

<b>LIBRO:</b>	<b>PRY. PROYECTO</b>
<b>TEMA:</b>	<b>CAR. Carreteras</b>
<b>PARTE:</b>	<b>8. PROYECTO DE CIMENTACIONES</b>
<b>TÍTULO:</b>	<b>02. Cimentaciones Profundas</b>
<b>CAPÍTULO:</b>	<b>001. Ejecución de Proyectos de Cimentaciones Profundas</b>

## **A. CONTENIDO**

Esta Norma contiene los criterios para la ejecución de los proyectos de cimentaciones profundas, que realice la Secretaría con recursos propios o mediante un Contratista de Servicios.

## **B. DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN**

Las cimentaciones profundas se definen como el conjunto de elementos estructurales desplantados en estratos profundos, que tengan la capacidad de soportar las cargas solicitadas de la superestructura y subestructura, los cuales tienen una relación entre la profundidad de desplante y la dimensión menor (lado o diámetro dependiendo de su forma) mayor que cuatro (4).

El proyecto de una cimentación profunda comprende desde la ejecución de la ingeniería de detalle necesaria para diseñar, geotécnica y estructuralmente, todos los elementos de la cimentación, de manera que pueda transmitir al subsuelo las cargas de la estructura y de la propia cimentación con seguridad y eficiencia, hasta la elaboración de los planos, especificaciones y otros documentos en los que se establezcan las características geométricas, estructurales, de materiales y de acabados de cada uno de sus elementos, para permitir al constructor su correcta ejecución. Además, si así se establece en los Términos de Referencia a que se refiere el Inciso C.1.2. de la Norma N·LEG·2, *Ejecución de Estudios, Proyectos, Consultorías y Asesorías*, incluirá en una etapa inicial la ingeniería básica para la elaboración del anteproyecto correspondiente, que defina el tipo y las características generales de la cimentación por proyectar.

Cuando se haya analizado la posibilidad de usar una cimentación y esta sea descartada debido a que no cumple con los estados límite de servicio o falla, se analizará la posibilidad de una cimentación profunda. Asimismo, podrán usarse cimentaciones mixtas como: i) cajones de cimentación y pilotes o ii) zapatas y pilotes.

Las cimentaciones profundas se clasifican en:

### **B.1. PILOTES**

#### **B.1.1. Pilotes prefabricados**

Son elementos estructurales, verticales o inclinados, de concreto reforzado o de acero. En suelos arcillosos o limosos de consistencia blanda o media generalmente se hincan con percusión, mientras que en suelos arenosos generalmente se hincan con vibración y en algunos casos con chiflón de agua. Cuando se instalan por tramos de pequeña longitud, debido a problemas de espacio, se aplica presión; en estos casos la reacción necesaria para aplicar la presión puede obtenerse de alguna estructura preexistente; también puede usarse vibración, en cuyo caso la presión necesaria para hacer bajar cada tramo es menor; si se desea reducir la resistencia al hincado puede efectuarse una pequeña perforación de diámetro menor que el diámetro que circunscribe al pilote. Su forma puede ser circular, cuadrada o la de un perfil estructural, cuya sección tiene un diámetro o lado mayor generalmente igual a sesenta (60) centímetros o inferior, como se muestra en la Figura 1 de esta Norma.

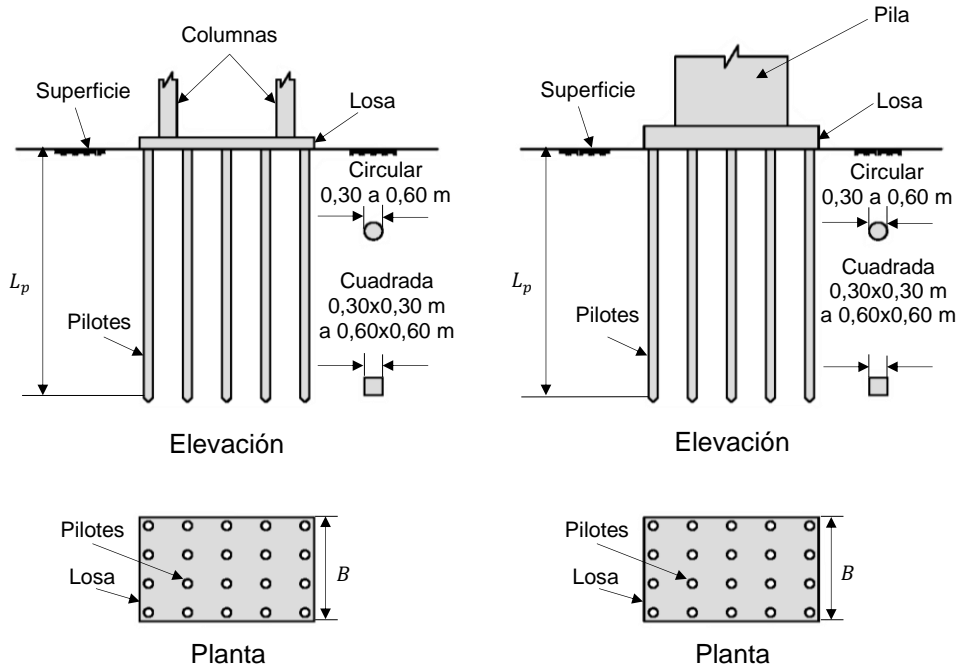


FIGURA 1.- Pilotes prefabricados

**B.1.2. Pilotes colados en el lugar**

Son elementos estructurales de concreto reforzado, colados en el lugar en una perforación previa. Tienen secciones transversales circulares, generalmente mayores que las de los pilotes prefabricados, cuyo diámetro usualmente se encuentra entre uno (1), uno coma dos (1,2), uno coma cinco (1,5) y dos (2) metros, como se muestra en la Figura 2 de esta Norma.

