


MANUAL DE INGENIERÍA DE DISEÑO

VOLUMEN 18-I

ESPECIFICACIÓN DE INGENIERÍA

PDVSA N°	TÍTULO
JA-252	DISEÑO DE FUNDACIONES

2	OCT.02	Revisión General y cambio de código (L-STC-002)	23	K.T.	Y.K.	R.R.
1	DIC.91	Se agregan referencias PDVSA JA-221, 222 y 223	8	L.T.	D.G.	R.R.
0	ABR.91	APROBADA	9			J.S.
REV.	FECHA	DESCRIPCION	PAG.	REV.	APROB.	APROB.
APROB. Youhad Kerbaje		FECHA OCT.02	APROB. Raúl Rivero		FECHA OCT.02	

 PDVSA	ESPECIFICACION DE INGENIERIA		PDVSA JA-252	
	DISEÑO DE FUNDACIONES		REVISION	FECHA
			2	OCT.02
		Página 1		

[.Menú Principal](#)


[Indice manual](#)

[Indice volumen](#)

[Indice norma](#)

Indice

1	OBJETIVO	3
2	ALCANCE	3
3	REFERENCIAS	3
3.1	Petróleos de Venezuela – PDVSA	3
3.2	Referencias Industriales	4
3.3	Otras Referencias	4
4	DEFINICIONES	5
4.1	Capacidad de Carga de una Fundacion (qu)	5
4.2	Capacidad de Carga Admisible (qa)	5
4.3	Profundidad de Fundación (Df)	5
5	GENERAL	5
5.1	Tipos de Fundaciones	5
5.2	Requerimientos Básicos de una Fundación	6
6	PROCEDIMIENTO GENERAL DE DISEÑO DE FUNDACIONES	7
7	CRITERIOS DE SELECCIÓN DEL TIPO DE FUNDACIÓN	8
7.1	Consideraciones Generales	8
7.2	Procedimiento General de Selección	9
8	CARGAS ACTUANTES	10
8.1	Consideraciones Generales	10
8.2	Cargas para Cálculo de Asentamientos	11
9	INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA DEL SITIO	11
9.1	Propósito	11
9.2	Normas PDVSA	12
10	DISTRIBUCIÓN DE ESFUERZOS EN EL TERRENO DE FUNDACIÓN	12
10.1	Metodología de Cálculo	12
11	ANÁLISIS DE LOS ASENTAMIENTOS	13
11.1	Asentamientos Inmediatos	13
11.2	Asentamientos por Consolidación	13
11.3	Asentamientos Totales y Diferenciales	14
12	ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD DE CARGA	14
13	FUNDACIONES SOMETIDAS A VIBRACIONES	15
13.1	Tipos de Vibración	15

 PDVSA	ESPECIFICACION DE INGENIERIA	PDVSA JA-252	
	DISEÑO DE FUNDACIONES	REVISION	FECHA
		2	OCT.02
		Página 2	


[.Menú Principal](#)

[Indice manual](#)

[Indice volumen](#)

[Indice norma](#)

13.2	Tipos de Máquinas	16
13.3	Consideraciones Generales de Diseño	16
14	CRITERIOS DE DISEÑO ESTRUCTURAL	17
14.1	Consideraciones Generales	17
14.2	Recomendaciones para el Caso de Fundaciones Superficiales	19
14.3	Recomendaciones para el Caso de Fundaciones Profundas	20
14.4	Recomendaciones Adicionales	21
15	BIBLIOGRAFIA	21

 PDVSA	ESPECIFICACION DE INGENIERIA		PDVSA JA-252	
	DISEÑO DE FUNDACIONES		REVISION	FECHA
			2	OCT.02
		Página 3		

[.Menú Principal](#)

[Índice manual](#)

[Índice volumen](#)

[Índice norma](#)

1 OBJETIVO

El propósito de este documento es el de proporcionar una descripción de los criterios y procedimientos utilizados en el análisis y diseño de fundaciones para estructuras en sus aspectos más generales y frecuentes.

2 ALCANCE

Este documento, dirigido fundamentalmente a ingenieros no especialistas en geotecnia, presenta los criterios y procedimientos a ser empleados en el análisis y diseño de las fundaciones para las estructuras de uso más frecuentes, con el propósito de orientarlo en su ejercicio profesional y alertarlo para el reconocimiento de problemas que ameriten el concurso cooperativo del especialista.

Este escrito, necesariamente breve considerando lo extenso del tema, no entra en los detalles de los análisis y procedimientos de diseño, ya que ello se cubre con mayor profundidad y precisión en las referencias bibliográficas particulares del Manual de Ingeniería de Diseño de PDVSA y en la amplia bibliografía especializada disponible.

El contenido del documento presenta un enfoque integral “suelo – estructura”, no obstante se hace énfasis en los aspectos geotécnicos, debido a las complejidades inherentes al subsuelo de fundación y a los cuidados que hay que observar en la interpretación de las lecturas especializadas en el tema.

3 REFERENCIAS


3.1 *Petróleos de Venezuela – PDVSA*

3.1.1 Especificaciones de Ingeniería PDVSA

AE-215	Investigación de Suelos en Tierra Firme
A-251	Diseño de Concreto Bajo Tierra
A-261	Criterios y Acciones Mínimas para el Diseño de Estructuras de PDVSA

3.1.2 Procedimientos de Ingeniería PDVSA

L-STC-003	Fundaciones de Compresores Reciprocantes
L-STC-004	Fundaciones de Recipientes Horizontales
L-STC-005	Fundaciones para Recipientes Verticales
L-STC-007	Fundaciones para Intercambiadores de Calor

 PDVSA	ESPECIFICACION DE INGENIERIA		PDVSA JA-252	
	DISEÑO DE FUNDACIONES		REVISION	FECHA
			2	OCT.02
		Página 4		

[.Menú Principal](#)

[Indice manual](#)

[Indice volumen](#)

[Indice norma](#)

3.1.3 Guías de Ingeniería PDVSA

[0602.1.014](#) Fundaciones Octogonales

[90615.1.001](#) Fundaciones Sobre Pilotes

[90615.1.009](#) Fundaciones para Pórticos Soportes de Tuberías

3.2 Referencias Industriales

COVENIN-1618 Estructuras de Acero para Edificaciones, Proyecto, Fabricación y Construcción.

COVENIN-1753 Estructuras de Concreto Armado. Análisis y Diseño

COVENIN-1756 Edificaciones Antisísmicas

COVENIN-MINDUR Normas Venezolanas. Edificaciones Sismoresistentes. COVENIN 1998.

COVENIN-MINDUR 2002-88 Criterios y Acciones Mínimas para el Proyecto de Edificaciones

ACI American Concrete Institute

AISC American Institute of Steel Construction

[API-RP2A-LRFD](#) American Petroleum Institute. Recommended Practice Planning, Designing and Constructing Fixed Offshore Platforms – Load and Resistance Factor Design First Edition 1993.

