

Revisión de conceptos relacionados con Estudios Geotécnicos, a la luz de las Normas de Diseño y Construcción Sismo Resistente NSR-98.

M. C. Torres Suárez

Departamento de Ingeniería Civil y Agrícola, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia
Miembro de la Sociedad Colombiana de Geotecnia y de la Society of Hispanic Professional Engineers
camilogeotecnia@yahoo.es

RESUMEN: La normativa sismo resistente colombiana ostenta la obligatoriedad de adelantar Estudios Geotécnicos para todo proyecto de construcción de edificaciones que se pretenda levantar en el territorio nacional; estos estudios van ligados a un conocimiento previo de las condiciones en que se formaron los suelos de fundación así como las características del suelo que pueden incidir en el comportamiento dinámico de las construcciones. Para ello se debe adelantar un programa sistemático de Exploración del subsuelo, seguido de los Análisis ingenieriles y las Recomendaciones para el diseño y construcción de la fundación, entendiendo como tal el conjunto formado por la estructura de cimentación (placa, zapata, pilote, etc.) y el suelo de apoyo. En este artículo se presentan y revisan los conceptos básicos expuestos en las normas (**Título H**), y se emiten algunas consideraciones sobre la importancia de adelantar estos Estudios Geotécnicos en forma oportuna y completa, teniendo en cuenta que se observa desconocimiento en la aplicación práctica de las leyes que regulan la materia. También se busca refrescar algunos tópicos importantes que en algunas oportunidades no han recibido el tratamiento que ellos implican, aun por parte de colegas geotecnistas y estructurales.

ABSTRACT: The Colombian's earthquake – resistant normatively to force the performance of Geotechnical Studies for all projects of construction over the national territory; these studies are attachment to the previous knowledge about the conditions in what the foundation's soils were formed, as well as the phenomenon associated with the dynamic behavior of the buildings. For that, is required to make progress one systematic program of Subsoil's exploration, Engineering analysis and the Recommendations for to design and construction of the foundation, this as one conjunction between both the foundation's structure (slab, footing, pile, etc.) and the base's soil. This article to check the basic concepts outline on the Colombian's rulers (**H Law**), and contains some ones considerations about the importance to make progress these specify Geotechnical Studies on the opportunity and complete form, due that the knowledge ness by partners geotechnical and structural engineers is observed.

1. INTRODUCCIÓN

En el año 1998 Colombia renovó sus normas de diseño y construcción sismo resistente cuyo antecedente fue el Código Colombiano de Construcciones Sismo Resistentes de 1984 (CCCSR-84), el cual se editó dados los acontecimientos catastróficos del sismo de Popayán (Cauca) en el año 1983. Estas Normas Sismo Resistentes (NSR-98) actualizaron las anteriores pero además incluyeron temas nuevos como otros tipos de estructura, criterios de construcción contra el fuego, supervisión y un título totalmente nuevo denominado *Estudios Geotécnicos (Título H)* el cual intentó suplir una deficiencia notoria en la concepción y diseño de las cimentaciones de edificaciones, como soporte esencial en la estabilidad de éstas. En este artículo se pretende llamar la atención acerca de la aplicación

actual de los aspectos básicos de la Norma y sobretodo adelantar una labor de concientización entre los profesionales (potenciales y en ejercicio) que tienen que ver con el diseño, construcción y puesta en servicio de edificaciones.

2. ¿QUÉ ES UN ESTUDIO GEOTÉCNICO?

Es el conjunto de actividades que comprenden la investigación del subsuelo, los análisis y las recomendaciones de ingeniería para el diseño y construcción de obras en contacto con el suelo o la roca, de tal forma que se garantice el comportamiento adecuado de la edificación y se protejan las vías aledañas, las instalaciones de servicios públicos y los predios y construcciones vecinas.

3. ¿CÓMO ESTA ESTRUCTURADA LA NORMA ACTUAL?

Esta es una definición amplia y suficiente que muestra por sí sola el alcance de un Estudio Geotécnico, más integral que el tradicional “estudio de suelos” y con un mayor compromiso por parte de los profesionales encargados de llevarlos a cabo en los términos que la Norma establece.