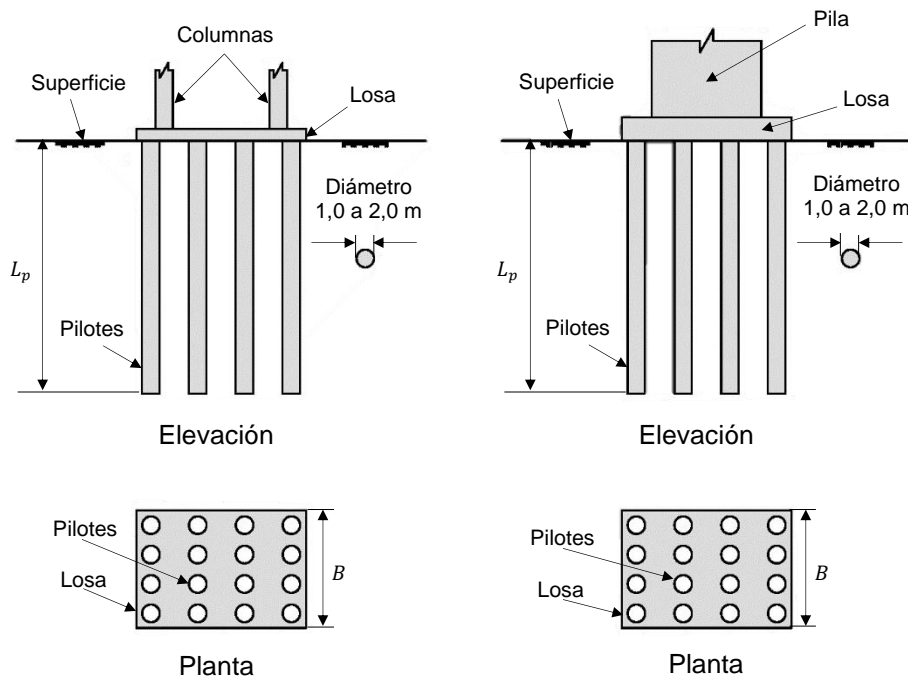


FIGURA 2.- Pilotes colados en el lugar

Para sostener las paredes verticales de la perforación previa, se puede usar lodo bentonítico o polímeros. También, en el tramo más superficial de entre uno (1) y cuatro (4) metros, se puede colocar ademe metálico recuperable o no. Para ubicar en posición el acero de refuerzo, se pueden usar grúas para colocarlo dentro de la perforación previa. Se asegurará que el concreto hidráulico no entre en contacto con el lodo bentonítico o los polímeros; esto se consigue usando el procedimiento *Tremie*, mediante el cual el concreto es colocado en una tolva con el diámetro adecuado, inferior al diámetro de la envolvente del acero y con un dispositivo para evitar su contaminación. Debido a que la masa volumétrica del lodo bentonítico es menor que la del concreto, éste baja por la tolva desplazando al lodo bentonítico al exterior; la colocación del concreto termina en el momento que se alcanza el nivel de proyecto, este es, casi siempre, el nivel de brocal de la perforación. En la mayoría de los casos no se requiere compactar o vibrar el concreto. Después de su fraguado inicial, se acostumbra efectuar un descabece de la parte superior, que generalmente es la que se encuentra parcialmente contaminada. La selección del tamaño máximo del agregado pétreo del concreto es de mucha importancia para conseguir que el espacio entre el refuerzo y las paredes de la excavación se rellene con concreto.

## **B.2. OTROS ELEMENTOS ESTRUCTURALES**

### **B.2.1. Cilindros**

Son elementos estructurales de concreto reforzado, generalmente circulares y anulares. Son de diámetro mayor de tres (3) metros. Se construyen en el sitio por tramos y se llevan hasta la profundidad de desplante.

Durante el proceso de construcción, antes de llegar a la profundidad de desplante, tienen la punta abierta con el objetivo de extraer de su parte interior todo el suelo de la perforación hasta el fondo (donde se ubica la punta) y un poco más para reducir o anular la resistencia a la penetración en la punta y así propiciar que el tramo en construcción baje por peso propio. Una vez alcanzado el nivel de desplante, se coloca un tapón de concreto en la punta y una losa en la parte superior.

Sólo se construirán cuando el acceso a la maquinaria pesada necesaria para hincar pilotes prefabricados o para construir pilotes colados en el lugar esté restringido. Se conocerá el tipo de material por atravesar, de tal forma que se tenga la seguridad de que el cilindro podrá alcanzar la profundidad de desplante de proyecto.

### **B.2.2. Columnas de grava**

Son elementos de grava que se colocan en una perforación previa. Tienen forma circular con diámetros que varían entre sesenta (60) centímetros y uno coma cinco (1,5) metros. Aun cuando aumenta la capacidad de carga del subsuelo, la principal aportación consiste en reducir su compresibilidad global o promedio.

