



6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Con respecto a lo que ha sido expuesto en los capítulos precedentes de este trabajo de tesis, es posible concluir y realizar algunas recomendaciones en torno a tres ejes principales:

- Carga axial
- Carga lateral
- Interacción estática suelo-pila

6.1 Carga axial

Las conclusiones y recomendaciones obtenidas con base en los modelos numéricos calibrados de elementos finitos, para simular la respuesta carga-desplazamiento en una prueba de carga axial estática, son las siguientes:

- Las correlaciones existentes entre la prueba de penetración estándar (SPT) y los parámetros mecánicos en suelos friccionantes - Bowles (1996), Shioi y Fukui (1982) - son adecuadas, en vista de los resultados obtenidos, siendo éstas suficientes para construir los modelos geotécnicos de los sitios en estudio.
- Considerar para arenas densas el fenómeno de dilatación conduce a una descripción más adecuada del comportamiento esfuerzo – deformación de estos materiales, y la ecuación propuesta por Bolton (1986) tiene un grado de precisión adecuado en la estimación del ángulo de dilatación.
- Emplear un modelo constitutivo de Mohr – Coulomb ofrece un grado de precisión ingenieril suficiente para modelar el comportamiento de pruebas de carga estática en pilas coladas en sitio.
- Las conclusiones anteriores se reflejan en las comparaciones de las respuestas medidas y las calculadas (figura 5.12 y 5.16), las cuales indican que el método del elemento finito que se ha propuesto es aplicable para predecir la variación de la carga tanto en el fuste de la pila como en su punta.



- Es posible obtener una estimación de la carga última de las pilas, mediante el modelo de elementos finitos, siempre y cuando se considere que la pila alcanza la condición de falla cuando se ha desplazamiento en su punta igual al 5% de su diámetro; sin embargo, en la tabla 6.1 y 6.2 se presentan las cargas alcanzadas en la prueba de carga comparadas con las capacidades de carga última estimadas para cada metodología propuesta - O'Neill y Reese (1999), Reese y Wright (1977), Poulos y Davis (1980), Método de la FHWA88 Modificado (1999) y Decourt (1995). Sin embargo, se debe aclarar que el comportamiento de una pila aislada no representa el comportamiento de un grupo puesto que su área de influencia es mayor al de una pila aislada.
- Las curvas de transferencia de carga a lo largo del fuste de la pila (figuras 5.13 y 5.20b) obtenidas mediante los modelos de elemento finito difieren de las registradas en campo; sin embargo, tanto en las obtenidas en campo como las desprendidas de los modelos de elementos finitos es plausible concluir que: el aporte a la capacidad de carga de la punta no se desarrolló durante la ejecución de las pruebas de carga.
- Resulta recomendable llevar a cabo la calibración de un modelo numérico con parámetros medidos en campo, a fin de poder emplear los resultados obtenidos mediante el modelo numérico y generalizar los resultados obtenidos en campo.
- Es recomendable construir un modelo geométrico de dimensiones tales que la influencia de las condiciones de frontera no influya sobre los resultados del modelo numérico. Se puede emplear como parámetro que el radio de influencia en los desplazamientos en una prueba de carga axial es de 5 m (siete veces el diámetro de la pila), tal y como se aprecia en la figura 5.21.
- A fin de estimar la capacidad de carga axial última de una pila es recomendable emplear la metodología propuesta por Wysocky (1999).

6.2 Carga lateral

En lo tocante a los resultados obtenidos de la modelación numérica de pruebas de carga lateral en pilas coladas en sitio se concluye y recomienda lo siguiente:

- Las cuatro primeras conclusiones del apartado 6.1 son aplicables a lo desarrollado para carga lateral, puesto que se utilizaron los mismos parámetros mecánicos empleados en los modelos numéricos desarrollados para carga axial. Esto se aprecia perfectamente en la calibración realizada para el modelo tridimensional (figura 5.16) en el cual se reprodujo la prueba de carga axial obtenida mediante el modelo axisimétrico para el sitio de prueba San Antonio.
- Las curvas carga-desplazamiento (figuras 5.16 y 5.22) obtenidas mediante los modelos de elementos finitos desarrollados, muestran un grado de precisión adecuado; dando con ello validez al modelo empleado.



