

DOCUMENTO ESTRUCTURAL
RECOMENDACIONES PARA EL DISEÑO DE LAS ESTRUCTURAS

CONTENIDO

- 1. GENERALIDADES**
- 2. SISMICIDAD Y AMENAZA SÍSMICA**
- 3. SISTEMAS ESTRUCTURALES Y MATERIALES ESTRUCTURALES**
- 4. MALLA ESTRUCTURAL**
- 5. EVALUACIÓN DE CARGAS**
- 6. ANÁLISIS SÍSMICO**
- 7. ANÁLISIS ESTRUCTURAL**
- 8. REQUISITOS GENERALES DE DISEÑO SEGÚN EL SISTEMA ESTRUCTURAL Y LA CAPACIDAD**
- 9. REQUISITOS DE DURABILIDAD**
- 10. ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES**
- 11. REQUISITOS DE PROTECCIÓN CONTRA EL FUEGO DE LA ESTRUCTURA**
- 12. PLANOS DE CONSTRUCCIÓN, MEMORIAS DE CÁLCULO**
- 13. TANQUES ALTOS**
- 14. CIMENTACIONES, TERRENOS INCLINADOS Y MUROS DE CONTENCIÓN**
- 15. ESTUDIOS DE SUELOS**
- 16. ESPECIFICACIONES DE CONSTRUCCIÓN**

1. GENERALIDADES

El propósito general de este documento consiste en establecer los requisitos generales para el diseño estructural de las construcciones educativas que el Ministerio de Educación Nacional planea construir en todo el país, dentro del plan general del Colegio 10 de Jornada Única. Estos requisitos se basan en la Ley 400 de 1997 y en el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10, sin embargo, para cualquier inconsistencia que se llegare a presentar entre el Reglamento NSR-10 y este documento, prima NSR-10. Este no pretende reemplazar los requisitos del Reglamento ni transcribirlos o resumirlos, pretende dar unos lineamientos generales del diseño estructural y llamar la atención sobre los aspectos más relevantes que el diseñador debe tener en cuenta.

Las recomendaciones contenidas en el presente documento, corresponde a edificaciones nuevas, en caso que el programa de algún colegio en particular incluya la evaluación y rehabilitación de edificaciones existentes, se debe basar en los requisitos que para tal propósito establece el Reglamento NSR-10.

2. SISMICIDAD Y AMENAZA SÍSMICA

El territorio colombiano está localizado en una zona de actividad sísmica permanente, razón por la cual, el efecto de los sismos es una condición de diseño que siempre se debe considerar en las edificaciones y en general de las obras civiles. Colombia cuenta con grandes fuentes sismogénicas como la zona de subducción en el pacífico y todo el sistema de fallas geológicas. Con base en el estudio de dicha sismicidad, el país cuenta con un mapa de amenaza sísmica. Cuenta también con parámetros de aceleración y velocidad, entre otros, para todos los municipios Colombianos.

En la figura N° 1, a la izquierda, se tiene un registro de grandes sismos en Colombia. Se observa una gran concentración de eventos en la zona de subducción en el océano pacífico y en las tres cordilleras. Sin embargo, se puede observar actividad sísmica importante en todo el territorio nacional.

En la misma figura N° 1, a la derecha, se muestra el mapa colombiano, con la zonificación según el tipo de amenaza sísmica, alta, intermedia y baja. Resalta esta figura como la mayoría de las ciudades más importantes por cantidad de habitantes, se localizan en zonas de amenaza sísmica intermedia y alta. La amenaza sísmica baja, si bien representa más del 50% del territorio, corresponde a zonas menos densas en cuanto a distribución de población; a excepción de la zona norte central, en donde se tienen ciudades capitales como Cartagena, Barranquilla y Valledupar.