Por su parte, la Investigación del Subsuelo comprende el conocimiento del origen geológico, su exploración, y los ensayos de campo y laboratorio que permitan la caracterización física, mecánica e hidráulica del subsuelo. Los Análisis consisten en la interpretación técnica de estos parámetros y la evaluación de los posibles mecanismos de falla y las recomendaciones para el diseño y construcción de las cimentaciones y otras obras relacionadas con el subsuelo.

La Norma definen dos tipos de Estudios Geotécnicos básicos: el preliminar, recomendado para proyectos importantes o de magnitud considerable, que implica la definición de los aspectos ya mencionados, y el definitivo que es para un proyecto específico y comprende al menos los siguientes puntos:

- Proyecto (nombre, plano de localización, objetivo y alcance del estudio, descripción general del proyecto y sistema estructural y cargas esperadas)
- Subsuelo (origen geológico, morfología, resumen de la investigación “in-situ”, descripción visual, características físico-mecánicas y niveles de agua e interpretación)
- Análisis geotécnicos (resumen y criterios según capítulo H.4 “Diseño Geotécnico”)
- Recomendaciones para diseño (tipo de cimentación, profundidad de apoyo, presiones admisibles, asentamientos calculados, perfil para diseño sismo resistente, parámetros para evaluación de interacción dinámica suelo – estructura)
- Recomendaciones para construcción (procedimientos constructivos, tolerancias, instrumentación, protección de drenajes)
- Anexos (planos, registros, resultados de ensayos, perfil del subsuelo, resumen de memorias de cálculo, fotografías, esquemas, dibujos, otros)

TÍTULO	TEMA	OBSERVACIONES
A	Requisitos generales de diseño y construcción sismo resistente	Actualizado
B	Cargas	Actualizado
C	Concreto Estructural	Actualizado
D	Mampostería Estructural	Actualizado
E	Casas de Uno y Dos Pisos	Actualizado
F	Estructuras Metálicas	Nuevo
G	Estructuras de Madera	Nuevo
H	Estudios Geotécnicos	Nuevo
I	Supervisión Técnica	Nuevo
J	Requisitos para Fuego	Nuevo
K	Otros Requisitos Complementarios	Nuevo

Es claro que la ubicación actual del título H dentro del esquema que ostentan las NSR-98 podría inducir, sin proponérselo, la tendencia a dejar los Estudios Geotécnicos en una posición relegada a la hora de proyectarlos como uno de los insumos más importantes para lograr el objetivo de las edificaciones en general.

La Norma define cuatro tipos de perfil de suelo, que afectarán el diseño sismo resistente (mediante un coeficiente de sitio “S” – Ver Figura No. 1), a partir de una caracterización muy general del suelo presente bajo la estructura, en la siguiente forma:

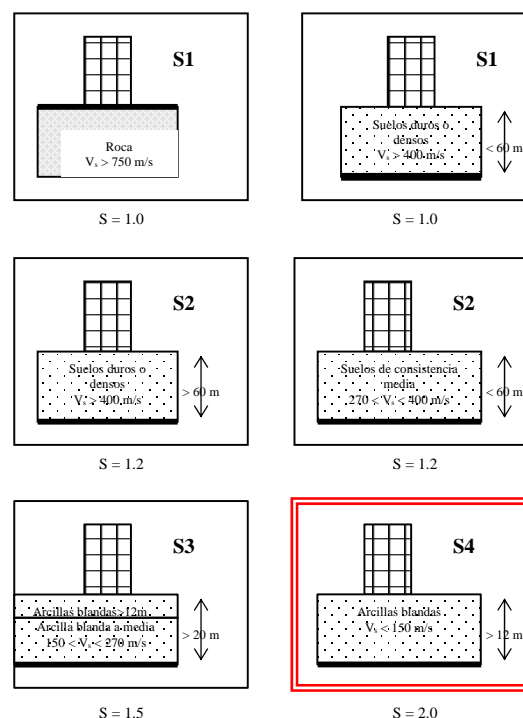


Figura No. 1 – Tipos de depósitos de suelo

De todas formas se entiende que la caracterización detallada del perfil del subsuelo debe obedecer a prácticas comúnmente aceptadas en Mecánica de Suelos, y para los casos en donde exista Microzonificación sísmica ésta prima a la hora de definir los efectos del perfil sobre el comportamiento dinámico de las estructuras.

