

Volumen 2, Número 6 — Octubre — Diciembre - 2018

ISSN 2523-2428

# Revista de Ingeniería Civil

**ECORFAN®**

## **ECORFAN-Perú**

### **Editora en Jefe**

RAMOS-ESCAMILLA, María. PhD

### **Redactor Principal**

SERRUDO-GONZALES, Javier. BsC

### **Asistente Editorial**

ROSALES-BORBOR, Eleana. BsC

SORIANO-VELASCO, Jesús. BsC

### **Director Editorial**

PERALTA-CASTRO, Enrique. MsC

### **Editor Ejecutivo**

SUYO-CRUZ, Gabriel. PhD

### **Editores de Producción**

ESCAMILLA-BOUCHAN, Imelda. PhD

LUNA-SOTO, Vladimir. PhD

### **Administración Empresarial**

REYES-VILLAO, Angélica. BsC

### **Control de Producción**

RAMOS-ARANCIBIA Alejandra. BsC

DÍAZ-OCAMPO Javier. BsC

**Revista de Ingeniería Civil**, Volumen 2, Número 6, de Octubre a Diciembre 2018, es una revista editada trimestralmente por ECORFAN-Perú. La Raza Av. 1047 No.- Santa Ana, Cusco-Perú. Postcode: 11500. WEB: [www.ecorfan.org/republicofperu](http://www.ecorfan.org/republicofperu), [revista@ecorfan.org](mailto:revista@ecorfan.org). Editora en Jefe: RAMOS-ESCAMILLA, María. Co-Editor: SUYO-CRUZ, Gabriel. PhD. ISSN: 2523-2428. Responsables de la última actualización de este número de la Unidad de Informática ECORFAN. ESCAMILLA-BOUCHÁN Imelda, LUNA-SOTO, Vladimir, actualizado al 31 de Diciembre 2018.

Las opiniones expresadas por los autores no reflejan necesariamente las opiniones del editor de la publicación.

Queda terminantemente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin permiso del Instituto Nacional de defensa de la competencia y protección de la propiedad intelectual.

# **Revista de Ingeniería Civil**

## **Definición del Research Journal**

### **Objetivos Científicos**

Apoyar a la Comunidad Científica Internacional en su producción escrita de Ciencia, Tecnología en Innovación en el Área de Ingeniería y Tecnología, en las Subdisciplinas Construcción de puentes, Desarrollo de la ingeniería ambiental, Gestión en construcción de viviendas, Infraestructura hidráulicas, Mecánica de suelos, Ingeniería sanitaria, Infraestructura vial.

ECORFAN-México S.C es una Empresa Científica y Tecnológica en aporte a la formación del Recurso Humano enfocado a la continuidad en el análisis crítico de Investigación Internacional y está adscrita al RENIECYT de CONACYT con número 1702902 su compromiso es difundir las investigaciones y aportaciones de la Comunidad Científica Internacional, de instituciones académicas, organismos y entidades de los sectores público y privado y contribuir a la vinculación de los investigadores que realizan actividades científicas, desarrollos tecnológicos y de formación de recursos humanos especializados con los gobiernos, empresas y organizaciones sociales.

Alentar la interlocución de la Comunidad Científica Internacional con otros centros de estudio de México y del exterior y promover una amplia incorporación de académicos, especialistas e investigadores a la publicación Seriada en Nichos de Ciencia de Universidades Autónomas - Universidades Públicas Estatales - IES Federales - Universidades Politécnicas - Universidades Tecnológicas - Institutos Tecnológicos Federales - Escuelas Normales - Institutos Tecnológicos Descentralizados - Universidades Interculturales - Consejos de CyT - Centros de Investigación CONACYT.

### **Alcances, Cobertura y Audiencia**

Revista de Ingeniería Civil es un Research Journal editado por ECORFAN-México S.C en su Holding con repositorio en Perú, es una publicación científica arbitrada e indizada con periodicidad trimestral. Admite una amplia gama de contenidos que son evaluados por pares académicos por el método de Doble-Ciego, en torno a temas relacionados con la teoría y práctica de la Construcción de puentes, Desarrollo de la ingeniería ambiental, Gestión en construcción de viviendas, Infraestructura hidráulicas, Mecánica de suelos, Ingeniería sanitaria, Infraestructura vial con enfoques y perspectivas diversos, que contribuyan a la difusión del desarrollo de la Ciencia la Tecnología e Innovación que permitan las argumentaciones relacionadas con la toma de decisiones e incidir en la formulación de las políticas internacionales en el Campo de las Ingeniería y Tecnología. El horizonte editorial de ECORFAN-México® se extiende más allá de la academia e integra otros segmentos de investigación y análisis ajenos a ese ámbito, siempre y cuando cumplan con los requisitos de rigor argumentativo y científico, además de abordar temas de interés general y actual de la Sociedad Científica Internacional.

## **Consejo Editorial**

ROCHA - RANGEL, Enrique. PhD  
Oak Ridge National Laboratory

CARBAJAL - DE LA TORRE, Georgina. PhD  
Université des Sciences et Technologies de Lille

GUZMÁN - ARENAS, Adolfo. PhD  
Institute of Technology

CASTILLO - TÉLLEZ, Beatriz. PhD  
University of La Rochelle

FERNANDEZ - ZAYAS, José Luis. PhD  
University of Bristol

DECTOR - ESPINOZA, Andrés. PhD  
Centro de Microelectrónica de Barcelona

TELOXA - REYES, Julio. PhD  
Advanced Technology Center

HERNÁNDEZ - PRIETO, María de Lourdes. PhD  
Universidad Gestalt

CENDEJAS - VALDEZ, José Luis. PhD  
Universidad Politécnica de Madrid

HERNANDEZ - ESCOBEDO, Quetzalcoatl Cruz. PhD  
Universidad Central del Ecuador

HERRERA - DIAZ, Israel Enrique. PhD  
Center of Research in Mathematics

MEDELLIN - CASTILLO, Hugo Iván. PhD  
Heriot-Watt University

LAGUNA, Manuel. PhD  
University of Colorado

VAZQUES - NOGUERA, José. PhD  
Universidad Nacional de Asunción

VAZQUEZ - MARTINEZ, Ernesto. PhD  
University of Alberta

AYALA - GARCÍA, Ivo Neftalí. PhD  
University of Southampton

LÓPEZ - HERNÁNDEZ, Juan Manuel. PhD  
Institut National Polytechnique de Lorraine

MEJÍA - FIGUEROA, Andrés. PhD  
Universidad de Sevilla

DIAZ - RAMIREZ, Arnoldo. PhD  
Universidad Politécnica de Valencia

MARTINEZ - ALVARADO, Luis. PhD  
Universidad Politécnica de Cataluña

MAYORGA - ORTIZ, Pedro. PhD  
Institut National Polytechnique de Grenoble

ROBLEDO - VEGA, Isidro. PhD  
University of South Florida

LARA - ROSANO, Felipe. PhD  
Universidad de Aachen

TIRADO - RAMOS, Alfredo. PhD  
University of Amsterdam

DE LA ROSA - VARGAS, José Ismael. PhD  
Universidad París XI

CASTILLO - LÓPEZ, Oscar. PhD  
Academia de Ciencias de Polonia

LÓPEZ - BONILLA, Oscar Roberto. PhD  
State University of New York at Stony Brook

LÓPEZ - LÓPEZ, Aurelio. PhD  
Syracuse University

RIVAS - PEREA, Pablo. PhD  
University of Texas

VEGA - PINEDA, Javier. PhD  
University of Texas

PÉREZ - ROBLES, Juan Francisco. PhD  
Instituto Tecnológico de Saltillo

SALINAS - ÁVILES, Oscar Hilario. PhD  
Centro de Investigación y Estudios Avanzados -IPN

RODRÍGUEZ - AGUILAR, Rosa María. PhD  
Universidad Autónoma Metropolitana

BAEZA - SERRATO, Roberto. PhD  
Universidad de Guanajuato

MORILLÓN - GÁLVEZ, David. PhD  
Universidad Nacional Autónoma de México

CASTILLO - TÉLLEZ, Margarita. PhD  
Universidad Nacional Autónoma de México

SERRANO - ARRELLANO, Juan. PhD  
Universidad de Guanajuato

ZAVALA - DE PAZ, Jonny Paul. PhD  
Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada

ARROYO - DÍAZ, Salvador Antonio. PhD  
Centro de Investigación en Ingeniería y Ciencias Aplicadas

ENRÍQUEZ - ZÁRATE, Josué. PhD  
Centro de Investigación y de Estudios Avanzados

HERNÁNDEZ - NAVA, Pablo. PhD  
Instituto Nacional de Astrofísica Óptica y Electrónica

CASTILLO - TOPETE, Víctor Hugo. PhD  
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada

CERCADO - QUEZADA, Bibiana. PhD  
Intitut National Polytechnique Toulouse

QUETZALLI - AGUILAR, Virgen. PhD  
Universidad Autónoma de Baja California

DURÁN - MEDINA, Pino. PhD  
Instituto Politécnico Nacional

PORTILLO - VÉLEZ, Rogelio de Jesús. PhD  
Centro de Investigación y de Estudios Avanzados

ROMO - GONZALEZ, Ana Eugenia. PhD  
Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

VASQUEZ - SANTACRUZ, J.A. PhD  
Centro de Investigación y Estudios Avanzados

VALENZUELA - ZAPATA, Miguel Angel. PhD  
Universidad Autónoma Metropolitana

OCHOA - CRUZ, Genaro. PhD  
Instituto Politécnico Nacional

SÁNCHEZ - HERRERA, Mauricio Alonso. PhD  
Instituto Tecnológico de Tijuana

PALAFIX - MAESTRE, Luis Enrique. PhD  
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada

AGUILAR - NORIEGA, Leocundo. PhD  
Universidad Autónoma de Baja California

GONZALEZ - BERRELLEZA, Claudia Ibeth. PhD  
Universidad Autónoma de Baja California

REALYVÁSQUEZ - VARGAS, Arturo. PhD  
Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

RODRÍGUEZ - DÍAZ, Antonio. PhD  
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada

MALDONADO - MACÍAS, Aidé Aracely. PhD  
Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez

LICEA - SANDOVAL, Guillermo. PhD  
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada

CASTRO - RODRÍGUEZ, Juan Ramón. PhD  
Universidad Autónoma de Baja California

RAMIREZ - LEAL, Roberto. PhD  
Centro de Investigación en Materiales Avanzados

VALDEZ - ACOSTA, Fevrier Adolfo. PhD  
Universidad Autónoma de Baja California

GONZÁLEZ - LÓPEZ, Samuel. PhD  
Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica