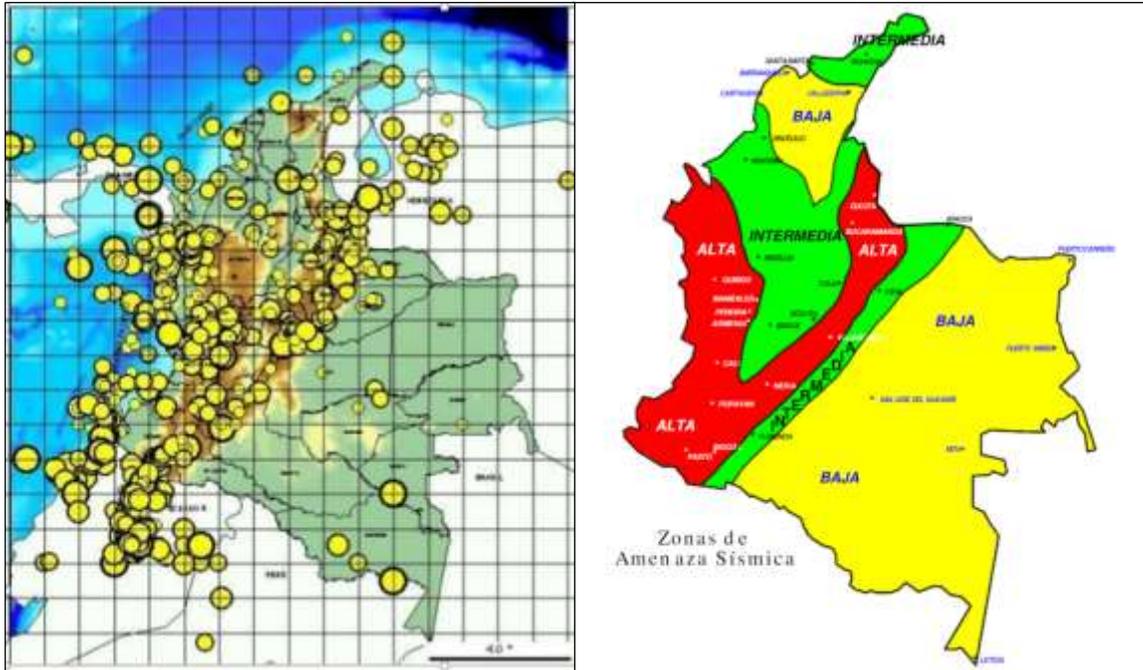


Figura N°1. A la izquierda, mapa de grandes sismo en Colombia. Fuente Ingeominas. A la derecha, mapa de amenaza sísmica. Fuente AIS.

El Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10, establece la obligatoriedad de realizar para todas las edificaciones que se construyan en el país, un análisis y diseño estructural que involucre el efecto de los sismos en dicha construcción. Del estudio de las fuentes sismogénicas, se ha establecido para cada municipio colombiano:

- Tipo de amenaza, según pueda ser baja, intermedia o alta
- Coeficiente que representa la aceleración pico efectiva para diseño, A_a
- Coeficiente que representa la velocidad pico efectiva para diseño, A_v
- Coeficiente que representa la aceleración pico efectiva reducida para diseño con seguridad limitada, A_e
- Coeficiente que representa la aceleración pico efectiva para el umbral del daño, A_d .

Con estos parámetros, con las características del terreno de acuerdo con el estudio local realizado mediante el estudio de suelos y con el espectro de aceleraciones de diseño del artículo A.2.6.1 de NSR-10, se establecen las fuerzas sísmicas de diseño para la edificación. Este espectro aplica para todo el territorio nacional a excepción de aquellas ciudades en las cuales se cuenta con estudios de Micro Zonificación Sísmica,

armonizados con el Reglamento NSR-10, como es el caso de las ciudades de Bogotá, Cali y Pereira.

3. SISTEMAS ESTRUCTURALES Y MATERIALES ESTRUCTURALES

El Reglamento NSR-10, establece en el título A, Requisitos Generales, en su artículo A.3.2, los sistemas estructurales conocidos y permitidos por el Reglamento. Véanse las tablas A.3.1, A.3.2, A.3.4 y A.3.5 de NSR-10. De acuerdo con la revisión realizada para el programa del Ministerio de Educación, se considera que se deben emplear preferiblemente los siguientes sistemas estructurales sin que el orden en el que se presentan, corresponda a un orden de elegibilidad, y considerando que el número de pisos de las edificaciones será de uno a tres:

Pórticos en concreto reforzado. Ver figura N° 2

Pórticos de acero estructural. Ver figura N° 3

Pórticos de acero con diagonales excéntricas

Muros de mampostería reforzada y parcialmente reforzada. Ver figura N° 4

En caso que se escoja el sistema de muros de mampostería estructural, se debe coordinar con la arquitectura, principalmente el tema relacionado con las ventanas, de manera que se pueda contar en las dos direcciones con un adecuado número de muros y de buena longitud de manera que aporten adecuada resistencia y rigidez al sistema. Los muros que no estén vinculados con los diafragmas de segundo piso y de cubierta, no se deben contar como muros estructurales. Se debe tener en cuenta que en zonas de amenaza sísmica alta está prohibido el uso de mampostería parcialmente reforzada en edificaciones del grupo de uso III, al cual pertenecen las edificaciones escolares.

En el diseño de estructuras de acero, se deben preferir los perfiles tipo doble T, H o I sobre los perfiles de sección tubular y circular en razón a las conexiones calificadas y precalificadas tal y como lo exige el título F del Reglamento NSR-10. Se podrían emplear vigas doble T o I, combinadas con secciones tubulares para las columnas, en la medida en que existe precalificación de este tipo de conexiones. De antemano se sabe que el Ministerio no tiene el tiempo suficiente para que durante el proceso de diseño y construcción el contratista haga calificación de conexiones, razón por la cual se prefiere que este acuda a las precalificaciones existentes.