### **B.2.3. Micropilotes**

Son elementos verticales prefabricados de acero y de concreto simple o reforzado. Generalmente tienen una sección circular, que varía entre quince (15) y veinticinco (25) centímetros. Se colocan en una perforación previamente realizada y se hincan mediante percusión o con vibración. Usualmente se colocan por tramos.

### **B.2.4. Inclusiones**

Este tipo de elementos son pilotes prefabricados o colados en el lugar que tienen por objetivo principal mejorar el subsuelo de cimentación reduciendo su compresibilidad. Los pilotes prefabricados pueden ser micropilotes o pilotes de tamaño convencional.

## C. REFERENCIAS

Esta Norma se complementa con las siguientes:

NORMAS	DESIGNACIÓN
Ejecución de Estudios, Proyectos, Consultorías y Asesorías .....	N-LEG-2
Ejecución de Estudios Topográficos y Aerofotogramétricos para Carreteras ...	N-PRY-CAR-1-01-001
Exploración Directa del Subsuelo .....	N-PRY-CAR-1-02-003
Exploración Indirecta del Subsuelo .....	N-PRY-CAR-1-02-004
Ejecución de Estudios Geológicos .....	N-PRY-CAR-1-03-001
Ejecución de Estudios Hidráulico-Hidrologicos para Puentes .....	N-PRY-CAR-1-06-001
Selección del Tipo de Cimentación Profunda y Dimensionamiento Preliminar ...	N-PRY-CAR-8-02-002
Determinación de la Capacidad de Carga del Subsuelo o Roca y Revisión del Estado Límite de Falla de Cimentaciones Profundas .....	N-PRY-CAR-8-02-003
Revisión del Estado Límite de Servicio de Cimentaciones Profundas .....	N-PRY-CAR-8-02-004
Análisis y Diseño Estructural de Cimentaciones Profundas .....	N-PRY-CAR-8-02-005
Presentación del Proyecto de Cimentaciones Profundas .....	N-PRY-CAR-8-02-006

## D. REQUISITOS PARA LA EJECUCIÓN DEL PROYECTO DE CIMENTACIONES PROFUNDAS

SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA, COMUNICACIONES Y TRANSPORTES

Además de lo establecido en la Fracción C.1. de la Norma N-LEG-2, *Ejecución de Estudios, Proyectos, Consultorías y Asesorías*, se requiere contar con lo siguiente:

### D.1. ESTUDIO TOPOGRÁFICO

El estudio topográfico del terreno donde se construirá la obra cuya cimentación se proyectará, que represente con detalle sus características como son el trazo, longitud, ancho y esviaje de la obra, construcciones, obras inducidas y obstáculos existentes en el terreno, entre otras, conforme a lo establecido en la Norma N-PRY-CAR-1-01-001, *Ejecución de Estudios Topográficos y Aerofotogramétricos para Carreteras*. En el caso de puentes, se incluirá en el levantamiento topográfico el perfil del lecho del cauce.

### D.2. ESTUDIO HIDRÁULICO-HIDROLÓGICO

El estudio hidráulico-hidrologico proporcionará las características del cauce y los datos hidráulicos de la corriente de agua, tales como el nivel de aguas de diseño (NADI), su gasto y velocidad, claros mínimos para permitir el paso de cuerpos flotantes y obras de protección o encauzamiento, entre otros, conforme a lo establecido en la Norma N-PRY-CAR-1-06-001, *Ejecución de Estudios Hidráulico-Hidrologicos para Puentes*.

### D.3. ESTUDIO DE DETERMINACIÓN DEL ENTORNO AMBIENTAL

La información de lo correspondiente al entorno ambiental, como son la manifestación de impacto ambiental y, en su caso, el dictamen de impacto ambiental expedido por la autoridad competente.

### D.4. ESTUDIOS GEOLÓGICOS Y GEOFÍSICOS

En el caso de cimentaciones profundas para viaductos o para pasos inferiores vehiculares y edificios, se efectuarán estudios geológico y geofísico.

**D.4.1. Estudio geológico**

Estará enfocado en obtener las características litológicas y estructurales de los materiales existentes en el sitio, tales como fallas, plegamientos, discordancias, estratificaciones, meteorización y otros que el Ingeniero geólogo considere conveniente incluir. Se efectuará de acuerdo con la Norma N-PRY-CAR-1-03-001, *Ejecución de Estudios Geológicos*.

**D.4.2. Estudio geofísico**

Estará enfocado en obtener las unidades de resistividad eléctrica o de refracción sísmica de los materiales existentes, así como la posible presencia de cavidades o de flujos internos de agua. Se efectuará de acuerdo con la Norma N-PRY-CAR-1-02-004, *Exploración Indirecta del Subsuelo*.

**D.5. ANTEPROYECTO DE LA ESTRUCTURA APROBADO POR LA SECRETARÍA**

El anteproyecto aprobado por la Secretaría o la definición del tipo y las características de la cimentación por proyectar, cuando el proyecto se ejecute por contrato y los Términos de Referencia a que se refiere el Inciso C.1.2. de la Norma N-LEG-2, *Ejecución de Estudios, Proyectos, Consultorías y Asesorías*, sólo contemplen la ingeniería de detalle.

Los datos del anteproyecto aprobado por la Secretaría incluirán la distribución y geometría de las columnas, pilas, estribos, caballetes, muros y otros elementos de la estructura que transmitirán cargas a la cimentación profunda, incluyendo la magnitud de estas para diferentes combinaciones de acciones como: carga muerta, carga viva, sismo, viento e impacto. Si los datos del anteproyecto incluyen profundidad de excavación para llegar al nivel del brocal de la cimentación profunda, el Ingeniero proyectista revisará este concepto y definirá los niveles más adecuados.

