



Ciencia en su PC

ISSN: 1027-2887

manuela@megacen.ciges.inf.cu

Centro de Información y Gestión Tecnológica de Santiago
de Cuba

Cuba

Durand-Martínez, Rafael; González-Fernández, Mayra Mónica; Ruiz-Ruiz, José María
Evaluación del comportamiento estructural del edificio el Marvy
Ciencia en su PC, vol. 1, núm. 4, 2018, Octubre-Diciembre 2019, pp. 84-94
Centro de Información y Gestión Tecnológica de Santiago de Cuba
Cuba

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181358509007>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

UAEH
redalyc.org

Sistema de Información Científica Redalyc
Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso
abierto

EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL EDIFICIO EL MARVY

EVALUATION OF THE STRUCTURAL BEHAVIOR OF THE BUILDING THE MARVY

Autores:

Rafael Durand-Martínez, rafael.durand@emproy15.co.cu. Empresa de
Proyectos de Arquitectura e Ingeniería # 15. Santiago de Cuba, Cuba.

Mayra Mónica González-Fernández, mayra@uo.edu.cu¹

José María Ruiz-Ruiz, ruizruizjosemaria1959@gmail.com¹

¹Universidad Oriente. Santiago de Cuba, Cuba.

RESUMEN

Esta investigación aborda los estudios para la evaluación sísmica estructural del edificio vivienda El Marvy, de modo que se obtengan sus parámetros globales de control. Se realiza un inventario de las lesiones manifestadas a partir del impacto de un camión en una columna del primer nivel a finales de 2015. El resultado de la evaluación del estado técnico constructivo es bueno. Del análisis y evaluación de los parámetros de control global realizado se concluye que es de esperar que el inmueble desarrolle una respuesta estructural adecuada ante la ocurrencia de un evento sísmico correspondiente a los niveles de peligro que el código sísmico cubano establece para Santiago de Cuba.

Palabras clave: patrimonio edificado, rehabilitación estructural sismorresistente.

ABSTRACT

The present investigation carries out studies for evaluating the seismic structural behavior of the housing building Marvy, through the valuation of several parameters of global control. An inventory of the lesions is made to the building, at the moment, and after the impact produced by a truck at the end of the 2015. In the evaluation of the constructive technical state, it was obtained as a result that it is good. It was evaluated the structural behavior of the property, and as results, it is hoped that the building behaves in an appropriate way in global terms. Starting from these results it was arrived to important conclusions.

Key words: built patrimony, rehabilitation structural sismorresistente, and structural behavior.

INTRODUCCIÓN

En Santiago de Cuba la conservación del patrimonio construido es liderada por la Oficina del Conservador de la Ciudad y sus dependencias, las cuales se encargan de realizar en conjunto con otras entidades los planes de conservación y revitalización de la ciudad de Santiago de Cuba. Sin embargo, independientemente del carácter integrador del Plan Especial, y sobre todo por la variedad arquitectónica del sector, esta labor ha estado enfocada fundamentalmente a las obras del período colonial y la arquitectura ecléctica. A la estética de la arquitectura del Movimiento Moderno se le otorga erradamente un valor secundario frente al aporte del período hispánico a la identidad local y regional.

En Santiago de Cuba existen importantes exponentes de la arquitectura moderna que merecen especial atención. La facultad de Construcciones se suma a estos esfuerzos con el aporte de investigaciones que permitan conocer más sobre estas edificaciones y la búsqueda de vías para garantizar su conservación y protección. Forma parte de este patrimonio el edificio de apartamentos El Marvy, fiel exponente de la arquitectura moderna en la ciudad de Santiago de Cuba, el cual lleva más de 60 años de vida útil. Este edificio no ha sido sometido a modificaciones funcionales internas y ha mantenido su aspecto exterior. Se propone como objetivo general de esta investigación la evaluación del comportamiento estructural del edificio de apartamentos El Marvy.

Caracterización arquitectónica del edificio El Marvy

El edificio se encuentra ubicado en avenida Victoriano Garzón, esquina M, Reparto Sueño (Fig. 1).

