

Reglamento CIRSOC 401
Ministerio de Planificación Federal,
Inversión Pública y Servicios
Secretaría de Obras Públicas de la Nación

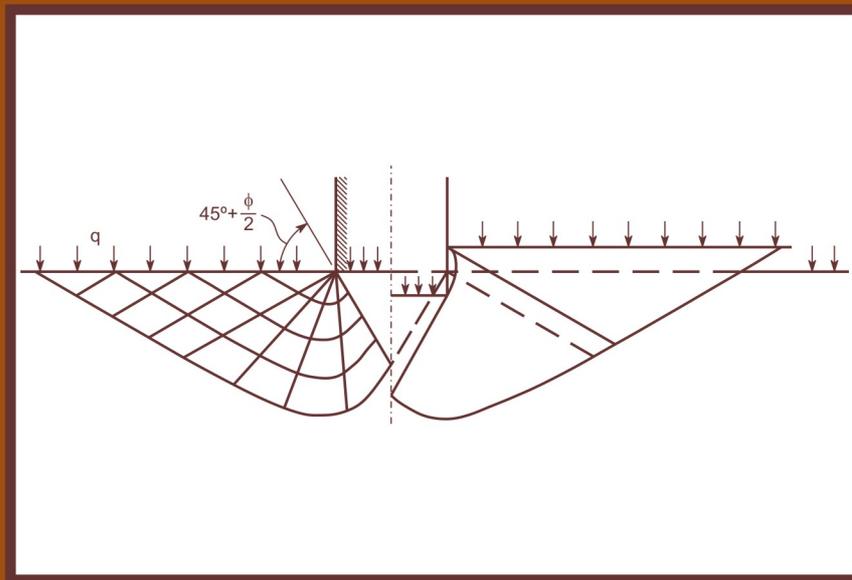
INTI

Instituto Nacional de
Tecnología Industrial



CIRSOC

Centro de Investigación de los
Reglamentos Nacionales de
Seguridad para las Obras Civiles



REGLAMENTO ARGENTINO

DE ESTUDIOS

GEOTÉCNICOS

Julio 2015

***REGLAMENTO ARGENTINO
DE ESTUDIOS
GEOTÉCNICOS***

EDICIÓN JULIO 2015



**Av. Cabildo 65 Subsuelo – Ala Savio
(C1426AAA) Ciudad Autónoma de Buenos Aires –
REPÚBLICA ARGENTINA**

**TELEFAX. (54 11) 4779-5271 / 4779-5273
E-mail: cirsoc@inti.gob.ar
cirsoc@ffmm.gov.ar**

INTERNET: www.inti.gob.ar/cirsoc

Primer Director Técnico († 1980): **Ing. Luis María Machado**

Directora Técnica: **Inga. Marta S. Parmigiani**

Coordinadora Área Acciones: **Inga. Alicia M. Aragno**

Área Estructuras de Hormigón: **Ing. Daniel A. Ortega**

Área Administración, Finanzas y Promoción: **Lic. Mónica B. Krotz**

Área Venta de Publicaciones: **Sr. Néstor D. Corti**

© 2015

Editado por INTI

INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGÍA INDUSTRIAL

Av. Leandro N. Alem 1067 – 7° piso – Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Tel. 4515-5000

Queda hecho el depósito que fija la ley 11.723. Todos los derechos, reservados. Prohibida la reproducción parcial o total sin autorización escrita del editor. Impreso en la Argentina.

Printed in Argentina.

ORGANISMOS PROMOTORES

Secretaría de Obras Públicas de la Nación
Subsecretaría de Vivienda de la Nación
Instituto Nacional de Tecnología Industrial
Instituto Nacional de Prevención Sísmica
Ministerio de Hacienda, Finanzas y Obras Públicas de la Provincia del Neuquén
Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires
Dirección Nacional de Vialidad
Vialidad de la Provincia de Buenos Aires
Consejo Interprovincial de Ministros de Obras Públicas
Cámara Argentina de la Construcción
Consejo Profesional de Ingeniería Civil
Asociación de Fabricantes de Cemento Pórtland
Instituto Argentino de Normalización
Techint
Acindar
Consejo Vial Federal

MIEMBROS ADHERENTES

Asociación Argentina de Tecnología del Hormigón
Asociación Argentina de Hormigón Estructural
Asociación Argentina de Hormigón Elaborado
Asociación Argentina del Bloque de Hormigón
Asociación de Ingenieros Estructurales
Centro Argentino de Ingenieros
Instituto Argentino de Siderurgia
Telefónica de Argentina
Transportadora Gas del Sur
Quasdam Ingeniería
Sociedad Central de Arquitectos
Sociedad Argentina de Ingeniería Geotécnica
Colegio de Ingenieros de la Provincia de Buenos Aires
Cámara Argentina del Aluminio y Metales Afines
Cámara Argentina de Empresas de Fundaciones de Ingeniería Civil
Cámara Industrial de Cerámica Roja

***REGLAMENTO ARGENTINO DE
ESTUDIOS GEOTÉCNICOS***

CIRSOC 401

COMISIÓN REDACTORA DEL REGLAMENTO CIRSOC 401

Integrantes:

Ing. Juan José GOLDEMBERG	Sociedad Argentina de Ingeniería Geotécnica (SAIG)
Lic. María Alejandra GONZÁLEZ	Consejo Superior Profesional de Geología (CSPG) / Instituto de Geología y Recursos Minerales – Servicio Geológico Minero Argentino – (IGRM – SEGEMAR)
Ing. Néstor GUITELMAN	Asociación de Ingenieros Estructurales (AIE)
Ing. Pablo LAVALLAZ	Asociación de Ingenieros Estructurales (AIE)
Lic. Fabio LUNA	INTI- Construcciones (Unidad Técnica Geología Aplicada y Ambiental)
Lic. María Beatriz PONCE	Instituto de Tecnología Minera (INTEMIN) / Servicio Geológico Minero Argentino (SEGEMAR) / Asociación Argentina de Geología Aplicada a la Ingeniería (ASAGAI)
Lic. Miguel RUIZ	Consejo Superior Profesional de Geología (CSPG)
Ing. Alejo SFRISO	Sociedad Argentina de Ingeniería Geotécnica (SAIG)
Ing. Roberto TERZARIOL	Sociedad Argentina de Ingeniería Geotécnica (SAIG)
Ing. Pablo TORRES	Sociedad Argentina de Ingeniería Geotécnica (SAIG)
Lic. Guillermo TURAZZINI	Consejo Superior Profesional de Geología (CSPG)

INDICE

CAPÍTULO 1. REQUISITOS GENERALES

1.1. INTRODUCCIÓN	1
1.2. CAMPO DE VALIDEZ	1
1.3. NORMAS DE APLICACIÓN	2
1.4. GLOSARIO Y UNIDADES	2

CAPÍTULO 2. PLANIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA

2.1. OBJETIVO	3
2.2. TIPOS DE INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA	3
2.2.1. En predios donde no se dispone de información geotécnica previa	3
2.2.2. En predios donde se dispone de información geotécnica previa	4
2.2.3. En predios donde ya ocurrió una falla en la construcción	4
2.2.4. Seguridad de las construcciones aledañas	4
2.3. PROCEDIMIENTO	4
2.3.1. Principios generales	4
2.3.2. Estudios de gabinete	5
2.3.3. Reconocimiento del predio	5
2.3.4. Usos previos y estado actual del predio	6
2.3.5. Predios de valor patrimonial	6

CAPITULO 3. INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA

3.1. OBJETIVO	7
3.2. PERSONAL INVOLUCRADO EN LA INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA	7
3.2.1. Introducción	7
3.2.2. Dirección y planeamiento	7

3.2.3. Supervisión y ejecución de tareas de campo	7
3.2.4. Trabajos de laboratorio	7
3.2.5. Interpretación	8
3.3. MÉTODO	8
3.4. PLANEAMIENTO Y CONTROL	8
3.5. EXTENSIÓN DE LA INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA	8
3.5.1. Principios generales	8
3.5.2. Estudios para factibilidad	9
3.5.3. Estudios para proyecto	10
3.5.4. Densidad de puntos de prospección	10
3.5.5. Ubicación de las prospecciones	10
3.5.6. Profundidad de investigación	12
3.5.6.1. Principios generales	12
3.5.6.2. Fundaciones de estructuras	12
3.5.6.3. Estructuras de contención	13
3.5.6.4. Excavaciones	13
3.5.6.5. Obras lineales, conductos y líneas de transmisión	13
3.5.6.6. Puertos	14
3.5.7. Estudios durante la construcción	14
3.6. INFLUENCIA DE LAS CONDICIONES DEL SUBSUELO EN LA SELECCIÓN DEL TIPO DE INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA	14
3.6.1. Introducción	14
3.6.2. Suelos friables con bloques y gravas	14
3.6.3. Arenas	14
3.6.4. Limos	15
3.6.5. Arcillas	15
3.6.6. Suelos cohesivos que contienen bloques y grava	15

3.6.7. Suelos colapsables	16
3.6.8. Suelos expansivos	16
3.6.9. Suelos licuables	17
3.6.10. Macizos rocosos	17
3.7. AGUAS Y SUELOS AGRESIVOS	18
3.8. INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA EN EL AGUA	18
3.8.1. Introducción	18
3.8.2. Ubicación de las investigaciones	18
3.8.3. Correlación entre cotas y profundidades	18

CAPITULO 4. EXCAVACIONES, PERFORACIONES Y MUESTREO

4.1. INTRODUCCIÓN	19
4.2. EXCAVACIONES	19
4.2.1. Calicatas poco profundas	19
4.2.2. Calicatas profundas, pozos y galerías de inspección	19
4.3. PERFORACIONES	20
4.3.1. Perforación manual con pala barreno	20
4.3.2. Perforación mediante equipo manual	20
4.3.3. Perforación mediante pala barreno mecánica (hélice continua)	20
4.3.4. Perforación a rotación	20
4.3.5. Perforación a percusión	20
4.4. MUESTREO	21
4.4.1. Generalidades	21
4.4.2. Calidad de las muestras	21
4.4.3. Muestras disturbadas obtenidas durante las operaciones de perforación o excavación	22
4.4.4. Muestras obtenidas mediante sacatestigos de extremo abierto	23
4.4.5. Extracción de damas	24

4.4.6. Materiales, elementos, sistemas y metodologías no contempladas en el presente Reglamento	24
4.4.7. Manipuleo e Identificación de las muestras	24
4.5. AGUA SUBTERRÁNEA	24
4.5.1. Métodos para determinar la presión de agua en el terreno	25
4.5.2. Muestras de agua subterránea	25
4.6. FRECUENCIA DE MUESTREO Y DE ENSAYO DENTRO DE PERFORACIONES	25
4.6.1. Generalidades	25
4.6.2. Determinación del perfil del terreno	25
4.6.3. Determinación de las características mecánicas del terreno	26

