

Transición del Factor de Carga para Combinaciones por Gravedad de NTC-2004 a NTC-2017

Load Factor Transition for Gravity Combinations from NTC-2004 to NTC-2017

Investigación

M. en I. Edgar Iram Villagrán-Arroyo, Dr. Marco Antonio Cruz-Gómez, M. en I. Ana Elena Posada-Sánchez, Dr. Juan Pablo Hidalgo-Toxqui, Estudiante Stephania Galindo-Ramírez, Estudiante José Gilberto Otoniel Muñoz-Flores. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Facultad de Ingeniería
14 Sur y Av. San Claudio, S/N, Col. Jardines de San Manuel, Puebla, Pue., México, C.P. 72570,
Tel. 01 (222) 229 55 00, Ext. 7644, iram.villagran@correo.buap.mx

Resumen

La actualización de las NTC-RDF en 2017 establece nuevos parámetros para los factores de carga con la finalidad de garantizar una confiabilidad uniforme. El objetivo de esta investigación es caracterizar un análisis de la transición de los valores del factor de carga constante (NTC-2004) a variables (NTC-2017) para las estructuras Grupos A y B bajo cargas gravitacionales. Los factores de carga son caracterizados en función de las cargas permanentes y variables en un amplio rango y se determina que las estructuras Grupo A presentan un factor combinado superior a 1.5, por lo que estarán sobredimensionadas. Sin embargo, para las estructuras Grupo B con relaciones de carga variable sobre carga permanente menores a uno, el factor de carga combinado decrece hasta 1.3, lo que significa que los nuevos diseños estarán subdimensionados, en ambos casos, con respecto a la norma anterior. El procedimiento convencional de bajada de cargas conduce a un factor de carga no uniforme por lo que se propone un procedimiento alternativo para uniformizarlo. Con la nueva norma no se obtiene el mismo resultado aplicando los factores a las cargas que a las fuerzas internas. Este documento propone un factor de carga global que iguala el resultado independientemente del procedimiento.

Palabras clave: Factor de seguridad, factor de carga, cargas variables, cargas permanentes, NTC-RDF.

Abstract

The update of the NTC-RDF in 2017 establishes new parameters for the load factors to guarantee uniform reliability for gravitational loads. The objective of this research was to characterize a values transition analysis of the constant load factor (NTC-2004) to variables (NTC-2017) for the structures groups A and B. The load factors were characterized according to the permanent and variable loads in a wide range and it was determined that the structures of group A have

a combined factor that is always higher than 1.5, so they will be over-dimensioned concerning the previous standards. However, for group B structures with variable load ratios on permanent loads less than one, the combined load factor decreases up to 1.3, which means that the new designs will be sub-dimensioned concerning the previous standard. The conventional method of load transfer leads to a non-uniform load factor, so a procedure to standardize it is proposed. With the new norm, the same result is not obtained applying the factors to the loads that to the internal forces. This document proposes a global load factor for obtaining the same result regardless of the procedure used.

Keywords: Safety factor, load factor, variable loads, permanent loads, NTC-RDF.

Introducción

En diciembre de 2017 las Normas Técnicas Complementarias (NTC) del Reglamento de Construcciones del Distrito Federal (RDF) tuvieron una actualización que modifica los factores de carga para combinaciones de gravedad, lo que implica una diferencia sustancial con respecto a su norma predecesora de 2004, dejando a las estructuras del Grupo A sobredimensionadas y a las del Grupo B subdimensionadas.

Este tipo de diferenciación de factores de carga no es nuevo, ya que en códigos americanos y europeos se han empleado desde hace varias décadas, no obstante, es necesario analizar hasta qué punto esta diferencia de factores repercutirá en el diseño de las estructuras y en el procedimiento más difundido para realizar el cálculo en México. Por otra parte, también es necesario verificar cómo incide este cambio en el factor de seguridad de la estructura en su conjunto.

El objetivo de esta investigación es caracterizar un análisis de la transición de los valores del factor de carga constante (NTC-2004) a variables (NTC-

2017) para las estructuras Grupos A y B bajo cargas gravitacionales.

Fundamentos teóricos

De acuerdo con Roberto Meli [1] el objetivo de un reglamento de diseño es reunir los requisitos que deben cumplir las estructuras para evitar la ocurrencia de una falla o comportamientos indeseables e inadmisibles. Los factores de carga tienden a uniformizar una parte del factor de seguridad independientemente del material o combinaciones de materiales de construcción.

Por su parte, Emilio Rosenblueth [2] identifica la necesidad de resolver la problemática de establecer un factor de seguridad global para las estructuras proponiendo un código ideal en función de la optimización de la confiabilidad.