[API-RP2A-LRFD](#)


3.3 Otras Referencias

BJERRUM, L. Allowable Settlement of Structures. Proceedings, 3 rd. European Conference on S.M. and Foundation Engineering. Vol.2: pp. 135-137, Wiesbaden, Alemania, 1963.

MEYERHOF, G. The Ultimate Bearing Capacity of Foundations. Geotechnique, No. 301, Londres, 1951.

POLSHIN, D. y TOKAR, R. Maximum Allowable Non-uniform Settlement of Structures. 4th. International Conference S.M.F.E. Vol.1: pp. 402-405, Londres, 1957.

SKEMPTON, A. The Bearing Capacity of Clays. Building Research Congress. Division I – No. 180. Londres, 1951.

 PDVSA	ESPECIFICACION DE INGENIERIA		PDVSA JA-252	
	DISEÑO DE FUNDACIONES		REVISION	FECHA
			2	OCT.02
		Página 5		

[.Menú Principal](#)

[Indice manual](#)

[Indice volumen](#)

[Indice norma](#)

SKEMPTON, A. y Mc. DONALD Allowable Settlement of Buildings.

Proceedings, Institute of Civil Engineers.

Vol. 3 No. 5:pp.727– 768, Londres, 1956.

TERZAGHI, K.

Theoretical Soil Mechanics. John Wiley, New York, 1943.

WAHLS, H.

Tolerable Settlement of Buildings.

Journal of the Soil Mechanics and Foundation

Division, ASCE, Vol. 107, No. GT11:pp. 1489–1504

New York, 1981.

4 DEFINICIONES

4.1 *Capacidad de Carga de una Fundacion (qu)*

Es la presión máxima que puede transmitir una fundación al suelo subyacente, sin que éste falle por esfuerzo cortante. Es equivalente al término: “Capacidad de Carga Ultima de una Fundación ”.

4.2 *Capacidad de Carga Admisible (qa)*

Es la presión máxima que puede transmitir una fundación al suelo subyacente, sin que éste falle por esfuerzo cortante ni por asentamientos excesivos. Es equivalente al término: “Capacidad de Carga de Trabajo”.


4.3 *Profundidad de Fundación (Df)*

Es la distancia vertical entre la base de la fundación y la superficie del terreno, a menos que la base de la fundación esté ubicada por debajo de un sótano o de un lecho de río, en cuyos casos la profundidad de fundación estará referida no al nivel de la superficie del terreno sino al nivel del piso del sótano o al nivel del lecho del río, respectivamente. Es equivalente al término: “Profundidad de Desplante”.

5 GENERAL

5.1 *Tipos de Fundaciones*

Los diversos tipos de fundaciones pueden clasificarse atendiendo al “tipo de solicitaciones actuantes bajo condiciones normales de operación” y a “la profundidad de fundación”.

 PDVSA	ESPECIFICACION DE INGENIERIA		PDVSA JA-252	
	DISEÑO DE FUNDACIONES		REVISION	FECHA
			2	OCT.02
		Página 6		

[.Menú Principal](#)

[Indice manual](#)

[Indice volumen](#)

[Indice norma](#)

5.1.1 Fundaciones Estáticas

En cuanto a la clasificación de los tipos de fundación, en realidad no existe un límite preciso en la profundidad de desplante que separe a una fundación superficial de una profunda. Terzaghi (1943) sugirió que una fundación superficial es aquella cuya relación profundidad a ancho (**D_f/B**) es igual o menor a la unidad. En este documento se ha preferido trabajar en base a rangos de valores de la relación (**D_f/B**), para clasificar a los tipos de fundaciones según se indica a continuación.

5.1.2 Fundación Superficial

Se refiere a una fundación en la que la relación profundidad a ancho (**D_f/B**) de la misma usualmente varía entre 0,25 y 1 aunque pudiera alcanzar valores cercanos a 3. Se distinguen entre otros los tipos de fundaciones superficiales siguientes: Zapatas; Fundaciones Continuas; Fundaciones Combinadas; y Losas de Fundación.

5.1.3 Fundación Profunda

Se refiere a una fundación en la que la relación profundidad a ancho (**D_f/B**) de la misma es superior a la unidad y usualmente varía entre 5 y 20.

Los principales tipos de fundaciones profundas son los siguientes:

- Micropilotes o Pilotines (diámetros entre 10 y 20 cm).
- Pilotes (diámetros entre 20 y 100 cm).
- Pilas (diámetros entre 100 y 220 cm).
- Cilindros (diámetros entre 300 y 600 cm).
- Cajones (sección rectangular de dimensiones similares a los cilindros).

5.1.4 Fundaciones Sometidas a Vibraciones

a. Fundación Superficial

Se distinguen los siguientes tipos de fundaciones superficiales:

Bloque Simple; Bloque Inercial Aislado; Losas Rígidas; y Pedestales Elevados.


b. Fundación Profunda

Básicamente se refiere a una fundación sobre pilotes.

5.2 Requerimientos Básicos de una Fundación

Toda fundación debe ser capaz de satisfacer los requerimientos siguientes:

- 5.2.1 La fundación debe estar convenientemente ubicada considerando cualquier influencia futura que pueda afectar desfavorablemente su funcionamiento, particularmente en el caso de fundaciones aisladas y losas de fundación, las cuales pueden estar sometidas a la erosión superficial o encontrarse sin suficiente confinamiento lateral en el caso de fundaciones en taludes.

 PDVSA	ESPECIFICACION DE INGENIERIA		PDVSA JA-252	
	DISEÑO DE FUNDACIONES		REVISION	FECHA
			2	OCT.02
		Página 7		

[.Menú Principal](#)

[Indice manual](#)

[Indice volumen](#)

[Indice norma](#)

- 5.2.2 El suelo de fundación debe tener suficiente grado de seguridad contra una falla por capacidad portante.
- 5.2.3 La fundación no debe sufrir asentamientos totales y diferenciales de tal magnitud que ocasionen daños a la estructura o que impidan su funcionamiento.
- 5.2.4 La fundación debe ser estable ante los efectos de deslizamiento y volcamiento.

6 PROCEDIMIENTO GENERAL DE DISEÑO DE FUNDACIONES

En términos generales el proceso de diseño de una fundación involucra los pasos siguientes:

1. Establecer los objetivos del proyecto y las condiciones de diseño o evaluación.

Se debe conocer:

- La intención que se asigna al proyecto y el alcance del trabajo asociado.
- Los criterios de cargas y profundidades de fundación.
- Los requerimientos de operación de las instalaciones y tolerancias de los asentamientos totales y diferenciales.
- Los programas de construcción.
- Las restricciones económicas y de ambiente (condiciones climáticas).