CORTEZ - GONZÁLEZ, Joaquín. PhD  
Centro de Investigación y Estudios Avanzados

TABOADA - GONZÁLEZ, Paul Adolfo. PhD  
Universidad Autónoma de Baja California

RODRÍGUEZ - MORALES, José Alberto. PhD  
Universidad Autónoma de Querétaro

## **Comité Arbitral**

ESCAMILLA - BOUCHÁN, Imelda. PhD  
Instituto Politécnico Nacional

LUNA - SOTO, Carlos Vladimir. PhD  
Instituto Politécnico Nacional

URBINA - NAJERA, Argelia Berenice. PhD  
Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

PEREZ - ORNELAS, Felicitas. PhD  
Universidad Autónoma de Baja California

CASTRO - ENCISO, Salvador Fernando. PhD  
Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

CASTAÑÓN - PUGA, Manuel. PhD  
Universidad Autónoma de Baja California

BAUTISTA - SANTOS, Horacio. PhD  
Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

GONZÁLEZ - REYNA, Sheila Esmeralda. PhD  
Instituto Tecnológico Superior de Irapuato

RUELAS - SANTOYO, Edgar Augusto. PhD  
Centro de Innovación Aplicada en Tecnologías Competitivas

HERNÁNDEZ - GÓMEZ, Víctor Hugo. PhD  
Universidad Nacional Autónoma de México

OLVERA - MEJÍA, Yair Félix. PhD  
Instituto Politécnico Nacional

CUAYA - SIMBRO, German. PhD  
Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica

LOAEZA - VALERIO, Roberto. PhD  
Instituto Tecnológico Superior de Uruapan

ALVAREZ - SÁNCHEZ, Ervin Jesús. PhD  
Centro de Investigación Científica y de Estudios Superiores de Ensenada

SALAZAR - PERALTA, Araceli. PhD  
Universidad Autónoma del Estado de México

MORALES - CARBAJAL, Carlos. PhD  
Universidad Autónoma de Baja California

RAMÍREZ - COUTIÑO, Víctor Ángel. PhD  
Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica

BAUTISTA - VARGAS, María Esther. PhD  
Universidad Autónoma de Tamaulipas

GAXIOLA - PACHECO, Carelia Guadalupe. PhD  
Universidad Autónoma de Baja California

GONZÁLEZ - JASSO, Eva. PhD  
Instituto Politécnico Nacional

FLORES - RAMÍREZ, Oscar. PhD  
Universidad Politécnica de Amozoc

ARROYO - FIGUEROA, Gabriela. PhD  
Universidad de Guadalajara

BAUTISTA - SANTOS, Horacio. PhD  
Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

GUTIÉRREZ - VILLEGAS, Juan Carlos. PhD  
Centro de Tecnología Avanzada

HERRERA - ROMERO, José Vidal. PhD  
Universidad Nacional Autónoma de México

MARTINEZ - MENDEZ, Luis G. PhD  
Universidad Autónoma de Baja California

LUGO - DEL ANGEL, Fabiola Erika. PhD  
Instituto Tecnológico de Ciudad Madero

NÚÑEZ - GONZÁLEZ, Gerardo. PhD  
Universidad Autónoma de Querétaro

PURATA - SIFUENTES, Omar Jair. PhD  
Centro Nacional de Metrología

CALDERÓN - PALOMARES, Luis Antonio. PhD  
Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

TREJO - MACOTELA, Francisco Rafael. PhD  
Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica

TZILI - CRUZ, María Patricia. PhD  
Universidad ETAC

DÍAZ - CASTELLANOS, Elizabeth Eugenia. PhD  
Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

ORANTES - JIMÉNEZ, Sandra Dinorah. PhD  
Centro de Investigación en Computación

VERA - SERNA, Pedro. PhD  
Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

MARTÍNEZ - RAMÍRES, Selene Marisol. PhD  
Universidad Autónoma Metropolitana

OLIVARES - CEJA, Jesús Manuel. PhD  
Centro de Investigación en Computación

GALAVIZ - RODRÍGUEZ, José Víctor. PhD  
Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

JUAREZ - SANTIAGO, Brenda. PhD  
Universidad Internacional Iberoamericana

ENCISO - CONTRERAS, Ernesto. PhD  
Instituto Politécnico Nacional

GUDIÑO - LAU, Jorge. PhD  
Universidad Nacional Autónoma de México

MEJIAS - BRIZUELA, Nildia Yamileth. PhD  
Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica

FERNÁNDEZ - GÓMEZ, Tomás. PhD  
Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

MENDOZA - DUARTE, Olivia. PhD  
Universidad Autónoma de Baja California

ARREDONDO - SOTO, Karina Cecilia. PhD  
Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez

NAKASIMA - LÓPEZ, Mydory Oyuky. PhD  
Universidad Autónoma de Baja California

AYALA - FIGUEROA, Rafael. PhD  
Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey

ARCEO - OLAGUE, José Guadalupe. PhD  
Instituto Politécnico Nacional

HERNÁNDEZ - MORALES, Daniel Eduardo. PhD  
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada

AMARO - ORTEGA, Vidblain. PhD  
Universidad Autónoma de Baja California

ÁLVAREZ - GUZMÁN, Eduardo. PhD  
Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada

CASTILLO - BARRÓN, Allen Alexander. PhD  
Instituto Tecnológico de Morelia

CASTILLO - QUIÑONES, Javier Emmanuel. PhD  
Universidad Autónoma de Baja California

ROSALES - CISNEROS, Ricardo. PhD  
Universidad Nacional Autónoma de México

GARCÍA - VALDEZ, José Mario. PhD  
Universidad Autónoma de Baja California

CHÁVEZ - GUZMÁN, Carlos Alberto. PhD  
Instituto Politécnico Nacional

MÉRIDA - RUBIO, Jován Oseas. PhD  
Centro de Investigación y Desarrollo de Tecnología Digital

INZUNZA - GONÁLEZ, Everardo. PhD  
Universidad Autónoma de Baja California

VILLATORO - Tello, Esaú. PhD  
Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica

NAVARRO - ÁLVEREZ, Ernesto. PhD  
Centro de Investigación y de Estudios Avanzados

ALCALÁ - RODRÍGUEZ, Janeth Aurelia. PhD  
Universidad Autónoma de San Luis Potosí

GONZÁLEZ - LÓPEZ, Juan Miguel. PhD  
Centro de Investigación y de Estudios Avanzados

RODRIGUEZ - ELIAS, Oscar Mario. PhD  
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada

ORTEGA - CORRAL, César. PhD  
Universidad Autónoma de Baja California

GARCÍA - GORROSTIETA, Jesús Miguel. PhD  
Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica

## **Cesión de Derechos**

El envío de un Artículo a Revista de Ingeniería Civil emana el compromiso del autor de no someterlo de manera simultánea a la consideración de otras publicaciones seriadas para ello deberá complementar el Formato de Originalidad para su Artículo.

Los autores firman el Formato de Autorización para que su Artículo se difunda por los medios que ECORFAN-México, S.C. en su Holding Perú considere pertinentes para divulgación y difusión de su Artículo cediendo sus Derechos de Obra.

## **Declaración de Autoría**

Indicar el Nombre de 1 Autor y 3 Coautores como máximo en la participación del Artículo y señalar en extenso la Afiliación Institucional indicando la Dependencia.

Identificar el Nombre de 1 Autor y 3 Coautores como máximo con el Número de CVU Becario-PNPC o SNI-CONACYT- Indicando el Nivel de Investigador y su Perfil de Google Scholar para verificar su nivel de Citación e índice H.

Identificar el Nombre de 1 Autor y 3 Coautores como máximo en los Perfiles de Ciencia y Tecnología ampliamente aceptados por la Comunidad Científica Internacional ORC ID - Researcher ID Thomson - arXiv Author ID - PubMed Author ID - Open ID respectivamente

Indicar el contacto para correspondencia al Autor (Correo y Teléfono) e indicar al Investigador que contribuye como primer Autor del Artículo.

## **Detección de Plagio**

Todos los Artículos serán testeados por el software de plagio PLAGSCAN si se detecta un nivel de plagio Positivo no se mandara a arbitraje y se rescindirá de la recepción del Artículo notificando a los Autores responsables, reivindicando que el plagio académico está tipificado como delito en el Código Penal.

## **Proceso de Arbitraje**

Todos los Artículos se evaluarán por pares académicos por el método de Doble Ciego, el arbitraje Aprobatorio es un requisito para que el Consejo Editorial tome una decisión final que será inapelable en todos los casos. MARVID® es una Marca de derivada de ECORFAN® especializada en proveer a los expertos evaluadores todos ellos con grado de Doctorado y distinción de Investigadores Internacionales en los respectivos Consejos de Ciencia y Tecnología el homólogo de CONACYT para los capítulos de America-Europa-Asia-Africa y Oceanía. La identificación de la autoría deberá aparecer únicamente en una primera página eliminable, con el objeto de asegurar que el proceso de Arbitraje sea anónimo y cubra las siguientes etapas: Identificación del Research Journal con su tasa de ocupamiento autoral - Identificación del Autores y Coautores- Detección de Plagio PLAGSCAN - Revisión de Formatos de Autorización y Originalidad-Asignación al Consejo Editorial- Asignación del par de Árbitros Expertos-Notificación de Dictamen-Declaratoria de Observaciones al Autor-Cotejo de Artículo Modificado para Edición-Publicación.

## **Instrucciones para Publicación Científica, Tecnológica y de Innovación**

### **Área del Conocimiento**

Los trabajos deberán ser inéditos y referirse a temas de Construcción de puentes, Desarrollo de la ingeniería ambiental, Gestión en construcción de viviendas, Infraestructura hidráulicas, Mecánica de suelos, Ingeniería sanitaria, Infraestructura vial y a otros temas vinculados a las Ingeniería y Tecnología.

## **Presentación del Contenido**

Como primer artículo presentamos, *Estudio del comportamiento de muros de mampostería confinada mediante modelos numéricos*, por CORTÉS-NIÑO, Ángel, con adscripción en la Universidad Autónoma de Guerrero, como siguiente artículo presentamos, *Estudio de mortero experimental fabricado con polvo producto de trituración y cemento portland compuesto*, por GARCIA-MORA, Raymundo, CUEVAS-SANDOVAL, Alfredo, BARRAGAN-TRINIDAD, Raziel y GODINEZ-JAIMES, Flaviano, con adscripción en la Universidad Autónoma de Guerrero, como siguiente artículo presentamos, *Cálculo analítico de la resistencia última de muros de mampostería confinada*, por GODÍNEZ-BALTAZAR, Víctor Manuel & SÁNCHEZ-TIZAPA, Sulpicio, con adscripción en la Universidad Autónoma de Guerrero, como último artículo presentamos, *Estado físico de la infraestructura educativa de la Universidad Autónoma de Guerrero después de los sismos del 2017*, por RAYO-MENDOZA, Marco Antonio, RAYO-MENDOZA, Bonifacio y DELGADO-DE LA TORRE, Daniel, con adscripción en la Universidad Autónoma de Guerrero.