John Zachar [3] revisa los valores de los factores de carga y resistencia en códigos y reglamentos de diferentes países, con lo que pretende definir los valores óptimos para garantizar la reserva estructural de diseño, dependiendo de la naturaleza de las cargas.

Los códigos más antiguos refieren a los esfuerzos como criterio de diseño [4] [5], a este criterio de diseño se le conoce como “Diseño por esfuerzos permisibles” (*Allowable Stress Design - ASD*), muy apropiado para el acero, material que cumple con las hipótesis básicas del análisis estructural [5]. Tal fue su éxito que se extendió a otros materiales como el concreto reforzado, la mampostería y la madera, con un enfoque determinista, propio de la época, por lo que todos los modelos consideraban expresiones efecto-resistencia.

Las ideas de los físicos de principios del siglo XX permearon a la ingeniería con conceptos tales como incertidumbre y probabilidad [6]. Esta influencia alentó el estudio estadístico tanto de acciones como de resistencias sobre las estructuras. A partir de esta información se hizo evidente que existen variaciones importantes sobre lo que anteriormente se consideraba un valor estándar, y las consecuencias de elegir siempre los valores promedio tanto para análisis como para diseño. Para tomar en cuenta la variabilidad tanto de cargas como de resistencias, mediante estudios de probabilidad, se determinaron valores aumentados y reducidos respectivamente, tales que la probabilidad de ser rebasados o no alcanzados estuviera en un porcentaje bajo (usualmente entre el 2 % y el 5 %) [5] [7]. Esto genera un nuevo criterio de diseño conocido como “Factores de carga y resistencia” (*Load Resistance Factor Design - LRFD*).

Las Normas Técnicas Complementarias (NTC) del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal son referencia por ausencia o legal en muchos de

los estados y municipios de la República Mexicana, principalmente en el centro y sureste de ésta [8].

La normativa emitida por el Gobierno del Distrito Federal en 1976 cambió de ASD a LRFD. Este cambio en el criterio de diseño no se limitó a lo que se conoce como el estado límite de carga, sino que, al mismo nivel de importancia, se introdujeron los estados límite de servicio, por ello se le denomina “Diseño por estados límite” [9].

De acuerdo a Mc Cormack [5] existen dos diferencias fundamentales entre estos criterios: la primera se relaciona con el método de cálculo de cargas de diseño y la segunda con el uso de factores de resistencia (LRFD) y de seguridad (ASD) [6]. El manejo de un factor de carga común para las cargas permanentes y las variables abrió la posibilidad de utilizar dos procedimientos para el diseño: por un lado, se podía aplicar el factor directamente a la combinación de cargas en el análisis y, por el otro, se podía aplicar el factor a las fuerzas internas (momentos, cortantes, axiales y torsores) combinadas en la etapa de diseño, obteniéndose resultados iguales. Este último procedimiento es el más empleado en México [10], sin embargo, algunos autores reconocidos omiten el paso de definirlo para llegar a las acciones últimas de diseño, aceptando implícitamente la equivalencia [11].

Investigaciones recientes realizadas en el extranjero [12] [13] [14] y en el Instituto de Ingeniería de la UNAM [15] [16] continúan buscando proponer valores que permitan obtener la combinación óptima de factores de carga y resistencia para uniformizar la confiabilidad del factor de seguridad, a partir del análisis del comportamiento de elementos estructurales, lo que corresponde al segundo procedimiento descrito en el párrafo anterior.

Actualización de la norma de la Ciudad de México

Las Normas Técnicas Complementarias de la Ciudad de México (NTC - CDMX) del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal fueron publicadas en diciembre de 2017. En este trabajo nos referimos en particular a la “Normas Técnicas Complementarias sobre Criterios y Acciones para el Diseño Estructural de las Edificaciones” [17], que en su apartado 3.4, inciso a, señalan:

“a) Para combinaciones de acciones clasificadas en el inciso 2.3.a, se aplicará un factor de carga de 1.3 para las cargas permanentes y 1.5 para las variables.

“Cuando se trate de edificaciones del Grupo A, los factores de carga para este tipo de combinación se tomarán iguales a 1.5 y 1.7, para cargas permanentes y variables, respectivamente.”

Esto representa un cambio con respecto a la versión 2004 [18], en la que los factores de carga eran 1.4 y 1.5 para las estructuras Grupo B y A, respectivamente, aplicables a la combinación de cargas permanentes y variables con su intensidad máxima.

