

TITULO VI

NORMA E.050

SUELOS Y CIMENTACIONES

RESOLUCION MINISTERIAL
N° 048-97-MTC/15.VC DE 27.01.97

Artículo 1°.- Aprobar las Normas Técnicas que a continuación se indican, las cuales forman parte integrante de la presente Resolución en sus respectivos ANEXOS, incorporándolas al Reglamento Nacional de Construcciones:

Norma		Anexo N°
E.050	Suelos y Cimentaciones	1
S.090	Planta de Tratamiento de Aguas Residuales	2

Artículo 2°.- Dejar sin efecto el Título VI "Suelos y Cimentaciones" del Reglamento Nacional de Construcciones, aprobado por el Decreto Supremo N°039-70-VI, así como las disposiciones que se opongán a las Normas Técnicas aprobadas precedentemente.

Artículo 3°.- Autorizar al SENCICO para que adopte las medidas necesarias destinadas a la difusión, distribución y venta de las Normas Técnicas a que se contrae la presente Resolución.

SUELOS Y CIMENTACIONES

CAPITULO I	: GENERALIDADES
CAPITULO II	: ESTUDIOS
CAPITULO III	: ANALISIS DE LAS CONDICIONES DE CIMENTACION
CAPITULO IV	: CIMENTACIONES SUPERFICIALES
CAPITULO V	: CIMENTACIONES PROFUNDAS
CAPITULO VI	: PROBLEMAS ESPECIALES EN CIMENTACION
ANEXO N° 1	: GLOSARIO

CAPITULO I GENERALIDADES

1.1 Objetivo

El objetivo de esta Norma es establecer los requisitos, desde el punto de vista de la Mecánica de Suelos e ingeniería de Cimentaciones, para la ejecución de Estudios de Mecánica de Suelos (EMS), con fines de cimentación de edificaciones y otras obras indicadas en esta Norma. Los EMS se ejecutaran con la finalidad de asegurar la estabilidad de las obras y para promover la utilización racional de los recursos.

1.2 Ambito de aplicación

La presente Norma Técnica es aplicable a los EMS para la cimentación de edificaciones y otras obras indicadas en esta Norma. Su obligatoriedad se reglamenta en esta misma Norma y su ámbito de aplicación comprende todo el territorio nacional.

Las exigencias de esta Norma se consideran mínimas.

La presente Norma no toma en cuenta los fenómenos de geodinámica externa o en los casos que haya presunción de la existencia de ruinas arqueológicas, galerías u oquedades subterráneas de origen natural o artificial. En estos casos deberán

efectuarse estudios específicamente orientados a confirmar y solucionar dichos problemas.

1.3 Obligatoriedad de los Estudios

1.3.1 Casos donde existe obligatoriedad

Es obligatorio efectuar el EMS en los siguientes casos:

- a) Edificaciones que presten servicios de educación, servicios a la salud o servicios públicos y en general locales que alojen gran cantidad de personas, equipos costosos o peligrosos, tal es el caso de colegios, universidades, hospitales y clínicas, estadios, cárceles, auditorios, templos, salas de espectáculos, museos, centrales telefónicas, estaciones de radio y televisión, estaciones de bomberos centrales de generación de electricidad, sub-estaciones eléctricas, silos, tanques de agua y reservorios, archivos y registros públicos.
- b) Edificaciones (viviendas, oficinas, consultorios y locales comerciales) de uno a tres pisos, que ocupen individual o conjuntamente más de 500 m² en planta.
- c) Edificaciones (viviendas, oficinas, consultorios y locales comerciales) de cuatro o más pisos de altura, cualquiera que sea su área.
- d) Estructuras industriales, fábricas, talleres, o similares.
- e) Edificaciones especiales cuya falla, además del propio colapso, representen peligros adicionales importantes, tales como: reactores atómicos, grandes hornos, depósitos de materiales inflamables, corrosivos o combustibles, paneles de publicidad de grandes dimensiones y otros de similar riesgo.
- f) Cualquier edificación que requiera el uso de pilotes, pilares o plateas de fundación.
- g) Cualquier edificación adyacente a taludes o suelos que puedan poner en peligro su estabilidad.

En los casos en que es obligatorio efectuar un EMS, de acuerdo a lo indicado en esta Sección, el informe del EMS correspondiente deberá ser firmado por el Profesional Responsable.

Para estos mismos casos deberá incluirse en los planos de cimentación una transcripción literal del "Resumen de las Condiciones de Cimentación" que en el EMS (Ver Sección 2.4.1.a) deberá constar expresamente para ser transcrito en los planos de cimentación.

1.3.2 Casos donde no existe obligatoriedad

En casos en que no exista obligatoriedad de realizar los EMS en la forma especificada en esta Norma, la presión admisible, la profundidad de cimentación y cualquier otra consideración adoptada, deberán figurar en un recuadro en el plano de cimentación con la firma del *Profesional Responsable* que efectuó la estimación, quedando bajo su responsabilidad la información proporcionada. La estimación efectuada deberá basarse en no menos de 2 sondajes hasta la profundidad mínima "p" indicada en la Sección 2.3.2.c.

El *Profesional Responsable* no podrá delegar a terceros dicha responsabilidad. En caso que la estimación indique la necesidad de usar cimentación profunda o por platea, se deberá efectuar un EMS.

1.4 Estudios de Mecánica de Suelos para Cimentación (EMS)

Son aquellos que cumplen con la presente Norma y que se han basado en el metrado de cargas estimado para la estructura. Los requisitos para el programa de investigación mínimo se describen en la Sección 2.3.2.

1.5 Alcance del Estudio de Mecánica de Suelo (EMS)

La información del EMS es válida solamente para el área y tipo de obra indicadas en el informe.

Los resultados e investigaciones de campo y laboratorio, así como el análisis, conclusiones y recomendaciones del EMS, solo se aplicarán al terreno y edificaciones comprendidas en el mismo. No podrán emplearse en otros terrenos o para otras edificaciones.

1.6 Responsabilidad Profesional del EMS

Todo EMS deberá ser firmado por el *Profesional Responsable*, que por lo mismo asume la responsabilidad del contenido y de las conclusiones del informe. El *Profesional Responsable* no podrá elegir a terceros dicha responsabilidad.

1.7 Responsabilidad de la aplicación de la Norma

La entidad encargada de otorgar la ejecución de las obras es la responsable del cumplimiento de esta Norma. Dicha entidad no autorizará la ejecución de las obras, si el proyecto no cuenta con un EMS, para el área y tipo de obra especificado.

CAPITULO II

ESTUDIOS

2.1 Información previa

Es la que requiere para ejecutar el EMS. Los datos indicados en las Secciones 2.1.1, 2.1.2.a, 2.1.2.b y 2.1.3 serán proporcionados por quien solicita el EMS al *Profesional Responsable* antes de ejecutarlo. Los datos indicados en las Secciones restantes serán obtenidos por el *Profesional Responsable*.

2.1.1 Del terrenos a Investigar

- Plano de ubicación y accesos
- Plano topográfico con curvas de nivel. Si la pendiente promedio del terreno fuera inferior al 5%, bastará un plano planimétrico. En todos los casos se hará indicación de linderos, usos del terreno, obras anteriores, obras existentes, situación y disposición de acequias y drenajes. En el plano deberá indicarse también, de ser posible, la ubicación prevista para las obras.

2.1.2 De la obra a cimentar

- Características generales acerca del uso que se le dará, número de pisos, niveles de piso terminado, área aproximada, tipo de estructura, sótanos, luces y cargas estimadas.
- En el caso de edificaciones especiales (que transmitan cargas concentradas importantes, que presenten luces grandes o alberguen maquinaria pesada o que vibre), deberá contarse con la indicación de la magnitud de las cargas a transmitirse a la cimentación y niveles de piso terminado, o los parámetros dinámicos de la máquina.
- Las edificaciones deberán ser clasificadas de acuerdo a uno de los tipos determinados en la tabla N° 2.1.2. Esta clasificación será necesaria para los fines de la determinación del Programa de Investigación Mínimo del EMS (Sección 2.3.2).

