

UNIVERSIDAD CENTRAL "MARTA ABREU" DE LAS VILLAS
FACULTAD DE CONSTRUCCIONES
ESPECIALIDAD: INGENIERÍA CIVIL



TRABAJO DE DIPLOMA

"CONTRIBUCIÓN PARA AGILIZAR EL CÁLCULO DE LA DEFORMACIÓN
EN VIGAS".

Autora: Wendy López Roche
Tutor: MSc. Ing. Alexis González Mendinueta

Santa Clara
2014

Lo que sabemos es una gota de agua, lo que ignoramos es el océano

Isaac Newton

A mi hijo, por estar siempre a mi lado

A mi esposo, por su paciencia

A Alexis, por su amistad incondicional

A mi padre, por orientarme a estudiar esta profesión

A mi madre, por brindarme todo su amor y cariño

A mis hermanos, por quererme como soy

A Gallardo por el amor dado a la familia

A los profesores Dr. Ing. Juan José Hernández Santana y Dr. Ing. Jorge Félix Hernández González por sus orientaciones.

A mi tutor MSc. Ing. Alexis González Mendinueta, por su dedicación, interés y ayuda brindada.

A todos los que, de una forma u otra ayudaron a la realización de este trabajo.

Índice

Introducción	1
Capítulo I. Reseña Histórica de la Deformación	5
I.1 Introducción	5
I.2 Expresiones para el cálculo de la rigidez por las Normas Cubanas	5
I.3 Cálculo de la deformación aplicando las Normas Cubanas	8
I.3.1 NC 053-039/1978:	8
I.3.2 NC 053-039/1989:	9
I.3.3 NC 207:2003	12
I.4 Métodos simplificados	16
I.5 Conclusiones Parciales	18
Capítulo II: Métodos Simplificados para el Cálculo de Flechas	20
II.1 Introducción	20
II.2 Selección de las bases de datos y realización de la hoja de cálculo	20
II.2.1 Estimación de la carga temporal de larga duración	22
II.3 Tablas para el pre dimensionamiento del Peralto	25
II.4 Expresión aproximada para el cálculo de la flecha a partir de los desplazamientos elásticos	30
II.5 Verificación de la inercia reducida	38
II.6 Conclusiones Parciales	40
Capítulo III: Comparación y Validación de Resultados	42
III.1 Introducción	42
III.2 Metodología aplicando las Normas Cubanas	42
III.2.1 Metodología según NC 053-039/1978:	42
III.2.2 Metodología según NC 053-039/1989:	43
III.2.3 Metodología según NC 207:2003	45
III.3 Metodología según fórmula práctica	47
III.4 Metodología según la expresión aproximada	48
III.5 Validación de los Resultados	49
III.6 Conclusiones Parciales	51
Conclusiones	52
Recomendaciones	53

Bibliografía.....	54
Anexo	56

Resumen

Debido a que los valores mínimos propuestos para pre dimensionar los peraltos de las vigas en la NC 207:2003, no coinciden en la mayoría de los casos con los obtenidos durante el cálculo de la flecha, fundamentalmente en entresijos, se realiza en este trabajo un análisis para contribuir a mejorar las mismas, teniendo en cuenta las resistencias de los materiales y diferentes grupos de carga. Por otra parte se desarrolla una expresión sencilla, que permite calcular la flecha total a partir del desplazamiento elástico.

Palabras Claves: Deformación, flechas, Hormigón.

Abstract

Due to the values of minimum thickness of beams shown in NC 207:2003, do not coincide in most cases with those obtained during the calculation of the deflection, primarily in mezzanine, is performed in this paper an analysis to help improve the same, considering the strength of materials and different load groups. Moreover a simple expression that calculates the total deflection from elastic displacement is developed.

Keywords: Deformation, Deflections, Concrete.

Introducción

La deformación en los elementos de hormigón armado se presenta debido a diversos orígenes, por lo que es importante conocer la repercusión que esta pueda tener en la estructura, conocida dicha repercusión es necesario evaluar los factores que puedan incidir en la deformación. Para garantizar el control de las mismas es necesario asegurar que los miembros se proyecten con la rigidez necesaria para evitar que la flecha resultante pueda afectar la funcionalidad de la estructura o de otras partes de la construcción, lográndose mantener dentro de ciertos límites permisibles. Para fijar los límites permisibles pueden considerarse diferentes criterios como son:

- a) Sensoriales.
- b) Servicio que han de presentar la estructura.
- c) Efectos sobre elementos no estructurales.
- d) Efectos sobre elementos estructurales.

Numerosos son los factores que influyen en la deformación, haciéndose muy difícil la predicción exacta de las mismas mediante modelos matemáticos, por todo esto solo pueden hacerse estimaciones de las deformaciones. Muchos los autores Nilson (Nilson, 1999), Park and Paulay (Park, 1991) y otros coinciden en plantear que entre los factores que más inciden se encuentran:

- Características geométricas de la selección.
- Resistencia de los materiales.
- Tipo de carga o acciones.
- Condiciones de apoyo.
- Longitud del elemento.
- Cuantía del refuerzo.
- Presencia de refuerzo a compresión.
- Retracción o contracción.
- Fluencia o flujo plástico.
- Agrietamiento o fisuración.
- Adherencia del refuerzo.

- Fecha de descimbrado.
- Edad de la puesta en carga.
- Condiciones de curado.
- Temperatura.

El aumento del conocimiento de las propiedades de los materiales, ha dado por resultado la aplicación de factores de carga menores y una reserva de resistencia más reducida, así como el empleo de hormigones y aceros de más alta resistencia, que junto al diseño por estados límites, han permitido diseñar elementos estructurales más esbeltos. Todo esto, unido al empleo de elementos no estructurales propensos a sufrir daños debido a las deformaciones, hacen que el control de estas tomen mayor importancia. Esto ha hecho que con el transcurso del tiempo muchas normas y códigos de distintos países hayan perfeccionado la forma de calcular la deformación.

Con el transcurso del tiempo muchas normas y códigos de distintos países, se han dedicado por una parte, a perfeccionar la forma de calcular la deformación y por otra a buscar métodos que permitan simplificar y agilizar dichos cálculos.

Uno de estos métodos es el empleo de las tablas de pre dimensionado de peralte para las vigas, tal y como lo muestra la norma cubana más reciente, la cual en muchos casos, no acierta en los valores finales, por lo que se hace necesario mejorar la misma. Otra vía ha sido buscar expresiones más simplificadas, que permitan a proyectistas y constructores ganar tiempo en determinar de forma rápida y aproximada el valor de la flechas en la vigas.

Lo expuesto anteriormente justifica la siguiente investigación

Problema

¿Cómo contribuir a mejorar y agilizar el diseño del estado límite de la deformación en vigas?

Objeto de la Investigación

Tabla de pre dimensionado del peralte para vigas según la NC 207.

Campo de Acción

Todas las vigas de sección rectangular.

Hipótesis

Es factible actualizar la tabla de pre dimensionamiento del peralte en vigas para diferentes grupos de carga, y también obtener una expresión para calcular, de forma rápida y aproximada la flecha a partir de los desplazamientos elásticos.

Objetivo General

Elaborar nuevas tablas que contribuyan al pre dimensionamiento de vigas para diferentes grupos de cargas, y que permitan calcular la flecha a partir de los desplazamientos elásticos, para agilizar el diseño por el estado límite de deformación.

Objetivos Específicos

1. Realizar una revisión bibliográfica de las normas cubanas sobre el cálculo de la deformación, así como de otras normas que contemplen métodos que simplifiquen el cálculo de la deformación.
2. Crear una hoja de cálculo para procesar los cálculos.

A partir de los resultados obtenidos:

- Confeccionar nuevas tablas de pre dimensionamiento de vigas para los diferentes tipos de carga.
- Obtener una expresión para calcular la flecha a partir del desplazamiento elástico.

Novedad Científica

Esta dada por:

- La actualización de las tablas de pre dimensionado para diferentes grupos de cargas.
- Obtención de una expresión sencilla para calcular la flecha.

Aporte Científico

Se resalta por el uso de las tablas para obtener de forma más precisa valores de peralte según el criterio de deformación.

Campo de Aplicación

Los proyectistas y constructores contarán con las tablas para prefijar valores más exactos de peralte, según los locales donde se ubique el elemento y también tendrán una expresión para calcular valores de flechas sin necesidad de utilizar

la metodología para el cálculo de la misma. Este trabajo puede servir de base para futuras investigaciones y tareas de desarrollo.

Para realizar esta investigación, el trabajo se estructura en tres capítulos:

Capítulo I

Reseña histórica del cálculo de deformación.

Reseña histórica de la evolución de nuestras normas respecto al cálculo de la deformación. Se hará una comparación de cada una de ellas a través de un ejercicio con las mismas condiciones de materiales, geometría y carga. Revisión bibliográfica sobre métodos simplificados para calcular las flechas.

Capítulo II

Métodos Simplificados para el Cálculo de Flechas.

Se preparan los juegos de datos para realizar las corridas de la hoja de cálculo y a partir de los resultados obtenidos, por una parte, se elaboran las tablas para el pre dimensionamiento del peralte y por otra, se prepara una tabla donde se agrupan otros resultados para diferentes valores de cuantía a tracción y diferentes relaciones de cuantía a tracción y a compresión, con los cuales y a través de una simple expresión se puede calcular la deformación a partir del desplazamiento elástico. También se realiza una comparación de las rigideces obtenidas según NC 207 y la propuesta para el análisis estructural según el ACI.

Capítulo III

Ejemplo entre las diferentes metodologías.

Se preparan los juegos de datos para realizar las corridas de la hoja de cálculo y a partir de los resultados obtenidos, por una parte, se elaboran las tablas para el pre dimensionamiento del peralte y por otra, se prepara una tabla donde se agrupan otros resultados para diferentes valores de cuantía a tracción y diferentes relaciones de cuantía a tracción y a compresión, con los cuales y a través de una simple expresión se puede calcular la deformación a partir del desplazamiento elástico. También se realiza una tabla comparativa de las rigideces obtenidas a partir de la flecha total y la propuesta para el análisis estructural según el ACI.

I.1 Introducción

Nuestro país, después de creado el Comité Nacional de Cálculo Estructural (C.O.N.C.E) ha transitado fundamentalmente por tres normas de cálculo y diseño de hormigón armado. La primera norma aparece en el año 1978, la segunda en el año 1989 y la tercera en el año 1997. Una cuarta impresión, similar a la del año 1997, se edita en el 2003, pero con diferente numeración: La Norma Cubana N.C 207. Cada una de estas normas trata un enfoque diferente para el cálculo de la rigidez y de la deformación misma, en dependencia de la norma base utilizada en la confección de las mismas.

I.2 Expresiones para el cálculo de la rigidez por las Normas Cubanas.

Para la determinación de la rigidez es necesario conocer primeramente el estado en que se encuentra la sección, o sea, conocer si la sección está o no fisurada. Desde el punto de vista práctico, sólo se consideran los estados I y II, definir el estado en que se encuentra la sección no es más que calcular el momento de fisuración y compararlo con el momento actuante.

Cuando el momento de fisuración es mayor que el momento actuante, la sección trabaja en el estado I (estado no fisurado), en el cual el hormigón y el acero trabajan de forma integral; y la rigidez de una sección está en función de la inercia de la sección, que se calcula utilizando la inercia bruta (ACI-318S-08) o bien utilizando la inercia de la sección transformada u homogénea (NC 207:2003). Por el contrario, cuando el momento actuante, supera al momento de fisuración, la sección trabaja en el estado II (estado fisurado), pero aquí el hormigón y el acero no trabajan de forma integral, empleándose otras formas para calcular la rigidez. En este trabajo, el análisis se concentra en las expresiones a utilizar en el estado II.

A continuación se exponen las expresiones, de cada una de las normas, para el cálculo de la rigidez según la influencia de los factores fundamentales que intervienen en cada una de ellas.

NC 053-039/1978

$$E \cdot I = D = E_a \cdot A \cdot j_f \cdot (1 - k_f) \cdot h^2 \quad (1.1)$$

E_a : Módulo de deformación del acero.

A : Área de acero de la sección analizada.

j_f : Relación entre el brazo del par de fuerzas resistente interno y el peralte efectivo.

k_f : Relación entre la profundidad del bloque de compresiones y el peralte efectivo.

h : Peralto efectivo.

NC 053-039/1989

$$D = \frac{h \cdot z}{\frac{\varphi_a}{E_a \cdot A} + \frac{\varphi_b}{(\gamma' + k) \cdot \nu \cdot E_b \cdot b \cdot h}} \quad (1.2)$$

φ_a : Coeficiente que tiene en cuenta el aporte del hormigón sometido a tensiones normales de tracción en los tramos entre fisuras y las variaciones en las deformaciones del acero a tracción.

φ_b : Coeficiente que toma en cuenta la falta de uniformidad de las deformaciones de borde del hormigón de la zona comprimida y expresa la relación entre las deformaciones medias ε_{bm} y las deformaciones del hormigón ε_b en la sección donde hay fisura.

z : Brazo del par interno resistente.

k : Altura relativa del bloque comprimido.

ν : Coeficiente que tiene en cuenta el tipo de acción de la carga.

E_b : Módulo de deformación del hormigón.

b : Ancho de la sección.

h : Peralto efectivo.

A : Área de acero de la sección analizada.

E_a : Módulo de deformación del acero.

NC 207:2003

$$E \cdot I = E' b \cdot I_e = I_{fis} + \left(\frac{M_{fis}}{M} \right)^3 \cdot (I_h - I_{fis}) \quad (1.3)$$

I_{fis} : Momento de inercia de la sección fisurada, respecto a la línea neutra.

M_{fis} : Momento de fisuración.

M : Momento de servicio actuante.

I_h : Momento de inercia de la sección transformada.

$E' b$: Módulo de deformación del hormigón.

Expresando cada una de las expresiones en función de la cuantía según (Fierro, 1986) se obtienen:

NC 053-039/1978

$$E \cdot I = D = w \cdot j \cdot (1 - k) \cdot E_a \cdot b \cdot h^3 \quad (1.4)$$

NC 053-039/1989

$$E \cdot I = B = \left[\frac{1 - \frac{\xi}{2}}{\frac{\varphi_a}{w} + \frac{\varphi_b}{w' + \frac{\xi \cdot V}{n}}} \right] \cdot E_a \cdot b \cdot h^3 \quad (1.5)$$

NC 207:2003

$$E \cdot I = C = \left\{ \left(\frac{M_{fis}}{M} \right)^3 \cdot \left[\frac{1}{12 \cdot n} - w \cdot j \cdot (1 - k) \right] + w \cdot j \cdot (1 - k) \right\} \cdot E_a \cdot b \cdot h^3 \quad (1.6)$$

Se observa que el producto $E_a \cdot b \cdot h^3$ es común en estas tres expresiones, donde la autora destaca, por su condición de estar elevada al cubo, que el peralte es el factor más influyente en el cálculo de la rigidez. Por otra parte, si se analiza la influencia del número de factores que intervienen en cada una de estas expresiones, es casi seguro plantear que las expresiones correspondientes a las últimas dos normas, dan valores superiores de rigidez, disminuyendo así el valor de la flecha calculada.

I.3 Cálculo de la deformación aplicando las Normas Cubanas.

A continuación se exponen las metodologías de cálculo usadas por cada una de las normas mencionadas anteriormente. Para simplificar el trabajo, se desarrollan las expresiones sólo para secciones rectangulares, considerando el acero constructivo que se coloca en la parte superior (acero comprimido), ya que son los elementos que más predominan en nuestros diseños y en las construcciones.

I.3.1 NC 053-039/1978

En la literatura consultada, el cálculo para la rigidez que propone la norma, es similar a la planteada por Jiménez Montoya en 1967 (Jiménez, 1987).

$$D = Ea \cdot A \cdot jf \cdot (1 - kf) \cdot h^2$$

En esta expresión, los coeficientes Kf y jf se calculan por las siguientes expresiones:

$$Kf = -\frac{\alpha}{2} + \sqrt{\left(\frac{\alpha}{2}\right)^2 + \alpha} \quad (1.7) \quad jf = 1 - \frac{kf}{2} \quad (1.8)$$

Siendo:

$$\alpha = \frac{n \cdot w}{\beta}, \text{ en la que } n = \frac{Ea}{E'b} \text{ y } w = \frac{A}{b \cdot h}$$

n : Coeficiente de equivalencia entre el acero y el hormigón.

β : Coeficiente empírico que tiene en cuenta el módulo de deformación elastoplástico del hormigón, así como la variación de tensión de la armadura entre dos fisuras. La norma establece un valor de 0.5.

$E'b$: Módulo de deformación del hormigón, donde se toma el módulo secante correspondiente a la carga de corta duración que se calcula como:

$$E'b = 6010 \sqrt{R'b_k} \text{ en MPa.}$$

La flecha total se calcula por la siguiente expresión:

$$ft = fcd + c \cdot fld \quad (1.9)$$

fcd y fld : Flechas de corta y larga duración respectivamente, calculada cada una para el momento producido por cada carga.

c : Factor de incremento de la flecha que tiene en cuenta la relación de la cuantía de la armadura a compresión y a tracción; y depende además de las

características ambientales y del tiempo a partir del cual comienzan a actuar las cargas.

Cuando las cargas de larga duración son aplicadas desde el final del periodo de construcción, c toma los siguientes valores, según recomendaciones del Comité Europeo del Hormigón (C.E.B) de 1970.

Relación entre cuantías Valores de c

$$0 \leq w' < \frac{w}{2} \quad 2$$

$$\frac{w}{2} \leq w' < w \quad 1.6$$

$$w' \geq w \quad 1.4$$

Cuando las cargas de larga duración son aplicadas después de un periodo de endurecimiento del hormigón superior a los 6 meses, el coeficiente c reduce a los valores de 1.5, 1.3 y 1.2 para cada relación de cuantías respectivamente.

f_{cd} y f_{ld} : Flechas de corta y larga duración respectivamente, calculada cada una para el momento producido por cada carga.

I.3.2 NC 053-039/1989

Para la sección fisurada bajo cargas de servicio, la rigidez, según la Instrucción Técnica de la Construcción N° 9 (I.T.C-9), es similar a la planteada por Baykov y Sigalov (Baykov, 1986):

$$D = \frac{h \cdot z}{\frac{\varphi_a}{Ea \cdot A} + \frac{\varphi_b}{(\gamma+k) \cdot \nu \cdot E' b \cdot b \cdot h}} \quad (1.10)$$

φ_b : En todos los casos se recomienda 0.9.

$\nu = 0.45$ Para acción breve.

$\nu = 0.15$ Para acción prolongada y humedad relativa del aire superior al 40%.

φ_a se calcula como:

$$\varphi_a = 1.25 - s \cdot m \leq 1$$

Siendo:

$$m = \frac{M_{fis}}{M_s} \text{ y } M_{fis} = W_{fis} \cdot R_{bk} \quad (1.11)$$

s : Coeficiente que caracteriza la duración de la acción de la carga y el tipo de superficie de las barras y que toma los siguientes valores:

$s = 1.1$ Acción breve de las cargas y barras corrugadas.

$s = 1.0$ Acción breve de las cargas y barras lisas.

$s = 0.8$ Acción prolongada de las cargas y cualquier barra.

W_{fis} : Momento resistente elastoplástico de la sección en la zona traccionada. La norma propone el cálculo empleando el método de los momentos nucleares, (Baykov, 1986):

$$W_{fis} = \frac{2 \cdot [I_{b_c} + (I_{a_1} + I_{a_2})]}{ht - x} + S_{b_t} \quad (1.12)$$

$I_{b_c}, I_{a_1}, I_{a_2}$: Momento de inercia respecto al eje neutro de: la zona comprimida del hormigón, de la armadura comprimida y de la armadura traccionada respectivamente.

S_{b_t} : Momento estático del área de hormigón de la zona traccionada con respecto al eje neutro.

x : Profundidad de la línea neutra.

La posición del eje neutro se determina a partir de la igualdad siguiente:

$$S_{b_c} + n \cdot (S_{a_1} + S_{a_2}) = B_{t_r} \cdot \left(\frac{ht - x}{2} \right) \quad (1.13)$$

S_{b_c} : Momento estático del área comprimida del hormigón con relación al eje neutro.

S_{a_1} y S_{a_2} : Momento estático de las áreas de acero a tracción y a compresión ($A_y A$) respectivamente con relación al eje neutro.

B_{t_r} : Área de hormigón de la zona traccionada.

Todos estos términos quedan en función de x .

La Instrucción Técnica de la Construcción N° 9 admite usar la siguiente expresión simplificada si se cumple que:

$$n \cdot w_{g_t} < 0.25 \quad \gamma_1 < 0.3$$

$$W_{fis} = [0.292 + 1.50 \cdot n \cdot w_{g_t} + 0.15 \cdot \gamma_1] \cdot b \cdot ht^2 \quad (1.14)$$

Para la resistencia a tracción directa se toma el valor de:

$$R_{b_k} = 0.21 \cdot \sqrt[3]{R_{b_k}^2} \quad \text{en MPa}$$

El brazo del par interno resistente se determina por la expresión:

$$z = h \cdot \left(1 - \frac{k^2}{2 \cdot (\gamma' + k)} \right) \quad (I.15)$$

En la cual:

$$\gamma' = \frac{n \cdot Aa'}{v \cdot b \cdot h} \quad k = \frac{1}{1.8 + \frac{1 + 5 \cdot (L + T)}{10 \cdot wg_2 \cdot n}} \quad \text{a su vez } L \text{ y } T \text{ se calculan como:}$$

$$L = \frac{Ms}{b \cdot h^2 \cdot R'bk} \quad T = \gamma' \cdot \left(1 - \frac{d'}{h} \right)$$

d' : Distancia desde centro de gravedad del refuerzo a compresión hasta la fibra más comprimida.

wg_2 : Ídem a w

Ms : Momento de servicio del estado de carga que se analiza.

Puede notarse en la expresión (I.15) que, el factor que afecta al peralte para calcular el brazo del par interno, es similar a la expresión (I.8), sin tener en cuenta el efecto de γ' .

Se ha dejado para último el módulo de deformación longitudinal del hormigón $E'b$, que al igual que la resistencia a tracción directa, coincide con el recomendado por Jiménez Montoya (Jiménez, 1987), que corresponde al valor medio del módulo de deformación para cargas instantáneas o rápidamente variables.

$$E'b_m = 9500 \cdot \sqrt[3]{R'bk + 8} \text{ en MPa.}$$

Este valor también es el empleado en el cálculo del coeficiente de equivalencia n . Como puede verse la expresión (I.10) utiliza varios coeficientes para captar la influencia de muchos factores, los cuales han sido determinados de forma experimental.

La flecha total es calculada según la expresión:

$$ft = f_1 - f_2 + f_3 \quad (I.16)$$

f_1 : Flecha debida a la acción breve de toda la carga.

f_2 : Flecha debida a la acción breve de la carga de larga duración.

f_3 : Flecha debida a la acción prolongada de toda la carga.

En la determinación de la rigidez D , se tiene en cuenta la variación de los coeficientes v , s y φ_a , así como los valores de Ms en correspondencia con la duración de la carga.

I.3.3 NC 207:2003

Por ser esta, la norma vigente, se hace énfasis en algunos aspectos de interés. La misma establece un método de cálculo de la rigidez, basado en la Inercia efectiva, propuesto por Dan E. Branson y adoptado por el Instituto Americano del Hormigón (A.C.I) en su reglamento desde el año 1971. También es empleado por la Instrucción de Hormigón Estructural (E.H.E 2008) y por muchos códigos de países latinoamericanos.

$$I_e = I_{fis} + \left(\frac{M_{fis}}{M} \right)^3 (I_h - I_{fis}) \leq I_h$$

Esta expresión proporciona una transición entre los límites superior e inferior de I_h e I_{fis} como función de la relación entre el momento de fisuración y el momento actuante (Figura 1)

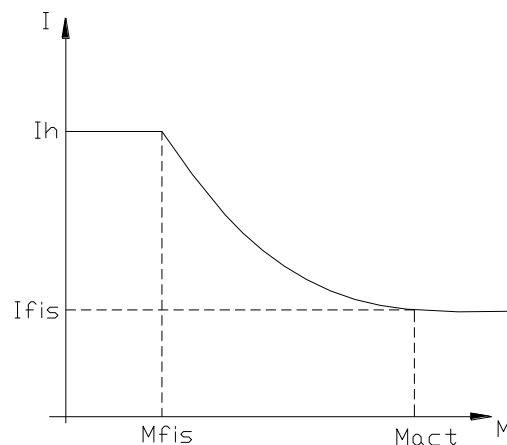


Figura 1

Park and Paulay (Park, 1991) plantean que la misma es suficientemente exacta puesto que tiene en cuenta los siguientes factores:

- Magnitud del agrietamiento
- Distribución de la carga
- Contribución del hormigón entre las grietas

Analizándose la figura anterior se hace evidente que mientras mayor sea el momento actuante I_e tiende a I_{fis} esto se debe a que mayor será el número de fisuras y menor la contribución del hormigón entre las grietas. Por el contrario, cuando el momento actuante tiene un valor pequeño, tal que la zona de fisuras y el número de estas sea menor, I_e tiende a I_h , hasta que $M_{fis} \leq M_{act}$ donde $I_e = I_h$.