## Contenido

Artículo	Página
<b>Estudio del comportamiento de muros de mampostería confinada mediante modelos numéricos</b> CORTÉS-NIÑO, Ángel <i>Universidad Autónoma de Guerrero</i>	1-12
<b>Estudio de mortero experimental fabricado con polvo producto de trituración y cemento portland compuesto</b> GARCIA-MORA, Raymundo, CUEVAS-SANDOVAL, Alfredo, BARRAGAN-TRINIDAD, Raziél y GODINEZ-JAIMES, Flaviano <i>Universidad Autónoma de Guerrero</i>	13-18
<b>Cálculo analítico de la resistencia última de muros de mampostería confinada</b> GODÍNEZ-BALTAZAR, Víctor Manuel & SÁNCHEZ-TIZAPA, Sulpicio <i>Universidad Autónoma de Guerrero</i>	19-24
<b>Estado físico de la infraestructura educativa de la Universidad Autónoma de Guerrero después de los sismos del 2017</b> RAYO-MENDOZA, Marco Antonio, RAYO-MENDOZA, Bonifacio y DELGADO-DE LA TORRE, Daniel <i>Universidad Autónoma de Guerrero</i>	25-29

## Estudio del comportamiento de muros de mampostería confinada mediante modelos numéricos

### Study of the behavior of confined masonry walls using numerical models

CORTÉS-NIÑO, Ángel\*†

*Universidad Autónoma de Guerrero, Maestría en Ingeniería para la innovación y Desarrollo Tecnológico, Chilpancingo de los Bravo, Gro. C.P. 39090*

ID 1<sup>er</sup> Autor: Ángel, Cortés-Niño

Recibido 10 de Octubre, 2018; Aceptado 30 de Diciembre, 2018

#### Resumen

En el presente artículo se analiza el comportamiento de muros de mampostería confinada sometidos a carga lateral mediante modelos numéricos. Para realizar el análisis se utilizó el programa SAP2000, usando elementos sólidos para el modelado tanto de las piezas de mampostería, juntas de mortero y elementos confinantes de concreto reforzado. Las propiedades del mortero y el concreto empleados, fueron determinadas en base a las expresiones recomendadas por las Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Concreto, del reglamento de construcciones para el Distrito Federal. En la determinación del peso volumétrico de la mampostería se recurrió a la revisión documental de investigaciones pasadas hechas sobre piezas fabricadas en la región. En lo referente al módulo de elasticidad, éste se calibró para que se reprodujeran los desplazamientos obtenidos en laboratorio, de tal forma que ante la aplicación de la carga que produjo la aparición del primer agrietamiento, el modelo experimentara el mismo desplazamiento que el espécimen de prueba. Una vez calibradas las propiedades del modelo se recurrió a la modificación de algunas de sus características, con el objetivo de analizar la influencia de estas en el comportamiento general de la mampostería.

**Muros, Mampostería, Modelado, Comportamiento**

#### Abstract

In the present article, the behavior of confined masonry walls subjected to lateral loading by means of numerical models is analyzed. To carry out the analysis, the SAP2000 program was used, using solid elements for the modeling of both masonry pieces, mortar joints and reinforcement elements of reinforced concrete. The properties of the mortar and concrete used were determined based on the expressions recommended by the Complementary Technical Norms for Design and Construction of Concrete Structures, of the construction regulations for the Federal District. In the determination of the volumetric weight of the masonry, documentary review of past investigations made on pieces manufactured in the region was used. Regarding the modulus of elasticity, this was calibrated so that the displacements obtained in the laboratory were reproduced, so that before the application of the load that produced the appearance of the first cracking, the model will experience the same displacement as the test specimen. Once the properties of the model were calibrated, some of its characteristics were modified, with the aim of analyzing the influence of these on the general behavior of the masonry.

**Walls, Masonry, Modeling, Behavior**

**Citación:** CORTÉS-NIÑO, Ángel. Estudio del comportamiento de muros de mampostería confinada mediante modelos numéricos. Revista de Ingeniería Civil. 2018. 2-6: 1-12.

\*Correspondencia al Autor: (acortes@uagro.mx)

† Investigador contribuyendo como primer Autor.

## Introducción

Los muros de mampostería elaborados con tabique rojo recocido son los elementos estructurales más empleados para resistir tanto las cargas verticales como las solicitaciones horizontales. La forma típica de refuerzo es mediante castillos y dalas, dando origen a estructuras de mampostería confinada. El sistema de piso-techo de dichas estructuras está formado por lozas macizas de concreto reforzado colado en el sitio, unidas a los muros mediante una dala de cerramiento. Esta modalidad constructiva es la de mayor uso para la estructuración de cualquier casa-habitación.

Por lo arriba expuesto, se debe realizar investigación que permita el conocimiento de las propiedades mecánicas y el comportamiento de las estructuras de mampostería cuando son sometidas a cargas laterales alternadas, como las inducidas por un sismo, lo cual permitirá diseñar elementos cada vez más seguros y a un costo razonable.

Debido a que la investigación experimental es muy costosa, la forma más económica de hacerlo es mediante simulaciones numéricas de modelos calibrados con los resultados obtenidos en algunos estudios de laboratorio.

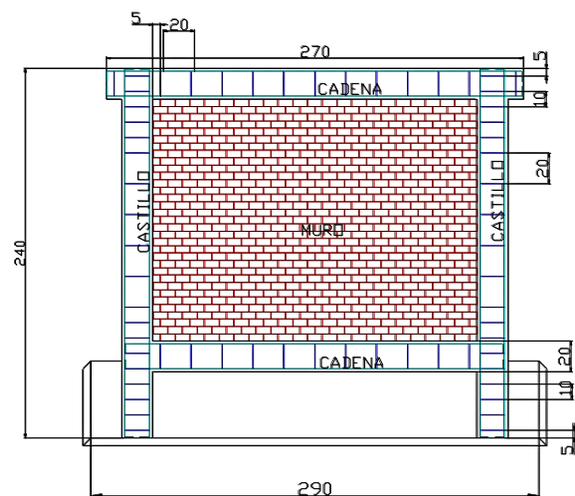
En el presente trabajo, se calibró un modelo numérico con los resultados de un muro ensayado en laboratorio. Una vez simulado el comportamiento del modelo, se procedió a modificar alguna de sus características o propiedades mecánicas, con la finalidad de determinar como se modifica el comportamiento del modelo bajo las nuevas condiciones impuestas.

## Objetivo

El objetivo general del presente trabajo, es la elaboración y análisis de un modelo numérico para estudiar el comportamiento de muros de mampostería confinada sujeto a cargas laterales alternas, considerando sólo el rango de comportamiento elástico de material.

## Modelo experimental

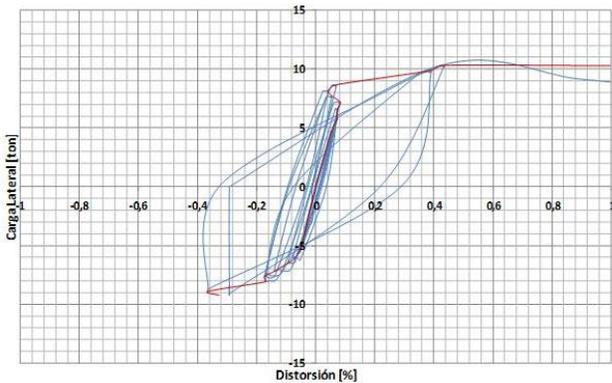
El espécimen consistió en un muro de mampostería de 2.50 x 1.90 m de dimensiones nominales. El modelo fue construido con piezas de tabique rojo recocido, de producción artesanal, de la región centro del estado de Guerrero. Fue desplantado sobre una viga de cimentación de concreto reforzado, estaba confinado por dos castillos de sección rectangular de dimensiones nominales de 13 x 20 cm y una dala de sección nominal de 13 x 20 cm. Todos los elementos del marco de confinamiento tuvieron un ancho igual al de las piezas del muro. En la figura 1 se muestra la geometría del muro.



**Figura 1** Geometría del muro ensayado en laboratorio

Entre las propiedades más importantes de las estructuras destacan la resistencia, rigidez, energía disipada y la capacidad de deformación. Dichos parámetros son necesarios para describir adecuadamente la respuesta del sistema ante cargas laterales. El análisis de la capacidad de deformación, por su parte, garantiza que la resistencia de las estructuras no disminuya en forma súbita, sino que tengan capacidad de deformarse sin disminuir su capacidad de carga ante las distintas solicitaciones.

La forma más adecuada de analizar el comportamiento de los sistemas de mampostería, es mediante el análisis de sus curvas de comportamiento, en la figura 2 se muestra la curva histerética del modelo ensayado en el laboratorio.



**Figura 2** Curva de histéresis del muro ensayado en el laboratorio

### Definición de las propiedades de los materiales

Para definir las propiedades de los materiales empleados se recurrió, cuando fue posible, a los resultados reportados por estudios previos, cuando no fue posible se tomaron las recomendaciones de las normas para asignar valores consistentes con los materiales de la región. El módulo de elasticidad del concreto se determinó de forma experimental, para el mortero se usó la expresión:

$$8000\sqrt{f'c} \quad (1)$$

El módulo de cortante se tomó como el 40% del módulo de elasticidad. En las tablas 1 y 2 se muestran las propiedades de concreto y el mortero que son necesarias para analizar el modelo mediante simulaciones numéricas.

