

DESARROLLO DE UNA NORMATIVA VENEZOLANA PARA EDIFICACIONES SISMORRESISTENTES DE MAMPOSTERÍA ESTRUCTURAL

Angelo Marinilli^{1*} y Oscar A. López^{1**}

¹ Instituto de Materiales y Modelos Estructurales – IMME. Facultad de Ingeniería. Universidad Central de Venezuela.

* angelo.marinilli@ucv.ve, angelomarinilli@gmail.com

** oalsf@yahoo.com

RESUMEN

La mampostería es un sistema estructural ampliamente usado para la construcción de viviendas y otros tipos de edificaciones, tanto en Venezuela como en otras partes del mundo. Los muros portantes pueden ser de mampostería confinada o de mampostería reforzada internamente. Recientemente se completó una propuesta de norma venezolana para análisis, diseño y construcción de edificaciones de mampostería estructural. Contemporáneamente se actualiza la norma sísmica venezolana, incluyendo ahora a las edificaciones de mampostería estructural entre los sistemas resistentes a sismo. El objeto de este trabajo es presentar los temas más importantes incluidos en dichas normas en el ámbito de la mampostería estructural. El trabajo está enmarcado en una línea de investigación que se desarrolla en el IMME con la finalidad de racionalizar el uso de la mampostería estructural en Venezuela.

Palabras Clave: mampostería estructural, normativa venezolana, norma mampostería, norma sísmica

ABSTRACT

Masonry is a structural system widely used for dwelling construction in Venezuela and worldwide. Structural walls may be confined masonry or reinforced masonry walls. An analysis, design and construction code for structural masonry buildings was recently developed in Venezuela. Contemporarily the Venezuelan seismic code is being updated, now including structural masonry amongst the earthquake resisting systems. The goal of this paper is to present the most important themes included in those codes related with structural masonry. This paper is related to an IMME's research project that aims to rationalize structural masonry use in Venezuela.

Keywords: structural masonry, Venezuelan codes, masonry code, seismic code

INTRODUCCIÓN

La mampostería es definida como aquella obra construida mediante la colocación a mano de unidades de mampostería, unidas entre sí horizontal y verticalmente con mortero. La mampostería estructural es la obra de mampostería diseñada especialmente para resistir

SECRETARÍA DE LAS JORNADAS.

Coordinación de Investigación .Edif. Física Aplicada. Piso 2. Facultad de Ingeniería.

Universidad Central de Venezuela. Ciudad Universitaria de Caracas. 1053

Telf.: +58 212-605 1644 | <http://www.ing.ucv.ve>

combinaciones de corte, momento y fuerza axial generadas por acciones gravitacionales y accidentales, como las producidas por un sismo.

Las edificaciones estructuradas con muros de mampostería son comúnmente construidas para diversos usos en áreas urbanas, suburbanas y rurales de Venezuela. La mampostería confinada ha sido utilizada en la construcción formal, la mampostería no reforzada es usualmente empleada en la construcción popular y la mampostería reforzada internamente, aunque empleada masivamente a nivel mundial, es raramente utilizada en el país.

A pesar de su uso extendido y a pesar que un número importante de la población venezolana está ubicada en las zonas de mayor amenaza sísmica del país, no se dispone de una norma actualizada para edificaciones de mampostería estructural. La última norma nacional que trata sobre el tema es la norma del Ministerio de Obras Públicas de 1955 [1], lo que deja en evidencia la necesidad de contar con una norma moderna para analizar, diseñar y construir edificaciones de mampostería estructural que sean seguras, sobre todo ante las acciones sísmicas.

La Norma Venezolana Covenin 1756:2001 para edificaciones sismorresistentes, vigente en el país, no contempla la mampostería estructural entre los sistemas resistentes a sismo [2]. La necesidad de incorporar la mampostería estructural –más específicamente las edificaciones estructuradas con muros de mampostería confinada o con muros de mampostería reforzada internamente– entre los sistemas resistentes a sismo ha sido considerada en el proceso de actualización de la norma sísmica venezolana que se adelanta actualmente, estableciendo los requisitos y parámetros necesarios para realizar su análisis y diseño sismorresistente.

El objeto de este trabajo es presentar los temas más importantes incluidos en la propuesta de norma para edificaciones de mampostería estructural y en la propuesta de norma para construcciones sismorresistentes en aquellos aspectos de ésta última relacionados con la mampostería estructural. El trabajo está enmarcado en una línea de investigación que se desarrolla en el IMME con la finalidad de racionalizar el uso de la mampostería estructural en Venezuela desde hace más de tres décadas [3].