El momento de fisuración se determina por la siguiente expresión:

$$M_{fis} = \frac{Rb_{kf} \cdot I_h}{V_2} \quad (1.17)$$

Rb_{kf} : Resistencia a tracción por flexión que se toma:

$$Rb_{kf} = 0.62 \cdot \sqrt{R'bk} \text{ en MPa}$$

V_2 : Distancia del centroide de la sección homogeneizada a la fibra más traccionada y para una sección rectangular considerando el refuerzo superior (a compresión) se calcula como:

$$V_2 = \frac{\frac{b \cdot ht^2}{2} + (n-1) \cdot A \cdot d + (n-1) \cdot A' \cdot (ht - d')}{b \cdot ht + (n-1) \cdot (A + A')} \quad (1.18)$$

$$I_h = \frac{b \cdot ht^3}{12} + b \cdot ht \cdot \left(V_2 - \frac{ht}{2} \right)^2 + (n-1) \cdot A \cdot (V_2 - d)^2 + (n-1) \cdot A' \cdot (V_2 - ht - d')^2 \quad (1.19)$$

De la expresión para el cálculo de la inercia efectiva, queda por analizar el momento de Inercia de la sección agrietada.

y se determina por la siguiente expresión:

$$I_{fis} = \frac{b \cdot x^3}{3} + [n \cdot A + (n-1) \cdot A'] \cdot x^2 - [2 \cdot n \cdot A \cdot h + 2 \cdot (n-1) \cdot A' \cdot d'] \cdot x + n \cdot A \cdot h^2 + (n-1) \cdot A' \cdot d'^2 \quad (1.20)$$

El método para calcular el momento de la sección agrietada, se fundamenta en las siguientes hipótesis, las cuales se basan en pruebas experimentales muy amplias.

Hipótesis

- La distribución de las deformaciones en todo el peralte de la sección se considera lineal.
- El hormigón no resiste esfuerzos de tracción.
- Tanto el hormigón como el acero se encuentran dentro del límite elástico.

En la expresión (1.20) x es la profundidad del eje neutro y se determina calculando la siguiente ecuación de segundo grado:

$$\frac{b \cdot x^2}{2} + [n \cdot A + (n-1) \cdot A'] \cdot x - [n \cdot A \cdot h + (n-1) \cdot A' \cdot d'] = 0 \quad (1.21)$$

$$x = \frac{-B + \sqrt{B^2 - 4 \cdot A \cdot C}}{2 \cdot A}$$

$$A = \frac{b}{2}$$

$$B = n \cdot A + (n-1) \cdot A'$$

$$C = -[n \cdot A \cdot h + (n-1) \cdot A' \cdot d']$$

Sólo queda por explicar el módulo de deformación del hormigón y se obtiene por la siguiente expresión:

$$E_b = 4800 \cdot \sqrt{R' b k} \text{ en MPa.}$$

La expresión propuesta por la norma para el cálculo de la flecha total es:

$$f_{tot} = f_{te} + \lambda_{\infty} f_{fp} + \lambda_t f_{fld} \quad (1.22)$$

f_{tot} : Flecha total.

f_{te} : Flecha inmediata debido a la carga temporal total.

f_{cp} : Flecha inmediata debido a la carga permanente.

f_{fld} : Flecha inmediata debido a la carga temporal de larga duración.

Los valores anteriores se calculan como:

$$f_{te} = C \cdot \left(\frac{M_t}{I_{et}} - \frac{M_{cp}}{I_{ecp}} \right)$$

$$f_{cp} = C \cdot \frac{M_{cp}}{I_{ecp}}$$

$$f_{fld} = C \cdot \left(\frac{M_{ld}}{I_{eld}} - \frac{M_{cp}}{I_{ecp}} \right)$$

Donde C tiene en cuenta las condiciones de apoyo y tipo de carga, la longitud de la viga y el módulo de deformación del hormigón.

M : Momento de servicio de la sección para la carga total, permanente y de larga duración respectivamente.

I_e : Inercia efectiva para cada uno de los estados de carga anteriores.

De aquí se deduce que la inercia efectiva se debe calcular para diferentes estados de carga y que nunca puede obtenerse un valor de flecha inmediata para la carga temporal sola, pues el valor real de inercia que enfrenta esta carga es provocado también por la carga permanente.

$\lambda_\infty, \lambda_T$: Factores calculados para un tiempo infinito de la carga permanente y para una duración esperada de la carga temporal de larga duración respectivamente.

Muchos son los factores que influyen en la flecha a largo plazo (flecha diferida), pero la autora coincide con la literatura consultada de que los efectos de la fluencia y de la retracción del hormigón son los más influyentes. La retracción provoca una distribución no uniforme de deformaciones en la sección, produciendo una curvatura en dependencia de la asimetría del refuerzo, mientras mayor sea la asimetría, mayor será la retracción. Por su parte la fluencia o flujo plástico del hormigón reduce la longitud de la parte comprimida de la sección produciendo una curvatura adicional. Esto significa que un aumento del refuerzo a compresión disminuye ambos efectos y por ende la deformación.

La norma cubana determina λ por la siguiente expresión:

$$\lambda = \frac{T}{1 + 50 \cdot w'} \quad (1.23)$$

w' : Cuantía a compresión.

T : Factor dependiente del tiempo de duración de la carga que toma los siguientes valores:

5 años o más 2.0

12 meses1.4

6 meses1.2

3 meses1.0

Park and Paulay (Park, 1991) recomiendan un factor de incremento igual a:

$$\lambda = 2 - 1.2 \cdot \frac{A'}{A} \geq 0.6$$

Esta expresión fue desarrollada por Yu y Winter en 1960 que depende de la relación entre las áreas de acero a compresión y tracción respectivamente. Dicha expresión da, en la mayoría de los casos, valores menores que la propuesta por la norma.

Generalmente la expresión (1.22) toma la forma:

$$f_{tot} = f_{te} + \lambda \cdot (f_p + f_{ld}) \quad (1.23)$$

Ya que en la mayoría de los casos la carga temporal de larga duración tiene duración infinita.

I.4 Métodos simplificados

Se realiza una revisión bibliográfica buscando, dentro del Estado Límite de la Deformación, métodos que simplifiquen el cálculo de la misma. Se encuentran varias normativas (ACI-318S-08, 207:2003), que presentan Tablas y/o expresiones para prefijar el peralte en función de la longitud de las vigas, las cuales se muestran a continuación:

ACI 318S-08 y NC 207:2003

Tabla N° 1

	Espesor mínimo h			
Condiciones de apoyo	Simplemente apoyado	Con un extremo continuo	Ambos extremos continuos	En voladizo
Elementos	Elementos que no soporten o estén ligados a divisiones u otro tipo de elementos susceptibles de dañarse debido a deflexiones grandes			
Vigas o losas nervadas en una dirección	$\frac{l}{16}$	$\frac{l}{18.5}$	$\frac{l}{21}$	$\frac{l}{8}$

Indicándose lo siguiente:

Los valores dados en la tabla se deben usar directamente en elementos de concreto de peso normal y refuerzo grado $420MPa$. Para otras condiciones los valores deben modificarse como sigue:

Para f_y distinto de $420MPa$ los valores de esta tabla deben multiplicarse por

$$\left(0.4 + \frac{f_y}{700}\right).$$

Reglamento de Estruturas de Betão Armado e Pré-Esforçado 1983

$$\frac{l_i}{h} \leq 20 \cdot \eta$$

En que:

h : Peralto de la viga.

$l_i = \alpha \cdot l$: Vano equivalente de la viga, siendo l el vano teórico y α un coeficiente cuyos valores son dados en el cuadro siguiente para condiciones de carga que no incluyan cargas concentradas de efectos significativos.

η : Coeficiente que, según el tipo de acero utilizado, toma los siguientes valores:

A 235	$\eta = 1.4$
A 400	$\eta = 1.0$
A 500	$\eta = 0.8$

Valores del coeficiente α

Condiciones de apoyo de la viga	α
Simplemente apoyada	1.0
Doblemente empotrada	0.6
Apoyada en un extremo y empotrada en otro	0.8
En voladizo (sin rotación del apoyo)	2.4

Señalándose:

En el caso de vigas cuya deformación afecte paredes divisorias, al menos que la fisuración de estas, sea contrariada por otras medidas adecuadas, debe ser respetada la siguiente condición, además de la indicada anteriormente:

$$\frac{l_i}{h} \leq \frac{120}{l_i} \cdot \eta$$

En que l_i y h son expresados en metros.

Instrucción de Hormigón Estructural E.H.E-08.**Tabla N° 2**

Relaciones $\frac{L}{d}$ en vigas de hormigón armado sometidos a flexión simple

Sistema estructural $\frac{L}{d}$	Elementos fuertemente armados $\rho = 1.5\%$	Elementos débilmente armados $\rho = 0.5\%$
Viga simplemente apoyada	14	20
Viga continua en un extremo	18	26
Viga continua en ambos extremos	20	30
Voladizos	6	8

Para vigas armadas con acero A – 500.

d : Peralto efectivo de la sección

También se investiga sobre la existencia de expresiones que permitan realizar el cálculo de la deformación de forma más sencilla, encontrándose un artículo en internet (Milton de Araújo, 2011) en el cual se desarrollan dos expresiones prácticas a partir del modelo bilineal del Comité Europeo del Hormigón (C.E.B).

Por otra parte, el análisis de la literatura permite conocer la tendencia en algunas normativas (ACI-318S-08 y el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal) de utilizar, en los modelos para el análisis, valores de inercia reducidos, que en los elementos a flexión bajo carga de servicio, toman el valor de $0.5 I_g$, esto considera que la sección ya se encuentra fisurada.

I_g : Inercia bruta de la viga.

I.5 Conclusiones Parciales

- Para el cálculo de la flecha el peralte resulta ser el factor más influyente en el cálculo de la rigidez.
- Con el transcurso del tiempo, se profundiza cada vez más en el estudio de la rigidez, incluyéndose en las expresiones la influencia de una mayor cantidad de factores.

- La presencia del acero a compresión, permite reducir los valores de flecha.
- El estudio bibliográfico realizado permite establecer el estado actual de la temática, dando la posibilidad de poder analizar las tablas de pre dimensionamiento, utilizar una fórmula práctica para calcular la flecha y analizar si el valor límite de $0.5 I_g$ propuesto, es posible validarlo.

II.1 Introducción

Como se hace mención en la introducción, numerosas normas y códigos buscan la forma de simplificar y agilizar el cálculo de la deformación. En el Capítulo I, se mencionan a algunas normas, entre ellas la Norma Cubana (NC 207:2003), que proponen Tablas para prefijar el peralte de un elemento a partir de su longitud, para el cual no es necesario realizar dicho cálculo. Respecto a este tema especialistas de Empresas de Proyecto y de la Universidad coinciden en que estos valores, no siempre son del todo cierto, ya que hay muchos casos en los cuales esa relación no se cumple, fundamentalmente a medida que se incrementan las cargas. Otra vía, tal y como la realizada por M. Araújo (Milton de Araújo, 2011) es la de obtener expresiones prácticas que simplifiquen el cálculo de la flecha. Por otra parte, se observa en algunas normas, tales como el Instituto Americano del Hormigón y el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal, la propuesta de usar el 50% de la inercia bruta ($0.5 I_g$), durante el análisis de las estructuras en la etapa de servicio.

II.2 Selección de las bases de datos y realización de la hoja de cálculo.

Para lograr el propósito de este trabajo, se crea una base de datos, la cual se describe a continuación:

Se eligen tres valores de intercolumnios y longitudes de viga respectivamente, que en este trabajo se tomaron iguales:

Intercolumnios (m)	Longitud de viga (m)
4.00	4.00
6.00	6.00
8.00	8.00

Combinando los mismos se generan nueve variantes, esto permite obtener nueve valores de solicitaciones para cada uno de los grupos de carga a crear, que incluyen la carga permanente (C.P) y la carga temporal o de servicio (C.U), incluyendo el porcentaje de larga duración, según la función de los locales. Se establecen ocho grupos, los cuales se muestran a continuación:

Grupos de carga	C.P (kn/m ²)	C.U (kn/m ²)
I	4.00	2.00
II	5.00	2.00
III	5.50	2.00
IV	6.50	2.00
V	4.00	4.00
VI	5.50	4.00
VII	5.50	3.00
VIII	6.50	3.00

Para los voladizos se toman las siguientes longitudes: 0.80m, 1.60m y 2.40m, generándose también nueve variantes para este caso.

Por otra parte se utilizan las siguientes calidades de hormigón y acero

Resistencia del Hormigón (MPa)	Resistencia del Acero (MPa)
20	300
30	420

Combinándose de la siguiente forma:

Combinación	R ['] bk (MPa)	Rak (MPa)
I	20	300
II	20	420
III	30	300
IV	30	420

En cada una de estas combinaciones, se incluyen los ocho estados de carga y en cada uno de ellos las nueve variantes de luces e intercolumnios. Todo esto junto se procesa para cada una de las siguientes condiciones de apoyo:

Bi - Articulado

Empotrado – articulado

Bi – empotrado

Voladizo

En total se realizan 1152 variantes.

En todos los casos se trabaja con cargas lineales, distribuidas en toda la longitud de las vigas.

Para correr esta base de datos, se prepara un programa utilizando una hoja de cálculo en EXCEL que, a partir de los datos de entrada, realiza el diseño por resistencia del elemento y posteriormente el cálculo de la deformación.

- Datos

b R'bk Rak L d'c ro ht d
 qcp qct I/C %qld Fperm.

- Cargas, Momentos y Diseño por Resistencia

qpp qcp qcu Mcp Mld Mt Mu Ms Ws As A`s

- Momento de Fisuración e Inercias de la sección

w w' y lh Mfis x Ifis lecp lect lectld

- Inercias efectivas a usar y resultado de las flechas

le1 le2 le3 fte fp ftld flecha

- Otros resultados Desplaz. Relación Desp/flecha, Mfis/Mt, 0.5lg, y comprobación de flechas

Desp. Coef. L/ht Mfis/Mt 0.5lg f<(f1) f<(f2)

En el programa se tiene en cuenta la variación del valor d (distancia del centroide del refuerzo hasta la parte inferior de la viga), para determinar el peralte efectivo, el cual se ajusta según la cantidad de refuerzo en la sección, se establecen los siguientes valores:

Área de acero a tracción (As en cm ²)	Valor de d
Hasta 20	70
Entre 20 y 30	90
Entre 30 y 45	110
Entre 45 y 60	130
Mayor de 60	150

II.2.1 Estimación de la carga temporal de larga duración.

En este epígrafe, se comenta sobre la estimación de los por ciento de carga temporal a considerar como carga de larga duración. En la literatura consultada

hacen referencia a este tema la Norma Brasileña Proyecto de Estructuras de Hormigón (NBR 6118:2003) y el libro Cálculo de Flechas en Estructuras de Hormigón Armado (Calavera, 1992).

La NBR 6118:2003 considera dos coeficientes de reducción:

Ψ_1 - Factor de reducción de la combinación frecuente para ELS.

Ψ_2 - Factor de reducción de la combinación casi permanente para ELS.

ELS: Estado límite de servicio.

Esta norma, para el Estado límite de la deformación, utiliza los coeficientes Ψ_2 (Ver tabla N° 3).

Tabla N° 3

Acciones		Ψ_1	Ψ_2
Cargas accidentales en edificios	Edificios residenciales.	0,4	0,3
	Oficinas, Centros comerciales, Edificios públicos.	0,6	0,4
	Bibliotecas, Archivos, Oficinas, Garajes.	0,7	0,6

Por su parte (Calavera, 1992), tomando como referencia al Código Modelo de 1990, muestran los porcentajes de la sobrecarga de uso en la siguiente tabla:

Tabla N° 4

Acciones		Valor Frecuente	Valor casi permanente
Sobrecarga de uso	Viviendas	40	20
	Oficinas y Almacenes minoristas	60	40
	Parqueos	70	60
Viento y Nieve	Cubierta	20	0

Es de señalar que nuestros proyectistas carecen de una norma donde se indiquen los porcentos de carga temporal a usar, pudiendo existir diferentes criterios respecto a los valores a elegir, decidiendo la experiencia o los conocimientos adquiridos de otras normas. En este trabajo la autora utiliza los siguientes porcentos:

Cubiertas:	0
Oficinas:	60
Lobby y Restaurant:	40
Cocinas:	60

En cubiertas se considera la carga temporal de larga duración 0% ya que generalmente esta se desprecia. En las oficinas y cocinas se consideró un 60% porque se considera con mayor carga la presencia de archivos y equipamiento gastronómico respectivamente que al personal de trabajo, todo lo contrario al lobby y restaurant donde se considera el 40% porque el mobiliario existente es menos pesado que la cantidad de personas que puede aglomerarse. Algo similar ocurre en los teatros.

Es interesante destacar el poco uso que se le da en la práctica y que tampoco fue aplicado en este trabajo, a la reducción de la carga temporal. La Norma Cubana Edificaciones. Cargas De Uso (NC 284:2003) propone la siguiente expresión:

$$\alpha = 0.5 + \frac{3}{\sqrt{A}} \geq 0.8 \quad (\text{II.1})$$

α : coeficiente de reducción de la carga.

A: área de carga (m^2).

Esta reducción es solo válida para áreas mayores de 36 m^2 .

También el Código Unificado de las Construcciones (U.B.C) del año 1997 propone la expresión:

$$L = L_0 \cdot \left[0.25 + 4.57 \cdot \left(\frac{1}{\sqrt{A_i}} \right) \right] \quad (\text{II.2})$$

A_i = Área de influencia (m^2). El área de influencia es cuatro veces el área tributaria para una columna, dos veces el área tributaria para una viga, igual al área del panel para una losa en dos direcciones e igual al producto de la luz y el ancho del ala para vigas Te pretensadas.

L = Carga reducida de diseño (m^2).

L_0 = Carga temporal según el local (m^2).

La carga viva reducida no debe ser menor que el 50% de la carga temporal para los miembros que reciben carga de un solo nivel, ni menor que 40% para el resto.

La autora recomienda el uso de estas expresiones, pues refina aún más el cálculo de la deformación.

II.3 Tablas para el pre dimensionamiento del peralte.

En cada una de las variantes corridas, en la hoja de cálculo, se selecciona el valor de L/ht , a partir del cual la flecha cumple con la flecha permisible, teniendo en cuenta las condiciones de apoyo, la resistencia del acero y los valores de carga (Ver anexo I).

El valor de L/ht se obtiene, para cada uno de los grupos de carga, calculando un promedio de los valores obtenidos en cada variante mediante la expresión:

$$\frac{L}{ht} = \frac{\sum \frac{L_i}{ht}}{N^{\circ} \text{Variantes}}$$

Ejemplo:

$$\frac{L}{ht} = \frac{\sum \left[\left(\frac{1}{11} \right) \cdot 4 + \left(\frac{1}{10} \right) \cdot 3 + \left(\frac{1}{9} \right) \cdot 2 \right]}{9} = \frac{1}{10}$$

A continuación se muestran los valores promedios obtenidos de todas las tablas, en función de la resistencia de los materiales.

Tabla N°5

	$R'bk = 20MPa$				$Rak = 300MPa$			
	Bi articulado		Bi empotrado		Empotrado - Articulado		Voladizo	
	$L/240$	$L/480$	$L/240$	$L/480$	$L/240$	$L/480$	$L/240$	$L/480$
$6.0 \frac{kn}{m^2}$	$\frac{1}{12}$	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{14}$	$\frac{1}{14}$	$\frac{1}{12}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$
$7.0 \frac{kn}{m^2}$	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{14}$	$\frac{1}{13}$	$\frac{1}{11}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$
$8.5 \frac{kn}{m^2}$	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{7}$	$\frac{1}{15}$	$\frac{1}{12}$	$\frac{1}{12}$	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$

$7.5\text{kn}/\text{m}^2$	$1/10$	$1/7$	$1/15$	$1/12$	$1/13$	$1/10$	$1/4$	$1/3$
$8.0\text{kn}/\text{m}^2$	$1/9$	$1/7$	$1/15$	$1/13$	$1/12$	$1/10$	$1/4$	$1/3$
$9.5\text{kn}/\text{m}^2$	$1/9$	$1/7$	$1/14$	$1/12$	$1/12$	$1/10$	$1/4$	$1/3$
$8.5\text{kn}/\text{m}^2$	$1/9$	$1/8$	$1/16$	$1/12$	$1/12$	$1/10$	$1/4$	$1/3$
$9.5\text{kn}/\text{m}^2$	$1/9$	$1/7$	$1/14$	$1/12$	$1/12$	$1/9$	$1/4$	$1/3$

Tabla N°6

		$R'bk = 30\text{MPa}$				$Rak = 300\text{MPa}$			
Carga Total	Bi articulado		Bi empotrado		Empotrado - Articulado		Voladizo		
	$L/240$	$L/480$	$L/240$	$L/480$	$L/240$	$L/480$	$L/240$	$L/480$	
$6.0\text{kn}/\text{m}^2$	$1/12$	$1/9$	17	$1/15$	$1/15$	$1/12$	$1/4$	$1/4$	
$7.0\text{kn}/\text{m}^2$	$1/12$	$1/9$	$1/16$	$1/14$	$1/15$	$1/12$	$1/4$	$1/4$	
$8.5\text{kn}/\text{m}^2$	$1/10$	$1/8$	$1/15$	$1/12$	$1/13$	$1/10$	$1/4$	$1/3$	
$7.5\text{kn}/\text{m}^2$	$1/10$	$1/7$	$1/15$	$1/13$	$1/13$	$1/10$	$1/4$	$1/3$	
$8.0\text{kn}/\text{m}^2$	$1/11$	$1/8$	$1/16$	$1/13$	$1/13$	$1/11$	$1/4$	$1/3$	
$9.5\text{kn}/\text{m}^2$	$1/10$	$1/8$	$1/16$	$1/13$	$1/13$	$1/10$	$1/4$	$1/3$	
$8.5\text{kn}/\text{m}^2$	$1/10$	$1/7$	$1/15$	$1/12$	$1/13$	$1/10$	$1/4$	$1/3$	
$9.5\text{kn}/\text{m}^2$	$1/10$	$1/7$	$1/15$	$1/12$	$1/12$	$1/10$	$1/4$	$1/3$	

Tabla N°7

		<i>R'bk = 20MPa</i>				<i>Rak = 420MPa</i>			
Carga Total	Bi articulado		Bi empotrado		Empotrado – Articulado		Voladizo		
	<i>L/240</i>	<i>L/480</i>	<i>L/240</i>	<i>L/480</i>	<i>L/240</i>	<i>L/480</i>	<i>L/240</i>	<i>L/480</i>	
6.0kn/m^2	$\frac{1}{11}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{13}$	$\frac{1}{14}$	$\frac{1}{11}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	
7.0kn/m^2	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{15}$	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{13}$	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{3}$	
8.5kn/m^2	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{7}$	$\frac{1}{14}$	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{12}$	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{3}$	
7.5kn/m^2	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{7}$	$\frac{1}{15}$	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{12}$	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{3}$	
8.0kn/m^2	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{7}$	$\frac{1}{15}$	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{12}$	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{3}$	
9.5kn/m^2	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{7}$	$\frac{1}{14}$	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{12}$	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{3}$	
8.5kn/m^2	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{7}$	$\frac{1}{14}$	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{12}$	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{3}$	
9.5kn/m^2	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{14}$	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{12}$	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{3}$	

Tabla N°8

		<i>R'bk = 30MPa</i>				<i>Rak = 420MPa</i>			
Carga Total	Bi articulado		Bi empotrado		Empotrado - Articulado		Voladizo		
	<i>L/240</i>	<i>L/480</i>	<i>L/240</i>	<i>L/480</i>	<i>L/240</i>	<i>L/480</i>	<i>L/240</i>	<i>L/480</i>	
6.0kn/m^2	$\frac{1}{11}$	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{14}$	$\frac{1}{14}$	$\frac{1}{12}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	
7.0kn/m^2	$\frac{1}{12}$	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{11}$	$\frac{1}{14}$	$\frac{1}{11}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	
8.5kn/m^2	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{7}$	$\frac{1}{15}$	$\frac{1}{12}$	$\frac{1}{12}$	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{3}$	
7.5kn/m^2	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{7}$	$\frac{1}{15}$	$\frac{1}{12}$	$\frac{1}{12}$	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{3}$	
8.0kn/m^2	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{15}$	$\frac{1}{13}$	$\frac{1}{13}$	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{3}$	

$9.5\text{kn}/\text{m}^2$	$1/9$	$1/7$	$1/15$	$1/12$	$1/12$	$1/9$	$1/4$	$1/3$
$8.5\text{kn}/\text{m}^2$	$1/9$	$1/7$	$1/15$	$1/12$	$1/12$	$1/9$	$1/4$	$1/3$
$9.5\text{kn}/\text{m}^2$	$1/9$	$1/7$	$1/15$	$1/12$	$1/12$	$1/9$	$1/4$	$1/3$

Se procede a resumir las cargas en tres grupos con los valores siguientes:

Hasta $6\text{kn}/\text{m}^2$, De $6\text{kn}/\text{m}^2$ a $8\text{kn}/\text{m}^2$ y Mayores de $8\text{kn}/\text{m}^2$

El valor de L/ht a usar es el que más predomine en los valores seleccionados dentro de cada rango de carga.