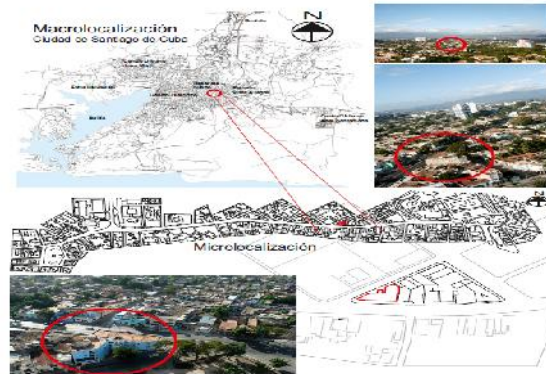


Figura 1. Macro y microlocalización del edificio Marvy

Es una edificación construida en la década del 50 del pasado siglo, con una arquitectura correspondiente al Movimiento Moderno, por lo cual constituye un ícono de la arquitectura santiaguera como edificio de vivienda de apartamentos, que actualmente mantiene su uso original. El inmueble está diseñado en tres niveles, uno para uso de comercio y dos para viviendas. El nivel de planta baja se encuentra ocupado actualmente por un establecimiento de la Cadena de Mercados Ideales y el resto de los espacios de la edificación en altura corresponden a apartamentos de viviendas, ver figuras 2 y 3, (Figuerola, 2017, pp. 19-23).

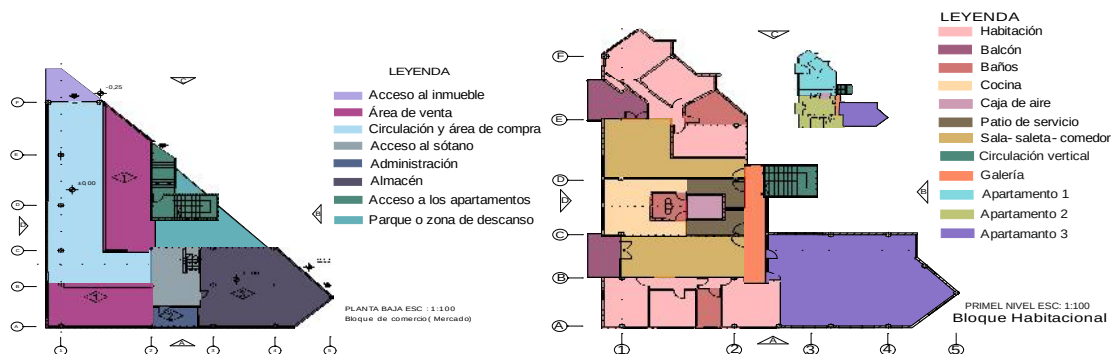


Figura 2. Representación del uso de los locales en planta baja y primer nivel

Otro elemento que se destaca es que el edificio se encuentra ubicado en una parcela triangular, en una cuchilla de esquina, haciendo compleja su conformación y su solución planimétrica, pero resalta una solución arquitectónica bien lograda.

METODOLOGÍA

Para el desarrollo de este trabajo, primeramente, se organizó la búsqueda de información. Se visitó en varias oportunidades los diferentes espacios que conforman el edificio, donde se hicieron todas las labores de compilación de datos sobre la edificación. Se realizaron visitas al Archivo Histórico Municipal de Santiago de Cuba (VIVAC) y a la Oficina del Conservador de la Ciudad de Santiago de Cuba, donde no apareció ninguna información sobre el inmueble. Además de lo anterior expuesto, se entrevistó a personas relacionadas con el inmueble, en busca de la información necesaria para conocer los usos, datos y desperfectos del mismo. Se identificó en la búsqueda que el arquitecto proyectista de este edificio fue Enrique de Jongh Caula, que fue entrevistado por los autores de esta investigación. En la entrevista realizada él afirma que el edificio fue construido en el período de 1955 a 1957.

RESULTADOS

Caracterización estructural del edificio

El edificio tiene 25,12m de ancho y 27,58m de longitud, con una altura total de 9,25m. Presenta intercolumnios variables de 4,10m a 7,05m. El sistema estructural está compuesto por pórticos de columnas y vigas, según entrevista realizada al proyectista; estas se ubican en planos perpendiculares al eje Garzón y las vigas en la otra dirección, no visibles, planas embebidas en la losa. El puntal de la planta baja es de 3,50m hasta la losa de entrepiso, los puntales del primer y segundo nivel son de 2,60m. El edificio posee variadas secciones transversales de columnas que se mantienen por niveles; las secciones de vigas varían únicamente en el primer nivel, en los restantes se mantienen constantes. No se contó con la información detallada del refuerzo en

ninguno de los elementos estructurales debido a la ausencia de información. Las losas de entresijos tienen un espesor de 20cm y la de cubierta de 15cm. Se utilizó para el cierre del edificio muros de bloques de hormigón en toda la edificación. El impacto ocasionado en 2015 a una de las columnas del edificio reveló bajas cuantías de refuerzos. El refuerzo transversal en la columna dañada tenía espaciamientos de cercos entre los 30cm y 45cm, con aceros de 3/8 pulgadas (9.5mm) y aceros longitudinales de 3/4 pulgadas (19.1mm).