El capítulo A.7 expone algunos principios generales para el tratamiento de la interacción dinámica suelo – estructura de fundación, y está de acuerdo con una metodología vieja expuesta por el ATC-3 americano. Los efectos de esta interacción deben tenerse en cuenta, según las normas, cuando se diseñen estructuras sobre perfiles de suelo tipo S4.

En el capítulo C (Concreto Estructural) las NSR-98 establecen los requisitos que deben cumplir los elementos de la fundación (C.21.9) encargados de transferir o resistir fuerzas sísmicas entre la estructura y el terreno, en función de la capacidad de disipación de energía en el rango inelástico. Entre otros elementos se mencionan:

- vigas de amarre
- zapatas y dados de pilotes y caissons
- zapatas combinadas y losas de fundación
- pilotes y caissons
- muros y estructuras de contención

4. ¿CÓMO SE CLASIFICA LA COMPLEJIDAD DE UN PROYECTO?

Complejidad: es la combinación de dos factores



Categoría de la Edificación

Variabilidad del Subsuelo

El primer factor se establece a partir del tipo de construcción que se piense edificar, es decir casa ó edificio, en función del área del lote y/o cantidad de viviendas para el primer caso, y, el área del lote y/o número de pisos en el segundo caso (puede cumplir cualquiera de los criterios) – Ver Tabla No. 1.

Tabla No. 1 – Categoría de la Edificación – Edificios y Casas

Categoría de La Edificación	Edificios		Casas	
	Lote (m2)	No. pisos	Lote (m2)	No. unidades
Normal	100 a 250	< 4	< 1000	0 - 10
Intermedia	250 a 1000	4 - 7	1000 - 5000	10 - 100
Alta	1000 a 1500	8 - 14	5000 - 10000	100 - 500
Especial	> 1500	> 15	> 10000	> 500

Cruzando estas categorías con la variabilidad establecida para el subsuelo (segundo factor) a partir de los estudios de zonificación y parámetros definidos según H.3.1.3, se obtiene la matriz de complejidad (Tabla No. 2) que determina cuatro grados diferentes y que se reflejarán en requisitos para adelantar el Programa de exploración del subsuelo.

Tabla No. 2 – Complejidad del Proyecto

Categoría de La Edificación	Variabilidad del Subsuelo		
	Baja	Media	Alta
Normal	I	I	II
Intermedia	II	II	III
Alta	III	III	III
Especial	III	IV	IV

Ahora el Geotecnista puede definir el tipo y cantidad mínima de exploración del subsuelo que requiere adelantar para llevar a cabo la caracterización del suelo en forma adecuada.

Esta exploración consiste en realizar apiques, sondeos o trincheras para obtener muestras representativas que serán clasificadas y ensayadas en laboratorio, además de las pruebas directas que se puedan realizar en campo (Figura No. 2).

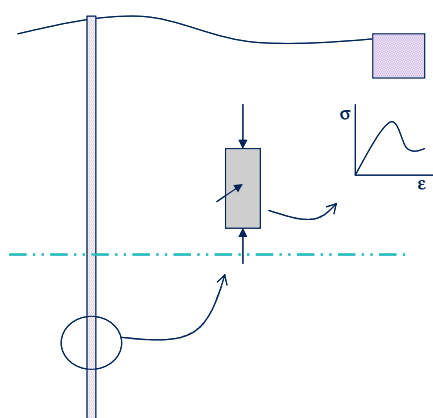


Figura No. 2 – Esquema de la Exploración del Subsuelo

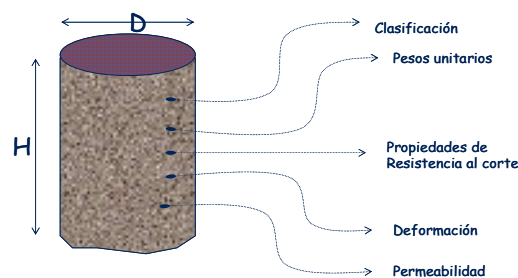
La cantidad y profundidad mínima de los sondeos que se deben realizar se dan en función del grado de complejidad en que se haya clasificado el proyecto, así (Ver Tabla No.3):