Propiedades del concreto	
Peso por unidad de volumen	2.3 ton/m <sup>3</sup>
Masa por unidad de volumen	0.2345 UTM
Módulo de elasticidad	2 546 720 ton/m <sup>2</sup>
Relación de Poisson	0.18
Coefficiente de expansión térmica	9.90 x 10 <sup>-5</sup>
Módulo de cortante	1 079 118.60 ton/m <sup>2</sup>

**Tabla 1** Propiedades del concreto usado en el modelo de laboratorio

Propiedades del mortero	
Peso por unidad de volumen	2.1 ton/m <sup>3</sup>
Masa por unidad de volumen	0.2141 UTM
Módulo de elasticidad	952 504.80 ton/m <sup>2</sup>
Relación de Poisson	0.18
Coefficiente de expansión térmica	9.90 x 10 <sup>-6</sup>
Módulo de cortante	403 603.70 ton/m <sup>2</sup>

**Tabla 2** Propiedades del mortero usado en el modelo de laboratorio

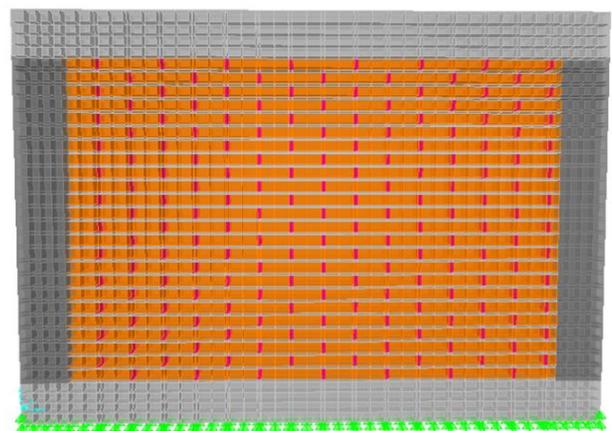
Para determinar el módulo de elasticidad de la mampostería se recurrió a la curva histéretica. Se determinó la carga de agrietamiento y el desplazamiento asociado a ella, con esto se calibró el modelo numérico, para reproducir el desplazamiento medido con la carga aplicada. Las propiedades asignadas a la mampostería se muestran en la tabla 3.

Propiedades de la mampostería	
Peso por unidad de volumen	1.19 ton/m <sup>3</sup>
Masa por unidad de volumen	0.1213 UTM
Módulo de elasticidad	30667.00 ton/m <sup>2</sup>
Relación de Poisson	0.16
Coefficiente de expansión térmica	1.17 x 10 <sup>-5</sup>
Módulo de cortante	13 218.53 ton/m <sup>2</sup>

**Tabla 3** Propiedades de la mampostería usada en el modelo de laboratorio

### Modelo de control

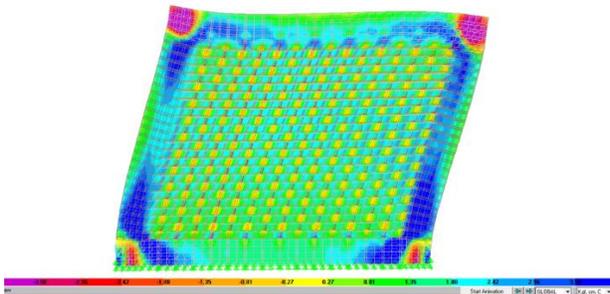
Para la construcción del modelo numérico se usó la herramienta Solid (Solidos), contenida en el programa SAP2000, en cual tiene 8 nodos y activa 3 grados de libertad traslacionales por cada nodo. Utilizando la herramienta mencionada se construyó el modelo de elementos finitos nostrado en la figura 3 (modelo de control).



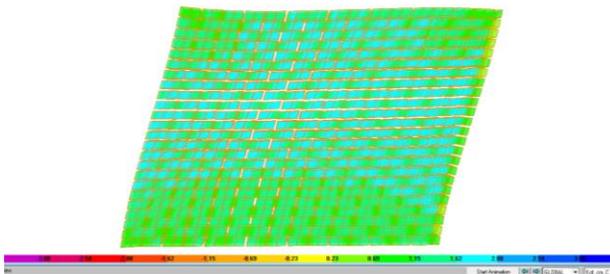
**Figura 3** Modelo numérico representativo del espécimen de prueba

Al estudiar el comportamiento del modelo de control se observó que había una importante concentración de esfuerzos en la unión entre las juntas de mortero y las piezas, alcanzando valores de 3 kg/cm<sup>2</sup>. Para las piezas, los esfuerzos máximos fueron en el centro del muro y alcanzaron valores de 2.4 kg/cm<sup>2</sup>. El flujo de esfuerzos descrito se muestra gráficamente en las figuras 4. Y 5.

Es importante mencionar que el modelo se calibró para reproducir el comportamiento del muro para una carga igual a la de agrietamiento, por lo que se puede inferir que el comportamiento del espécimen de prueba se encontraba en el intervalo elástico.



**Figura 4** Flujo de esfuerzos cortantes en el modelo de control



**Figura 5** Flujo de esfuerzos cortantes sobre las piezas de mampostería en el modelo de control

Para entender los flujos de esfuerzos mencionados en lo que sigue, estos se definen a continuación:

- Los esfuerzos en el plano 1-1 indican esfuerzos de compresión sobre el muro.
- Los esfuerzos en el plano 1-2 indican esfuerzos cortantes en sentido perpendicular al plano del muro.
- Los esfuerzos en el plano 1-3 indican esfuerzos cortantes en el plano del muro.

### Resultados de las modificaciones al modelo de control y análisis del comportamiento

Con la finalidad de observar el comportamiento del modelo ante variaciones en la resistencia de los materiales o geometría de los elementos que lo componen, se realizaron variaciones en una de estas propiedades y se estudió su comportamiento. Es así como se estudiaron variaciones en la calidad del mortero, del concreto y de la mampostería.

También se analizó la inclusión de una cadena intermedia, el efecto de los aplanados y la colocación de refuerzo mediante encamisado de malla electrosoldada y la colocación de acero horizontal en las juntas.

### Variación de las propiedades del mortero

Para analizar como influye la calidad del mortero se hizo variar la resistencia de este (mediante cambios en su módulo de elasticidad), las variaciones se muestran en la tabla 4.

Módulo de elasticidad	Desplazamiento	Distorsión
$E_1 = 238\ 126.20\ \text{ton/m}^2$	$\Delta = 0.00175\ \text{m}$	0.09%
$E_2 = 476\ 252.40\ \text{ton/m}^2$	$\Delta = 0.00164\ \text{m}$	0.09%
$E_3 = 714\ 378.60\ \text{ton/m}^2$	$\Delta = 0.00157\ \text{m}$	0.08%
<b><math>E_4 = 952\ 504.80\ \text{ton/m}^2</math></b>	<b><math>\Delta = 0.00152\ \text{m}</math></b>	<b>0.08%</b>
$E_5 = 1\ 190\ 631.00\ \text{ton/m}^2$	$\Delta = 0.00147\ \text{m}$	0.08%
$E_6 = 1\ 428\ 757.20\ \text{ton/m}^2$	$\Delta = 0.00143\ \text{m}$	0.08%
$E_7 = 1\ 666\ 883.40\ \text{ton/m}^2$	$\Delta = 0.00139\ \text{m}$	0.07%
$E_8 = 1\ 905\ 009.60\ \text{ton/m}^2$	$\Delta = 0.00135\ \text{m}$	0.07%

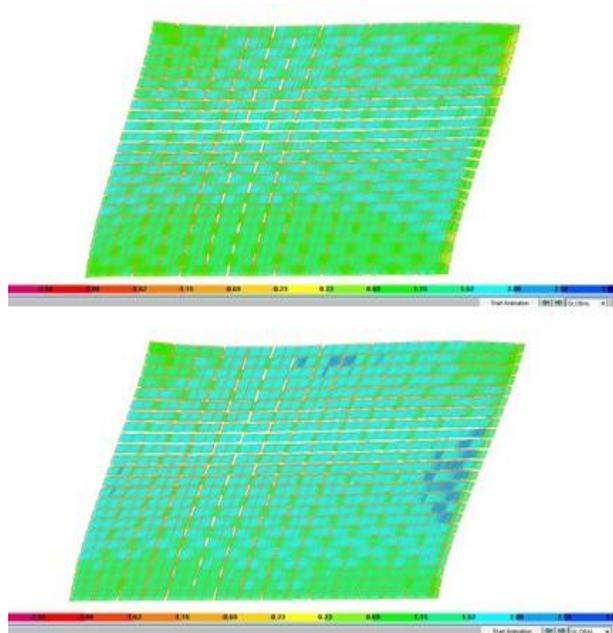
**Tabla 4** Variaciones del módulo de elasticidad del mortero

Se analizaron los esfuerzos de corte para el plano 1-3 desarrollados en el muro y sobre las piezas de mampostería, estos resultados se muestran en la figura 6.

Las principales observaciones fueron las siguientes:

Existe una influencia directa sobre la rigidez del modelo, si el módulo de elasticidad aumenta, el desplazamiento se reduce, si el módulo de elasticidad disminuye, el desplazamiento aumenta.

Los esfuerzos de compresión en su plano principal disminuyen al disminuir el módulo de elasticidad y aumentan al aumentar éste. Aunque se observa que actúan principalmente en las juntas y los elementos confinantes.



**Figura 6** Configuración del flujo de esfuerzos cortantes en piezas de mampostería en el plano 1-3. Comparación entre el modelo de control (figura superior) y el modelo con módulo de elasticidad de 238126.26 ton/m<sup>2</sup> (figura inferior)

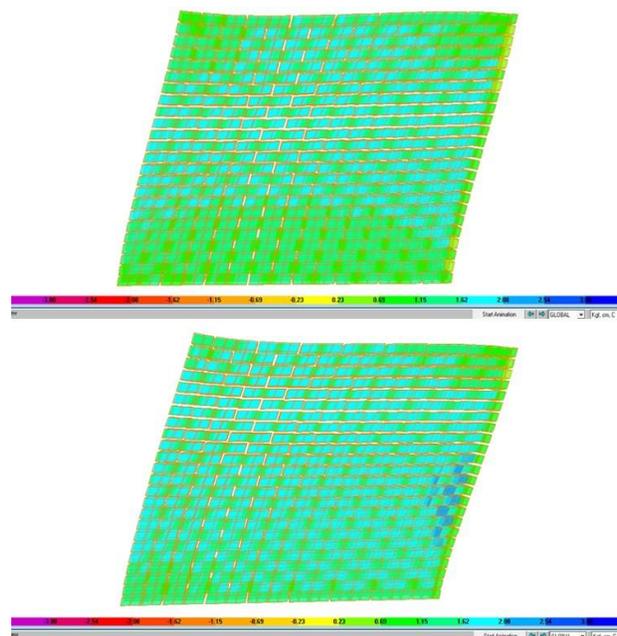
Aumenta el esfuerzo cortante en los castillos para el plano 1-2 cuando disminuye el módulo de elasticidad del mortero. Los esfuerzos cortantes en el plano 1-3 se distribuyen entre las piezas de mampostería cuando el valor del módulo de elasticidad del mortero disminuye, aumentando el área donde el esfuerzo cortante se presenta. El valor promedio es de 2 kg/cm<sup>2</sup>.

Disminuyen los esfuerzos cortantes en la interface de la junta vertical y horizontal del modelo para el plano 1-3. El área donde se presenta el esfuerzo disminuye conforme se reduce el módulo de elasticidad.