Análisis de las lesiones y estado técnico constructivo del edificio El Marvy

Entre las lesiones que se manifiestan se identificaron las siguientes: fallo estructural de la columna en la planta baja ubicada en el eje (F), grietas con ángulos entre los 45° y 90° en la mampostería, separación entre la losa y las paredes, separación de vanos de puertas y ventanas, grieta en pilastra de mampostería ubicada en planta baja; al fondo del inmueble en el mismo eje de la columna afectada en el impacto, pérdida del resano en paredes y losas y fisuras o separación en piso por la junta de mosaicos en la zona de las habitaciones ubicadas sobre el voladizo.

La causa más importante asociada al nivel de daño que presenta el edificio fue, sin dudas, el impacto producido por el camión, además de la falta de un mantenimiento sistemático y el lugar donde se encuentra emplazado el inmueble, aspectos estos que inciden negativamente en la conservación de este edificio. En el análisis realizado para este edificio se obtuvo una puntuación general de 309 puntos, lo que arroja una evaluación del estado técnico de bueno.

Evaluación estructural del edificio El Marvy

A partir de los datos disponibles se realizó el análisis de la estructura existente, sustentado en el modelo físico de la edificación, donde se representan los factores que constituyen el sistema de invariantes del proceso modelación mecánica de las estructuras. Se consideraron los parámetros esenciales del proyecto que pudieran ser determinantes en el comportamiento estructural ante

las acciones sísmicas, tales como: la configuración en planta y elevación, las cargas gravitatorias permanentes y de uso, la demanda sísmica a partir de la ubicación de la obra y los niveles de peligro correspondientes acorde con los preceptos del código sísmico cubano, considerando un 10 % de probabilidad de excedencia y 50 años de vida útil, para el nivel mínimo de protección sísmica de obras ordinarias (Empresa de Proyecto 15, Micons, Santiago de Cuba, 2016).

En este análisis se tuvo en cuenta la edificación en el estado actual; es decir, en el momento de la inspección y levantamiento. Los resultados se obtienen a partir de un modelo físico desarrollado con el empleo del *software* profesional SAP-2000 versión 16.

Hipótesis de cálculo

- Los entresijos se comportan como elementos infinitamente rígidos en su plano.
- Comportamiento elástico lineal de la estructura.
- El modelo de cálculo de la estructura corresponde a un modelo mecánico espacial (6 grados de libertad) y un modelo inercial compuesto por una masa concentrada en cada uno de los nudos que componen la estructura, con dos grados de libertad (desplazamientos en el plano horizontal).
- La respuesta del edificio ante el sismo es oscilatoria.
- Se consideran tantas formas propias como sea necesario para asegurar que la masa participativa sea superior al 90 % en las direcciones principales de la edificación.
- El grado de amortiguamiento es bajo (0,05).
- Se considera la base de suelo soportante como rígida.
- Los muros de fachada aportan rigidez a la estructura.

Para ello se realiza un análisis modal por el método del espectro de respuesta, considerando en el modelo los cuatro factores que constituyen el sistema de invariantes del proceso de modelación mecánica de las estructuras: geometría, materiales, condiciones de apoyo y conexiones entre elementos y cargas.

Modelación de la geometría

Para la realización de este paso se tuvo en cuenta la modelación de las secciones transversales y la longitud de cada elemento. Las vigas y columnas fueron modeladas como elementos lineales, los muros de fachada fueron modelados como elementos *Shell*, debidamente discretizados para lograr mejores resultados en la respuesta. Las losas también se modelaron como elementos *Shell* para la transmisión de las cargas verticales a los elementos que conforman los pórticos. En el modelo, figura 3, se definen: número total de nudos: 8345; número total de elementos lineales: 1547 y número total de elementos tipo *Shell*: 7263.

