

NSR-98

**Normas Colombianas
de Diseño y Construcción
Sismo Resistente**

**Título H
Estudios Geotécnicos**



Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica

TITULO H ESTUDIOS GEOTECNICOS

INDICE

CAPITULO H.1 – INTRODUCCION	H-1
H.1.1 - REQUISITOS GENERALES	H-1
H.1.1.1 - OBJETIVO Y ALCANCE	H-1
H.1.1.1.1 – Procedimiento alterno para la definición de los efectos locales	H-1
H.1.1.2 - OBLIGATORIEDAD DE LOS ESTUDIOS GEOTECNICOS	H-1
H.1.1.2.1 - Firma de los Estudios	H-1
H.1.1.2.2 - Cumplimiento y Responsabilidad	H-1
H.1.2 – REFERENCIAS	H-1
CAPITULO H.2 - DEFINICIONES Y CONTENIDO	H-3
H.2.1 - ESTUDIO GEOTECNICO	H-3
H.2.1.1 - DEFINICION	H-3
H.2.1.1.1 - Investigación del Subsuelo	H-3
H.2.1.1.2 - Análisis y Recomendaciones	H-3
H.2.2 - TIPOS DE ESTUDIOS	H-3
H.2.2.1 - ESTUDIO GEOTECNICO PRELIMINAR	H-3
H.2.2.1.1 - Contenido	H-3
H.2.2.1.2 - Obligatorio del estudio geotécnico preliminar	H-3
H.2.2.2 - ESTUDIO GEOTECNICO DEFINITIVO	H-3
H.2.2.2.1 - Contenido	H-3
H.2.2.3 - ESTUDIO DE ESTABILIDAD DE LADERAS	H-4
H.2.2.3.1 - Obligación de estudios de laderas	H-4
H.2.3 – NORMAS TECNICAS	H-4
CAPITULO H.3 - INVESTIGACION DEL SUBSUELO	H-7
H.3.0 – NOMENCLATURA	H-7
H.3.1 - CLASIFICACION DE COMPLEJIDAD DEL PROYECTO	H-7
H.3.1.1 - DEFINICION	H-7
H.3.1.2 - CATEGORIA DE LA EDIFICACION	H-7
H.3.1.3 - VARIABILIDAD DEL SUBSUELO	H-7
H.3.1.3.1 - Variabilidad baja	H-7
H.3.1.3.2 - Variabilidad alta	H-7
H.3.1.3.3 - Variabilidad media	H-7
H.3.1.4 - GRADOS DE COMPLEJIDAD	H-7
Tabla H.3-1 - Categoría de la edificación - Edificios y Casas	H-8
Tabla H.3-2 - Complejidad del proyecto	H-8
Tabla H.3-3 - Número mínimo de sondeos, n_s , y profundidad sugerida, por unidad básica de construcción	H-8
H.3.2 - INVESTIGACION DEL SUBSUELO PARA ESTUDIOS DEFINITIVOS	H-8
H.3.2.1 - INFORMACION PREVIA	H-8
H.3.2.1.1 - Del sitio	H-8
H.3.2.1.2 - Del proyecto	H-8
H.3.2.2 - EXPLORACION DE CAMPO	H-8
H.3.2.3 - NUMERO MINIMO DE SONDEOS	H-9
H.3.2.3.1 - Unidad de construcción	H-9
H.3.2.3.2 - Sobre las características y distribución de los sondeos	H-9
H.3.2.4 - PROFUNDIDAD DE LOS SONDEOS	H-9
H.3.3 - REPETICION DE UNIDADES DE CONSTRUCCION	H-10
H.3.3.1 - NUMERO MINIMO DE SONDEOS	H-10
H.3.4 - ENSAYOS DE LABORATORIO	H-10
H.3.4.1 - SELECCION DE MUESTRAS	H-10
H.3.4.2 - TIPO Y NUMERO DE ENSAYOS	H-10
H.3.4.2.1 - Ensayos para suelos	H-10
H.3.4.2.2 - Ensayos para rocas	H-10
H.3.4.3 - ENSAYOS DETALLADOS	H-10
H.3.4.4 - SUBSTITUCION PARA ENSAYOS DE CAMPO	H-10
CAPITULO H.4 - DISEÑO GEOTECNICO	H-11
H.4.0 – NOMENCLATURA	H-11
H.4.1 – CIMENTACIONES	H-12
H.4.1.1 - GENERALIDADES	H-12
H.4.1.2 - ESTADOS LIMITES	H-12
H.4.1.2.1 - Estado limite de falla	H-13
H.4.1.2.2 - Estado limite de funcionamiento o servicio	H-13
H.4.1.3 - MODOS DE FALLA	H-13
H.4.1.3.1 - Esfuerzo cortante generalizado	H-13
H.4.1.3.2 - Punzonamiento	H-13
H.4.1.3.3 - Esfuerzo cortante localizado	H-13