Los tipos de edificación A, B y C designan la importancia relativa de la estructura desde el punto de vista de la investigación de suelos necesaria para cada tipo, siendo el A más exigente que el B y éste que el C.

Tipo de Estructura	Distancia mayor entre Apoyos* (m)	N° de Pisos (Incluidos sótanos)			
		< 3	4 a 9	9 a 12	> 12
Aporticada de Acero	< 12	C	C	C	B
Pórticos y/o muros de concreto	< 10	C	C	B	A
Muros portantes de Albañilería	< 12	B	B*	-	-
Tanque elevados y similares	< 10	B	A	A	A
Bases de máquinas y similares	Cualquiera	A	-	-	-
Estructuras especiales	Cualquiera	A	A	A	A
Otras estructuras	> 10	B	A	A	A

* Cuando la distancia sobrepasa a la indicada, se clasificará en el tipo de edificación inmediato superior.
* De 4 a 5 pisos.

2.1.3 Datos generales de la zona

El *Profesional Responsable* recibirá de quién solicita el EMS los datos disponibles del terreno sobre:

- Usos anteriores del terreno (terreno de cultivo, cantera, etc.)
- Fenómenos de geodinámica externa de conocimiento del Propietario o del vecindario, que puedan de alguna manera afectar al terreno tanto en su capacidad portante, deformabilidad e integridad.
- Construcciones antiguas, restos arqueológicos u obras semejantes que puedan afectar de alguna manera la aplicabilidad irrestricta de las conclusiones del EMS.

2.1.4 De los terrenos colindantes

Datos disponibles sobre EMS efectuados.

2.1.5 De las edificaciones adyacentes

Número de pisos incluídos sótanos, tipo y estado de las estructuras. De ser posible tipo y nivel de cimentación.

2.1.6 Otra información

Cuando el *Profesional Responsable* le considere necesario, deberá incluir cualquier otra información de carácter técnico relacionado con el EMS, debiendo respaldarla con la información pertinente.

2.2 Aplicación de las técnicas de investigación

2.2.1 Técnicas de investigación de campo

Las técnicas de Investigación de Campo aplicables al uso de los EMS son las indicadas en la Tabla N° 2.2.1.

2.2.2 Aplicación de las técnicas de investigación

Se hará según la Norma Técnica ASTM D 420

a) Pozos o calicatas y trincheras

Las calicatas y trincheras realizadas según la Norma Técnica ASTM D 420 son aplicables a todos los EMS en los cuales sea posible su ejecución.

b) Perforaciones manuales y mecánicas

La profundidad recomendable es hasta 10 metros en perforación manual y no hay limitación en perforación mecánica.

No se permite el uso de todos para la ejecución de ningún tipo de perforación.

Las perforaciones manuales o mecánicas son aplicables a todos los EMS en los cuales sea posible su ejecución, con las siguientes limitaciones:

b-1) Perforaciones mediante Espiral Mecánico.

Los espirales mecánicos que no dispongan de un dispositivo para introducir herramientas de muestreo en el eje, no son recomendables para terrenos donde se a necesarios conocer con precisión la cota de los estratos, o donde el espesor de los mismos sea menor de 30 cm. siempre que esta información revista importancia para la ejecución del EMS.

b.2) Perforaciones por lavado con agua.

Se recomienda para diámetros menores a 100 mm. No se recomienda la ejecución de perforaciones por lavado cuando es preciso determinar el contenido de finos de muestras de estratos de suelos no cohesivos.

c) Ensayo de Penetración Estándar (ASTM D 1586) (SPT)

Los Ensayos de Penetración Estándar (SPT) son aplicables en todos los EMS donde sea posible su ejecución.

No deben ejecutarse SPT en el fondo de calicatas, debido a la pérdida de confinamiento.

d) Auscultación Semi-Estática (ASTM D 3441) (CPT)

Este método se basa en el cono holandés y consiste en la introducción mediante presión hidráulica de un cono de dimensiones normalizadas dispuesto de tal forma que pueda registrar alternativamente la resistencia por punta y la resistencia por fricción.

TABLA N° 2.2.1	
Técnica	Norma Aplicable a
Pozos o Calicatas y Trincheras	ASTM D 420
Técnicas de muestreo	ASTM D 420
Prueba de carga	ASTM D 1194
Perforación Manual	ASTM D 1452
Ensayo de Penetración Estándar (EPT)	ASTM D 1586
Perforación Mecánica	ASTM D 2113
Descripción Visual de Suelos	ASTM D 2487
Corte mediante Veleta Normal	ASTM D 2573
Auscultación Semi-estática (CPT)	ASTM D 3441
Corte mediante Veleta Miniatura	ASTM D 4648
Auscultación Dinámica con Cono Tipo Peck (ACP)	Ver Sección 2.2.2e
Auscultación Dinámica (DP) con Cono Alemán	DIN 4094

* En todos los casos se utilizará la última versión de la Norma.

NOTA.- Los ensayos de densidad de campo, tales como cono de arena, balón de jebes o métodos nucleares, no podrán emplearse para medir la densidad natural de los suelos para luego determinar la densidad relativa y la presión admisible de un suelo.

e) Auscultación Dinámica con el Cono Tipo Peck (ACP)

El ensayo de auscultación con cono dinámico consiste en la introducción en forma continua de una punta cónica tipo Peck. El equipo que se empleará para introducir la punta cónica en el suelo es el mismo que el empleado en el Ensayo de Penetración Estándar (STP, ASTM D 1586), en el que se reemplaza la cuchara estándar por un cono de 6.35 cm (2.5 puntadas) de diámetro y 60° de ángulo en la punta (Figura N° 1). Este cono se hinca en forma continua en el terreno. El registro de la auscultación se efectúa cada 15 cm. El resultado se presenta en forma gráfica indicando el número de golpes por cada 30 cm. de penetración.

El cono tipo Peck debe calibrarse previamente con respecto al Ensayo de Penetración Estándar con la finalidad de obtener el parámetro B a usar para obtener N:

$$N = \beta Cn$$

N = número de golpes por 30 cm de penetración en el Ensayo de Penetración Estándar.

Cn = número de golpes por 30 cm de penetración con el cono dinámico tipo Peck

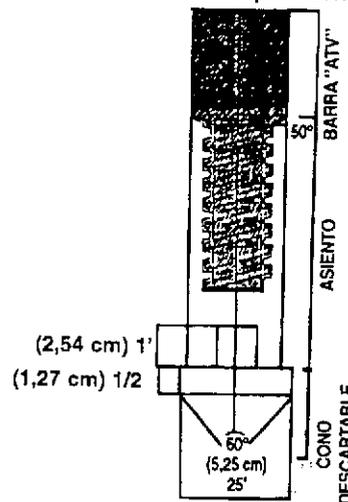
β = coeficiente de correlación.

Las auscultaciones dinámicas son ensayos que requieren investigación adicional de suelos para su interpretación y no sustituyen al Ensayo de Penetración Estándar.

No deben ejecutarse ensayos con cono tipo Peck en el fondo de calicatas, debido a la pérdida de confinamiento.

Para determinar las condiciones de cimentación en base a auscultaciones dinámicas, debe conocerse previamente la estratigrafía del terreno obtenida en base a la ejecución de calicatas, trincheras o perforaciones. El uso de cono de Peck se recomienda hasta 8 metros de profundidad. En ningún caso se debe superar los 10 metros.

**FIGURA N° 1
Cono Tipo Peck**



f) Auscultación Dinámica (DIN 4094) (DP)

Las auscultaciones dinámicas son ensayos que requieren investigación adicional de suelos para su interpretación y no sustituyen al Ensayo de Penetración Estándar.

No deben ejecutarse ensayos DP en el fondo de calicatas, debido a la pérdida de confinamiento.

