

*EL DOCUMENTO ORIGINAL
NO CONTIENE LAS PAGINAS
8 y 32*

PRESENTACIÓN

En el año 1,996 la Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica -AGIES- publica la primera edición de las Normas Estructurales de Diseño y Construcción Recomendadas para la República de Guatemala. La misma incluyó las normas NR 1 "Bases Generales de Diseño y Construcción", NR 2 "Demandas Estructurales, Condiciones del Sitio y Niveles de Protección", NR 3 "Diseño Estructural de Edificaciones", NR 7-1 "Concreto Reforzado" y NR 7-3 "Mampostería Reforzada" quedando algunas normas de las originalmente concebidas pendientes de realización y publicación.

Ya casi agotada esta edición, se decidió que una segunda edición ya no valdría la pena sacar, dado el avance del conocimiento que había habido, por lo que mejor se trabajaría en una actualización y su posterior publicación. Es así como a finales del año 1,999 se le encomendó al Ing. Rolando Torres que trabajara en la actualización. Dicha actualización tuvo una discusión interna dentro de la Asociación en Junio de 2,001 y a la fecha se decidió hacer la actual edición preliminar para darla a conocer a las distintas instancias y empezar a recibir los comentarios, observaciones y sugerencias respectivas. Durante dicho proceso, surge también la propuesta por parte de la Secretaría de Coordinación Ejecutiva de la Presidencia de dar el apoyo para completar algunas de las normas que estaban pendientes, principalmente las Normas NR 4 "Requisitos Especiales para Vivienda y otras Construcciones Menores", la Norma NR 5 "Requisitos para la Construcción de Obras de Infraestructura y Obras Especiales, la Norma NR 6 "Disminución de Riesgos y Rehabilitación y la Norma" NR 7-5 "Sistemas Constructivos: Acero Estructural".

Se procedió a organizar grupos de trabajo con profesionales dentro de la Asociación que fueran expertos en las normas a desarrollar y es así como se llega a la publicación de estas ediciones preliminares. Con esta contribución inicial se pretende que el país cuente con un medio para tratar de disminuir la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones que se desarrollen en el futuro y también contar con herramientas que permitan la evaluación de las ya existentes, dado el carácter sísmico de nuestro territorio.

La filosofía de las normas están enfocadas como en la mayoría de las normas que existen a nivel mundial hacia la protección de la vida y la integridad física de las personas que usan y ocupan las obras y edificaciones, así como la de proporcionar un grado mínimo de calidad que preserve la integridad de la obra sujeta a solicitaciones de carga permanentes y frecuentes. Finalmente la de proporcionar protección contra daño directo o indirecto causado por agentes naturales adversos.

En el desarrollo de la nueva actualización y algunas de las normas que estaban pendientes de editar, se tomó como base para su creación, mucha de la normativa realizada en países que llevan la vanguardia en lo que a diseño sísmo resistente se refiere, principalmente lo realizado por Instituciones tales como el UBC, la SEAOC (Filosofía de estados límite), el ATC, el ACI, IBC, LRFD de AISC y las Especificaciones Neozelandesas (Diseño Sísmico para Estructuras de Concreto Reforzado) , tratando en lo posible de hacer adaptaciones a las prácticas de construcción y materiales guatemaltecos, así como también en lo que respecta a estudios de investigación que se han realizado a nivel local, con respecto a la naturaleza de nuestra sismicidad. En este sentido hace falta mucho por hacer y en la medida que vayamos contando con más datos a nivel local el grado de afinamiento irá mejorando.

El camino a seguir se inicia en este momento cuando se presentan las normas para su estudio, debate y discusión de tal manera que la misma refleje la opinión de los usuarios, que son los destinatarios, buscando de esta manera el consenso necesario para su aceptación y difusión en todos los ámbitos relacionados con la industria de la construcción, desde los sectores privado, público y académico. Como un respaldo a los documentos generados, se planea realizar manuales de aplicación y comentarios que servirán de base para el desarrollo de cursos con la valiosa

colaboración del Colegio de Ingenieros y otras Instituciones en donde se capacite a los profesionales usuarios de las normas. Esta capacitación deberá incluir principalmente catedráticos universitarios de la Ingeniería y la Arquitectura, de las distintas universidades, de tal manera que una vez capacitados sean multiplicadores del conocimiento y así se promueva un proceso de formación y actualización y se empiece a promover el uso de estas normas y de las actualizaciones que reciban las mismas en las nuevas generaciones de profesionales en nuestro medio.