El RCDF [19] define a las estructuras Grupo A y Grupo B en su artículo 139 como:

“I. Grupo A: Edificaciones cuya falla estructural podría constituir un peligro significativo por contener sustancias tóxicas o explosivas, así como edificaciones cuyo funcionamiento es esencial a raíz de una emergencia urbana, como: hospitales, escuelas, terminales de transporte, estaciones de bomberos, centrales eléctricas y de telecomunicaciones, estadios, depósitos de sustancias flamables o tóxicas, museos y edificios que alojen archivos y registros públicos de particular importancia, y otras edificaciones a juicio de la Secretaría de Obras y Servicios.

II. Grupo B: Edificaciones comunes destinadas a viviendas, oficinas y locales comerciales, hoteles y construcciones comerciales e industriales no incluidas en el Grupo A, ...”

Materiales y métodos

El análisis que se presenta se refiere a la combinación de cargas permanentes (CP) y cargas variables (CV), donde estas últimas se consideran con su intensidad máxima. Las relaciones de CV/CP se tabularon sin asociarse con un tipo de estructura específico dada la imposibilidad de estimar el peso de la estructura de soporte debido a la gran variación de materiales que se pueden emplear (Figura 1).

Para delimitar las relaciones entre la carga variable y la permanente de innumerables tipos de estructuras y considerando que los factores de carga afectan a todos los materiales, se propone como límite inferior el caso de cubiertas de concreto, con pendiente mayor al 5%, donde la relación de cargas variables a cargas permanentes puede ser tan pequeña como 0.1, y por otra parte, el límite superior corresponde, por ejemplo, a losas de piso para bodegas de almacenamiento pesado, donde esta relación puede llegar a ser del orden de 3. Este último límite se propuso tomando como parámetro que los coeficientes para diseño de losas de las NTC - Concreto [19] señalan una relación máxima carga viva a carga muerta de 2.5.

El primer paso es parametrizar el valor de CV en función de CP, tomando esta última como unitaria, obteniendo la relación CV/CP. A continuación, se consideran los factores que propone la NTC - 2017 [17] para CP y CV dando como resultado el factor de carga combinado (FC_{comb}). Por otro lado, se calcula

la proporción entre el factor de carga combinado y el factor constante de la NTC - 2004 [18], por último, se determina la relación entre la suma de las cargas factorizadas y CP.

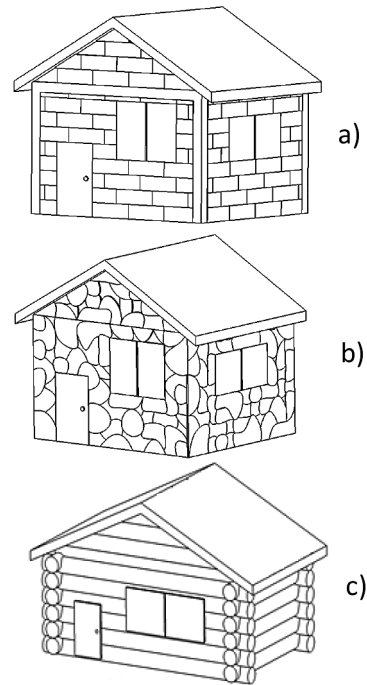


Figura 1. Tipos de estructuras para espacios similares con diferentes relaciones de CV/CP:

a) Piedra, b) Tabique y c) Madera.

Los valores del factor de carga combinado se grafican contra la relación CV/CP. Los valores discretos se toman como referencia para ajustar una ecuación polinomial que refleja el comportamiento con un factor de correlación cercano a la unidad.

Finalmente se hizo un análisis en el que se observa la variación del factor de carga combinado en función de la relación CV/CP, que afecta de forma diferente a los elementos de soporte horizontal y a los de soporte vertical.

Resultados

La tabla 1 corresponde a las estructuras de Grupo B y presenta en la primera columna el valor de la relación CV/CP, considerando $CP = 1$. En la segunda columna se presenta el valor de la relación entre las cargas factorizadas contra la carga permanente, es decir, el equivalente al número de veces que la estructura debe soportar su peso propio. En la tercera columna se presenta el valor del Factor de Carga Combinado, que

se calcula con la ecuación (1):

$$FC_{comb} = \frac{1.3CP+1.5CV}{CP+CV} \quad (1)$$

Esta ecuación normalizada toma la forma de la ecuación (1.1):

$$FC_{comb} = \frac{1.3(1)+1.5(k)}{1+k} \quad (1.1)$$

para $k = 0.1, 0.2, \dots, 3$.