CAPITULO 5. Ensayos de campo

5.1. INTRODUCCIÓN	27
5.2. ENSAYOS DE PENETRACIÓN	27
5.2.1. Ensayo normal de penetración (ENP-SPT)	27
5.2.2. Ensayo de penetración estática de cono (CPT)	27
5.2.3. Ensayo de penetración dinámica DP	28
5.3. ENSAYOS EN PERFORACIONES	28
5.4. ENSAYOS DE DENSIDAD IN SITU	28
5.4.1. Generalidades	28
5.4.2. Aplicaciones de los ensayos de densidad in situ	29
5.4.3. Cantidad de ensayos	29
5.5. ENSAYO DE CARGA EN PLACA (PLT)	29
5.6. ENSAYOS GEOFÍSICOS	29
5.7. ENSAYOS DE PERMEABILIDAD	31
5.7.1. Generalidades	31
5.7.2. Ensayos de insumisión	31
5.7.3. Ensayos de bombeo	31

CAPITULO 6. ENSAYOS DE LABORATORIO

6.1. INTRODUCCIÓN	33
6.2. REQUISITOS CORRESPONDIENTES A LOS LABORATORIOS	33
6.2.1. Personal técnico responsable	33
6.2.2. Personal auxiliar de laboratorio	34
6.2.3. Instalaciones del laboratorio central y de campaña	34
6.2.4. Control del instrumental del laboratorio	34
6.2.5. Registro de la actividad del laboratorio	34
6.3. ALMACENAMIENTO DE MUESTRAS E INSPECCIÓN	34
6.3.1. Manipuleo e identificación	34
6.3.2. Almacenamiento de las muestras	34
6.4. DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA DE MANO	35
6.5. ENSAYOS	35
6.5.1. Generalidades	35
6.5.2. Tipos de ensayo	35

CAPITULO 7. INFORME TÉCNICO

7.1. GENERALIDADES	39
7.2. INFORME DESCRIPTIVO	39
7.2.1. Introducción	39
7.2.2. Descripción de la obra	39
7.2.3. Descripción del predio	39
7.2.4. Marco geológico	39
7.2.5. Ubicación de las auscultaciones	40
7.2.6. Trabajos de campo	40
7.2.7. Trabajos de laboratorio	40

7.2.8. Descripción del perfil geotécnico	40
7.3. ANÁLISIS DE RESULTADOS	41
7.4. RECOMENDACIONES GEOTÉCNICAS	41

CAPITULO 1. REQUISITOS GENERALES

1.1. INTRODUCCION

Este **Reglamento Nacional de Seguridad** establece los requerimientos mínimos que deben cumplir los estudios geotécnicos necesarios en todo proyecto de estructuras. Consta de Capítulos y Comentarios a los Capítulos que se presentan en forma separada.

Los Capítulos constituyen la parte prescriptiva del Reglamento y se deben aplicar integralmente para lograr los propósitos de seguridad y servicio.

Los Comentarios, en cambio, sólo constituyen una ayuda para la comprensión de las prescripciones, presentando en algunos casos, los antecedentes y fundamentos en los cuales se basan las prescripciones.

1.2. CAMPO DE VALIDEZ

Este Reglamento es de aplicación, específicamente, a los estudios geotécnicos para viviendas, edificios, estructuras industriales, construcciones complementarias, puentes (hasta tanto no esté redactado el Reglamento Argentino para Puentes), obras portuarias, mástiles y líneas de transmisión eléctrica.

También es de aplicación a otro tipo de construcciones, como caminos, canales, ferrocarriles, túneles, presas, estructuras costa afuera (*offshore*), siempre que se lo utilice como complemento a las especificaciones correspondientes a esos tipos de obras.

Este Reglamento especifica las investigaciones a realizar en un predio o extensión de terreno con el fin de conocer sus características geotécnicas, determinar las condiciones de utilización para una determinada construcción y los recaudos de seguridad a adoptar en relación con los terrenos y construcciones adyacentes.

Para el proyecto de estructuras sometidas a acciones sísmicas se deberá aplicar además el **Reglamento INPRES-CIRSOC 103 - Parte I - Reglamento Argentino para Construcciones Sismorresistentes – Construcciones en General - 2013**.

Este Reglamento se deberá utilizar en conjunto con el **Reglamento CIRSOC 402 Reglamento Argentino de Estructuras de Fundación** (en preparación) y con el **Reglamento CIRSOC 403 Reglamento Argentino de Movimientos de Suelo y Estructuras de Contención** (en preparación).

Este Reglamento debe ser utilizado en conjunto con todos los **Reglamentos CIRSOC e INPRES-CIRSOC 2005** y posteriores.

1.3. NORMAS DE APLICACIÓN

En todo lo que no se oponga a lo expresamente establecido en este Reglamento, serán de aplicación las **normas IRAM vigentes**. En caso de no existir una norma IRAM se podrá utilizar la normativa de organismos públicos con competencia en el proyecto en estudio, o normas de ensayos emitidas por organizaciones internacionales de reconocido prestigio (como por ejemplo ASTM). Se recomienda leer el Comentario a este artículo.

1.4. GLOSARIO Y UNIDADES

A los fines de este Reglamento se adopta el glosario definido por la norma IRAM 10510 - "Mecánica de Suelos – Definiciones", y el sistema de unidades del Sistema Métrico Legal Argentino (SIMELA).

CAPITULO 2. PLANIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA

2.1. OBJETIVO

Los trabajos básicos de investigación de un predio, incluyendo la investigación geotécnica, constituyen tareas previas y esenciales en toda obra de ingeniería civil. Sus objetivos son:

- a) **Conveniencia:** determinar si un predio y su entorno resultan adecuados para realizar un determinado proyecto.
- b) **Diseño:** permitir el desarrollo de un diseño seguro y económico, que cumpla con requisitos mínimos e indispensables conforme a las buenas reglas del arte.
- c) **Construcción:** sugerir métodos constructivos para la obra a ejecutar; prever eventuales dificultades constructivas y riesgos existentes como consecuencia de las condiciones geotécnicas. Cuando corresponda, evaluar los materiales locales para su utilización en la construcción y seleccionar el predio para la disposición de materiales sobrantes o residuos.
- d) **Efecto de los cambios:** determinar los cambios que se puedan originar en las condiciones del terreno y su entorno, ya sea por causas naturales o como resultado de los trabajos constructivos, y el efecto que dichos cambios puedan ocasionar en la construcción propiamente dicha, así como en los predios vecinos y en el entorno en general.
- e) **Elección del predio:** indicar las opciones, si éstas existen, para la ubicación del proyecto, señalando cuál es la más conveniente o, en el caso de un único predio, qué sector es el más recomendable para realizar la construcción, desde el punto de vista geotécnico.

2.2. TIPOS DE INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA

2.2.1. En predios donde no se dispone de información geotécnica previa

Las investigaciones que se deben realizar en estos casos deben abarcar una gran cantidad de variables que brinden la información necesaria para la selección del predio, la ubicación de las nuevas obras, su diseño y construcción.

2.2.2. En predios donde se dispone de información geotécnica previa

En los casos en los que exista información geotécnica cuya extensión y calidad sean suficientes para el diseño de las obras, la campaña de investigación se orientará a confirmar y ampliar la información existente.

2.2.3. En predios donde ya ocurrió una falla en la construcción

En este caso, las investigaciones se deberán orientar a determinar la causa de la falla y obtener la suficiente información como para llevar a cabo el diseño adecuado y posteriores trabajos de reparación.

2.2.4. Seguridad de las construcciones aledañas

En casos especiales puede resultar necesaria la investigación de los terrenos donde se asientan construcciones vecinas con el fin de determinar la influencia que puedan producir las nuevas construcciones sobre las existentes. En tales casos, el profesional responsable del proyecto debe determinar, de acuerdo con el asesor geotécnico y los terceros involucrados, las condiciones y modalidad de la investigación a efectuar.

2.3. PROCEDIMIENTO

2.3.1. Principios generales

La extensión de la investigación estará regida, primordialmente, por la magnitud y la naturaleza del proyecto a construir y por las características del predio.

La investigación de un predio se desarrollará, en términos generales, por etapas sucesivas y estará constituida, normalmente, por los estudios de gabinete, visita y reconocimiento del predio, relevamientos topográfico, batimétrico e hidrogeológico, investigación geotécnica, estudios especiales y seguimiento de la obra durante la fase constructiva.

Cuando la nueva construcción pueda afectar predios adyacentes, bienes de terceros o personas, las investigaciones deberán cubrir todos los aspectos que puedan interferir con su seguridad.

De acuerdo con los objetivos de la investigación geotécnica, el responsable del proyecto podrá requerir relevamientos topográficos y batimétricos particulares, la disposición de residuos producidos por el estudio geotécnico, el impacto ambiental de los trabajos de campo y otros estudios especiales complementarios.

Cuando el relevamiento topográfico no sea parte de la investigación geotécnica, el Comitente deberá proporcionar un punto fijo para referencia topográfica.

Se considera necesaria la participación conjunta del Profesional Responsable del estudio geotécnico y del Proyectista Estructural en el diseño de las fundaciones, en forma previa a la emisión del informe geotécnico definitivo.

2.3.2. Estudios de gabinete

Previamente a toda investigación geotécnica se deberán llevar a cabo estudios de gabinete en los que se analizará la siguiente información:

- a) Ubicación del predio en mapas o planchetas oficiales
- b) Fotos aéreas e imágenes satelitales, cuando sea necesario
- c) Perímetros del terreno, líneas de edificación
- d) Ubicación de la obra dentro del predio
- e) Características de la obra
- f) Obstrucciones aéreas (por ejemplo, líneas de transmisión)
- g) Indicaciones de obstrucciones debajo del terreno natural
- h) Diferencias encontradas en el terreno con lo publicado en planchetas oficiales
- i) Ubicación de los puntos fijos para topografía
- (j) Información meteorológica, cuando sea necesario
- k) Información mareográfica y de crecidas, cuando sea necesario, y de corrientes en el caso de puentes sobre ríos
- l) Accesos
- m) Sitios de deposición de residuos
- n) Restricciones bioambientales
- o) Características de las obras vecinas

Además, se deberá relevar y analizar la información geológica y geotécnica disponible. Las principales fuentes de información que pueden ser consultadas incluyen:

- a) Mapas e informes geológicos
- b) Mapas e informes geotécnicos
- c) Registros de sondeos previos
- d) Historia de inundaciones, erosión, movimientos en masa
- e) Información en poder de entes nacionales y locales
- f) Registros de investigaciones adyacentes

2.3.3. Reconocimiento del predio

Antes del comienzo de los estudios geotécnicos se deberá efectuar la visita y el reconocimiento exhaustivo del predio a investigar, ya se trate del predio definitivo o de aquellos que puedan ser seleccionados. Se deberán inspeccionar los predios adyacentes a efectos de prever la incidencia recíproca entre predios y construcciones involucradas.