NSR-97 – Título H – Estudios geotécnicos

Figura H.4-1(a) – Modos de falla de cimientos por capacidad portante	H-14
Figura H.4-1(b) – Relación entre los modos de falla por capacidad portante	H-14
H.4.1.4 - CIMENTACIONES SUPERFICIALES	H-14
H.4.1.4.1 - Aplicación de las ecuaciones	H-15
H.4.1.4.2 - Correcciones a la ecuación básica	H-15
H.4.1.5 - CIMENTACIONES PROFUNDAS	H-15
H.4.1.5.1 - Capacidad en la base	H-15
Figura H.4-2 – Factores de capacidad portante – Cimientos profundos	H-16
Figura H.4-3 – Factor de capacidad portante N_o – Cimientos profundos	H-16
H.4.1.5.2 - CAPACIDAD POR FRICCIÓN EN EL FUSTE	H-17
H.4.1.5.3 - Métodos usuales	H-18
Figura H.4-4 – Factor de adherencia	H-18
Figura H.4-5 – Coeficiente de fricción lateral en pilotes	H-19
H.4.1.5.4 - Suelos cohesivos - situación no-drenada	H-19
H.4.1.5.5 - Fricción negativa	H-19
H.4.1.6 - PARAMETROS DE DISEÑO	H-19
H.4.1.7 - FACTORES DE SEGURIDAD A LA FALLA	H-20
H.4.1.8 - ASENTAMIENTOS	H-20
H.4.1.8.1 - Asentamientos inmediatos	H-20
(a) Suelos Cohesivos	H-20
Figura H.4-6 – Relación entre el módulo de elasticidad E_u y la resistencia no drenada	H-20
(b) Suelos granulares	H-21
(c) Otras relaciones	H-21
H.4.1.8.2 - Asentamientos por consolidación	H-21
(a) Suelos Normalmente Consolidados	H-21
(b) Suelos preconsolidados	H-21
H.4.1.8.3 - Asentamientos Secundarios	H-22
(a) Cálculo de asentamientos por consolidación secundaria	H-22
(b) Factibilidad de la consolidación secundaria	H-22
H. 4.1.9 - EFECTOS DE LOS ASENTAMIENTOS	H-22
H.4.1.9.1 - Clasificación	H-22
(a) Asentamiento total	H-22
(b) Asentamiento diferencial	H-22
(c) Giro	H-22
H.4.1.9.2 - Límites de asentamientos totales	H-22
H.4.1.9.3 - Límites de asentamientos diferenciales	H-22
Tabla H.4-1 - Valores máximos de asentamientos diferenciales calculados, expresados en función de la distancia entre apoyos o columnas	H-23
H.4.1.9.4. - Límites de giro	H-23
H.4.1.10 - CAPACIDAD ADMISIBLE	H-23
H.4.1.11 - PROFUNDIDAD DE CIMENTACION	H-23
H.4.1.12 - RESULTANTES Y EXCENRICIDADES	H-23
H.4.2 ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN	H-24
H.4.2.1 - GENERALIDADES	H-24
H.4.2.1.1 - Empuje total lateral	H-24
H.4.2.2 - COEFICIENTES DE PRESION DE TIERRAS	H-24
Figura H.4-7 – Variación del coeficiente de presión de tierras, K , con el desplazamiento	H-24
Tabla H.4-2 – Movimientos horizontales en el muro de contención conducentes a los estados activo y pasivo	H-24
H.4.2.2.1 - Aplicación	H-25
H.4.2.2.2 - Coeficiente de presión lateral de tierras	H-25
H.4.2.2.3 - Empuje lateral de tierras	H-25
H.4.2.3 - ESTADO EN REPOSO	H-25
H.4.2.3.1 - Suelo normalmente consolidado	H-25
H.4.2.3.2 - Suelo preconsolidado	H-25
H.4.2.2.2 - Terreno inclinado	H-25
H.4.2.4 - ESTADO ACTIVO	H-25
H.4.2.5 - ESTADO PASIVO	H-25
H.4.2.6 - MUROS ATIRANTADOS O APUNTALADOS	H-25
(a) Suelos Granulares	H-25
(b) Suelos Cohesivos	H-25
H.4.2.6.1 - Consideración del agua	H-26
H.4.2.6.2 - Otros métodos	H-26
H.4.2.7 - ESTADO DE CALCULO	H-26
H.4.2.8 - EMPUJES DEBIDOS AL AGUA	H-26
H.4.2.9 - EMPUJES POR CARGAS EXTERNAS	H-26
H.4.2.10 - CAPACIDAD ANTE FALLA	H-26
H.4.2.10.1 - Empujes sísmicos	H-26
H.4.2.11 - FACTOR DE SEGURIDAD	H-26
H.4.3 – EXCAVACIONES	H-26
H.4.3.1 - GENERALIDADES	H-26
H.4.3.2 - ESTABILIDAD DE TALUDES	H-26
H.4.3.2.1 – Sismo de diseño	H-26
Tabla H.4-3 – Muros de contención	H-27
H.4.3.3 - CALCULO DE DEFORMACIONES	H-27
H.4.3.4 - FALLA DE FONDO	H-27
H.4.4 - ESTABILIDAD DE TALUDES	H-28