Para determinar las condiciones de cimentación en base a auscultaciones dinámicas, debe conocerse previamente la estratigrafía del terreno obtenida en base a la ejecución de calicatas, trincheras o perforaciones. El uso del cono de la DP se recomienda hasta 5 metros de

profundidad. En ningún caso se debe superar los 8 metros.

g) Ensayos de Resistencia al Corte con Veleta (ASTM D 2573 y ASTM D 4648)

Los ensayos de corte con veleta normal (ASTM D 2573) o miniatura (ASTM 4648) son aplicables únicamente cuando se trata de suelos cohesivos saturados desprovistos de arena, grava y como complemento de la información obtenida mediante calicatas o perforaciones.

h) Pruebas de carga (ASTM D 1194)

Las pruebas de carga deben ser precedidas por un EMS y

se recomienda su uso únicamente cuando el suelo a ensayar es tridimensionalmente uniforme, comprende la profundidad activa de la cimentación y es semejante al ubicado bajo el plato de carga. Las aplicaciones y limitaciones de estos ensayos, se indican en la Tabla N° 2.2.2.

2.2.3 Correlación entre ensayos y propiedades de los suelos

En base a los parámetros obtenidos en los ensayos «in situ» y mediante correlaciones debidamente comprobadas, se pueden obtener valores de resistencia al corte no drenado, ángulo de fricción interna, relación de preconsolidación, rela-

**TABLA N° 2.2.2
APLICACION Y LIMITACIONES DE LO ENSAYOS**

Ensayo In Situ	Norma Aplicable N°	Aplicación Recomendada			Aplicación Restringida		Aplicación No Permitida	
		Técnica de Investigación	Tipo de Suelo (1)	Parámetros a ser Obtenidos (2)	Técnica de Investigación	Tipo de Suelo (1)	Técnica de Investigación	Tipo de Suelo (1)
Ensayo de Penetración Estándar (SPT)	ASTM D 1586	Perforación	SW.SP. SM SC-SM	N	Perforación	CL. ML. SC. MH. CH	Calicata	Lo restante
Auscultación Dinámica con el Cono Tipo Peck (Profundidad máxima 10 m.)	Ver 2.2.e	Auscultación	SW.SP. SM SC-SM	Cn	—	CL. ML. SC. MH. CH	Calicata	Lo restante
Auscultación Semi-Estática con el Cono Holandés (CPT)	ASTM D 3441	Auscultación	Todos excepto gravas	qc, fc	—	—	Calicata	Gravas
Auscultación Dinámica con Cono (DP) Tipo alemán (Profundidad máx. 8 m.)	DIN 4094	Auscultación	SW.SP. SM	Cp	—	—	Calicata	Lo restante
Resistencia al Corte por medio de la veleta Normal (3)	ASTM D 2573	Perforación	CL. ML. CH. MH	Cu, St	—	—	—	Lo restante
Resistencia al Corte por medio de la veleta Miniatura (Long. máx. de barra: 3m) (3)	ADTM D 4648	Perforación/calicata	CL. ML. CH. MH	Cu, St	—	—	—	Lo restante
Prueba de carga	ADTM D 1194	—	Suelos granulares y rocas blandas	Asentamiento vs. presión	—	—	—	—

(1) Según Clasificación SUCS, los ensayos son aplicables a suelos de doble simbología, ambos están incluidos.

(2) Leyenda:

- Cn = Cohesión en condiciones no drenadas
- N = Número de golpes de 30 cm. de penetración en el ensayo estándar de penetración.
- Cn = Número de golpes de 30 cm. de penetración mediante auscultación con cono Tipo Peck.
- Cp = Número de golpes de 10 cm. de penetración mediante auscultación con cono DP, alemán
- qc = Resistencia de punta del cono en unidades de presión.
- Fa = Fricción en el manguito.
- St = Sensitividad

(3) Sólo para suelos finos saturados, sin arenas ni gravas.

ción entre asentamientos y carga, coeficiente de balasto, módulo de elasticidad, entre otros.

2.2.4 Tipos de Muestras

Se consideran los cuatros tipos de muestras que se indican en la Tabla N° 2.2.4, en función de las exigencias que deberán atenderse en cada caso, respecto del terreno que representan.

Tipo de Muestra	Formas de obtener y transportar	Estado de la muestra	C A R A C T E R I S T I C A S
Mib	Bloques	Inalterada	Deben mantenerse inalteradas las propiedades físicas y mecánicas del suelo en su estado natural al momento del muestreo. (Aplicable solamente a suelos cohesivos, rocas blandas o suelos granulares suficientemente cementados para permitir su obtención)
Mit	Tubos de pared delgada		
Mab	Con bolsas de plástico	Alterada	Deben mantenerse inalteradas la granulometría del suelo en su estado natural al momento del muestreo.
Maw	En lata sellada	Alterada	Debe mantener inalterado el contenido de agua.

2.2.5 Ensayos de Laboratorio

Se realizarán de acuerdo con las normas que se indican en la Tabla N° 2.2.5

ENSAYO	NORMA APLICABLE
Análisis Granulométrico	ASTM D 422
Peso Específico de los Sólidos	ASTM D 854
Ensayo de Compactación	
Proctor Modificado	ASTM D 1557
Compresión no Confinada	ASTM D 2166
Contenido de Humedad	ASTM D 2216 ASTM D 4643
Consolidación Unidimensional	ASTM D 2435
Clasificación Unificada de Suelos (SUCS)	ASTM D 2487
Descripción visual-manual	ASTM D 2488
Triaxial no Consolidado no Drenado	ASTM D 2450
Corte Directo	ASTM D 3080
Densidad Relativa*	ASTM D 4253 ASTM D 4254
Límite Líquido y Plástico	ASTM D 4318
Expansión o Asentamiento Potencial Unidimensional de Suelos Cohesivos	ASTM D 4546
Triaxial Consolidado no Drenado	ASTM D 4767
Límite de Contracción	ASTM D 427
Colapsabilidad Potencial	ASTM D 5333
Contenido de Sulfatos, Cloruros y Sales solubles Totales en el Suelo y el Agua	BS 1377 - Parte 3

* Debe ser usado únicamente para el control de rellenos granulares.

2.2.6 Compatibilización de perfiles estratigráficos

En el laboratorio se seleccionarán muestras típicas para ejecutar con ellas ensayos de clasificación. Como resultado de estos ensayos, las muestras se clasificarán en todos los casos de acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos - SUCS (ASTM D 2487) y los resultados de esta clasificación serán comparados con la descripción visual manual (ASTM D 2488) obtenida para el perfil estratigráfico de campo, procediéndose a compatibilizar las diferentes existentes a fin de obtener el perfil estratigráfico definitivo, que se incluirá en el informe final.

2.3. Programa de investigación

2.3.1 Generalidades

Un programa de investigación de campo y laboratorio se define mediante:

- Condiciones de frontera.
- Número *n* de puntos a investigar
- Profundidad *p* a alcanzar en cada punto.
- Distribución de los puntos en la superficie del terreno.
- Número y tipo de muestras a extraer.
- Ensayos a realizar «in situ» y en el laboratorio.

Un EMS puede plantearse inicialmente con un Programa de Investigación Mínimo, debiendo aumentarse los alcances del programa en cualquiera de sus partes si las condiciones encontradas así lo exigieran.

2.3.2 Programa de Investigación Mínimo

El Programa de Investigación aquí detallado constituye el programa mínimo requerido por un EMS, siempre y cuando se cumplan las condiciones dadas en la Sección 2.3.2a.