2. Estimar las cargas actuantes.


3. Obtener las características de estratigrafía del sitio, las propiedades físicas e ingenieriles de cada estrato del suelo y los niveles de oscilación del agua subterránea.

Dibujar un perfil representativo del suelo de fundación con la información antes mencionada (en un sitio pueden requerirse varios perfiles representativos, según el grado de variabilidad del suelo).

Esta información debe estar contenida en el informe geotécnico del sitio en donde se desarrollará el proyecto.

4. Identificar los niveles de apoyo factibles y proporcionar los posibles sistemas de fundación considerando el tipo de estructura, la magnitud de las cargas y el perfil del suelo.
5. Evaluar preliminarmente los tipos de fundaciones más adecuados, considerando aspectos de: constructibilidad y práctica local, capacidad para soportar las cargas previstas, y susceptibilidad de sufrir asentamientos indeseables.

Seleccionar el tipo de fundación o en su defecto un número reducido de opciones de fundación.

 PDVSA	ESPECIFICACION DE INGENIERIA		PDVSA JA-252	
	DISEÑO DE FUNDACIONES		REVISION	FECHA
			2	OCT.02
		Página 8		

[.Menú Principal](#)

[Indice manual](#)

[Indice volumen](#)

[Indice norma](#)


Para cada opción de fundación realizar un análisis según se indica en los pasos siguientes:

- Seleccionar la mínima profundidad de fundación.
 - Seleccionar dimensiones apropiadas para la fundación.
 - Realizar un análisis de capacidad de soporte de la fundación, considerando las propiedades ingenieriles del suelo, la profundidad y dimensiones en planta de la fundación y un adecuado factor de seguridad.
 - Estimar los asentamientos, inclinaciones y desplazamientos horizontales de la fundación debidos a las fuerzas y momentos actuantes sobre ella y comparar esos valores con los permitidos.
 - Verificar la estabilidad de la fundación ante las acciones de fuerzas horizontales y verticales de levantamiento.
 - Preparar un estimado de costo de cada opción de fundación analizada y seleccionar la “solución de fundación”, como aquella que ofrezca el mejor balance entre los aspectos de buen comportamiento y economía. El concepto de “solución de fundación” incluye también cualquier mejoramiento requerido del suelo de fundación.
6. Realizar el diseño estructural de la fundación.
 7. Evaluar la necesidad de instalar drenajes y/o protecciones de impermeabilización al sistema de fundación seleccionado.
 8. Preparar los planos de construcción.
 9. Preparar las especificaciones de construcción tomando en cuenta las recomendaciones particulares incluidas en el estudio geotécnico correspondiente.

7 CRITERIOS DE SELECCIÓN DEL TIPO DE FUNDACIÓN

7.1 Consideraciones Generales

- 7.1.1 La selección del tipo de fundación más adecuado para una estructura dada constituye una de las actividades más difíciles de realizar en el proceso de diseño de la subestructura.
- 7.1.2 Estas complejidades se derivan de los numerosos factores y requisitos controlantes entre los que se pueden citar: la función de la estructura, las cargas actuantes, las condiciones del subsuelo y el costo de la fundación en relación con el costo de la estructura. Por otra parte, es pertinente mencionar que, debido a las relaciones existentes entre los factores antes citados, usualmente pueden desarrollarse varias soluciones aceptables para cada problema de fundación.

 PDVSA	ESPECIFICACION DE INGENIERIA		PDVSA JA-252	
	DISEÑO DE FUNDACIONES		REVISION	FECHA
			2	OCT.02
		Página 9		

[.Menú Principal](#)

[Indice manual](#)

[Indice volumen](#)


[Indice norma](#)

- 7.1.3 La experiencia profesional y la amplia bibliografía especializada disponible sobre la materia constituyen valiosas ayudas en la formación de criterios para la selección del tipo de fundación. Los conceptos tratados a continuación solo pretenden aportar algunas ideas desde un punto de vista práctico en los casos más frecuentes del proceso de selección del sistema de fundación.
- 7.1.4 Se supone como premisa que el ingeniero ha obtenido información sobre la naturaleza de la superestructura y las cargas actuantes sobre la fundación y ha determinado las condiciones geotécnicas del subsuelo.

7.2 Procedimiento General de Selección

El ingeniero procederá a considerar varias opciones posibles de fundación analizando las ventajas y desventajas asociadas con cada opción, para lo cual se tendrán presente las consideraciones siguientes:

- 7.2.1 Una vez establecida la profundidad de apoyo y la capacidad portante del suelo de fundación a dicha profundidad, se estudiará como primera aproximación la opción de emplear una fundación directa tipo zapata.
- 7.2.2 Cuando exista un estrato relativamente delgado de suelo compresible por debajo de un nivel freático difícil de deprimir, convendría analizar la posibilidad de reducir las presiones de contacto sobre el suelo, mediante el empleo de una losa de fundación.
- 7.2.3 Se deberá evitar colocar fundaciones directamente sobre turba o materia orgánica. En el caso de ser obligatorio el sitio de fundación se deberá estudiar en detalle la interacción suelo–estructura a fin de lograr una solución de fundación satisfactoria.
- 7.2.4 En los casos en que las fundaciones aisladas, combinadas o continuas se encuentren muy cercanas unas a otras y ocupen 50% o más del área proyectada de la edificación, conviene considerar como opción ventajosa la solución de losa corrida.
- 7.2.5 En condiciones de apoyo marginales, se debe prestar consideración al mejoramiento de la calidad del estrato potencial de apoyo. Las técnicas de mejoramiento del suelo incluyen entre otras: la excavación y sustitución, el recubrimiento de los subsuelos inadecuados con rellenos de apoyo de carga, precarga de los suelos compresibles, densificación del suelo e inyección de morteros. Los métodos de densificación incluyen impacto de alta energía en la superficie, compactación vibratoria de las capas y la compactación vibratoria del subsuelo por medio de técnicas de vibroflotación.

 PDVSA	ESPECIFICACION DE INGENIERIA		PDVSA JA-252	
	DISEÑO DE FUNDACIONES		REVISION	FECHA
			2	OCT.02
		Página 10		

[.Menú Principal](#)

[Indice manual](#)

[Indice volumen](#)

[Indice norma](#)


- 7.2.6 Otro enfoque para mejorar las condiciones de apoyo implica el refuerzo “in situ”, mediante las técnicas de: columnas de piedra, columnas de cal, refuerzo con geomallas y tierra reforzada. La selección de la técnica de mejoramiento del suelo más apropiada depende en gran medida de la tolerancia de la estructura a los asentamientos y de la magnitud y naturaleza de las cargas aplicadas.
- 7.2.7 En términos generales las fundaciones profundas constituyen una opción válida en los casos en que técnica y económicamente convenga trasladar las cargas en la base de las estructuras a estratos profundos competentes, a través de estratos relativamente débiles y compresibles.