NORMA VENEZOLANA PARA EDIFICACIONES DE MAMPOSTERÍA ESTRUCTURAL

La ponencia de la norma fue elaborada por los autores de este trabajo y su revisión fue realizada en el marco del Subcomité Técnico de Normalización de Mampostería, coordinado por el Centro Nacional de Investigación y Certificación en Vivienda, Hábitat y Desarrollo Urbano (CENVIH). Dicho comité está conformado por los ingenieros María Morillo del CENVIH (Secretaria), Oscar A. López (Presidente), Angelo Marinilli y Norberto Fernández del IMME, Manuel Pose del Instituto Universitario de Tecnología Región Capital, Luis Vargas y Franklin Rodríguez del Ministerio del Poder Popular para Vivienda y Hábitat. La discusión pública de la propuesta fue coordinada por el Fondo de Desarrollo para la Normalización, Calidad, Certificación y Metrología (FODENORCA) a través de la página web del Servicio Autónomo Nacional de Normalización, Calidad, Metrología y Reglamentos Técnicos (SENCAMER). Una vez recogidas las observaciones y los comentarios de la discusión pública, el Subcomité Técnico de Normalización de Mampostería discutió su incorporación al documento, con el objeto de producir la versión final de la norma que será publicada próximamente.

A continuación se presenta una breve descripción del contenido de los 11 capítulos de la norma.

SECRETARÍA DE LAS JORNADAS.

Coordinación de Investigación .Edif. Física Aplicada. Piso 2. Facultad de Ingeniería.

Universidad Central de Venezuela. Ciudad Universitaria de Caracas. 1053

Telf.: +58 212-605 1644 | <http://www.ing.ucv.ve>

Pueden consultarse detalles adicionales en la referencia [4].

Objetivos y alcance

Esta norma establece los requisitos mínimos para análisis, diseño y construcción de edificaciones nuevas estructuradas con muros de mampostería –confinada o reforzada internamente– en todo el territorio nacional. Dichos requisitos están orientados a lograr comportamientos apropiados y seguros ante las cargas permanentes y variables establecidas en la Norma Venezolana Covenin 2002-88 [5] y ante cargas accidentales, particularmente las producidas por movimientos sísmicos según la Norma Venezolana Covenin 1756:2001 [2]. Una vez aprobada, esta norma sustituirá a la parte III de las “Normas para el Cálculo de Edificios MOP 1955” titulada “Muros y Tabiques” que no ha sido derogada aun [1]. Se presentan algunas disposiciones transitorias para poder realizar el análisis sísmico de edificaciones de mampostería estructural, mientras se completa el proceso de actualización la Norma Venezolana Covenin 1756:2001.

Definiciones, notación y unidades

En este capítulo se presenta el significado de 72 términos y 80 símbolos usados en la norma. Las unidades empleadas corresponden al sistema métrico decimal (MKS), cuyas unidades básicas son metro (m), kilogramo fuerza (kgf) y segundo (s). Se utiliza predominantemente el kilogramo fuerza (kgf) y el centímetro (cm), así como sus combinaciones.

Requisitos generales

En este capítulo se establece que las edificaciones de mampostería estructural deben ser diseñadas con el método del estado límite de agotamiento resistente (diseño a rotura), con combinaciones de carga y factores de reducción de resistencia compatibles con los utilizados para estructuras de concreto reforzado [6] y acero estructural [7]. En el análisis de las edificaciones de mampostería estructural se deben utilizar modelos matemáticos que cumplan con los principios establecidos en la resistencia y la mecánica de materiales, de modo que describan adecuadamente las respuestas estructurales esperadas. Igualmente se establece que toda edificación debe poseer un sistema estructural para resistir sismos, con la estabilidad, resistencia, rigidez y ductilidad necesarias, capaces de transmitir las fuerzas sísmicas desde su punto de aplicación hasta las fundaciones, cumpliendo con los requerimientos de resistencia y deformabilidad del terreno.

Materiales

En este capítulo se establecen los requisitos para los materiales utilizados en la construcción de edificaciones de mampostería, en concordancia con las normas venezolanas Covenin pertinentes. Específicamente se establecen los requisitos para los siguientes componentes y materiales: unidades de mampostería, cementantes, agregados, agua para el mezclado, aditivos, mortero, mampostería, concreto convencional, concreto líquido y acero de refuerzo.