La última columna contiene la proporción entre el valor del Factor de Carga Combinado de la NTC-2017 con el valor constante correspondiente a la norma 2004.

La figura 2 es la gráfica en donde los valores en eje horizontal corresponden a la relación CV/CP y los valores en el eje vertical al factor de carga. La curva representa al FC combinado de la norma 2017 y la recta al FC constante de la norma 2004.

Tabla 1. Variación del Factor de carga para estructuras Grupo B en función de la relación carga variable vs. carga permanente.

Relación CV/CP	Carga total considerada/carga permanente	FC combinado	Porcentaje con respecto al factor de 1.4 de la NTC-2004
0.1	1.45	1.3182	0.942
0.2	1.6	1.3333	0.952
0.3	1.75	1.3462	0.962
0.4	1.9	1.3571	0.969
0.5	2.05	1.3667	0.976
0.6	2.2	1.3750	0.982
0.7	2.35	1.3824	0.987
0.8	2.5	1.3889	0.992
0.9	2.65	1.3947	0.996
1	2.8	1.4000	1.000
1.2	3.1	1.4091	1.006
1.4	3.4	1.4167	1.012
1.6	3.7	1.4231	1.016
1.8	4	1.4286	1.020
2	4.3	1.4333	1.024
2.2	4.6	1.4375	1.027
2.4	4.9	1.4412	1.029
2.6	5.2	1.4444	1.032
2.8	5.5	1.4474	1.034
3	5.8	1.4500	1.036

La tabla 2 corresponde a las estructuras de Grupo A y es similar a la tabla 1, sólo que la expresión correspondiente al Factor de Carga Combinado se calcula con la ecuación (2):

$$FC_{comb} = \frac{1.5CP+1.7CV}{CP+CV} \quad (2)$$

Esta ecuación normalizada toma la forma de la ecuación (2.1):

$$FC_{comb} = \frac{1.5(1)+1.7k}{1+k} \quad (2.1)$$

donde $k = 0.1, 0.2, \dots, 3$.

La figura 3 corresponde a la relación CV/CP para estructuras Grupo A en ambas normas.

Utilizando un incremento en la relación CV/CP = 0.1, se encontró que las curvas de variación del factor

de carga combinado ajustan con muy buena precisión a una ecuación polinomial de cuarto grado, además de ser paralelas. En ambos casos, el coeficiente de correlación resultó $R=0.9999$ [17].

Para las estructuras Grupo B se encontró la función de variación de la ecuación (3):

$$FC_{comb} = -0.0032\left(\frac{CV}{CP}\right)^4 + 0.0272\left(\frac{CV}{CP}\right)^3 - 0.0914\left(\frac{CV}{CP}\right)^2 + 0.1642\left(\frac{CV}{CP}\right) + 1.3037 \quad (3)$$

Mientras que para estructuras Grupo A se encontró que la función es la ecuación (4):

$$FC_{comb} = -0.0032\left(\frac{CV}{CP}\right)^4 + 0.0272\left(\frac{CV}{CP}\right)^3 - 0.0914\left(\frac{CV}{CP}\right)^2 + 0.1642\left(\frac{CV}{CP}\right) + 1.5037 \quad (4)$$

Comparación del Factor de Carga NTC-2017 vs. NTC-2004 Estructuras Grupo B

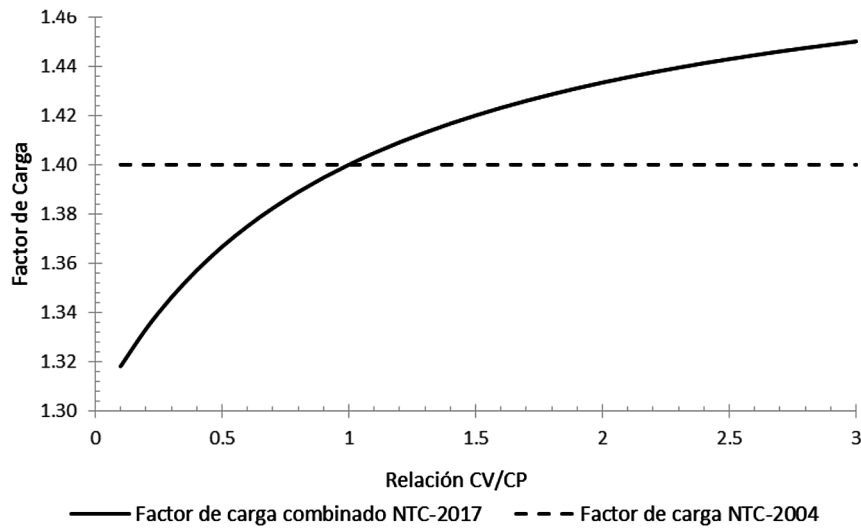


Figura 2. Variación del Factor de Carga combinado de la NTC-2017 comparado con el Factor de Carga de la NTC-2004 para estructuras Grupo B.