De no cumplirse las condiciones indicadas, el Profesional Responsable deberá ampliar el programa de la manera más adecuada para lograr los objetivos del EMS.

a) Condiciones de Frontera

Tienen como objetivo la comprobación de las características del suelo, supuestamente iguales a las de los terrenos colindantes ya edificados. Serán de aplicación cuando se cumplan simultáneamente las siguientes condiciones:

- No existen en los terrenos colindantes grandes irregularidades como afloramientos rocosos, fallas, ruinas arqueológicas, estratos erráticos, rellenos o cavidades.

a-2) No existen edificaciones situadas a menos de 100 metros de terreno a edificar que presentan anomalías como grietas o desplomes originados por el terreno de cimentación.

a-3) El tipo de edificación (Tabla N° 2.1.2) a cimentar es de la misma o de menor existencias que las edificaciones situadas a menos de 100 m.

a-4) El número de plantas del edificio a cimentar (Incluido sótanos), la modulación media entre apoyos y las cargas en éstos son iguales o inferiores que las correspondientes a las edificaciones situadas a menor de 100 m.

a-5) Las cimentaciones de los edificios situados a menor de 100 metros y a la prevista para el edificio a cimentar son de tipo superficial, excepto losa.

a-6) La cimentación prevista para el edificio en estudio no profundiza respecto de las contiguas más de 1.5 m.

b) Número «n» de puntos a investigar

Se determina este número de sondajes en la Tabla N° 2.3.2 en función del tipo de edificio y del área de la superficie ocupar por éste.

TABLA N° 2.3.2. NUMERO DE PUNTOS A INVESTIGAR	
Tipo de edificación	Número de puntos a investigar (n)
A	1 cada 225 m ²
B	1 cada 450 m ²
C	1 cada 800 m ²
Urbanizaciones	3 por cada Ha. de terreno habilitado

n nunca será menor de 3, excepto en los casos indicados en la Sección 1.3.2

Cuando se conozca el emplazamiento exacto de la estructura n se determinará en función del área en planta de la misma, cuando no se conozca dicho emplazamiento, n se determinará en función del área total del terreno.

c) Profundidad «p» mínima a alcanzar en cada punto

c-1) Cimentación Superficial

Se determina de la siguiente manera:

EDIFICIO SIN SOTANO:

$$p = D1 + Z$$

EDIFICIO CON SOTANO:

$$p = h + D1 + z$$

Donde:

D1 = En edificio sin sótano, es la distancia vertical de la superficie del terreno al fondo de la cimentación.

En edificio con sótano, es la distancia vertical entre el nivel del piso terminado del sótano al fondo de la cimentación.

h = Distancia vertical entre el nivel del piso terminado del sótano y la superficie del terreno natural.

z = 1.5 B; siendo B el ancho de la cimentación prevista de mayor área.

En el caso de ser conocida la existencia de un estrato

resistente que normalmente se utiliza como plano de apoyo de la cimentación en la zona, a juicio y bajo responsabilidad del Profesional Responsable, se podrá adoptar para p la profundidad del estrato resistente más una profundidad de verificación, la cual no deberá ser menor de 1 m. La profundidad p mínima será de 3 m. Si se encontrase roca antes de alcanzar la profundidad p, el Profesional Responsable deberá llevar a cabo una verificación de su calidad, por un método adecuado.

c-2) Cimentación Profunda

La profundidad mínima de cimentación profunda corresponderá a la profundidad activa de cimentación, la cual se determinará de acuerdo al tipo de cimentación empleada. Se debe analizar la interacción entre las cimentaciones mediante los métodos aceptados por la mecánica de suelos.

d) Distribución de los puntos de exploración

Se distribuirán uniformemente en la superficie del terreno y por lo menor el 70% de los puntos caerán dentro de la superficie a ocuparse con la edificación.

e) Número y tipo de muestras a extraer

Cuando el plano de apoyo de la cimentación prevista no sea roca, se tomará en cada sondaje una muestra tipo Mab por estrato, o al menor una cada 2 metros de profundidad hasta el plano de apoyo de la cimentación prevista D, y a partir de éste una muestra tipo Mib o Mit cada metro, hasta alcanzar la profundidad p, tomándose la primera muestra en el propio plano de la cimentación.

Cuando no sea posible obtener una muestra tipo Mib o Mit, éste se sustituirá por un ensayo «in situ» y una muestra tipo Mab.

f) Ensayos a realizar «in situ» y en Laboratorio

Se realizarán sobre los Estratos Típicos y/o sobre las muestras extraídas. Las determinaciones a realizar, así como el mínimo de muestras a ensayar será determinado por el Profesional Responsable.

2.4 Informa del EMS

El informe del EMS comprenderá:

- Memoria Descriptiva
- Planos y Perfiles de Suelos
- Resultados de los Ensayos «In Situ» y de Laboratorio.

2.4.1 Memoria Descriptiva

a) Resumen de las Condiciones de Cimentación

Descripción resumida de todos y cada uno de los tópicos principales del informe:

- Tipo de cimentación.
- Estrato de apoyo de la cimentación.
- Parámetros de diseño para la cimentación (Profundidad de la Cimentación, Presión Admisible, Factor de Seguridad por Corte y Asentamiento Diferencial o Total)
- Agresividad del suelo a la cimentación.
- Recomendaciones adicionales inherentes a las condiciones de cimentación.

b) Información Previa

Descripción detallada de la información recibida de quién solicita el EMS y de la recolectada por el Profesional Responsable de acuerdo a la Sección 2.1.

c) Exploración de Campo

Descripción de los ensayos efectuados, con referencia a las Normas empleadas en el campo.

d) Ensayos de Laboratorio

Descripción de los ensayos efectuados, con referencia a

las Normas empleadas en en Laboratorio

e) Perfil del Suelo

Descripción de los diferentes estratos que constituyen el terreno investigado indicando para cada uno de ellos: origen, nombre y símbolo del grupo del suelo, según el sistema unificado de suelos (SUCS, ASTM D 2487), plasticidad de los finos, consistencia o densidad relativa, humedad, color, tamaño máximo y angularidad de las partículas, olor, cementación y otros comentarios (raíces o cavidades, etc.), de acuerdo a la Norma ASTM D 2488.

f) Nivel de la Napa Freática

Ubicación de la napa freática indicando la fecha de medición y comentarios sobre su variación en el tiempo.

g) Análisis de la Cimentación

Descripción de las características físico-mecánicas de los suelos que controlan el diseño de la cimentación. Análisis y diseño de solución para cimentación. Se incluirá memorias de cálculo en cada caso, en la que deberán indicarse todos los parámetros utilizados y los resultados obtenidos. En esta Sección se incluirá como mínimo:

- Memoria de cálculo.
- Tipo de cimentación y otras soluciones si las hubiera.
- Profundidad de cimentación (Df).
- Determinación de la carga de rotura al corte y factor de seguridad (FS).
- Estimación de los asentamientos que sufrirá la estructura con la carga aplicada (diferenciales y/o totales).
- Presión admisible del terreno.
- Indicación de las precauciones especiales que deberá tomar el diseñador o el constructor de la obra, como consecuencia de las características particulares del terreno investigado (Efecto de la napa freática, contenido de sales agresivas al concreto, etc.)
- Parámetros para el diseño de muros de contención y/o o calzada.
- Otros parámetros que se requieran para el diseño o construcción de las estructuras y cuyo valor dependa directamente del suelo.

h) Efecto de Sismo

Se proporcionará la información suficiente para la aplicación de las Normas de Diseño Sismo-Resistente vigentes y como mínimo:

$S = \text{Factor Suelo}$

$T_n = \text{Período Predominante de Vibración del Suelo}$ determinados a partir de las características de los suelos que conforman el perfil estratigráfico.

Para una condición de suelo o estructura que lo amerite, el Profesional Responsable, deberá recomendar la medición «in situ» del Período Fundamental del Suelo, a partir del cual se calculará su Período Fundamental del Suelo, a partir del cual se calculará su Período Predominante de Vibración.

En el caso de que la zona activa de la cimentación, se encuentren suelos granulares saturados sumergidos de los tipos: arenas limos no plásticos o gravas contenidas en una matriz de estos materiales, el informe deberá evaluar el potencial de licuefacción de suelos, de acuerdo a Sección 6.4.

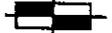
2.4.2 Planos y Perfiles de Suelos

a) Plano de Ubicación del programa de Exploración

Plano topográfico o planimétrico (ver Sección 2.1.1) del terreno relacionado a una base de referencia y mostrando la ubicación física de la cota (ó BM) de referencia utilizada.