Finalmente la búsqueda de la seguridad a través del uso de las normas debe ser el propósito del ingeniero, de las instituciones gubernamentales y municipales y de la misma sociedad.

Ing. Omar G. Flores Beltetón
Presidente de AGIES.

Cualquier comentario al respecto de las normas dirigirlo a la sede de la Asociación:

Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica
AGIES
O Calle 15-46 Zona 15
Edificio de los Colegios Profesionales, 4to. Nivel
Guatemala, Ciudad
01015 GUATEMALA
Teléfono (502) 3693693 Fax (502) 3693705
e-mail:agies@hotmail.com

**NORMAS ESTRUCTURALES DE DISEÑO RECOMENDADAS PARA LA
REPUBLICA DE GUATEMALA
AGIES NR-7:2000**

INDICE

Contenido	Página
Capítulo 1	
Capacidad de los Miembros y sus conexiones	
1.1 Generalidades	1
1.2 Solicitaciones y capacidades	1
1.3 Resistencia nominal y resistencia de diseño	1
1.3.1 factores de reducción de capacidad	2
1.4 Propiedades de los materiales	3
1.4.1 Propiedades de concreto	3
1.4.1.1 Mezcla	3
1.4.1.2 Módulo de elasticidad del concreto	3
1.4.2 Propiedades del acero de refuerzo	3
1.4.2.1 Tipo de acero	9
1.5.1.1 Sistema de cajón (E1)	9
1.4.2.2 Limitaciones	4
1.5 Calidad de los materiales	4
Capítulo 2	
Suposiciones para Análisis Estructural	
2.1 Modelo analítico	5
2.2 Guía para el análisis estructural	5
2.2.1 Modelos analíticos para elementos	6
2.2.2 Localización de elementos	6
2.2.3 Tipos de deformación	6
2.2.4 Elementos no prismáticos	6
2.2.5 Rigidez de nudo	7
2.3.6 Límites a rigidez de nudo	7
2.3.7 Rigidez en flexión	7
2.2.8 Rigidez en flexocompresión	7
Capítulo 3	
Niveles de Protección	
3.1 Nivel de protección A	9
3.2 Nivel de protección B	9

**NORMAS ESTRUCTURALES DE DISEÑO RECOMENDADAS PARA LA
REPUBLICA DE GUATEMALA
AGIES NR-7:2000**

INDICE

Contenido	Página
3.3 Nivel de protección C1 o superior	9
Capítulo 4 Requerimientos para estructuras tipo cajón (Pendiente de desarrollar)	
Capítulo 5 Requerimientos para marcos ordinarios	
5.1 Alcances.	11
5.2 Elementos en flexión	11
5.2.1 Refuerzo longitudinal 6.1.2	11
5.2.2 Refuerzo transversal	11
5.3 Elementos sujetos a flexión.	12
5.3.1 Refuerzo longitudinal	12
5.3.2 Refuerzo transversal	12
5.4 Nudos viga-columna	13
Capítulo 6 Requerimientos para marcos especiales	
6.1 Alcances.	15
6.2 Elementos de flexión	15
6.2.1 Geometría	15
6.2.2 Refuerzo longitudinal	16
6.2.2.1 Cantidad de refuerzo	16
6.2.2.2 Redistribución de esfuerzos flectores	17
6.2.2.3 Distribución del acero dentro de la sección	17
6.2.3 Refuerzo transversal.	18
6.3 Elementos sujetos a flexión y carga axial	19
6.3.1 Geometría	20
6.3.2 Carga axial máxima	20
6.3.3 Diseño de columnas por capacidad	20
6.3.3.1 Diseño en flexocompresión de la columna	21