Tabla N°9

		$R'bk = 20\text{MPa}$				$Rak = 420\text{MPa}$			
Carga Total		Bi articulado		Bi empotrado		Empotrado - Articulado		Voladizo	
		$L/240$	$L/480$	$L/240$	$L/480$	$L/240$	$L/480$	$L/240$	$L/480$
Hasta	$6\text{kn}/\text{m}^2$	$1/11$	$1/8$	$1/16$	$1/13$	$1/14$	$1/11$	$1/4$	$1/4$
De	$6\text{kn}/\text{m}^2$ a $8\text{kn}/\text{m}^2$	$1/10$	$1/7$	$1/15$	$1/9$	$1/12$	$1/9$	$1/4$	$1/3$
Mayores de	$8\text{kn}/\text{m}^2$	$1/9$	$1/7$	$1/14$	$1/9$	$1/12$	$1/9$	$1/4$	$1/3$

Tabla N°10

		<i>R'bk = 20MPa</i>				<i>Rak = 300MPa</i>			
Carga Total		Bi articulado		Bi empotrado		Empotrado - Articulado		Voladizo	
		$L/240$	$L/480$	$L/240$	$L/480$	$L/240$	$L/480$	$L/240$	$L/480$
Hasta	$6kn/m^2$	$1/12$	$1/9$	$1/16$	$1/14$	$1/14$	$1/12$	$1/4$	$1/4$
De	$6kn/m^2$ a $8kn/m^2$	$1/10$	$1/7$	$1/15$	$1/13$	$1/13$	$1/10$	$1/4$	$1/3$
Mayores de	$8kn/m^2$	$1/9$	$1/7$	$1/14$	$1/12$	$1/12$	$1/9$	$1/4$	$1/3$

Tabla N°11

		<i>R'bk = 30MPa</i>				<i>Rak = 300MPa</i>			
Carga Total		Bi articulado		Bi empotrado		Empotrado - Articulado		Voladizo	
		$L/240$	$L/480$	$L/240$	$L/480$	$L/240$	$L/480$	$L/240$	$L/480$
Hasta	$6kn/m^2$	$1/12$	$1/9$	$1/17$	$1/15$	$1/15$	$1/12$	$1/4$	$1/4$
De	$6kn/m^2$ a $8kn/m^2$	$1/11$	$1/8$	$1/16$	$1/13$	$1/13$	$1/11$	$1/4$	$1/3$
Mayores de	$8kn/m^2$	$1/10$	$1/7$	$1/15$	$1/12$	$1/13$	$1/10$	$1/4$	$1/3$

Tabla N°12

		$R'bk = 30MPa$				$Rak = 420MPa$			
Carga Total		Bi articulado		Bi empotrado		Empotrado - Articulado		Voladizo	
		$L/240$	$L/480$	$L/240$	$L/480$	$L/240$	$L/480$	$L/240$	$L/480$
Hasta	$6kn/m^2$	$1/11$	$1/9$	$1/16$	$1/14$	$1/14$	$1/12$	$1/4$	$1/4$
De	$6kn/m^2$ a $8kn/m^2$	$1/10$	$1/8$	$1/15$	$1/12$	$1/13$	$1/10$	$1/4$	$1/3$
Mayores de	$8kn/m^2$	$1/9$	$1/7$	$1/15$	$1/12$	$1/12$	$1/10$	$1/4$	$1/3$

II.4 Expresión aproximada para el cálculo de la flecha a partir de los desplazamientos elásticos.

En este epígrafe, se propone dar a conocer una expresión muy sencilla para calcular la flecha de un elemento a partir de los desplazamientos elásticos. La expresión toma la forma siguiente:

$$f = \beta \cdot \Delta \text{ (II.1)}$$

f : Flecha del elemento.

Δ : Desplazamiento elástico de la estructura.

β : Coeficiente adimensional.

Los desplazamientos pueden ser obtenidos aplicando métodos computacionales mediante el uso de programas de análisis tales como el SAP 2000, STAAD Pro y otros, o bien mediante el empleo de las tablas que se encuentran en los libros de Resistencia de Materiales (Pisarenko, 1985), (Stiopin, 1976).

El coeficiente Beta (β) se determina dividiendo todas las flechas totales (incluyendo la flecha diferida) entre los desplazamientos elásticos calculados para la carga total.

Para la confección de la tabla, que resume los coeficientes, se agrupan todos los resultados obtenidos para cada una de las combinaciones de resistencia de materiales establecidas. A partir de aquí, se seleccionan varios rangos de cuantía a tracción, que van desde la cuantía mínima según la resistencia de los materiales y dentro de cada uno de estos rangos se calcula el promedio de los coeficientes. Con este procedimiento se elaboran las tablas correspondientes, graficando los resultados obtenidos.

Tabla N°13

20-300						
Rango de cuantía	A' = Amín		A' = 0.5 A		A' = A	
	Coef.	Mfis/Mt	Coef.	Mfis/Mt	Coef.	Mfis/Mt
0.002-0.003	1.77	1.63	1.68	1.66	1.56	1.7
0.003-0.004	1.78	1.07	1.63	1.10	1.45	1.14
0.004-0.005	2.14	0.87	1.82	0.90	1.48	0.95
0.005-0.006	2.78	0.73	2.29	0.77	1.80	0.82
0.006-0.007	3.17	0.64	2.58	0.68	2.02	0.72
0.007-0.008	3.42	0.58	2.75	0.62	2.14	0.67
0.008-0.009	3.47	0.53	2.76	0.57	2.14	0.62
0.009-0.01	3.50	0.49	2.76	0.53	2.15	0.58
0.01-0.015	3.29	0.42	2.50	0.47	1.92	0.53
0.015-0.02	2.99	0.35	2.10	0.40	1.58	0.47
0.02-0.025	2.76	0.31	1.80	0.38	1.33	0.45
0.025-0.03	2.58	0.29	1.58	0.36	1.14	0.45

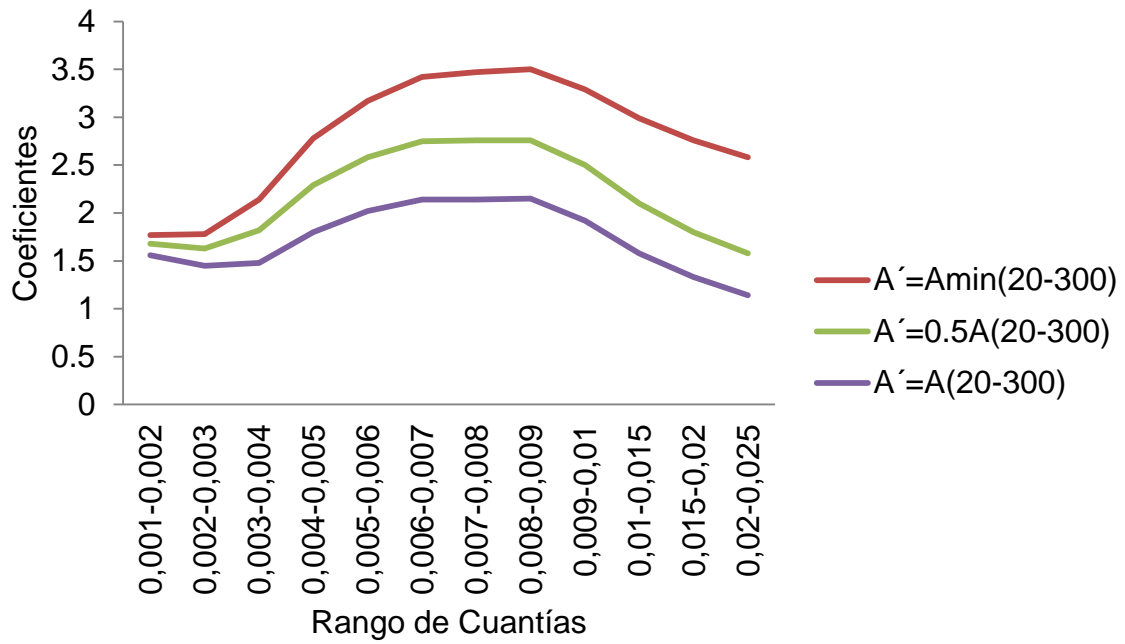


Gráfico W - β

Figura II.1

Tabla N°14

20-420						
Rango de cuantía	$A' = A_{min}$		$A' = 0.5 A$		$A' = A$	
	Coef.	Mfis/Mt	Coef.	Mfis/Mt	Coef.	Mfis/Mt
0.001-0.002	1.79	1.74	1.75	1.67	1.66	1.70
0.002-0.003	1.83	1.23	1.74	1.06	1.58	1.09
0.003-0.004	2.58	0.83	2.38	0.81	2.0	0.84
0.004-0.005	3.51	0.67	3.20	0.66	2.65	0.69
0.005-0.006	4.07	0.56	3.60	0.57	3.0	0.56
0.006-0.007	4.11	0.50	3.65	0.50	3.01	0.54
0.007-0.008	4.08	0.45	3.49	0.46	2.87	0.50
0.008-0.009	3.99	0.41	3.32	0.43	2.71	0.47
0.009-0.01	3.93	0.39	3.22	0.40	2.62	0.45
0.01-0.015	3.56	0.34	2.79	0.36	2.23	0.41
0.015-0.02	3.14	0.28	2.26	0.31	1.75	0.38
0.02-0.025	2.84	0.32				
0.025-0.03	2.69	0.29				

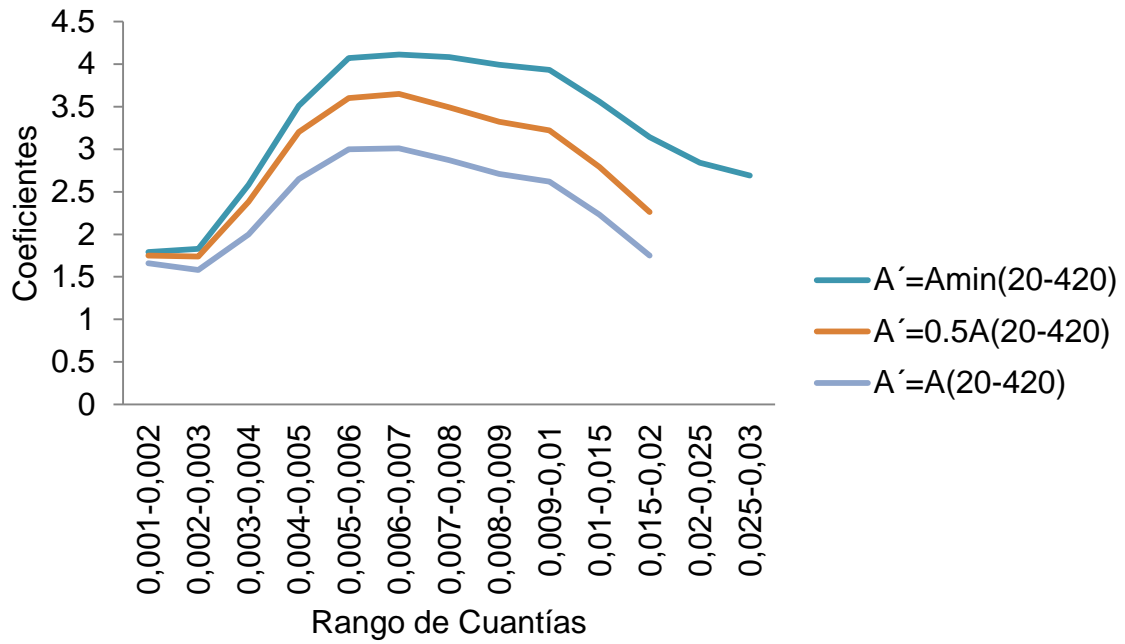


Gráfico W - β

Figura II.2

Tabla N°15

30-300						
Rango de cuantía	A' = Amin		A' = 0.5 A		A' = A	
	Coef.	Mfis/Mt	Coef.	Mfis/Mt	Coef.	Mfis/Mt
0.003-0.004	1.78	1.67	1.66	1.70	1.51	1.75
0.004-0.005	1.80	1.02	1.60	1.05	1.39	1.09
0.005-0.006	2.20	0.86	1.83	0.89	1.47	0.94
0.006-0.007	2.78	0.74	2.25	0.78	1.75	0.82
0.007-0.008	3.21	0.66	2.56	0.70	1.96	0.75
0.008-0.009	3.38	0.61	2.66	0.65	2.05	0.70
0.009-0.01	3.56	0.56	2.78	0.60	2.13	0.65
0.01-0.015	3.58	0.47	2.71	0.51	2.06	0.57
0.015-0.02	3.35	0.38	2.38	0.43	1.80	0.50
0.02-0.025	3.19	0.33	2.11	0.39	1.57	0.46
0.025-0.03	2.94	0.30	1.83	0.36	1.34	0.44

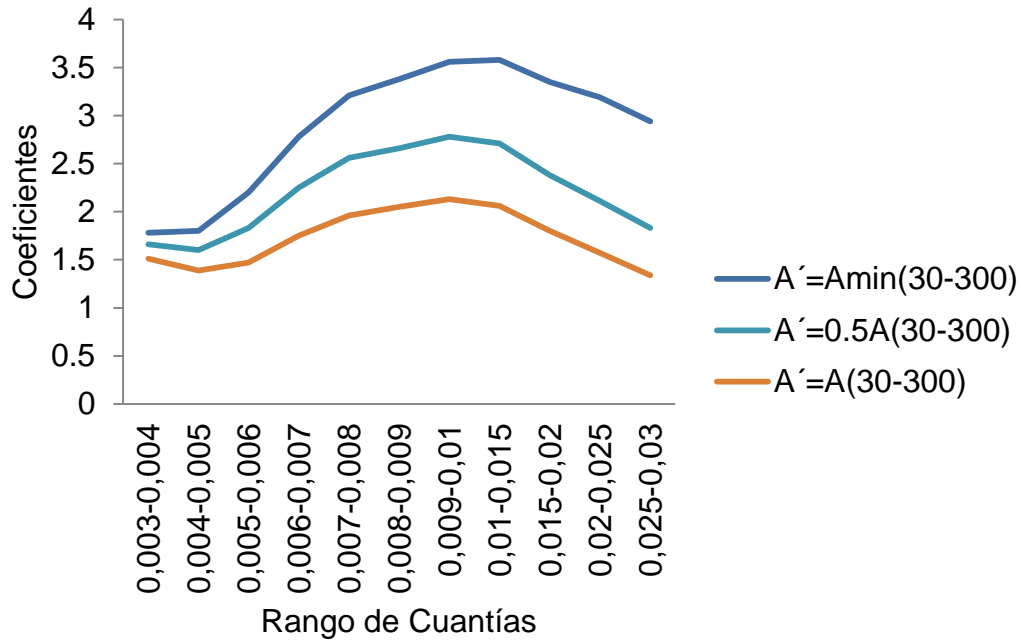


Gráfico W - β

Figura II.3

Tabla N°16

30-420						
Rango de cuantía	A' = Amin		A' = 0.5 A		A' = A	
	Coef.	Mfis/Mt	Coef.	Mfis/Mt	Coef.	Mfis/Mt
0.002-0.003	1.79	1.61	1.72	1.62	1.60	1.66
0.003-0.004	2.04	0.93	1.85	0.95	1.61	0.98
0.004-0.005	2.98	0.75	2.59	0.77	2.15	0.80
0.005-0.006	3.85	0.63	3.30	0.65	2.70	0.68
0.006-0.007	4.15	0.55	3.52	0.58	2.86	0.61
0.007-0.008	4.36	0.49	3.65	0.52	2.97	0.56
0.008-0.009	4.38	0.45	3.65	0.48	2.95	0.52
0.009-0.01	4.29	0.42	3.50	0.44	2.84	0.49
0.01-0.015	4.04	0.36	3.19	0.39	2.55	0.44
0.015-0.02	3.57	0.29	2.62	0.33	2.05	0.39
0.02-0.025	3.28	0.26	2.25	0.30	1.71	0.36
0.025-0.03	3.19	0.24	2.12	0.30	1.59	0.37

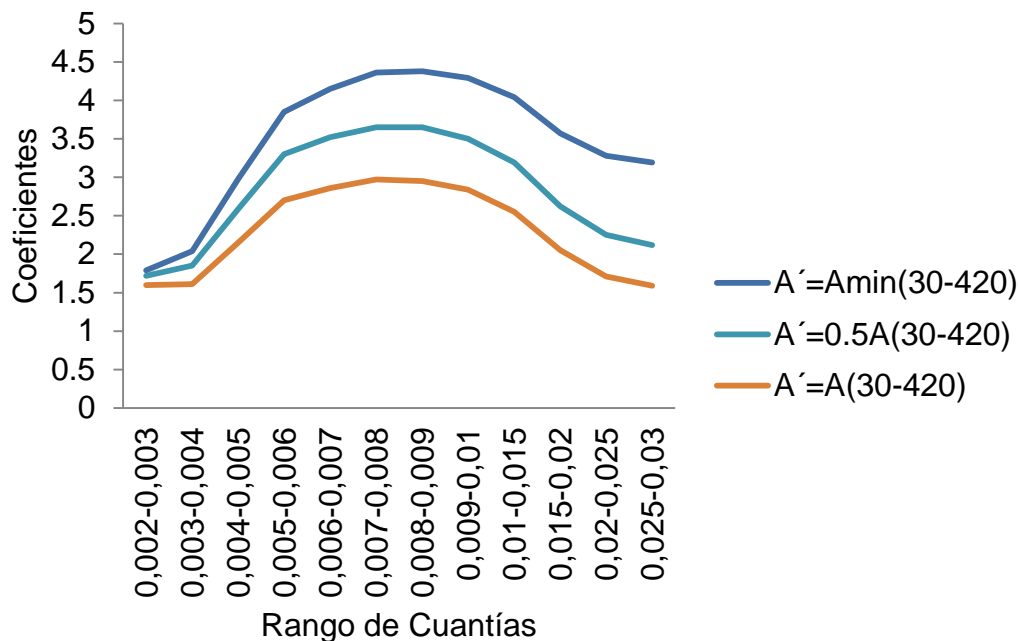
Gráfico W - β

Figura II.4

Analizando las figuras anteriores, se observa que el coeficiente β disminuye hasta que $M_{fcs}/M_t < 1$, comienza a incrementarse aproximadamente hasta valores de cuantías del 1% y del 0.7% para las resistencias del refuerzo de 300 MPa y 420 MPa respectivamente, a partir de ahí disminuyen nuevamente, debido al incremento de la cuantía a tracción. Además se demuestra la influencia del acero a compresión en el cálculo de la deformación.

Se observa la coincidencia de las curvas en los aceros con la misma resistencia, independiente de la resistencia del hormigón. Superponiendo los gráficos (Figuras II.5 y II.6), se puede afirmar que la influencia de la resistencia del hormigón es prácticamente nula en la determinación de los coeficientes, esto permite que el número de tablas puedan ponerse sólo en función de la resistencia del acero. La autora propone, de forma conservadora, usar los coeficientes de mayor valor independientemente de la resistencia.