8 CARGAS ACTUANTES

8.1 Consideraciones Generales

El conocimiento de la magnitud y características de las cargas actuantes reviste singular importancia en la selección y diseño de las fundaciones.

- 8.1.1 Los criterios y normas específicos sobre estos aspectos se encuentran en los documentos siguientes: Especificación de Ingeniería [PDVSA A-261](#) “Criterios y Acciones Mínimas para el Diseño de Estructuras de la IPPCN” y la norma venezolana COVENIN MINDUR 2002-88, “Criterios y Acciones Mínimas Para el Proyecto de Edificaciones”.
- 8.1.2 En este documento sólo se hará una mención general acerca de la naturaleza y tipos de cargas que se presentan con mayor frecuencia y algunas observaciones referentes a algunas combinaciones críticas en relación con las características del subsuelo y las condiciones de estabilidad analizadas.
- 8.1.3 En el diseño de una fundación es preciso conocer el tipo, la dirección y la magnitud de cada carga actuante. Los tipos de cargas son los siguientes:
- Cargas Axiales: Aquéllas que actúan perpendiculares al plano de la sección.
 - Fuerzas de Corte: Las que actúan paralelas al plano de la sección (los cuales pueden expresarse en función de sus componentes: V_x y V_y).
 - Momentos Flectores: Expresados también en términos de sus dos componentes perpendiculares (M_x y M_y).
 - Cargas de Torsión: Las cuales generalmente no son de significación y usualmente son ignoradas en la mayoría de los diseños de fundaciones.
- 8.1.4 Cada uno de estos tipos de carga incluye componentes de cargas: permanentes, variables, accidentales y de operación que pueden variar en magnitud y dirección durante la vida de la estructura.

 PDVSA	ESPECIFICACION DE INGENIERIA		PDVSA JA-252	
	DISEÑO DE FUNDACIONES		REVISION	FECHA
			2	OCT.02
		Página 11		

[.Menú Principal](#)

[Indice manual](#)

[Indice volumen](#)

[Indice norma](#)

- 8.1.5 Usualmente, la determinación de las cargas de diseño de las fundaciones se realiza como parte del análisis y diseño de la superestructura, no obstante con frecuencia se presenta el caso en que es necesario adelantar el diseño preliminar de las fundaciones antes de estar completo el diseño de la superestructura. En consecuencia será necesario, en esos casos, calcular con mayor precisión las magnitudes y distribuciones de las cargas muertas una vez que se conozcan las características reales de la estructura.
- 8.1.6 Las cargas muertas siempre deben considerarse en cualquier combinación de carga en la que se analice la posibilidad de falla por insuficiente resistencia al corte.

8.2 Cargas para Cálculo de Asentamientos

Desde el punto de vista de la estimación de los asentamientos es conveniente tener presente las consideraciones siguientes:


- 8.2.1 Las cargas muertas actúan en forma continua durante toda la vida de la fundación, por esa razón son las principales causantes de los asentamientos de las estructuras, particularmente en aquéllas fundadas sobre suelos de alta compresibilidad.
- 8.2.2 En estructuras fundadas sobre suelos cohesivos, los asentamientos ocurren en un período relativamente largo . En esos casos los cálculos de los asentamientos deben realizarse considerando sólo las cargas que actúan en períodos suficientemente largos sobre la estructura y afecten el proceso de consolidación del suelo de fundación.
- 8.2.3 En contraste, en el caso de estructuras fundadas sobre suelos granulares, las cuales experimentan asentamientos inmediatos de significación, la carga de cálculo a considerar debe ser la máxima que pueda actuar durante la vida de la estructura.

9 INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA DEL SITIO

9.1 Propósito

El propósito principal de la investigación geotécnica del sitio es obtener la información requerida, sobre las condiciones en la superficie y el subsuelo, para diseñar y construir las fundaciones y la superestructura de las instalaciones, así como evaluar y mitigar los riesgos geológicos.

- 9.1.1 La investigación del sitio se debe entender como una parte esencial de un proceso integrado que incluye:
- La recopilación de los datos disponibles.

 PDVSA	ESPECIFICACION DE INGENIERIA		PDVSA JA-252	
	DISEÑO DE FUNDACIONES		REVISION	FECHA
			2	OCT.02
		Página 12		

[.Menú Principal](#)

[Indice manual](#)

[Indice volumen](#)

[Indice norma](#)

- Las investigaciones de campo y laboratorio.
- La identificación de la estratigrafía del sitio y las propiedades del suelo.
- Los análisis de ingeniería.
- El establecimiento de los criterios de diseño y construcción.

9.1.2 Se entiende entonces que antes de diseñar las fundaciones y determinar los correspondientes métodos de construcción a utilizar es necesario realizar la investigación geotécnica del sitio para establecer el carácter y variabilidad de los estratos existentes en el subsuelo. En particular, es necesario evaluar aquellas propiedades que pueden afectar el comportamiento de la estructura y la selección del método constructivo.

9.1.3 Las propiedades físicas más importantes de los suelos, para los efectos del diseño de fundaciones, son: la resistencia al esfuerzo cortante, la compresibilidad, y la permeabilidad.

9.2 Normas PDVSA

Las investigaciones geotécnicas del sitio deben realizarse de acuerdo con los principios y lineamientos establecidos en la Especificación de Ingeniería de [PDVSA AE-215](#) "Investigación de Suelos en Tierra Firme".

10 DISTRIBUCIÓN DE ESFUERZOS EN EL TERRENO DE FUNDACIÓN

10.1 Metodología de Cálculo


El cálculo de los esfuerzos inducidos en el terreno de fundación por las cargas aplicadas es de fundamental importancia debido a que se requieren para:

- Calcular los esfuerzos verticales para estimar los asentamientos elásticos y de consolidación.
- Calcular los esfuerzos cortantes para el análisis de la estabilidad de la obra.

10.1.1 Actualmente, no se cuenta con una teoría general que permita modelar rigurosamente el comportamiento de los estratos del suelo sometido a la acción de cargas.

10.1.2 No obstante, en la práctica habitual se hace uso de la teoría de la elasticidad, debido a que existen soluciones disponibles para problemas cuyas condiciones de contorno corresponden aproximadamente a las encontradas en problemas de interés en los suelos. En todo caso la conveniencia de aplicar la teoría elástica debe analizarse para cada problema específico.

10.1.3 Suponiendo que el terreno de fundación pueda ser considerado como elástico, para calcular los esfuerzos en él inducidos, se podrán utilizar los resultados de la teoría de la elasticidad.