**NORMAS ESTRUCTURALES DE DISEÑO RECOMENDADAS PARA LA
REPUBLICA DE GUATEMALA
AGIES NR-7:2000**

INDICE

Contenido	Página
6.3.4 Refuerzo longitudinal	22
6.3.5 Refuerzo transversal para confinamiento	23
6.3.6 Refuerzo transversal para corte	25
6.4 Nudos viga-columna	26
6.4.1 Geometría de los nudos	26
6.4.2 Clasificación de nudos	27
6.4.3 Nudos protegidos (opcionales)	27
6.4.4 Solicitaciones sobre el nudo	27
6.4.4.1 Caso especial	28
6.4.5 Capacidad del nudo	28
6.4.6 Refuerzo horizontal de corte dentro del nudo	28
6.4.7 Nudos interiores- Refuerzo horizontal principal	29
6.4.8 Nudos exteriores- Refuerzo longitudinal principal	30
6.4.9 Continuidad del refuerzo a través del nudo	31
Capítulo 7	
Muros estructurales, dinteles y diafragmas	
7.1 Alcances y definiciones	33
7.2 Geometría de muros estructurales	33
7.3 Refuerzo de muros estructurales	34
7.3.1 Definición	34
7.3.2 Refuerzo mínimo	35
7.3.3 Refuerzo máximo	35
7.3.4 Distribución del refuerzo	35
7.3.5 Terminación de refuerzo vertical	36
7.3.6 Traslapos de refuerzo vertical	36
7.3.7 Traslapos de refuerzo horizontal	36
7.3.8 Juntas frías de construcción	36
7.4 Refuerzo de confinamiento	37
7.4.1 Localización	37
7.4.2 Cantidad	37
7.5 Resistencia de muros estructurales	39

**NORMAS ESTRUCTURALES DE DISEÑO RECOMENDADAS PARA LA
REPUBLICA DE GUATEMALA
AGIES NR-7:2000**

INDICE

Contenido	Página
7.5.1 Resistencia al cortante	39
7.5.2 Capacidad axial	40
7.5.3 Capacidad flexocompresión	40
7.6 Cargas o sollicitaciones e diseño	41
7.6.1 Redistribución de momentos y cortantes entre varios muros en el mismo piso ..	41
7.6.2 Momento básico de diseño, M_{dis}	41
7.6.3 Desplazamiento del diagrama de momentos	42
7.6.4 Carga axial por criterio de capacidad	42
7.6.5 Demanda cortante por criterio de capacidad	42
7.7 Dinteles y vigas de acople	43
7.7.1 Definición y geometría	43
7.7.2 Refuerzo	43
7.7.3 Refuerzo en cruceta	44
7.7.4 Momentos y cortantes de diseño	45
7.8 Diafragmas	45
7.8.1 Definición y geometría	45
7.8.2 Refuerzo	45
7.8.3 Losas prefabricadas	46
7.8.4 Capacidad de los diafragmas	46
7.8.5 Acciones sobre los diafragmas	47
7.9 Aberturas en muros estructurales y diafragmas	47

**NORMAS ESTRUCTURALES DE DISEÑO RECOMENDADAS PARA LA
REPUBLICA DE GUATEMALA
AGIES NR-7: 2000**

CAPITULO 1

CAPACIDAD DE LOS MIEMBROS Y SUS CONEXIONES

1.1 Generalidades

Las disposiciones en esta Norma se orientan al uso de concreto reforzado de características monolíticas, colado en el sitio. (Elementos prefabricados pueden emplearse dentro de una estructura de concreto reforzado monolítico si cumplen con el inciso 1.9 de la norma NR-3 y con la Norma Recomendada de concreto presforzado).

Esta Norma aplica a concreto reforzado utilizado especialmente para estructuras tipo E2, E3 y E4 en donde los elementos tienen alta demanda post-elástica. También aplica a estructuras E1 hechas principalmente de concreto. No aplican cuando las estructuras de interés cumplen con la clasificación de Obra Menor tratadas en la norma NR-4. Tampoco aplican al concreto utilizado en combinación con mampostería ni con concreto en combinación con perfiles de acero.

1.2 Solicitaciones y capacidades

Los elementos de concreto reforzado y las conexiones o nudos deberán dimensionarse y reforzarse de manera que sus resistencias de diseño satisfagan las solicitaciones estructurales factoradas especificadas en el capítulo 8 de la norma NR-2.

Además, los elementos soportantes (columnas y muros estructurales) deberán tener mayor capacidad relativa que los elementos soportados (vigas y dinteles). El diseño estructural se ejecutará con este criterio al que se hará referencia como "diseño estructural por capacidad jerárquica" o simplemente "diseño por capacidad".