Tabla 2. Variación del Factor de carga para estructuras Grupo A en función de la relación carga variable vs. carga permanente.

Relación CV/CP	Carga total considerada/carga permanente	FC combinado	Porcentaje con respecto al factor de 1.5 de la NTC-2004
0.1	1.67	1.5182	1.012
0.2	1.84	1.5333	1.022
0.3	2.01	1.5462	1.031
0.4	2.18	1.5571	1.038
0.5	2.35	1.5667	1.044
0.6	2.52	1.5750	1.050
0.7	2.69	1.5824	1.055
0.8	2.86	1.5889	1.059
0.9	3.03	1.5947	1.063
1	3.2	1.6000	1.067
1.2	3.54	1.6091	1.073
1.4	3.88	1.6167	1.078
1.6	4.22	1.6231	1.082
1.8	4.56	1.6286	1.086
2	4.9	1.6333	1.089
2.2	5.24	1.6375	1.092
2.4	5.58	1.6412	1.094
2.6	5.92	1.6444	1.096
2.8	6.26	1.6474	1.098
3	6.6	1.6500	1.100

**Comparación del Factor de Carga NTC-2017 vs. NTC-2004
 Estructuras Grupo A**

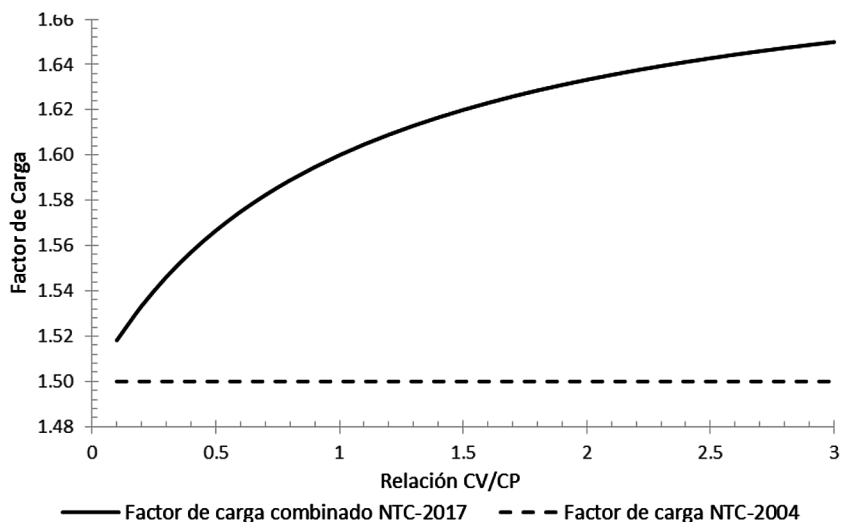


Figura 3. Variación del Factor de Carga combinado de la NTC-2017 comparado con el Factor de Carga de la NTC-2004 para estructuras Grupo A.

Del análisis del comportamiento de los factores se observa que en la NTC 2017 el valor del Factor de Carga Combinado se convierte en una curva, que para las estructuras del Grupo B tiene valores en el intervalo estudiado que van de 1.318 para CV/CP = 0.1 hasta 1.45 para CV/CP = 3, mientras que para las estructuras del Grupo A se encontró que para los mismos límites los valores corresponden a 1.518 hasta 1.65. Por otra parte, se encuentra que la carga total gravitacional respecto al peso propio para la que se debe diseñar con relación CV/CP = 3 llega a valores de 5.8 para las estructuras Grupo B y 6.6 para las estructuras Grupo A.

En la figura 3 puede observarse que para las estructuras del Grupo A, los nuevos factores de carga están por arriba de los parámetros constantes de la norma 2004. Sin embargo, en las estructuras Grupo B (Figura 2) se encuentra que para las relaciones CV/CP < 1 los factores combinados pueden disminuir hasta 1.318, lo que los ubica por debajo del 1.4 de la norma 2004; mientras que para CV/CP > 1 aumentan hasta 1.45 en CV/CP = 3.

La comparación de las curvas obtenidas para los FC_{comb} de ambos grupos muestra que son paralelas, siendo su única diferencia la ordenada al origen.