H.4.4.1 - RECONOCIMIENTO	H-28
H.4.4.2 - METODOLOGIA	H-28
H.4.4.3 - PROBABILIDAD DE FALLA	H-28
CAPITULO H.5 - SUELOS LICUABLES Y OTROS EFECTOS SISMICOS	H-29
H.5.0 - NOMENCLATURA	H-29
H.5.1 - GENERALIDADES	H-29
H.5.1.1 - LA AMPLIFICACION	H-29
H.5.1.2 - OTROS FENOMENOS ASOCIADOS CON LA RESPUESTA SISMICA	H-30
H.5.1.3 - LA FALLA SISMICA DEL SUELO	H-30
H.5.1.4 - LA LICUACION	H-30
H.5.2 - CARACTERISTICAS DE LA AMPLIFICACION	H-30
H.5.2.1 - LA PARTICIPACION DEL SUELO	H-30
H.5.2.2 - LA TRIPLE RESONANCIA	H-30
H.5.2.3 - AMPLIFICACION DEL DEPOSITO DE SUELO	H-30
H.5.2.3.1 - Relación con el Movimiento Incidente	H-30
H.5.2.3.2 - Análisis	H-30
H.5.3 - OTROS FENOMENOS ASOCIADOS CON LA RESPUESTA SISMICA	H-30
H.5.3.1 - LAS ONDAS SISMICAS	H-30
H.5.3.1.1 - Velocidad de la onda P	H-31
H.5.3.1.2 - Velocidad de la onda S	H-31
H.5.3.1.3 - Relación de velocidades	H-31
H.5.3.1.4 - Longitud de la onda	H-31
H.5.3.2 - PERIODO FUNDAMENTAL DE VIBRACION	H-31
H.5.3.2.1 - Métodos Sofisticados	H-31
H.5.3.3 - LA RELACION DE IMPEDANCIAS	H-31
H.5.3.4 - LA RESPUESTA EN SUPERFICIE	H-32
H.5.4 - CONSIDERACIONES SOBRE LA FALLA DEL DEPOSITO DE SUELOS	H-32
H.5.4.1 - DEGRADACION DEL SUELO	H-32
H.5.4.1.1 - Suelos cohesivos	H-32
H.5.4.1.2 - Suelos granulares	H-32
H.5.4.1.3 - Laboratorio	H-32
H.5.4.3 - ASENTAMIENTOS SISMICOS	H-32
H.5.4.4 - DESLIZAMIENTOS	H-32
H.5.5 - LA LICUACION Y LOS FENOMENOS RELACIONADOS	H-32
H.5.5.1 - LICUACION DE FLUJO	H-32
H.5.5.2 - MOVILIDAD CICLICA	H-32
H.5.5.3 - CASOS ESPECIALES	H-32
H.5.5.4 - VOLCANES DE ARENA	H-32
H.5.6 - SUSCEPTIBILIDAD A LA LICUACION	H-33
H.5.7 - NUMERO DE CICLOS	H-33
H.5.8 - ESFUERZO CORTANTE CICLICO	H-33
H.5.9 - RELACION DE ESFUERZOS CICLICOS	H-34
H.5.10 - CRITERIOS DE LICUACION	H-34
Figura H.5-1 – Variación de la relación de esfuerzos cíclicos (REC) con el ensayo de penetración estándar para diversos valores de N	H-34
Figura H.5-2 – Variación de la relación de esfuerzos cíclicos (REC) con el ensayo de penetración estándar para contenidos de finos diversos	H-35
Figura H.5-3 – Relación entre la magnitud del sismo y la distancia epicentral donde se ha presentado históricamente licuación	H-35
H.5.11 - ALCANCES DE LA LICUACION	H-35
H.5.12 - CRITERIO GRAFICO	H-36
H.5.13 - METODOS PARA MEJORAR LA RESISTENCIA DE LOS DEPOSITOS DE SUELOS A LA LICUACION	H-36
CAPITULO H.6 - SUELOS CON CARACTERISTICAS ESPECIALES	H-37
H.6.0 - NOMENCLATURA	H-37
H.6.1 - SUELOS EXPANSIVOS	H-37
H.6.1.1 - GENERALIDADES	H-37
H.6.1.1.1 - Calificación de la expansividad	H-37
H.6.1.1.2 - Minerales activos	H-37
H.6.1.2 - PROFUNDIDAD DE LA ZONA ACTIVA	H-37
H.6.1.2.1 - Nivel Freático	H-37
H.6.1.3 - IDENTIFICACION DE LOS SUELOS EXPANSIVOS	H-37
Tabla H.6-1 - Clasificación de suelos expansivos	H-38
Figura H.6-1 – Profundidad de la zona activa y variaciones estacionales de la humedad	H-38
H.6.1.4 - HUMEDAD DE EQUILIBRIO	H-38
H.6.1.5 - PRESION DE EXPANSION PROBABLE	H-38
H.6.1.5.1 - Otros Métodos	H-38
H.6.1.6 - MEDIDAS PREVENTIVAS	H-39
H.6.1.7 - ALTERACION DEL SUELO EXPANSIVO	H-39
H.6.1.8 - ELUSION DE LOS SUELOS EXPANSIVOS	H-39
H.6.1.9 - MITIGACION DE TIPO ESTRUCTURAL	H-39
H.6.2 - SUELOS DISPERSIVOS O ERODABLES	H-39
H.6.2.1 - GENERALIDADES	H-39
H.6.2.2 - TIPOS DE SUELOS ERODABLES	H-39
H.6.2.3 - CARACTERISTICAS DE SU COMPORTAMIENTO	H-39