1.3 Resistencia nominal y resistencia de diseño

La resistencia nominal se calculará de acuerdo con la referencia 1, que se cita al final de los comentarios a esta norma.

**NORMAS ESTRUCTURALES DE DISEÑO RECOMENDADAS PARA LA
REPUBLICA DE GUATEMALA
AGIES NR-7: 2000**

La resistencia de diseño de los elementos y sus conexiones se calcularán multiplicando su resistencia nominal por un factor de reducción de capacidad.

1.3.1 Factores de reducción de capacidad

- $\phi = 0.90$ para flexión y tensión en general,
- $\phi = 0.85$ para cortante en general;
- $\phi = 1.00$ para cortante, cuando la capacidad del elemento está controlada por flexión de acuerdo con los criterios de sobrerresistencia del inciso k);
- $\phi = 0.60$ para cortante. Para cortante en concreto liviano se usará el 80% de los valores anteriores;
- $\phi = 0.70$ para flexocompresión en general;
- $\phi = 0.75$ para flexocompresión con refuerzo transversal especial según la sección 6.3. Para flexocompresión, cuando el esfuerzo axial factorado sea menor que $0.10 f'_c$, el factor ϕ se podrá incrementar linealmente hasta alcanzar $\phi = 0.90$ para el caso de esfuerzo axial nulo,
- $\phi = 1.00$ para flexocompresión cuando la capacidad del elemento esté controlada por los criterios de sobrerresistencia de la sección 6.3
- $\phi = 0.50$ para conexiones o juntas de elementos de concreto prefabricado. Para conexiones y juntas se usará el 60% del valor de ϕ para concreto de peso normal

**NORMAS ESTRUCTURALES DE DISEÑO RECOMENDADAS PARA LA
REPUBLICA DE GUATEMALA
AGIES NR-7: 2000**

1.4 Propiedades de los materiales

1.4.1 Propiedades del concreto

1.4.1.1 Mezcla

La selección de las propiedades del concreto se regirá por la referencia 1, que se cita al final de los comentarios a esta norma. El diseñador y el constructor tendrán en cuenta los efectos perjudiciales secundarios derivados del uso de concretos excesivamente ricos en cemento y de la práctica de fluidificar concreto a pie de obra con agua agregada sin medición exacta

1.4.1.2 Módulo de elasticidad del concreto

Entretanto se publiquen en Guatemala datos pertinentes, se recomienda no exceder los siguientes valores al calcular el módulo de elasticidad del concreto:

Para concretos de peso normal ($\delta_c = 2300 \text{ kg/m}^3$).

$$E_c \leq 12000 \sqrt{f'_c} \quad (\text{en kg/cm}^2) \quad \dots \dots \dots \quad (\text{Ec. 1.1})$$

Para concretos de otros pesos (con peso específico, δ_c , siempre en kg/m^3).

$$E_c \leq 0.11 \delta_c^{1.5} \sqrt{f'_c} \quad (\text{en kg/cm}^2) \quad \dots \dots \dots \quad (\text{Ec. 1.2})$$

1.4.2 Propiedades del acero de refuerzo

1.4.2.1 Tipo de acero

En el sistema soportante principal y en el sistema sismorresistente se utilizarán varillas de refuerzo ASTM A703 o ASTM A615 o las equivalentes COGUANOR. De utilizarse varillas ASTM A615 se verificará que el punto de fluencia real no exceda en más de 1300 kg/cm^2 el punto de fluencia especificado y que el esfuerzo máximo post-elástico no sea menor que 1.25 veces el punto real de fluencia nominal no será menor que 2800 kg/cm^2

**NORMAS ESTRUCTURALES DE DISEÑO RECOMENDADAS PARA LA
REPUBLICA DE GUATEMALA
AGIES NR-7: 2000**

ni excederá 4200 kg/cm^2 en la estructura primaria. No sólo el punto de fluencia sino también las elongaciones deberán satisfacer los requisitos de la referencia 1, que se cita al final de los comentarios a esta norma. El refuerzo deberá pasar las pruebas de doblaje. Aceros de mayor resistencia, aceros estirados en frío o sin suficiente ductilidad (que no cumplen los requisitos de elongación post-elástica) no deberán ser utilizados en el sistema sismorresistente ni en el sistema soportante principal (columnas, vigas y muros).