- Los modelos numéricos deben de ser calibrados, con base en correlaciones y tomando en cuenta investigaciones encaminadas a representar dentro del modelo condiciones presentes durante la ejecución de la prueba.
- En el caso del sitio San Antonio se evaluó la influencia del relleno y es posible aseverar que, tal y como se presentó en campo: la presencia de este material disminuye considerablemente (40%) la capacidad de carga lateral última de la pila.
- Con base en la figura 5.22b, se concluye que los desplazamientos laterales pueden asumirse como cero para profundidades mayores a los 7 m.
- Se recomienda emplear las curvas p-y obtenidas en la figura 5.28 y 5.33 para materiales limos arcillosos y limos arenosos respectivamente.

Tabla 6.1 Comparación de la capacidad de carga última estimada y obtenida para el sitio San Antonio

Criterio	Capacidad de carga última (kN)	Deformación (m)
Reese and Wright (1977)	6094	
Decourt (1995)	6184	0.0340 (0.05 D)
O'Neill and Reese (1999)	6887	
Wysockey (1999)	8150	0.0272 (0.04 D)
Prueba de carga	9320*	0.015 (0.02 D)
Modelo de elementos finitos	9320	0.016 (0.02D)

Nota: D es el diámetro de la pila

* No fue alcanzada la capacidad de carga última en el sitio de prueba

Tabla 6.2 Comparación de la capacidad de carga última estimada y obtenida para el sitio San Periférico

Criterio	Capacidad de carga última (kN)	Deformación (m)
Reese and Wright (1977)	5669	
Decourt (1995)	5895	0.0340 (0.05 D)
O'Neill and Reese (1999)	6288	
Wysockey (1999)	7551	0.0272 (0.04 D)
Prueba de carga	6916*	0.0083 (0.012 D)
Modelo de elementos finitos	6916	0.0090 (0.013D)

Nota: D es el diámetro de la pila

* No fue alcanzada la capacidad de carga última en el sitio de prueba



6.3 Interacción estática suelo-cimentación

En este apartado se incluyen las conclusiones derivadas principalmente de los datos obtenidos con base en los modelos numéricos una vez calibrados y llevados a otras condiciones de carga diferentes a las presentadas en los sitios de prueba. Tales conclusiones y recomendaciones son las siguientes:

- En suelos arenosos, la alteración de sus propiedades mecánicas debido a incrementos estáticos de carga resultó ser poco importante, toda vez que los modelos de elementos finitos presentados, tanto para carga axial como carga lateral, no tomaron en cuenta una interfaz tendiente a representar dicha alteración y a pesar de ello los modelos representaron de manera adecuada lo que se presentó durante la ejecución de las pruebas.
- Una vez llevada a cabo la calibración de un modelo numérico es factible emplearlo para conocer resultados que no fueron medidos directamente en la prueba.
- Las curvas p-y, t-z y Q-z obtenidas a partir de los modelos numéricos desarrollados muestran el comportamiento esfuerzo deformación de la pila ante carga lateral, en el fuste y en la punta respectivamente; por lo tanto, es recomendable incorporar dichas curvas en los análisis geotécnicos de interacción suelo-pila.
- Finalmente, el tipo de modelos utilizados es factible para realizar el análisis de interacción suelo-pila en condiciones estáticas; de tal forma que, para realizar un análisis dinámico de interacción suelo-pila es recomendable reproducir las deformaciones permanentes observadas durante el proceso de descarga. En la figura 5.16 se hace evidente que las deformaciones plástica obtenidas en campo y en el modelo difieren en un 50%, viéndose así una limitante del modelo empleado.