Tabla No. 3 – Número y profundidad mínima de sondeos por unidad básica de construcción

Complejidad	Edificios	Profundidad (m)	Casas	Profundidad (m)
I	3	15	3	6
II	4	20	4	8
III	5	25	5	10
IV	6	30	6	15

La norma establece unos criterios adicionales a tener en cuenta al momento de definir la cantidad y profundidad mínima de sondeos (ver H.3.2.3 y H.3.2.4) además para cuando se tienen unidades repetidas de construcción, bien sea casas o edificios. Por ejemplo se establece que los sondeos se deben realizar a partir del nivel más bajo de excavación (para sótanos)

Los ensayos de laboratorio permiten a su vez clasificar el suelo de fundación y determinar sus propiedades físico-mecánicas e hidráulicas (resistencia al corte, deformabilidad, expansión, permeabilidad, etc.) para el posterior análisis y recomendaciones de diseño y construcción a que tiene lugar.



Actualmente se vienen elaborando, en Colombia y en el exterior, Estudios Geotécnicos mediante **Métodos No Destructivos** los cuales permiten una caracterización preliminar del perfil de suelo además de la detección aproximada de niveles de agua, y que tratándose de estudios preliminares resulta aconsejable su utilización toda vez que orientan la toma de decisiones en cuanto a la cantidad y profundidad final de sondeos y apiques para exploración del subsuelo¹.

En cuanto al diseño de cimentaciones propiamente dicho, la Norma trata los siguientes aspectos:

- Modos de falla
- Cimentaciones superficiales
- Cimentaciones profundas
- Parámetros de diseño
- Factor de seguridad
- Asentamientos (elásticos y por consolidación)
- Capacidad portante admisible
- Profundidad de cimentación

Además menciona aspectos relevantes al diseño de Excavaciones y al análisis de Estabilidad de taludes y laderas que se debe adelantar en donde las condiciones geológicas, hidráulicas y de pendiente lo exijan, o por zonificación regional de las entidades municipales.

Ejemplo de esto es el caso de Bogotá en donde la Microzonificación exige éste tipo de análisis en la Zona 1 – Cerros – (Figura No. 3).

En sus capítulos finales el Título H hace referencia a condiciones y características especiales que se deben valorar adecuadamente como son:

¹ M. C. Torres S. “Utilización de los Métodos No Destructivos para determinar Propiedades Físico-Mecánicas en Rocas Sedimentarias”. Tesis de Maestría en Geotecnia. Universidad Nacional de Colombia. Director Ing. Jorge Enrique Puerto Garzón. 2005.

• Fenómenos de origen sísmico que afectan la vulnerabilidad de una estructura o sitio:

- Amplificación
- Fenómenos asociados con la respuesta sísmica
- Consideraciones sobre la falla del depósito de suelos

• La licuación y los fenómenos relacionados

- Susceptibilidad a la licuación
- Criterios de licuación
- Métodos para mejorar la resistencia de los depósitos a la licuación

Nota: En Bogotá es obligatoria la evaluación del potencial de licuación del suelo en la Zona 5B– Terrazas y Conos potencialmente licuables – según la Microzonificación.



Figura No. 3 – Variables principales Zona 1 – Cerros en Bogotá D.C.