**D.6. DATOS DEL PROYECTO DE LA ESTRUCTURA**

Esta Fracción aplica solamente cuando se vaya a realizar el proyecto de una recimentación.

Se contará con el proyecto original de la estructura. Además, se recalcularán las descargas que los elementos de la estructura transmitirán a la nueva cimentación y se revisarán los nuevos estados límite de falla y de servicio. En lo relativo al diseño estructural de los elementos de la estructura, siempre y cuando su comportamiento haya sido adecuado, se revisarán con las nuevas condiciones que le imponga la recimentación.

**D.7. ESTUDIO GEOTÉCNICO DE CIMENTACIÓN**

El estudio geotécnico de cimentación de la obra, que proporcione hasta la profundidad necesaria, la estratigrafía y las propiedades índice y mecánicas de los suelos y rocas sobre las que se apoyará la cimentación profunda. Esta información será el resultado de los trabajos de campo, de exploración y muestreo del subsuelo, así como de los ensayos en campo y en el laboratorio de las muestras obtenidas, conforme a lo establecido en la Norma N-PRY-CAR-1-02-003, *Exploración Directa del Subsuelo*, y la Norma N-PRY-CAR-1-02-004, *Exploración Indirecta del Subsuelo*, debidamente procesadas e interpretadas. Se generará un modelo geológico-geotécnico con base en los resultados de los ensayos de laboratorio y de campo, representándolo en un plano a escala legible a simple vista, que integre topografía, en el caso de puentes el perfil de socavación general y profundidades de socavación local, sondeos con la representación gráfica de sus resultados (por ejemplo, número de golpes) en su ubicación y elevación correspondiente, el espesor de estratos tomando en cuenta el estudio geológico y, en su caso, los estudios geofísicos, así como sus características de resistencia y compresibilidad. La descripción de los estratos se hará conforme al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS); en caso de encontrar formaciones rocosas, se representará la proyección de las familias de discontinuidades y de los echados de capas.

El estudio geotécnico de cimentación proporcionará las recomendaciones del tipo de cimentación, profundidad de desplante, capacidad de carga y asentamientos probables, así como las recomendaciones geotécnicas para los elementos de retención y estabilidad de las obras inducidas. También proporcionará recomendaciones para la estabilidad o refuerzo de los taludes de las excavaciones necesarias para alcanzar la profundidad de brocal de los pilotes colados en el lugar o prefabricados que constituyan la cimentación.

**E. EJECUCIÓN DEL PROYECTO DE CIMENTACIONES PROFUNDAS**

Las actividades comprendidas como parte del proyecto de cimentaciones profundas se ejecutarán de modo iterativo, de acuerdo con lo indicado en el diagrama de flujo del procedimiento mostrado en la Figura 3 de esta Norma.