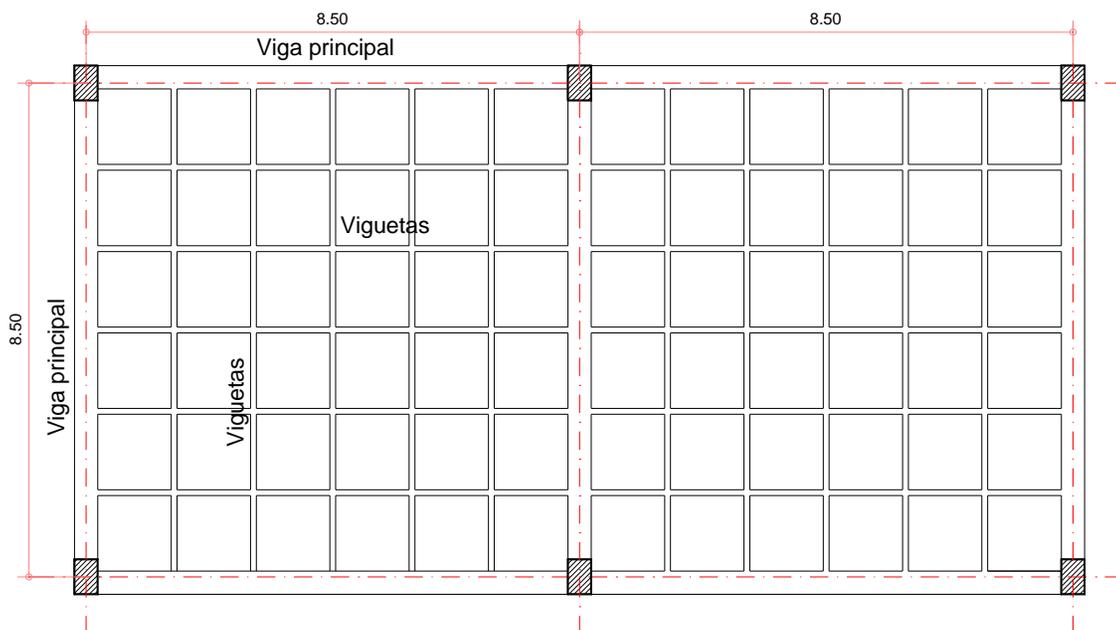


Figura N°2.

Esquema estructura en pórticos de concreto reforzado y losa aligerada armada en dos direcciones

En principio y para el tipo de edificaciones a desarrollar se considera que no es necesario recurrir a un sistema de muros estructurales en concreto reforzado; sin embargo, no existe ninguna restricción para este sistema estructural, o para la combinación en planta de pórticos de concreto reforzado con muros del mismo material.

También se puede recurrir a la combinación en planta de pórticos de concreto reforzado con muros en mampostería reforzada o parcialmente reforzada, en la medida en que el cumplimiento de derivas lo requiera.

De ninguna manera, se debe emplear la combinación de sistemas estructurales en altura del tipo sistema flexible sobre sistema rígido, dado su inadecuado comportamiento dinámico ante la acción de efectos sísmicos. Aunque la combinación de un sistema flexible apoyado en un sistema rígido no es inconveniente, por racionalidad estructural, facilidad constructiva y economía del proyecto, se debe evitar.

No obstante el Reglamento NSR-10 en su capítulo A.9 de diseño de elementos no estructurales, prevé que los muros de mampostería se deben dilatar lateralmente de la estructura; en la definición de la arquitectura, la estructuración del proyecto y la selección del sistema estructural, se debe tener especial cuidado para que no se presenten columnas cortas o cautivas, en cualquiera de los materiales estructurales empleados. La figura N° 4 es una ilustración de una columna corta o cautiva.