Entre los requisitos se establece que las unidades de mampostería deben ser fabricadas artesanal o industrialmente con un adecuado control de calidad, que sólo se pueden utilizar unidades de mampostería con perforaciones horizontales en edificaciones de 1 o 2 pisos ubicadas en las zonas con peligro sísmico bajo (Zonas 0, 1 y 2 según la Norma Venezolana Covenin 1756:2001 [2]) y que no se permiten unidades recicladas para la construcción de muros estructurales.

Especificaciones generales para análisis y diseño estructural

En este capítulo se indican las combinaciones de carga y los factores de reducción de resistencia para el diseño según el estado límite de agotamiento resistente. Adicionalmente las edificaciones de mampostería estructural deben ser diseñadas por durabilidad y deben ser verificadas para el estado límite de servicio.

Se indica además que la mampostería se puede considerar como un material homogéneo para el análisis y se desprecia su resistencia a tracción, que la resistencia teórica de diseño de un muro de mampostería –confinada o reforzada internamente– sometido a compresión axial, flexión o flexocompresión, se determina de manera similar que para las secciones de concreto reforzado, que la resistencia a compresión de los muros de mampostería es afectada por un factor de reducción de resistencia por excentricidad y esbeltez, que la fuerza cortante que resisten los muros corresponde al primer agrietamiento y se basa en la resistencia a compresión diagonal de la mampostería, y que todos los muros deben ser diseñados para resistir flexión fuera de su plano mediante el refuerzo vertical de los elementos de confinamiento o del refuerzo interno, según corresponda. Finalmente se indica que el detallado del acero de refuerzo se corresponde con lo establecido en la Norma Venezolana Fondonorma 1753:2006 [6].

Mampostería confinada

En este capítulo se establecen los requisitos para el diseño de edificaciones de mampostería confinada. Un muro de mampostería confinada es aquel que tiene elementos de confinamiento verticales (machones) y horizontales (vigas de corona) unidos adecuadamente entre sí en todo su perímetro y que cumple con los requisitos de este capítulo. Estos elementos son usualmente de concreto reforzado, sus dimensiones transversales son comparables con el espesor de la pared de mampostería y son vaciados después que ésta es construida, generándose una unión efectiva entre ellos. Adicionalmente, se puede garantizar una traba mecánica adicional entre la pared y los machones mediante el endentado de la mampostería o mediante el uso de conectores metálicos. La Figura 1 permite observar los requisitos de confinamiento establecidos en la norma.

Adicionalmente se indica que se permite el análisis, diseño y construcción de edificaciones estructuradas a base de muros de mampostería confinada con perfiles de acero, siempre que estén debidamente soportados por estudios teóricos y experimentales de acuerdo con lo establecido en la norma.

Mampostería reforzada internamente

En este capítulo se establecen los requisitos para el diseño de edificaciones de mampostería reforzada internamente. Un muro de mampostería reforzada internamente es aquel que posee como refuerzo barras o alambres de acero con resaltes, distribuidos horizontal y verticalmente, ubicados en las celdas de las unidades de mampostería o en las juntas horizontales de mortero y que cumple con los requisitos de esta norma. Todo refuerzo horizontal debe estar recubierto por mortero y todo refuerzo vertical debe estar recubierto por concreto líquido en las celdas. La Figura 2 permite observar los requisitos de refuerzo interno establecidos en la norma.

Muros diafragma

En este capítulo se establecen los requisitos para el diseño de muros diafragma. Un muro diafragma es aquel que se encuentra rodeado por las vigas y las columnas de un pórtico resistente

a momentos –de acero o de concreto reforzado– al cual se encuentra adosado y le proporciona rigidez adicional ante cargas laterales. Los muros diafragma pueden ser considerados como parte del sistema resistente a sismos solamente en edificaciones existentes. Para esto deben existir muros diafragma en forma continua desde la fundación hasta el techo de la edificación y no deben poseer aberturas ni juntas de ninguna especie.