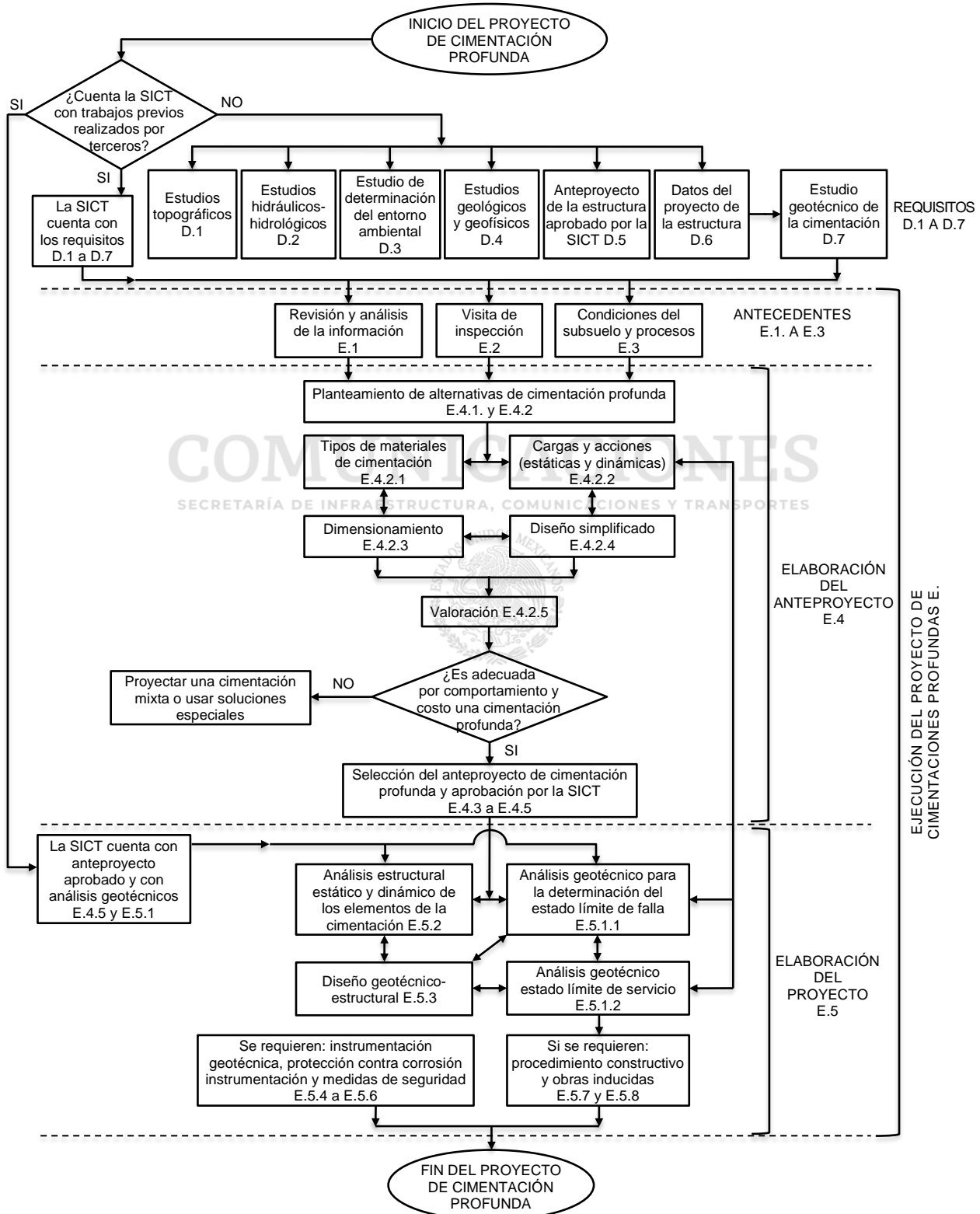


FIGURA 3.- Diagrama de flujo del procedimiento para elaborar el proyecto de una cimentación profunda

Además de lo establecido en la Cláusula D. de la Norma N-LEG-2, *Ejecución de Estudios, Proyectos, Consultorías y Asesorías*, el Ingeniero o Contratista de Servicios a cuyo cargo esté la ejecución del proyecto de cimentación profunda, realizará las siguientes actividades:

#### **E.1. REVISIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN**

Se revisará toda la información a que se refiere la Cláusula D. de esta Norma.

#### **E.2. VISITA DE INSPECCIÓN**

Se efectuará una o varias visitas de inspección a la zona donde se ubicará la cimentación profunda por proyectar, con el propósito de comprobar toda la información a que se refiere la Cláusula D. de esta Norma, y que no exista algún obstáculo que interfiera con la ejecución de la cimentación. Asimismo, el Ingeniero especialista analizará otras posibles situaciones que tengan que ser tomadas en cuenta para el diseño y proyecto de la cimentación profunda. Además, se identificará las obras inducidas que se requieran y se recabarán, en su caso, los datos necesarios para diseñar aquellas que ejecutará el Contratista de Obra.

#### **E.3. CONDICIONES DEL SUBSUELO Y PROCESOS ACTUANTES Y POTENCIALES**

Con base en lo establecido en las Fracciones E.1. y E.2. de esta Norma, se identificarán y establecerán las condiciones del subsuelo y los procesos actuantes y potenciales que sean determinantes en el proyecto de cimentaciones profundas. Estos aspectos se refieren, entre otros, al origen y naturaleza de los suelos y rocas del subsuelo; su relativa homogeneidad o heterogeneidad; las leyes de resistencia y deformabilidad que rigen su comportamiento ante las cargas; la variación volumétrica debida a cambios estacionales de humedad o por saturación; la implicación de fenómenos como la inestabilidad de laderas, hundimiento local por sobrecargas superficiales o regional por explotación de acuíferos; alteración de la superficie del terreno por socavación del cauce de ríos y arroyos o por excavaciones vecinas; existencia de discontinuidades como cavernas naturales o túneles de minas; susceptibilidad de licuación de los suelos sujetos a sollicitaciones sísmicas; así como a la presencia de rellenos artificiales.

#### **E.4. ELABORACIÓN DE ANTEPROYECTOS**

Con el propósito de seleccionar el tipo y las características de la cimentación profunda por proyectar y, cuando el anteproyecto de cimentación se ejecute por contrato específico, si los Términos de Referencia a que se refiere el Inciso C.1.2. de la Norma N-LEG-2, *Ejecución de Estudios, Proyectos, Consultorías y Asesorías*, así lo indican; como primer paso se elaborarán, bajo la supervisión de la Secretaría, los anteproyectos en el número que ahí se establezca.

En la elaboración de los anteproyectos se tomará en cuenta lo siguiente:

##### **E.4.1. Tipos de cimentación profunda y procedimientos constructivos**

Los anteproyectos contemplarán los diferentes tipos de cimentación profunda descritos en la Cláusula B. de esta Norma, los procedimientos constructivos y otras características que se estimen necesarias, según el caso particular.

##### **E.4.2. Otros aspectos**

Cada anteproyecto se elaborará considerando, además de los requisitos establecidos en la Cláusula D. de esta Norma, los siguientes aspectos:

###### **E.4.2.1. Tipos de materiales de la cimentación**

Se seleccionarán los tipos de materiales por usar en la cimentación, tomando en cuenta las características del entorno, a fin de abatir costos, aprovechar insumos y mano de obra locales, mitigar los daños ambientales, facilitar las tareas de conservación y alargar la vida de la cimentación profunda, conforme a lo establecido en la Cláusula D. de la Norma N-PRY-CAR-8-02-002, *Selección del Tipo de Cimentación Profunda y Dimensionamiento Preliminar*.