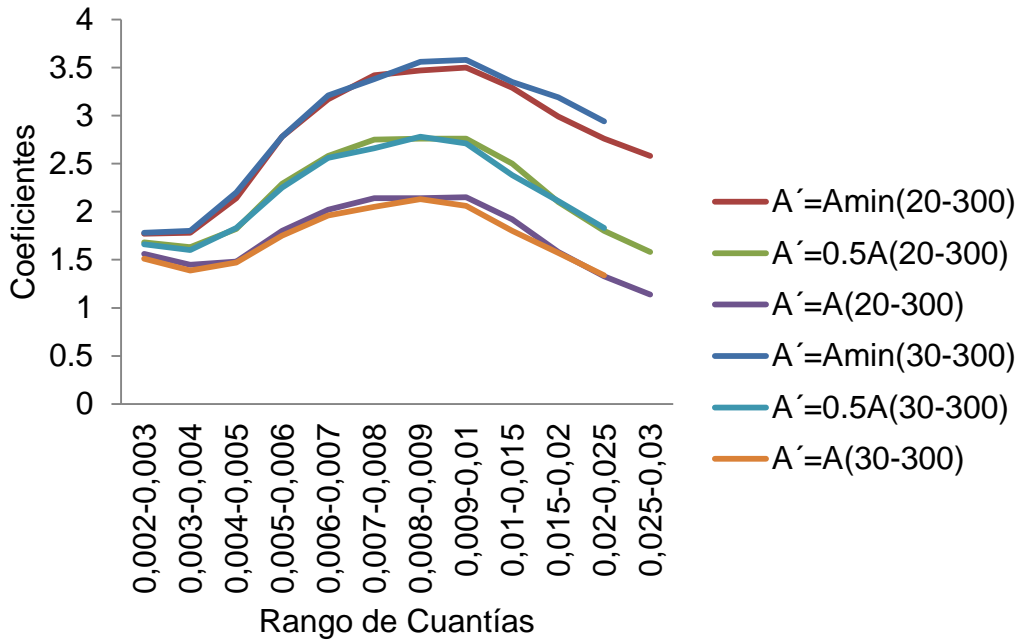


Gráfico W - β

Figura II.5

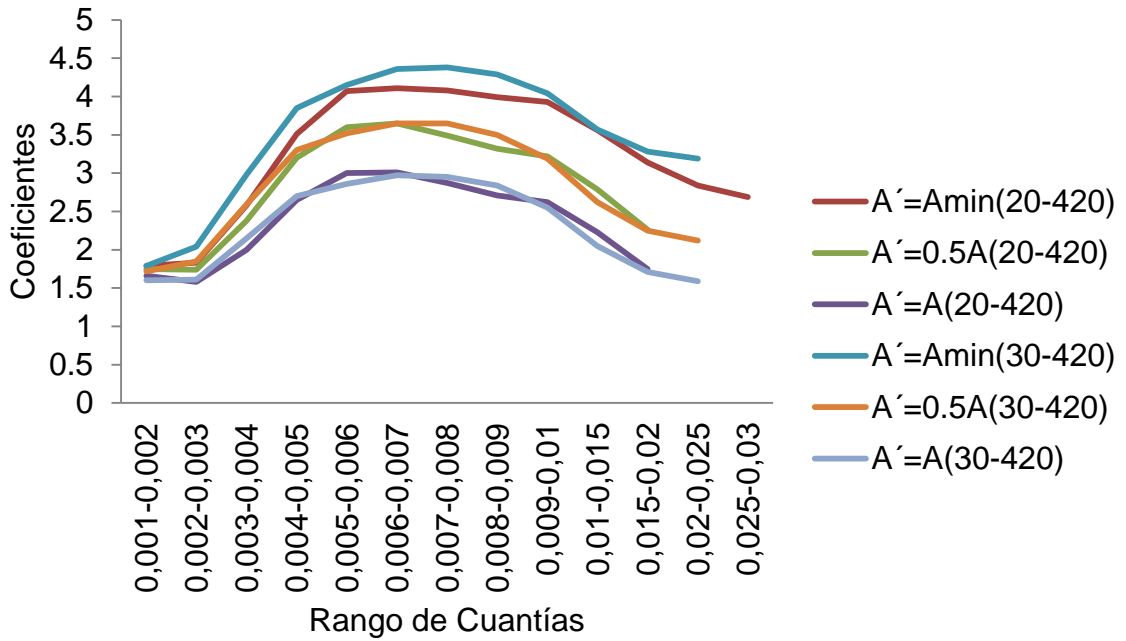


Gráfico W - β

Figura II.6

Tabla N°17

300			
Rango de cuantía	A´=Amín	A´=0.5 A	A´=A
	β	β	β
0,002-0,003	1,77	1,68	1,56
0,003-0,004	1,78	1,66	1,51
0,004-0,005	2,14	1,82	1,48
0,005-0,006	2,78	2,29	1,8
0,006-0,007	3,17	2,58	2,02
0,007-0,008	3,42	2,75	2,14
0,008-0,009	3,47	2,76	2,14
0,009-0,01	3,56	2,78	2,15
0,01-0,015	3,58	2,71	2,06
0,015-0,02	3,35	2,38	1,8
0,02-0,025	3,19	2,11	1,57
0,025-0,03	2,94	1,83	1,34

Tabla N° 18

420			
Rango de cuantía	A´=Amín	A´=0.5 A	A´=A
	β	β	β
0,001-0,002	1,79	1,75	1,66
0,002-0,003	1,83	1,85	1,61
0,003-0,004	2,98	2,59	2,15
0,004-0,005	3,85	3,3	2,7
0,005-0,006	4,15	3,6	3
0,006-0,007	4,15	3,65	3,01
0,007-0,008	4,36	3,65	2,97
0,008-0,009	4,38	3,65	2,95
0,009-0,01	4,29	3,5	2,84
0,01-0,015	4,04	3,19	2,55
0,015-0,02	3,57	2,62	2,05
0,02-0,025	3,28	2,25	1,71
0,025-0,03	3,19	2,12	1,59

II.5 Verificación de la inercia reducida

Este epígrafe surge como recomendación, durante el proceso de revisión de este trabajo, para evaluar el comportamiento del valor de la inercia reducida durante la etapa de servicio. Este valor, propuesto por el Comité Americano del Hormigón (A.C.I), es igual a la mitad de la inercia bruta de la sección o sea $I_r = 0.5I_g$ y se usa para calcular la rigidez de las estructuras tipo pórtico durante la modelación, con el objetivo de determinar fundamentalmente los desplazamientos de la estructura ante las cargas de servicio, donde influye también las uniones entre las vigas y las columnas. En este trabajo las vigas se analizan de forma aislada y usando la hoja de cálculo, se procede a determinar coeficientes los cuales son comparados con el valor de 0.5. Estos coeficientes se obtienen partiendo del cálculo de la flecha total:

$$f_{tot} = f_{te} + \lambda_{\infty} \cdot f_p + \lambda_t \cdot f_{td} \quad (II.2)$$

El valor de la flecha total se sustituye en la expresión para el cálculo del desplazamiento elástico, poniendo la inercia en función del valor K y despejando se obtiene:

$$k = \frac{\rho \cdot M \cdot l^2}{E \cdot b \cdot f_{tot} \cdot I} \quad (II.3)$$

O lo que es lo mismo, determinar el inverso del coeficiente β determinado en el epígrafe anterior. De aquí, según los valores de f_{tot} se van obteniendo valores de K, posteriormente se realiza un proceso similar a la obtención de β con la diferencia que, cuando se agrupan para diferentes rangos de cuantía, se eliminan todas aquellas donde el momento de fisuración supera al momento actuante, esto es: $M_{fis} / M_t > 1$, ya que siempre se trabajan con las secciones fisuradas.

Tabla N°19

20-300						
Rango de cuantía	A´=Amín		A´=0.5 A		A´=A	
	Mfis/Mt	K	Mfis/Mt	K	Mfis/Mt	K
0.003-0.004	0.96	0.54	0.97	0.60	0.98	0.67
0.004-0.005	0.87	0.48	0.89	0.55	0.93	0.67
0.005-0.006	0.73	0.37	0.77	0.45	0.81	0.57
0.006-0.007	0.64	0.32	0.68	0.40	0.72	0.51
0.007-0.008	0.58	0.30	0.62	0.37	0.67	0.48
0.008-0.009	0.53	0.29	0.57	0.37	0.62	0.48
0.009-0.01	0.49	0.29	0.53	0.37	0.58	0.47
0.01-0.015	0.42	0.31	0.47	0.41	0.53	0.53
0.015-0.02	0.35	0.34	0.40	0.48	0.47	0.64
0.02-0.025	0.31	0.36	0.38	0.56	0.45	0.76
0.025-0.03	0.29	0.39	0.36	0.64	0.45	0.89

Tabla N°20

20-420						
Rango de cuantía	A´=Amín		A´=0.5 A		A´=A	
	Mfis/Mt	K	Mfis/Mt	K	Mfis/Mt	K
0.002-0.003	0.94	0.51	0.94	0.55	0.96	0.61
0.003-0.004	0.79	0.39	0.81	0.44	0.84	0.51
0.004-0.005	0.67	0.31	0.66	0.32	0.69	0.39
0.005-0.006	0.56	0.26	0.57	0.28	0.60	0.34
0.006-0.007	0.50	0.25	0.50	0.28	0.54	0.34
0.007-0.008	0.45	0.25	0.46	0.29	0.50	0.35
0.008-0.009	0.41	0.25	0.43	0.31	0.47	0.37
0.009-0.01	0.39	0.26	0.40	0.31	0.45	0.39
0.01-0.015	0.34	0.28	0.36	0.36	0.41	0.45
0.015-0.02	0.28	0.32	0.32	0.45	0.38	0.58
0.02-0.025	0.32	0.35				
0.025-0.03	0.29	0.37				

Tabla N°21

30-300						
Rango de cuantía	A´=Amín		A´=0.5 A		A´=A	
	Mfis/Mt	K	Mfis/Mt	K	Mfis/Mt	K
0.004-0.005	0.95	0.54	0.96	0.62	0.98	0.72
0.005-0.006	0.86	0.46	0.89	0.55	0.92	0.68
0.006-0.007	0.74	0.37	0.78	0.83	0.82	0.59
0.007-0.008	0.66	0.32	0.70	0.75	0.75	0.52
0.008-0.009	0.61	0.30	0.65	0.70	0.70	0.50
0.009-0.01	0.56	0.29	0.60	0.65	0.65	0.48
0.01-0.015	0.47	0.28	0.51	0.57	0.57	0.49
0.015-0.02	0.38	0.30	0.43	0.50	0.50	0.56
0.02-0.025	0.33	0.32	0.39	0.46	0.46	0.64
0.025-0.03	0.30	0.34	0.36	0.44	0.44	0.76

Tabla N°22

30-420						
Rango de cuantía	A´=Amín		A´=0.5 A		A´=A	
	Mfis/Mt	K	Mfis/Mt	K	Mfis/Mt	K
0.003-0.004	0.90	0.48	0.91	0.53	0.92	0.60
0.004-0.005	0.75	0.35	0.77	0.40	0.80	0.48
0.005-0.006	0.63	0.27	0.65	0.31	0.68	0.38
0.006-0.007	0.55	0.25	0.57	0.29	0.61	0.36
0.007-0.008	0.49	0.23	0.52	0.28	0.56	0.34
0.008-0.009	0.45	0.23	0.48	0.28	0.52	0.34
0.009-0.01	0.42	0.24	0.44	0.29	0.49	0.36
0.01-0.015	0.36	0.25	0.39	0.32	0.44	0.40
0.015-0.02	0.29	0.28	0.34	0.39	0.39	0.50
0.02-0.025	0.26	0.31	0.30	0.45	0.36	0.59
0.025-0.03	0.24	0.32	0.30	0.48	0.37	0.64

II.6 Conclusiones Parciales.

- Para los rangos de carga seleccionados, que son muy usados en las construcciones turísticas y obras extra hoteleras, los coeficientes obtenidos en las relaciones L/ht , resultan menores que los mostrados en la Norma Cubana NC 207:2003, generando valores superiores de peralte.

- Fue posible desarrollar una expresión para calcular de forma aproximada la deformación a partir de los desplazamientos elásticos.
- Los coeficientes obtenidos, a partir de la flecha total, para calcular la inercia reducida, toman valores que varían entre 0.30 y 0.70 según la resistencia de los materiales, las cuantías y su relación.

III.1 Introducción

En este capítulo, primeramente se expone una comparación numérica entre las metodologías propuestas por cada una de las normas utilizadas en Cuba. Posteriormente se realiza una validación del resultado que se obtiene por la expresión propuesta por la autora, comparándola con los valores obtenidos anteriormente y también con la segunda fórmula práctica propuesta por José Milton de Araújo (Milton de Araújo, 2011).

III.2 Metodología aplicando las Normas Cubanas.

Datos

$$R'bk = 30MPa \quad Rak = 300MPa \quad Ea = 2 \times 10^5 MPa$$

Viga Simplemente apoyada, Carga Distribuida

$$Mcp = 113.4Kn - m \quad Mld = 124.2Kn - m \quad Mt = 167.4Kn - m$$

$$L = 6.00m \quad b = 30cm \quad ht = 40cm \quad d = 9cm \quad d' = 7cm \quad As = 33.66cm^2 \quad A's = 1.42cm^2$$

III.2.1 Metodología según NC 053-039/1978

$$h = ht - d = 400 - 90 = 310cm$$

$$w = \frac{A}{bh} = \frac{3366}{300 \cdot 310} = 0.0362$$

$$E'b = 6010 \cdot \sqrt{R'bk} = 6010 \cdot \sqrt{30} = 32918MPa$$

$$n = \frac{Ea}{E'b} = \frac{2 \times 10^5}{32918} = 6.08$$

$$\alpha = \frac{n \cdot w}{\beta} = \frac{6.08 \cdot 0.0362}{0.5} = 0.44$$

$$kf = -\frac{\alpha}{2} + \sqrt{\left(\frac{\alpha}{2}\right)^2 + \alpha} = -\frac{0.44}{2} + \sqrt{\left(\frac{0.44}{2}\right)^2 + 0.44} = 0.592$$

$$jf = 1 - \frac{kf}{2} = 1 - \frac{0.592}{2} = 0.704$$

$$D = Ea \cdot A \cdot jf \cdot (1 - kf) \cdot h^2 = 2 \times 10^5 \cdot 3366 \cdot 0.704 \cdot (1 - 0.592) \cdot 310^2 = 18582336368640N - mm^2$$

$$Mcd = Mt - Mld = 167.40 - 124.20 = 43.20kn - m$$

$$C = \frac{\rho \cdot l^2}{E'b} = \frac{5}{48} \cdot \frac{6000^2}{32918} = 113.92$$

$$fcd = C \cdot \frac{Mcd}{D} = 113.92 \cdot \frac{43.20 \times 10^6}{18582336368640} = 8.72 \text{ mm}$$

$$fld = C \cdot \frac{Mld}{D} = 113.92 \cdot \frac{124.20 \times 10^6}{18582336368640} = 25.07 \text{ mm}$$

$$w' = \frac{A'}{bh} = \frac{142}{300 \cdot 310} = 0.00153 \text{ (w)}$$

$$c = 2$$

$$ft = fcd + c \cdot fld = 8.72 + 2 \cdot 25.07 = 58.9 \text{ mm}$$

III.2.2 Metodología según NC 053-039/1989

$$wg_1 = \frac{A'}{bh} = \frac{142}{300 \cdot 310} = 0.00153 \quad wg_2 = \frac{A}{bh} = \frac{3366}{300 \cdot 310} = 0.0362$$

$$wg_t = \frac{A}{bh_t} = \frac{3366}{300 \cdot 400} = 0.02806$$

$$E'b = 9500 \cdot \sqrt[3]{R'bk + 8} = 9500 \cdot \sqrt[3]{30 + 8} = 31939 \text{ Mpa}$$

$$n = \frac{Ea}{E'b} = \frac{2 \times 10^5}{31939} = 6.26$$

$$Rb_k = 0.21 \cdot \sqrt[3]{R'bk^2} = 0.21 \cdot \sqrt[3]{30^2} = 2.03 \text{ MPa}$$

$$\gamma_1' = \frac{n \cdot A'}{b \cdot ht} = \frac{6.26 \cdot 142}{300 \cdot 400} = 0.00741$$

$$n \cdot wg_t = 6.26 \cdot 0.02806 = 0.176 < 0.25 \quad \gamma_1' = 0.00741 < 0.3$$

Se puede usar la expresión simplificada:

$$Wfis = [0.292 + 1.50 \cdot n \cdot wg_t + 0.15 \cdot \gamma_1'] \cdot b \cdot ht^2$$

$$Wfis = [0.292 + 1.50 \cdot 6.26 \cdot 0.02806 + 0.15 \cdot 0.00741] \cdot 300 \cdot 400^2 = 26716555 \text{ mm}^3$$

$$Mfis = Wfis \cdot Rbk = 26716555 \cdot 2.03 \times 10^{-6} = 54.23 \text{ kn} - m$$

D_{21} para f_1 (carga total y acción breve)

$$L = \frac{Mt}{b \cdot h^2 \cdot R'bk} = \frac{167.4 \times 10^6}{300 \cdot 310^2 \cdot 30} = 0.194$$

$$\gamma' = \frac{n \cdot A'}{v \cdot b \cdot h} = \frac{6.26 \cdot 142}{0.45 \cdot 300 \cdot 310} = 0.0212$$

$$T = \gamma' \cdot \left(1 - \frac{d'}{h}\right) = 0.0212 \cdot \left(1 - \frac{70}{310}\right) = 0.0164$$

$$k = \frac{1}{1.8 + \frac{1 + 5 \cdot (L + T)}{10 \cdot w g_2 \cdot n}} = \frac{1}{1.8 + \frac{1 + 5 \cdot (0.194 + 0.0164)}{10 \cdot 0.0362 \cdot 6.26}} = 0.37$$

$$z = h \cdot \left(1 - \frac{k^2}{2 \cdot (\gamma' + k)}\right) = 310 \cdot \left(1 - \frac{0.37^2}{2 \cdot (0.0212 + 0.37)}\right) = 255.76 \text{ mm}$$

$$m = \frac{M_{fis}}{M_t} = \frac{54.23}{167.40} = 0.324$$

$$\varphi_a = 1.25 - s \cdot m = 1.25 - 1.1 \cdot 0.324 = 0.894 < 1$$

$$D_{21} = \frac{h \cdot z}{\frac{\varphi_a}{Ea \cdot A} + \frac{\varphi_b}{(\gamma' + k) \cdot v \cdot E' b \cdot b \cdot h}} = \frac{310 \cdot 255.76}{\frac{0.894}{2 \times 10^5 \cdot 3366} + \frac{0.9}{(0.0212 + 0.37) \cdot 0.45 \cdot 31939 \cdot 300 \cdot 310}}$$

$$D_{21} = 26002370938738 \text{ N} - \text{mm}^2$$

D_{22} para f_2 (carga de larga duración y acción breve)

$$L = \frac{M_{ld}}{b \cdot h^2 \cdot R'_{bk}} = \frac{124.2 \times 10^6}{300 \cdot 310^2 \cdot 30} = 0.144$$

$$\gamma' = 0.0212$$

$$T = 0.0164$$

$$k = \frac{1}{1.8 + \frac{1 + 5 \cdot (L + T)}{10 \cdot w g_2 \cdot n}} = \frac{1}{1.8 + \frac{1 + 5 \cdot (0.144 + 0.0164)}{10 \cdot 0.0362 \cdot 6.26}} = 0.385$$

$$z = h \cdot \left(1 - \frac{k^2}{2 \cdot (\gamma' + k)}\right) = 310 \cdot \left(1 - \frac{0.385^2}{2 \cdot (0.0212 + 0.385)}\right) = 253.44 \text{ mm}$$

$$m = \frac{M_{fis}}{M_{ld}} = \frac{54.23}{124.20} = 0.437$$

$$\varphi_a = 1.25 - s \cdot m = 1.25 - 1.1 \cdot 0.437 = 0.769 < 1$$

$$D_{22} = \frac{h \cdot z}{\frac{\varphi_a}{Ea \cdot A} + \frac{\varphi_b}{(\gamma' + k) \cdot v \cdot E' b \cdot b \cdot h}} = \frac{310 \cdot 253.44}{\frac{0.769}{2 \times 10^5 \cdot 3366} + \frac{0.9}{(0.0212 + 0.385) \cdot 0.45 \cdot 31939 \cdot 300 \cdot 310}}$$

$$D_{22} = 28060144142690 \text{ N} - \text{mm}^2$$

D_{23} para f_3 (carga de larga duración y acción prolongada)

$$\gamma' = \frac{n \cdot A'}{v \cdot b \cdot h} = \frac{6.26 \cdot 142}{0.15 \cdot 300 \cdot 310} = 0.0636$$

$$L = 0.144$$

$$T = 0.0164$$

$$k = 0.385$$

$$z = 253.44 \text{ mm}$$

$$m = 0.437$$

$$\varphi_a = 0.769 < 1$$

$$D_{23} = \frac{h \cdot z}{\frac{\varphi_a}{Ea \cdot A} + \frac{\varphi_b}{(\gamma' + k) \cdot v \cdot E' b \cdot b \cdot h}} = \frac{310 \cdot 253.44}{\frac{0.769}{2 \times 10^5 \cdot 3366} + \frac{0.9}{(0.0636 + 0.385) \cdot 0.15 \cdot 31939 \cdot 300 \cdot 310}}$$

$$D_{23} = 13917484984550 \text{ N} - \text{mm}^2$$

$$C = \rho \cdot l^2 = \frac{5}{48} \cdot 6000^2 = 3750000$$

$$f_1 = C \cdot \frac{Mt}{D_{21}} = 3750000 \cdot \frac{167.40 \times 10^6}{26002370938738} = 24.14 \text{ mm}$$

$$f_2 = C \cdot \frac{Mld}{D_{22}} = 3750000 \cdot \frac{124.20 \times 10^6}{28060144142690} = 16.60 \text{ mm}$$

$$f_3 = C \cdot \frac{Mld}{D_{22}} = 3750000 \cdot \frac{124.20 \times 10^6}{13917484984550} = 33.47 \text{ mm}$$

$$f_t = f_1 - f_2 + f_3 = 24.14 - 16.60 + 33.47 = 41.01 \text{ mm}$$

III.2.3 Metodología según NC 207:2003

$$E' b = 4800 \cdot \sqrt{R' b k} = 4800 \cdot \sqrt{30} = 26300 \text{ Mpa}$$

$$n = \frac{Ea}{E' b} = \frac{2 \times 10^5}{26300} = 7.6$$

$$V_2 = \frac{\frac{b \cdot ht^2}{2} + (n-1) \cdot [A \cdot d + A' \cdot (ht - d)]}{b \cdot ht + (n-1) \cdot (A + A')} = \frac{\frac{300 \cdot 400^2}{2} + (7.6-1) \cdot [3366 \cdot 90 + 142 \cdot (400 - 70)]}{300 \cdot 400 + (7.6-1) \cdot (3366 + 142)} = 183.8 \text{ mm}$$

$$I_h = \frac{b \cdot ht^3}{12} + b \cdot ht \cdot \left(V_2 - \frac{ht}{2} \right)^2 + (n-1) \cdot A \cdot (V_2 - d)^2 + (n-1) \cdot A' \cdot (V_2 - ht - d)^2$$

$$I_h = \frac{300 \cdot 400^3}{12} + 300 \cdot 400 \cdot \left(183.8 - \frac{400}{2}\right)^2 + (7.6 - 1) \cdot 3366 \cdot (183.8 - 90)^2 + (7.6 - 1) \cdot 142 \cdot (183.8 - 400 - 70)^2$$

$$I_h = 190372 \times 10^4 \text{ mm}^4$$

$$Rbf = 0.62 \cdot \sqrt{R'bk} = 0.62 \cdot \sqrt{30} = 3.4 \text{ MPa}$$

$$Mfis = \frac{Rbf \cdot I_h}{V_2} = \frac{3.4 \cdot 190372 \times 10^4}{183.8 \times 10^6} = 35.22 \text{ kn-m}$$

$$A = \frac{b}{2} = \frac{300}{2} = 150 \text{ mm}$$

$$B = n \cdot A + (n - 1) \cdot A' = 7.6 \cdot 3366 + (7.6 - 1) \cdot 142 = 26518.8 \text{ mm}^2$$

$$C = -[n \cdot A \cdot h + (n - 1) \cdot A' \cdot d'] = -[7.6 \cdot 3366 \cdot 310 + (7.6 - 1) \cdot 142 \cdot 70] = -7995900 \text{ mm}^3$$

$$x = \frac{-B + \sqrt{B^2 - 4 \cdot A \cdot C}}{2 \cdot A} = \frac{-26518.8 + \sqrt{26518.8^2 - 4 \cdot 150 \cdot -7995900}}{2 \cdot 150} = 158.83 \text{ mm}$$

$$Ifis = \frac{b \cdot x^3}{3} + n \cdot A \cdot (h - x)^2 + (n - 1) \cdot A' \cdot (x - d')^2$$

$$Ifis = \frac{300 \cdot 158.83^3}{3} + 7.6 \cdot 3366 \cdot (310 - 158.83)^2 + (7.6 - 1) \cdot 142 \cdot (158.83 - 70)^2 = 99268 \times 10^4 \text{ mm}^4$$

$$Iect = Ifis + \left(\frac{Mfis}{Mt}\right)^3 (I_h - Ifis) = 99268 \times 10^4 + \left(\frac{35.22}{167.4}\right)^3 (190372 \times 10^4 - 99268 \times 10^4)$$

$$Iect = 100116 \times 10^4 \text{ mm}^4 < 190372 \times 10^4 \text{ mm}^4$$

$$Iecp = Ifis + \left(\frac{Mfis}{Mcp}\right)^3 \cdot (I_h - Ifis) = 99268 \times 10^4 + \left(\frac{35.22}{113.4}\right)^3 \cdot (190372 \times 10^4 - 99268 \times 10^4)$$

$$Iecp = 101997 \times 10^4 \text{ mm}^4 < 190372 \times 10^4 \text{ mm}^4$$

$$Iecl = Ifis + \left(\frac{Mfis}{Mld}\right)^3 \cdot (I_h - Ifis) = 99268 \times 10^4 + \left(\frac{35.22}{124.2}\right)^3 \cdot (190372 \times 10^4 - 99268 \times 10^4)$$

$$Iecl = 101345 \times 10^4 \text{ mm}^4 < 190372 \times 10^4 \text{ mm}^4$$

$$C = \frac{\rho \cdot l^2}{E' b} = \frac{5}{48} \cdot \frac{6000^2}{26300} = 142.58$$

$$f_{te} = C \cdot \left(\frac{M_t}{I_{ect}} - \frac{M_{cp}}{I_{ecp}} \right) = 142.58 \cdot \left(\frac{167.4 \times 10^6}{100116 \times 10^4} - \frac{113.4 \times 10^6}{101997 \times 10^4} \right) = 8 \text{ mm}$$

$$f_{cp} = C \cdot \frac{M_{cp}}{I_{ecp}} = 142.58 \cdot \left(\frac{113.4 \times 10^6}{101997 \times 10^4} \right) = 15.85 \text{ mm}$$

$$f_{td} = C \cdot \left(\frac{M_{td}}{I_{ecd}} - \frac{M_{cp}}{I_{ecp}} \right) = 142.58 \cdot \left(\frac{124.2 \times 10^6}{101345 \times 10^4} - \frac{113.4 \times 10^6}{101997 \times 10^4} \right) = 1.62 \text{ mm}$$

$$w' = \frac{A'}{bh} = \frac{142}{300 \cdot 310} = 0.00153$$

$$\lambda = \frac{T}{1 + 50 \cdot w'} = \frac{2}{1 + 50 \cdot 0.00153} = 1.858$$

$$f_{tot} = f_{te} + \lambda_{\infty} \cdot f_p + \lambda_t \cdot f_{td} = 8 + 1.858 \cdot 15.85 + 1.858 \cdot 1.62 = 40,4 \text{ mm}$$

III.3 Metodología según fórmula práctica.