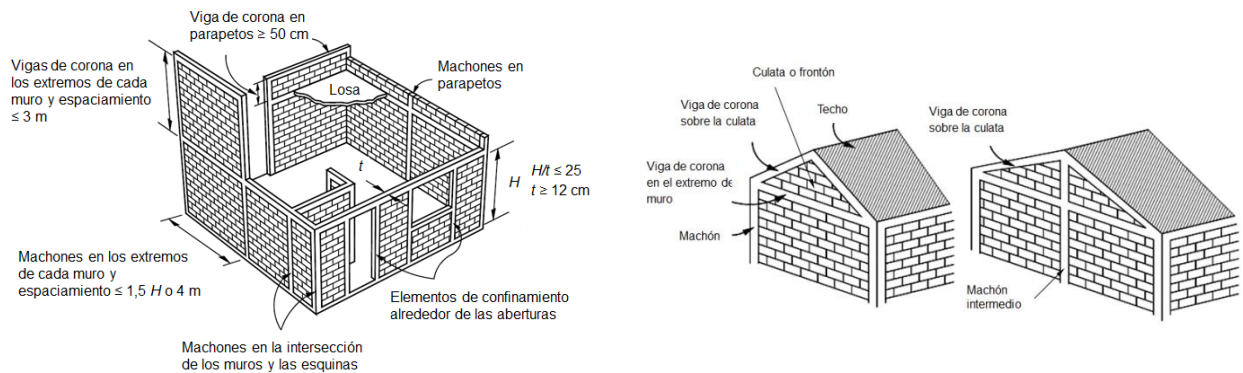


Figura 1. Requisitos de confinamiento para edificaciones de mampostería confinada (H es la altura y t el espesor del muro).

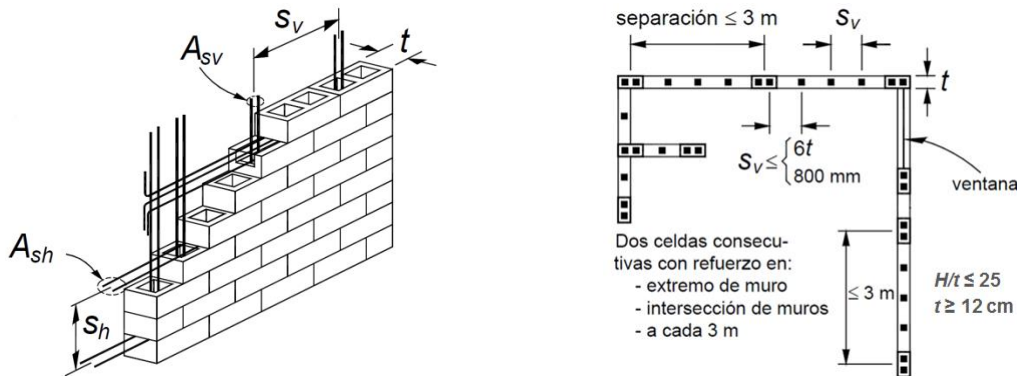


Figura 2. Requisitos de refuerzo interno en muro de mampostería reforzada internamente (A_{sv} y A_{sh} son las áreas de acero y S_v y S_h son las separaciones del refuerzo vertical y horizontal, respectivamente).

Construcción, inspección y control de obra

En este capítulo se establece que la construcción, inspección, supervisión técnica y el control de obra de las edificaciones de mampostería estructural debe cumplir con la legislación y normativa vigentes en el país. Además se establecen los lineamientos para verificar el cumplimiento de los requisitos indicados en la norma, con el fin de garantizar la calidad de la construcción.

Estructuración

Se establecen en este capítulo los lineamientos para la estructuración de edificaciones a base de muros de mampostería estructural, prestando especial atención a los criterios específicos para

edificaciones sismorresistentes. Específicamente se indica que las edificaciones de mampostería deben ser preferiblemente regulares en planta y elevación, que deben poseer muros estructurales en sus dos direcciones principales ortogonales en planta para proveer las rigideces y resistencias necesarias, que su distribución en planta debe ser lo más simétrica posible para minimizar los efectos causados por la torsión, que los muros deben ser continuos verticalmente desde la base hasta el techo de la edificación, que deben existir fundaciones continuas bajo todos los muros con espesor suficiente para anclar el acero de refuerzo vertical de los muros confinados o reforzados internamente, que los diafragmas de la edificación deben ser preferentemente rígidos y sólo se permite el uso de diafragmas flexibles en edificaciones de un piso o en el último piso de edificaciones de dos o más pisos. Finalmente se indica que una vez construida la edificación de mampostería estructural –confinada o reforzada internamente– no se debe realizar ninguna modificación de los muros portantes, tal como su demolición parcial o total, que altere lo indicado en el proyecto estructural original puesto que puede conducir a la inestabilidad de la edificación.