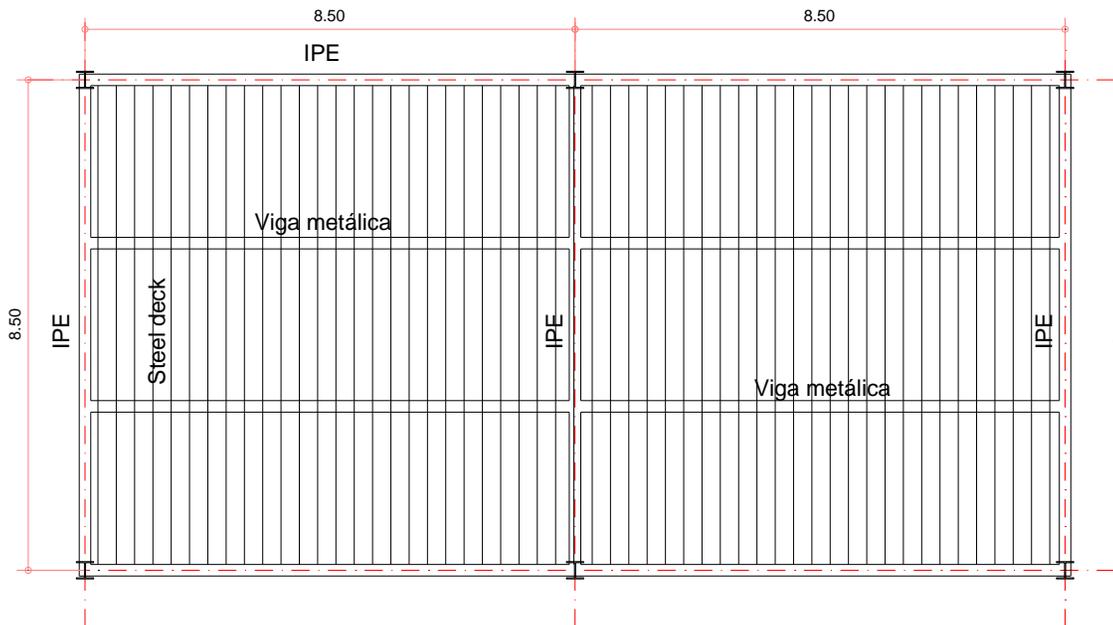


Figura N°3.

Esquema estructura en pórticos de acero y losa en una dirección conformada por viguetas metálicas y lámina colaborante.

Cualquier tipo de estructura que se adopte para el proyecto deberá cumplir con lo exigido por la norma NSR-10 y se deben tomar las correspondientes medidas de protección contra el fuego, de acuerdo con el numeral 10 de la misma norma.

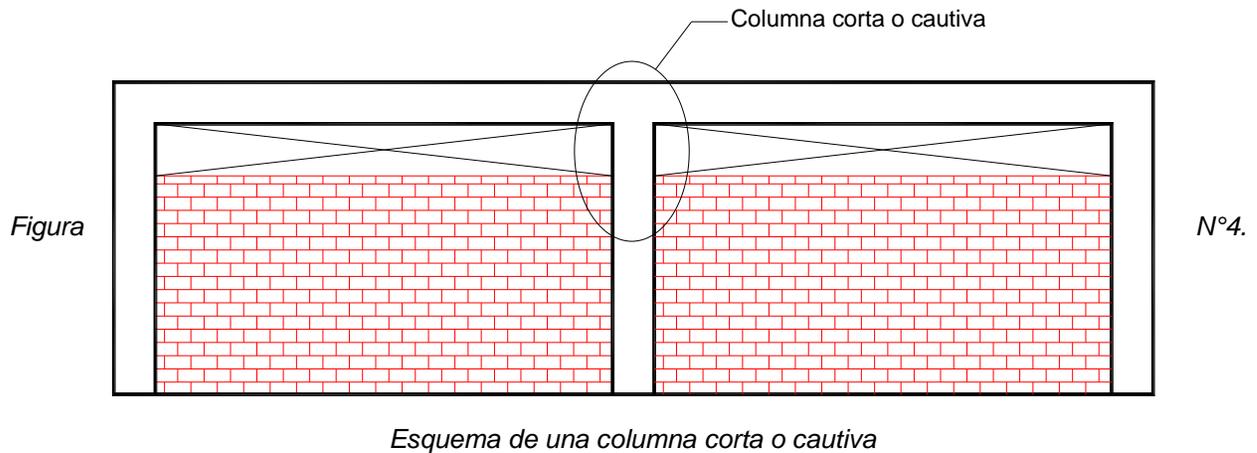
De acuerdo con los lineamientos del Ministerio de Educación con los cuales se busca la ejecución de construcciones para ampliación del número de aulas en el territorio nacional, se quiere que estas construcciones sean sólidas, resistentes, estables, duraderas y de bajo mantenimiento, es decir, sostenibles, los sistemas modulares prefabricados que se adopten para el desarrollo de los proyectos deberán estar aprobados por la Comisión Asesora para el régimen de construcciones en cumplimiento de la NSR-10.

Como complemento a los diferentes sistemas estructurales que pueden ser utilizados para este programa del Ministerio, se estipula que los cerramientos divisorios y de fachada deben construirse con materiales que cumplan con los requerimientos de desempeño de la NSR-10, de permanente disponibilidad en el mercado y en la región donde se desarrolle el proyecto, que cumplan con las condiciones de durabilidad, fácil mantenimiento y condiciones bioclimáticas óptimas enunciadas en el presente documento. En todo caso, se deberá garantizar un acabado arquitectónico integral.

Con relación a los sistemas de entrepiso, se debe prever un sistema aligerado que cumpla con las condiciones de resistencia y comportamiento estructural previsto en la NSR-10.