NSR-97 – Título H – Estudios geotécnicos

H.6.2.4 - MEDIDAS PREVENTIVAS	H-40
H.6.2.5 - PRECAUCION	H-40
H.6.3 - SUELOS COLAPSABLES	H-40
H.6.3.1 - GENERALIDADES	H-40
H.6.3.2 - TIPOS DE SUELOS COLAPSABLES	H-40
H.6.3.3 - IDENTIFICACION DE COLAPSABILIDAD	H-40
H.6.3.3.1 - Criterio de evaluación	H-40
H.6.3.4 - CLASIFICACION DE GRADO DE COLAPSIBILIDAD	H-41
Tabla H.6-2 - Clasificación de colapsabilidad	H-41
H.6.3.5 - CALCULO DE ASENTAMIENTOS	H-41
H.6.3.6 - MEDIDAS PREVENTIVAS	H-41
CAPITULO H.7 – VEGETACION	H-43
H.7.0 – NOMENCLATURA	H-43
H.7.1 – GENERALIDADES	H-43
H.7.1.1 - DEFINICION DEL PROBLEMA	H-43
H.7.1.2 - DEFINICION DE SUCCION	H-43
H.7.1.2.1 - Equivalencias de la succión	H-43
Tabla H.7-1 - Equivalencias de la succión	H-43
H.7.1.3 - EQUILIBRIO DINAMICO	H-44
Figura H.7-1 – Variación estacional de la succión en relación con la profundidad	H-44
H.7.2 - CARACTERISTICAS DE LA VEGETACION	H-44
H.7.2.1 - SISTEMA RADICULAR	H-44
H.7.2.2 - PROFUNDIDAD DE LAS RAICES	H-44
H.7.2.3 - EXTENSION DEL SISTEMA RADICULAR	H-44
H.7.2.4 - REQUERIMIENTOS DE AGUA	H-44
Tabla H.7-2 - Requerimientos de agua	H-45
H.7.2.5 - PUNTO DE MARCHITAMIENTO	H-45
H.7.3 - RELACION CON LOS SUELOS	H-45
H.7.3.1 - HUMEDAD DE EQUILIBRIO	H-45
Figura H.7-2 – El contenido de humedad como expresión de la succión para diferentes tipos de suelos representados por el límite líquido	H-45
H.7.3.2 - EL TIPO DE SUELOS	H-45
Figura H.7-3 – Relación entre la humedad natural y la succión para diferentes materiales arcillosos	H-46
H.7.3.3 - LIMITES DE CONSISTENCIA	H-46
H.7.3.4 - MOVIMIENTO DE LOS SUELOS	H-46
H.7.3.4.1 - Límites Prácticos	H-46
H.7.4 - RELACION CON LAS EDIFICACIONES	H-46
H.7.4.1 - ACCION DE LA VEGETACION	H-46
H.7.4.2 - MEDIDAS PREVENTIVAS	H-47
APENDICE H-1 - PROCEDIMIENTO ALTERNO PARA LA DEFINICION DE LOS EFECTOS LOCALES	H-49