A continuación se describe la metodología de la segunda fórmula práctica propuesta Milton de Araújo (Milton de Araújo, 2011), con la cual se obtienen valores similares al modelo bilineal del Comité Europeo del Hormigón (C.E.B.).

La flecha se calcula por la expresión:

$$W = \left(\frac{h}{d} \right)^3 \cdot \beta \cdot W_c$$

h : Peralto total de la sección (mm).

d : Peralto efectivo de la sección (mm).

β : depende de la relación $\alpha = \left(\frac{M_r}{M_t} \right)^{1/2}$.

M_r : Momento de fisuración según: $M_r = b \cdot h^2 \cdot \frac{f_{ct}}{6}$.

b : Ancho de la sección.

f_{ct} : Resistencia a tracción del hormigón: $f_{ct} = 1.4 \cdot \left(\frac{f_{ck}}{10} \right)^{2/3}$ (MPa).

M_t : Momento actuante de servicio.

W_c : Flecha elástica de la sección.

E_b : Módulo de deformación del hormigón.

b : Ancho de la sección.

h : Peralto efectivo.

A : Área de acero de la sección analizada.

E_{cs} : Módulo secante del hormigón. $E_{cs} = 0.85 \cdot 21500 \cdot \left(\frac{f_{ck} + 8}{10} \right)^{1/2}$ · (MPa).

I_c : Momento de inercia de la sección sin la armadura.

φ : Coeficiente de fluencia $\varphi = 2$ para la flecha total.

Con los datos utilizados en el desarrollo de los ejemplos anteriores, se procede a calcular la flecha total aplicando esta expresión.

$$f_{ct} = 1.4 \cdot \left(\frac{f_{ck}}{10} \right)^{2/3} = 1.4 \cdot \left(\frac{30}{10} \right)^{2/3} = 2.9 \text{ MPa}$$

$$M_r = b \cdot h^2 \cdot \frac{f_{ct}}{6} = 300 \cdot 400^2 \cdot \frac{2.9}{6} = 23.2 \text{ KN} - m$$

$$\alpha = \left(\frac{M_r}{M_t} \right)^{1/2} = \left(\frac{23.2}{167.4} \right)^{1/2} = 0.372 < 1$$

$$\beta = \frac{(1 + 0.2 \cdot \varphi) \cdot (5.5 \cdot \alpha - 0.75)}{1 + 0.01 \cdot (f_{ck} - 30)} = (\Gamma + 0.2 \cdot 2) + (5.5 \cdot 0.372 - 0.75) = 1.814$$

$$E_{cs} = 0.85 \cdot 21500 \cdot \left(\frac{f_{ck} + 8}{10} \right)^{1/2} = 0.85 \cdot 21500 \cdot \left(\frac{30 + 8}{10} \right)^{1/2} = 28518 \text{ MPa.}$$

$$I_c = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{300 \cdot 400^3}{12} = 16 \times 10^8 \text{ mm}^4$$

$$W_c = \frac{\rho \cdot M \cdot l^2}{E_{cs} \cdot I_c} = \frac{5}{48} \cdot \frac{167.4 \times 10^6 \cdot 6000^2}{28518 \cdot 16 \times 10^8} = 13.76 \text{ mm}$$

$$W = \left(\frac{h}{d} \right)^3 \cdot \beta \cdot W_c = \left(\frac{400}{310} \right)^3 \cdot 1.814 \cdot 13.76 = 53.62 \text{ mm}$$

III.4 Metodología según la expresión aproximada.

A continuación se expone la expresión desarrollada por la autora en el capítulo II y se compara con el resultado obtenido en los ejemplos anteriores.

$$f = \beta \cdot \Delta$$

El desplazamiento elástico se obtiene por la expresión:

$$I_c = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{300 \cdot 400^3}{12} = 16 \times 10^8 \text{ mm}^4$$

$$E'b = 4800 \cdot \sqrt{R'bk} = 4800 \cdot \sqrt{30} = 26300 \text{ Mpa}$$

$$\Delta = \frac{\rho \cdot M \cdot l^2}{E'b \cdot I} = \frac{5}{48} \cdot \frac{167.4 \times 10^6 \cdot 6000^2}{28518 \cdot 16 \times 10^8} = 13.76 \text{ mm}$$

$$w = \frac{A}{bh} = \frac{3366}{300 \cdot 310} = 0.0362$$

Para $R'bk = 30 \text{ Mpa}$ y $Rak = 300 \text{ Mpa}$, se trabaja con la Tabla N° 17 del Capítulo II, pero la cuantía a tracción es superior al valor máximo existente, por lo tanto se usa el coeficiente β correspondiente a 0.03. Se selecciona en la primera columna porque el acero a compresión es mínimo, el valor es $\beta = 2.94$

Sustituyendo en la expresión:

$$f = \beta \cdot \Delta = 2.94 \cdot 13.76 = 40.4 \text{ mm}$$

III.5 Validación de los Resultados.

A continuación se tabulan los resultados obtenidos

Norma	NC	NC	NC	Fórmula	Expresión
	1978	1989	2003	Práctica	Aproximada
$E'b(\text{MPa})$	32918	31939	26300	28518	-
$Mfis(\text{kn-m})$	-	54.23	35.22	23.2	-
$f(\text{mm})$	58.9	41.01	40,4	53.62	40.40

Las metodologías utilizadas por las dos últimas normas (año 1989 y 2003), ofrecen resultados similares con una diferencia del 1.5%. En uno de los ejemplos que se muestran en la Instrucción Técnica de la Construcción N° 9, la diferencia entre los resultados por estas metodologías es del 4%.

Es de señalar la diferencia de -19 mm en comparación con la metodología de la norma del año 78, resulta del orden del 30%, sin embargo este resultado difiere en un 9% con el obtenido en por la fórmula práctica.

Respecto a la expresión propuesta, el resultado obtenido es similar a la obtenida a la NC 207:2003.

Para el ejemplo desarrollado, la flecha permisible es $\frac{L}{240} = \frac{6000}{240} = 25 \text{ mm}$, por

lo que en ningún caso se cumple la deformación. Como la diferencia es notable la opción más recomendada, desde todos los puntos de vista, es aumentar el peralte. Este peralte se pre dimensiona usando las tablas desarrolladas en este trabajo. Para las características de los materiales señalados, se usa la Tabla N° 11 del Capítulo II. Con el valor de Momento total, se asume un valor de intercolumnio (ancho tributario) de 6.00 m , la carga total es: 6.20 KN/m^2 . El valor de L/ht es $1/11$, lo que significa que $ht : 6000/11 = 545 \text{ mm} \approx 550 \text{ mm}$, valor superior al existente.

A continuación se establece otra comparación para validar la expresión aproximada, esta vez respecto al ejemplo 10.1 desarrollado en el capítulo 10 del folleto titulado: Notas sobre el A.C.I 318:2002 Requisitos para Hormigón Estructural con Ejemplos de Diseño, publicado por la Asociación del Cemento Portland (P.C.A.).

En el ejemplo se calcula la flecha de una viga con los siguientes datos:

$$b : 30 \text{ cm} \quad A_s : 11.61 \text{ cm}^2 \quad w : 0.0077 \quad R'_{bk} = 20 \text{ MPa}$$

$$ht : 55 \text{ cm} \quad A'_s : 3.87 \text{ cm}^2 \quad w' : 0.0026 \quad R_{ak} = 280 \text{ MPa}$$

$$d : 49 \text{ cm} \quad I_g : 415938 \text{ cm}^4 \quad L : 7.60 \text{ m} \quad M = 75 \text{ KN} - \text{m}$$

La flecha a largo plazo que se obtiene es 1.55 cm .

La flecha instantánea para la carga total es:

$$E'b = 4800 \cdot \sqrt{R'_{bk}} = 4800 \cdot \sqrt{20} = 21466 \text{ Mpa}$$

$$\Delta = \frac{\rho \cdot M \cdot l^2}{E'b \cdot I} = \frac{5}{48} \cdot \frac{75 \times 10^6 \cdot 7600^2}{21466 \cdot 41.6 \times 10^8} = 5.05 \text{ mm}$$

En el ejemplo se señala que el acero a compresión no es por resistencia y por otra parte la resistencia del acero es de 280 MPa . A modo de simplificar el cálculo, la autora admite que este valor puede ser usado como área mínima y que la resistencia del acero es próxima a los 280 MPa (diferencia: 6%). Para

seleccionar el coeficiente se utiliza la Tabla N° 17 del Capítulo II, de donde resulta:

$$\beta = 3.42$$

$$f = \beta \cdot \Delta = 3.42 \cdot 5.05 = 17.3 \text{ mm} = 1.73 \text{ cm.}$$

Como se observa el resultado obtenido es muy próximo al del problema, con una diferencia del 10%.

III.6 Conclusiones Parciales.

- La influencia de más factores en las expresiones para el cálculo de la rigidez, conducen a valores de flechas menores.
- Se valida de la expresión aproximada para predecir la deformación total en un elemento, según los ejemplos realizados.

Conclusiones

En este trabajo se cumplieron con las tareas propuestas al comienzo del mismo en aras de alcanzar los objetivos propuestos. Fue necesario desarrollar una hoja de cálculo en EXCEL para agilizar el trabajo, debido a la cantidad de variantes a realizar. Dentro de las conclusiones finales se destacan:

- La influencia de más factores en las expresiones, debido a una profundidad en el estudio de la rigidez, para el cálculo de la deformación conducen a valores de flechas menores.
- Para los rangos de carga seleccionados, que son muy usados en las construcciones turísticas y obras extra hoteleras, se desarrollaron cuatro Tablas para obtener nuevas relaciones L/ht , las cuales resultan menores que los mostrados en la Norma Cubana NC 207:2003, generando valores superiores de peralte.
- Se demuestra la influencia que tiene la presencia del acero a compresión en la disminución de la deformación.
- Se obtiene una expresión aproximada para predecir la deformación total en un elemento, la cual es validada en los ejemplos realizados.

Recomendaciones

La principal recomendación de este trabajo es la siguiente:

- Dar a conocer las tablas para pre dimensionar el peralte, así como la expresión aproximada para calcular la flecha total, en las empresas dedicadas a la realización y construcción de proyectos de obras de arquitectura o similares.

Este trabajo puede ser profundizado en varios aspectos, que son limitantes de este trabajo, por lo que se exponen las recomendaciones siguientes:

- Analizar los valores de L/ht y de β teniendo en cuenta la variación de la relación entre M_{fis}/M_t .
- Incluir en la hoja de cálculo el análisis de la fisuración, por la posibilidad real de incrementarse la cuantía de acero.
- Incluir en la hoja de cálculo un ancho mayor, esto permite obtener mayores valores cuantía, permitiendo ampliar el rango de estas para obtener nuevos coeficientes.

Bibliografía

- ACI 318S-08. 2008. *Requisitos de reglamento para concreto estructural y comentarios*, Detroit.
- BAYKOV, V., N. & SIGALOV, E, E. 1986. *Estructuras de Hormigón Armado*, Moscú, MIR.
- CALAVERA, J. & GARCIA, L. 1992. *Cálculo de flechas en estructuras de hormigón armado*, Madrid, INTEMAC.
- EHE-08. 2008. *Instrucción de hormigón Estructural*, Madrid.
- FIERRO, A., & MANTILLA, M. 1986. *Cálculo de flechas en elementos de hormigón armado sometidos a flexión Segunda parte*. Ingeniería Estructural. Julio ed. Ciudad de la Habana: MES.
- ITC-9. 1992. *Fisuración y cálculo de flechas en elementos de hormigón armado*, EPROYIV-CECE, Ciudad de la Habana.
- JIMÉNEZ, P., GARCÍA, A. & MORÁN, F. 1987. *Hormigón Armado*, Barcelona, Gustavo Gili SA.
- MILTON DE ARAÚJO, J. 2011. *Fórmulas prácticas para cálculo de flechas de vigas de concreto armado*, Available: www.editoradunas.com.br/revistatpec/Art6_N18.pdf [Accessed 04/04/2014].
- MEDINA, F., RUIZ, L. & BABÉ, M. 1979. *Hormigón Armado IV*, La Habana, Pueblo y Educación.
- MELI, R. 1986. *Diseño Estructural*, La Habana, Edición Revolucionaria.
- NAWY, E. G. 1988. *Concreto reforzado. Un enfoque básico*, México DF, Prentice-Hall Hispanoamericana.
- NC 053-039:1978. *Cálculo y ejecución de obras de hormigón*, Comité Estatal de la Construcción, Ciudad de la Habana.
- NC 053-039:1989. *Obras de hormigón armado*, Comité Estatal de Normalización, Ciudad de la Habana.
- NC 207:2003. *Requisitos generales para el diseño y construcción de estructuras de Hormigón*. Oficina Nacional de Normalización, Ciudad de la Habana.

- NC 284:2003. *Edificios. Cargas de uso*. Oficina Nacional de Normalización, Ciudad de la Habana.
- NILSON, A. 1999. *Diseño de Estructuras de Concreto*, Colombia, McGraw-Interamericana S.A.
- Notas sobre ACI 318-02. *Requisitos para hormigón estructural con ejemplos de diseño*, Portland Cement Association.
- PARK, R., & PAULAY, P. 1991. *Estructuras de Concreto Reforzado*, México D.F, Limusa.
- PISARENKO, S. Y., A. & MATVÉEV 1985. *Manual de resistencia de materiales*, Moscú, MIR.
- RCDF. 1983. *Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal*, México DF.
- REBAP. 1983. *Reglamento de Estruturas de Betão Armado e Pré-Esforçado*, Lisboa.
- STIOPIN, P. A. 1976. *Resistencia de Materiales*, Moscú, MIR.
- UBC. 1997. *Uniform Building Code*, Volume 2, USA.

Tabla N° 1

Bi articulado		Carga: 6 kn/m^2	
Variante de Carga	$R'_{bk} = 20 \text{ MPa}$, $R_{ak} = 300 \text{ MPa}$		
	$L/240$	$L/480$	
I.1	$1/13$	$1/11$	
I.2	$1/13$	$1/10$	
I.3	$1/13$	$1/9$	
I.4	$1/10$	$1/9$	
I.5	$1/11$	$1/9$	
I.6	$1/11$	$1/9$	
I.7	$1/9$	$1/8$	
I.8	$1/10$	$1/8$	
I.9	$1/10$	$1/8$	

Tabla N° 2

Bi articulado		Carga: 7 kn/m^2	
Variante de Carga	$R'_{bk} = 20 \text{ MPa}$, $R_{ak} = 300 \text{ MPa}$		
	$L/240$	$L/480$	
II.1	$1/11$	$1/9$	
II.2	$1/12$	$1/9$	
II.3	$1/12$	$1/9$	
II.4	$1/10$	$1/8$	

II.5	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{8}$
II.6	$\frac{1}{11}$	$\frac{1}{8}$
II.7	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{8}$
II.8	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{8}$
II.9	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{8}$

Tabla N° 3

Bi articulado		Carga: $8.5 \frac{kn}{m^2}$	
Variante de Carga	$R'_{bk} = 20MPa, R_{ak} = 300MPa$		
	$L/240$	$L/480$	
III.1	$\frac{1}{11}$	$\frac{1}{8}$	
III.2	$\frac{1}{11}$	$\frac{1}{8}$	
III.3	$\frac{1}{11}$	$\frac{1}{8}$	
III.4	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{8}$	
III.5	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{7}$	
III.6	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{7}$	
III.7	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{7}$	
III.8	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{7}$	
III.9	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{6}$	

Tabla N° 4

Bi articulado		Carga: 7.5 kn/m^2	
Variante de Carga	$R'_{bk} = 20 \text{ MPa}$, $R_{ak} = 300 \text{ MPa}$		
	$L/240$	$L/480$	
IV.1	$1/11$	$1/8$	
IV.2	$1/11$	$1/8$	
IV.3	$1/11$	$1/8$	
IV.4	$1/10$	$1/7$	
IV.5	$1/10$	$1/8$	
IV.6	$1/10$	$1/8$	
IV.7	$1/9$	$1/7$	
IV.8	$1/9$	$1/7$	
IV.9	$1/9$	$1/6$	

Tabla N° 5

Bi articulado		Carga: 8.0 kn/m^2	
Variante de Carga	$R'_{bk} = 20 \text{ MPa}$, $R_{ak} = 300 \text{ MPa}$		
	$L/240$	$L/480$	
V.1	$1/11$	$1/9$	
V.2	$1/11$	$1/8$	
V.3	$1/11$	$1/8$	
V.4	$1/9$	$1/7$	

V.5	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{7}$
V.6	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{7}$
V.7	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{7}$
V.8	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{7}$
V.9	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{7}$

Tabla N° 6

Bi articulado		Carga: $9.5 \frac{kn}{m^2}$	
Variante de Carga	$R'_{bk} = 20MPa, R_{ak} = 300MPa$		
	$L/240$	$L/480$	
VI.1	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{8}$	
VI.2	$\frac{1}{11}$	$\frac{1}{8}$	
VI.3	$\frac{1}{11}$	$\frac{1}{8}$	
VI.4	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{7}$	
VI.5	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{8}$	
VI.6	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{7}$	
VI.7	$\frac{1}{7}$	$\frac{1}{7}$	
VI.8	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{7}$	
VI.9	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{6}$	

Tabla N° 7

Bi articulado		Carga: 8.5 kn/m^2	
Variante de Carga	$R'_{bk} = 20 \text{ MPa}$, $R_{ak} = 300 \text{ MPa}$		
	$L/240$	$L/480$	
VII.1	$1/10$	$1/8$	
VII.2	$1/11$	$1/8$	
VII.3	$1/11$	$1/8$	
VII.4	$1/9$	$1/7$	
VII.5	$1/9$	$1/7$	
VII.6	$1/10$	$1/7$	
VII.7	$1/8$	$1/7$	
VII.8	$1/9$	$1/7$	
VII.9	$1/9$	$1/6$	

Tabla N° 8

Bi articulado		Carga: 9.5 kn/m^2	
Variante de Carga	$R'_{bk} = 20 \text{ MPa}$, $R_{ak} = 300 \text{ MPa}$		
	$L/240$	$L/480$	
VIII.1	$1/10$	$1/8$	
VIII.2	$1/11$	$1/8$	
VIII.3	$1/11$	$1/8$	
VIII.4	$1/9$	$1/7$	

VIII.5	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{7}$
VIII.6	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{6}$
VIII.7	$\frac{1}{7}$	$\frac{1}{7}$
VIII.8	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{7}$
VIII.9	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{5}$

Tabla N° 9

Bi articulado		Carga: $6 \frac{kn}{m^2}$	
Variante de Carga	$R'_{bk} = 30MPa$, $R_{ak} = 300MPa$		
	$L/240$	$L/480$	
I.1	$\frac{1}{13}$	$\frac{1}{10}$	
I.2	$\frac{1}{13}$	$\frac{1}{10}$	
I.3	$\frac{1}{13}$	$\frac{1}{10}$	
I.4	$\frac{1}{11}$	$\frac{1}{9}$	
I.5	$\frac{1}{12}$	$\frac{1}{9}$	
I.6	$\frac{1}{12}$	$\frac{1}{9}$	
I.7	$\frac{1}{11}$	$\frac{1}{9}$	
I.8	$\frac{1}{11}$	$\frac{1}{9}$	
I.9	$\frac{1}{11}$	$\frac{1}{8}$	

Tabla N° 10

Bi articulado		Carga: 7 kn/m^2	
Variante de Carga	$R'_{bk} = 30 \text{ MPa}$, $R_{ak} = 300 \text{ MPa}$		
	$L/240$	$L/480$	
II.1	$1/13$	$1/10$	
II.2	$1/13$	$1/10$	
II.3	$1/12$	$1/9$	
II.4	$1/11$	$1/9$	
II.5	$1/12$	$1/9$	
II.6	$1/12$	$1/8$	
II.7	$1/10$	$1/8$	
II.8	$1/11$	$1/8$	
II.9	$1/11$	$1/8$	

Tabla N° 11

Bi articulado		Carga: 8.5 kn/m^2	
Variante de Carga	$R'_{bk} = 30 \text{ MPa}$, $R_{ak} = 300 \text{ MPa}$		
	$L/240$	$L/480$	
III.1	$1/11$	$1/8$	
III.2	$1/11$	$1/9$	
III.3	$1/11$	$1/8$	
III.4	$1/10$	$1/7$	

III.5	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{8}$
III.6	$\frac{1}{11}$	$\frac{1}{8}$
III.7	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{7}$
III.8	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{7}$
III.9	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{6}$

Tabla N° 12

Bi articulado		Carga: $7.5 \frac{kn}{m^2}$	
Variante de Carga	$R'_{bk} = 30MPa$, $R_{ak} = 300MPa$		
	$L/240$	$L/480$	
IV.1	$\frac{1}{11}$	$\frac{1}{9}$	
IV.2	$\frac{1}{11}$	$\frac{1}{9}$	
IV.3	$\frac{1}{11}$	$\frac{1}{9}$	
IV.4	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{8}$	
IV.5	$\frac{1}{11}$	$\frac{1}{8}$	
IV.6	$\frac{1}{11}$	$\frac{1}{8}$	
IV.7	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{7}$	
IV.8	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{7}$	
IV.9	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{7}$	

Tabla N° 13

Bi articulado		Carga: 8.0 kn/m^2	
Variante de Carga	$R'_{bk} = 30 \text{ MPa}$, $R_{ak} = 300 \text{ MPa}$		
	$L/240$	$L/480$	
V.1	$1/11$	$1/9$	
V.2	$1/12$	$1/9$	
V.3	$1/12$	$1/9$	
V.4	$1/10$	$1/8$	
V.5	$1/11$	$1/8$	
V.6	$1/11$	$1/8$	
V.7	$1/9$	$1/7$	
V.8	$1/10$	$1/8$	
V.9	$1/11$	$1/8$	

Tabla N° 14

Bi articulado		Carga: 9.5 kn/m^2	
Variante de Carga	$R'_{bk} = 30 \text{ MPa}$, $R_{ak} = 300 \text{ MPa}$		
	$L/240$	$L/480$	
VI.1	$1/11$	$1/8$	
VI.2	$1/11$	$1/9$	
VI.3	$1/11$	$1/8$	
VI.4	$1/10$	$1/7$	

VI.5	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{8}$
VI.6	$\frac{1}{11}$	$\frac{1}{8}$
VI.7	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{7}$
VI.8	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{7}$
VI.9	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{7}$

Tabla N° 15

Bi articulado		Carga: $8.5 \frac{kn}{m^2}$	
Variante de Carga	$R'_{bk} = 30MPa$, $R_{ak} = 300MPa$		
	$L/240$	$L/480$	
VII.1	$\frac{1}{11}$	$\frac{1}{8}$	
VII.2	$\frac{1}{11}$	$\frac{1}{9}$	
VII.3	$\frac{1}{11}$	$\frac{1}{8}$	
VII.4	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{7}$	
VII.5	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{8}$	
VII.6	$\frac{1}{11}$	$\frac{1}{8}$	
VII.7	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{7}$	
VII.8	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{7}$	
VII.9	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{6}$	

Tabla N° 16

Bi articulado		Carga: 9.5 kn/m^2	
Variante de Carga	$R'bk = 30\text{MPa}$, $Rak = 300\text{MPa}$		
	$L/240$	$L/480$	
VIII.1	$1/11$	$1/8$	
VIII.2	$1/11$	$1/8$	
VIII.3	$1/11$	$1/8$	
VIII.4	$1/10$	$1/7$	
VIII.5	$1/10$	$1/8$	
VIII.6	$1/11$	$1/7$	
VIII.7	$1/9$	$1/7$	
VIII.8	$1/9$	$1/7$	
VIII.9	$1/10$	$1/6$	