En el plano de ubicación se emplean la nomenclatura indi-

**TABLA N° 2.4.2
TECNICAS DE INVESTIGACION**

Técnica de Investigación	Simbolo
Pozo o calicata	C-n 
Perforación	P-n 
Auscultación	A-n 

cada en la Tabla N° 2.4.2.

n - número correlativo de sondaje

b) Perfil Estratigráfico por Punto Investigado

Debe incluirse la información de Perfil del Suelo indicada en la Sección 2.4.1 e, así como las muestras obtenidas y los resultados de los ensayos «in situ». Se sugiere incluir los símbolos gráficos indicados en la Figura N° 2.

2.4.3 Resultados de los Ensayos de Laboratorio

Se incluirán los gráficos y resultados obtenidos en el laboratorio según la aplicación de la Tabla N° 2.2.5.

CAPITULO III

ANALISIS DE LAS CONDICIONES DE CIMENTACION

3.1 Cargas a utilizar

Para la elaboración de las conclusiones del EMS, y en caso de contar con la información de las cargas de la edificación se deberán considerar:

a) Para el cálculo del factor de seguridad de cimentaciones:

Se utilizarán como cargas aplicadas a la cimentación, las cargas de Servicio que se utilizan para el diseño estructural de las columnas del nivel más bajo de la edificación.

b) Para el cálculo del asentamiento de cimentaciones apoyadas sobre suelos granulares: se deberá considerar la máxima carga vertical que actúe (Carga Muerta más Carga Viva más Sismo) utilizada para el diseño de las columnas del nivel más bajo de la edificación.

c) Para el cálculo de asentamientos en suelos cohesivos: se considerará la Carga Muerta más el 50% de la Carga Viva, sin considerar la reducción que permite la Norma Técnica de Edificación E. 020 Cargas.

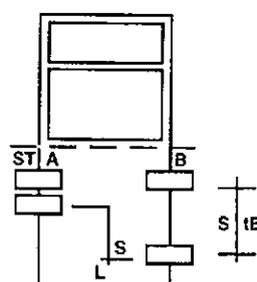
3.2 Asentamientos Tolerable

En todo EMS se deberá indicar el asentamiento tolerable que se ha considerado para la edificación o estructura motivo del estudio. El asentamiento diferencial (Figura N° 3) no debe ocasionar una distorsión angular mayor que la indicada en la Tabla N° 3.2.0.

En el caso de suelos granulares del asentamiento diferencial, se puede estimar como el 75% del asentamiento total.

En caso de tanques elevados y similares y/o estructuras especiales el asentamiento tolerable no deberá superar el requerido para la correcta operación de la estructura.

FIGURA N° 3



$\text{Distorsión Angular} = \frac{S}{L}$

- $\delta TA = \text{Asentamiento total de A}$
- $\delta TB = \text{Asentamiento total de B}$
- $\delta = \text{Asentamiento diferencial}$

FIGURA N° 2
SIMBOLOGIA DE SUELOS (REFERENCIAL)

DIVISIONES MAYORES		SIMBOLO		DESCRIPCION
		SUCS	GRAFICO	
SUELOS GRANULARES	GRAVA Y SUELOS GRAVOSOS	GW		GRAVA BIEN GRADUADA
		GP		GRAVA MAL GRADUADA
		GM		GRAVA LIMOSA
		GC		GRAVA ARCILLOSA
	ARENA Y SUELOS ARENOSOS	SW		ARENA BIEN GRADUADA
		SP		ARENA MAL GRADUADA
		SM		ARENA LIMOSA
		SC		ARENA ARCILLOSA
SUELOS FINOS	LIMOS Y ARCILLAS (LL>50)	ML		LIMO INORGANICO DE BAJA PLASTICIDAD
		CL		ARCILLA INORGANICA DE BAJA PLASTICIDAD
		OL		LIMO ORGANICO O ARCILLA ORGANICA DE BAJA PLASTICIDAD
	LIMOS Y ARCILLAS (LL<50)	MH		LIMOS INORGANICOS DE ALTA PLASTICIDAD
		CH		ARCILLA INORGANICA DE ALTA PLASTICIDAD
		OH		ARCILLA ORGANICAS O LIMO ORGANICO DE ALTA PLASTICIDAD
SUELOS ALTAMENTE ORGANICOS		P _t		TURBA Y OTROS SUELOS ALTAMENTE ORGANICOS

TABLA N° 3.2.0	
Distorsión Angular = α	
α (%)	DESCRIPCION
1/150	Límite en el que se debe esperar daño estructural en edificios convencionales.
1/250	Límite en el que la pérdida de verticalidad de edificios altos y rígidos puede ser visible.
1/300	Límite en que se debe esperar dificultades con puentes grúas.
1/300	Límite en que se debe esperar las primeras grietas en paredes.
1/500	Límite seguro para edificios en los que no se permiten grietas.
1/500	Límite para cimentación rígidas circulares o para anillos de cimentación de estructuras rígidas, altas y esbeltas.
1/650	Límite para edificios rígidos de concreto cimentados sobre un solado de espesor aproximado de 1.20 m.
1/750	Límite donde se esperan dificultades en maquinaria sensible a asentamientos.

3.3 Factor de Seguridad frente a una Falla por Corte

Los factores de seguridad mínimos que deberán tenerlas cimentaciones son los siguientes:

- a) Para cargas estáticas: 3,0.
- b) Para sollicitación máxima de sismo o viento (la que sea más desfavorable); 2,5.

3.4 Presión admisible

La determinación de la Presión Admisible, se efectuará tomando en cuenta los siguientes factores:

- a) Profundidad de Cimentación.
- b) Dimensión de los elementos de la cimentación.
- c) Características físico-mecánicas de los suelos ubicados dentro de la zona activa de la cimentación.
- d) Ubicación del nivel freático.
- e) Probable modificación de las características físico-mecánicas de los suelos, como consecuencia de los cambios en el contenido de humedad.
- f) Asentamiento tolerable de la estructura.

La presión admisible será la menor de la que se obtenga mediante:

- a) La aplicación de las ecuaciones de capacidad de carga por corte, afectada por el factor de seguridad correspondiente (Ver Sección 3.3).
- b) La presión que cause el asentamiento admisible.

CAPITULO IV CIMENTACIONES SUPERFICIALES

4.1 Capacidad de Carga

La capacidad de carga por corte del suelo o presión última o de falla, se determinará utilizando las fórmulas aceptadas por la mecánica de suelos.

4.2. Asentamiento

Los asentamientos se determinarán utilizando los métodos aceptados por la mecánica de suelos.

4.3. Profundidad de Cimentación

La profundidad mínima de cimentación será de 0,80 m.

En el caso de que la edificación, se construya con muros portantes de albañilería, y la cimentación sea realizada mediante una losa de concreto armada en dos sentidos, se colocará un anillo perimetral de concreto armado, con una profundidad mínima de 0,40 m.

La carga admisible y el asentamiento diferencial, deben calcularse para la profundidad de la cimentación.

Si para una estructura se plantea varias profundidades de cimentación, deben determinarse la carga admisible y el asentamiento diferencial para cada caso.

En el caso de cimentaciones a varias profundidades, debe evitarse que las zonas de influencia de los cimientos ubicados debajo de ellos; de lo contrario será necesario tener en cuenta en el dimensionamiento de los cimientos interiores, las presiones transmitidas por los cimientos superiores.

No debe cimentarse sobre turba, suelo orgánico, tierra vegetal, desmonte o relleno sanitario, ni rellenos sanitarios. Estos materiales inadecuados deberán ser removidos en su totalidad, antes de construir la edificación y reemplazados con material que cumplan con el indicado en Sección 4.4.1.

En las zonas donde el suelo sea susceptible de congelarse, de deberá situar la cimentación superficial a una profundidad tal, que los efectos de este fenómeno no afecten a la cimentación.

4.4. Cimentación sobre rellenos

Los rellenos son depósitos artificiales que se diferencian por su naturaleza y por las condiciones bajo las que son colocados.