H-1.0 – NOMENCLATURA	H-49
H-1.1 – GENERAL	H-49
H-1.2 – METODOLOGIA	H-49
H-1.2.1 - GENERAL	H-49
H-1.2.2 - TIPOS DE PERFIL DE SUELO	H-50
H-1.2.3 - ESPECTRO DE DISEÑO	H-50
H-1.2.3.1 – Forma del espectro de aceleraciones	H-50
Figura H-1-1 - Espectro Elástico de Diseño	H-50
H-1.2.3.2 – Empleo del coeficiente de disipación de energía, R	H-51
Figura H-1-2 – Variación del coeficiente de disipación de energía R	H-51
H-1.3 - PARAMETROS EMPLEADOS EN LA DEFINICION DEL TIPO DE PERFIL DE SUELO	H-51
H-1.3.1 - GENERAL	H-51
H-1.3.2 - VELOCIDAD MEDIA DE LA ONDA DE CORTANTE	H-51
H-1.3.3 - NUMERO MEDIO DE GOLPES DEL ENSAYO DE PENETRACION ESTANDAR	H-52
H-1.3.3.1 - Número medio de golpes del ensayo de penetración estándar en cualquier perfil de suelo	H-52
H-1.3.3.2 - Número medio de golpes del ensayo de penetración estándar en perfiles que contengan suelos no cohesivos	H-52
H-1.3.4 - RESISTENCIA MEDIA AL CORTE	H-52
H-1.3.5 - INDICE DE PLASTICIDAD	H-52
H-1.3.6 - CONTENIDO DE HUMEDAD	H-52
H-1.4 - DEFINICION DEL TIPO DE PERFIL DE SUELO	H-53
H-1.4.1 - GENERAL	H-53
Tabla H-1-1 - Clasificación de los perfiles de suelo	H-53
H-1.4.2 - PROCEDIMIENTO DE CLASIFICACION	H-53
H-1.4.2.1 - Paso 1	H-53
H-1.4.2.2 - Paso 2	H-53
H-1.4.2.3 - Paso 3	H-53
H-1.4.2.4 – Velocidad de la onda de cortante en roca	H-54
Tabla H-1-2 - Criterios para clasificar suelos dentro de los perfiles de suelo tipos C, D o E	H-54
Tabla H-1-3 - Valores del coeficiente F_v , para la zona de periodos cortos del espectro	H-54
Figura H-1-3 - Coeficiente de amplificación F_a del suelo para la zona de periodos cortos del espectro	H-55
Tabla H-1-4 - Valores del coeficiente F_v , para la zona de periodos largos del espectro	H-55
Figura H-1-4 - Coeficiente de amplificación F_a del suelo para la zona de periodos intermedios del espectro	H-56