Cuando el módulo de elasticidad disminuye, se reducen los esfuerzos cortantes que aparecen en las juntas de mortero en el plano 1-3.

### Variación de las propiedades del concreto

Al igual que para el mortero, la influencia de la calidad del concreto se simuló mediante cambios en su módulo de elasticidad. En la figura 7 se muestra el flujo de esfuerzos cortantes en las piezas de mampostería.



**Figura 7** Distribución de esfuerzos en las piezas de mampostería en el plano 1-3. Comparación entre el modelo de control (figura superior) y el modelo con elementos confinantes de concreto con resistencia  $f'c = 150 \text{ kg/cm}^2$  (figura inferior)

Las principales observaciones fueron las siguientes:

Se determinó que hay un aumento en los desplazamientos que presenta el modelo conforme disminuye la calidad del concreto colocado en los elementos confinantes.

Existe un aumento en los esfuerzos de compresión sobre el modelo, conforme disminuye la calidad del concreto. Aunque este esfuerzo actúa principalmente sobre las juntas y los elementos de confinamiento.

Disminuye de manera significativa las zonas de los castillos sometidas a esfuerzo cortante para el plano 1-3 cuando la resistencia del concreto se reduce.

Para el plano 1-3, el esfuerzo cortante sobre las piezas de mampostería aumenta, distribuyéndose sobre todo el panel de mampostería, alcanzando un valor promedio de 2 kg/cm<sup>2</sup>.

No se observaron cambios importantes en la distribución de los esfuerzos cortantes sobre las juntas para el plano 1-2. Cuando la calidad del concreto disminuye, se observa un aumento en el esfuerzo cortante sobre las juntas de mortero para el plano 1-3, con valor promedio de 2.4 kg/cm<sup>2</sup>.

### Variación de las propiedades de la mampostería

La influencia de la calidad de la mampostería se reproduce mediante la modificación de su módulo de elasticidad, lo cual influye directamente en la rigidez de las piezas. Estos cambios se muestran en la tabla 5.

Módulo de elasticidad	Desplazamiento	Distorsión
$E_1 = 7\ 666.75\ \text{ton/m}^2$	$\Delta = 0.00309\ \text{m}$	0.16%
$E_2 = 15\ 333.50\ \text{ton/m}^2$	$\Delta = 0.00226\ \text{m}$	0.12%
$E_3 = 23\ 000.25\ \text{ton/m}^2$	$\Delta = 0.00180\ \text{m}$	0.10%
<b><math>E_4 = 30\ 667.00\ \text{ton/m}^2</math></b>	<b><math>\Delta = 0.00152\ \text{m}</math></b>	<b>0.08%</b>
$E_5 = 38\ 333.75\ \text{ton/m}^2$	$\Delta = 0.00132\ \text{m}$	0.07%
$E_6 = 46\ 000.50\ \text{ton/m}^2$	$\Delta = 0.00118\ \text{m}$	0.06%
$E_7 = 53\ 667.75\ \text{ton/m}^2$	$\Delta = 0.00106\ \text{m}$	0.06%
$E_8 = 61\ 334.00\ \text{ton/m}^2$	$\Delta = 0.00098\ \text{m}$	0.05%

**Tabla 5** Variaciones del módulo de elasticidad de la mampostería

Las principales observaciones que se hicieron fueron las siguientes:

Los desplazamientos laterales disminuyen de forma apreciable conforme aumenta la rigidez de las piezas y aumentan de manera considerable conforme disminuye la calidad de las piezas. Se observan variaciones de hasta un 35% en la disminución de la distorsión si el módulo de elasticidad de la mampostería aumenta al doble y hay un aumento del 48% si el módulo de elasticidad disminuye a la mitad.

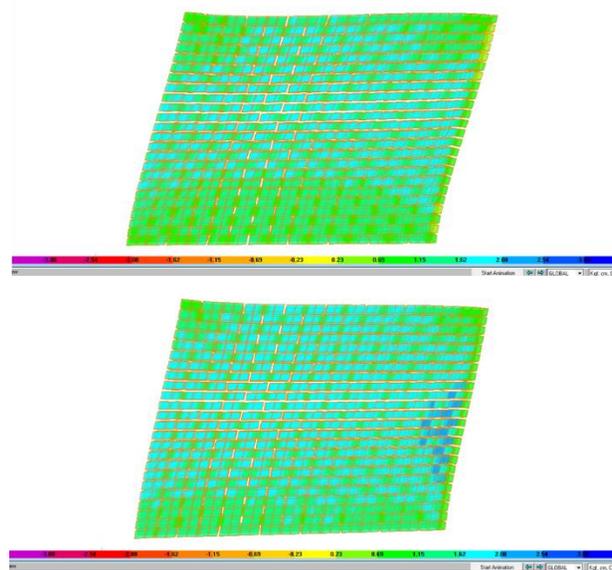
Se observó que los esfuerzos de compresión aumentan conforme disminuye el módulo de elasticidad de la mampostería y disminuyen conforme la rigidez aumenta. Se determinó que este aumento o disminución se concentra en la misma área de esfuerzos de compresión presentados por el modelo de control, aunque actúan principalmente sobre las juntas y los elementos de confinamiento.

En cuanto a los esfuerzos en el plano 1-3, se determinó que conforme la calidad de las piezas disminuye, los esfuerzos cortantes aumentan en los elementos de confinamiento y las juntas verticales de mortero. Al aumentar la calidad de las piezas el esfuerzo cortante disminuye en los elementos de confinamiento y las juntas, y se concentra en las piezas, aumentando el área de la mampostería sujeta a esfuerzos cortantes mayores.

Para el flujo de esfuerzos en el plano 1-2 se observa la misma tendencia, los esfuerzos cortantes en la interface entre la junta vertical y horizontal aumentan al disminuir el módulo de elasticidad y disminuyen al aumentar la rigidez de las piezas. Se observa que para el aumento en la calidad de las piezas el cambio en la concentración de esfuerzos es ligero y poco significativo, comparado con el que se observa al disminuir la calidad de las piezas.

En lo que se refiere a la configuración de esfuerzos en las juntas para el plano 1-3, se observa que cuando aumenta el módulo de elasticidad hay una mejor distribución de esfuerzos en toda la junta, disminuyendo las zonas de concentración, y como consecuencia el valor promedio del esfuerzo disminuye.

En lo que se refiere a los esfuerzos cortantes sobre las piezas de mampostería para el plano 1-3, se observa que estos disminuyen al disminuir la calidad de las piezas y aumentan y tienen una mejor distribución conforme aumenta la rigidez de la mampostería. Lo anterior se muestra en la figura 8.



**Figura 8** Comparación de los esfuerzos cortantes en las piezas de mampostería para el plano 1-3 entre el modelo de control (figura superior) y el modelo con módulo de elasticidad de la mampostería modificado, correspondiente a 1.5 veces el módulo del modelo de control (figura inferior)

### Análisis del efecto de la cadena intermedia

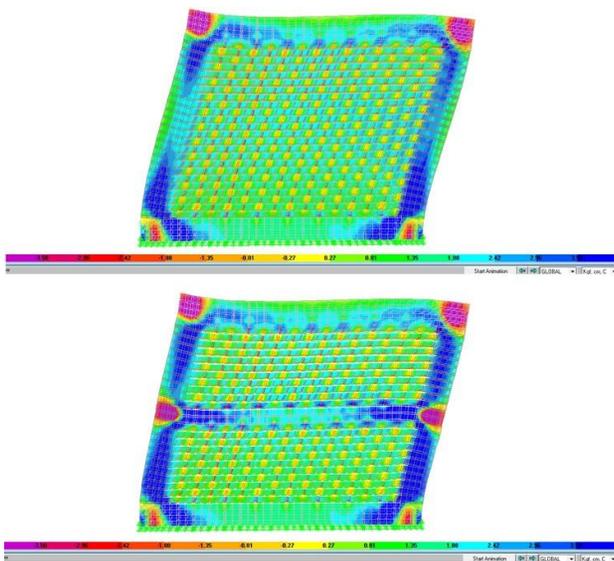
Una práctica constructiva común en la región, es en empleo de una cadena intermedia colocada en el muro con la finalidad de dar mayor rigidez a la estructura. La creencia popular de la población indica que la cadena intermedia logra elevar la seguridad estructural en caso de algún evento sísmico intenso. Son pocos los resultados experimentales con respecto a éste caso.

A continuación, se describen los resultados arrojados por el modelo numérico para esta forma constructiva.

El empleo de la cadena intermedia aumenta la rigidez de modelo, disminuyendo los desplazamientos del mismo, la distorsión se reduce en un 12% aproximadamente.

Se observa que hay un aumento en las compresiones y tensiones en las juntas y los elementos confinantes, generadas en el modelo por el proceso de aplicación de carga. Se observa una gran concentración de esfuerzos de compresión en los castillos a la altura de la cadena intermedia.

Para el plano 1-3, se observa un importante aumento en la concentración de esfuerzos cortantes en los elementos de confinamiento, la cadena intermedia también concentra esfuerzos cortantes, sometiendo a los elementos confinantes a altos esfuerzos en las zonas de unión dala intermedia-castillo, como se muestra en la figura 9.



**Figura 9** Comparación en el flujo de esfuerzos cortantes en el plano 1-3 para el modelo de control (figura superior) y el modelo con cadena intermedia (figura inferior)

Para los esfuerzos cortantes en el plano 1-2 se determinó que estos aumentan en la parte central del muro, éste aumento se da en la interface entre la junta vertical y la horizontal. Los esfuerzos disminuyen conforme se alejan de la cadena intermedia hacia los extremos superior e inferior.

En lo que respecta a esfuerzos cortante en las juntas para el plano 1-3, se observa que en el modelo con cadena intermedia los esfuerzos disminuyen en la mayor parte del muro, aunque en las juntas próximas inferior y superior aumenta de manera considerable.

Los esfuerzos cortantes en las piezas de mampostería para el plano 1-3 se reducen con respecto al modelo de control. Se concentran principalmente en la parte central superior del modelo, arriba de la cadena intermedia. En la zona inferior el área sometida a esfuerzos cortantes máximos se reduce con respecto al modelo de control.

### Análisis del efecto del aplanado de mortero

Una de las características de las estructuras de mampostería es que la terminación estética de la obra se da, en la mayoría de los casos, con un aplanado elaborado a base de mortero, el espesor de este es variable y, si las condiciones del sitio lo permiten, puede ser por una o por ambas caras del muro.

Este aplanado debe de contribuir a resistir una parte de los esfuerzos y a modificar el flujo de estos en el muro, afectando de manera significativa su comportamiento estructural. La finalidad de esta sección es cuantificar la forma en que el aplanado de mortero influye en el comportamiento general de la mampostería.