Por su naturaleza puede ser:

- a) Materiales seleccionados: todo tipo de suelo compactable, sin elementos extraños.
- b) Materiales no seleccionados: todo aquel que no cumpla con la condición anterior.

Por las condiciones bajo las que son colocados:

- a) Controlados; y
- b) No controlados.

4.4.1 Rellenos controlados o de ingeniería

Los rellenos controlados son aquellos que se construyen con materiales seleccionados, generalmente del tipo granular. Los métodos empleados en su conformación, compactación y control, dependen principalmente de las propiedades físicas del material.

Los suelos seleccionados con los que se construyen los rellenos controlados, deberán ser compactados de la siguiente manera:

- Cuando el 30% o menos del material es retenido en la malla 3/4".

a) Si tiene más de 12% de finos, deberá compactarse a una densidad mayor o igual del 90% de la Máxima Densidad Seca del Ensayo de Compactación tipo Proctor Modificado (ASTM D 1557), en todo su espesor.

b) Si tiene menos de 12% de finos, deberá compactarse a una densidad no menor del 95% de la Máxima Densidad Seca del Ensayo de Compactación tipo Proctor Modificado (ASTM D 1557), en todo su espesor.

- Cuando más del 30% del material es retenido en la malla 3/4".

a) Si el porcentaje de finos es menor o igual que 15% deberá compactarse a una densidad relativa (ASTM D 4254), no menor del 70%.

b) No será recomendable la utilización de materiales con más de 15% de finos, salvo que se sustenten los métodos de compactación y control.

Deberán realizarse controles de compactación en todas las capas compactadas, a razón necesariamente de un control por cada 250 m² como máximo.

Cuando se requiera verificar la compactación de un relleno ya construido de más de 5 metros de espesor, deberá realizarse un ensayo de penetración estándar (SPT - ASTM D 1586), por cada metro de espesor de relleno compactado. Para rellenos de espesores menores de 5 metros, podrán reemplazarse los SPT, por ensayos con el Cono (Dinámico o Semi-estático).

Los ensayos efectuados por los métodos mencionados en el párrafo anterior se realizarán a razón de por lo menos de un punto de control por cada 250 m² de relleno compactado.

4.4.2 Rellenos con controlados

Los rellenos no controlados son aquellos que no cumplen con la Sección 4.4.1. Las cimentaciones superficiales no se podrán construir sobre estos rellenos ni sobre tierra de cultivo, suelos orgánicos, turba, o mezclas de ellos, los cuales deberán ser removidos en su totalidad y reemplazados por suelos seleccionados, antes de iniciar la construcción de la cimentación.

4.5. Cargas Excéntricas

En el caso de cimentaciones superficiales que transmiten al terreno una carga vertical Q y dos momentos M_x y M_y que actúan simultáneamente, según los ejes x e y respectivamente; el sistema formado por estas tres sollicitaciones ser

estáticamente equivalente a carga vertical excéntrica de valor Q, ubicada en el punto (e_x, e_y) siendo:

$$e_x = \frac{M_x}{Q_y} \quad e_y = \frac{M_y}{Q_x}$$

El lado de la cimentación, ancho (B) o largo (L), se corrige por excentricidad reduciéndolo en dos veces la excentricidad para ubicar la carga en el centro de gravedad del "área efectiva = B'xL'":

$$B' = B - 2e_x \quad L' = L - 2e_y$$

El centro de gravedad del "área efectiva" debe coincidir con la posición de la carga excéntrica y debe seguir el contorno más próximo de la base real con la mayor precisión posible. Su forma debe ser rectangular, aún en el caso de cimentaciones circulares.

Debe notarse que cuando se trate de momentos originados por fuerzas sísmicas, normalmente no se considera el efecto en ambos sentidos simultáneamente. (Ver Figura N° 4).

4.6. Cargas Inclinadas

La carga inclinada modifica la configuración de la superficie de falla, por lo que la ecuación de capacidad de carga debe ser recalculada tomando en cuenta su efecto.

4.7 Cimentaciones superficiales en Taludes

En el caso de cimientos ubicados en terrenos próximos a taludes o sobre taludes o en terreno inclinado, la ecuación de capacidad de carga debe ser calculada teniendo en cuenta la inclinación de la superficie y la inclinación de la base de cimentación, si la hubiera.

Adicionalmente debe verificarse la estabilidad del talud, considerando la presencia de la estructura.

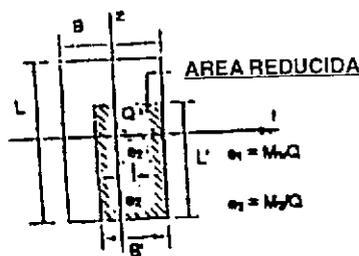
El factor de seguridad mínimo del talud, en condiciones estáticas debe ser 1,5 y en condiciones sísmicas 1,25.

FIGURA N° 4
CIMENTOS CARGADOS EXCÉNTRICAMENTE
CAPITULO V



La fuerza resultante actúa al dentroide del área reducida.

(A) CARGAS EQUIVALENTES



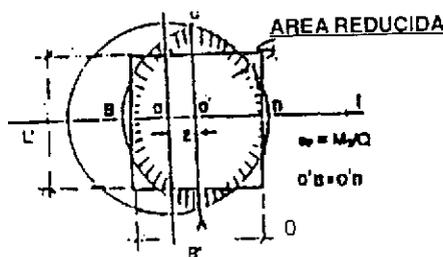
Para cimientos rectangulares se reducen las dimensiones así:

$$L' = L - 2e_1 \quad e_1 = H_1/Q$$

$$B' = B - 2e_2 \quad e_2 = M_2/Q$$

(B) AREA REDUCIDA - CIMENTO RECTANGULAR

Para un cimiento circular de radio R, el área efectiva * 2x (áreas del segmento circular ADC), considerar A'e como un rectángulo con L'/B' = AC/DD



$$e = \frac{H}{Q}$$

$$L' = 2a = \pi R l'$$

$$l' = \left(2R \sqrt{\frac{R^2 - e^2}{R - e}} \right)^{1/2}$$

$$B' = l' \sqrt{\frac{R - e}{R + e}}$$

$$S = \frac{\pi R^2}{2} - \left[e \sqrt{R^2 - e^2} + R^2 \sin^{-1} \left(\frac{e}{R} \right) \right]$$

(C) AREA REDUCIDA - CIMENTO CIRCULAR

CAPITULO V
CIMENTACIONES PROFUNDAS

5.1. Cimentación por Pilotes

5.1.1 Programas de exploración para pilotes

El programa de exploración para cimentaciones por pilotes se sujetará a lo indicado en la Sección 2.3, excepto en lo concerniente a la profundidad mínima de investigación, la cual corresponderá a la profundidad activa de cimentación.

5.1.2 Capacidad de carga en pilotes

El cálculo de la capacidad de carga en pilotes se efectuará mediante cualquiera de los métodos estáticos confiables normalmente utilizados en la Mecánica de Suelos.

La capacidad estática de carga se calculará por medio de la siguiente ecuación:

$$Q_u = Q_p + \dots \Sigma Q_f$$

donde

- Q_u : capacidad última del pilote
- Q_p : capacidad última por punta
- ΣQ_f : capacidad última por fricción en los estratos que intervienen en el efecto de fricción.

Dentro de los cálculos de la capacidad de carga de los pilotes no se deben considerar los estratos licuefactables, ni aquellos de muy baja resistencia, ni suelos orgánicos ni turbas.

Durante la construcción de la obra deberán ejecutarse pruebas de carga y la capacidad de carga deberá ser verificada por una fórmula dinámica confiable según las condiciones de la hinca.

5.1.3 Capacidad de carga de un grupo de pilotes

En el caso de un grupo de pilotes de fricción en arcilla, deberá analizarse el efecto de grupo.

En el caso de pilotes apoyados sobre un estrato resistente de poco espesor, debajo del cual se tiene un suelo menos resistente, debe analizarse la capacidad de carga por punzonamiento en dicho suelo.