1.4.2.2 Limitaciones

El acero de refuerzo ASTM A615 en elementos sismoresistentes no se soldará.

1.5 Calidad de los materiales

Las especificaciones y los muestreos y ensayos que se requieren para garantizar la calidad de los materiales y de las técnicas constructivas empleadas en esta norma se regirán por las normas COGUANOR. Sin embargo, estas normas pueden contener requerimientos complementarios o supletorios. De no existir una norma COGUANOR se recurrirá normas ASTM (American Society of Testing and Materials).

CAPITULO 2

SUPOSICIONES PARA ANALISIS ESTRUCTURAL

2.1 Modelo analítico

El modelo analítico de la estructura será un marco de elementos elásticos unidos con nudos rígidos cuyo análisis estructural deberá cumplir por lo menos con lo estipulado en este numeral y con el inciso 1.8 de la norma NR-3. Sin embargo, pueden utilizarse modelos analíticos más elaborados que los lineales elásticos estipulados aquí.

Los elementos del marco analítico modelarán las vigas, columnas, dinteles y muros de la estructura real. Se tomará en consideración la deformabilidad debida a esfuerzos de flexión, de corte y axiales. El modelo analítico adecuado queda bajo la responsabilidad del analista que decidirá cuáles efectos son relevantes en cada estructura.

Se tomará en cuenta la rigidez efectiva de los elementos de concreto reforzado conforme a principios aceptados de ingeniería estructural para no subestimar la deformabilidad de la estructura. También se tomará en cuenta la deformabilidad adicional causada por la fracturación del concreto reforzado en los diversos elementos.

En el análisis se tomará en cuenta la dimensión y rigidez de los nudos de unión haciendo las suposiciones necesarias para no subestimar ni sobreestimar sus efectos en el comportamiento del marco.

2.2 Guía para el análisis estructural

Para satisfacer los requisitos del inciso anterior, el analista podrá seguir los siguientes lineamientos:

**NORMAS ESTRUCTURALES DE DISEÑO RECOMENDADAS PARA LA
REPUBLICA DE GUATEMALA
AGIES NR-7: 2000**

2.2.1 Modelos analíticos para elementos

Los elementos estructurales en general, aún los muros y dinteles, podrán modelarse como líneas que convergen a nudos de unión puntuales siempre y cuando se tomen en cuenta los casos especiales descritos más adelante.

2.2.2 Localización de elementos

Las líneas que representan a los elementos estarán localizadas a lo largo del eje centroidal de su sección transversal. El centroide por considerar podrá ser el de la sección bruta de concreto y no necesariamente el eje neutro de la sección fracturada de concreto. Si los ejes centroidales de dos elementos colineales no convergen al mismo punto, el analista decidirá si los fuerza a coincidir (ejemplo: vigas de diferente peralte a cada lado del nudo), o si introduce otro nudo unido al primero por un elemento ficticio de gran rigidez (ejemplo: una columna que descansa excéntricamente sobre otra mayor).

2.2.3 Tipos de deformación

Se tomarán en cuenta la deformabilidad axial, de corte y de flexión de un elemento. Sin embargo, normalmente podrá ignorarse la deformabilidad axial de las vigas y los dinteles. Ocasionalmente podrá ignorarse la deformabilidad axial de muros y columnas especialmente en marcos cuya relación de dimensión vertical a dimensión horizontal sea menor que la unidad. Usualmente podrá ignorarse la deformabilidad en corte de vigas y columnas.

2.2.4 Elementos no prismáticos

Podrán modelarse como elementos prismáticos en series.

**NORMAS ESTRUCTURALES DE DISEÑO RECOMENDADAS PARA LA
REPUBLICA DE GUATEMALA
AGIES NR-7: 2000**

2.2.5 Rigidez de nudo

No es necesario considerar zonas rígidas dentro de los nudos salvo que los nudos sean grandes comparados con el tamaño de los elementos (por ejemplo, nudos que exceden el 8% de la longitud libre) En tal caso deberá suponerse que el elemento tiene una zona rígida antes de unirse al nudo cuya longitud no será menor que:

$$Zr_{efectiva} = Zn - 0.67 He \geq 0 \dots\dots\dots (Ec. 2.1)$$

Donde la longitud "Zn" es la porción del elemento que queda dentro del nudo o sea la distancia entre el punto donde el elemento entra al nudo y el punto donde se unen los elementos. "He" es el peralte del elemento cuya longitud de zona rígida se está estimando.