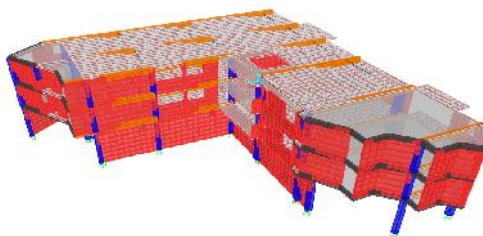


Figura 3. Modelo físico del edificio

Modelación de los materiales

El modelo de análisis tiene en cuenta los materiales presentes en la edificación, pórticos de hormigón armado. Las losas que conforman el entrepiso tienen el mismo espesor. Los muros de fachada e interiores están contruidos con bloques de hormigón de 150mm. No se pudo conocer el valor de la resistencia de los muros de albañilería, ya que no se le realizaron ensayos para definir la resistencia de este material, por lo que se utiliza para ello la Norma Mexicana (Gaceta Oficial del Distrito Federal, Órgano del Gobierno del Distrito Federal, 2004) que considera un peso de 15kN/m² y un módulo de deformación de 3600000kN/m²., No 103+ BIS.

Modelación de los vínculos entre los elementos y condiciones de apoyo

Para conformar el modelo físico de la estructura del edificio se tuvo en cuenta tres inspecciones realizadas; se llegó a las siguientes consideraciones: pedestales: empotrados en la base, columnas: empotradas en la base y

continuas en el extremo superior, vigas: articuladas en sus dos extremos, entrepiso: el estudio fue realizado considerando el cumplimiento de la hipótesis del entrepiso infinitamente rígido en su plano.

Capacidad dúctil de la estructura portante

La estructura analizada no tiene una probada capacidad para incursionar en el rango de comportamiento inelástico, primeramente porque en su concepción original no se tuvo en cuenta este criterio de análisis; la baja resistencia de los elementos, la deficiente disposición de refuerzo a cortante que confine los elementos, aspectos relacionados con el detallado de las conexiones, sugiere un bajo nivel de ductilidad; por esta razón y amparado en los resultados obtenidos en el diagnóstico realizado, se adopta para el análisis un valor del coeficiente de comportamiento $R=2$.

Modelación de las cargas

Las cargas permanentes fueron definidas a partir de la Norma Cubana de peso de materiales vigente (Cuba. Comité Estatal de Normalización, 2003, pp. 4-7) para las características de los entrepisos y cubierta utilizadas en el inmueble. Según inspección realizada las losas de entrepiso y cubierta tienen un espesor de 0.2m y 0.15m, con espesores de relleno de 5cm y 3cm respectivamente, y una solución de piso a base de losas hidráulicas (mosaicos), con una terminación en cubierta con soladura, para una carga total por piso de 1.53kN/m^2 en entrepiso y 0.74kN/m^2 en cubierta. La carga de uso se tomó de acuerdo con lo que indica la norma cubana vigente.

Se modelan las cargas sísmicas como cargas actuantes en el plano horizontal, actuando el 100 % de la carga sísmica en una de las direcciones principales del edificio, simultáneamente con el 30 % en la dirección ortogonal (combinación direccional como suma de absolutos con 30 % de acción simultánea). El perfil de suelo soportante tipo C, sismo básico con un 10 % de probabilidad de excedencia y 50 años de vida útil, correspondiente al municipio Santiago de Cuba (Cuba. Comité Estatal de Normalización, 2013, p. 15). Se trabajaron con 3 combinaciones que se muestran a continuación:

Comb -1: $1.2PP + 1.2CP + 1.6 CVe + 1.6CVc$

Comb -2: $1.2PP + 1.2CP + 0.2 CVe + 0.2CVc *$

Comb -3: $1.2PP + 1.2CP + 0.2 CVe + 0.2CVc +$ Sismo absoluto

Método de cálculo

El método de cálculo utilizado fue el de Análisis Modal simplificado como Método del Espectro de Respuesta, utilizando como fórmula de superposición de las formas propias de oscilación de sistemas con varios grados de libertad la CQC (Combinación Cuadrática Completa). El problema de los valores propios se resolvió por el método de los vectores de Ritz, se consideraron en el análisis 12 modos de oscilación, lo cual garantiza más del 90 % de participación de las masas en el análisis.

Evaluación de los resultados obtenidos del análisis del edificio El Marvy

Chequeo de los parámetros de control

Los parámetros de control analizados fueron los períodos correspondientes a las formas propias de oscilación consideradas, razón de participación de las masas, peso del edificio, fuerzas cortantes basales correspondientes a las direcciones de acción sísmica, coeficientes sísmicos correspondientes a las direcciones principales de acción sísmica, desplazamientos horizontales extremos totales y relativos por niveles.