5.1.4 Factores de seguridad

Para el cálculo de la capacidad de carga admisible, mediante métodos estáticos, a partir de la carga última, se utilizarán los factores de seguridad estipulados en Sección 3.3.

Para el cálculo mediante métodos dinámicos, se utilizará el factor de seguridad correspondiente a la fórmula utilizada. En ningún caso el factor de seguridad en los métodos dinámicos será menor de 2.

5.1.5 Pruebas de carga

Se deberá efectuar una prueba de carga por cada pilote o grupos de pilotes o al menor una por cada cien pilotes. (ASTM D 1143).

Las pruebas se efectuarán en zonas de perfil conocido.

5.1.6 Ensayos diversos

Adicionalmente a la prueba de carga, se recomiendan los siguientes ensayos en pilotes ya instalados:

- a) Verificación del buen estado físico.
- b) Prueba de carga estática lateral, de solicitaciones.
- c) Verificación de la inclinación.

5.1.7 Espaciamiento de pilotes

El espaciamiento mínimo entre pilotes será el indicado acuerdo en la Tabla siguiente:

TABLA 5.1.7

Espaciamiento mínimo de pilotes	
Longitud (m)	Espaciamiento entre ejes
$L < 10$	3b
$10 < L < 25$	4b
$L > 25$	5b

donde:

b = diámetro o mayor dimensión del pilote.

Sin embargo, para el caso de pilotes por fricción este espaciamiento no podrá ser menor de 1,20 m.

5.1.8 Fricción negativa

Este efecto incrementa la carga que actúa en el pilote y es generado por el desplazamiento relativo hacia abajo del suelo con respecto al pilote; deberá tomarse en cuenta cuando se efectúe pilotaje en suelos compresibles.

Para analizar este efecto se utilizarán los métodos estáticos, considerando únicamente en ellos la fricción lateral suelo-pilote, actuando hacia abajo.

5.1.9. Asentamientos

Se estimará primero el asentamiento tolerable por la estructura y luego se calculará el asentamiento del pilote aislado o grupos de pilotes para luego compararlos.

En el cálculo del asentamiento del pilote aislado se considerarán: el asentamiento debido a la deformación axial del pilote, el asentamiento generado por la acción de punta y el asentamiento generado por la carga transmitida por fricción.

En el caso de pilotes en suelos granulares, el asentamiento del grupo está en función del asentamiento del pilote aislado.

En el caso de pilotes en suelo cohesivo, el principal componente del asentamiento del grupo proviene de la consolidación de la arcilla. Para estimar el asentamiento, en este caso, puede reemplazarse al grupo de pilotes por una zapata imaginaria ubicada a 2/3 de la profundidad del grupo de pilotes, de dimensiones iguales a la sección del grupo, y que aplica la carga transmitida por la estructura.

5.2 Cimentación por pilares

5.2.1 Capacidad de carga

La capacidad de carga de un pilar deberá ser evaluado de acuerdo a los mismos métodos estáticos utilizados en el cálculo de pilotes. Se tomará en cuenta los efectos por punta y fricción.

5.2.2 Factor de seguridad

La capacidad admisible se obtendrá dividiendo la capacidad última por el factor de seguridad. Se utilizará los factores estipulados en la Sección 3.3,

5.2.3 Acampanamiento en la base del pilar

Se podrá acampanar el pilar en el ensanchamiento de la base a fin de incrementar la capacidad de carga del pilar, siempre y cuando no exist apeligro de derrumbes.

5.2.4 Aflojamiento del suelo circundante

El aflojamiento del suelo circundante deberá controlarse por:

- a) Rápida excavación del fuste y vaciado del concreto
- b) Mediante el uso de un forro en la excavación del fuste
- c) Por aplicación del Método del Lodo Bentonítico.

5.2.5 Asentamientos

Una vez comprobada la capacidad de carga del suelo, deberá estimarse el grado de deformación que se producirá al aplicar las cargas. El asentamiento podrá ser un factor de limitación en el proyecto estructural del pilar. Se calculará el asentamiento por contacto o inmediato y el asentamiento por compresión o consolidación.

CAPITULO VI

PROBLEMAS ESPECIALES DE CIMENTACION

6.1 Suelos colapsables

El *Profesional Responsable* efectuará el estudio correspondiente para destacar o verificar la existencia de suelos colapsables, cuando éstos puedan afectar a la estructura.

6.2 Ataque químico a las cimentaciones

En los lugares donde haya sospecha del ataque químico a las cimentaciones, deberán llevarse a cabo investigaciones para estudiar esta posibilidad. El estudio del ataque químico a las cimentaciones debe efectuarse mediante análisis químicos del agua y del suelo.

6.3. Suelos expansivos

El *Profesional Responsable* efectuará el estudio correspondiente para descartar o verificar la existencia de suelos expansivos, cuando éstos puedan afectar a la estructura.

6.4 Licuefacción de suelos

El *Profesional Responsable* efectuará el estudio correspondiente para descartar o verificar la ocurrencia del fenómeno de licuefacción en los suelos ubicados bajo la napa freática.

6.5. Calzadura

6.5.1 Generalidades

Las calzaduras son estructuras provisionales que se diseñan y construyen para sostener las cimentaciones vecinas y el suelo de la pared expuesta, producto de las excavaciones efectuadas. Tienen por función prevenir las fallas por inestabilidad o asentamiento excesivo y mantener la integridad del terreno colidantes y de las obras existentes en él, hasta que entren en funcionamiento las obras de calzadura y/o sostenimiento definitivas

Las calzaduras a diferencia de otras de sostenimiento como: pilotes continuos, tablestacados, o muros diafragma, se construyen alternada y progresivamente con la excavación.

6.5.2 Parámetros de cálculos y otras condiciones

Las obras de sostenimiento definitivas son estructuras permanentes, que tienen por finalidad sostener el suelo y a las cargas que actúan sobre él, como consecuencia de las excavaciones u obras efectuadas en el terreno vecino.

Donde sea aplicable, el informe del EMS, deberá incluir los parámetros de suelos requeridos para el diseño de las obras de calzadura y sostenimiento de las edificaciones, muros, perimetrales, pistas y terrenos vecinos, considerando que éstos puedan ser desestabilizados como consecuencia directa de las excavaciones que se ejecuten para la construcción de las obras, o como consecuencia de un sismo o sobrecargas durante la ejecución de las obras, las que deberán ser consideradas en cálculos respectivos.

Para cumplir lo anterior, el *Profesional Responsable* deberá proveer toda la información referente al perfil de suelos

que será involucrado por la obra de calzadura y/o sostenimiento, dicha información deberá incluir como mínimo: el perfil del suelo mostrando sus diferentes estratos y el nivel freático tal como se detalla en las Secciones 2.4.1 e) y f), las características físicas, el peso unitario, el valor de la cohesión y el ángulo de la fricción interna de los diferentes estratos que lo componen, según se aplique, debiendo obtenerse conforme se indica en esta Norma. Estos mismos parámetros deben ser proporcionados por el *Profesional Responsable* del EMS, para el caso de una eventual saturación del suelo.

En caso de ser requerido el bombeo a abastecimiento de la napa freática para la construcción de las obras de calzadura y/o de sostenimiento, el *Profesional Responsable* deberá proponer los coeficientes de permeabilidad horizontal y vertical del terreno, aplicables al cálculo del caudal de agua a extraer y deberá prevenir cualquier consecuencia negativa que pueda ocasionar a la obra o a las edificaciones existentes, el acto de bombear o abatir la napa freática.

6.5.3 Estabilidad de los cortes

En el caso de cortes para sótanos y/o cimentaciones, el Contratista deberá encargar a un especialista el estudio de la estabilidad de los cortes. En cualquier caso las excavaciones verticales de más de 2,00 m. de profundidad, requeridas para alcanzar los niveles de sótanos y cimentaciones, no deben permanecer sin calzadura y/o sostenimiento, salvo que un estudio realizado por un especialista determine que no es necesario.

Los cortes no verticales también deberán calzarse y/o sostenirse a menos que un estudio realizado por un especialista determine que no es necesario ejecutar dichas obras.