Tabla N° 17

Bi articulado		Carga: 6 kn/m^2	
Variante de Carga	$R'bk = 20\text{MPa}$, $Rak = 420\text{MPa}$		
	$L/240$	$L/480$	
I.1	$1/11$	$1/9$	
I.2	$1/12$	$1/9$	
I.3	$1/12$	$1/9$	
I.4	$1/10$	$1/8$	

I.5	$\frac{1}{11}$	$\frac{1}{8}$
I.6	$\frac{1}{11}$	$\frac{1}{8}$
I.7	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{7}$
I.8	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{8}$
I.9	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{8}$

Tabla N° 18

Bi articulado		Carga: 7 kn/m^2	
Variante de Carga	$R'_{bk} = 20 \text{ MPa}$, $R_{ak} = 420 \text{ MPa}$		
	$L/240$	$L/480$	
II.1	$\frac{1}{11}$	$\frac{1}{9}$	
II.2	$\frac{1}{12}$	$\frac{1}{9}$	
II.3	$\frac{1}{11}$	$\frac{1}{8}$	
II.4	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{7}$	
II.5	$\frac{1}{11}$	$\frac{1}{8}$	
II.6	$\frac{1}{11}$	$\frac{1}{8}$	
II.7	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{7}$	
II.8	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{7}$	
II.9	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{6}$	

Tabla N° 19

Bi articulado		Carga: 8.5 kn/m^2	
Variante de Carga	$R'bk = 20\text{MPa}$, $Rak = 420\text{MPa}$		
	$L/240$	$L/480$	
III.1	$1/9$	$1/7$	
III.2	$1/10$	$1/8$	
III.3	$1/10$	$1/7$	
III.4	$1/9$	$1/7$	
III.5	$1/9$	$1/7$	
III.6	$1/9$	$1/6$	
III.7	$1/8$	$1/6$	
III.8	$1/9$	$1/6$	
III.9	$1/9$	$1/6$	

Tabla N° 20

Bi articulado		Carga: 7.5 kn/m^2	
Variante de Carga	$R'bk = 20\text{MPa}$, $Rak = 420\text{MPa}$		
	$L/240$	$L/480$	
IV.1	$1/10$	$1/8$	
IV.2	$1/10$	$1/8$	
IV.3	$1/11$	$1/8$	
IV.4	$1/9$	$1/7$	

IV.5	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{7}$
IV.6	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{6}$
IV.7	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{6}$
IV.8	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{6}$
IV.9	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{6}$

Tabla N° 21

Bi articulado		Carga: $8.0 \frac{kn}{m^2}$	
Variante de Carga	$R'_{bk} = 20MPa$, $R_{ak} = 420MPa$		
	$L/240$	$L/480$	
V.1	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{8}$	
V.2	$\frac{1}{11}$	$\frac{1}{8}$	
V.3	$\frac{1}{11}$	$\frac{1}{8}$	
V.4	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{7}$	
V.5	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{7}$	
V.6	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{6}$	
V.7	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{7}$	
V.8	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{7}$	
V.9	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{6}$	

Tabla N° 22

Bi articulado		Carga: 9.5 kn/m^2	
Variante de Carga	$R'_{bk} = 20 \text{ MPa}$, $R_{ak} = 420 \text{ MPa}$		
	$L/240$	$L/480$	
VI.1	$1/10$	$1/7$	
VI.2	$1/10$	$1/8$	
VI.3	$1/11$	$1/8$	
VI.4	$1/9$	$1/7$	
VI.5	$1/9$	$1/7$	
VI.6	$1/9$	$1/6$	
VI.7	$1/7$	$1/6$	
VI.8	$1/8$	$1/6$	
VI.9	$1/8$	$1/6$	

Tabla N° 23

Bi articulado		Carga: 8.5 kn/m^2	
Variante de Carga	$R'_{bk} = 20 \text{ MPa}$, $R_{ak} = 420 \text{ MPa}$		
	$L/240$	$L/480$	
VII.1	$1/10$	$1/7$	
VII.2	$1/10$	$1/8$	
VII.3	$1/10$	$1/7$	
VII.4	$1/9$	$1/7$	

VII.5	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{7}$
VII.6	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{6}$
VII.7	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{6}$
VII.8	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{6}$
VII.9	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{6}$

Tabla N° 24

Bi articulado		Carga: $9.5 \frac{kn}{m^2}$	
Variante de Carga	$R'_{bk} = 20MPa, R_{ak} = 420MPa$		
	$L/240$	$L/480$	
VIII.1	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{7}$	
VIII.2	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{7}$	
VIII.3	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{7}$	
VIII.4	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{6}$	
VIII.5	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{6}$	
VIII.6	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{6}$	
VIII.7	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{6}$	
VIII.8	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{6}$	
VIII.9	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{6}$	

Tabla N° 25

Bi articulado		Carga: 6 kn/m^2	
Variante de Carga	$R'_{bk} = 30 \text{ MPa}$, $R_{ak} = 420 \text{ MPa}$		
	$L/240$	$L/480$	
I.1	$1/11$	$1/10$	
I.2	$1/12$	$1/10$	
I.3	$1/12$	$1/9$	
I.4	$1/11$	$1/9$	
I.5	$1/11$	$1/9$	
I.6	$1/11$	$1/8$	
I.7	$1/10$	$1/8$	
I.8	$1/11$	$1/8$	
I.9	$1/11$	$1/8$	

Tabla N° 26

Bi articulado		Carga: 7 kn/m^2	
Variante de Carga	$R'_{bk} = 30 \text{ MPa}$, $R_{ak} = 420 \text{ MPa}$		
	$L/240$	$L/480$	
II.1	$1/13$	$1/10$	
II.2	$1/13$	$1/10$	
II.3	$1/12$	$1/9$	
II.4	$1/11$	$1/9$	

II.5	$\frac{1}{12}$	$\frac{1}{9}$
II.6	$\frac{1}{12}$	$\frac{1}{8}$
II.7	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{8}$
II.8	$\frac{1}{11}$	$\frac{1}{8}$
II.9	$\frac{1}{11}$	$\frac{1}{8}$

Tabla N° 27

Bi articulado		Carga: $8.5 \frac{kn}{m^2}$	
Variante de Carga	$R'_{bk} = 30MPa$, $R_{ak} = 420MPa$		
	$L/240$	$L/480$	
III.1	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{8}$	
III.2	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{8}$	
III.3	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{8}$	
III.4	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{7}$	
III.5	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{7}$	
III.6	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{6}$	
III.7	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{6}$	
III.8	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{6}$	
III.9	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{6}$	

Tabla N° 28

Bi articulado		Carga: $7.5 \frac{kn}{m^2}$	
Variante de Carga	$R'bk = 30MPa$, $Rak = 420MPa$		
	$L/240$	$L/480$	
IV.1	$1/10$	$1/8$	
IV.2	$1/11$	$1/9$	
IV.3	$1/11$	$1/8$	
IV.4	$1/9$	$1/7$	
IV.5	$1/10$	$1/8$	
IV.6	$1/10$	$1/7$	
IV.7	$1/9$	$1/7$	
IV.8	$1/9$	$1/7$	
IV.9	$1/9$	$1/6$	

Tabla N° 29

Bi articulado		Carga: $8.0 \frac{kn}{m^2}$	
Variante de Carga	$R'bk = 30MPa$, $Rak = 420MPa$		
	$L/240$	$L/480$	
V.1	$1/10$	$1/9$	
V.2	$1/11$	$1/9$	
V.3	$1/11$	$1/8$	
V.4	$1/10$	$1/7$	

V.5	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{8}$
V.6	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{8}$
V.7	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{7}$
V.8	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{7}$
V.9	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{6}$

Tabla N° 30

Bi articulado		Carga: $9.5 \frac{kn}{m^2}$	
Variante de Carga	$R'_{bk} = 30MPa$, $R_{ak} = 420MPa$		
	$L/240$	$L/480$	
VI.1	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{8}$	
VI.2	$\frac{1}{11}$	$\frac{1}{8}$	
VI.3	$\frac{1}{11}$	$\frac{1}{8}$	
VI.4	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{7}$	
VI.5	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{7}$	
VI.6	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{6}$	
VI.7	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{7}$	
VI.8	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{7}$	
VI.9	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{6}$	

Tabla N° 31

Bi articulado		Carga: 8.5 kn/m^2	
Variante de Carga	$R'_{bk} = 30 \text{ MPa}$, $R_{ak} = 420 \text{ MPa}$		
	$L/240$	$L/480$	
VII.1	$1/10$	$1/8$	
VII.2	$1/10$	$1/8$	
VII.3	$1/10$	$1/8$	
VII.4	$1/9$	$1/7$	
VII.5	$1/9$	$1/7$	
VII.6	$1/9$	$1/6$	
VII.7	$1/9$	$1/6$	
VII.8	$1/9$	$1/6$	
VII.9	$1/9$	$1/6$	

Tabla N° 32

Bi articulado		Carga: 9.5 kn/m^2	
Variante de Carga	$R'_{bk} = 30 \text{ MPa}$, $R_{ak} = 420 \text{ MPa}$		
	$L/240$	$L/480$	
VIII.1	$1/10$	$1/8$	
VIII.2	$1/10$	$1/8$	
VIII.3	$1/10$	$1/8$	
VIII.4	$1/9$	$1/7$	

VIII.5	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{7}$
VIII.6	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{6}$
VIII.7	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{6}$
VIII.8	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{6}$
VIII.9	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{6}$

Tabla N° 33

Bi empotrado		Carga: $6 \frac{kn}{m^2}$	
Variante de Carga	$R'bk = 20MPa, Rak = 300MPa$		
	$L/240$	$L/480$	
I.1	$\frac{1}{13}$	$\frac{1}{13}$	
I.2	$\frac{1}{20}$	$\frac{1}{17}$	
I.3	$\frac{1}{23}$	$\frac{1}{16}$	
I.4	$\frac{1}{13}$	$\frac{1}{13}$	
I.5	$\frac{1}{17}$	$\frac{1}{15}$	
I.6	$\frac{1}{18}$	$\frac{1}{15}$	
I.7	$\frac{1}{13}$	$\frac{1}{13}$	
I.8	$\frac{1}{15}$	$\frac{1}{13}$	
I.9	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{15}$	

Tabla N° 34

Bi empotrado		Carga: 7 kn/m^2	
Variante de Carga	$R'_{bk} = 20 \text{ MPa}$, $R_{ak} = 300 \text{ MPa}$		
	$L/240$	$L/480$	
II.1	$1/13$	$1/13$	
II.2	$1/20$	$1/15$	
II.3	$1/20$	$1/16$	
II.4	$1/13$	$1/13$	
II.5	$1/17$	$1/13$	
II.6	$1/18$	$1/15$	
II.7	$1/13$	$1/13$	
II.8	$1/15$	$1/13$	
II.9	$1/15$	$1/13$	

Tabla N° 35

Bi empotrado		Carga: 8.5 kn/m^2	
Variante de Carga	$R'_{bk} = 20 \text{ MPa}$, $R_{ak} = 300 \text{ MPa}$		
	$L/240$	$L/480$	
III.1	$1/13$	$1/13$	
III.2	$1/17$	$1/13$	
III.3	$1/18$	$1/13$	
III.4	$1/13$	$1/11$	

III.5	$\frac{1}{15}$	$\frac{1}{12}$
III.6	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{12}$
III.7	$\frac{1}{13}$	$\frac{1}{11}$
III.8	$\frac{1}{13}$	$\frac{1}{11}$
III.9	$\frac{1}{15}$	$\frac{1}{11}$

Tabla N° 36

Bi empotrado		Carga: $7.5 \frac{kn}{m^2}$	
Variante de Carga	$R'bk = 20MPa, Rak = 300MPa$		
	$L/240$	$L/480$	
IV.1	$\frac{1}{13}$	$\frac{1}{13}$	
IV.2	$\frac{1}{17}$	$\frac{1}{13}$	
IV.3	$\frac{1}{20}$	$\frac{1}{15}$	
IV.4	$\frac{1}{13}$	$\frac{1}{11}$	
IV.5	$\frac{1}{17}$	$\frac{1}{12}$	
IV.6	$\frac{1}{18}$	$\frac{1}{12}$	
IV.7	$\frac{1}{13}$	$\frac{1}{11}$	
IV.8	$\frac{1}{15}$	$\frac{1}{12}$	
IV.9	$\frac{1}{15}$	$\frac{1}{11}$	

Tabla N° 37

Bi empotrado		Carga: 8.0 kn/m^2	
Variante de Carga	$R'_{bk} = 20 \text{ MPa}$, $R_{ak} = 300 \text{ MPa}$		
	$L/240$	$L/480$	
V.1	$1/13$	$1/13$	
V.2	$1/20$	$1/15$	
V.3	$1/20$	$1/15$	
V.4	$1/13$	$1/11$	
V.5	$1/16$	$1/13$	
V.6	$1/13$	$1/11$	
V.7	$1/13$	$1/12$	
V.8	$1/15$	$1/12$	
V.9	$1/15$	$1/13$	

Tabla N° 38

Bi empotrado		Carga: 9.5 kn/m^2	
Variante de Carga	$R'_{bk} = 20 \text{ MPa}$, $R_{ak} = 300 \text{ MPa}$		
	$L/240$	$L/480$	
VI.1	$1/13$	$1/13$	
VI.2	$1/17$	$1/13$	
VI.3	$1/18$	$1/13$	
VI.4	$1/13$	$1/11$	

VI.5	$\frac{1}{15}$	$\frac{1}{12}$
VI.6	$\frac{1}{15}$	$\frac{1}{12}$
VI.7	$\frac{1}{13}$	$\frac{1}{11}$
VI.8	$\frac{1}{13}$	$\frac{1}{12}$
VI.9	$\frac{1}{13}$	$\frac{1}{11}$

Tabla N° 39

Bi empotrado		Carga: $8.5 \frac{kn}{m^2}$	
Variante de Carga	$R'_{bk} = 20MPa, R_{ak} = 300MPa$		
	$L/240$	$L/480$	
VII.1	$\frac{1}{13}$	$\frac{1}{13}$	
VII.2	$\frac{1}{17}$	$\frac{1}{13}$	
VII.3	$\frac{1}{18}$	$\frac{1}{13}$	
VII.4	$\frac{1}{13}$	$\frac{1}{11}$	
VII.5	$\frac{1}{15}$	$\frac{1}{12}$	
VII.6	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{12}$	
VII.7	$\frac{1}{13}$	$\frac{1}{11}$	
VII.8	$\frac{1}{13}$	$\frac{1}{11}$	
VII.9	$\frac{1}{15}$	$\frac{1}{11}$	

Tabla N° 40

Bi empotrado		Carga: 9.5 kn/m^2	
Variante de Carga	$R'_{bk} = 20 \text{ MPa}$, $R_{ak} = 300 \text{ MPa}$		
	$L/240$	$L/480$	
VIII.1	$1/13$	$1/13$	
VIII.2	$1/17$	$1/13$	
VIII.3	$1/18$	$1/13$	
VIII.4	$1/13$	$1/11$	
VIII.5	$1/15$	$1/12$	
VIII.6	$1/15$	$1/12$	
VIII.7	$1/13$	$1/10$	
VIII.8	$1/13$	$1/11$	
VIII.9	$1/13$	$1/11$	

Tabla N° 41

Bi empotrado		Carga: 6 kn/m^2	
Variante de Carga	$R'_{bk} = 30 \text{ MPa}$, $R_{ak} = 300 \text{ MPa}$		
	$L/240$	$L/480$	
I.1	$1/13$	$1/13$	
I.2	$1/20$	$1/17$	
I.3	$1/23$	$1/18$	
I.4	$1/13$	$1/13$	

I.5	$\frac{1}{20}$	$\frac{1}{15}$
I.6	$\frac{1}{20}$	$\frac{1}{16}$
I.7	$\frac{1}{13}$	$\frac{1}{13}$
I.8	$\frac{1}{17}$	$\frac{1}{15}$
I.9	$\frac{1}{18}$	$\frac{1}{15}$

Tabla N° 42

Bi empotrado		Carga: 7 kn/m^2	
Variante de Carga	$R'_{bk} = 30 \text{ MPa}$, $R_{ak} = 300 \text{ MPa}$		
	$L/240$	$L/480$	
II.1	$\frac{1}{13}$	$\frac{1}{13}$	
II.2	$\frac{1}{20}$	$\frac{1}{17}$	
II.3	$\frac{1}{23}$	$\frac{1}{16}$	
II.4	$\frac{1}{13}$	$\frac{1}{13}$	
II.5	$\frac{1}{17}$	$\frac{1}{15}$	
II.6	$\frac{1}{20}$	$\frac{1}{15}$	
II.7	$\frac{1}{13}$	$\frac{1}{13}$	
II.8	$\frac{1}{17}$	$\frac{1}{13}$	
II.9	$\frac{1}{18}$	$\frac{1}{13}$	

Tabla N° 43

Bi empotrado		Carga: 8.5 kn/m^2	
Variante de Carga	$R'_{bk} = 30 \text{ MPa}$, $R_{ak} = 300 \text{ MPa}$		
	$L/240$	$L/480$	
III.1	$1/13$	$1/13$	
III.2	$1/17$	$1/15$	
III.3	$1/20$	$1/15$	
III.4	$1/13$	$1/11$	
III.5	$1/17$	$1/12$	
III.6	$1/18$	$1/13$	
III.7	$1/13$	$1/11$	
III.8	$1/15$	$1/12$	
III.9	$1/16$	$1/11$	

Tabla N° 44

Bi empotrado		Carga: 7.5 kn/m^2	
Variante de Carga	$R'_{bk} = 30 \text{ MPa}$, $R_{ak} = 300 \text{ MPa}$		
	$L/240$	$L/480$	
IV.1	$1/13$	$1/13$	
IV.2	$1/17$	$1/15$	
IV.3	$1/20$	$1/15$	
IV.4	$1/13$	$1/13$	

IV.5	$\frac{1}{17}$	$\frac{1}{13}$
IV.6	$\frac{1}{18}$	$\frac{1}{13}$
IV.7	$\frac{1}{13}$	$\frac{1}{11}$
IV.8	$\frac{1}{15}$	$\frac{1}{12}$
IV.9	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{12}$

Tabla N° 45

Bi empotrado		Carga: $8.0 \frac{kn}{m^2}$	
Variante de Carga	$R'bk = 30MPa$, $Rak = 300MPa$		
	$L/240$	$L/480$	
V.1	$\frac{1}{13}$	$\frac{1}{13}$	
V.2	$\frac{1}{20}$	$\frac{1}{15}$	
V.3	$\frac{1}{20}$	$\frac{1}{16}$	
V.4	$\frac{1}{13}$	$\frac{1}{13}$	
V.5	$\frac{1}{17}$	$\frac{1}{13}$	
V.6	$\frac{1}{18}$	$\frac{1}{13}$	
V.7	$\frac{1}{13}$	$\frac{1}{11}$	
V.8	$\frac{1}{15}$	$\frac{1}{12}$	
V.9	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{12}$	

Tabla N° 46

Bi empotrado		Carga: 9.5 kn/m^2	
Variante de Carga	$R'_{bk} = 30 \text{ MPa}$, $R_{ak} = 300 \text{ MPa}$		
	$L/240$	$L/480$	
VI.1	$1/13$	$1/13$	
VI.2	$1/20$	$1/15$	
VI.3	$1/18$	$1/15$	
VI.4	$1/13$	$1/11$	
VI.5	$1/17$	$1/13$	
VI.6	$1/18$	$1/12$	
VI.7	$1/13$	$1/11$	
VI.8	$1/15$	$1/12$	
VI.9	$1/16$	$1/12$	

Tabla N° 47

Bi empotrado		Carga: 8.5 kn/m^2	
Variante de Carga	$R'_{bk} = 30 \text{ MPa}$, $R_{ak} = 300 \text{ MPa}$		
	$L/240$	$L/480$	
VII.1	$1/13$	$1/13$	
VII.2	$1/17$	$1/15$	
VII.3	$1/18$	$1/15$	
VII.4	$1/13$	$1/11$	

VII.5	$\frac{1}{17}$	$\frac{1}{12}$
VII.6	$\frac{1}{18}$	$\frac{1}{13}$
VII.7	$\frac{1}{13}$	$\frac{1}{11}$
VII.8	$\frac{1}{15}$	$\frac{1}{12}$
VII.9	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{11}$

Tabla N° 48

Bi empotrado		Carga: $9.5 \frac{kn}{m^2}$	
Variante de Carga	$R'_{bk} = 30MPa$, $R_{ak} = 300MPa$		
	$L/240$	$L/480$	
VIII.1	$\frac{1}{13}$	$\frac{1}{13}$	
VIII.2	$\frac{1}{17}$	$\frac{1}{13}$	
VIII.3	$\frac{1}{18}$	$\frac{1}{15}$	
VIII.4	$\frac{1}{13}$	$\frac{1}{11}$	
VIII.5	$\frac{1}{17}$	$\frac{1}{12}$	
VIII.6	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{12}$	
VIII.7	$\frac{1}{13}$	$\frac{1}{10}$	
VIII.8	$\frac{1}{15}$	$\frac{1}{11}$	
VIII.9	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{11}$	

Tabla N° 49

Bi empotrado		Carga: 6 kn/m^2	
Variante de Carga	$R'bk = 20 \text{ MPa}$, $Rak = 420 \text{ MPa}$		
	$L/240$	$L/480$	
I.1	$1/13$	$1/13$	
I.2	$1/20$	$1/15$	
I.3	$1/20$	$1/16$	
I.4	$1/13$	$1/13$	
I.5	$1/17$	$1/13$	
I.6	$1/20$	$1/13$	
I.7	$1/13$	$1/11$	
I.8	$1/15$	$1/12$	
I.9	$1/16$	$1/13$	

Tabla N° 50

Bi empotrado		Carga: 7 kn/m^2	
Variante de Carga	$R'bk = 20 \text{ MPa}$, $Rak = 420 \text{ MPa}$		
	$L/240$	$L/480$	
II.1	$1/13$	$1/13$	
II.2	$1/17$	$1/15$	
II.3	$1/20$	$1/15$	
II.4	$1/13$	$1/13$	

II.5	$\frac{1}{17}$	$\frac{1}{13}$
II.6	$\frac{1}{18}$	$\frac{1}{13}$
II.7	$\frac{1}{13}$	$\frac{1}{11}$
II.8	$\frac{1}{15}$	$\frac{1}{12}$
II.9	$\frac{1}{15}$	$\frac{1}{12}$

Tabla N° 51

Bi empotrado		Carga: $8.5 \frac{kn}{m^2}$	
Variante de Carga	$R'_{bk} = 20MPa, R_{ak} = 420MPa$		
	$L/240$	$L/480$	
III.1	$\frac{1}{13}$	$\frac{1}{13}$	
III.2	$\frac{1}{15}$	$\frac{1}{13}$	
III.3	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{12}$	
III.4	$\frac{1}{13}$	$\frac{1}{11}$	
III.5	$\frac{1}{15}$	$\frac{1}{11}$	
III.6	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{11}$	
III.7	$\frac{1}{13}$	$\frac{1}{10}$	
III.8	$\frac{1}{15}$	$\frac{1}{10}$	
III.9	$\frac{1}{15}$	$\frac{1}{11}$	

Tabla N° 52

Bi empotrado		Carga: 7.5 kn/m^2	
Variante de Carga	$R'bk = 20\text{MPa}$, $Rak = 420\text{MPa}$		
	$L/240$	$L/480$	
IV.1	$1/13$	$1/13$	
IV.2	$1/17$	$1/13$	
IV.3	$1/18$	$1/13$	
IV.4	$1/13$	$1/11$	
IV.5	$1/15$	$1/12$	
IV.6	$1/16$	$1/11$	
IV.7	$1/13$	$1/10$	
IV.8	$1/15$	$1/11$	
IV.9	$1/15$	$1/11$	

Tabla N° 53

Bi empotrado		Carga: 8.0 kn/m^2	
Variante de Carga	$R'bk = 20\text{MPa}$, $Rak = 420\text{MPa}$		
	$L/240$	$L/480$	
V.1	$1/13$	$1/13$	
V.2	$1/17$	$1/13$	
V.3	$1/18$	$1/13$	
V.4	$1/13$	$1/11$	

V.5	$\frac{1}{15}$	$\frac{1}{12}$
V.6	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{12}$
V.7	$\frac{1}{13}$	$\frac{1}{11}$
V.8	$\frac{1}{13}$	$\frac{1}{11}$
V.9	$\frac{1}{15}$	$\frac{1}{11}$