Las principales observaciones realizadas se presentan a continuación:

Se determinó que el espesor del aplanado no influye en el comportamiento general de los muros. De esto se concluye que se puede usar el espesor de aplanado mínimo en el acabado de estas estructuras.

En lo que a desplazamientos se refiere, se determinó que la existencia de aplanado reduce de manera importante las distorsiones del modelo.

El modelo de control presentó una distorsión de 0.08%; el modelo con aplanado de 1.5 cm presentó una distorsión de 0.023%; en el muro con aplanado de 2 cm, la distorsión fue de 0.020% y para el muro con aplanado de 2.5 cm de espesor la distorsión alcanzado fue de 0.018%.

Los esfuerzos de compresión se reducen de manera significativa con respecto al modelo de comparación, presentándose solo en la parte superior, con un valor promedio de  $4.8 \text{ kg/cm}^2$ . La disminución es de  $2.2 \text{ kg/cm}^2$  con respecto a los esfuerzos promedio presentados por el modelo básico de control.

Para el plano 1-3, se observa que disminuyen las solicitaciones por cortante en los elementos confinantes y se reducen los esfuerzos promedio. Se observa un flujo de esfuerzos en la diagonal principal donde se aplica la carga lateral.

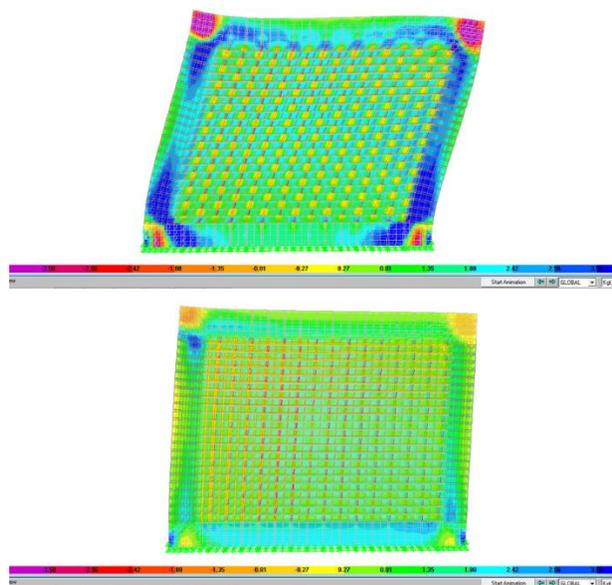
Para el plano 1-2, hubo un aumento en el área de la interface entre la junta vertical y horizontal sometida a esfuerzos cortantes, aunque el valor del esfuerzo en esa zona disminuyó, en comparación a los presentados por el modelo de control.

Para el plano 1-2, los esfuerzos cortantes sobre las juntas se distribuyen de manera más uniforme en el modelo con aplanado de mortero en ambas caras.

En lo que respecta al plano 1-3, se observa que los esfuerzos cortantes en las juntas se modifican de manera importante. Para el modelo de control, las juntas están sometidas principalmente a cortantes positivos y para el muro con aplanado, las juntas están sometidas a cortantes negativos, con valores máximos en el centro del muro.

Los esfuerzos cortantes sobre las piezas en el plano 1-3 disminuyen de manera significativa, tal como se observa en la figura 10. En el modelo de control éste tiene un valor promedio en las piezas de  $2 \text{ kg/cm}^2$ , en el modelo con aplanado de 1.5 cm alcanzó un valor promedio de  $0.5 \text{ kg/cm}^2$ , en el modelo con aplanado de 2 cm de espesor el esfuerzo fue de  $0.35 \text{ kg/cm}^2$  y para el que presentaba un aplanado de 2.5 cm de espesor el esfuerzo promedio fue de  $0.25 \text{ kg/cm}^2$ .

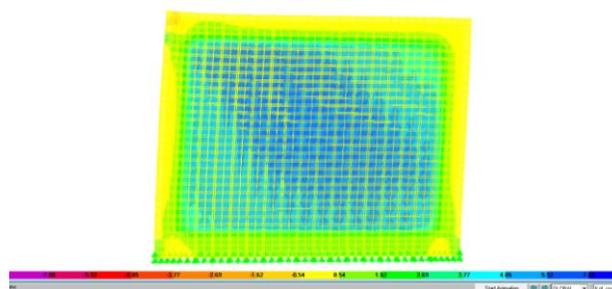
Las piezas que estaban sometidas a un esfuerzo máximo fueron las de la diagonal sobre la cual se aplica la carga lateral.



**Figura 10** Flujo de esfuerzos cortantes en el plano 1-3 sobre los modelos analizados. Comparación entre el modelo de control (figura superior) y el modelo con aplanado de 2 cm de espesor en ambas caras (figura inferior)

En lo que respecta al aplanado, se determinó que éste absorbe una gran cantidad de esfuerzos cortantes y de compresión. Para las compresiones generadas en el plano 1-1, se alcanzaron valores de  $8.5 \text{ kg/cm}^2$ , en la parte superior del muro, sobre la diagonal de aplicación de carga, y este valor disminuye conforme se aleja hacia la parte inferior y la esquina opuesta.

Para el plano 1-3 aparecen esfuerzos cortantes positivos sobre todo el aplanado y tienen valores máximos sobre la diagonal principal donde se aplica la carga lateral y disminuyen conforme se alejan de esa diagonal hacia las esquinas opuestas. El valor promedio sobre la diagonal es de  $7 \text{ kg/cm}^2$ . Lo anterior se muestra en la figura 11.



**Figura 11** Configuración del flujo de esfuerzos cortantes en el aplanado de mortero para el plano 1-3

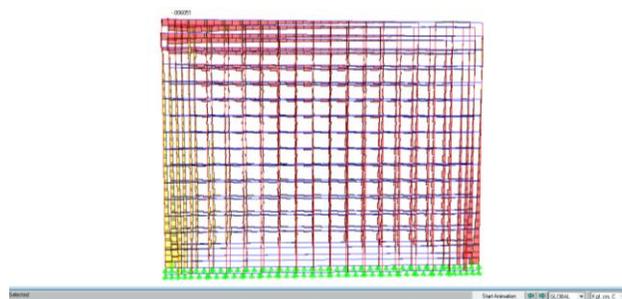
Del análisis de los esfuerzos en el plano 1-2, se observan cortantes positivos y negativos, de manera alternada, con valores promedio de  $\pm 1.5 \text{ kg/cm}^2$ . El aplanado colocado sobre los elementos de confinamiento no se someten a ningún esfuerzo en este plano.

### Analisis del refuerzo mediante malla electrosoldada

Se analizó el comportamiento estructural de dos modelos reforzados con malla electrosoldada, la malla utilizada fue la denominada 6x6-10/10 y 6x6-6/6, con diámetro de los alambres de 3.43 mm y 5.72 mm, respectivamente; y esfuerzo de fluencia de  $5000 \text{ kg/cm}^2$

Se observa que los diagramas de esfuerzos axiales presentan una configuración similar en los dos modelos, presentándose las máximas fuerzas axiales en los alambres colocados sobre los elementos de confinamiento, y disminuyen conforme se acercan al centro del muro, hasta alcanzar valores cercanos a cero.

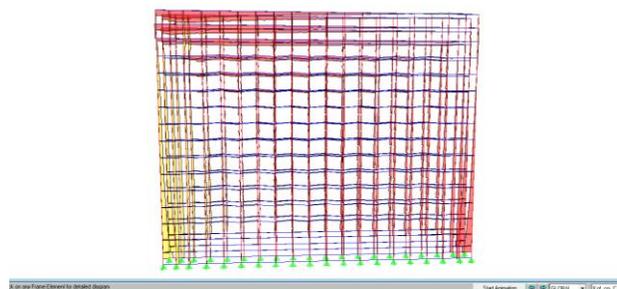
En la esquina donde se aplica la carga horizontal alcanza valores de  $-25 \text{ kg}$  y en la esquina inferior opuesta se tienen cargas cercanas a  $-30 \text{ kg}$ . En elemento confinante donde se aplica la carga lateral aparecen tensiones con valores máximos cercanos a  $25 \text{ kg}$ , esto se muestra en la figura 12.



**Figura 12** Diagrama de esfuerzos axiales sobre la malla electrosoldada 6x6-10/10

La figura 13 muestra el valor de las fuerzas axiales, se presenta la misma distribución en ambos modelos. Los alambres colocados sobre los elementos de confinamiento presentan las mayores cargas.

En el punto de aplicación de la carga lateral alcanza valores de  $-55 \text{ kg}$ , en la esquina inferior opuesta de  $-70 \text{ kg}$  y para la esquina inferior del elemento confinante donde se aplica la carga lateral se alcanzan tensiones con valores que oscilan los  $60 \text{ kg}$ .



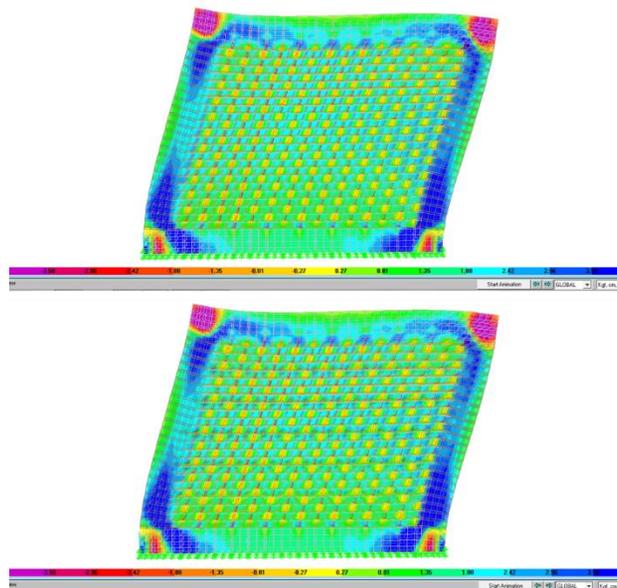
**Figura 13** Diagrama de esfuerzos axiales sobre la malla electrosoldada 6x6-6/6

### Análisis del refuerzo mediante acero en las juntas

Las principales observaciones se resumen a continuación:

Los desplazamientos del modelo reforzado son iguales a los del modelo de control. El uso de barras en las juntas no modifica la distorsión elástica de la mampostería.

La presencia de varillas del No. 3 en las juntas como refuerzo horizontal no disminuye los desplazamientos del modelo analizado mientras el comportamiento de la mampostería sea elástico.