Discusión

Analizando estrictamente la relación CV/CP sobre cubiertas o pisos se deduce que el factor de carga

combinado no es el mismo para la azotea que para las losas de entrepiso, y éste puede variar más si cada nivel tiene un destino diferente. Cuando el elemento a diseñar es la columna o los elementos de soporte vertical, la relación CV/CP se reduce, ya que se incrementan las cargas permanentes pero no las variables. Este aspecto se toma en cuenta en los estudios de optimización realizados por Stewart y Foster [12] [13].

Los factores de carga con la nueva norma se desarrollaron con el objetivo de uniformizar la confiabilidad, sin embargo, bajo esta metodología se puede considerar que el factor de carga va a variar en función del tipo de uso, incluso por cada nivel, dentro de una misma estructura, por lo que “estructuras más pesadas” van a tener un factor de carga combinado menor que el que se tenía con la norma anterior para las estructuras Grupo B, y en el caso de las Grupo A será ligeramente superior a 1.5.

El amplio margen que puede tener la relación CV/CP se puede inducir a través de un ejemplo sencillo de una habitación con cubierta de lámina y tres tipos de muros: 1. Madera, 2. Mampostería artificial (tabique), 3. Mampostería natural (piedra brasa). Es claro que la relación de la misma carga variable contra la carga permanente de toda la estructura tendrá un amplio rango de variación en el factor de carga combinado (Figura 1).

Otra diferencia importante es el orden en que se deben considerar los factores de carga, ya que anteriormente se podían introducir ya bien en el análisis

de cargas de los pisos y cubiertas, o en la combinación de acciones en el análisis estructural [10].

El hecho de que el peso propio de toda la estructura y no solamente de las losas se considera carga permanente (carga muerta) implica que la primera opción anterior ya no es viable, porque no existe una relación lineal, puesto que la relación CV/CP será conocida hasta tener la estructura completa. Por lo tanto, la única forma correcta de realizar el cálculo será considerando la relación total entre carga variable (que se aplica sólo sobre pisos y cubiertas, de acuerdo a la Tabla 6.1.1. [17]) y carga permanente de la estructura en su conjunto. La Figura 4 presenta cualitativamente la variación de la relación CV/CP cuando se van considerando los diferentes elementos estructurales durante la bajada de cargas. En ella se observa el desplazamiento de la

relación CV/CP hacia la izquierda, lo que conduce a que el Factor de Carga Combinado se vaya reduciendo. La figura 4a ilustra los elementos que se consideran en cada paso de bajada de cargas, mientras que las figuras 4b, 4c y 4d presentan las ubicaciones del Factor de carga correspondiente a la relación CV/CP, denominado en este caso x_0 , x_1 y x_2 , respectivamente. Puede observarse cómo va reduciéndose su valor conforme se incluyen más elementos estructurales en la bajada de cargas. Estas figuras son una representación esquemática de la figura 2 y la ubicación de la relación CV/CP con la que se entra a la curva.

De lo anterior se puede deducir que el rango real de variación de la relación CV/CP es más estrecho que el mostrado en las figuras 2 y 3.