Evaluación de estructuras existentes y rehabilitación

En este capítulo se establecen los lineamientos para realizar la evaluación y la rehabilitación de edificaciones existentes construidas a base de muros de mampostería estructural. Se indica que una edificación debe ser evaluada cuando se tengan indicios de ocurrencia de daño, comportamiento inadecuado en condiciones de servicio, problemas de durabilidad, vaya a sufrir modificaciones –estructurales, no estructurales o de uso– o cualquier otra condición que pueda comprometer su seguridad estructural y sismorresistente.

NORMA VENEZOLANA PARA CONSTRUCCIONES SISMORRESISTENTES

La ponencia de la norma fue elaborada por el ingeniero Oscar A. López (Coordinador), con la participación de los ingenieros Julio J. Hernández, Michael Schmitz y José Jácome. La revisión fue realizada en el marco del Subcomité Técnico de Normalización de Sismorresistencia – coordinado también por el CENVIH– conformado por los ingenieros Oscar A. López del IMME (Presidente), Julio J. Hernández y José Jácome consultores independientes, Michael Schmitz de la Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas (FUNVISIS), Angelo Marinilli y Gustavo Coronel D. del IMME, María Morillo y Brigitte Márquez del CENVIH (Secretarías del subcomité). La discusión pública del proyecto será realizada próximamente a través de la página web del SENCAMER, bajo la coordinación de FODENORCA. Una vez recogidas las observaciones y comentarios de la discusión pública, el Subcomité Técnico de Normalización de Sismorresistencia discutirá su incorporación a la versión final de la norma. Posteriormente se realizarán los trámites pertinentes para su aprobación y publicación.

A continuación se presenta una breve descripción del contenido de la propuesta, haciendo especial énfasis en lo relacionado con las edificaciones de mampostería estructural. Pueden consultarse detalles adicionales en las referencias [8, 9 y 10].

Aspectos generales

La norma contiene los criterios y procedimientos para analizar, diseñar y evaluar las construcciones situadas en zonas donde pueden ocurrir movimientos sísmicos en el país, teniendo

como finalidad sustituir la Norma Venezolana Covenin 1756:2001 [2] al incorporar los adelantos de la ingeniería sísmica de las últimas décadas. La propuesta incluye dentro de los sistemas sismorresistentes a las edificaciones de muros de mampostería confinada o reforzada internamente.

Tipo estructural

Las edificaciones estructuradas con muros de mampostería confinada o reforzada internamente están clasificadas dentro del Subgrupo III-c, debiendo cumplir con las prescripciones para el nivel de diseño 2 (ND2) establecidas en la norma para edificaciones de mampostería estructural. Las estructuras Tipo III son aquellas capaces de resistir la totalidad de las acciones sísmicas mediante muros –sean estos de concreto reforzado, sección mixta acero-concreto, mampostería o de adobe con refuerzo especial–, pórticos arriostrados –de concreto reforzado, acero o sección mixta acero-concreto–, y paneles de acero o madera. Se consideran igualmente dentro de este grupo las estructuras similares al Tipo II, cuyos pórticos no sean capaces de resistir por sí solos por lo menos el veinticinco por ciento de las fuerzas sísmicas totales.

Factor de reducción básico y limitaciones de altura

La norma establece los valores del factor de reducción básico para los sistemas resistentes a sismo basados en muros de mampostería reforzada internamente ($R_0=2\frac{1}{2}$), muros de mampostería confinada de piezas macizas ($R_0=3$) y muros de mampostería confinada de piezas huecas ($R_0=2$). Igualmente se establece que la altura de las edificaciones de mampostería no debe exceder 4 pisos en sitios de intensidad sísmica baja ($A_A \leq 0,1$), 3 pisos en sitios de intensidad intermedia ($0,1 < A_A \leq 0,2$) y 2 pisos en sitios de intensidad elevada ($A_A > 0,2$). A_A es el coeficiente de aceleración para períodos cortos, que incorpora los efectos de sitio (F_A), la amenaza sísmica (A_0) y el uso de la construcción (α).