**Figura 14** Flujo de esfuerzos cortantes para el plano 1-3 sobre los modelos analizados. Comparación entre el modelo de control (figura superior) y el modelo reforzado con una varilla del No. 3 a cada cuatro hiladas (figura inferior)

La presencia de refuerzo horizontal en el modelo no modifica el flujo de esfuerzos de compresión del muro analizado.

## Agradecimientos

Un agradecimiento al Dr. Roberto Arroyo Matus, por sus valiosas sugerencias y aportaciones en la elaboración y revisión del presente trabajo.

## Contribuciones

Aún cuando todo el análisis se hizo bajo la premisa de que el comportamiento de la mampostería es elástico lineal, el presente trabajo arrojó resultados interesantes en los casos de estudio que se llevaron a cabo. Los datos corresponden al análisis y procesamiento de sólo un modelo experimental y por lo tanto se deben tomar con reserva en cuanto a los valores arrojados. Los resultados muestran de manera bastante aproximada dónde se concentran los esfuerzos y cuáles son las zonas donde comienza el daño en los muros de mampostería sometidos a cargas laterales, ya que las concentraciones de esfuerzos que se presentan en el modelo numérico coinciden con las zonas donde comenzó el daño en el ensaye experimental.

Mostraron la inconveniencia en el uso de la dala intermedia, el efecto benéfico del aplanado de mortero y el adecuado confinamiento del muro. Es necesario llevar a cabo más estudios experimentales sobre modelos a escala natural y reunir suficiente información para lograr la calibración de un modelo matemático que defina el comportamiento de la mampostería de manera más aproximada y elaborar modelos tridimensionales para la realización de un análisis dinámico.

## Conclusiones

– Se determinó que la calidad del mortero afecta de manera poco significativa el comportamiento general de la mampostería en cuanto a distorsiones finales y distribución de esfuerzo se refiere, ya que la variación en el porcentaje de distorsión es menor al 1%, aún cuando las variaciones en el módulo de elasticidad sean muy grandes. Aunque sí se observó que el área sometida a esfuerzos cortantes en la mampostería y las juntas es mayor cuando disminuye la calidad del mortero.

El valor promedio de este esfuerzo es de 2 kg/cm<sup>2</sup>, aunque se observa que algunas áreas pertenecientes a las juntas se presentan zonas donde se concentran esfuerzos cortantes mayores a este valor. Para este caso se determinó que con la proporción recomendada por las Normas Técnicas Complementarias de Mampostería del reglamento vigente (proporcionamiento en volumen cemento: arena 1:3) se obtiene un mortero con resistencias adecuadas para usarse en estructuras de mampostería confinada, lo que se debe de cuidar es que las piezas no absorban el agua de la mezcla con gran rapidez, saturando las piezas 24 horas antes de su colocación.

– En cuanto a la calidad del concreto colocado en castillos y dadas, se observa que su influencia es más significativa que la calidad del mortero de las juntas, una disminución en la rigidez de los elementos confinantes provoca que aumenten las distorsiones del modelo y disminuyan las solicitaciones de los castillos a esfuerzo cortante, distribuyéndose éste entre las juntas y las piezas de mampostería. Aunque la calidad del concreto puede ser poco significativa en muros largos con castillos intermedios, debido a la gran rigidez en su plano principal que presentarían estos elementos. Estos efectos pueden ser importantes en muros aislados.

– Del análisis de la variación de las propiedades de la mampostería que influyen en el comportamiento estructural, principalmente su rigidez, se determinó que esta propiedad es significativa en el comportamiento general de los muros de mampostería confinada. Cuando disminuye la rigidez de las piezas, aumentan de manera importante los desplazamientos del modelo, aumentan los esfuerzos de compresión sobre las juntas y los elementos de confinamiento. También se observa que los esfuerzos cortantes para el plano 1-3 disminuyen en las piezas y se concentran las solicitaciones mecánicas sobre las juntas y los elementos de confinamiento. Cuando hay un aumento del módulo de elasticidad de las piezas, aumenta de manera considerable la rigidez del sistema y disminuyen de manera apreciable los desplazamientos. Los esfuerzos de compresión disminuyen de las juntas y los elementos de confinamiento y se distribuyen entre las piezas. Los esfuerzos cortantes en el plano 1-3 se distribuyen sobre las piezas de mampostería y disminuyen las solicitaciones de los elementos de confinamiento y las juntas.

– En el análisis del efecto que produce la cadena intermedia se observó que esta aumenta la rigidez de todo el sistema estructural, disminuyendo los desplazamientos. Dada la distribución de esfuerzos observada, se determinó que la cadena intermedia actúa como un puntal, dada la gran resistencia del concreto que la forma, esto trae como consecuencia que los elementos de confinamiento sean sometidos a una alta concentración de esfuerzos en la unión entre la cadena intermedia y el castillo, lo que puede provocar la falla prematura del mismo. Se determinó también que para esta forma de mampostería el daño se acumula en la parte superior del muro.

Los esfuerzos en las juntas horizontales que unen la mampostería en las zonas próximas a la cadena intermedia concentran grandes esfuerzos cortantes. Para esta modalidad sería recomendable utilizar algún detalle constructivo especial en la unión dala-castillo, con el fin de evitar la falla prematura del castillo de confinamiento, o aumentar la sección transversal del mismo.

– Para los muros con aplanado de mortero se determinó que éste influye de manera importante en el comportamiento general de la mampostería, absorbiendo una gran cantidad de los esfuerzos introducidos a la estructura por efecto de la carga lateral. Este efecto no depende del espesor del revoque. El aplanado de mortero reduce de manera importante las distorsiones del modelo.

También existe una reducción de los esfuerzos cortantes sobre las piezas de mampostería para el plano 1-3 del muro, reduciéndose dichos esfuerzos de  $2.0 \text{ kg/cm}^2$  (esfuerzo cortante promedio sobre las piezas en el modelo de control) a  $0.40 \text{ kg/cm}^2$  (esfuerzo cortante en el modelo con aplanado de 2 cm de espesor).

Por lo tanto, se recomienda el uso de aplanados en los muros de mampostería dado su gran efecto benéfico en el comportamiento estructural, y a que también protege al muro contra efectos nocivos del medio ambiente, como la penetración de humedad y la degradación de sus propiedades por efecto de la erosión de las piezas.

– Para el modelo reforzado con un aplanado de mortero de 2 cm de espesor y malla electrosoldada no se observaron cambios importantes en el comportamiento comparado con el muro que solo tenía el aplanado, la distribución de esfuerzos y la demanda de desplazamientos fue prácticamente la misma, esto indica que la contribución de la malla a la resistencia se presenta cuando el comportamiento del muro deja de ser elástico lineal.

– De la comparación hecha entre el modelo de control y el modelo reforzado con una varilla de  $3/8''$  a cada 4 hiladas, colocada en las juntas de mortero, se determinó que esta no influye en el comportamiento general del modelo, ya que básicamente no se modificaron los estados de esfuerzos en el muro analizado. Sólo se observó un pequeño cambio en la configuración de esfuerzos en las juntas que poseen el refuerzo. Esto indica que la colocación de refuerzo horizontal no modifica la carga de agrietamiento de la mampostería, hasta donde se supone que su comportamiento es elástico. La participación del refuerzo horizontal a la resistencia se da después de la carga de agrietamiento, ayudando a distribuir mejor los esfuerzos y aumentando la capacidad de deformación de la estructura.

## Referencias

Alcocer, S. M., Aguilar, G. (1997). *Efecto del refuerzo horizontal en el comportamiento de muro de mampostería confinada ante cargas laterales*. Informes técnicos, CENAPRED, México.

Alcocer, S. M., Flores, L. (1995). *Estudio analítico de estructuras de mampostería confinada*. Informes técnicos, CENAPRED, México.

Bazán, E., Padilla, M., Meli, R. (1978). *Seguridad de casas de adobe ante sismos. Estudios analíticos*. Informe interno, Instituto de Ingeniería, UNAM, México.

Briseño, A. M., Cabrera, H. B. (2003). *Análisis de esfuerzos en muros de corte con elementos finitos*. XIV congreso nacional de ingeniería civil, Lima, Perú.

Chandrupatla, T. R., Belegundo, A. D. (1999). *Introducción al estudio del Elemento Finito en Ingeniería*. México: Prentice-Hall.

Chávelas, J., (2002). *Estudio de la capacidad sismorresistente de las construcciones de mampostería confinada en la ciudad de Chilpancingo, Gro. Utilizando el programa SAP2000*. Tesis de licenciatura no publicada, UAGro, Chilpancingo, Guerrero, México.

Delgado, D. (2010). *Comportamiento de muros de mampostería confinada de tabique rojo recocido ante cargas laterales*. Tesis de Maestría no publicada, UAGro, Chilpancingo, Guerrero, México.

Departamento del Distrito Federal. (2004). *Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Concreto*. Gaceta oficial del departamento del Distrito Federal, México.

Departamento del Distrito Federal. (2004). *Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Mampostería*. Gaceta oficial del departamento del Distrito Federal, México.

Flores, A. (2006). *Obtención de una curva de densidad de muros para la ciudad de Acapulco, Gro. Utilizando el programa de análisis estructural SAP2000*. Tesis de licenciatura no publicada, UAGro, Chilpancingo, Guerrero, México.

Flores, L., Pacheco, A., Reyes, C. (2001). *Algunos estudios sobre el comportamiento y rehabilitación de la vivienda rural de adobe*. Informes técnicos, CENAPRED, México.

Gallo, G. O., Espino, L. I., Olvera, A. E. (2005). *Diseño estructural de casas habitación*. México: McGraw-Hill.

González, O. M., Robles, F. (2006). *Aspectos fundamentales del concreto reforzado*. México: LIMUSA.

Hernández G., Meli, R. (1976). *Modalidades de refuerzo para mejorar el comportamiento sísmico de muros de mampostería*. Publicación técnica No. 382, Instituto de Ingeniería, UNAM, México.

Meli, R. (1975). *Comportamiento sísmico de muros de mampostería*. Publicación técnica No. 352, Instituto de Ingeniería, UNAM, México.

Muñoz, V. H. (2007). *Cortante resistente en muretes de tabique rojo recocido con refuerzo metálico en las juntas*. Tesis de Maestría no publicada, UAGro, Chilpancingo, Guerrero, México.

Ruiz, J. (1995). *Reparación y refuerzo de una estructura tridimensional de mampostería confinada de dos niveles a escala natural*. Tesis de Maestría no publicada, Instituto de Ingeniería, UNAM, México.

Salgado, L. (2000). *Propuesta de reforzamiento de muros de mampostería en zona sísmicas*. Tesis de Licenciatura no publicada, UAGro, Chilpancingo, Guerrero, México.

Trujillo, R. A. (2004). *Modelo de muros diafragma para análisis dinámico*. Tesis de Maestría no publicada, Instituto de Ingeniería, UNAM, México.