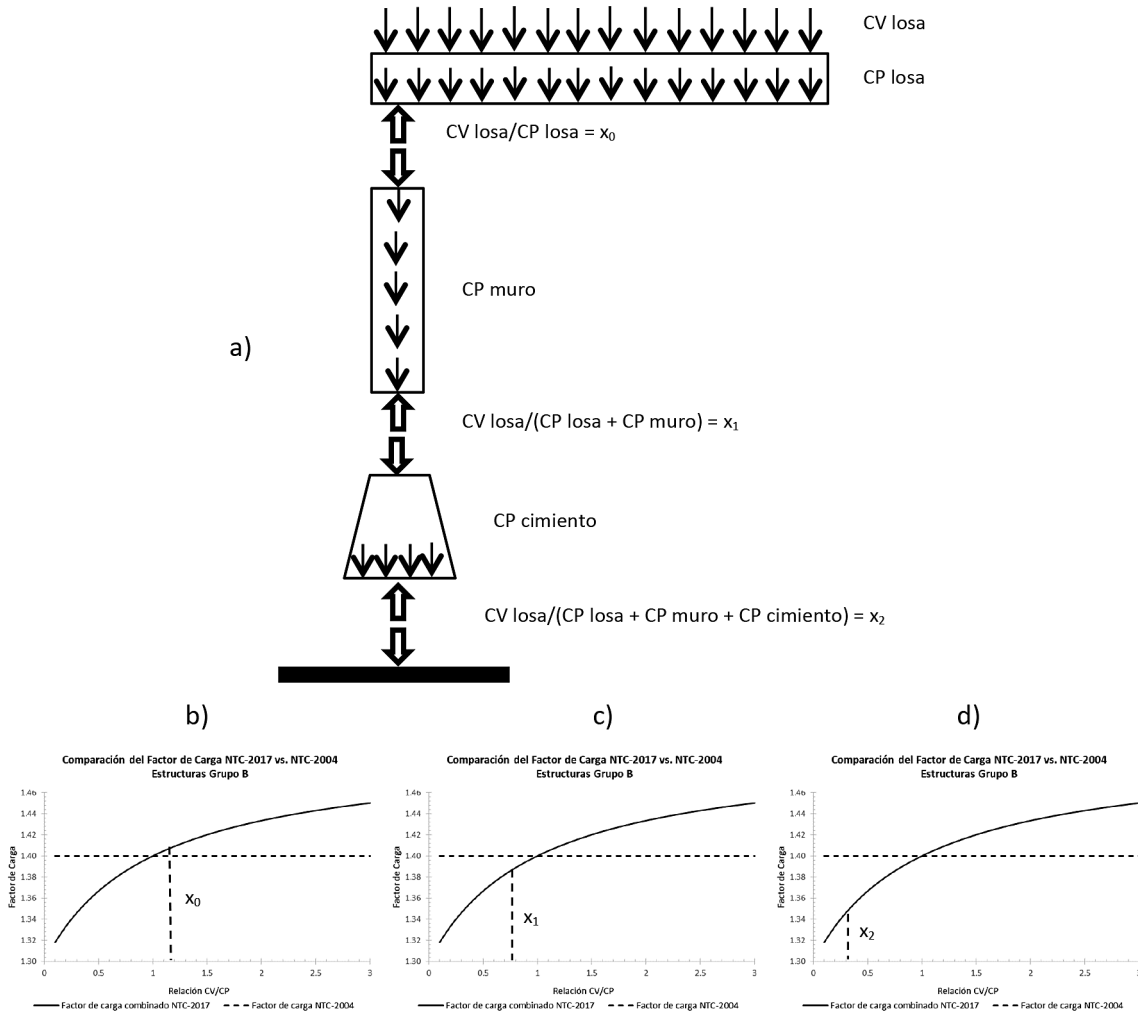


Figura 4. Variación del Factor de Carga Combinado durante la bajada de cargas.

Factor global

Si se pretende lograr un factor de seguridad uniforme para toda la estructura, como se mencionó al inicio de este documento, la forma de lograrlo es considerar la carga variable total y su relación con la carga permanente total, para que con las ecuaciones 3 o 4 se determine el factor de carga global de la estructura (FCG), mismo que se aplicaría de manera similar a como se aplicaba con las normas 2004, de acuerdo a la ecuación 5:

$$FCG (CP + CV_{max}) \quad (5)$$

De esta manera se podría utilizar ya sea directamente en las cargas, o bien, en los elementos mecánicos del análisis al momento del dimensionamiento.

Conclusiones

La diferenciación de los factores en las cargas permanentes y variables que establece la NTC – 2017 se puede interpretar textualmente aplicado a las acciones, o bien, a la combinación de fuerzas internas. Sin embargo, estos dos procedimientos ya no son equivalentes y su variación puede ser significativa en el diseño.

Si el diseño de la estructura está regido por cargas de gravedad, ésta estará subdimensionada con respecto a las normas 2004 en las estructuras Grupo B para las combinaciones CV/CP menores que 1. En tanto que todas las estructuras de Grupo A estarán sobredimensionadas con respecto a la norma 2004, sin importar la relación CV/CP.

En estructuras multiniveles con diferentes destinos por piso la variación en la relación CV/CP genera diferencias que pueden llegar a ser importantes en el Factor de Carga Combinado, lo que se reflejará en distintos factores de seguridad por nivel.

Se sugiere que las normas se complementen con ayudas de diseño en las que se establezca el procedimiento que cumpla con la filosofía de la norma, ya sea ésta buscar un factor de seguridad más uniforme o que el factor de carga varíe de acuerdo al destino y nivel del piso y naturaleza del elemento.

Agradecimientos

A los Cuerpos Académicos BUAP-CA-189 y BUAP-CA-222 que colaboraron en la elaboración del presente trabajo y a los estudiantes que realizaron el análisis de cargas para diferentes estructuras que sirvieron para corroborar el modelo planteado.