A continuación se listan algunas acciones a seguir para la recopilación de la información necesaria, incluyendo la derivada de las investigaciones anteriores:

- a) Recorrer todo el predio a pie cuando sea posible
- b) Observar y registrar si hay diferencias u omisiones entre los mapas, planchetas y planos con la realidad del predio
- c) Inspeccionar y registrar detalles de estructuras existentes
- d) Observar y registrar obstrucciones
- e) Verificar los accesos
- f) Verificar y registrar niveles de agua, dirección de escurrimientos y flujo de ríos, arroyos, canales, etc. y marcas de inundaciones y mareas cuando sean relevantes
- g) Observar y registrar el estado de las construcciones cercanas y estudiar la posibilidad de que sean afectadas por los trabajos.
- h) Estudiar y registrar las características del terreno, preferentemente cotejando con mapas geológicos y fotografías aéreas.

2.3.4. Usos previos y estado actual del predio

En aquellos predios que han sido utilizados para fines distintos a los que tiene asignado el futuro emprendimiento bajo estudio, se deberá llevar a cabo una minuciosa investigación que permita establecer sus características y la existencia de eventuales condicionantes geotécnicos al nuevo uso.

La campaña de investigación geotécnica deberá identificar y delimitar los sectores en los que se detecte la existencia de rellenos, áreas contaminadas, obstáculos o interferencias provenientes de usos anteriores del predio.

2.3.5. Predios de valor patrimonial

Cuando se detecte la presencia de elementos con valor paleontológico, arqueológico o histórico para la comunidad, que estuviesen en el predio - ya sea descubiertos o enterrados - se deberá dar aviso de inmediato a las autoridades competentes (nacionales, provinciales y/o municipales) y a la Inspección o Dirección de Obra a cargo de los trabajos.

Se deberá cumplir con lo establecido en la Ley 25.743/2003 de Protección al Patrimonio Arqueológico y Paleontológico.

CAPITULO 3. INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA

3.1. OBJETIVO

El objetivo de la investigación geotécnica es la obtención de información geotécnica relevante para el proyecto bajo adecuadas pautas de calidad, economía y seguridad.

La investigación debe ser planificada de forma tal que permita obtener información de las condiciones geotécnicas prevalecientes en el predio y sus adyacencias, para mejorar su conocimiento y/o para verificar la información existente.

3.2. PERSONAL INVOLUCRADO EN LA INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA

3.2.1. Introducción

El personal involucrado en la investigación geotécnica deberá tener una apropiada formación técnica y experiencia acreditable para los trabajos a realizar.

3.2.2. Dirección y planeamiento

La dirección y planeamiento de la investigación geotécnica estará a cargo de un profesional universitario legalmente habilitado con experiencia en la planificación y dirección de campañas geotécnicas, capacidad de interpretación de los resultados de la investigación y conocimiento de los procedimientos de diseño geotécnico asociados a los trabajos propuestos.

3.2.3. Supervisión y ejecución de tareas de campo

La supervisión de los trabajos de campo deberá ser ejecutada por un técnico adecuadamente capacitado y con experiencia suficiente en tareas similares a las que serán ejecutadas.

El supervisor de campo será el responsable de registrar los datos obtenidos en el orden en que éstos fueron sucediendo. La información debe incluir una somera descripción de los materiales encontrados, el espesor de cada capa y la cronología de trabajo. Los partes de auscultación formarán parte del informe técnico.

3.2.4. Trabajos de laboratorio

Los trabajos de laboratorio deberán estar bajo la responsabilidad de un profesional legalmente habilitado y deberán ser ejecutados por técnicos capacitados y con suficiente experiencia en los ensayos a realizar.

3.2.5. Interpretación

La redacción del informe técnico, incluyendo la recopilación de los registros de campo, de laboratorio, su análisis, interpretación, conclusiones, diseño geotécnico y recomendaciones, estará a cargo de un profesional universitario habilitado con experiencia en proyectos de importancia similar al que se investiga.

3.3. MÉTODO

Las tareas primordiales consistirán en investigar y determinar los perfiles geotécnicos, las condiciones del agua subterránea, las características físicas, químicas, mecánicas e hidráulicas de los suelos y rocas y la existencia de riesgos geotécnicos particulares.

Los perfiles geotécnicos podrán ser determinados mediante el estudio de muestras obtenidas en perforaciones con sus correspondientes ensayos de laboratorio y/o por métodos de representatividad equivalente de acuerdo con el objeto de la investigación.

Las investigaciones deberán abarcar todo el predio y, principalmente, la superficie de terreno donde se ha decidido construir, donde se detecte que se pueda producir una modificación temporaria o permanente de las condiciones geotécnicas como consecuencia de los trabajos a realizar y donde existan riesgos para las construcciones, para las personas o para terceros.

3.4. PLANEAMIENTO Y CONTROL

Con el fin de completar el conocimiento preliminar de las condiciones del predio y de sus problemas inherentes, la información mencionada en el Capítulo 2 deberá ser recopilada y analizada antes del comienzo de la campaña de investigación geotécnica. Esta visión global de la situación permitirá determinar la extensión y el tipo de investigación geotécnica a realizar.

La totalidad de la investigación geotécnica deberá estar concluida con anterioridad a la finalización de la etapa de diseño. Pueden existir situaciones en las que se requieren investigaciones geotécnicas complementarias una vez comenzada la fase constructiva.

Cuando existan estructuras en contacto con tierra, el riesgo de ataque del suelo o agua a los materiales de construcción debe ser evaluado como se detalla en el artículo 3.7.

Si se encuentran indicios de la existencia de cavidades naturales o producidas por el hombre que puedan colapsar afectar las obras, se deberá advertir al Comitente y documentar los indicios en el informe del estudio geotécnico.

3.5. EXTENSIÓN DE LA INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA

3.5.1. Principios generales

Se entiende por **extensión de la investigación geotécnica** al conjunto de tareas que se ejecutarán para cumplir con el objetivo descrito en el artículo 3.1.

El presente Reglamento establece disposiciones mínimas acerca de la cantidad de prospecciones, su distribución, profundidad a investigar, determinaciones y ensayos de campo, muestreo, ensayos de laboratorio y elaboración de los respectivos Informes Geotécnicos.

La investigación geotécnica será efectuada mediante la utilización de alguno o algunos de los métodos de prospección de los suelos, rocas y aguas subterráneas indicados en el artículo 3.6. y en los Capítulos 4, 5 y 6.

La investigación geotécnica deberá adaptar su extensión a las características de la obra, de los suelos y rocas involucrados y de los resultados parciales obtenidos.

La investigación deberá brindar información que permita desarrollar, según corresponda:

- (a) el análisis de factibilidad de la obra.
- (b) la evaluación de un diseño geotécnico-estructural económico y que cumpla con todas las exigencias del proyecto.
- (c) la verificación de las hipótesis asumidas para el diseño y/o la caracterización de las anomalías geotécnicas detectadas durante la etapa constructiva.

Asimismo deberá incluir, con la precisión resultante del alcance establecido para la etapa de investigación correspondiente, las recomendaciones acerca de los posibles métodos constructivos y, cuando corresponda, indicar posibles yacimientos de materiales para la etapa constructiva.

Se deberán especificar, como mínimo, los siguientes aspectos:

- a) las técnicas de reconocimiento a utilizar.
- b) el número de puntos de prospección y su ubicación.
- c) la profundidad de investigación.
- d) el tipo y cantidad de muestreo y ensayos a realizar in-situ.
- e) el tipo y cantidad de ensayos de laboratorio a realizar en función de los aspectos descriptos, con los siguientes alcances:
 - (1) estudios de factibilidad
 - (2) estudios de proyecto
 - (3) estudios para la construcción

3.5.2. Estudios para factibilidad

Los **estudios para factibilidad** deberán incluir las prospecciones que permitan conocer el perfil del subsuelo y determinar sus propiedades geotécnicas.

La cantidad de prospecciones que se deben ejecutar en los estudios para factibilidad deberá ser, como mínimo, del **20%** de las indicadas en los estudios para proyecto.

3.5.3. Estudios para proyecto

En los estudios para el proyecto se determinarán las propiedades físicas, químicas, mecánicas e hidráulicas de los depósitos y rellenos del predio investigado en un grado que permita el diseño geotécnico de las obras. También se estudiarán las condiciones del agua subterránea en un grado que permita evaluar su influencia sobre las obras.

Los estudios para el proyecto podrán incorporar la información geotécnica previa y los resultados de los estudios de la etapa de factibilidad.

La distribución en planta y cantidad de prospecciones se deberá adecuar a la superficie y extensión de las obras, a la complejidad del terreno (detectada y/o verificada durante las investigaciones de la etapa de factibilidad o de antecedentes) y a las particularidades del proyecto.

La densidad mínima de puntos de prospección se indica en el artículo 3.5.4. La ubicación de las perforaciones se indica en el artículo 3.5.5. La profundidad de la investigación se indica en el artículo 3.5.6.

3.5.4. Densidad de puntos de prospección

La cantidad mínima de puntos de prospección para las distintas tipologías estructurales se indica en la Tabla 3.1. A título orientativo, la distancia máxima entre puntos de prospección se determinará utilizando la siguiente expresión:

$$l = \alpha \cdot l_0$$

siendo:

α el coeficiente que se obtiene de la Tabla 3.1 en función del tipo de construcción.

l_0 el coeficiente que se obtiene de la Tabla 3.2 en función del tipo de terreno.

3.5.5. Ubicación de las prospecciones

La **ubicación de las prospecciones** será tal que permita obtener información geotécnica global de todo el predio en cuestión, con énfasis en la impronta de la nueva construcción o trabajos a realizar así como de sus accesos, si fuesen parte del proyecto.

También deberá permitir obtener, con suficiente precisión, los parámetros geotécnicos necesarios para realizar el diseño de todas las tareas relacionadas directa o indirectamente con los suelos, rocas y agua subterránea.

Tabla 3.1. Elementos para el cálculo de la distancia máxima entre puntos de prospección

Clase	Descripción de las tipologías estructurales	Cantidad mínima de prospecciones	Coefficiente distancia máxima entre prospecciones
C-1	Viviendas unifamiliares de dos plantas con una superficie máxima en planta de 250 m ² en condiciones geotécnicas conocidas	2	1,0
C-2	Edificios para vivienda o industriales hasta 2 plantas	3	1,0
C-3	Edificios para vivienda o industriales, de hasta 4 plantas sin muros de carga, con estructura y cerramiento independiente	3	1,0
C-4	Edificios de viviendas u oficinas de 4 a 10 plantas o que, teniendo hasta 4 plantas, no cumplen las condiciones anteriores	3	0,8
C-5	Edificios de viviendas u oficinas de 11 a 20 plantas; silos y tanques de almacenamiento	3	0,7
C-6	Edificios de carácter monumental o singular, o con más de 20 plantas. (Serán objeto de un reconocimiento especial cumpliendo, al menos, las condiciones que corresponden a la Clase C-5)	3	0,6
C-7	Construcciones complementarias con un área de fundación menor a 50 m ²	1	1,0
C-7	Puentes con luces de hasta 35 m	1 en cada pila o estribo	-
C-8	Puentes con luces mayores de 35 m y/o con calzadas separadas (tableros paralelos)	dos en cada pila o estribo	-
C-9	Obras portuarias discontinuas	una en cada estructura	1,0
C-10	Líneas de transmisión eléctrica	una en cada torre	-
C-11	Obras lineales	3 ó 1 c/50 m	-
C-12	Estructuras tipo péndulo invertido	2	-

Tabla 3.2. Distancias máximas entre puntos de reconocimiento según tipo de terreno

Grupo	Distancia	Ejemplo
T-1: Variabilidad baja	$l_0 = 30$ a 40 m	Grandes llanuras loésicas
T-2: Variabilidad media	$l_0 = 20$ a 30 m	Coladas basálticas
T-3: Variabilidad alta	$l_0 = 20$ m	Antiguas llanuras de inundación de ríos divagantes

Se deberán realizar exploraciones particulares en aquellas ubicaciones donde se requiera mayor detalle, como estructuras principales o sectores con antecedentes geotécnicos complejos.