• Suelos con características especiales

- Suelos expansivos
- Suelos dispersivos o erodables
- Suelos colapsables

• Vegetación

- Generalidades
- Características
- Relación con los suelos
- Relación con las edificaciones

Después de esta brevísima descripción de la Norma respecto de los Estudios Geotécnicos, vale la pena correlacionarla con la **Vulnerabilidad** de las construcciones, entendiendo como tal la probabilidad de daño sobre una estructura (edificios, líneas vitales y sus estructuras asociadas, monumentos históricos, taludes, estructuras de contención, etc) dada la magnitud de cierto evento sísmico.

Un estudio de vulnerabilidad incluye:

- Evaluación de amenaza sísmica (parámetros sísmicos)
- Evaluación de efectos locales
 - Amplificación / Deamplificación
 - Efecto topográfico
- Evaluación de vulnerabilidad de estructuras
- Zonificación por riesgo

Cuando dicho estudio se realiza para una edificación tiene que ver con:

- Tipo de construcción
 - Adobe
 - Mampostería
 - Concreto ó metálica
- Clase de daños
 - Ligeros
 - Moderados
 - Graves
 - Destrucción
 - Colapso
- Importancia económica y social
 - Moderada
 - Normal
 - Especial

Para el caso específico de Bogotá D.C., donde se cuenta con el estudio de Microzonificación sísmica sintetizado en el Decreto 074 de enero 30 de 2001, de la administración distrital, se determinó que “aun cuando la amenaza sísmica para Bogotá no corresponde a valores extremos del país, el riesgo si lo es debido al alto grado de vulnerabilidad de sus edificaciones, especialmente las construidas antes del CCCSR de 1984”.

El mismo estudio “recomienda la urgencia de formular medidas de mitigación del riesgo sísmico en la ciudad, particularmente en edificaciones y redes de servicios”, lo que ha venido dándose con algún empeño por parte de entidades distritales en los últimos dos años, pero aún estamos lejos de conseguir ese grado de certidumbre acerca de nuestras estructuras esenciales al momento de un posible evento sísmico. En cuanto a la recomendación sobre “iniciar un intenso programa de información pública y educativa que sin alarmar socialice la información y la forma de actuar en caso

de un sismo”, las entidades distritales están cada vez más comprometidas con el tema, y las universidades, por medio de este tipo de publicaciones y charlas al respecto, estarían apoyando esta colosal labor de divulgación.

Creemos que lo más importante es introducir en los futuros profesionales de la ingeniería y la construcción esta temática, a través de los cursos normales de pregrado y por supuesto la materialización de estos conceptos en la medida que tengan oportunidad de vincularse con proyectos reales de construcción. De igual forma los profesionales en ejercicio (consultores, arquitectos, estructurales, geotecnistas, constructores, interventores), junto con los propietarios debemos asumir nuestro papel con entereza y responsabilidad, pensando siempre que sobre nuestros hombros recae en buena parte la integralidad con que respondan los sistemas estructura – cimiento – suelo de fundación ante cargas impuestas por movimientos sísmicos, además de las normales a que se ven sometidas las construcciones de ingeniería civil.

5. CONCLUSIONES GENERALES Y RECOMENDACIONES

- El efecto que tienen los Estudios Geotécnicos sobre el comportamiento de las Estructuras fundadas sobre suelos y rocas, ante eventos sísmicos, es decisivo porque dependiendo de cómo actúe el terreno ante estas cargas, podría causar daños a las estructuras desde leves hasta muy graves, y peor aún con la consecuente pérdida de vidas que ello implicaría.
- La mayor parte de las construcciones existentes NO cumplen los requisitos mínimos establecidos por las Normas vigentes, lo cual las hace tremendamente vulnerables ante este tipo de amenazas naturales o inducidas.
- Aún se observan prácticas constructivas que distan mucho de asumir la responsabilidad profesional que implicaría el hecho probable del colapso de las estructuras en un terremoto.
- Se debe tener presente que los materiales cambian, y probablemente en forma importante, ante los procesos constructivos a que son sometidos y por tanto la determinación de sus propiedades debe tener en cuenta esta situación.