Para el caso en que las luces sean de rangos cercanos a 8.50 m en ambas direcciones, las losas aligeradas, armadas en dos direcciones serán las más eficientes. Ver figura N° 2.

Si la estructura corresponde a pórticos de acero, necesariamente se requiere el empleo de cielorasos falsos. En este caso, las especificaciones arquitectónicas del cielo raso deben contemplar materiales de adecuada resistencia al impacto y punzonamiento a que se pueda ver sometido por acciones vandálicas.



4. MALLA ESTRUCTURAL

Los criterios generales de diseño arquitectónico recomiendan un módulo básico de 8.50 m por 8.50 m, el cual corresponde a las dimensiones adecuadas para un aula. Con base en ello, la modulación estructural de las edificaciones debe, en lo posible, ajustarse a estas dimensiones.

Para espacios como baterías de baños, se deben emplear preferiblemente, una dimensión de 8.50 m, igual al ancho de un módulo básico y luces diferentes en la otra dirección, en múltiplos de 0.50 m. Este valor de 0.50 m corresponde al valor de la malla estructural definida desde el punto de vista arquitectónico. A manera de ejemplo, véase la figura N° 6.

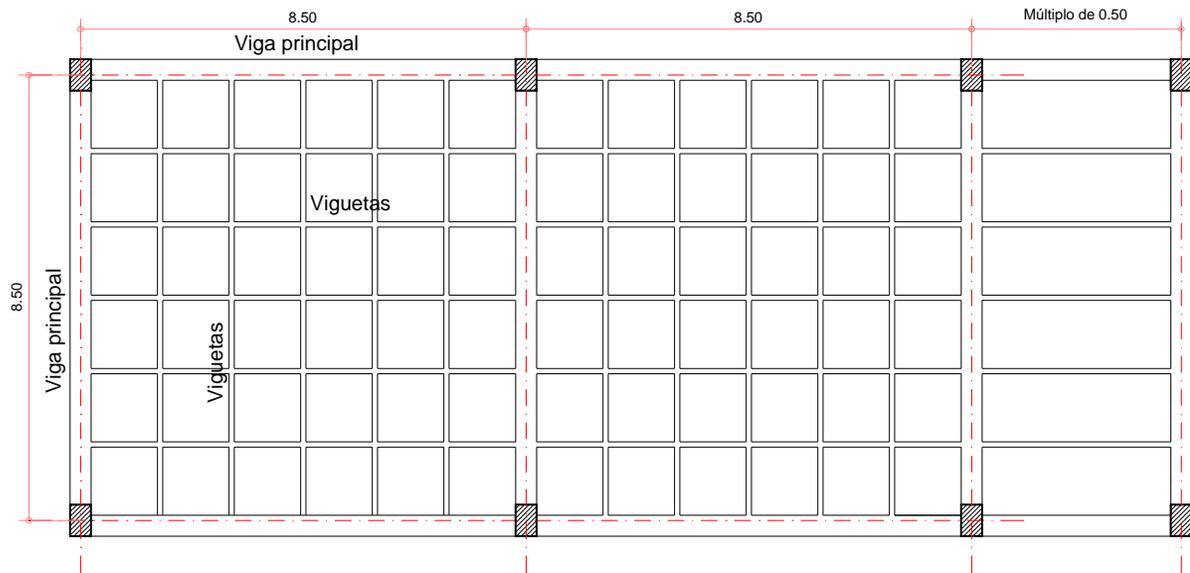


Figura N°6. Propuesta sistema de entrespiso en concreto reforzado combinado armado en una dirección y en dos direcciones

5. EVALUACIÓN DE CARGAS

CARGA MUERTA

La evaluación de cargas muertas se realizará de acuerdo con los materiales empleados según las especificaciones definidas en el proyecto arquitectónico, los materiales utilizados en la estructura y las densidades de materiales especificados en la NSR-10. Se debe realizar la respectiva cuantificación en lugar de usar valores promedio o supuestos dados en la tabla B.3.2-1 del artículo B.3.2 de NSR-10.

CARGA VIVA

Para la carga viva se debe emplear los valores mínimos estipulados según el tipo de uso y espacio de acuerdo con lo especificado en el artículo B.2.4 de NSR-10, tabla B.4.1-1 para edificaciones de tipo educativo, según sean salones de clase, corredores y escaleras, salas de lectura en bibliotecas o estanterías para depósito de libros.

CARGAS DE SISMO

Para lo relacionado con la evaluación de las cargas de origen sísmico, ver el numeral 5 de este documento.

CARGAS DE VIENTO

Para las estructuras de varios pisos, generalmente el efecto del sismo es más severo que el efecto del viento. Sin embargo esto no es una regla, razón por la cual, en todos los casos se deben evaluar los efectos laterales del viento sobre toda la estructura e involucrarlos en las combinaciones de carga a utilizar en el diseño de la estructura.