 PDVSA	ESPECIFICACION DE INGENIERIA		PDVSA JA-252	
	DISEÑO DE FUNDACIONES		REVISION	FECHA
			2	OCT.02
		Página 13		

[.Menú Principal](#)

[Indice manual](#)

[Indice volumen](#)

[Indice norma](#)

- 10.1.4 Si el terreno es homogéneo debajo de la fundación, desde la cota de asiento o profundidad de fundación hasta cierta profundidad límite, se utilizarán las soluciones de elasticidad relativas a un medio seminfinito, homogéneo e isótropo. La profundidad límite antes citada se define como la del punto de la masa en que el incremento de esfuerzo vertical debido a la carga de la fundación es igual a 20 y 10 por ciento (para suelos granulares gruesos y finos compresibles, respectivamente) del esfuerzo vertical debido al peso de las capas suprayacentes.

En la bibliografía especializada se encuentran para los casos más comunes las soluciones dadas por la teoría de la elasticidad en el caso de medios seminfinitos, homogéneos e isótropos, y fundaciones perfectamente flexibles. Igualmente, pueden conseguirse en esas fuentes los diagramas de influencia que permiten el cálculo de los esfuerzos verticales sobre un plano a una determinada profundidad.

11 ANÁLISIS DE LOS ASENTAMIENTOS

Los asentamientos del terreno bajo el efecto de las cargas transmitidas por la fundación pueden ser clasificados en los tres tipos siguientes:

- Asentamientos inmediatos, al aplicar la carga.
- Asentamientos debidos a la consolidación del terreno con variación de volumen y expulsión del agua intersticial.
- Asentamientos por compactación bajo cargas dinámicas.

11.1 *Asentamientos Inmediatos*


Los asentamientos inmediatos se calcularán empleando la teoría de la elasticidad, con base en un conocimiento previo del módulo de Young y de la relación de Poisson del terreno de fundación.

11.2 *Asentamientos por Consolidación*

El análisis de los asentamientos por consolidación en suelos finos compresibles constará de los pasos siguientes:

11.2.1 **Análisis de la Distribución Inicial de Esfuerzos Efectivos en la Masa**

Se requerirá para ello conocer la distribución de las presiones hidrostáticas en la masa de suelo, así como los resultados de pruebas de consolidación realizadas en el laboratorio sobre muestras "inalteradas" del subsuelo (para determinar la carga de preconsolidación del suelo). Se comparará gráficamente la distribución de presiones verticales debidas al peso propio del terreno de fundación con las presiones de preconsolidación antes mencionadas.

 PDVSA	ESPECIFICACION DE INGENIERIA		PDVSA JA-252	
	DISEÑO DE FUNDACIONES		REVISION	FECHA
			2	OCT.02
		Página 14		

[.Menú Principal](#)

[Indice manual](#)

[Indice volumen](#)

[Indice norma](#)

11.2.2 Cálculo de la Distribución

Cálculo de la distribución de los incrementos de esfuerzos verticales en la masa de suelo, originados por la carga de una fundación superficial o procesos constructivos (abatimiento de nivel freático, excavación, etc.).

11.2.3 Cálculo de los Asentamientos Totales por Consolidación

El análisis de los asentamientos por consolidación en suelos finos compresibles se basa en el conocimiento de los módulos de compresibilidad volumétrica del suelo, obtenidos de pruebas de consolidación de laboratorio, en muestras inalteradas.

El cálculo de los asentamientos totales por consolidación se efectúa del modo indicado por la teoría de la consolidación unidimensional de K. Terzaghi.


11.3 Asentamientos Totales y Diferenciales

- 11.3.1 Algunas estructuras han experimentado asentamientos de gran magnitud y han continuado prestando servicio, por lo que se infiere que los asentamientos diferenciales o relativos entre distintas partes de la estructura son de mayor transcendencia para la estabilidad de la superestructura que la magnitud de los asentamientos totales.
- 11.3.2 El cálculo de los asentamientos diferenciales de la estructura se realiza repitiendo el cálculo de los asentamientos totales para distintos puntos del área cargada.
- 11.3.3 Deberá verificarse que los asentamientos totales y diferenciales que ocurran durante la construcción y vida útil de la obra no afecten su estabilidad ni la de construcciones vecinas, ni alteren su funcionamiento.
- 11.3.4 La estimación de los asentamientos tolerables o permisibles de una estructura en particular debe realizarse atendiendo a criterios básicos de: estabilidad, desempeño o función, y apariencia. Se han realizado diversos estudios con el fin de establecer criterios límites empíricos de diseño respecto a asentamientos totales, diferenciales y distorsiones angulares. Los más difundidos son los de Skempton y MacDonald (1956), Bjerrum (1963) y Wahls (1981), los cuales pueden servir de referencia.

12 ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD DE CARGA

Los conceptos básicos de capacidad de carga de una fundación fueron presentados en la Sección 4 de este documento referente a "DEFINICIONES".

La capacidad de carga depende de las características geométricas de la fundación, de las propiedades mecánicas e índices del terreno, así como de la localización del nivel freático.

 PDVSA	ESPECIFICACION DE INGENIERIA		PDVSA JA-252	
	DISEÑO DE FUNDACIONES		REVISION	FECHA
			2	OCT.02
		Página 15		

[.Menú Principal](#)

[Indice manual](#)

[Indice volumen](#)

[Indice norma](#)

Para calcular la capacidad de carga se utilizan las teorías desarrolladas por varias autoridades, entre ellas algunas de las más usadas se indican a continuación:

- **Teoría de Terzaghi (1943)**
Para fundaciones superficiales y cualquier tipo de suelo.
- **Teoría de Skempton (1951)**
Para fundaciones superficiales o profundas en suelos puramente cohesivos.
- **Teoría de Meyerhof (1951)**
Para fundaciones profundas en arenas y gravas sin cohesión.
Para fundaciones superficiales cargadas excéntricamente o desplantadas sobre un talud.

Es difícil precisar cuál sea la teoría a utilizar en un caso específico, por lo que siempre es necesario aplicar el buen juicio profesional y justificar la elección de la ecuación de capacidad de carga finalmente seleccionada.

La capacidad de carga de un pilote de fricción en material puramente cohesivo se calcula a partir del valor de la adherencia entre suelo y pilote.


13 FUNDACIONES SOMETIDAS A VIBRACIONES

El tratamiento del tema de fundaciones sometidas a efectos dinámicos es complejo y escapa al alcance de este documento, no obstante se incluyen algunas consideraciones generales de diseño, así como, unos comentarios sobre los tipos de vibración y de maquinarias que pueden inducir vibraciones en estructuras, solamente con el propósito de mantener el marco de referencia general e introductorio que se le pretende otorgar a este documento sobre el tema del diseño de fundaciones.

El Procedimiento de Ingeniería [PDVSA L-STC-003](#) "Fundaciones de Compresores Reciprocantes", incluido en el Manual de Ingeniería y Diseño (MID), trata este tema en mayor detalle y profundidad.