- En los casos que se requiera se debería realizar un estudio de respuesta de depósito en el sitio, ya que esto garantiza en mejor forma la asociación de parámetros sísmicos y de comportamiento. Este tipo de prácticas debería “popularizarse” en Ingeniería Geotécnica.
- Aunque se reconoce el esfuerzo hecho por las autoridades competentes durante los últimos años por actualizar las Normas, es todavía incierto el panorama acerca del estudio detallado del subsuelo, dada su complejidad y variabilidad. Esto es de particular interés al ver temas como el de Interacción Suelo – Estructura y otros Efectos Locales que aún no se estudian y aplican en forma decidida.
- Las autoridades competentes deben asumir un papel más decidido y oportuno a la hora de revisar los Estudios y Diseños, y castigar en forma ejemplar a quienes no cumplan la normatividad vigente.
- Algunos de los Estudios Geotécnicos realizados bajo la vigencia de la Norma No cumplen los requisitos de la misma ni se justifican en forma adecuada, lo que deja mucho que desear en cuanto al comportamiento dinámico de esas estructuras, al menos en relativo al suelo de fundación.
- Los propietarios de los proyectos deben, no solo exigir el cumplimiento profesional sino, prever los recursos económicos suficientes para que los Ingenieros Geotecnistas puedan desarrollar los estudios en la oportunidad y forma adecuadas.

6. ¿QUÉ SIGUE AHORA?

- Actualizar la Norma hacia una tendencia más internacional, que consiste en la concientización de los profesionales de la Ingeniería, y, sobretudo, ofrecer un marco conceptual general que sirva de directriz hacia el enfoque que se le debe dar a los Estudios Geotécnicos en adelante.
- Prepararnos en temas específicos como Interacción Suelo–Estructura, Efectos de Sitio, Estabilidad de Taludes Manejo y Administración de Software Profesional en Geotecnia, y otros de interés académico y profesional.

- Exigirnos entre todos el cumplimiento de las Normas y actuar con mucha ética ante ofrecimientos irresponsables acerca de no realizar los Estudios como es debido. DENUNCIAR!
- La Universidad, en su concepción más general, debería liderar un proceso de inspección y vigilancia sobre el cumplimiento de las normas relacionadas con Estudios Geotécnicos, dada su estrecha relación con el comportamiento de edificaciones ante eventos sísmicos.

Recordemos lo que la Ley Civil establece con respecto a que *“el momento exacto de ocurrencia de un terremoto como elemento catastrófico no es susceptible de predecirse con exactitud, pero en la actualidad existen mecanismos de prevención de las consecuencias de tales hechos,..., y no acudir a ellos genera un acontecimiento evidente y claro de culpabilidad”* (artículo 63 del Código Civil).

Desde éste medio quiero motivar a las universidades y entidades del orden distrital y nacional, para que se generen espacios de participación y análisis acerca de esta temática, ya que no obstante existir entes y cuerpos consultivos encargados de esta labor, a veces su nivel de penetración es limitado por lo que se requiere el concurso de las instituciones antes mencionadas.

7. BIBLIOGRAFÍA

1. ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIERÍA SÍSMICA. **“Normas Colombianas de diseño y construcción sismo resistente”**. Título H. NSR-98. Ley 400 del 19 de agosto de 1997 y Decreto 33 del 9 de enero de 1998.
2. INGEOMINAS – UNIVERSIDAD DE LOS ANDES. **“Estudio de Microzonificación sísmica de Santa Fe de Bogotá D.C.”**. 1997.
3. ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. **“Decreto 074 del 30 de enero de 2001”**. (Microzonificación sísmica de Bogotá).
4. TORRES S., Mario Camilo. **“Seminario técnico sobre ESTUDIOS GEOTÉCNICOS”** dictado en las universidades Minuto de Dios, Piloto de Colombia, La Gran Colombia y Distrital (D.R.A.). Bogotá. 2002–2003.

5. TORRES S., Mario Camilo. **“Propuesta para impartir formación de profundización en diferentes áreas de la ingeniería civil”**. Contiene cinco alternativas: Ingeniería Sísmica, Métodos Numéricos, Interacción Suelo–Estructura, Estabilidad de Taludes y Mecánica de Rocas Básica. Bogotá. 2002.