#### E.4.2.2. Cargas y acciones

Las cargas y acciones sobre la cimentación dependen en cierta medida de los resultados de los cálculos del análisis de la estructura por construir para las diferentes combinaciones de carga, así como la masa propia de la cimentación; también depende de las características de esfuerzo-deformación y de la capacidad de carga del subsuelo.

#### E.4.2.3. Dimensionamiento

Conforme a lo establecido en los Párrafos E.4.2.1. y E.4.2.2. de esta Norma, se definirán las dimensiones preliminares de la cimentación del anteproyecto considerado, de acuerdo con los criterios contenidos en la Norma N-PRY-CAR-8-02-002, *Selección del Tipo de Cimentación Profunda*.

#### E.4.2.4. Diseño simplificado

De acuerdo con lo indicado en el Párrafo anterior y conforme a lo establecido en la Norma N-PRY-CAR-8-02-005, *Análisis y Diseño Estructural de Cimentaciones Profundas*, se realizará el diseño simplificado de la cimentación profunda previamente dimensionada, deduciendo las deformaciones y los elementos mecánicos internos de cada elemento, determinando las características de resistencia de los materiales que se van a emplear y ajustando, en su caso, las dimensiones preliminares de la cimentación. Si se modifican las dimensiones preliminares de la cimentación, se revisará que los valores del estado límite de falla y estado límite de servicio se cumplan para las dimensiones modificadas de la cimentación.

#### E.4.2.5. Valoración

De la cimentación diseñada de acuerdo con lo indicado en el Párrafo anterior, se determinarán los conceptos de obra y sus volúmenes aproximados y se estimará el costo de la misma.

#### E.4.3. Presentación del anteproyecto

Cada anteproyecto se presentará mediante un plano general, elaborado conforme a lo indicado en la Norma N-PRY-CAR-8-02-006, *Presentación del Proyecto de Cimentaciones Profundas*, que contenga lo siguiente:

- Croquis de ubicación de la obra y de la estructura.
- Planta de la estructura con los cortes de los alzados longitudinales y transversales que sean necesarios de acuerdo con el tipo de cimentación profunda propuesta para la estructura.
- Perfil stratigráfico.
- Lista de materiales.
- Volúmenes de obra aproximados.
- Consideraciones para la excavación que considere el nivel freático.
- Para el caso de cimentaciones para puentes, se proporcionarán las características del cauce, NADI, claros mínimos para permitir el paso de cuerpos flotantes y obras de protección o encauzamiento, así como la profundidad teórica de socavación determinada de acuerdo con el gasto de diseño.
- Costo estimado de la cimentación profunda.

Adicionalmente, se elaborará una memoria descriptiva que contenga las razones que justifican cada alternativa, la comparación técnica y económica entre ellas, y proponga la solución más conveniente.



#### **E.4.4. Memoria descriptiva**

En su caso, el Contratista de Servicios entregará a la Secretaría los planos y la memoria descriptiva a que se refiere el Inciso anterior, en la fecha pactada en el contrato. La Secretaría los analizará para seleccionar y aprobar como anteproyecto definitivo aquel que a su juicio sea el más conveniente, mismo que servirá de base para la elaboración del proyecto.

#### **E.4.5. Anteproyecto definitivo**

El anteproyecto definitivo aprobado por la Secretaría se presentará mediante un informe, de acuerdo con lo indicado en el Inciso D.1.7. de la Norma N-LEG-2, *Ejecución de Estudios, Proyectos, Consultorías y Asesorías*, que incluya como apéndices los planos y la memoria descriptiva a que se refieren los Incisos E.4.3. y E.4.4. de esta Norma.

### **E.5. ELABORACIÓN DEL PROYECTO**

Con base en el anteproyecto aprobado por la Secretaría o, en su defecto, en el tipo y las características que establezca para la cimentación por proyectar para los casos contemplados en las Fracciones G.1. o G.2. y considerando toda la información a que se refiere la Cláusula D., revisada y analizada conforme a lo establecido en la Fracción E.1. de esta Norma, se elaborará el proyecto ejecutivo mediante la realización de la ingeniería de detalle necesaria para diseñar, geométrica y estructuralmente, todos los elementos de la cimentación.

En la elaboración del proyecto, además de lo establecido en el Inciso D.1.8. de la Norma N-LEG-2, *Ejecución de Estudios, Proyectos, Consultorías y Asesorías*, se tomará en cuenta lo siguiente:

#### **E.5.1. Análisis geotécnico de cimentación**

##### **E.5.1.1. Determinación del estado límite de falla**

La cimentación se diseñará ante estados límite de falla para comprobar su seguridad, comparando la resistencia o capacidad de carga del suelo o roca de apoyo con las cargas de la obra que se proyecta en sus diferentes combinaciones, ante cargas permanentes y de corto plazo debidas a sismo o viento, conforme a lo establecido en la Norma N-PRY-CAR-8-02-003, *Determinación de la Capacidad de Carga del Subsuelo o Roca y Revisión del Estado Límite de Falla de Cimentaciones Profundas*. Atendiendo a esta última Norma, en caso necesario se ajustará la cimentación para que el margen de seguridad resultante sea aceptable. En el caso de puentes o estructuras similares, es necesario considerar en la revisión la pérdida de confinamiento por efecto de socavación.