En el Comentario a este artículo se presentan ejemplos de distribución de exploraciones sugeridas para obras con distinta distribución en planta.

3.5.6. Profundidad de investigación

3.5.6.1. Principios generales

La **profundidad de investigación** será tal que permita identificar los riesgos de origen geotécnico y determinar los parámetros del comportamiento del terreno relevantes para el proyecto de las obras. Entre otros factores, dependerá del tipo de obra, del tamaño de las estructuras en contacto, del nivel de tensiones aplicado, de las características geotécnicas del predio y de la información geotécnica disponible.

3.5.6.2. Fundaciones de estructuras

La **profundidad de investigación** será mayor o igual al máximo entre:

- seis metros (**6 m**).
- la profundidad del plano de fundación más **dos (2) veces** el ancho de la mayor zapata individual o del grupo de pilotes, o **diez (10) veces** el diámetro del pilote aislado.
- la profundidad a la que el incremento de tensión efectiva vertical debido a la carga actuante sobre la fundación sea igual al **10%** de la presión efectiva de tapada, para suelos cohesivos.
- la profundidad a la que el incremento de tensión efectiva vertical debido a la carga actuante sobre la fundación sea igual al **20%** de la presión efectiva de tapada, para suelos granulares.

La profundidad de investigación puede adaptarse en función de los resultados preliminares de las prospecciones ejecutadas y de la experiencia local.

Cuando la profundidad de investigación atraviese **estratos** de características geotécnicas conocidas y favorables para el objeto de la investigación (por ejemplo zapatas de poco compromiso estructural fundadas sobre rocas competentes, gravas compactas, etc.), la profundidad de investigación se podrá limitar a la detección fehaciente del contacto entre el **estrato** competente y el inmediato superior.

3.5.6.3. Estructuras de contención

Para la fundación de las estructuras vale lo indicado en el artículo 3.5.6.2.

La profundidad de investigación será la que permita determinar las propiedades relevantes de los **estratos** atravesados por todas las superficies de potencial deslizamiento que tengan probabilidad de producirse, incluyendo las de falla profunda.

La profundidad de investigación debe permitir la determinación de los parámetros relevantes para el diseño de estructuras complementarias, como muertos de anclaje, anclajes de fricción o pantallas.

3.5.6.4. Excavaciones

La profundidad de investigación será tal que permita establecer las propiedades de los materiales para la evaluación de la estabilidad de cortes, taludes y materiales a ser contenidos mediante elementos estructurales.

Se deberá investigar el agua subterránea, en especial la de tipo artesiano y aquellos **estratos** permeables que hagan posible el ascenso del nivel freático hasta profundidades que puedan poner en riesgo la estabilidad del fondo y/o paredes de las excavaciones.

3.5.6.5. Obras lineales, conductos y líneas de transmisión

Para los soportes de conductos elevados y líneas de transmisión valen los criterios enunciados para estructuras.

Para el caso particular de las canalizaciones, también se deberán prever exploraciones que permitan garantizar la estabilidad de los taludes a construir, siguiendo los mismos criterios que para las excavaciones.

Para los conductos enterrados se deberán determinar las condiciones adecuadas de sustentación y las características de los materiales a ser excavados.

La profundidad de investigación será, como mínimo, la profundidad de fundación del conducto más el ancho de la zanja.

3.5.6.6. Puertos

Se deberán considerar los efectos producidos por la variación de mareas, el oleaje y los correspondientes a erosión, socavación y dragado. También los movimientos de ladera (como pudiese ocurrir en las barrancas del río Paraná).

3.5.7. Estudios durante la construcción

Los estudios durante la construcción tienen el objeto de completar la Información Geotécnica obtenida durante etapas anteriores de la investigación y de estudiar anomalías no detectadas durante los estudios e investigaciones previos. Si se los requiere, serán proyectados y ejecutados de acuerdo a las necesidades específicas de la obra.

3.6. INFLUENCIA DE LAS CONDICIONES DEL SUBSUELO EN LA SELECCIÓN DEL TIPO DE INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA

3.6.1. Introducción

Los factores que determinan la selección del tipo de investigación geotécnica, incluyendo la determinación del método de exploración, muestreo y ensayos “in-situ” dependen de las características particulares del terreno a investigar.

El tipo de investigación geotécnica será seleccionado por un profesional universitario de acuerdo con los propósitos y alcances de la investigación y el tipo de terreno a investigar. En los artículos siguientes se presenta la práctica corriente para algunos suelos típicos.

3.6.2. Suelos friables con bloques y gravas

El método más adecuado para la investigación de este tipo de subsuelo es la excavación directa en seco (calicatas, pozos profundos, trincheras, etc.). Las excavaciones permiten la observación directa del terreno y su variación en profundidad, la obtención de muestras de **Clase 4** (ver la Tabla 4.1.) y la realización de ensayos de campo para determinar los pesos unitarios “in-situ” y las condiciones de resistencia y deformabilidad de los **estratos**.

Cuando la profundidad a investigar excede lo que se puede alcanzar con excavaciones a cielo abierto se deberá recurrir a perforaciones u otros métodos de investigación indirecta.

El ensayo de penetración dinámica (DPSH, DSHP o SPT), mediante una punta ciega, permite obtener la compacidad relativa de los estratos de arenas y gravas con bloques.

3.6.3. Arenas

La investigación de depósitos de arena se realiza normalmente mediante perforaciones a rotación o percusión con ejecución simultánea de ensayos SPT.

Las perforaciones pueden requerir la instalación de un caño camisa o la utilización de fluidos de perforación (por ejemplo, lodo bentonítico) para estabilizar las paredes.

Las operaciones de perforación y manejo de las herramientas de pozo por debajo del nivel freático pueden producir la alteración de los suelos del fondo del pozo. Esta alteración puede ser reducida si tanto las operaciones de perforación como las de manejo de herramientas se efectúan en forma lenta.

Los materiales recuperados durante la perforación se deben clasificar como una muestra de **Clase 5**.

En el caso que se desee obtener la clasificación granulométrica de la muestra, es decir **Clase 4**, se deberá utilizar un sacatestigo de tubo partido o un sacatestigo de zapatas intercambiables con un retén. Si se requiriese obtener muestras de mayor diámetro que cumplan con los requisitos de **Clase 4**, se deberá utilizar el sacatestigo con extremo abierto de **100 mm** para usos múltiples con retén.

La compacidad relativa de los **estratos** de arena se obtiene a través de ensayos de penetración estáticos y dinámicos.

3.6.4. Limos

La investigación de depósitos de limo se puede ejecutar normalmente mediante perforaciones a rotación o percusión con ejecución simultánea de ensayos SPT. También se pueden efectuar pozos y calicatas a cielo abierto.

Los limos son sensibles a los procedimientos de muestreo, así a modo ilustrativo, las muestras obtenidas durante la ejecución del ensayo SPT pueden clasificarse como máximo como **Clase 3**, en tanto las muestras inalteradas obtenidas en pozos y calicatas y las muestras obtenidas mediante sacatestigos de pared delgada pueden clasificar como muestras **Clase 1** o **Clase 2**.

3.6.5. Arcillas

La investigación de depósitos de arcillas se puede ejecutar normalmente mediante perforaciones a rotación o percusión con ejecución simultánea de ensayos SPT, mediante pozos y calicatas a cielo abierto.

El **ensayo SPT** permite la recuperación de muestras **Clase 3**. Si se emplea el sacatestigo de zapatas intercambiables las muestras pueden alcanzar la **Clase 2**.

En depósitos blandos a medianamente compactos se utilizan sacatestigos de pared delgada que permiten la recuperación de muestras **Clase 1**. En calicatas y pozos pueden recuperarse muestras **Clase 1**.

El método más adecuado para la investigación de limos y arcillas blandas a medianamente compactas saturadas es la penetración estática con cono (CPT).

3.6.6. Suelos cohesivos que contienen bloques y grava

El método más efectivo para la exploración de estratos cohesivos que contengan material grueso es la ejecución de excavaciones y pozos a cielo abierto.

Las excavaciones permiten la visualización directa del perfil, la obtención de muestras de **Clase 3 a Clase 1**, en función de la proporción de bloques, y la realización de ensayos de

campo para determinar los pesos unitarios “in-situ”, la resistencia y la rigidez en condiciones no drenadas.

3.6.7. Suelos colapsables

Los **suelos colapsables** son aquellos que presentan un colapso brusco de su estructura intergranular. Los suelos más susceptibles de llegar a un colapso son aquellos suelos de granulometría tipo limo, en donde se encuentran arcillas con estructuras flojas y suelos granulares de bajo peso específico.

La exploración de los suelos colapsables depende de su posición relativa con respecto al nivel freático:

- (a) por encima del nivel freático y hasta la profundidad en que pueda ser ejecutado de manera segura: calicatas y pozos excavados a cielo abierto. El muestreo se realizará mediante la obtención de damas de lado mínimo **0,25 m**, de donde se tallarán los especímenes necesarios.
- (b) por debajo del nivel freático: perforaciones por avance a percusión o rotación con la utilización de sacatestigos.

3.6.8. Suelos expansivos

Los **suelos expansivos** son aquellos que sufren aumento de volumen por absorción espontánea de agua bajo condiciones de carga constante. El mecanismo de expansión está asociado al equilibrio de la concentración de cationes en el agua de poros que rodea a las partículas de arcilla. Por esa razón, la expansión se aprecia generalmente en suelos que clasifican como CH y MH y, con menos frecuencia, en suelos que clasifican como CL.

Para que un suelo exhiba un comportamiento expansivo, se requiere que su presión de confinamiento sea suficientemente baja y que su contacto con agua libre – subterránea o superficial – sea suficientemente prolongado. El aumento de volumen depende de la presión de confinamiento: cuando la presión es muy reducida el material alcanza su máxima expansión – denominada expansión libre – mientras que para una presión de confinamiento alta – denominada presión de hinchamiento – se inhibe totalmente la expansión.

Para la identificación de suelos expansivos se requiere la obtención de muestras de **Clase 3 ó 4**. Para evaluar el potencial de expansión se requieren muestras de **Clase 1 ó 2**. Para la obtención de estas muestras, el método más adecuado de muestreo es el tallado manual de damas (ver artículo 4.4.10.). Alternativamente y cuando la compacidad del **estrato** lo permita, pueden obtenerse muestras con sacatestigos de pared delgada.

Los ensayos de expansión se deben hacer con el agua que pueda quedar en contacto con los suelos, puesto que la composición química del agua afecta las propiedades de expansión.