6. HERNÁNDEZ, Félix. **“Introducción al curso sobre profundización en obras puntuales”**. Universidad Nacional de Colombia. Sede Bogotá. Facultad de Ingeniería. 2002.

7. DELGADO V., Manuel. **“Interacción Suelo – Estructura / Notas”**. Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería. Bogotá. 2002.

8. RODRÍGUEZ P., Carlos Eduardo. **“Introducción al curso de Dinámica de Suelos”**. Universidad Nacional de Colombia. Sede Bogotá. Facultad de Ingeniería. 2002.

9. KRAMER, Steven. **“Geotechnical Earthquake Engineering”**. Prentice Hall Inc. New Jersey. 1996.

10. BOWLES, Joseph E. **“Foundation Analysis and Design”**. The McGraw-Hill Companies, Inc. U.S.A. 1996.

8. ANEXO DE DIAPOSITIVAS, que muestran a manera de lista de chequeo el contenido mínimo de un Estudio Geotécnico.

Tipos de Estudios (1)

- **Estudio geotécnico preliminar** - es el trabajo realizado para aproximarse a las características de un terreno, y comprende:
 - Entorno geológico
 - Características del subsuelo
 - Recomendaciones geotécnicas para:
 - ✓ Elaboración del proyecto
 - ✓ Zonificación del área
 - ✓ Criterios generales de cimentación y obras de adecuación del terreno

Tipos de Estudios (2)

- **Estudio geotécnico preliminar** - Se considera conveniente en casos de proyectos especiales o de magnitud considerable; !NO reemplaza el definitivo!
- **Estudio geotécnico definitivo** - es para un proyecto específico y allí se debe consignar todo lo relativo a las condiciones físico - mecánicas del subsuelo y las recomendaciones particulares para el diseño y construcción de todas las obras

Tipos de Estudios (5)

- Estudio geotécnico - Contenido :
 - De las recomendaciones para construcción
 - ✓ Procedimientos de construcción
 - ✓ Tolerancias de los elementos de cimentación
 - ✓ Instrumentación, verificaciones y controles
 - ✓ Adecuación del terreno y etapas de movimientos de tierra, controles de compactación
 - ✓ Protección de drenajes naturales
 - Anexos
 - ✓ Planos de localización regional y local del proyecto
 - ✓ Ubicación de los trabajos de campo
 - ✓ Registros de perforación
 - ✓ Resultados de ensayos de campo
 - ✓ Resultados de ensayos de laboratorio
 - ✓ Resumen de memorias de cálculo
 - ✓ Planos, esquemas, dibujos, graficas, fotografías, etc.

Tipos de Estudios (3)

- Estudio geotécnico - Contenido :

- Del proyecto
 - ✓ Nombre
 - ✓ Plano de localización
 - ✓ Objetivo del estudio
 - ✓ Descripción general del proyecto
 - ✓ Sistema estructural y cargas
- Del subsuelo
 - ✓ Resumen de la investigación "in-situ"
 - ✓ Morfología del terreno
 - ✓ Origen geológico
 - ✓ Descripción visual
 - ✓ Características físico - mecánicas fundamentadas
 - ✓ Descripción de niveles de agua e interpretación



Tipos de Estudios (6)

- Estudio de estabilidad de laderas :

Donde las condiciones geológicas, hidráulicas y de pendiente lo exijan, se deben realizar estudios particulares de estabilidad de laderas de acuerdo con H.4.4 de Diseño Geotécnico

- Cuándo son obligatorios estos estudios?