13.1 Tipos de Vibración

- 13.1.1 Toda máquina en operación produce vibraciones que son transmitidas a la estructura que soporta, a la fundación sobre la que está desplantada y al terreno vecino.
- 13.1.2 Las vibraciones que interesan en el diseño de una fundación sujeta a la acción de máquinas en operación situadas directamente sobre ellas o en su vecindad, se clasifican en la forma siguiente:
 - a. Vibraciones Transitorias, que son aquéllas debidas a los fenómenos de tipo impulsivo, como los producidos por martillos.

 PDVSA	ESPECIFICACION DE INGENIERIA		PDVSA JA-252	
	DISEÑO DE FUNDACIONES		REVISION	FECHA
			2	OCT.02
		Página 16		

[.Menú Principal](#)

[Indice manual](#)

[Indice volumen](#)

[Indice norma](#)

- b. Vibraciones Estacionarias, que son aquéllas debidas a fenómenos de carácter repetitivo producidos por otros tipos de máquina diferentes a las que producen las vibraciones transitorias.

Para los fines de diseño estructural las vibraciones estacionarias se subdividen de acuerdo con la velocidad de operación de la máquina, en vibraciones de baja y alta frecuencia.

13.2 Tipos de Máquinas

Una posible clasificación de las máquinas que permite dar lineamientos relacionados con las características de la vibración que se puede esperar que sea inducida por dichas máquinas, es la siguiente:

- Martillos mecánicos.
- Máquinas reciprocantes.
- Máquinas rotativas.
- Otras máquinas (grúas viajeras, molinos de quijada etc.).

De estos tipos de máquinas las de uso más frecuente en la industria petrolera son las máquinas reciprocantes y las rotativas.

Las máquinas reciprocantes son aquellas en las que el movimiento, debido generalmente a la expansión violenta de un gas, se logra mediante la combinación de émbolos, bielas y manivelas. El movimiento alternante, generalmente armónico simple, del émbolo, se transforma por la acción de la biela en un movimiento circular de la manivela. Generalmente son máquinas de baja velocidad. Entre los tipos de máquinas reciprocantes pueden mencionarse: máquinas de vapor, motores diesel y de gasolina, compresoras de émbolo, y bombas de émbolo.

Las máquinas rotativas son aquellas en las que el desplazamiento de casi todas las partes móviles describe una trayectoria circular. El movimiento generalmente obedece a la ley de acción y reacción al desplazarse un fluido entre los álabes de una o más ruedas.


En otros casos el movimiento se debe a la existencia de un conductor dentro de un campo magnético variable. Generalmente son máquinas de alta velocidad.

Entre los tipos de máquinas rotativas pueden mencionarse las siguientes: turbogeneradores, bombas y compresores rotativos, y motores eléctricos.

13.3 Consideraciones Generales de Diseño

13.3.1 Análisis de la Fundación Sometida a Solicitaciones Dinámicas

El análisis de una fundación sujeta a solicitaciones dinámicas debe satisfacer los requisitos generales siguientes:

 PDVSA	ESPECIFICACION DE INGENIERIA		PDVSA JA-252	
	DISEÑO DE FUNDACIONES		REVISION	FECHA
			2	OCT.02
		Página 17		

[.Menú Principal](#)

[Indice manual](#)

[Indice volumen](#)

[Indice norma](#)

- a. Los esfuerzos inducidos en la fundación por operación de maquinaria u otro tipo de sollicitaciones dinámicas, en combinación con los esfuerzos provenientes de otras fuentes, no deben exceder los límites permisibles para el material que constituye la fundación.
- b. El suelo ha de ser capaz de soportar las fuerzas periódicas transmitidas a través de la superficie de contacto con la fundación o a través de los pilotes en fundaciones profunda, sin sufrir asentamientos importantes.
- c. El movimiento de la fundación y del terreno sobre el que esta descansa, para cualquier modo de vibración y cualquier combinación de cargas y velocidades de operación, no debe ser objetable para la máquina misma, ni para máquinas, conexiones o estructuras vecinas, ni para personas que se encuentren en lugares cercanos.

Se procurará que la frecuencia natural de vibración del sistema máquina – fundación – suelo no coincida con la frecuencia de vibraciones inducidas.

13.3.2 Efecto de las Vibraciones en las Propiedades de los Suelos


Para tomar en cuenta el efecto de las vibraciones en las propiedades de los suelos, hay que considerar los factores siguientes:

- a. Las vibraciones tienden a densificar los suelos granulares secos, pueden producir licuefacción de suelos granulares saturados y disminución en la capacidad de carga por remoldeo de suelos cohesivos. Todos estos efectos pueden ocasionar asentamientos importantes.
- b. Las arenas sueltas o medianamente compactas deberán densificarse antes de desplantar en su superficie fundaciones sujetas a vibración. A menos que se tomen medidas especiales para aumentar la compacidad, se evitará fundar maquinaria en suelos granulares cuya compacidad relativa sea inferior a 90 por ciento.
- c. En fundaciones apoyadas sobre pilotes de fricción en suelos altamente sensibles, se ha observado que la aplicación de ciclos consecutivos de carga y descarga produce una disminución neta de capacidad, en comparación con la capacidad de carga determinada en condiciones estáticas; esto se debe a la pérdida de adherencia por remoldeo del material sensible.

14 CRITERIOS DE DISEÑO ESTRUCTURAL

14.1 Consideraciones Generales

El diseño de las estructuras que transferirán las cargas al medio de la fundación sigue los mismos principios generales que el diseño de cualquier sistema estructural. Este se basa en la determinación de las fuerzas internas que actúan en los componentes del sistema producto de las acciones y sobrecargas sobre

 PDVSA	ESPECIFICACION DE INGENIERIA		PDVSA JA-252	
	DISEÑO DE FUNDACIONES		REVISION	FECHA
			2	OCT.02
		Página 18		

[.Menú Principal](#)

[Indice manual](#)

[Indice volumen](#)

[Indice norma](#)

el conjunto. El caso más común es aquel en el que las acciones se ejercen sobre la superestructura, el efecto es transmitido a la fundación la cual interactúa con el medio de fundación, quien a su vez reacciona a las cargas impuestas. Es práctica común en estos casos el separar el análisis de la superestructura y de la fundación, suponiendo que la primera está fija a vínculos perfectamente inmóviles, con lo que se estaría ignorando la interacción entre los sistemas. Esto puede conducir a diseños sobre o sub dimensionados y a estimaciones poco realistas de los desplazamientos del sistema.