##### **E.5.1.2. Revisión del estado límite de servicio**

La cimentación, ajustada conforme a lo establecido en el Párrafo anterior, será revisada también ante el estado límite de servicio por movimientos y deformaciones de la misma, conforme a lo establecido en la Norma N-PRY-CAR-8-02-004, *Revisión del Estado Límite de Servicio de Cimentaciones Profundas*. Con este enfoque, la cimentación se afinará para que esos movimientos y deformaciones no afecten su buen funcionamiento y se encuentren dentro de los límites preestablecidos para el estado límite de servicio.

#### **E.5.2. Análisis estructural estático y dinámico de los elementos de la cimentación**

Se determinarán los elementos mecánicos internos y las deformaciones que experimentará cada elemento de la cimentación, tomando en cuenta la resistencia y deformabilidad del suelo o roca de cimentación; en los análisis dinámicos también se tomará en cuenta su amortiguamiento. En los casos de suelos muy deformables en comparación con la rigidez de los elementos estructurales de la cimentación, el análisis se ejecutará asumiendo que dichos elementos son rígidos y por lo tanto no se deforman al transmitir las cargas al suelo.

El análisis se realizará numéricamente, en forma manual o mediante programas de cómputo, en cuyo caso se identificará claramente el programa utilizado si es comercial, o si se desarrolla un programa específico que fuera requerido para un caso particular. La responsabilidad del uso del programa sea comercial o específico para algún caso particular y la comprobación de los resultados que arroje cualquiera de esos programas de cálculo, le corresponde únicamente al Contratista de Servicios, sin perjuicio de la aprobación del programa y sus resultados por parte de la Secretaría. Para el análisis estructural de los elementos de la cimentación se considerará lo siguiente:

#### **E.5.2.1. Cargas y acciones**

Las cargas y acciones a que estará sujeta la cimentación serán las indicadas en el Párrafo E.4.2.2. de esta Norma.

#### **E.5.2.2. Modelo geotécnico y matemático**

De acuerdo con el tipo de cimentación de que se trate, se seleccionará el modelo geotécnico conveniente, en función del cual se definirá el modelo matemático por utilizar en el análisis de los elementos de la cimentación.

#### **E.5.2.3. Presentación de resultados**

Los resultados del análisis geotécnico se presentarán en forma ordenada y clara en una memoria descriptiva, con textos suficientemente explicativos para su fácil comprensión, incluyendo los criterios y suposiciones de diseño, croquis de los modelos geotécnico y matemático y de las cargas consideradas, en magnitud, dirección y ubicación, particularmente si se emplean programas de cómputo. También, un resumen de los resultados relevantes en forma de tablas y gráficas.

#### **E.5.3. Diseño geotécnico-estructural**

El diseño geotécnico-estructural de la cimentación profunda, cuyo propósito es su dimensionamiento definitivo, se ejecutará por el método de cargas de servicio o por el de factores de carga y de resistencia, de acuerdo con lo establecido en las Normas N-PRY-CAR-8-02-003, *Determinación de la Capacidad de Carga del Subsuelo o Roca y Revisión del Estado Límite de Falla de Cimentaciones Profundas* y N-PRY-CAR-8-02-005, *Análisis y Diseño Estructural de Cimentaciones Profundas*. Las secciones críticas de la cimentación profunda se diseñarán para las cargas y acciones a que se refiere el Párrafo E.4.2.2. de esta Norma, aplicando el método que se escoja, de cargas de servicio o de factores de carga y de resistencia. El proceso de análisis y diseño de la cimentación es iterativo y se aplicará hasta obtener los resultados que se consideren satisfactorios para el proyecto.

#### **E.5.4. Instrumentación geotécnica**

Cuando por las características de la cimentación se requiera dar seguimiento a su comportamiento geotécnico, se propondrán los sistemas de instrumentación geotécnica necesarios para tal propósito.

#### **E.5.5. Protección contra la corrosión**

Cuando existan evidencias de que la cimentación puede ser afectada por la corrosión y con el propósito de alargar su vida útil, se diseñarán los sistemas necesarios para protegerla contra ese fenómeno.

#### **E.5.6. Medidas de seguridad**

De ser necesario, se definirán todas las medidas de seguridad especiales que implementará el Contratista de Obra durante la construcción de la cimentación.

**E.5.7. Procedimientos constructivos**

En el caso de cimentaciones con condiciones especiales de construcción o detalles especiales de cimentaciones convencionales, se definirán los procedimientos constructivos que se aplicarán.

**E.5.8. Obras inducidas**

Si para la construcción de la cimentación se requieren obras inducidas, estas se incluirán en el proyecto, diseñando aquéllas que ejecutará el Contratista de Obra.

**E.5.9. Presentación del proyecto**

El proyecto de la cimentación, incluyendo, en su caso, las obras inducidas que sean necesarias, se presentará conforme a lo establecido en la Norma N-PRY-CAR-8-02-006, *Presentación del Proyecto de Cimentaciones Profundas*, mediante los planos, las especificaciones del proyecto, el catálogo de conceptos y cantidades de obra, el presupuesto base para la realización de la obra y las memorias descriptiva y de cálculo que correspondan.

**F. REVISIÓN DEL PROYECTO**

El Ingeniero o Contratista de Servicios a cuyo cargo esté la ejecución del proyecto, está obligado a proporcionar al Coordinador del proyecto toda la información necesaria para la adecuada ejecución de su trabajo, y realizará las modificaciones alcanzadas por consenso que éste le solicite. En caso de discrepancia de criterios entre ellos, actuará como árbitro la Secretaría y el primero realizará las modificaciones que resulten del arbitraje.