Período fundamental de la estructura

El edificio analizado es un sistema integrado con pórticos de columnas y vigas que soportan toda la carga vertical y además todas las sollicitaciones horizontales, todos los pórticos están unidos entre sí por diafragmas de piso horizontales, los muros de las fachadas aportan rigidez al edificio, tomando para el cálculo y la evaluación del período fundamental de la estructura la fórmula referida en la NC 46:2013 para la tipología E1.

Los valores de períodos obtenidos del análisis son adecuados, según lo especificado en la norma, con un valor en la dirección de X de $T=0.317\text{sec}$ y en la dirección de Y de $T=0.282\text{ sec}$.

Se verifica que participó en el análisis dinámico más de un 90 % de la masa del edificio, se logró una participación de más del 99 % en ambas direcciones, lo cual garantiza que la respuesta del sistema estructural es representativa. Otro resultado importante es la fuerza cortante que se produce en la base y el coeficiente sísmico, aspectos que servirán de referencia para la evaluación final.

Chequeo de los desplazamientos extremos totales

En el análisis se obtuvieron los valores de desplazamientos absolutos en el tope del edificio y los relativos para cada nivel y para las diferentes combinaciones de cargas, actuando el sismo en las dos direcciones principales. Ningún valor supera los valores de desplazamientos admisibles del edificio según el código cubano vigente.

Evaluación de los parámetros asociados a la respuesta dinámica

De los resultados obtenidos se aprecia que la estructura tiene un comportamiento adecuado. Se verificó que el período fundamental se encuentra fuera de la zona de magnificación del espectro de diseño, lo cual cumple con los valores establecidos por la norma cubana. El coeficiente sísmico en el sentido paralelo a la avenida Victoriano Garzón supera el 20 % que recomiendan los códigos (IBC); asimismo, en el otro sentido cumple perfectamente con el valor que establece dicho código. Igualmente, se chequearon los desplazamientos horizontales extremos totales y relativos de los puntos esquinas de las plantas del edificio para el nivel de peligro definido por la norma sísmica cubana (nivel I), correspondiente a la combinación de carga definida para el sismo en ambas direcciones de trabajo de la estructura. La magnitud de estos desplazamientos garantiza que en el edificio no se produzcan efectos de segundo orden significativos.

CONCLUSIONES

1. El edificio tiene un sistema estructural de pórticos de hormigón armado fundido *in situ* con cubierta plana, con una planta en forma de L.

2. Las lesiones encontradas fueron: fallo estructural de la columna en la planta baja ubicada en el eje (F), fisuras y grietas con ángulos entre los 45° y 90° en la mampostería, separación entre la losa y las paredes y en vanos de puertas y ventanas, grieta en pilastra de mampostería ubicada en planta baja, pérdida del resano en paredes y losas, fisuras o separación en piso por la junta de mosaicos en la zona de las habitaciones ubicadas sobre el voladizo.
3. El estado técnico constructivo del inmueble es bueno, por lo que las afectaciones no comprometen la integridad del edificio.
4. Del análisis de los parámetros de control global realizado con las condiciones actuales, se concluye que se espera que el inmueble desarrolle una respuesta estructural adecuada ante la ocurrencia de evento sísmico correspondiente a los niveles de peligro que el código sísmico cubano establece para Santiago de Cuba.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Cuba. Comité Estatal de Normalización (2003). *NC 283 2003. Densidad de materiales naturales, artificiales y de elementos de construcción como carga de diseño ICS 91.08*. La Habana: autor.

Cuba. Comité Estatal de Normalización (2013). *NC 46:2013 Construcciones sismorresistentes. Requisitos básicos para el diseño y construcción*. La Habana: autor.

Empresa de Proyecto 15, Micons, Santiago de Cuba. (15 de enero de 2016). *Memoria Descriptiva Obra: Edificio Marvy. Viviendas Objeto: Rehabilitación de Inmuebles Código: 16-101-01*. Santiago de Cuba, Cuba.

Figueroa Tejeda, G. (2017). *Propuesta de intervención para el edificio de apartamentos El Marvy* (Tesis en opción al título de arquitecto). Universidad de Oriente. Santiago de Cuba.

Gaceta Oficial del Distrito Federal, Órgano del Gobierno del Distrito Federal, décima cuarta época, 6 de octubre de 2004, Tomo I, No 103+ BIS.

Recibido: mayo de 2018

Aprobado: septiembre de 2018