3.6.9. Suelos licuables

Se denominan **suelos licuables** a las arenas y limos friables saturados y en estado suelto, ubicados en sitios en los que estén potencialmente sujetos a cargas de acción rápida, como las producidas por acción sísmica.

El fenómeno de licuación se aprecia como una reducción casi total de la resistencia al corte. La reducción de la resistencia al corte se debe a la reducción de la presión efectiva de confinamiento producida por un aumento de la presión de poros. Este aumento de la presión de poros se debe a su vez a la reducción de volumen que experimentan los suelos granulares sueltos cuando sufren deformación por corte. Esta deformación por corte debe ser suficientemente rápida como para que la presión de poros no tenga tiempo para disiparse.

En general, los suelos que suelen presentar este comportamiento son las arenas limpias en estado suelto y eventualmente limos no plásticos de baja compacidad (SP, SP-SM, SM o eventualmente ML según SUCS). Sin embargo, se han reportado fenómenos de licuación en arenas parcialmente saturadas y en depósitos de gravas.

Los ensayos de campo más adecuados para estudiar a estos suelos son: i) Ensayo de penetración estándar SPT; ii) Ensayo de penetración de cono CPT; y iii) Ensayo dilatométrico DMT. Para depósitos de gravas, ensayos de penetración con martillos pesados (Large Hammer Penetration Test - LPT, Becker Penetration Test - BPT).

3.6.10. Macizos rocosos

Los métodos de exploración de **macizos rocosos** incluyen el relevamiento geológico de superficie, perforaciones y métodos geofísicos.

En la mayoría de las formaciones rocosas, las características del macizo están determinadas por la geometría, la distribución espacial y la naturaleza de las discontinuidades, circunstancia que puede requerir la medición de las características mecánicas de las superficies de discontinuidad.

Cuando se utilice un trépano o martillo de fondo, conjuntamente con la técnica de cuchareo para la recuperación, la muestra obtenida será de **Clase 5**. Si la recuperación se realiza con un sacatestigo apto para arcillas, la muestra se puede calificar como **Clase 4**.

En algunas rocas blandas es posible recuperar un testigo mediante percusión de un sacatestigos abierto de **100 mm** de diámetro con una zapata adecuada para el corte. En esta situación la estructura de la roca se ve fuertemente disturbada por los impactos por lo que la muestra es **Clase 3**.

El procedimiento más adecuado consiste en la ejecución de perforaciones con corona.

3.7. AGUAS Y SUELOS AGRESIVOS

En ciertas localidades el agua subterránea, el suelo y las rocas pueden tener constituyentes agresivos al hormigón y al acero. Estos constituyentes son, principalmente, sulfatos y cloruros, medio ácido y contaminantes industriales.

La investigación geotécnica debe brindar parámetros geoquímicos de la composición de suelos y aguas que permitan la selección de materiales y estructuras en contacto con ellos y la evaluación del riesgo de agresión.

3.8. INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA EN EL AGUA

3.8.1. Introducción

Las *investigaciones geotécnicas en el agua* se deberán ejecutar desde una plataforma flotante que puede ser un barco o un pontón, o desde una estructura apoyada en el lecho, que puede ser una plataforma o una estructura similar.

Las plataformas de trabajo autoportantes, como plataformas petroleras, “jetties” o torres especialmente diseñadas para tal fin, son elementos más estables y adecuados para la ejecución de investigaciones en aguas poco profundas.

Las embarcaciones son adecuadas para la ejecución de investigaciones en aguas medianamente profundas y profundas. El tipo de embarcación a utilizar dependerá de las condiciones de marea, corrientes y oleaje.

3.8.2. Ubicación de las investigaciones

En el posicionamiento cercano a la costa se utilizará el sistema de triangulación mediante teodolito, el posicionamiento satelital, o métodos de precisión equivalente de acuerdo con las necesidades del proyecto. Cuando la situación de escasa visibilidad así lo requiera, la ubicación de las investigaciones se realizará mediante sistema satelital.

3.8.3. Correlación entre cotas y profundidades

La correlación entre cotas y profundidades se podrá establecer en función del nivel de marea. Esta información se le suministra a la embarcación desde tierra a intervalos regulares, y se registrarán junto con la lectura del tirante de agua. Puede ser necesario realizar correcciones entre ambas lecturas cuando la embarcación y la estación de medición estén muy distantes.

CAPÍTULO 4. EXCAVACIONES, PERFORACIONES Y MUESTREO

4.1. INTRODUCCIÓN

Existe una amplia variedad de métodos para la ejecución de investigaciones geotécnicas. Estos métodos se utilizan solos o combinados con el fin de cubrir los requerimientos técnicos exigidos por el proyecto y los tipos de suelo y roca encontrados.

La influencia de las condiciones del subsuelo en la selección del tipo de investigación geotécnica está descripta en el artículo 3.6.

La recopilación de la información proveniente de la investigación geotécnica, su interpretación y la redacción de los informes correspondientes están especificadas en el Capítulo 7.

En la eventualidad de encontrar elementos o estructuras de valor patrimonial se deberá informar inmediatamente a la Inspección de Obra y a la autoridad competente.

4.2. EXCAVACIONES

4.2.1. Calicatas poco profundas

Una **calicata es poco profunda** si su profundidad máxima es menor que **4 metros**. Estas calicatas son frecuentemente ejecutadas con equipos mecánicos, aunque también pueden ser excavadas manualmente.

Esta metodología se puede utilizar en suelos excavables con paredes estables con o sin una estructura de contención temporaria.

Las paredes de la excavación podrán ser ejecutadas mediante taludes y bermas. Se deberá garantizar la seguridad del personal y equipos que ingresan a las calicatas frente al colapso de las paredes de la excavación.

La señalización de las calicatas se debe ajustar a los requerimientos de seguridad reglamentarios y legales vigentes.

4.2.2. Calicatas profundas, pozos y galerías de inspección

Una **calicata es profunda** si su profundidad es mayor que **4 metros**. Las calicatas profundas, los pozos y las galerías de inspección podrán ser excavados con equipos mecánicos o a mano. En la eventualidad de que las paredes sean desmoronables, se deberá utilizar un entibado temporario para brindar condiciones adecuadas de seguridad al personal dentro del pozo de inspección.

4.3. PERFORACIONES

4.3.1. Perforación manual con pala barreno

La **perforación manual con pala barreno** permite la obtención de muestras disturbadas de suelos superficiales. Estas muestras son aptas para inspección tacto-visual y clasificación (**Clase 4**) y, eventualmente, para la determinación del contenido de humedad natural (**Clase 3**).

4.3.2. Perforación mediante equipo manual

La **perforación mediante equipo manual** emplea un malacate o guinche accionado por un motor y combinado con un trípode que permite el manejo del tren de barras de perforación. Este procedimiento es apto para suelos y rocas blandas, con diámetros usuales entre **100 y 250 mm**.

4.3.3. Perforación mediante pala barreno mecánica (hélice continua)

El sistema de hélice continua se utiliza normalmente para perforaciones en seco en suelos cohesivos. Los diámetros usuales de las hélices continuas son de **75 mm a 150 mm**.

4.3.4. Perforación a rotación

La **perforación a rotación** se puede emplear en todos los tipos de suelos y rocas. Consiste en la aplicación de un par rotatorio a un tren de barras provisto de un trépano que fragmenta el terreno. El detrito es lavado mediante la inyección de aire, agua o lodos de perforación.

La máquina perforadora debe transmitir una presión y un torque al tren de barras de perforación con la mínima vibración posible. Tanto la presión axial al tren de barras como la velocidad de rotación se deben regular en función del tipo de terreno atravesado.

El tren de barras deberá ser recto y coaxial a la cabeza de la perforadora y a la corona. Deberá tener un diámetro suficiente como para evitar el pandeo, soportar su propio peso y permitir el retorno a la superficie del fluido de perforación.

En caso necesario, las paredes de la perforación se estabilizarán mediante lodos de perforación o camisas temporarias.

4.3.5. Perforación a percusión

La **perforación a percusión** se emplea en macizos rocosos, suelos fuertemente cementados y suelos que contienen rodados grandes o fragmentos rocosos. Produce la fragmentación del material atravesado, el que es removido de la perforación mediante la inyección de aire o mediante cuchareo.

4.4. MUESTREO

4.4.1. Generalidades

La **selección de la técnica de muestreo** está regida por el objeto de la investigación, los requisitos en la calidad de la muestra a recuperar y por las características propias del material a investigar.

Las cuatro técnicas principales para la obtención de muestras son:

- (a) recuperación del detrito producido por la perforación.
- (b) obtención de la muestra por penetración de un sacatestigo de extremo abierto o de tubo partido por hincas estática o dinámica.
- (c) muestreo mediante corona sacatestigos hueca que avanza por rotación mientras el testigo penetra dentro del cuerpo.
- (d) extracción de una dama perfilada dentro de una calicata, pozo o galería.

La clasificación basada en la calidad de las muestras obtenidas se describe en el artículo 4.4.2.

La descripción de las técnicas de muestreo y la calidad de las muestras se especifican en los artículos 4.4.4. a 4.4.10.

4.4.2. Calidad de las muestras

El procedimiento de muestreo estará regido por la calidad de muestras requerida y esta, a su vez, dependerá de los parámetros a medir mediante ensayos de laboratorio. La Tabla 4.1. clasifica la calidad de las muestras respecto a las propiedades que pueden ser determinadas en forma confiable durante los ensayos de laboratorio.

Tabla 4.1. Propiedades que pueden ser determinadas según la calidad de la muestra de suelos

Calidad	Propiedades que pueden ser determinadas de manera confiable
Clase 1	Clasificación, humedad natural, pesos unitarios, parámetros de resistencia, rigidez y consolidación
Clase 2	Clasificación, humedad natural y pesos unitarios
Clase 3	Clasificación y humedad natural
Clase 4	Clasificación
Clase 5	Ninguna. Únicamente para determinar la secuencia estratigráfica

Tabla 4.2. Propiedades que pueden ser determinadas según la calidad de la muestra de rocas

Calidad	Método de obtención	Propiedades que pueden ser determinadas de manera confiable
Clase 1	Bloques, sacatestigos dobles o superior	Clasificación petrográfica y mineralógica, densidad, absorción, porosidad, resistencia triaxial, módulo de deformación.
Clase 2	Sacatestigos simples	Clasificación petrográfica y mineralógica, densidad, absorción, porosidad, resistencia a la compresión simple.
Clase 3	Testigos fracturados	Clasificación petrográfica y mineralógica, densidad, absorción. Ensayo de carga puntual.
Clase 4	Muestras disturbadas	Clasificación petrográfica y mineralógica

En ciertos casos, independientemente de la técnica de muestreo utilizada, no será posible obtener una muestra de **Clase mejor que 2**. En este caso, será aceptable ejecutar ensayos de resistencia, pero los resultados obtenidos deberán ser considerados con cuidado por personal calificado.

Para la determinación de parámetros de resistencia y rigidez de suelos finos se deberán utilizar muestras de **Clase 1**.