Por zonificación de las entidades municipales o regionales según las anteriores características

Tipos de Estudios (4)

- Estudio geotécnico - Contenido :

- De los análisis geotécnicos
 - ✓ Resumen de análisis y justificación de criterios geotécnicos adoptados, que incluya los aspectos contemplados en H.4 de Diseño Geotécnico
- De las recomendaciones para diseño
 - ✓ Tipo de cimentación
 - ✓ Profundidad de apoyo
 - ✓ Presiones admisibles
 - ✓ Asentamientos calculados
 - ✓ Tipos de estructuras de contención y parámetros de diseño
 - ✓ Perfil del suelo para el diseño sismo resistente
 - ✓ Parámetros para análisis de Interacción Suelo - Estructura de fundación
 - ✓ Evaluación de estabilidad de excavaciones, laderas y rellenos
 - ✓ Diseño geotécnico de filtros y demás

De qué trata el capítulo H.4 "Diseño Geotécnico"? (1)

Trata lo relacionado con el Diseño propiamente dicho de :

- Cimentaciones
 - Estados Límites (de falla y de funcionamiento)
 - Modos de falla (Esfuerzo cortante generalizado, punzonamiento y esfuerzo cortante localizado)
 - Cimentaciones Superficiales
 - Cimentaciones Profundas
 - Parámetros de Diseño
 - Factores de Seguridad
 - Asentamientos (inmediatos, por consolidación, secundarios)
 - Efectos de los Asentamientos
 - Capacidad Admisible
 - Profundidad de Cimentación
 - Resultantes y Excentricidades



De qué trata el capítulo H.4 "Diseño Geotécnico"? (2)

Trata lo relacionado con el Diseño propiamente dicho de :

- Estructuras de Contención
 - Empuje lateral
 - Coeficientes de presión de tierras
 - Estado en reposo
 - Estado activo
 - Estado pasivo
 - Muros atirantados o apuntalados
 - Estado de cálculo
 - Empujes debidos al agua
 - Empujes por cargas externas
 - Capacidad ante falla
 - Empujes Sísmicos
 - Factor de Seguridad

De qué trata el capítulo H.6 "Suelos con características especiales"? (2)

Trata lo relacionado con el análisis y estudio de suelos en los que predominan ciertas características que requieren un cuidado especial, tanto en identificación como tratamiento, como:

- Suelos Colapsables
 - Tipos de suelos Colapsables
 - Identificación de Colapsabilidad
 - Clasificación del Grado de Colapsabilidad
 - Cálculo de Asentamientos
 - Medidas preventivas

De qué trata el capítulo H.4 "Diseño Geotécnico"? (3)

Trata lo relacionado con el Diseño propiamente dicho de :

- Excavaciones
 - Generalidades
 - Estabilidad de Taludes
 - Sismo de Diseño
- Estabilidad de Taludes
 - Reconocimiento
 - Metodología
 - Probabilidad de falla
 - Medidas remediables y de estabilización

De qué trata el capítulo H.7 "Vegetación"? (1)

Trata lo relacionado con el estudio y prevención de los problemas ocasionados a las estructuras por la vegetación aladaña:

- Generalidades
 - Definición del problema
 - Definición de succión
 - Equilibrio dinámico
- Características de la Vegetación
 - Sistema radicular
 - Profundidad de las raíces
 - Extensión del sistema radicular
 - Requerimientos de agua
 - Punto de marchitamiento



De qué trata el capítulo H.6 "Suelos con características especiales"? (1)

Trata lo relacionado con el análisis y estudio de suelos en los que predominan ciertas características que requieren un cuidado especial, tanto en

identificación como tratamiento, como:

- Suelos Expansivos
 - Profundidad de la zona activa
 - Identificación de los suelos expansivos
 - Humedad de equilibrio
 - Presión de expansión probable
 - Medidas preventivas
 - Alteración del suelo expansivo
 - Elusión de los suelos expansivos
 - Mitigación de tipo estructural
- Suelos Dispersivos o Erodables
 - Tipos de suelos Erodables
 - Características de su comportamiento
 - Medidas preventivas
 - Precavución

De qué trata el capítulo H.7 "Vegetación"? (2)

Trata lo relacionado con el estudio y prevención de los problemas ocasionados a las estructuras por la vegetación aladaña:

- Relación con los suelos
 - Humedad de equilibrio
 - El tipo de suelos
 - Límites de consistencia
 - Movimiento de los suelos
- Relación con las Edificaciones
 - Acción de la vegetación
 - Medidas preventivas