**G. MEDICIÓN**

Con el fin de determinar el avance o la cantidad de trabajo ejecutado en el proyecto de cimentación, para efectos de su pago, se tendrán en cuenta las siguientes consideraciones:

**G.1. CONTRATO DE PROYECTO ESPECÍFICO A PRECIO ALZADO**

Cuando el proyecto de cimentaciones profundas se efectúe por contrato específico a precio alzado y si los Términos de Referencia a que se refiere el Inciso C.1.2. de la Norma N-LEG-2, *Ejecución de Estudios, Proyectos, Consultorías y Asesorías*, incluyen la elaboración de los anteproyectos conforme a lo establecido en la Fracción E.4. de esta Norma, el precio comprenderá la elaboración del anteproyecto definitivo y la elaboración del proyecto. De lo contrario, solamente comprenderá la elaboración del proyecto. Cada caso se medirá conforme a la Fracción F.2. de la Norma N-LEG-2, *Ejecución de Estudios, Proyectos, Consultorías y Asesorías*, de acuerdo con lo siguiente:

**G.1.1. Elaboración del anteproyecto definitivo**

La elaboración del anteproyecto definitivo se medirá una vez que la Secretaría haya recibido el informe a que se refiere el Inciso E.4.5. de esta Norma y, en su caso, los informes mensuales conforme a lo establecido en la Fracción E.1. de la Norma N-LEG-2, *Ejecución de Estudios, Proyectos, Consultorías y Asesorías*, de acuerdo con el programa establecido en el contrato.

**G.1.2. Elaboración del proyecto**

La elaboración del proyecto se medirá una vez que la Secretaría haya recibido el proyecto completo presentado conforme a lo establecido en el Inciso E.5.9. de esta Norma, aprobado, en su caso, por el Coordinador del proyecto, así como todos los informes que se indican en la Cláusula E. de la Norma N-LEG-2, *Ejecución de Estudios, Proyectos, Consultorías y Asesorías*.

## **G.2. CONTRATO DE PROYECTO INTEGRADO**

Cuando el proyecto de cimentaciones profundas se contrate integrado junto con el de una estructura individual o con el de varias estructuras comprendidas en un tramo de carretera, y sea ejecutado a satisfacción de la Secretaría, se medirá conforme a lo establecido en la Norma N-LEG-2, *Ejecución de Estudios, Proyectos, Consultorías y Asesorías*, tomando como unidad los conceptos de la o las cimentaciones, según hayan sido contratadas.

## **H. BASE DE PAGO**

### **H.1. PROYECTO DE CIMENTACIONES PROFUNDAS A PRECIO ALZADO**

Cuando el proyecto de cimentaciones profundas se efectúe por contrato específico a precio alzado, se considerará:

#### **H.1.1. Elaboración del anteproyecto definitivo**

Lo que corresponda por personal, gastos de operación y rentas, según lo establecido en la Cláusula G. de la Norma N-LEG-2, *Ejecución de Estudios, Proyectos, Consultorías y Asesorías*, para todas las actividades conforme a lo establecido en la Fracción E.4. de esta Norma.

#### **H.1.2. Elaboración del proyecto**

Lo que corresponda por personal, gastos de operación y rentas, de acuerdo con lo indicado en la Cláusula G. de la Norma N-LEG-2, *Ejecución de Estudios, Proyectos, Consultorías y Asesorías*, para todas las actividades conforme a lo establecido en la Fracción E.5. de esta Norma.

### **H.2. PROYECTO DE CIMENTACIONES PROFUNDAS INTEGRADO JUNTO CON EL DE UNA ESTRUCTURA**

Cuando el proyecto de cimentaciones profundas se contrate integrado junto con el de una estructura individual o con el de varias estructuras comprendidas en un tramo de carretera, y sea ejecutado a satisfacción de la Secretaría, en la base de pago se considerará el precio fijado en el contrato para la cimentación de cada estructura, según su tipo y tamaño, de conformidad con lo establecido en la Norma N-LEG-2, *Ejecución de Estudios, Proyectos, Consultorías y Asesorías*.

## **I. ESTIMACIÓN DE PAGO**

La estimación y pago del proyecto de cimentaciones profundas se efectuará conforme a lo indicado en la Cláusula H. de la Norma N-LEG-2, *Ejecución de Estudios, Proyectos, Consultorías y Asesorías*, y de acuerdo con lo establecido en los Términos de Referencia a que se refiere el Inciso C.1.2. de esa Norma.

## **J. RECEPCIÓN DEL PROYECTO**

Una vez concluido el proyecto de cimentación profunda, la Secretaría lo recibirá conforme a lo indicado en la Cláusula I. de la Norma N-LEG-2, *Ejecución de Estudios, Proyectos, Consultorías y Asesorías*, y de acuerdo con lo establecido en los Términos de Referencia a que se refiere el Inciso C.1.2. de esa Norma, aplicando, en su caso, las sanciones a que se refiere la Cláusula J. de la misma Norma.

# COMUNICACIONES

SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA, COMUNICACIONES Y TRANSPORTES



**SUBSECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA**

Dirección General de Servicios Técnicos

Av. Coyoacán 1895

Col. Acacias, Benito Juárez, 03240

Ciudad de México

[www.gob.mx/sct](http://www.gob.mx/sct)