Las muestras obtenidas mediante hincas de sacatestigos durante la ejecución de ensayos de penetración tipo SPT se consideran **Clase 3**.

Para la determinación de parámetros de resistencia en el laboratorio de suelos granulares no cementados se pueden emplear muestras **Clase 3** reconstituidas con el peso unitario natural.

4.4.3. Muestras disturbadas obtenidas durante las operaciones de perforación o excavación

La **calidad de las muestras obtenidas** depende del procedimiento utilizado para realizar la perforación o la excavación.

Los diferentes métodos de perforación permiten obtener muestras de las siguientes clases:

- (a) **Clase 3:** muestras disturbadas provenientes de excavaciones o perforaciones en seco.
- (b) **Clase 4:** muestras disturbadas obtenidas por cuchareo con válvula de retención, bajo el nivel freático.
- (c) **Clase 5:** detrito de perforación.

En todos los casos se deberán adoptar los recaudos correspondientes para que la muestra disturbada sea representativa del **estrato** investigado y que no haya sido contaminada por suelos provenientes de otros **estratos**.

4.4.4. Muestras obtenidas mediante sacatestigos de extremo abierto

Los sacatestigos de extremo abierto consisten en un tubo cilíndrico cuyo extremo inferior está abierto para permitir el ingreso de la muestra, mientras que el superior posee un sistema de vinculación al tren de barras de perforación.

Existe una gran variedad de sacatestigos. La siguiente lista presenta algunos sacatestigos empleados con frecuencia:

-Sacatestigos de pared delgada o tubo Shelby: Para recuperación de muestras **Clase 1 o 2** de suelos finos blandos a medianamente compactos.

-Sacatestigos de pistón fijo: Para recuperación de muestras **Clase 1 o 2** de suelos finos blandos a medianamente compactos.

-Sacatestigos de tubo partido de 51 mm de diámetro exterior: Para recuperación de muestras **Clase 3 o 4** de suelos cohesivos y **Clase 4** de arenas, simultánea con la ejecución de ensayos SPT.

-Sacatestigos de zapatas intercambiables de 63 mm de diámetro exterior: Para recuperación de muestras **Clase 3 a 4** de suelos cohesivos y **Clase 4** de arenas, simultánea con la ejecución de ensayos de penetración.

-Coronas sacatestigo: Para recuperación de testigos de rocas y suelos cohesivos duros.

El fondo de la perforación generalmente está contaminado con detrito de perforación, el que deberá ser retirado mediante una adecuada limpieza previa al muestreo. El remanente del detrito que pudiera quedar después de la limpieza deberá ser eliminado de las muestras obtenidas.

El muestreo se realizará mediante el procedimiento elegido, ya sea hincado del sacatestigo, empuje continuo o rotación.

La profundidad de penetración del sacatestigo deberá ser medida y registrada con el fin de compararla con la longitud de la muestra obtenida.

El sacatestigo de zapatas intercambiables, que se utiliza en trabajos de rutina para el muestreo de arcillas, limos y arenas, tiene una mejor relación de áreas que el sacatestigo de tubo partido, con el agregado de que las zapatas de corte se las puede intercambiar de acuerdo al tipo de suelo muestreado (**ver la Figura 4.4.5.6**).

Los testigos de rocas se recuperan mediante la utilización de sacatestigos rotativos de pared simple, doble o triple. Para ensayos destinados a determinar características mecánicas, se recomienda que el sacatestigo tenga pared doble o triple y diámetro mínimo de **50 mm (por ejemplo N)**.

4.4.5. Extracción de damas

Las damas son muestras obtenidas manualmente de cortes expuestos del material a investigar. Es una técnica utilizada cuando se desea obtener una muestra casi no disturbada o cuando se precisa muestrear en una determinada dirección con el fin de obtener una característica particular del material (por ejemplo: diaclasas, fallas, etc.).

4.4.6. Materiales, elementos, sistemas y metodologías no contempladas en el presente Reglamento

La utilización de materiales, elementos, sistemas y metodologías de ensayo no mencionados en este Reglamento deberá ser autorizada por el Comitente y reportada en el informe técnico.

4.4.7. Manipuleo e identificación de las muestras

Las muestras deben ser manipuladas con cuidado por cuanto la validez de los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio depende de la calidad de las muestras al momento de ser ensayadas.

Se debe establecer un sistema de identificación, protección, transporte y almacenamiento satisfactorio que evite el deterioro de la muestra antes de ser ensayada y durante el período de almacenamiento posterior a su uso.

Las muestras envasadas para transporte deben ser protegidas de golpes, vibraciones, variaciones excesivas de temperatura y del agua, por cuanto éstas pueden dañar la protección y, consecuentemente, disturbar la muestra.

La temperatura de almacenamiento y transporte estará condicionada por las condiciones meteorológicas locales y las de la obra. Se deberá garantizar que la temperatura de almacenamiento y transporte permanezca dentro del rango de **2°C a 45°C**. Se deberá cuidar que la temperatura de almacenamiento y transporte no afecte el fin para el que ha sido obtenida la muestra.

Todas las muestras deberán ser identificadas inmediatamente luego de su extracción de la perforación o excavación, independientemente del método de exploración y sistema de muestreo.

Cuando se deban preservar las muestras con el contenido de humedad natural, simultáneamente se las identificará y guardará en envases apropiados, sellándolas de manera adecuada.

Las damas deberán ser recubiertas y protegidas para preservar su humedad y características mecánicas.

4.5. AGUA SUBTERRÁNEA

La existencia de agua libre y su flujo dentro del terreno condiciona el comportamiento mecánico del perfil geotécnico. La composición química del agua puede condicionar la agresividad del terreno a estructuras e instalaciones enterradas.

Se deberá efectuar una evaluación de las características hidráulicas de los diferentes **estratos** de acuerdo con el tipo de obra.

4.5.1. Métodos para determinar la presión de agua en el terreno

Los métodos más utilizados para determinar la posición del nivel freático y la presión de agua en el terreno son:

1. Observación directa del nivel de agua libre en perforaciones y excavaciones
2. Mediciones mediante piezómetros de base porosa, hidráulicos, eléctricos o neumáticos.

En el caso que se instale más de un piezómetro por perforación, se deberá garantizar la aislación hidráulica de los diferentes puntos de medición.

4.5.2. Muestras de agua subterránea

Las muestras de agua deberán ser representativas del **estrato** muestreado. A tal efecto se deberán adoptar los recaudos necesarios para no contaminar la muestra obtenida con agua ubicada por encima del nivel de muestreo mientras ésta es retirada de la perforación, así como con cualquier otro material.

Se deberán adoptar las medidas necesarias a efectos de no contaminar la muestra de agua subterránea con el fluido de perforación.

Las muestras de agua se deberán recoger lo antes posible, luego que se haya detectado el **estrato** a investigar. Si el **estrato** se encuentra en la parte superior de la perforación deberá ser encamisado inmediatamente. La muestra de agua mínima a recoger deberá ser de un litro y los recipientes a utilizar deberán ser de vidrio o de plástico esterilizados.

4.6. FRECUENCIA DE MUESTREO Y DE ENSAYO DENTRO DE LAS PERFORACIONES

4.6.1. Generalidades

La frecuencia de muestreo y de ensayo dentro de una perforación estará condicionada por la necesidad de información así como por la disponibilidad de información geotécnica previa del predio en cuestión.

4.6.2. Determinación del perfil del terreno

El tipo y la frecuencia del muestreo estarán condicionados por las características del terreno; razón por la cual las tareas de campo de una investigación geotécnica deberán ser ajustadas durante la marcha de los trabajos.

En términos generales, el muestreo deberá ser realizado en correspondencia con cada metro de avance de la perforación o en correspondencia con cada cambio de **estrato**, no obstante lo cual, la selección de un sistema de muestreo continuo o discreto estará condicionada por las características del terreno y por las necesidades del proyecto.

4.6.3. Determinación de las características mecánicas del terreno

Una vez determinado el perfil del terreno se deberán medir las propiedades geotécnicas relevantes a los fines del proyecto mediante técnicas de ensayo apropiadas. El programa de muestreo y ensayo deberá adecuarse a los objetivos que persigue la investigación.

CAPITULO 5 . ENSAYOS DE CAMPO

5.1. INTRODUCCIÓN

Las propiedades de los suelos y las rocas en el terreno pueden diferir de las propiedades de sus materiales constituyentes determinadas en ensayos de laboratorio.

Los ensayos deben ser ejecutados de acuerdo con las siguientes normas, en el orden de prelación indicado:

- i) normas IRAM vigentes;
- ii) normas de organismos públicos con competencia en el proyecto en estudio,
- iii) normas de ensayo emitidas por organizaciones internacionales de reconocido prestigio (por ejemplo, las normas del Comité Técnico 16 de la Sociedad Internacional de Mecánica de Suelos e Ingeniería Geotécnica (ISSMGE)),
- iv) metodología de ensayo de uso habitual.

5.2. ENSAYOS DE PENETRACIÓN

5.2.1. Ensayo normal de penetración (ENP - SPT)

El objetivo de este ensayo es determinar la compacidad de los suelos mediante la hincada dinámica de un sacastestigo de punta abierta. El ensayo se ejecuta usualmente a intervalos regulares en una perforación, por lo que se obtiene información discontinua del perfil del terreno. El resultado del ensayo se denomina **“Resistencia a la Penetración Standard SPT”**, y es utilizado como medida de compacidad de los suelos y para inferir sus parámetros mecánicos. Permite la extracción de muestras Clase 3 ó 4 en casi todos los tipos de suelos y en rocas blandas, por lo que los registros de este ensayo deben ser acompañados por una clasificación cualitativa de los materiales recuperados. Los resultados del ensayo tienen poca representatividad en suelos con rodados, suelos fuertemente cementados y en suelos muy blandos.

5.2.2. Ensayo de penetración estática de cono (CPT)

El objetivo de este ensayo es determinar la compacidad de los suelos mediante la penetración estática de un cono. El ensayo se ejecuta de manera continua y por lo tanto brinda información continua del perfil del terreno. El resultado del ensayo se denomina **“Resistencia a la Penetración del Cono CPT”** y es utilizado como medida de compacidad de los suelos y para inferir sus parámetros mecánicos y, en algunos casos, propiedades hidráulicas y **geoambientales** del terreno donde se realizó el ensayo. La información que se obtiene consta, en la mayoría de los casos, de tres valores: resistencia a la penetración de la punta, fricción lateral y presión neutra.

En este ensayo no se extraen muestras por lo que usualmente se ejecuta en combinación con perforaciones o calicatas. Eventualmente se puede inferir el tipo de suelo atravesado

mediante el empleo de correlaciones validadas. En algunos casos el cono se equipa con sensores que permiten la ejecución de ensayos geofísicos. Se aplica en suelos finos muy blandos a duros y en arenas muy sueltas a densas. La limitación del ensayo está dada por la capacidad de penetración en suelos de compacidad elevada, cementados o con partículas gruesas.