2.2.6 Límites a rigidez de nudo

Podrá suponerse en general que los elementos del marco tienen una zona rígida antes de unirse al nudo cuya longitud no será mayor que:

$$Zr_{efectiva} = Zn - 0.33 He \geq 0 \dots\dots\dots (Ec. 2.2)$$

2.2.7 Rigidez en flexión

Para elementos sin carga axial, se tomará la rigidez en flexión de las secciones fracturadas de concreto Para calcularla, se podrá tomar 0.50 I_g, siendo I_g el momento de inercia de la sección bruta; si las vigas tienen losas monolíticas deberán incluirse alas de por lo menos tres espesores de losa pero no más que las de una sección T de la referencia 1, que se cita al final de los comentarios a esta norma.

2.2.8 Rigidez en flexocompresión

Para elementos con carga axial significativa (más de 0.10 A_gf_c) se podrá calcular la rigidez en flexión tomando 0.80 I_g y la rigidez axial tomando 1.1 A_g.

CAPITULO 3

NIVELES DE PROTECCION

3.1 Nivel de protección A

Cuando solamente se requiera un Nivel de Protección A, la estructura podrá diseñarse conforme a lo especificado en la referencia 1, que se cita al final de los comentarios a esta norma, sin ninguna restricción y empleando las provisiones no sísmicas. La estructura deberá ser capaz de resistir las sollicitaciones de carga conforme lo establece el capítulo 8, de la norma NR-2.

3.2 Nivel de protección B

La edificación cumplirá con lo especificado para el Nivel de Protección A y además con las siguientes restricciones: cualquiera de los sistemas estructurales especificados en el inciso 1.5 de la norma NR-3 puede utilizarse como sistema sismorresistente incluyendo los marcos ordinarios (sistema E2 1) siempre y cuando cumplan con los requisitos del 5 de esta norma; los muros, dinteles y diafragmas deben cumplir los requerimientos del capítulo 7 de esta norma.

3.3 Nivel de protección C1 o superior

La estructura se diseñará conforme con todo lo especificado para niveles de protección A y B y además con las siguientes restricciones:

- (a) Todos los marcos utilizados en el sistema sismorresistente serán marcos especiales que cumplan con los requisitos del capítulo 6 de esta norma;
- (b) Los muros, dinteles y diafragmas deberán cumplir los requisitos del capítulo 7 de esta norma;
- (c) Los marcos ordinarios que cumplan con los requisitos del capítulo 5 de esta norma pueden utilizarse como parte del sistema de resistencia de cargas verticales pero su

**NORMAS ESTRUCTURALES DE DISEÑO RECOMENDADAS PARA LA
REPUBLICA DE GUATEMALA
AGIES NR-7: 2000**

contribución a la sismoresistencia de la estructura se despreciará; sin embargo, deberá verificarse que los marcos ordinarios puedan aceptar los desplazamientos laterales de la estructura correspondiente tanto, al sismo de servicio como al sismo de diseño sin perder su capacidad de carga vertical.

CAPITULO 5

REQUERIMIENTOS PARA MARCOS ORDINARIOS

5.1 Alcances

Todos los marcos ordinarios de concreto reforzado deben llenar los requisitos de esta sección.

5.2 Elementos en flexión

5.2.1 Refuerzo longitudinal

En cualquier sección de un miembro principal sujeto a flexión, la relación de acero $\rho = A_s / (b_w d)$ o $\rho' = A'_s / (b_w d)$ no debe ser menor que $14/f_y$ ni ser mayor que 0.0225. Por lo menos dos varillas N° 5 o mayores deben disponerse en cada cara del elemento. “ A_s ” es el área de acero en tensión, “ A'_s ” es el área de acero en compresión, “ b_w ” es el ancho de la sección transversal o diámetro, si se trata de una sección circular, “ d ” es el peralte efectivo de la sección, y “ f_y ” es la resistencia especificada a la fluencia del acero de refuerzo.

