
11.50	12.00	26.00		
12.00	12.50	85.00	173.00	
12.50	13.00	88.00		
13.00	13.50	98.00	193.00	
13.50	14.00	95.00		
14.00	14.50	80.00	146.00	
14.50	15.00	66.00		
15.00	15.50	55.00	122.00	
15.50	16.00	67.00		
16.00	16.50	110.00	207.00	
16.50	17.00	97.00		
17.00	17.50	69.00	149.00	
17.50	18.00	80.00		
18.00	18.50	105.00	204.00	
18.50	19.00	99.00		
19.00	19.50	65.00	195.00	
19.50	20.00	130.00		
20.00	20.50	110.00		RECHAZO

## ANEXO I9. Reporte de Hinca Puente Mejía – pilotes 37 y 38



**OFICINA:**  
 Calle Córdova y 18 de Octubre, 3er. Piso  
**TELÉFONOS:** 05-2631498 / 05-2631176  
**FAX:** 05-2630366  
**E-MAIL:** consdise@ossa.com.ec  
**CASILLA N°:** 13 - 01 - 289  
**PORTOVIEJO - MANABI - ECUADOR**

### RESUMEN DE HINCADO DE PILOTES

PILOTE# 37

RANGO		# DE GOLPES	# DE GOLPES c/1,00	OBSERVACION
0.00	9.50			POR PESO PROPIO
9.50	10.00	25.00	45.00	
10.00	10.50	20.00		
10.50	11.00	15.00	34.00	
11.00	11.50	19.00		
11.50	12.00	18.00	27.00	
12.00	12.50	9.00		
12.50	13.00	12.00	28.00	
13.00	13.50	16.00		
13.50	14.00	28.00	47.00	
14.00	14.50	19.00		
14.50	15.00	33.00	97.00	
15.00	15.50	64.00		
15.50	16.00	80.00	150.00	
16.00	16.50	70.00		
16.50	17.00	60.00	119.00	
17.00	17.50	59.00		
17.50	18.00	98.00	197.00	
18.00	18.50	99.00		
18.50	19.00	105.00	192.00	
19.00	19.50	87.00		
19.50	20.00	99.00	229.00	
20.00	20.50	130.00		
20.50	21.00	94.00		RECHAZO



**OFICINA:**  
 Calle Córdova y 18 de Octubre, 3er. Piso  
**TELÉFONOS:** 05-2631498 / 05-2631176  
**FAX:** 05-2630366  
**E-MAIL:** consdise@ossa.com.ec  
**CASILLA N°:** 13 - 01 - 289  
**PORTOVIEJO - MANABI - ECUADOR**

### RESUMEN DE HINCADO DE PILOTES

PILOTE# 38

RANGO		# DE GOLPES	# DE GOLPES c/1,00	OBSERVACION
0.00	8.00			POR PESO PROPIO
8.00	8.50	18.00	41.00	
8.50	9.00	15.00		
9.00	9.50	26.00	36.00	
9.50	10.00	20.00		
10.00	10.50	16.00	24.00	
10.50	11.00	13.00		
11.00	11.50	11.00	26.00	
11.50	12.00	16.00		
12.00	12.50	10.00	28.00	
12.50	13.00	12.00		
13.00	13.50	16.00	45.00	
13.50	14.00	20.00		
14.00	14.50	25.00	78.00	
14.50	15.00	40.00		
15.00	15.50	38.00	61.00	
15.50	16.00	33.00		
16.00	16.50	28.00	91.00	
16.50	17.00	41.00		
17.00	17.50	50.00	169.00	
17.50	18.00	80.00		
18.00	18.50	89.00	196.00	
18.50	19.00	96.00		
19.00	19.50	100.00	176.00	
19.50	20.00	80.00		
20.00	20.50	96.00		RECHAZO

## ANEXO I10. Reporte de Hinca Puente Mejía – pilotes 39 y 40



**OFICINA:**  
 Calle Córdova y 18 de Octubre, 3er. Piso  
**TELÉFONOS:** 05-2631498 / 05-2631176  
**FAX:** 05-2630366  
**E-MAIL:** consdise@ossa.com.ec  
**CASILLA N°:** 13 - 01 - 289  
**PORTOVIEJO - MANABI - ECUADOR**

### RESUMEN DE HINCADO DE PILOTES

PILOTE# 39

RANGO		# DE GOLPES	# DE GOLPES c/1,00	OBSERVACION
0.00	9.50			POR PESO PROPIO
9.50	10.00	30.00	49.00	
10.00	10.50	19.00		
10.50	11.00	16.00	30.00	
11.00	11.50	14.00		
11.50	12.00	10.00	19.00	
12.00	12.50	9.00		
12.50	13.00	8.00	28.00	
13.00	13.50	20.00		
13.50	14.00	16.00	41.00	
14.00	14.50	25.00		
14.50	15.00	28.00	58.00	
15.00	15.50	30.00		
15.50	16.00	36.00	76.00	
16.00	16.50	40.00		
16.50	17.00	36.00	106.00	
17.00	17.50	70.00		
17.50	18.00	50.00	116.00	
18.00	18.50	66.00		
18.50	19.00	78.00	168.00	
19.00	19.50	90.00		
19.50	20.00	86.00	191.00	
20.00	20.50	105.00		
20.50	21.00	120.00		RECHAZO



**OFICINA:**  
 Calle Córdova y 18 de Octubre, 3er. Piso  
**TELÉFONOS:** 05-2631498 / 05-2631176  
**FAX:** 05-2630366  
**E-MAIL:** consdise@ossa.com.ec  
**CASILLA N°:** 13 - 01 - 289  
**PORTOVIEJO - MANABI - ECUADOR**

### RESUMEN DE HINCADO DE PILOTES

PILOTE# 40

RANGO		# DE GOLPES	# DE GOLPES c/1,00	OBSERVACION
0.00	9.50			POR PESO PROPIO
9.50	10.00	16.00	46.00	
10.00	10.50	30.00		
10.50	11.00	36.00	66.00	
11.00	11.50	30.00		
11.50	12.00	44.00	70.00	
12.00	12.50	26.00		
12.50	13.00	55.00	97.00	
13.00	13.50	42.00		
13.50	14.00	60.00	106.00	
14.00	14.50	46.00		
14.50	15.00	58.00	128.00	
15.00	15.50	70.00		
15.50	16.00	66.00	136.00	
16.00	16.50	70.00		
16.50	17.00	89.00	174.00	
17.00	17.50	85.00		
17.50	18.00	90.00	186.00	
18.00	18.50	96.00		
18.50	19.00	86.00	186.00	
19.00	19.50	100.00		
19.50	20.00	80.00	173.00	
20.00	20.50	93.00		
20.50	21.00	87.00		
21.00	21.50	93.00		RECHAZO