5.2.3. Ensayo de penetración dinámica DP

El objetivo de este ensayo es determinar la compacidad de los suelos mediante la hincada dinámica de un cono ciego. El ensayo se ejecuta de manera continua y por lo tanto brinda información continua del perfil del terreno. El resultado del ensayo se denomina "**Resistencia a la Penetración Dinámica DP**", y es utilizado como medida de compacidad de los suelos y para inferir sus parámetros mecánicos.

Puede ser ejecutado en todos los tipos de suelos. En este ensayo no se extraen muestras por lo que usualmente se ejecuta en combinación con perforaciones o calicatas.

5.3. ENSAYOS EN PERFORACIONES

Existen otros ensayos que se ejecutan mediante perforaciones o hincada en el terreno de dispositivos de ensayo. A continuación se mencionan algunos de estos ensayos:

Ensayo de molinete o veleta - VST: Consiste en la hincada de una veleta y la medición del momento torsor necesario para que ésta rote, produciendo el corte de un cilindro de suelo. Permite medir la resistencia al corte no drenada de arcillas y limos plásticos saturados. Se aplica en depósitos de suelos finos blandos a medianamente compactos.

Ensayo presiométrico - PMT: Consiste en la introducción de una vejiga cilíndrica dentro de una perforación y su expansión mediante la aplicación de una presión interior. Se mide la relación entre la presión aplicada y el desplazamiento de la pared de la perforación, con lo que se puede calcular un módulo de deformación presiométrico y una presión límite, que permiten inferir propiedades mecánicas del terreno ensayado. Se aplica en todo tipo de terreno.

Dilatómetro - DMT: Consiste en la hincada de una espada metálica que posee en la mitad de su cara una membrana deformable mediante la acción de una presión interior. Se mide la presión necesaria para lograr una deformación lateral predeterminada, lo que permite inferir propiedades de rigidez del terreno ensayado. Se aplica en todo tipo de suelos.

5.4. ENSAYOS DE DENSIDAD "IN SITU"

5.4.1. Generalidades

Existen dos grupos de ensayos para la determinación del peso unitario del terreno. Los **ensayos directos**, denominados "ensayos de densidad in situ" que implican la extracción de una muestra, y los **ensayos indirectos**, que infieren la densidad a partir de mediciones de otras variables, como velocidad de propagación de ondas mecánicas, resistividad eléctrica, absorción de partículas radioactivas, o resistencia a la penetración. Los ensayos indirectos requieren la calibración del método de ensayo para el tipo de suelo a ensayar. Los métodos más empleados para la determinación de la densidad in-situ son:

Directos: Método del cono de arena, Método del volumenómetro, Métodos de reemplazo con agua, arena o aceite en pozos de ensayo.

Indirectos: Núcleo-densímetro, Telurímetro, Magnetómetro, Penetrómetro, Métodos geosísmicos.

5.4.2. Aplicaciones de los ensayos de densidad in-situ

Los ensayos de densidad in-situ se emplean para determinar el peso unitario de depósitos naturales y en el control de compactación de rellenos.

5.4.3. Cantidad de ensayos

La cantidad de determinaciones a realizar dependerá de la importancia de la obra y la heterogeneidad de los materiales empleados. Los valores indicados son orientativos y deben respetarse los mínimos exigidos en cada caso.

Para obras lineales se deberá realizar una determinación de densidad in situ con una separación mínima de **100 m**, y una separación máxima de **500 m**, con un mínimo de **3 (tres)** determinaciones por cada tramo u obra a controlar.

Para obras superficiales la separación mínima entre determinaciones será de cada 200 m² y como máximo de **600 m²**, con un mínimo de **3 (tres)** determinaciones por cada predio, sector, u obra a controlar.

5.5. ENSAYO DE CARGA EN PLACA (PLT)

El **ensayo de carga en placa** es una medida directa de la rigidez del suelo. Consiste en la aplicación de una carga sobre una placa y el registro del hundimiento de ésta en el terreno.

Puede ser ejecutado en dirección vertical u horizontal. Para el caso de carga vertical sobre suelos no cohesivos, se debe aplicar la Norma IRAM 10528.

Las limitaciones principales de este ensayo son:

- 1) La alteración producida en el terreno por la excavación necesaria para hacer el ensayo.
- 2) Sólo mide las propiedades mecánicas del terreno en un espesor del orden de **dos (2) veces** el ancho de la placa de ensayo, medido desde la superficie ensayada.

5.6. ENSAYOS GEOFÍSICOS

Los métodos geofísicos se emplean en estudios geotécnicos para analizar los siguientes aspectos:

- a) Evaluación del perfil geotécnico del subsuelo hasta profundidades generalmente menores que **100 m**, ajustándose a correlaciones con perforaciones o cateos directos.
- b) Localización de inclusiones, anomalías o discontinuidades.
- c) Determinación de la velocidad de propagación de la onda de corte.
- d) Aplicaciones geoambientales.

Los métodos Geofísicos más relevantes desde el punto de vista geotécnico son:

(a) Reflexión y Refracción Sísmica: Se utiliza para determinar la interfaz entre materiales de diferente velocidad de onda mecánica incidente y la velocidad de propagación de ondas mecánicas en los diferentes materiales. La onda se genera mediante un impacto, un equipo mecánico o una explosión. Se mide el tiempo de arribo mediante receptores (geófonos) ubicados a distancias crecientes de la perturbación.

También puede ser realizado en perforaciones, en diferentes configuraciones. Cuando la onda se propaga entre dos perforaciones el método se denomina *cross-hole*. En los métodos que emplean una sola perforación, y el impulso se genera entre la superficie y geófonos localizados en profundidad dentro la perforación, el ensayo se denomina *down-hole*, mientras que si el impulso se aplica dentro de la perforación y el geófono se encuentra en superficie el ensayo se denomina *up-hole*. Puede ser ejecutado en superficie mediante el empleo de un arreglo de múltiples geófonos y una o más fuentes generadoras. Con algoritmos de procesamiento adecuados se pueden obtener tomografías sísmicas en dos y tres dimensiones del medio.

(b) Análisis Espectral de Ondas de Superficie (SASW): Es una metodología que permite estimar la secuencia estratigráfica del sitio. El método consiste en generar ondas en la superficie con distintas longitudes y medir las diferentes velocidades de propagación in situ. Conocidas las velocidades y las distintas longitudes de ondas se infiere posteriormente el perfil de velocidades de onda del sistema mediante un análisis espectral de la respuesta del terreno.

(c) Resistividad eléctrica: Consiste en hacer pasar una corriente eléctrica entre dos electrodos ubicados en el terreno y se mide la diferencia de potencial entre otros dos. Permite obtener la variación de la resistividad eléctrica en profundidad a lo largo de una línea vertical (Sondeo Eléctrico Vertical). Una variante de este procedimiento es la tomografía geoelectrica que permite obtener imágenes bi y tridimensionales del medio empleando un arreglo de múltiples electrodos.

Otros métodos:

(d) Georadar: La prospección mediante georadar consiste en generar un pulso electromagnético mediante una antena ubicada en la superficie del terreno. En correspondencia con cada cambio de constante dieléctrica se produce un reflejo. Permite detectar anomalías interceptadas por las ondas incidentes en el subsuelo. Dado que es posible emplear antenas de diferentes frecuencias de pulso, se pueden lograr penetraciones desde varias decenas de metros hasta pocos centímetros, con diferentes resoluciones.

(e) Gravimetría: Este método es utilizado para la detección de anomalías de grandes dimensiones, tales como fallas geológicas, grandes cavidades y la interfaz entre suelo y roca.

(f) Magnetometría: Este método se fundamenta en la existencia de una correlación entre el cambio localizado del campo magnético de la Tierra con el tipo de roca encontrado allí. Bajo ciertas condiciones es posible detectar la interfaz horizontal entre dos macizos de rocas con diferentes parámetros magnéticos.

5.7. ENSAYOS DE PERMEABILIDAD

5.7.1. Generalidades

Los ensayos para determinar la permeabilidad in situ se basan en medir el caudal de infiltración o de extracción de agua del terreno. Se pueden dividir en ensayos de insumisión de agua y ensayos de bombeo o extracción de agua.

5.7.2. Ensayos de insumisión

Estos ensayos consisten en introducir agua al terreno a través de una perforación, ya sea por acción de la gravedad o por la inyección bajo una presión preestablecida.

Entre los primeros se pueden citar los siguientes:

- **Ensayo de insumisión a carga variable:** en este ensayo se procede al llenado con agua de una perforación y se mide el descenso de la columna de agua a intervalos de tiempo preestablecidos.

- **Ensayo de insumisión a carga constante:** en este ensayo se procede al llenado de una perforación con agua y se mide el caudal necesario para mantener constante el nivel de agua durante un tiempo establecido.

- **Ensayo Lugeon:** Es un ensayo que permite determinar la admisión de agua en macizos rocosos y suelos cementados bajo diferentes rangos de presión de agua. Con las determinaciones se estima la permeabilidad secundaria del macizo.

5.7.3. Ensayos de bombeo

En estos ensayos se extrae agua del suelo mediante una bomba colocada dentro de una perforación. Se determina el caudal extraído en un tiempo establecido, midiendo la variación del nivel de agua. De acuerdo con el método empleado esta variación puede medirse dentro de la perforación utilizada para el bombeo o mediante perforaciones adicionales ubicadas en proximidad de la primera.

CAPÍTULO 6. ENSAYOS DE LABORATORIO

6.1. INTRODUCCIÓN

Los ensayos de laboratorio sobre muestras de suelos y rocas permiten:

- (a) identificar y clasificar las muestras para aplicar conocimientos pre-existentes obtenidos en suelos y rocas similares.
- (b) obtener los parámetros geotécnicos relevantes para el diseño del proyecto en cuestión.

El programa de ensayos de laboratorio deberá ser establecido por un profesional con competencia en geotecnia.

Los ensayos que se describen en el artículo 6.5. son los que se realizan frecuentemente durante las Investigaciones Geotécnicas de rutina. Existen otros ensayos que pueden ser ejecutados en función de los requerimientos especiales de cada proyecto en particular.

Los ensayos deben ser ejecutados de acuerdo con las siguientes normas, en el orden de prelación indicado:

- i) normas IRAM vigentes;
- ii) normas de organismos públicos con competencia en el proyecto en estudio,
- iii) normas de ensayo emitidas por organizaciones internacionales de reconocido prestigio,
- iv) metodología de ensayo de uso habitual.

6.2. REQUISITOS CORRESPONDIENTES A LOS LABORATORIOS

6.2.1. Personal técnico responsable

El Laboratorio deberá contar con un Director Técnico, con competencias profesionales en el área de geotecnia, quien será responsable por:

- (a) el mantenimiento de registros que permitan la identificación de cada muestra, de los ensayos efectuados sobre ella, y su trazabilidad en todo momento.
- (b) el correcto manejo de las muestras de acuerdo a las normas aplicables.
- (c) la supervisión técnica de la ejecución de ensayos.
- (d) el registro de sus resultados.
- (e) la confección de informes de laboratorio.

6.2.2. Personal auxiliar de laboratorio

La ejecución de los ensayos deberá estar a cargo de personal calificado.

6.2.3. Instalaciones del laboratorio central y de campaña

Las instalaciones de laboratorio deberán tener los elementos necesarios para el mantenimiento y conservación de las muestras y permitir la ejecución de los ensayos de acuerdo a las normas correspondientes.