Referencias

- [1] Meli Piralla, R. (1976). *Bases para los Criterios de Diseño Estructural del Proyecto del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal*, Primera ed., México: UNAM.
- [2] Rosenblueth Deutsch, E. (1973). Reliability basis for some Mexican codes, *Probabilistics Design of Buildings*, vol. PAPER SP, n° 31-1, pp. 1-41.
- [3] Zachar J.A.y Naik, T.R. (1998). Métodos de Diseño por Resistencia Última para concreto reforzado aplicados en todo el mundo, *Construcción y Tecnología, IMCYC*, pp. 18-21.
- [4] Bates, W. «<https://www.steelconstruction.info/>,» 31 Octubre 2015. [En línea]. Available: <https://www.steelconstruction.info/index.php?title=Special:ImagePage&t=Historical+Steelwork+Handbook.pdf>. [Último acceso: 25 mayo 2018].
- [5] McCormac, J.C. y S. F. Csernak, S.F. (2013). *Diseño de Estructuras de Acero*, 5a ed., México, D.F.: Alfaomega Grupo Editor, S.A. de C.V.
- [6] W. M. Bulleit, W.M. (2008). Uncertainty in Structural Engineering, *Practice Periodical on Structural Design and Construction*, pp. 24-30.
- [7] T. V. Galambos, T.V. (1981). Load and Resistance Factor Design, *Engineering Journal / American Institute of Steel Construction*, vol. Third Quarter, pp. 74-82.
- [8] Gobierno del Estado de Puebla, «<http://gobiernoabierto.pueblacapital.gob.mx/>,» 15 Junio 2017. [En línea]. Available: http://gobiernoabierto.pueblacapital.gob.mx/transparencia_file/ayto/2017/77.01/sa.77.01.codigo_reglamentario_municipio_puebla.2017.pdf. [Último acceso: 7 Junio 2018].
- [9] Gobierno del Distrito Federal, «www.dof.gob.mx,» 2013. [En línea]. Available: http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4858077&fecha=14/12/1976. [Último acceso: 28 Mayo 2018].
- [10] Gallo Ortiz, G., Espino Márquez L. I. y Olvera Montes, A.E. (2011). *Diseño Estructural de Casas Habitación*, 3a. ed., México, D.F.: Mc Graw Hill.
- [11] González Cuevas, O. y Robles Fernández Villegas, F. (2006). *Aspectos fundamentales del Concreto Reforzado*, 4a ed., México, D.F.: Limusa.
- [12] S. Foster, S., Stewart, M., Loo, M. Ahmmed, M. y Sirivivatnanon, V. (2016). Calibration of

- Australian Standard AS3600 Concrete Structures: Part I. Statistical analysis of material properties and model error, *Australian Journal of Structural Engineering*, pp. 1-12.
- [13] Stewart, M. Foster, S., Ahmed, M. y Sirivivatnanon, V. (2016). Calibration of Australian Standard AS3600 concrete structures part II: reliability indices and changes to capacity reduction factors., *Australian Journal of Structural Engineering*., pp. 1-13.
- [14] Iervolino, I. y Galasso, C. (2012). Comparative assessment of load-resistance factor design of FRP-reinforced cross sections, *Construction and Building Materials*, vol. 34, pp. 151-161.
- [15] Ruiz Gómez, S.E. , Bojórquez Mora, J. y Bojorquez Mora, E. (2012). Combinación Óptima de Factores de Seguridad para Elementos de C/R diseñados por Flexión y por Cortante: Carga muerta y Carga Viva, Acapulco, Gro.
- [16] Bojorquez Mora J. y Ruiz Gómez, S.E. (2015). *Factores de carga y de resistencia para el diseño*, México, D.F.: Instituto de Ingeniería, UNAM.
- [17] Gobierno de la Ciudad de México. (Diciembre 2017), Norma Técnica Complementaria de criterios y acciones para el Diseño Estructural de las Edificaciones, *Gaceta Oficial de la Ciudad de México*, pp. 689-700.
- [18] Gobierno del Distrito Federal. (6 octubre 2004). Normas Técnicas Complementarias sobre Criterios y Acciones para el Diseño Estructural de las Edificaciones, *Gaceta Oficial del Distrito Federal*, pp. 2-10.
- [19] Gobierno del Distrito Federal. (29 enero 2004). REGLAMENTO DE CONSTRUCCIONES PARA EL DISTRITO FEDERAL, *Gaceta Oficial del Distrito Federal*, pp. 56-115.
- [20] Gobierno de la Ciudad de México. (15 diciembre 2017). Norma Técnica Complementaria para Diseño y Construcción de Estructuras de Concreto, *Gaceta de la Ciudad de México*, p. 400.

Recibido: 28 de septiembre de 2018

Aceptado: 24 de octubre de 2018