Para las estructuras livianas de cubierta, se debe tener en cuenta el efecto del viento sobre la misma, e involucrarlo en las cargas de diseño de los elementos. Los elementos secundarios de la cubierta como correas, contravientos y templetes deben ser en acero. Se deben evitar estos elementos en madera.

CARGAS DE GRANIZO

De acuerdo con las recomendaciones del Reglamento NSR-10 en su título B, toda edificación que se localice a una altitud más de 2000 metros sobre el nivel del mar, debe considerar la posibilidad de acumulación de granizo sobre la cubierta.

Para cubiertas con inclinaciones mayores a 15° , la carga de granizo debe ser de 0.50 KN/m² (50 Kgf/m²) y para inclinaciones menores a 15° este valor se debe aumentar a 1.00 KN/m² (100 Kgf/m²).

6. ANÁLISIS SÍSMICO

Las fuerzas de orden sísmico se deben evaluar de acuerdo con los requisitos del título A de NSR-10, según el tipo de amenaza sísmica y los parámetros Aa, Avy Ad, definidos para el municipio en el cual se localiza la institución educativa.

El estudio de suelos definirá el tipo de perfil de suelo con el cual se establecerán los valores de Fa y Fv, relacionados con la amplificación del suelo a nivel de aceleraciones y velocidades. También establecerá si se requieren de estudios adicionales en la medida que el perfil de suelo pueda ser tipo F.

El diseñador de la estructura debe prever la realización de tres análisis sísmicos a saber: El primero con un coeficiente de importancia igual a 1, para el cálculo de las derivas y la correspondiente verificación de su cumplimiento.

Un segundo análisis con un coeficiente de importancia igual a 1.25 cuyo resultado a nivel de fuerzas sísmicas reducidas de diseño se debe combinar con los otros tipos de carga, a efectos de obtener las sollicitaciones para el diseño.

Un tercer análisis para verificar derivas a nivel del umbral del daño, empleando para el análisis de fuerzas sísmicas el coeficiente de aceleración pico efectiva Ad.

En los casos de carga para verificación de derivas tanto para el sismo de diseño con Aa como para sismo el sismo del umbral de daño con Ad, se deben emplear fuerzas sísmicas sin reducir. Estas fuerzas sísmicas sin reducir deben estar acompañadas en la correspondiente modelación, tanto de la carga muerta como de la carga viva, multiplicadas por un factor igual a la unidad.

Tanto los análisis de fuerzas de sismo para verificación de derivas con el sismo de periodo de retorno de 475 años y con el sismo del umbral del daño, a nivel de fuerzas sin reducir; como para diseño al nivel de fuerzas reducidas; según corresponda, deben involucrar los efectos torsionales debidos a la no coincidencia entre el centro de masa y

el centro de rigidez y a los efectos torsionales ocasionados por la excentricidad accidental definida por NSR-10.

7. ANÁLISIS ESTRUCTURAL

Se deben emplear métodos aceptados por la mecánica estructural y la dinámica estructural y el diseñador deberá adjuntar en las memorias de diseño los principios generales bajo los cuales funciona el programa computacional utilizado para el diseño según fuese el caso. Se deberán emplear las combinaciones de carga de B.2.3., a nivel de cargas de trabajo, por ejemplo para el dimensionamiento de la cimentación y de B.2.4., a nivel de resistencia por ejemplo para el diseño de los diferentes elementos estructurales incluida la cimentación.

El diseño estructural debe realizarlo un ingeniero civil que cumpla con el perfil exigido por la ley 400 de 1997, para el profesional responsable de estos estudios y diseños.

8. REQUISITOS GENERALES DE DISEÑO SEGÚN EL SISTEMA ESTRUCTURAL Y LA CAPACIDAD

Teniendo en cuenta que no todos los programas de computador cuentan con rutinas de diseño que sigan fielmente los requisitos estipulados por el reglamento NSR-10, según el sistema estructural utilizado y la capacidad de disipación de energía asignada a la estructura o que no necesariamente el análisis y diseño se realiza mediante el empleo de programas de computador, el diseñador debe velar por el cumplimiento de los requisitos del Reglamento NSR-10 establecidos en el capítulo C.21 para estructuras de concreto reforzado, en el título D para estructuras de mampostería estructural y en el título F en lo relacionado con las provisiones sísmicas para estructuras de acero; Cualquier otro sistema estructural que se adopte, deberá cumplir con lo establecido en la NSR-10 en armonía con la propuesta arquitectónica, el alcance de la intervención (altura, implantación, escala y posibilidades del lote), y condiciones culturales y sociales de la región. de manera que dé estricto cumplimiento a las exigencias de acuerdo con la capacidad de disipación de energía que se asigne a la estructura, según el tipo de amenaza sísmica, el material estructural y el sistema estructural empleado.