6.5.4 Efectos de los sismos

De producirse un sismo con una magnitud mayor o igual a 3,5 grados de la Escala Richter, el contratista a cargo de las excavaciones, deberá proceder de inmediato, bajo su responsabilidad y tomando las precauciones del caso, a calzar y/o sostener cualquier corte de más de 2,00 m. de altura, salvo que un estudio realizado por un especialista determine que no es necesario.

6.5.5 Carga horizontales

La ausencia de cargas horizontales sobre una calzadura puede ser un fenómeno temporal, cuya presencia dependerá:

- Del tiempo que la excavación permanezca sin soporte.
- Del tipo de suelo involucrado.
- De contingencias tales como: variaciones en la carga hidrostática (humedeciendo y secado), sobrecargas estáticas durante el proceso constructivo, y por sobrecargas dinámicas (sismos y vibraciones causadas artificialmente).

El contratista de la Obra debe tener en consideración estas situaciones y no deberá permitir que la calzadura permanezca sin soporte horizontal, por un tiempo tal que permita la aparición de grietas de tensión y fuerzas no previstas en el cálculo de la calzadura (permanentes o eventuales), y que puedan producir el colapso de la misma.

6.5.6 Excavación sin soporte

El *Profesional Responsable* de la Obra deberá determinar la profundidad máxima o altura crítica (H_c) a la cual puede llegar a excavación, sin requerir soporte.

No se permitirán excavaciones sin calzadura, si las mismas dejan sin soporte a las cimentaciones vecinas.

6.5.7 Diseño y construcción de la calzadura

La necesidad de: la calzadura, su diseño y construcción son responsabilidad del Contratista de las Obras respectivas.

La estructura de la obra de calzadura, deberán diseñarse y construirse como una obra de sostenimiento.

**ANEXO 1
GLOSARIO**

Asentamiento Diferencial Tolerable.- Máximo asentamiento diferencial entre dos elementos adyacentes a una estructura, que al ocurrir no produce daños visibles ni causan problemas.

Asentamientos Diferencial.- Máxima diferencia de nivel entre dos cimentaciones adyacentes de una misma estructura.

Cajón (Caisson).- Elemento prefabricado de cimentación, que teniendo dimensiones exteriores de un elemento macizo, se construye inicialmente hueco (como una caja), para ser rellenado después de colocado en su posición final.

Capacidad de carga.- Presión requerida para producir la falla de la cimentación por corte (sin factores de seguridad).

Carga admisible.- Sinónimo de presión admisible.

Carga de servicio.- Carga viva más carga muerta, sin factores de ampliación.

Carga de trabajo.- Sinónimo de presión admisible.

Carga muerta.- Ver NTE E. 020 Cargas - Sección 1.

Carga Viva.- Ver NTE E. 020 Cargas - Sección 2.

Cimentación.- Parte de la edificación, que transmite al subsuelo las cargas de la estructura.

Cimentación continua.- Cimentación superficial en la que el largo (L) es igual o mayor que diez veces el ancho (B).

Cimentación por pilares.- Cimentación profunda, en la cual la relación Profundidad/Ancho (D/B) es mayor o igual que 5, siendo D, la profundidad enterrada y B la profundidad enterrada del pilar. El pilar es excavado y vaciado en el sitio.

Cimentación por pilotes.- Cimentación profunda en la cual la relación Profundidad/Ancho (d/b) es mayor o igual a 10, siendo "d" la profundidad enterrada del pilote y "b" el ancho o diámetro del pilote.

Cimentación por platea de cimentación.- Cimentación constituida por una losa sobre la cual se apoyan varias columnas y cuya área se aproxima sensiblemente al área total de la estructura soportada.

Cimentación profunda.- Aquella que transmite las cargas a capas del suelo mediante pilotes o pilares.

Cimentación superficial.- Aquella en la cual la relación Profundidad/Ancho (D/B) es menor o igual a 5, siendo "D", la profundidad de la cimentación y "B" el ancho o diámetro de la misma.

Estrato típico.- Estrato de suelo con característica tales que puede ser representativo de otros iguales o similares en un terreno dado.

Estudio de Mecánica de Suelos (EMS).- Conjunto de exploraciones a investigaciones de campo, ensayos de laboratorio y análisis de gabinete que tienen por objeto estudiar el comportamiento de los suelos y sus respuestas ante las sollicitaciones de una edificación.

Geodinámica externa.- Conjunto de factores geológicos de carácter dinámico, que actúan sobre el terreno materia del Estudio de Mecánica de Suelos.

Nivel Freático.- Nivel superior del agua subterránea en el momento de la exploración. El nivel se puede dar respecto a la superficie terreno o a una cota de referencia.

Pilote.- Elemento de cimentación profunda en la cual la relación profundidad/ancho (D/B) es mayor o igual a 10.

Pilotes de carga mixta.- Aquellos que transmiten la carga, parte por punta y parte por fricción.

Pilotes de carga por fricción.- Aquellos que transmiten la carga a lo largo de su cuerpo por fricción con el suelo que lo circunda.

Pilotes de carga por punta.- Aquellos que transmiten la carga a un estrato resistente ubicado bajo la punta.

Pilotes de densificación.- Aquellos que se instalan para densificar el suelo y mejorar las condiciones de cimentación.

Presión admisible.- Máxima presión que la cimentación puede transmitir al terreno sin que ocurran asentamientos excesivos (mayores que el admisible) ni el factor de seguridad frente a una falla por corte sea menor que el valor indicado en la Sección 3.3

Presión admisible por asentamiento.- Presión que al ser aplicada por la cimentación adyacente a una estructura, ocasiona un asentamiento diferencial igual al asentamiento admisible. En este caso no es aplicable el concepto factor de seguridad, ya que se trata de asentamientos.

Presión de contacto.- Carga transmitida por las estructuras al terreno en el nivel de cimentación incluyendo el peso propio de cimiento.

Presión de trabajo.- Sinónimo de presión admisible.

Profesional responsable.- Ingeniero Civil, registrado en el Colegio de Ingenieros del Perú.

Profundidad activa.- Zona del suelo ubicada entre el nivel de cimentación y la isóbara (línea de igual presión) correspondiente al 10% de la presión aplicada a la cimentación (Figura N° 5).

Tipo de Sección	Criterio
Cuadrada	2B
Continua	6.4 B

Profundidad de Cimentación.- Profundidad a la que se encuentra el plano o desplante de la cimentación de una estructura. Plano a través del cual se aplica la carga: referido al nivel del terreno de la obra terminada.

Propietario.- Persona natural o jurídica que ejerce o ejercerá derecho de propiedad sobre la edificación materia de Estudio de Mecánica de Suelos.

Rellenos.- Depósitos artificiales descritos en la Sección 4.4

Roca.- Material que a diferencia del suelo, no puede ser disgregado o excavado con herramientas manuales.

Suelos colapsables.- Suelos que al ser humedecidos sufren un asentamiento o colapso relativamente rápido, que pone en peligro a las estructuras cimentadas sobre ellos.

Suelos expansivos.- Suelos que al ser humedecidos sufren una expansión que pone en peligro a las estructuras cimentadas sobre ellos.

Tierra de cultivo.- Suelo sometido a labores de labranza para propósitos agrícolas.

**FIGURA N° 5
BULBOS DE PRESION Y SU APLICACION**



ZAPATA CUADRADA
DADO QUE:
Tamaño de la zapata 4 m x 4 m
unidad de presión P = 2kg. cm2

Z (m)	H = 4 m	
	Z/B	P = 2 kg/cm2 Z/B g/cm2)
2	0.5	0.7 x 2 = 1.40
4	1.0	0.38 x 2 = 0.76
6	1.5	0.19 x 2 = 0.38
8	2.0	0.12 x 2 = 0.24
10	2.5	0.07 x 2 = 0.14
12	3.0	0.05 x 2 = 0.10

ENCONTRAR:
El perfil de esfuerzos se
aumenta por debajo del
centro de la cimentación
debido a la carga aplicada