Dado el estado de avance y la disponibilidad de herramientas computacionales para el análisis estructural, y dependiendo de la importancia de la estructura, actualmente se prefiere incorporar la fundación y la superestructura en un solo modelo, y considerar directamente la interacción suelo–estructura, con el fin de obtener un estimado más realista de las fuerzas de diseño en ambos. En general, la interacción se considera por medio de la sustitución del medio de fundación por vínculos elásticos más o menos elaborados.

El otro caso de diseño es aquel donde el medio de fundación ejerce acciones sobre el sistema estructural (estructuras de contención o estabilización, efecto de potenciales deslizamientos sobre pilotes, etc). En estos casos es recomendable una interacción muy estrecha entre el Ing. Geotécnico y el Estructural con el fin de definir las hipótesis de diseño y los principios de Mecánica de Suelos necesarios para tomar en cuenta las acciones asociadas a cada una de ellas.

Con relación al primer caso, e independientemente de la forma en que se modele el sistema, es necesario incorporar la respuesta del medio de fundación ante las acciones impuestas sobre él por los componentes de la infraestructura. El nivel de detalle con el que es posible hacer esto varía desde la consideración de una fundación elástica ideal hasta el tratamiento del medio de fundación por los métodos de mecánica del continuo.

A continuación se enumeran algunas opciones disponibles:

- 14.1.1 Hipótesis de fundación elástica (hipótesis de Winkler): se basa en suponer que la presión de contacto en un punto cualquiera de la fundación es directamente proporcional a la deflexión de este punto (el factor de proporcionalidad se denomina módulo de balasto o módulo de reacción). Si adicionalmente se supone que la fundación es rígida, se deduce que la distribución de presiones sobre cualquier área de contacto seguirá una variación lineal, la cual puede ser obtenida sin definir previamente las propiedades del medio de fundación. Para el caso de fundaciones flexibles, es necesario definir el módulo de reacción de la fundación, el cual rigurosamente no es una propiedad del medio de fundación sino del sistema estructura–fundación. En caso de requerirse, esta propiedad deberá incluirse en los reportes geotécnicos, pero asociada al sistema estructural con el cual debe usarse. Es recomendable diseñar la estructura para la

 PDVSA	ESPECIFICACION DE INGENIERIA		PDVSA JA-252	
	DISEÑO DE FUNDACIONES		REVISION	FECHA
			2	OCT.02
		Página 19		

[.Menú Principal](#)

[Indice manual](#)

[Indice volumen](#)

[Indice norma](#)

envolvente de solicitaciones resultantes de considerar un intervalo de variación del módulo de reacción alrededor del valor recomendado por el estudio geotécnico.


- 14.1.2 Fundación elástica modificada: varios autores han propuesto modificaciones a la hipótesis de fundación elástica para incluir el efecto de acoplamiento de la fundación, la no linealidad de la relación carga – reacción, el desarrollo de la fricción en la zona de contacto, etc. Ejemplos son la fundación elástica de Vlasov (1966), o los resortes discretos no-lineales recomendados en la norma API-RP2A (1993) para diseño de pilotes en estructuras costa afuera. De nuevo la selección de los parámetros que definen la respuesta de la fundación debe hacerse en estrecha colaboración entre el Ing. Geotécnico y el Estructural.
- 14.1.3 Fundación tratada como medio linealmente elástico: su uso es más complejo que la hipótesis de fundación elástica, aunque algunos autores la prefieren. Para el caso de geometrías tipificables existen soluciones reportadas (Poulos, et al. 1980). Para un caso general de geometría y fundación, sería necesario el uso de técnicas de modelaje numérico de cierta complejidad, pero que en cualquier caso tendrán las mismas limitaciones que las del uso de la teoría de elasticidad para determinar el estado de esfuerzos y deformaciones en una masa de suelo (comportamiento no-lineal del suelo).
- 14.1.4 Uso de modelos constitutivos más realistas que el de un medio linealmente elástico: esta opción es la que requiere de mejor calidad en los datos geotécnicos y mayores recursos de análisis. Puede ser recomendable si el costo de la infraestructura es muy alto y la respuesta de la estructura depende en forma estrecha de la del medio de fundación. Se ha utilizado por ejemplo para el diseño y evaluación de tanques de almacenamiento sobre suelos blandos.

La selección de la alternativa más apropiada dependerá de la complejidad e importancia del sistema geotécnico-estructural. Se insiste en que en todos los casos, es necesaria una colaboración estrecha entre el responsable del estudio geotécnico y el del diseño estructural.

14.2 Recomendaciones para el Caso de Fundaciones Superficiales

Con base en los principios anteriores se enumeran algunas recomendaciones y criterios para el diseño de fundaciones superficiales:

- 14.2.1 La mayoría de las zapatas de fundación (aisladas, combinadas y conectadas) de dimensiones convencionales pueden diseñarse bajo la hipótesis de que se comportan como cuerpos rígidos que apoyan sobre una fundación elástica (Hipótesis de Winkler). Esto implica que la distribución de presiones ejercidas por el suelo sobre la zapata tendrá una distribución lineal. Bajo esta premisa es posible calcular las fuerzas internas de diseño, según lo especificado en la norma COVENIN 1753, (1985), sin considerar explícitamente la interacción

 PDVSA	ESPECIFICACION DE INGENIERIA		PDVSA JA-252	
	DISEÑO DE FUNDACIONES		REVISION	FECHA
			2	OCT.02
		Página 20		

[.Menú Principal](#)

[Indice manual](#)

[Indice volumen](#)

[Indice norma](#)


suelo–estructura. Para garantizar la rigidez de la zapata, esta debe cumplir con ciertos espesores mínimos y relaciones largo/espesor.

- 14.2.2 Para el caso de losas de fundación, la hipótesis anterior puede no ser realista, y en general conduce a resultados muy conservadores. En estos casos es preferible considerar la flexibilidad tanto de la placa como del medio de fundación. El método más común para esto es utilizar la teoría de placas sobre fundación elástica. Dada la disponibilidad de herramientas de análisis con base en elementos finitos, es factible la resolución numérica de estos problemas. La principal dificultad es la selección adecuada del módulo de reacción. Otras opciones más elaboradas (fundación elástica modificada, placa sobre medio elástico) requieren de mucho mayor esfuerzo para la elaboración de los modelos e interpretación de los resultados, por lo que sólo se justifican en obras de importancia, donde los ahorros potenciales puedan ser significativos.
- 14.2.3 Es recomendable diseñar los elementos planos (zapatas, losas de fundación y similares) de suficiente espesor para que resistan las fuerzas de corte y punzonado sólo con la contribución del concreto. Aunque teóricamente es posible el armado por corte de estos elementos, en la práctica la colocación de refuerzo en campo es difícil y requiere de una inspección cuidadosa. Para el caso particular del punzonado, pueden prefabricarse elementos para refuerzo con cabillas o acero estructural, pero su ejecución sólo se justifica si es significativo el ahorro en espesor.
- 14.2.4 Igualmente, para elementos planos de grandes dimensiones puede ser más económico concentrar el refuerzo de flexión en las zonas más exigidas. Debe considerarse el balance entre facilidad de construcción y ahorro potencial.
- 14.2.5 Para el caso de zapatas que resisten carga axial y momentos flectores , es práctica común dimensionarlas para garantizar que el área levantada no sea mayor al 25% del área total. En los casos donde es posible el levantamiento es recomendable la colocación de armadura superior a fin de resistir los momentos flectores negativos producto de la sobrecarga de relleno sobre la zona levantada.