En la vecindad de los nudos o en cualquier sección donde pueda ocurrir fluencia por flexión inducida por carga sísmica, la cantidad de acero de refuerzo en la zona de compresión no será menor que la mitad de la cantidad de acero en la zona de tensión. La cantidad de acero de refuerzo para momento positivo o negativo, en toda sección a lo largo del elemento, no debe ser menor que un cuarto de la cantidad de acero de refuerzo en la sección más reforzada en el elemento.

5.2.2 Refuerzo transversal

Se deberá proveer refuerzo transversal a todo lo largo de los elementos. El refuerzo transversal consistirá de estribos calibre N° 3 o mayores. El espaciamiento máximo de estribos será $d/2$.

**NORMAS ESTRUCTURALES DE DISEÑO RECOMENDADAS PARA LA
REPUBLICA DE GUATEMALA
AGIES NR-7: 2000**

En una longitud igual a vez y media el peralte efectivo “d” del elemento, medida desde el rostro del apoyo, se proveerá zunchos (estribos de confinamiento) cuyo espaciamiento no excederá d/4. La cantidad mínima de refuerzo transversal será:

$$\frac{A_v}{s} \geq \frac{0.15 A_s b_w}{d} \dots\dots\dots (Ec. 6.1)$$

Donde “A_v” es el área de acero transversal y “s” el espaciamiento de dicho refuerzo.

5.3 Elementos sujetos a flexión y carga axial

Los miembros de marcos ordinarios cuya carga axial compresiva de diseño exceda (0.1 f'c A_g) deben reforzarse de acuerdo con esta sección.

5.3.1 Refuerzo longitudinal

El refuerzo longitudinal no deberá ser menor que 0.008 A_g ni excederá 0.045 A_g. Las varillas de refuerzo tendrán soporte lateral conforme lo especificado en la referencia 1, que se cita al final de los comentarios a esta norma. La distancia horizontal entre varillas de refuerzo no excederá 35 centímetros.

5.3.2 Refuerzo transversal

Se proveerá zunchos (estribos de confinamiento) en la cantidad especificada en este inciso sobre una longitud “L_o”, medida desde el rostro del nudo a cada lado de cualquier sección intermedia donde pueda ocurrir fluencia por flexión producida por deformaciones postelásticas del marco.

La longitud “L_o” no debe ser menor que una sexta parte de la altura libre del elemento; la máxima dimensión de la sección transversal del elemento, ni que 45 centímetros.

Dentro de la longitud “L_o”, el espaciamiento máximo entre zunchos no excederá. (1) 8 diámetros de la varilla longitudinal confinada más pequeña, (2) 24 diámetros de la varilla

**NORMAS ESTRUCTURALES DE DISEÑO RECOMENDADAS PARA LA
REPUBLICA DE GUATEMALA
AGIES NR-7: 2000**

confinante; (3) la mitad de la menor dimensión de la sección transversal de la columna. Además, el primer estribo debe estar a no más de 5 cm de la cara de la junta.

En el resto del miembro, más allá de las longitudes “ L_o ”, el espaciamiento del estribo no excederá, en ninguna parte del miembro, la mitad de la menor dimensión de la sección transversal de la columna, ni el doble de los espaciamiento máximos (1) y (2) del párrafo anterior.

Los zunchos (estribos de confinamiento) deben ser estribos con ganchos de 135° cuyas patas rectas no deben ser menores de 8 cm o 6 diámetros de la varilla del zuncho. Pueden usarse eslabones auxiliares intermedios para mejorar el confinamiento.

5.4 Nudos viga-columna

Todos los marcos ordinarios deben tener nudos viga-columna que cumplan con los siguientes requisitos de este inciso.

El refuerzo longitudinal de vigas que legan a lados opuestos de un nudo debe ser continuo a través del mismo. Si el refuerzo superior o inferior no pudiera instalarse continuo a través del nudo por diferencia en dimensiones de las secciones de las vigas, éste debe ser extendido hasta la cara más distante del nudo viga-columna y deberá anclarse para que pueda desarrollar su esfuerzo de fluencia.

Un elemento en flexión que conecta con una columna en donde no hay otro elemento en flexión en el lado opuesto debe tener su refuerzo longitudinal extendido hasta la cara mas distante del nudo confinante y deberá anclarse para que pueda desarrollar su esfuerzo de fluencia.

El refuerzo transversal en el extremo de las columnas especificado en el inciso 5.2.2 debe atravesar el nudo sin interrupción y manteniendo el espaciamiento.