6.2.4. Control del instrumental del laboratorio

Se deberá mantener un programa de calibración y contrastación del instrumental de laboratorio. Los instrumentos deberán tener su registro de calibración vigente.

6.2.5. Registro de la actividad del laboratorio

El laboratorio que ejecuta los ensayos y su Director Técnico deben estar identificados en los protocolos de ensayo y en los informes geotécnicos que empleen sus resultados.

6.3. ALMACENAMIENTO DE MUESTRAS E INSPECCIÓN

6.3.1. Manipuleo e identificación

El manipuleo e identificación de las muestras de laboratorio debe seguir el mismo criterio que el correspondiente a las muestras en obra y traslado, artículo 4.4.7.

Deberá llevarse un registro con la siguiente información mínima:

- (a) identificación (obra, punto de obtención, profundidad, etc.)
- (b) fecha de ingreso
- (c) tipo de muestra
- (d) ensayos a ser ejecutados

6.3.2. Almacenamiento de las muestras

El almacenamiento de las muestras debe garantizar la preservación de las propiedades que serán objeto de ensayo.

Luego del ensayo, las muestras deberán ser mantenidas, por lo menos, hasta el fin de la ejecución de la investigación geotécnica o hasta el plazo convenido con el comitente. Se recomienda que se informe al Comitente antes de su eliminación definitiva.

6.4. DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA DE MANO

Se deberá efectuar una descripción visual de las muestras al momento de la extracción del recipiente utilizado para su transporte, de acuerdo con lo especificado en la norma IRAM 10535.

En ciertos casos puede ser necesaria una inspección complementaria mediante microscopio o la ejecución de cortes delgados.

Se recomienda realizar registros fotográficos de las cajas de testigos. Las fotografías deberán contener la identificación de la caja y una escala de longitudes (cinta métrica de mano) y una escala de colores.

6.5. ENSAYOS

6.5.1. Generalidades

Se deberán adoptar los recaudos necesarios para que la calidad de las muestras sea compatible con la requerida por el ensayo a ser ejecutado.

Cuando las muestras ensayadas no reúnan las condiciones especificadas por la norma de ensayo deberá informarse junto con sus resultados. El responsable técnico del laboratorio deberá también informar las observaciones que correspondan.

6.5.2. Tipos de ensayo

En la Tabla 6.1. se indican las categorías de ensayo, los tipos de ensayo y la norma de aplicación, para ensayos de laboratorio a ejecutarse sobre muestras de suelos.

Tabla 6.1. Ensayos de laboratorio sobre muestras de suelo

Categoría de ensayo	Nombre del ensayo	Norma
Clasificación y propiedades índice	Contenido de humedad	IRAM 10519/1970
	Límite líquido	IRAM 10501/1968
	Límite plástico	IRAM 10502/1968
	Límite de contracción	IRAM 10504/1959
	Peso unitario (peso específico aparente)	
	Tamizado vía seca y/o húmeda	IRAM 10507/1986
	Sedimentometría	IRAM 10512/1977
Contenido de sustancias químicas	Contenido de Materia orgánica Total	
	Contenido de sulfatos totales y solubles	
	pH	
	Contenido de CaCO ₃	
	Contenido de cloruros	
Compactación	Proctor Standard y/o Modificado	IRAM 10511/1972
	Densidad relativa	

Categoría de ensayo	Nombre del ensayo	Norma
Diseño de pavimentos	Valor soporte CBR	IRAM 10520/1971
	Módulo resiliente	
Resistencia	Compresión triaxial: (a) no drenada (b) no drenada con medición de presiones neutras (c) consolidada no drenada (d) consolidada no drenada con medición de presiones neutras (e) consolidada drenada	(a) IRAM 10529/1985
	Compresión no confinada	IRAM 10518/1970
	Veleta de laboratorio	
	Corte directo: (a) instantáneo (b) consolidado instantáneo (c) drenado	(c) IRAM 10536/1986
Deformación	Consolidación: (a) unidimensional (edómetro) (b) triaxial (c) celda de Rowe	(a) IRAM 10505/1983
Permeabilidad	(a) Suelos granulares	(a) IRAM 10508/1984
	(b) Suelos cohesivos a carga variable	(b) IRAM 10530/1988

En la Tabla 6.2 se indican las categorías de ensayo, los tipos de ensayo y la norma de aplicación, para ensayos de laboratorio a ejecutarse sobre muestras de rocas.

Tabla 6.2. Ensayos de laboratorio sobre muestras de roca

Categoría de ensayo	Nombre del ensayo	Norma
Clasificación	Contenido de humedad de saturación (índice de alteración)	
	Densidad y porosidad	IRAM 10602/1987
	Contenido de humedad	IRAM 10601/1986
	Corte delgado	
	Carbonatación	
	Hinchamiento	
Dinámicos	Módulo dinámico	
Resistencia	Ensayo de carga puntual	
	Compresión uniaxial	IRAM 10607/1983
	Tracción por compresión diametral	

Categoría de ensayo	Nombre del ensayo	Norma
	Compresión triaxial: (a) no drenada (b) no drenada con medición de presión de poros	
	Corte directo	
Deformación	Módulo elástico estático	
	Creep: (a) no drenado (b) carga constante (c) triaxial	
Permeabilidad	Celda triaxial Centrífuga Radial	

CAPÍTULO 7 . INFORME TÉCNICO

7.1. GENERALIDADES

El **informe geotécnico** deberá contener la información obtenida durante las tareas de campaña, laboratorio y gabinete. En forma clara se deberá resumir toda la información recabada, los análisis y determinaciones realizados y las recomendaciones del Consultor Geotécnico.

7.2. INFORME DESCRIPTIVO

7.2.1. Introducción

El **informe descriptivo** deberá contener una introducción que indique quién es el Comitente, la naturaleza de la investigación realizada, una breve descripción geográfica y topográfica del predio, el objetivo perseguido por la investigación geotécnica y la época en que se desarrolló.

7.2.2. Descripción de la obra

El informe deberá incluir las características de la obra, el tipo de estructura, sus dimensiones y la etapa del proyecto a la que se aplica (prefactibilidad, anteproyecto, proyecto, construcción, control, etc). Esta Información deberá ser aportada por el Comitente a solicitud del Consultor Geotécnico.

7.2.3. Descripción del predio

La ubicación geográfica del predio deberá ser suficientemente precisa, de acuerdo con el fin del estudio. Cuando corresponda, deberá contener los nombres de calles, rutas o caminos perimetrales o próximos, las coordenadas locales de los puntos de investigación, la referencia a un plano catastral y/o la plancheta del Instituto Geográfico Nacional o del Servicio de Hidrografía Naval, o de cualquier otro organismo competente.

La descripción deberá indicar lo encontrado en la superficie del terreno al momento de realizar la investigación, la información obtenida acerca del uso pasado o presente del predio y los eventuales trabajos subterráneos que hayan sido localizados.

Se deberá hacer referencia a los niveles de los terrenos adyacentes, con mención de eventuales desniveles en el predio propiamente dicho.

7.2.4. Marco geológico

El **informe geotécnico** deberá incluir una descripción del marco geológico del entorno del predio.

El responsable del informe geotécnico deberá informar cuando sea necesaria la ejecución de un estudio geológico de mayor alcance que el contenido en la descripción del marco geológico.

7.2.5. Ubicación de las auscultaciones

La ubicación planialtimétrica de las auscultaciones deberá ser clara y estar referida a hechos existentes en el predio o en sus proximidades, o al sistema de coordenadas y/o niveles locales que establezca el Comitente.

La ubicación y niveles deberán ser lo suficientemente precisos como para permitir replantear las exploraciones una vez que las marcas dejadas por ellas hayan desaparecido.

Se deberá insertar un croquis preciso con la ubicación de las auscultaciones.

7.2.6. Trabajos de campo

Se deberá describir la cantidad y tipo de auscultaciones, los métodos de auscultación, los ensayos efectuados, las normas y/o procedimientos empleados, el tipo de equipo utilizado, la fecha de comienzo y fin de los trabajos y las condiciones climáticas.

Se deberá registrar cualquier circunstancia que surja durante los trabajos de campo (por ejemplo, pérdida de sacamuestras dentro de la perforación, pérdida del fluido de inyección, ingreso de agua a la perforación, etc).

Se deberá reportar la detección de agua subterránea y su cota.

7.2.7. Trabajos de laboratorio

Se deberá describir la cantidad y tipos de ensayo efectuados y las normas y/o procedimientos utilizados.

Los resultados de los ensayos, tanto de rutina como especiales, se presentarán en planillas y/o gráficos con una identificación precisa de su procedencia (p. ej. perforación, profundidad, tipo de muestra, etc.) y deberán formar parte del informe técnico.

7.2.8. Descripción del perfil geotécnico

Se deberá efectuar una descripción del **perfil geotécnico** que incluya sus características físicas y mecánicas principales.

El perfil será dividido en sectores de similar naturaleza, clasificación y comportamiento geotécnico. Se identificarán las profundidades o cotas de comienzo y fin de cada sector.

La descripción deberá estar acompañada por planillas que contengan el perfil geotécnico con los resultados de los ensayos de campo y ensayos de laboratorio que se consideren convenientes para la caracterización del perfil geotécnico. Se deberán identificar los ensayos que no se incorporen a las planillas de perfil geotécnico.

7.3. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Se efectuará una evaluación de las propiedades geotécnicas relevantes para la obra y la determinación de los parámetros a utilizar en el diseño geotécnico de las obras.

Para la selección de los parámetros de diseño se deberá tener en cuenta la información obtenida en ensayos de campo y laboratorio y los antecedentes disponibles.

Se explicitarán las hipótesis y métodos utilizados para la elaboración de las conclusiones y recomendaciones técnicas.

7.4. RECOMENDACIONES GEOTÉCNICAS

Se efectuarán recomendaciones geotécnicas para el proyecto de las obras, sus aspectos constructivos o afectaciones ambientales. A modo ilustrativo se detallan algunos ejemplos:

Fundaciones superficiales: *estrato* de fundación; alternativas de fundación; parámetros para el diseño geotécnico.

Fundaciones profundas: *estrato* de fundación; métodos constructivos aptos; parámetros para el diseño geotécnico.

Estructuras de contención: diagramas de empuje para entibaciones y estructuras definitivas; métodos constructivos aptos; parámetros para el diseño geotécnico.

Estructuras vecinas: incidencia de excavaciones, depresión de agua subterránea y acciones de las construcciones propias sobre las obras vecinas.

Patología de fundaciones: naturaleza y dimensiones de las fundaciones existentes; identificación de la causa de la falla y eventual medición del asentamiento asociado, predicción del asentamiento futuro; medición de vibraciones y sus efectos; remediación propuesta.

INTI

INSTITUTO NACIONAL DE
TECNOLOGÍA INDUSTRIAL



CIRSOC

CENTRO DE INVESTIGACIÓN DE LOS
REGLAMENTOS NACIONALES DE
SEGURIDAD PARA LAS OBRAS CIVILES