Tabla N° 54

Bi empotrado		Carga: $9.5 \frac{kn}{m^2}$	
Variante de Carga	$R'bk = 20MPa$, $Rak = 420MPa$		
	$L/240$	$L/480$	
VI.1	$\frac{1}{13}$	$\frac{1}{13}$	
VI.2	$\frac{1}{17}$	$\frac{1}{13}$	
VI.3	$\frac{1}{18}$	$\frac{1}{13}$	
VI.4	$\frac{1}{13}$	$\frac{1}{11}$	
VI.5	$\frac{1}{15}$	$\frac{1}{11}$	
VI.6	$\frac{1}{15}$	$\frac{1}{11}$	
VI.7	$\frac{1}{11}$	$\frac{1}{10}$	
VI.8	$\frac{1}{13}$	$\frac{1}{11}$	
VI.9	$\frac{1}{13}$	$\frac{1}{11}$	

Tabla N° 55

Bi empotrado		Carga: 8.5 kn/m^2	
Variante de Carga	$R'bk = 20\text{MPa}$, $Rak = 420\text{MPa}$		
	$L/240$	$L/480$	
VII.1	$1/13$	$1/13$	
VII.2	$1/15$	$1/13$	
VII.3	$1/16$	$1/12$	
VII.4	$1/13$	$1/11$	
VII.5	$1/15$	$1/11$	
VII.6	$1/16$	$1/11$	
VII.7	$1/13$	$1/10$	
VII.8	$1/13$	$1/10$	
VII.9	$1/15$	$1/11$	

Tabla N° 56

Bi empotrado		Carga: 9.5 kn/m^2	
Variante de Carga	$R'bk = 20\text{MPa}$, $Rak = 420\text{MPa}$		
	$L/240$	$L/480$	
VIII.1	$1/13$	$1/11$	
VIII.2	$1/15$	$1/12$	
VIII.3	$1/16$	$1/12$	
VIII.4	$1/13$	$1/10$	

VIII.5	$\frac{1}{15}$	$\frac{1}{11}$
VIII.6	$\frac{1}{15}$	$\frac{1}{11}$
VIII.7	$\frac{1}{11}$	$\frac{1}{10}$
VIII.8	$\frac{1}{13}$	$\frac{1}{10}$
VIII.9	$\frac{1}{13}$	$\frac{1}{10}$

Tabla N° 57

Bi empotrado		Carga: $6 \frac{kn}{m^2}$	
Variante de Carga	$R'bk = 30MPa$, $Rak = 420MPa$		
	$L/240$	$L/480$	
I.1	$\frac{1}{13}$	$\frac{1}{13}$	
I.2	$\frac{1}{20}$	$\frac{1}{17}$	
I.3	$\frac{1}{20}$	$\frac{1}{16}$	
I.4	$\frac{1}{13}$	$\frac{1}{13}$	
I.5	$\frac{1}{17}$	$\frac{1}{15}$	
I.6	$\frac{1}{20}$	$\frac{1}{15}$	
I.7	$\frac{1}{13}$	$\frac{1}{13}$	
I.8	$\frac{1}{17}$	$\frac{1}{13}$	
I.9	$\frac{1}{18}$	$\frac{1}{13}$	

Tabla N° 58

Bi empotrado		Carga: 7 kn/m^2	
Variante de Carga	$R'bk = 30 \text{ MPa}$, $Rak = 420 \text{ MPa}$		
	$L/240$	$L/480$	
II.1	$1/13$	$1/13$	
II.2	$1/20$	$1/15$	
II.3	$1/20$	$1/16$	
II.4	$1/13$	$1/13$	
II.5	$1/17$	$1/13$	
II.6	$1/18$	$1/13$	
II.7	$1/13$	$1/11$	
II.8	$1/17$	$1/12$	
II.9	$1/16$	$1/12$	

Tabla N° 59

Bi empotrado		Carga: 8.5 kn/m^2	
Variante de Carga	$R'bk = 30 \text{ MPa}$, $Rak = 420 \text{ MPa}$		
	$L/240$	$L/480$	
III.1	$1/13$	$1/13$	
III.2	$1/17$	$1/13$	
III.3	$1/18$	$1/13$	
III.4	$1/13$	$1/11$	

III.5	$\frac{1}{15}$	$\frac{1}{12}$
III.6	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{12}$
III.7	$\frac{1}{13}$	$\frac{1}{10}$
III.8	$\frac{1}{15}$	$\frac{1}{11}$
III.9	$\frac{1}{15}$	$\frac{1}{11}$

Tabla N° 60

Bi empotrado		Carga: $7.5 \frac{kn}{m^2}$	
Variante de Carga	$R'_{bk} = 30MPa$, $R_{ak} = 420MPa$		
	$L/240$	$L/480$	
IV.1	$\frac{1}{13}$	$\frac{1}{13}$	
IV.2	$\frac{1}{17}$	$\frac{1}{15}$	
IV.3	$\frac{1}{18}$	$\frac{1}{15}$	
IV.4	$\frac{1}{13}$	$\frac{1}{11}$	
IV.5	$\frac{1}{15}$	$\frac{1}{12}$	
IV.6	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{12}$	
IV.7	$\frac{1}{13}$	$\frac{1}{11}$	
IV.8	$\frac{1}{15}$	$\frac{1}{11}$	
IV.9	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{11}$	

Tabla N° 61

Bi empotrado		Carga: $8.0 \frac{kn}{m^2}$	
Variante de Carga	$R'bk = 30MPa, Rak = 420MPa$		
	$L/240$	$L/480$	
V.1	$1/13$	$1/13$	
V.2	$1/17$	$1/15$	
V.3	$1/18$	$1/15$	
V.4	$1/13$	$1/13$	
V.5	$1/17$	$1/13$	
V.6	$1/18$	$1/13$	
V.7	$1/13$	$1/11$	
V.8	$1/15$	$1/12$	
V.9	$1/16$	$1/11$	

Tabla N° 62

Bi empotrado		Carga: $9.5 \frac{kn}{m^2}$	
Variante de Carga	$R'bk = 30MPa, Rak = 420MPa$		
	$L/240$	$L/480$	
VI.1	$1/13$	$1/13$	
VI.2	$1/17$	$1/13$	
VI.3	$1/18$	$1/13$	
VI.4	$1/13$	$1/11$	

VI.5	$\frac{1}{15}$	$\frac{1}{12}$
VI.6	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{12}$
VI.7	$\frac{1}{13}$	$\frac{1}{10}$
VI.8	$\frac{1}{15}$	$\frac{1}{11}$
VI.9	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{11}$

Tabla N° 63

Bi empotrado		Carga: $8.5 \frac{kn}{m^2}$	
Variante de Carga	$R'_{bk} = 30MPa$, $R_{ak} = 420MPa$		
	$L/240$	$L/480$	
VII.1	$\frac{1}{13}$	$\frac{1}{13}$	
VII.2	$\frac{1}{17}$	$\frac{1}{13}$	
VII.3	$\frac{1}{18}$	$\frac{1}{13}$	
VII.4	$\frac{1}{13}$	$\frac{1}{11}$	
VII.5	$\frac{1}{15}$	$\frac{1}{12}$	
VII.6	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{12}$	
VII.7	$\frac{1}{13}$	$\frac{1}{10}$	
VII.8	$\frac{1}{15}$	$\frac{1}{11}$	
VII.9	$\frac{1}{15}$	$\frac{1}{11}$	

Tabla N° 64

Bi empotrado		Carga: 9.5 kn/m^2	
Variante de Carga	$R'bk = 30 \text{ MPa}$, $Rak = 420 \text{ MPa}$		
	$L/240$	$L/480$	
VIII.1	$1/13$	$1/13$	
VIII.2	$1/17$	$1/13$	
VIII.3	$1/16$	$1/13$	
VIII.4	$1/13$	$1/11$	
VIII.5	$1/15$	$1/12$	
VIII.6	$1/16$	$1/11$	
VIII.7	$1/13$	$1/10$	
VIII.8	$1/15$	$1/11$	
VIII.9	$1/15$	$1/11$	

Tabla N° 65

Empotrado-Articulado		Carga: 6 kn/m^2	
Variante de Carga	$R'bk = 20 \text{ MPa}$, $Rak = 300 \text{ MPa}$		
	$L/240$	$L/480$	
I.1	$1/13$	$1/13$	
I.2	$1/17$	$1/13$	
I.3	$1/18$	$1/13$	
I.4	$1/13$	$1/11$	

I.5	$\frac{1}{15}$	$\frac{1}{12}$
I.6	$\frac{1}{15}$	$\frac{1}{11}$
I.7	$\frac{1}{11}$	$\frac{1}{10}$
I.8	$\frac{1}{13}$	$\frac{1}{11}$
I.9	$\frac{1}{13}$	$\frac{1}{11}$

Tabla N° 66

Empotrado-Articulado		Carga: 7 kn/m^2	
Variante de Carga	$R'_{bk} = 20 \text{ MPa}$, $R_{ak} = 300 \text{ MPa}$		
	$L/240$	$L/480$	
II.1	$\frac{1}{13}$	$\frac{1}{11}$	
II.2	$\frac{1}{15}$	$\frac{1}{12}$	
II.3	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{12}$	
II.4	$\frac{1}{13}$	$\frac{1}{11}$	
II.5	$\frac{1}{13}$	$\frac{1}{11}$	
II.6	$\frac{1}{13}$	$\frac{1}{11}$	
II.7	$\frac{1}{11}$	$\frac{1}{10}$	
II.8	$\frac{1}{12}$	$\frac{1}{10}$	
II.9	$\frac{1}{12}$	$\frac{1}{11}$	

Tabla N° 67

Empotrado-Articulado		Carga: 8.5 kn/m^2	
Variante de Carga	$R'_{bk} = 20 \text{ MPa}$, $R_{ak} = 300 \text{ MPa}$		
	$L/240$	$L/480$	
III.1	$1/13$	$1/10$	
III.2	$1/15$	$1/11$	
III.3	$1/15$	$1/11$	
III.4	$1/11$	$1/9$	
III.5	$1/12$	$1/10$	
III.6	$1/13$	$1/9$	
III.7	$1/10$	$1/9$	
III.8	$1/9$	$1/9$	
III.9	$1/11$	$1/9$	

Tabla N° 68

Empotrado-Articulado		Carga: 7.5 kn/m^2	
Variante de Carga	$R'_{bk} = 20 \text{ MPa}$, $R_{ak} = 300 \text{ MPa}$		
	$L/240$	$L/480$	
IV.1	$1/13$	$1/11$	
IV.2	$1/15$	$1/11$	
IV.3	$1/15$	$1/11$	
IV.4	$1/13$	$1/10$	

IV.5	$\frac{1}{13}$	$\frac{1}{10}$
IV.6	$\frac{1}{13}$	$\frac{1}{10}$
IV.7	$\frac{1}{11}$	$\frac{1}{9}$
IV.8	$\frac{1}{11}$	$\frac{1}{9}$
IV.9	$\frac{1}{12}$	$\frac{1}{9}$

Tabla N° 69

Empotrado-Articulado		Carga: $8.0 \frac{kn}{m^2}$	
Variante de Carga	$R'_{bk} = 20MPa$, $R_{ak} = 300MPa$		
	$L/240$	$L/480$	
V.1	$\frac{1}{13}$	$\frac{1}{11}$	
V.2	$\frac{1}{15}$	$\frac{1}{11}$	
V.3	$\frac{1}{15}$	$\frac{1}{11}$	
V.4	$\frac{1}{11}$	$\frac{1}{10}$	
V.5	$\frac{1}{12}$	$\frac{1}{10}$	
V.6	$\frac{1}{13}$	$\frac{1}{11}$	
V.7	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{9}$	
V.8	$\frac{1}{11}$	$\frac{1}{9}$	
V.9	$\frac{1}{11}$	$\frac{1}{9}$	

Tabla N° 70

Empotrado-Articulado		Carga: 9.5 kn/m^2	
Variante de Carga	$R'_{bk} = 20 \text{ MPa}$, $R_{ak} = 300 \text{ MPa}$		
	$L/240$	$L/480$	
VI.1	$1/13$	$1/11$	
VI.2	$1/13$	$1/11$	
VI.3	$1/15$	$1/11$	
VI.4	$1/11$	$1/10$	
VI.5	$1/11$	$1/10$	
VI.6	$1/12$	$1/10$	
VI.7	$1/10$	$1/9$	
VI.8	$1/10$	$1/9$	
VI.9	$1/11$	$1/9$	

Tabla N° 71

Empotrado-Articulado		Carga: 8.5 kn/m^2	
Variante de Carga	$R'_{bk} = 20 \text{ MPa}$, $R_{ak} = 300 \text{ MPa}$		
	$L/240$	$L/480$	
VII.1	$1/13$	$1/10$	
VII.2	$1/15$	$1/11$	
VII.3	$1/15$	$1/11$	
VII.4	$1/11$	$1/9$	

VII.5	$\frac{1}{12}$	$\frac{1}{10}$
VII.6	$\frac{1}{12}$	$\frac{1}{9}$
VII.7	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{9}$
VII.8	$\frac{1}{11}$	$\frac{1}{9}$
VII.9	$\frac{1}{11}$	$\frac{1}{9}$

Tabla N° 72

Empotrado-Articulado		Carga: $9.5 \frac{kn}{m^2}$	
Variante de Carga	$R'bk = 20MPa$, $Rak = 300MPa$		
	$L/240$	$L/480$	
VIII.1	$\frac{1}{13}$	$\frac{1}{10}$	
VIII.2	$\frac{1}{13}$	$\frac{1}{10}$	
VIII.3	$\frac{1}{15}$	$\frac{1}{11}$	
VIII.4	$\frac{1}{11}$	$\frac{1}{9}$	
VIII.5	$\frac{1}{12}$	$\frac{1}{9}$	
VIII.6	$\frac{1}{12}$	$\frac{1}{9}$	
VIII.7	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{9}$	
VIII.8	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{9}$	
VIII.9	$\frac{1}{11}$	$\frac{1}{9}$	

Tabla N° 73

Empotrado-Articulado		Carga: $6\text{kn}/\text{m}^2$	
Variante de Carga	$R'bk = 30\text{MPa}$, $Rak = 300\text{MPa}$		
	$L/240$	$L/480$	
I.1	$1/13$	$1/13$	
I.2	$1/17$	$1/13$	
I.3	$1/18$	$1/13$	
I.4	$1/13$	$1/11$	
I.5	$1/15$	$1/12$	
I.6	$1/16$	$1/12$	
I.7	$1/13$	$1/11$	
I.8	$1/15$	$1/12$	
I.9	$1/16$	$1/11$	

Tabla N° 74

Empotrado-Articulado		Carga: $7\text{kn}/\text{m}^2$	
Variante de Carga	$R'bk = 30\text{MPa}$, $Rak = 300\text{MPa}$		
	$L/240$	$L/480$	
II.1	$1/13$	$1/13$	
II.2	$1/17$	$1/13$	
II.3	$1/18$	$1/13$	
II.4	$1/13$	$1/11$	

II.5	$\frac{1}{15}$	$\frac{1}{12}$
II.6	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{11}$
II.7	$\frac{1}{13}$	$\frac{1}{10}$
II.8	$\frac{1}{13}$	$\frac{1}{11}$
II.9	$\frac{1}{15}$	$\frac{1}{11}$

Tabla N° 75

Empotrado-Articulado		Carga: $8.5 \frac{kn}{m^2}$	
Variante de Carga	$R'_{bk} = 30MPa$, $R_{ak} = 300MPa$		
	$L/240$	$L/480$	
III.1	$\frac{1}{13}$	$\frac{1}{10}$	
III.2	$\frac{1}{15}$	$\frac{1}{11}$	
III.3	$\frac{1}{15}$	$\frac{1}{11}$	
III.4	$\frac{1}{13}$	$\frac{1}{10}$	
III.5	$\frac{1}{13}$	$\frac{1}{10}$	
III.6	$\frac{1}{13}$	$\frac{1}{10}$	
III.7	$\frac{1}{11}$	$\frac{1}{9}$	
III.8	$\frac{1}{11}$	$\frac{1}{9}$	
III.9	$\frac{1}{13}$	$\frac{1}{9}$	

Tabla N° 76

Empotrado-Articulado		Carga: 7.5 kn/m^2	
Variante de Carga	$R'bk = 30\text{MPa}$, $Rak = 300\text{MPa}$		
	$L/240$	$L/480$	
IV.1	$1/13$	$1/11$	
IV.2	$1/15$	$1/11$	
IV.3	$1/15$	$1/11$	
IV.4	$1/13$	$1/10$	
IV.5	$1/13$	$1/10$	
IV.6	$1/13$	$1/10$	
IV.7	$1/11$	$1/9$	
IV.8	$1/11$	$1/9$	
IV.9	$1/13$	$1/9$	

Tabla N° 77

Empotrado-Articulado		Carga: 8.0 kn/m^2	
Variante de Carga	$R'bk = 30\text{MPa}$, $Rak = 300\text{MPa}$		
	$L/240$	$L/480$	
V.1	$1/13$	$1/11$	
V.2	$1/15$	$1/11$	
V.3	$1/15$	$1/11$	
V.4	$1/16$	$1/11$	

V.5	$\frac{1}{13}$	$\frac{1}{10}$
V.6	$\frac{1}{15}$	$\frac{1}{11}$
V.7	$\frac{1}{11}$	$\frac{1}{10}$
V.8	$\frac{1}{12}$	$\frac{1}{10}$
V.9	$\frac{1}{13}$	$\frac{1}{10}$

Tabla N° 78

Empotrado-Articulado		Carga: $9.5 \frac{kn}{m^2}$	
Variante de Carga	$R'_{bk} = 30MPa$, $R_{ak} = 300MPa$		
	$L/240$	$L/480$	
VI.1	$\frac{1}{13}$	$\frac{1}{11}$	
VI.2	$\frac{1}{15}$	$\frac{1}{11}$	
VI.3	$\frac{1}{15}$	$\frac{1}{11}$	
VI.4	$\frac{1}{13}$	$\frac{1}{10}$	
VI.5	$\frac{1}{13}$	$\frac{1}{10}$	
VI.6	$\frac{1}{13}$	$\frac{1}{10}$	
VI.7	$\frac{1}{11}$	$\frac{1}{9}$	
VI.8	$\frac{1}{12}$	$\frac{1}{9}$	
VI.9	$\frac{1}{12}$	$\frac{1}{9}$	

Tabla N° 79

Empotrado-Articulado		Carga: 8.5 kn/m^2	
Variante de Carga	$R'bk = 30\text{MPa}$, $Rak = 300\text{MPa}$		
	$L/240$	$L/480$	
VII.1	$1/13$	$1/11$	
VII.2	$1/15$	$1/11$	
VII.3	$1/15$	$1/11$	
VII.4	$1/13$	$1/10$	
VII.5	$1/13$	$1/10$	
VII.6	$1/13$	$1/10$	
VII.7	$1/11$	$1/9$	
VII.8	$1/12$	$1/9$	
VII.9	$1/13$	$1/9$	

Tabla N° 80

Empotrado-Articulado		Carga: 9.5 kn/m^2	
Variante de Carga	$R'bk = 30\text{MPa}$, $Rak = 300\text{MPa}$		
	$L/240$	$L/480$	
VIII.1	$1/13$	$1/10$	
VIII.2	$1/13$	$1/11$	
VIII.3	$1/15$	$1/11$	
VIII.4	$1/11$	$1/10$	

VIII.5	$\frac{1}{13}$	$\frac{1}{10}$
VIII.6	$\frac{1}{13}$	$\frac{1}{10}$
VIII.7	$\frac{1}{11}$	$\frac{1}{9}$
VIII.8	$\frac{1}{12}$	$\frac{1}{9}$
VIII.9	$\frac{1}{12}$	$\frac{1}{9}$

Tabla N° 81

Empotrado-Articulado		Carga: $6\text{kn}/\text{m}^2$	
Variante de Carga	$R'bk = 20\text{MPa}$, $Rak = 420\text{MPa}$		
	$L/240$	$L/480$	
I.1	$\frac{1}{13}$	$\frac{1}{11}$	
I.2	$\frac{1}{15}$	$\frac{1}{12}$	
I.3	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{12}$	
I.4	$\frac{1}{13}$	$\frac{1}{10}$	
I.5	$\frac{1}{15}$	$\frac{1}{11}$	
I.6	$\frac{1}{15}$	$\frac{1}{11}$	
I.7	$\frac{1}{11}$	$\frac{1}{10}$	
I.8	$\frac{1}{13}$	$\frac{1}{10}$	
I.9	$\frac{1}{13}$	$\frac{1}{10}$	

Tabla N° 82

Empotrado-Articulado		Carga: 7 kn/m^2	
Variante de Carga	$R'bk = 20 \text{ MPa}$, $Rak = 420 \text{ MPa}$		
	$L/240$	$L/480$	
II.1	$1/13$	$1/11$	
II.2	$1/15$	$1/12$	
II.3	$1/16$	$1/11$	
II.4	$1/13$	$1/10$	
II.5	$1/13$	$1/10$	
II.6	$1/15$	$1/10$	
II.7	$1/11$	$1/9$	
II.8	$1/12$	$1/11$	
II.9	$1/12$	$1/11$	

Tabla N° 83

Empotrado-Articulado		Carga: 8.5 kn/m^2	
Variante de Carga	$R'bk = 20 \text{ MPa}$, $Rak = 420 \text{ MPa}$		
	$L/240$	$L/480$	
III.1	$1/13$	$1/10$	
III.2	$1/13$	$1/10$	
III.3	$1/13$	$1/10$	
III.4	$1/11$	$1/9$	

III.5	$\frac{1}{12}$	$\frac{1}{9}$
III.6	$\frac{1}{12}$	$\frac{1}{9}$
III.7	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{8}$
III.8	$\frac{1}{11}$	$\frac{1}{8}$
III.9	$\frac{1}{11}$	$\frac{1}{8}$

Tabla N° 84

Empotrado-Articulado		Carga: $7.5 \frac{kn}{m^2}$	
Variante de Carga	$R'bk = 20MPa$, $Rak = 420MPa$		
	$L/240$	$L/480$	
IV.1	$\frac{1}{13}$	$\frac{1}{10}$	
IV.2	$\frac{1}{13}$	$\frac{1}{10}$	
IV.3	$\frac{1}{13}$	$\frac{1}{10}$	
IV.4	$\frac{1}{11}$	$\frac{1}{9}$	
IV.5	$\frac{1}{13}$	$\frac{1}{9}$	
IV.6	$\frac{1}{12}$	$\frac{1}{9}$	
IV.7	$\frac{1}{11}$	$\frac{1}{8}$	
IV.8	$\frac{1}{12}$	$\frac{1}{9}$	
IV.9	$\frac{1}{12}$	$\frac{1}{8}$	

Tabla N° 85

Empotrado-Articulado		Carga: 8.0 kn/m^2	
Variante de Carga	$R'bk = 20 \text{ MPa}$, $Rak = 420 \text{ MPa}$		
	$L/240$	$L/480$	
V.1	$1/13$	$1/10$	
V.2	$1/15$	$1/11$	
V.3	$1/15$	$1/11$	
V.4	$1/11$	$1/9$	
V.5	$1/13$	$1/9$	
V.6	$1/13$	$1/9$	
V.7	$1/10$	$1/9$	
V.8	$1/11$	$1/9$	
V.9	$1/11$	$1/9$	

Tabla N° 86

Empotrado-Articulado		Carga: 9.5 kn/m^2	
Variante de Carga	$R'bk = 20 \text{ MPa}$, $Rak = 420 \text{ MPa}$		
	$L/240$	$L/480$	
VI.1	$1/13$	$1/10$	
VI.2	$1/13$	$1/10$	
VI.3	$1/13$	$1/10$	
VI.4	$1/11$	$1/9$	

VI.5	$\frac{1}{12}$	$\frac{1}{9}$
VI.6	$\frac{1}{12}$	$\frac{1}{9}$
VI.7	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{8}$
VI.8	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{9}$
VI.9	$\frac{1}{11}$	$\frac{1}{8}$