Valores límites de deriva

La norma establece como valor límite de la relación de deriva lateral total en edificaciones de mampostería estructural $\bar{\Delta}_i = 0,004$ para el sismo de diseño. La relación de deriva lateral total se obtiene al dividir la deriva lateral total entre la altura del entrepiso ($\bar{\Delta}_i = \Delta_i/H_i$). La verificación del cumplimiento de este valor límite se debe hacer en cada entrepiso, en cada punto de la planta y en cada dirección de análisis de la estructura.

CONCLUSIONES

En este trabajo se presentaron los aspectos más relevantes de la propuesta de norma para edificaciones de mampostería estructural. Igualmente se presentaron aspectos de la propuesta de norma para construcciones sismorresistentes referidos a las edificaciones de muros de mampostería confinada o mampostería reforzada internamente, las cuales se consideran dentro de los sistemas resistentes a sismo. Una vez aprobadas, estas normas sustituirán al capítulo 1 de la parte III de las “Normas para el Cálculo de Edificios MOP 1955” y a la norma “Edificaciones Sismorresistentes”, respectivamente.

Los requisitos establecidos en la propuesta de norma para edificaciones de mampostería estructural tienen como fin lograr comportamientos apropiados y seguros ante cargas

permanentes y variables, al igual que ante cargas accidentales producidas por movimientos sísmicos. La aplicación conjunta de ambas normas conduce a una mejora en la confiabilidad del diseño de nuevas construcciones y en la evaluación de la seguridad de construcciones existentes, en el marco de la información disponible actualmente tanto a nivel nacional como internacional. Ambas normas representan un aporte concreto que hace la Academia para el desarrollo del país.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer al Centro Nacional de Investigación y Certificación en Vivienda, Hábitat y Desarrollo Urbano (CENVIH), a la Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas (FUNVISIS) y al Instituto de Materiales y Modelos Estructurales (IMME) por el apoyo brindado para el desarrollo de las propuestas de norma.

REFERENCIAS

- [1] MOP (1959). *Normas para el cálculo de edificios MOP 1955*. Caracas: Ministerio de Obras Públicas. Dirección de Edificios e Instalaciones Industriales.
- [2] Norma Venezolana Covenin 1756:2001 (2001). *Edificaciones Sismorresistentes*. Caracas: Comisión Venezolana de Normas Industriales.
- [3] López, O. A., Castilla, E., Genatios, C. y Lafuente, M. (1985). Una proposición para el estudio de edificaciones de mampostería en Venezuela. *Memorias del Taller Normativa y Seguridad de Construcciones en Zonas Sísmicas - IMME* (pp. 129-147). Caracas.
- [4] Marinilli, A. y López, O. A. (2016). Propuesta de una norma para edificaciones de mampostería en Venezuela. *Memorias de las XXXIV Jornadas de Investigación del Instituto de Desarrollo Experimental de la Construcción, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Central de Venezuela* (pp. 115-125). Caracas.
- [5] Norma Venezolana Covenin 2002-88 (1988). *Criterios y Acciones Mínimas para el Proyecto de Edificaciones*. Caracas: Comisión Venezolana de Normas Industriales.
- [6] Norma Venezolana Fondorma 1753:2006 (2006). *Proyecto y Construcción de Obras en Concreto Estructural*. Caracas: Fondo para la Normalización y Certificación de la Calidad.
- [7] Norma Venezolana Covenin 1618:1998 (1998). *Estructuras de Acero para Edificaciones. Método de los Estados Límites*. Caracas: Fondo para la Normalización y Certificación de la Calidad.
- [8] López, O. A., Hernández, J. J., Jácome, J., Schmitz, M., Marinilli, A., Coronel D., G., Morillo, M. y Márquez, B. (2017). Norma venezolana para construcciones sismorresistentes. *Memorias del XI Congreso Venezolano de Sismología e Ingeniería Sísmica. Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas y Universidad Central de Venezuela*. Caracas.
- [9] Hernández, J. J., Schmitz, M., Paolini, M. y Delgado, Y. (2017). Caracterización de la amenaza sísmica de Venezuela para la actualización de la Norma Covenin 1756. *Memorias del XI Congreso Venezolano de Sismología e Ingeniería Sísmica. Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas y Universidad Central de Venezuela*. Caracas.
- [10] Hernández, J. J. (2015). Amenaza sísmica con efectos de sitio para la actualización de la norma. *Memorias del X Congreso Venezolano de Sismología e Ingeniería Sísmica. Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas y Universidad de Oriente*. Cumaná.