14.3 Recomendaciones para el Caso de Fundaciones Profundas

Las siguientes consideraciones son de interés para las fundaciones profundas (pilotes):

- 14.3.1 De acuerdo con la nueva versión de la norma COVENIN 1756 (1998) , en el caso de pilotes de concreto armado, debe prestarse especial atención al confinamiento adecuado de la zona de conexión con el cabezal y en aquellas zonas en las que pueda desarrollarse su capacidad a flexocompresión. Igualmente debe asegurarse un adecuado anclaje de la armadura longitudinal de los pilotes en el cabezal. El ignorar estas recomendaciones ha producido resultados catastróficos en caso de sismos.

 PDVSA	ESPECIFICACION DE INGENIERIA		PDVSA JA-252	
	DISEÑO DE FUNDACIONES		REVISION	FECHA
			2	OCT.02
		Página 21		

[.Menú Principal](#)

[Indice manual](#)

[Indice volumen](#)

[Indice norma](#)


- 14.3.2 Para el caso de pilotes que tengan que resistir cargas horizontales impuestas por la superestructura, es práctica común analizar el problema aplicando la teoría de vigas sobre fundación elástica. Otras opciones tales como el uso de soluciones de medio elástico (Poulos, et al 1980), uso de resortes discretos no-lineales (Vlasov, et al 1980) pueden ser de interés para el caso de estructuras tipo plataformas lacustres, muelles o similares donde el pilote es a la vez componente estructural y de fundación. Una vez determinadas las fuerzas internas a lo largo de los pilotes, el diseño por flexocompresión o corte se hará con base en los mismos principios aplicables al diseño de columnas.
- 14.3.3 El caso de pilotes sometidos a cargas laterales impuestas por la fundación, por ejemplo en el caso de potenciales deslizamientos, es más complejo. En estos casos puede ser recomendable estimar cotas superiores al empuje lateral asociadas a la falla del suelo alrededor del pilote. Esto debe indicarse en el reporte geotécnico.
- 14.3.4 Para pilotes hincados, deben considerarse las acciones producto de esta operación, las cuales en ocasiones pueden determinar el diseño estructural del pilote. Como buena práctica debe incrementarse el confinamiento de pilotes de concreto armado tanto en la punta como en el extremo que recibe el impacto.

14.4 Recomendaciones Adicionales

- 14.4.1 En el caso de ambientes muy agresivos, como ambientes marinos y ciertas áreas en refinerías, debe prestarse atención a los requerimientos de durabilidad. En elementos de concreto armado son muy importantes, entre otros, la selección del tipo de cemento, la relación agua/cemento, recubrimientos adecuados y armadura para control del agrietamiento por retracción.
- 14.4.2 El recubrimiento debe proveer una protección adecuada contra la corrosión, sin llegar a tener un espesor excesivo, ya que podría aumentar la posibilidad de que aparezcan pocas grietas anchas en lugar de muchas de poco espesor.
- 14.4.3 Para el caso de bloques de fundación, es recomendable la colocación de armadura para el control del agrietamiento por contracción durante el fraguado o por cambios de humedad, para evitar la aparición de grietas que puedan comprometer la integridad del bloque.

15 BIBLIOGRAFIA

- | | |
|-------------------|--|
| BOWLES, J. | Foundation Analysis and Design.
Fifth Edition – Mc Graw Hill
New York, 1996. |
| BRITISH STANDARDS | Code of Practice for Foundations |

 PDVSA	ESPECIFICACION DE INGENIERIA		PDVSA JA-252	
	DISEÑO DE FUNDACIONES		REVISION	FECHA
			2	OCT.02
		Página 22		


[.Menú Principal](#)

[Indice manual](#)

[Indice volumen](#)

[Indice norma](#)

INSTITUTION (BSI)	CP 2004 : London, 1972.
CANADIAN GEOTECHNICAL SOCIETY	Canadian Foundation Engineering Manual 2 nd . Edition Bi Tech Publisher Ltd. Vancouver, Canada, 1985.
CODUTO, D.	Foundation Design Principles and Practices Prentice – Hall, Inc.Englewood Cliffs, New Jersey, USA. 1994.
COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD DE MÉXICO	Manual de Diseño de Obras Civiles Secciones : B , C, y F – Primera Edición. Instituto de Investigaciones de la Industria Eléctrica México, 1970.
DELGADO VARGAS, M.	Ingeniería de Cimentaciones. Fundamentos e Introducción al Análisis Geotécnico. Coedición Escuela Colombiana de Ingeniería y Alfaomega Grupo Editor. México, 1999.
DEPARTMENT OF THE NAVY STRUCTURES NAVAL FACILITIES, USA,	Design Manual 7.2 Foundations and Earth Structures NAVAL FACILITIES, USA, 1982.
ENGINEERING COMMAND	
HUNT, R.	Geotechnical Engineering Techniques and Practices Mc Graw Hill , USA. 1986.
JUÁREZ BADILLO, E. y RICO RODRIGUEZ, A.	Mecánica de Suelos. Tomo II . Editorial Limusa México, 1989.
MERRITT, F. y GARDNER, W.	Guía del Ingeniero Civil Sección 5 : Ingeniería Geotécnica Mc Graw Hill .México, 1989.
PECK, R.	Ingeniería de Cimentaciones.
HANSON, W.	2a. Edición, Editorial Limusa, México,1990.
POULOS, D. ; DAVIS, E.	Pile Foundation Analysis and Design .

	ESPECIFICACION DE INGENIERIA		PDVSA JA-252	
	DISEÑO DE FUNDACIONES		REVISION	FECHA
			2	OCT.02
			Página 23	

[.Menú Principal](#)

[Indice manual](#)

[Indice volumen](#)

[Indice norma](#)

	John Wiley & Sons, 1980 pag. 397.
RICO A. DEL CASTILLO, E.	La Ingeniería de Suelos en la Vías Terrestres.
	Editorial Limusa, México, 1977.
TENG, W	Foundation Design.
	Prentice Hall, Inc. Englewood Cliffs, New Jersey, USA. 1962.
VLASOV, V.; LEONT'EV, U.	Beam, Plates and Shells on Elastic Foundations.
	Israel Program for Scientific Translations.
	Jerusalem, 1966.