9. REQUISITOS DE DURABILIDAD

Los planos estructurales y las especificaciones, para todos los sistemas estructurales deben presentar en forma explícita las recomendaciones que se deben tener en cuenta, relacionadas con la durabilidad de la estructura, el grado de exposición según el ambiente al cual va a estar sometida y de acuerdo con el sistema estructural empleado.

Para las estructuras en concreto, se debe tener en cuenta el capítulo C.4 del Reglamento NSR-10. Se debe establecer las categorías y clases de exposición de acuerdo con el artículo C.4.2 y con base en esto, definir los requisitos para las mezclas del concreto, de acuerdo con el artículo C.4.3. En los planos y especificaciones, se debe indicar

claramente la resistencia del concreto además de los requisitos de durabilidad, para que sean tenidos en cuenta en la producción del mismo.

Por razones de cultura de mantenimiento de las construcciones escolares oficiales, en zonas costeras, se deben evitar los sistemas estructurales en acero, por el alto riesgo de corrosión. En las zonas no agresivas, las especificaciones en tratamientos anticorrosivos y pinturas de acabado, deben ser muy exigentes por el bajo o nulo mantenimiento de las construcciones y en especial las estructuras.

Para las estructuras de mampostería, se deben tener en cuenta los requisitos de recubrimiento y protección del acero de refuerzo tanto vertical como horizontal, de acuerdo con el título D del Reglamento NSR-10. El refuerzo horizontal en contacto con la tierra o que forma parte de muros de fachada debe tener protección con productos anticorrosivos.

10. ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES

El diseñador de la estructura deberá entregar el diseño de los muros no estructurales, tanto de fachada como divisorios, separados lateralmente de la estructura, apoyados lateralmente arriba y abajo y diseñados para un grado de desempeño superior. Se puede adoptar cualquier sistema de cerramientos no estructurales para división de espacios y fachadas que cumplan con los requerimientos de la NSR-10 y las condiciones de seguridad, mantenimiento y conservación para edificaciones de uso institucional educativo.

Teniendo en cuenta que los elementos no estructurales no solamente se limitan a los muros de fachada y divisorios sino que incluye todos los elementos que no son estructura como son cielosrasos, fachadas, puertas, instalaciones de gas, eléctricas, hidrosanitarias, equipos mecánicos, instalaciones especiales, etc., quien firme la licencia de construcción como constructor responsable, deberá también firmar como diseñador de los elementos no estructurales, en señal de aceptación del compromiso de velar porque durante el proceso de construcción se tomen las medidas necesarias para que todas las partes y componentes de elementos no estructurales se diseñen, construyan e instalen, siguiendo las recomendaciones del capítulo A.9 de NSR-10. Lo anterior de acuerdo con lo establecido en A.9.3.1.1.

11. REQUISITOS DE PROTECCIÓN CONTRA EL FUEGO DE LA ESTRUCTURA

Como parte del diseño estructural, el ingeniero diseñador debe revisar y especificar, de manera que se cumplan los requisitos contra el fuego especificados en el título J del Reglamento NSR-10 para cada tipo de material estructural, según sea concreto reforzado, acero estructural o mampostería estructural. En especial seguir lo recomendado por J.3.2., J.3.5.3., y J.3.5.4.

12. PLANOS DE CONSTRUCCIÓN, MEMORIAS DE CÁLCULO

PLANOS ESTRUCTURALES

Los planos de diseño estructural se deben sujetar a los requisitos de A.1.5.2.1 de NSR-10 y deben contener como mínimo la siguiente información:

- Especificaciones de los materiales a utilizar en la construcción de la estructura, como resistencia del concreto, resistencia del acero, unidades de mampostería.
- Ejes de referencia para localización y replanteo de los elementos de la estructura
- Tamaño y localización de los elementos de la estructura.
- Dimensiones y refuerzo de los elementos estructurales.
- Recomendaciones para contraflechas, cambios de temperatura, retracción de fraguado, flujo plástico.
- Curado del concreto y de la mampostería.
- Si fuere el caso, magnitud y localización de las fuerzas de preesfuerzo.
- Localización y tipo de conexiones de los elementos estructurales y sistemas de protección anticorrosiva.
- Empalmes de los elementos de refuerzo.
- Grado de capacidad de disipación de energía de la estructura y grado de desempeño de los elementos no estructurales.
- Valores de las cargas muertas y vivas, empleadas en diseño de la estructura
- Grupo de uso de la estructura.
- Tipo de perfil de suelo.
- Recomendaciones especiales de construcción, cuando sea el caso.