Tabla N° 87

Empotrado-Articulado		Carga: $8.5 \frac{kn}{m^2}$	
Variante de Carga	$R'bk = 20MPa$, $Rak = 420MPa$		
	$L/240$	$L/480$	
VII.1	$\frac{1}{13}$	$\frac{1}{10}$	
VII.2	$\frac{1}{13}$	$\frac{1}{10}$	
VII.3	$\frac{1}{13}$	$\frac{1}{10}$	
VII.4	$\frac{1}{11}$	$\frac{1}{9}$	
VII.5	$\frac{1}{12}$	$\frac{1}{9}$	
VII.6	$\frac{1}{12}$	$\frac{1}{9}$	
VII.7	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{8}$	
VII.8	$\frac{1}{11}$	$\frac{1}{8}$	
VII.9	$\frac{1}{11}$	$\frac{1}{8}$	

Tabla N°88

Empotrado-Articulado		Carga: 9.5 kn/m^2	
Variante de Carga	$R'bk = 20 \text{ MPa}$, $Rak = 420 \text{ MPa}$		
	$L/240$	$L/480$	
VIII.1	$1/13$	$1/10$	
VIII.2	$1/13$	$1/10$	
VIII.3	$1/13$	$1/9$	
VIII.4	$1/11$	$1/8$	
VIII.5	$1/12$	$1/9$	
VIII.6	$1/12$	$1/8$	
VIII.7	$1/10$	$1/8$	
VIII.8	$1/11$	$1/8$	
VIII.9	$1/11$	$1/8$	

Tabla N° 88

Empotrado-Articulado		Carga: 6 kn/m^2	
Variante de Carga	$R'bk = 30 \text{ MPa}$, $Rak = 420 \text{ MPa}$		
	$L/240$	$L/480$	
I.1	$1/13$	$1/13$	
I.2	$1/17$	$1/13$	
I.3	$1/16$	$1/13$	
I.4	$1/13$	$1/11$	

I.5	$\frac{1}{15}$	$\frac{1}{12}$
I.6	$\frac{1}{15}$	$\frac{1}{11}$
I.7	$\frac{1}{13}$	$\frac{1}{10}$
I.8	$\frac{1}{15}$	$\frac{1}{11}$
I.9	$\frac{1}{15}$	$\frac{1}{11}$

Tabla N° 89

Empotrado-Articulado		Carga: 7 kn/m^2	
Variante de Carga	$R'_{bk} = 30 \text{ MPa}$, $R_{ak} = 420 \text{ MPa}$		
	$L/240$	$L/480$	
II.1	$\frac{1}{13}$	$\frac{1}{11}$	
II.2	$\frac{1}{15}$	$\frac{1}{12}$	
II.3	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{12}$	
II.4	$\frac{1}{13}$	$\frac{1}{10}$	
II.5	$\frac{1}{15}$	$\frac{1}{11}$	
II.6	$\frac{1}{15}$	$\frac{1}{11}$	
II.7	$\frac{1}{13}$	$\frac{1}{10}$	
II.8	$\frac{1}{13}$	$\frac{1}{10}$	
II.9	$\frac{1}{13}$	$\frac{1}{10}$	

Tabla N° 90

Empotrado-Articulado		Carga: 8.5 kn/m^2	
Variante de Carga	$R'bk = 30 \text{ MPa}$, $Rak = 420 \text{ MPa}$		
	$L/240$	$L/480$	
III.1	$1/13$	$1/10$	
III.2	$1/13$	$1/11$	
III.3	$1/13$	$1/11$	
III.4	$1/11$	$1/9$	
III.5	$1/12$	$1/9$	
III.6	$1/12$	$1/9$	
III.7	$1/11$	$1/8$	
III.8	$1/12$	$1/9$	
III.9	$1/12$	$1/9$	

Tabla N° 91

Empotrado-Articulado		Carga: 7.5 kn/m^2	
Variante de Carga	$R'bk = 30 \text{ MPa}$, $Rak = 420 \text{ MPa}$		
	$L/240$	$L/480$	
IV.1	$1/13$	$1/11$	
IV.2	$1/13$	$1/11$	
IV.3	$1/15$	$1/11$	
IV.4	$1/11$	$1/10$	

IV.5	$\frac{1}{13}$	$\frac{1}{10}$
IV.6	$\frac{1}{13}$	$\frac{1}{10}$
IV.7	$\frac{1}{11}$	$\frac{1}{9}$
IV.8	$\frac{1}{12}$	$\frac{1}{9}$
IV.9	$\frac{1}{12}$	$\frac{1}{9}$

Tabla N° 92

Empotrado-Articulado		Carga: $8.0 \frac{kn}{m^2}$	
Variante de Carga	$R'bk = 30MPa$, $Rak = 420MPa$		
	$L/240$	$L/480$	
V.1	$\frac{1}{13}$	$\frac{1}{11}$	
V.2	$\frac{1}{15}$	$\frac{1}{11}$	
V.3	$\frac{1}{15}$	$\frac{1}{11}$	
V.4	$\frac{1}{13}$	$\frac{1}{10}$	
V.5	$\frac{1}{13}$	$\frac{1}{10}$	
V.6	$\frac{1}{13}$	$\frac{1}{10}$	
V.7	$\frac{1}{11}$	$\frac{1}{9}$	
V.8	$\frac{1}{12}$	$\frac{1}{9}$	
V.9	$\frac{1}{13}$	$\frac{1}{9}$	

Tabla N° 93

Empotrado-Articulado		Carga: 9.5 kn/m^2	
Variante de Carga	$R'bk = 30\text{MPa}$, $Rak = 420\text{MPa}$		
	$L/240$	$L/480$	
VI.1	$1/13$	$1/10$	
VI.2	$1/13$	$1/11$	
VI.3	$1/15$	$1/11$	
VI.4	$1/11$	$1/9$	
VI.5	$1/13$	$1/9$	
VI.6	$1/13$	$1/9$	
VI.7	$1/11$	$1/9$	
VI.8	$1/12$	$1/9$	
VI.9	$1/12$	$1/9$	

Tabla N° 94

Empotrado-Articulado		Carga: 8.5 kn/m^2	
Variante de Carga	$R'bk = 30\text{MPa}$, $Rak = 420\text{MPa}$		
	$L/240$	$L/480$	
VII.1	$1/13$	$1/10$	
VII.2	$1/13$	$1/10$	
VII.3	$1/13$	$1/11$	
VII.4	$1/11$	$1/9$	

VII.5	$\frac{1}{12}$	$\frac{1}{9}$
VII.6	$\frac{1}{12}$	$\frac{1}{9}$
VII.7	$\frac{1}{11}$	$\frac{1}{8}$
VII.8	$\frac{1}{12}$	$\frac{1}{9}$
VII.9	$\frac{1}{12}$	$\frac{1}{9}$

Tabla N° 95

Empotrado-Articulado		Carga: $9.5 \frac{kn}{m^2}$	
Variante de Carga	$R'bk = 30MPa$, $Rak = 420MPa$		
	$L/240$	$L/480$	
VIII.1	$\frac{1}{13}$	$\frac{1}{10}$	
VIII.2	$\frac{1}{13}$	$\frac{1}{10}$	
VIII.3	$\frac{1}{13}$	$\frac{1}{10}$	
VIII.4	$\frac{1}{11}$	$\frac{1}{9}$	
VIII.5	$\frac{1}{12}$	$\frac{1}{9}$	
VIII.6	$\frac{1}{12}$	$\frac{1}{9}$	
VIII.7	$\frac{1}{11}$	$\frac{1}{8}$	
VIII.8	$\frac{1}{12}$	$\frac{1}{9}$	
VIII.9	$\frac{1}{11}$	$\frac{1}{8}$	

Tabla N° 96

Voladizo		Carga: 6 kn/m^2	
Variante de Carga	$R'_{bk} = 20 \text{ MPa}$, $R_{ak} = 300 \text{ MPa}$		
	$L/240$	$L/480$	
I.1	$1/3$	$1/3$	
I.2	$1/5$	$1/5$	
I.3	$1/6$	$1/5$	
I.4	$1/3$	$1/3$	
I.5	$1/5$	$1/4$	
I.6	$1/5$	$1/4$	
I.7	$1/3$	$1/3$	
I.8	$1/5$	$1/4$	
I.9	$1/5$	$1/4$	

Tabla N° 96

Voladizo		Carga: 7 kn/m^2	
Variante de Carga	$R'_{bk} = 20 \text{ MPa}$, $R_{ak} = 300 \text{ MPa}$		
	$L/240$	$L/480$	
II.1	$1/3$	$1/3$	
II.2	$1/5$	$1/4$	
II.3	$1/6$	$1/4$	
II.4	$1/3$	$1/3$	

II.5	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{4}$
II.6	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{4}$
II.7	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$
II.8	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$
II.9	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$

Tabla N° 97

Voladizo		Carga: $8.5 \frac{kn}{m^2}$	
Variante de Carga	$R'_{bk} = 20MPa$, $R_{ak} = 300MPa$		
	$L/240$	$L/480$	
III.1	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$	
III.2	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{4}$	
III.3	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{4}$	
III.4	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$	
III.5	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{3}$	
III.6	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{3}$	
III.7	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$	
III.8	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{3}$	
III.9	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{3}$	

Tabla N° 98

Voladizo		Carga: 7.5 kn/m^2	
Variante de Carga	$R'_{bk} = 20 \text{ MPa}$, $R_{ak} = 300 \text{ MPa}$		
	$L/240$	$L/480$	
IV.1	$1/3$	$1/3$	
IV.2	$1/5$	$1/4$	
IV.3	$1/5$	$1/4$	
IV.4	$1/3$	$1/3$	
IV.5	$1/5$	$1/4$	
IV.6	$1/5$	$1/3$	
IV.7	$1/3$	$1/3$	
IV.8	$1/4$	$1/3$	
IV.9	$1/4$	$1/3$	

Tabla N° 99

Voladizo		Carga: 8.0 kn/m^2	
Variante de Carga	$R'_{bk} = 20 \text{ MPa}$, $R_{ak} = 300 \text{ MPa}$		
	$L/240$	$L/480$	
V.1	$1/3$	$1/3$	
V.2	$1/5$	$1/4$	
V.3	$1/5$	$1/4$	
V.4	$1/3$	$1/3$	

V.5	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{4}$
V.6	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{4}$
V.7	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$
V.8	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{3}$
V.9	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{3}$

Tabla N° 100

Voladizo		Carga: $9.5 \frac{kn}{m^2}$	
Variante de Carga	$R'_{bk} = 20MPa$, $R_{ak} = 300MPa$		
	$L/240$	$L/480$	
VI.1	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$	
VI.2	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{4}$	
VI.3	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{4}$	
VI.4	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$	
VI.5	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{3}$	
VI.6	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{3}$	
VI.7	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$	
VI.8	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{3}$	
VI.9	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{3}$	

Tabla N° 101

Voladizo		Carga: 8.5 kn/m^2	
Variante de Carga	$R'_{bk} = 20 \text{ MPa}$, $R_{ak} = 300 \text{ MPa}$		
	$L/240$	$L/480$	
VII.1	$1/3$	$1/3$	
VII.2	$1/5$	$1/4$	
VII.3	$1/5$	$1/4$	
VII.4	$1/3$	$1/3$	
VII.5	$1/5$	$1/3$	
VII.6	$1/4$	$1/3$	
VII.7	$1/3$	$1/3$	
VII.8	$1/4$	$1/3$	
VII.9	$1/4$	$1/3$	

Tabla N°102

Voladizo		Carga: 9.5 kn/m^2	
Variante de Carga	$R'_{bk} = 20 \text{ MPa}$, $R_{ak} = 300 \text{ MPa}$		
	$L/240$	$L/480$	
VIII.1	$1/3$	$1/3$	
VIII.2	$1/5$	$1/4$	
VIII.3	$1/5$	$1/4$	
VIII.4	$1/3$	$1/3$	

VIII.5	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{3}$
VIII.6	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{3}$
VIII.7	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$
VIII.8	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{3}$
VIII.9	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{3}$

Tabla N° 103

Voladizo		Carga: $6 \frac{kn}{m^2}$	
Variante de Carga	$R'_{bk} = 30MPa$, $R_{ak} = 300MPa$		
	$L/240$	$L/480$	
I.1	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$	
I.2	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{5}$	
I.3	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{5}$	
I.4	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$	
I.5	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{4}$	
I.6	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{4}$	
I.7	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$	
I.8	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{4}$	
I.9	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{4}$	

Tabla N° 104

Voladizo		Carga: 7 kn/m^2	
Variante de Carga	$R'bk = 30 \text{ MPa}$, $Rak = 300 \text{ MPa}$		
	$L/240$	$L/480$	
II.1	$1/3$	$1/3$	
II.2	$1/5$	$1/5$	
II.3	$1/6$	$1/5$	
II.4	$1/3$	$1/3$	
II.5	$1/5$	$1/4$	
II.6	$1/5$	$1/4$	
II.7	$1/3$	$1/3$	
II.8	$1/5$	$1/4$	
II.9	$1/5$	$1/4$	

Tabla N° 105

Voladizo		Carga: 8.5 kn/m^2	
Variante de Carga	$R'bk = 30 \text{ MPa}$, $Rak = 300 \text{ MPa}$		
	$L/240$	$L/480$	
III.1	$1/3$	$1/3$	
III.2	$1/5$	$1/4$	
III.3	$1/5$	$1/4$	
III.4	$1/3$	$1/3$	

III.5	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{3}$
III.6	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{3}$
III.7	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$
III.8	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{3}$
III.9	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{3}$

Tabla N° 106

Voladizo		Carga: $7.5 \frac{kn}{m^2}$	
Variante de Carga	$R'_{bk} = 30MPa$, $R_{ak} = 300MPa$		
	$L/240$	$L/480$	
IV.1	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$	
IV.2	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{4}$	
IV.3	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{4}$	
IV.4	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$	
IV.5	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{4}$	
IV.6	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{4}$	
IV.7	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$	
IV.8	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{3}$	
IV.9	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{3}$	

Tabla N° 107

Voladizo		Carga: 8.0 kn/m^2	
Variante de Carga	$R'_{bk} = 30 \text{ MPa}$, $R_{ak} = 300 \text{ MPa}$		
	$L/240$	$L/480$	
V.1	$1/3$	$1/3$	
V.2	$1/5$	$1/4$	
V.3	$1/5$	$1/4$	
V.4	$1/3$	$1/3$	
V.5	$1/5$	$1/4$	
V.6	$1/5$	$1/4$	
V.7	$1/3$	$1/3$	
V.8	$1/5$	$1/4$	
V.9	$1/4$	$1/3$	

Tabla N° 108

Voladizo		Carga: 9.5 kn/m^2	
Variante de Carga	$R'_{bk} = 30 \text{ MPa}$, $R_{ak} = 300 \text{ MPa}$		
	$L/240$	$L/480$	
VI.1	$1/3$	$1/3$	
VI.2	$1/5$	$1/4$	
VI.3	$1/5$	$1/4$	
VI.4	$1/3$	$1/3$	

VI.5	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{4}$
VI.6	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{4}$
VI.7	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$
VI.8	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{3}$
VI.9	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{3}$

Tabla N° 109

Voladizo		Carga: $8.5 \frac{kn}{m^2}$	
Variante de Carga	$R'_{bk} = 30MPa$, $R_{ak} = 300MPa$		
	$L/240$	$L/480$	
VII.1	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$	
VII.2	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{4}$	
VII.3	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{4}$	
VII.4	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$	
VII.5	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{4}$	
VII.6	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{3}$	
VII.7	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$	
VII.8	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{3}$	
VII.9	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{3}$	

Tabla N°110

Voladizo		Carga: 9.5 kn/m^2	
Variante de Carga	$R'bk = 30\text{MPa}$, $Rak = 300\text{MPa}$		
	$L/240$	$L/480$	
VIII.1	$1/3$	$1/3$	
VIII.2	$1/5$	$1/4$	
VIII.3	$1/5$	$1/4$	
VIII.4	$1/3$	$1/3$	
VIII.5	$1/5$	$1/3$	
VIII.6	$1/4$	$1/3$	
VIII.7	$1/3$	$1/3$	
VIII.8	$1/4$	$1/3$	
VIII.9	$1/4$	$1/3$	

Tabla N° 111

Voladizo		Carga: 6 kn/m^2	
Variante de Carga	$R'bk = 20\text{MPa}$, $Rak = 420\text{MPa}$		
	$L/240$	$L/480$	
I.1	$1/3$	$1/3$	
I.2	$1/5$	$1/5$	
I.3	$1/5$	$1/4$	
I.4	$1/3$	$1/3$	

I.5	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{4}$
I.6	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{4}$
I.7	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$
I.8	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{4}$
I.9	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{3}$

Tabla N° 112

Voladizo		Carga: 7 kn/m^2	
Variante de Carga	$R'_{bk} = 20 \text{ MPa}$, $R_{ak} = 420 \text{ MPa}$		
	$L/240$	$L/480$	
II.1	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$	
II.2	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{4}$	
II.3	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{4}$	
II.4	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$	
II.5	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{4}$	
II.6	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{4}$	
II.7	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$	
II.8	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{3}$	
II.9	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{3}$	

Tabla N° 113

Voladizo		Carga: 8.5 kn/m^2	
Variante de Carga	$R'bk = 20\text{MPa}$, $Rak = 420\text{MPa}$		
	$L/240$	$L/480$	
III.1	$1/3$	$1/3$	
III.2	$1/5$	$1/4$	
III.3	$1/4$	$1/3$	
III.4	$1/3$	$1/3$	
III.5	$1/4$	$1/3$	
III.6	$1/4$	$1/3$	
III.7	$1/3$	$1/3$	
III.8	$1/4$	$1/3$	
III.9	$1/4$	$1/3$	

Tabla N° 114

Voladizo		Carga: 7.5 kn/m^2	
Variante de Carga	$R'bk = 20\text{MPa}$, $Rak = 420\text{MPa}$		
	$L/240$	$L/480$	
IV.1	$1/3$	$1/3$	
IV.2	$1/5$	$1/4$	
IV.3	$1/5$	$1/4$	
IV.4	$1/3$	$1/3$	

IV.5	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{3}$
IV.6	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{3}$
IV.7	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$
IV.8	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{3}$
IV.9	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{3}$

Tabla N° 115

Voladizo		Carga: $8.0 \frac{kn}{m^2}$	
Variante de Carga	$R'bk = 20MPa$, $Rak = 420MPa$		
	$L/240$	$L/480$	
V.1	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$	
V.2	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{4}$	
V.3	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{4}$	
V.4	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$	
V.5	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{3}$	
V.6	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{3}$	
V.7	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$	
V.8	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{3}$	
V.9	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{3}$	

Tabla N° 116

Voladizo		Carga: 9.5 kn/m^2	
Variante de Carga	$R'bk = 20\text{MPa}$, $Rak = 420\text{MPa}$		
	$L/240$	$L/480$	
VI.1	$1/3$	$1/3$	
VI.2	$1/5$	$1/4$	
VI.3	$1/5$	$1/4$	
VI.4	$1/3$	$1/3$	
VI.5	$1/4$	$1/3$	
VI.6	$1/4$	$1/3$	
VI.7	$1/3$	$1/3$	
VI.8	$1/4$	$1/3$	
VI.9	$1/4$	$1/3$	

Tabla N° 116

Voladizo		Carga: 8.5 kn/m^2	
Variante de Carga	$R'bk = 20\text{MPa}$, $Rak = 420\text{MPa}$		
	$L/240$	$L/480$	
VII.1	$1/3$	$1/3$	
VII.2	$1/5$	$1/4$	
VII.3	$1/4$	$1/4$	
VII.4	$1/3$	$1/3$	

VII.5	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{3}$
VII.6	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{3}$
VII.7	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$
VII.8	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{3}$
VII.9	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{3}$

Tabla N°117

Voladizo		Carga: $9.5 \frac{kn}{m^2}$	
Variante de Carga	$R'bk = 20MPa$, $Rak = 420MPa$		
	$L/240$	$L/480$	
VIII.1	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$	
VIII.2	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	
VIII.3	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{3}$	
VIII.4	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$	
VIII.5	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{3}$	
VIII.6	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{3}$	
VIII.7	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$	
VIII.8	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{3}$	
VIII.9	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{3}$	

Tabla N° 118

Voladizo		Carga: 6 kn/m^2	
Variante de Carga	$R'bk = 30 \text{ MPa}$, $Rak = 420 \text{ MPa}$		
	$L/240$	$L/480$	
I.1	$1/3$	$1/3$	
I.2	$1/5$	$1/5$	
I.3	$1/6$	$1/5$	
I.4	$1/3$	$1/3$	
I.5	$1/5$	$1/4$	
I.6	$1/5$	$1/4$	
I.7	$1/3$	$1/3$	
I.8	$1/5$	$1/4$	
I.9	$1/5$	$1/4$	

Tabla N° 119

Voladizo		Carga: 7 kn/m^2	
Variante de Carga	$R'bk = 30 \text{ MPa}$, $Rak = 420 \text{ MPa}$		
	$L/240$	$L/480$	
II.1	$1/3$	$1/3$	
II.2	$1/5$	$1/5$	
II.3	$1/5$	$1/4$	
II.4	$1/3$	$1/3$	

II.5	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{4}$
II.6	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{4}$
II.7	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$
II.8	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{4}$
II.9	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{3}$

Tabla N° 120

Voladizo		Carga: $8.5 \frac{kn}{m^2}$	
Variante de Carga	$R'bk = 30MPa$, $Rak = 420MPa$		
	$L/240$	$L/480$	
III.1	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$	
III.2	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{4}$	
III.3	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{4}$	
III.4	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$	
III.5	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{3}$	
III.6	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{3}$	
III.7	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$	
III.8	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{3}$	
III.9	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{3}$	

Tabla N° 121

Voladizo		Carga: 7.5 kn/m^2	
Variante de Carga	$R'bk = 30\text{MPa}$, $Rak = 420\text{MPa}$		
	$L/240$	$L/480$	
IV.1	$1/3$	$1/3$	
IV.2	$1/5$	$1/4$	
IV.3	$1/5$	$1/4$	
IV.4	$1/3$	$1/3$	
IV.5	$1/4$	$1/4$	
IV.6	$1/4$	$1/3$	
IV.7	$1/3$	$1/3$	
IV.8	$1/4$	$1/3$	
IV.9	$1/4$	$1/3$	

Tabla N° 122

Voladizo		Carga: 8.0 kn/m^2	
Variante de Carga	$R'bk = 30\text{MPa}$, $Rak = 420\text{MPa}$		
	$L/240$	$L/480$	
V.1	$1/3$	$1/3$	
V.2	$1/5$	$1/4$	
V.3	$1/5$	$1/4$	
V.4	$1/3$	$1/3$	

V.5	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{4}$
V.6	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{4}$
V.7	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$
V.8	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{3}$
V.9	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{3}$

Tabla N° 123

Voladizo		Carga: $9.5 \frac{kn}{m^2}$	
Variante de Carga	$R'bk = 30MPa$, $Rak = 420MPa$		
	$L/240$	$L/480$	
VI.1	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$	
VI.2	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{4}$	
VI.3	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{4}$	
VI.4	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$	
VI.5	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{3}$	
VI.6	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{3}$	
VI.7	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$	
VI.8	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{3}$	
VI.9	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{3}$	

Tabla N° 124

Voladizo		Carga: 8.5 kn/m^2	
Variante de Carga	$R'bk = 30\text{MPa}$, $Rak = 420\text{MPa}$		
	$L/240$	$L/480$	
VII.1	$1/3$	$1/3$	
VII.2	$1/5$	$1/4$	
VII.3	$1/5$	$1/4$	
VII.4	$1/3$	$1/3$	
VII.5	$1/5$	$1/4$	
VII.6	$1/4$	$1/3$	
VII.7	$1/3$	$1/3$	
VII.8	$1/4$	$1/3$	
VII.9	$1/4$	$1/3$	

Tabla N°125

Voladizo		Carga: 9.5 kn/m^2	
Variante de Carga	$R'bk = 30\text{MPa}$, $Rak = 420\text{MPa}$		
	$L/240$	$L/480$	
VIII.1	$1/3$	$1/3$	
VIII.2	$1/5$	$1/4$	
VIII.3	$1/4$	$1/4$	
VIII.4	$1/3$	$1/3$	

VIII.5	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{3}$
VIII.6	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{3}$
VIII.7	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$
VIII.8	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{3}$
VIII.9	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{3}$