MEMORIAS DE DISEÑO ESTRUCTURAL

Las memorias de diseño estructural deben contener como mínimo lo siguiente:

- Descripción general de los principios bajo los cuales funciona el programa de análisis y diseño estructural, si ese es el caso.
- Descripción del sistema estructural y material estructural utilizado.
- Evaluación de las cargas muertas, vivas, viento, granizo, empozamiento y todas aquellas que puedan actuar sobre la estructura.
- Método de evaluación de las fuerzas sísmicas y su correspondiente evaluación.
- Verificación de las derivas.
- Sismo para el umbral del daño y verificación de derivas.
- Sismo de diseño.

- Combinaciones de carga empleadas para la verificación de las derivas y para el diseño de la estructura.
- Diseño de los elementos estructurales principales y secundarios.
- Diseño de la cimentación.
- Las memoria deben mostrar en forma clara tanto los datos de entrada como de salida.

13. CIMENTACIONES, TERRENOS INCLINADOS Y MUROS DE CONTENCIÓN

DISEÑO DE LAS CIMENTACIONES

El diseño de las cimentaciones se debe basar en los títulos C y H de la NSR-10. Las cimentaciones se deben diseñar de acuerdo con las recomendaciones del estudio de suelos. El dimensionamiento de los cimientos se debe establecer con base en las cargas obtenidas de las combinaciones de cargas a nivel de cargas de trabajo de B.2.3 y con la capacidad de carga admisible de la cimentación establecida por el ingeniero de suelos.

El diseño de los elementos estructurales de la cimentación será en concreto reforzado y se realizará por el método de la resistencia, y las combinaciones de carga de B.2.4 de NSR-10.

TERRENOS INCLINADOS Y MUROS DE CONTENCIÓN

Los proyectos se deben desarrollar en lotes relativamente planos o con pendientes menores. Se deben evitar terrenos inclinados con pendientes promedio superiores al 15 % porque presentan los siguientes inconvenientes que redundan en costos importantes para el proyecto:

- Movimientos de tierra importantes
- Proyecto de muros de contención
- Desarrollo de rampas y escaleras para salvar los cambios de nivel que se puedan presentar entre terrazas del proyecto.

En caso que sea inevitable la construcción de proyectos en predios inclinados, se debe procurar lo siguiente:

- Desarrollar taludes a cambio de estructuras de contención en la medida de lo posible.
- De ser necesario, proyectar estructuras de contención de alturas de relleno no mayores a 1.50 m. Alturas mayores conducen a estructuras de contención costosas.
- El estudio de suelos debe incorporar análisis de estabilidad de ladera en condiciones con sismo y sin sismo.

14. ESTUDIOS DE SUELOS

Los estudios de suelos se deben realizar de acuerdo con las especificaciones del Reglamento NSR-10 en especial en lo relacionado con los títulos A y H. Debe ser realizado por un ingeniero Civil que cumpla el perfil exigido por la ley 400 de 1997.

- Se deben establecer los ensayos y recomendaciones particulares para los siguientes casos:
- Suelos expansivos
- Suelos licuables
- Suelos potencialmente agresivos para los materiales de la cimentación
- Terrenos en ladera

En el caso de terrenos inclinados, los análisis deben incluir estudios de estabilidad de ladera y riesgo de remoción en masa. En caso de requerirse, se deben proyectar las obras de mitigación del riesgo.

15. TANQUES ALTOS

El sistema de reserva de agua para las Instituciones Educativas consistirá en tanques enterrados o en superficie, preferiblemente enterrados, y equipos de presión. Sin embargo, no se descarta que en sitios con problemas de suministro de energía se deba recurrir a la construcción de tanques elevados que alimenten el sistema mediante presión por gravedad.

En esos casos, la estructura de soporte del tanque elevado se debe diseñar teniendo en cuenta los requisitos establecidos por el Reglamento NSR-10 para estructura de tipo péndulo invertido, dada la concentración de masa debida al tanque y al agua almacenada, en la parte superior de la estructura. Véanse los requisitos del artículo A.3.6.11 y la tabla A.3.3. de NSR-10

16. ESPECIFICACIONES DE CONSTRUCCIÓN

Las especificaciones de construcción deben contener la descripción de cada actividad, de los materiales a utilizar y los procedimientos a seguir para la correcta ejecución de los trabajos. Deben indicar procedimientos para el curado del concreto, las conexiones de los elementos estructurales, los sitios de las juntas cuando haya necesidad de las mismas, en cumplimiento con lo establecido en la NSR-10 para tal fin.

Deben incluir los cuidados a tener en cuenta en el proceso constructivo y las medidas de seguridad industrial para evitar riesgos de accidentes.

También deben indicar los tipos de ensayos de control de calidad de los materiales y la designación del responsable de dichos ensayos. Se deben indicar las normas técnicas bajo las cuales se deben tomar las muestras, se deben curar o mantener y se deben ensayar.

Por otra parte, las especificaciones de construcción deben incluir la forma de medida y pago de las diferentes actividades de construcción de la cimentación y la estructura.