## Estudio de mortero experimental fabricado con polvo producto de trituración y cemento portland compuesto

### Study of experimental mortar manufactured with powder grinding product and portland composite cement

GARCIA-MORA, Raymundo\*†, CUEVAS-SANDOVAL, Alfredo, BARRAGAN-TRINIDAD, Raziél y GODINEZ-JAIMES, Flaviano

*Universidad Autónoma de Guerrero - Facultad de Ingeniería. Av. Lázaro Cárdenas S/N, Ciudad Universitaria, Chilpancingo, Guerrero, México*

ID 1<sup>er</sup> Autor: *Raymundo, Garcia-Mora*

ID 1<sup>er</sup> Coautor: *Alfredo, Cuevas-Sandoval*

ID 2<sup>do</sup> Coautor: *Raziél, Barragan-Trinidad*

ID 3<sup>er</sup> Coautor: *Flaviano, Godinez-Jaimes*

Recibido 20 de Octubre, 2018; Aceptado 30 de Diciembre, 2018

#### Resumen

Este trabajo de investigación determina y analiza la parte experimental de la resistencia a compresión del mortero obtenida en especímenes cúbicos de 5x5x5 y cilindros de 5x10 elaborado con polvo producto de la trituración conocido como cenicienta muestreada del banco de Xocomulco de la región Chilpancingo mezclado con cemento Portland compuesto, determinando su resistencia a la edad de 7, 14 y 28 días en laboratorio, además de comparar el comportamiento de los resultados obtenidos de la resistencia. Se realizó un análisis estadístico descriptivo a los resultados de la resistencia a compresión. Los resultados permitieron conocer que el diseño de dosificación de mortero con polvo producto de la trituración y cemento Portland logra la resistencia deseada según sea el diseño de dosificación, acorde a la norma técnica complementaria (NTC 2004), el mortero ensayado cumple con la resistencia Tipo I y tiene variabilidad moderada al comparar las resistencias en ambos especímenes.

**Mortero, Cemento portland, Polvo de trituración, Resistencia a compresión**

#### Abstract

This research work determines and analyzes the experimental part of the compressive strength of the mortar obtained in 5x5x5 cubic specimens and 5x10 cylinders elaborated with crushing powder known as ashtray sampled from the Xocomulco bank of the Chilpancingo region mixed with Portland cement compound, determining its resistance at the age of 7, 14 and 28 days in laboratory, in addition to comparing the behavior of the results obtained from the resistance. A descriptive statistical analysis was performed on the results of the compression resistance. The results allowed to know that the dosage design of powder mortar product of the crushing and Portland cement achieves the desired strength according to the dosage design, the complementary technical standard (NTC 2004), the mortar tested complies with the Type I resistance and there is not so much variability in comparison of the resistances in both specimens.

**Mortar, Portland Cement, Crushing powder, Compression resistance**

**Citación:** GARCIA-MORA, Raymundo, CUEVAS-SANDOVAL, Alfredo, BARRAGAN-TRINIDAD, Raziél y GODINEZ-JAIMES, Flaviano. Estudio de mortero experimental fabricado con polvo producto de trituración y cemento portland compuesto. Revista de Ingeniería Civil. 2018. 2-6: 13-18.

\*Correspondencia del Autor (taemin1240@gmail.com)

†Investigador contribuyendo como primer Autor.

## Introducción

El mortero es el material formado por un cementante hidráulico finamente pulverizado, que, al agregarle agua y arena, tiene la propiedad de fraguar tanto en el aire como en el agua y formar una masa endurecida que obtiene una resistencia mecánica con el paso del tiempo hasta un punto máximo (NMX-C-021, 2010.). Para su elaboración, el reglamento permite el empleo de cemento hidráulico, cemento de albañilería y cal hidratada.

Se utiliza para unir tabiques, ladrillos, rocas, tender firmes y plantillas, trabajos de mampostería, acabados, zarpeados, recubrimientos exteriores e interiores de muros, su fabricación debe ser con materiales que cumplan requisitos de calidad (Arnal Simón & Betancourt Suárez, 2005). La mezcla de mortero debe tener plasticidad, adherencia, trabajabilidad y resistencia a la compresión.

En la actualidad el mortero es un componente fundamental para la conformación de mampostería y para la construcción de diversas obras de ingeniería, específicamente en la edificación de vivienda y puede tener función estructural o no tenerla. La fabricación del mortero tanto en lo experimental como en la práctica constructiva, continua siendo de forma manual, a pesar de disponer de una gran variedad de equipos para su elaboración.

Los morteros empleados en elementos estructurales de mampostería deben cumplir con una resistencia nominal a compresión,  $f_j^*$ , por lo menos de  $40 \text{ kg/cm}^2$  y emplear la mínima cantidad de agua que resulte en un mortero fácilmente trabajable (Arnal Simón & Betancourt Suárez, 2005).

Los principales ensayos de calidad que se aplican a los morteros son la fluidez y la resistencia, esta última se determina por medio de cubos de  $5 \times 5 \times 5 \text{ cm}$  y cilindros de  $5 \times 10 \text{ cm}$ , o de  $10 \times 20 \text{ cm}$ , (NMX-C-085, 2010). Con la finalidad de llevar un control del comportamiento del mortero construido experimental en el laboratorio de materiales, se propuso en el presente trabajo de investigación la realización de ensayos en el mortero cemento-cenicilla.

Esta investigación se llevó a cabo ensayando a compresión cubos y cilindros que fueron elaborados con cemento de albañilería Tolteca y cenicilla del banco Xocomulco, utilizando el diseño del mortero con la finalidad de determinar la resistencia con la que fue diseñada.

## Objetivos

Comparar la resistencia a compresión del mortero elaborado con polvo producto de la trituración (cenicilla) y cemento Portland compuesto, en especímenes cúbicos de  $5 \times 5 \times 5 \text{ cm}$  y cilindros de  $5 \times 10 \text{ cm}$ , con la finalidad de medir la variabilidad en ambos formatos a edades de 7, 14 y 28 días.

## Metodología a desarrollar

El trabajo se desarrolló en cinco etapas principales. La primera consistió en realizar un muestreo de los materiales de la región de Chilpancingo, de acuerdo a los criterios establecidos en norma (NMX-C-030, 2005), Figura 1.



**Figura 1** Muestreo de Cenicilla (Polvo de trituración)

Respecto al agua y al cemento se adquirieron de tal forma que al asistir al punto de venta el que se tuviera en existencia. El agua únicamente con el requisito de que fuera purificada no importando la marca. El cemento se consiguió del distribuidor con el requisito de que fuera cemento portland compuesto (CPC 30R).

En la segunda etapa se procedió a la determinación de propiedades físicas y mecánicas en el Laboratorio de Materiales de la Facultad de Ingeniería, los ensayos que se aplicaron fueron Peso volumétrico (PVSS y PVVS), % de absorción, % de humedad, módulo de finura (M.F.), masa específica relativa, cantidad de finos, y cantidad de materia orgánica.



**Figura 2** Cenicilla del banco Xocomulco

El cemento que se utilizó fue de la marca Tolteca, CPC 30 R, se le determinó su masa relativa específica y densidad, acorde a la norma (NMX-C-414, 2004).

El agua para elaborar el mortero fue de un garrafón de 20 litros, para el consumo humano cumpliendo especificaciones técnicas (N-CMT-2-02-003, 2002).



**Figura 3** Cemento utilizado en el ensaye

Fuente: <http://www.cemexmexico.com/Cemento/CementoExtra.aspx>

La tercera etapa consistió en revisar resultados de los componentes con respecto a especificaciones y proceder a calcular el diseño del mortero de acuerdo a lo propuesto en el , Capítulo 9 de libro *Concreto simple* (LÓPEZ, 2000).

ISSN: 2523-2428

ECORFAN® Todos los derechos reservados

El diseño del mortero experimental, se hizo para una resistencia de  $F_j^*=135 \text{ kg/cm}^2$ , con una consistencia media (plástica) que va de 100 a 120% de fluidez; en el diseño primero se obtuvieron las proporciones iniciales de acuerdo al diseño, luego se procedió al cálculo del volumen del mortero a fabricar, haciendo el ajuste por humedad del agregado.

Agua de la mezcla supuesta	716 gr.
Cemento	1000 gr.
Agregado fino	4667 gr.

**Tabla 1** Resultados del diseño de mortero para la mezcla de los cubos y cilindros

En la cuarta etapa con las cantidades de material, se procedió a fabricar la mezcla para hacer las pruebas respectivas y colar los cubos y cilindros. Para la elaboración de la mezcla se utilizó la norma mexicana (NMX-C-085). Se efectuó la prueba de fluidez y se observó que para obtener una fluidez entre 100-120 %, fue necesario utilizar una cantidad de agua mayor a la calculada en la mezcla; se adicionaron 320 gr para tener un total de 1036 g, Tabla 2. Con este ajuste cambió la relación (A/C) de la mezcla de prueba que se había calculado.

Agua de la mezcla real	1036 Gr.
Cemento	1000 Gr.
Agregado Fino	4667 Gr.

**Tabla 2** Resultados del diseño de mortero para la mezcla de los cubos y cilindros

Se empleó una mesa de fluidez para realizar la prueba a las mezclas, el valor promedio de la prueba de fluidez fue de 105.39%, quedando entre 100 y 120% del porcentaje de fluidez Figura 4. a) y b).



a) Llenado de molde

**Figura 4** Ensaye de fluidez al mortero fresco



b) Medida de fluidez

**Figura 5** Ensayo de fluidez al mortero fresco

Para el ensayo de la resistencia a compresión y considerando los moldes disponibles se propusieron elaborar 18 cubos de 5x5x5 cm y 6 cilindros de 5 x 10 cm, donde se mantuvieron en un espacio seco, cubierto y ventilado hasta la fecha de ensaye.

**Figura 6** Moldes para colado de mortero

En la última etapa se ensayaron las probetas a compresión simple, se determinaron para cada una de las dimensiones y su peso. Los ensayos fueron a las edades de 7, 14 y 28 días posteriores a su elaboración, en una prensa hidráulica, Figura 6.

**Figura 7** Ensayo de especímenes para la determinación de la Resistencia a compresion

## Resultados

Los valores de las propiedades físicas de la Cenicilla cumplen con lo especificado en la NMX-C-111, a excepción del Módulo de Finura el cual está fuera del límite superior (3.10), Tabla 3. Los valores del cemento fueron de  $PV= 1440 \text{ kg/m}^3$  y masa específica relativa de  $3.03 \text{ g/cm}^3$ , cumpliendo los requisitos de la NMX-C-414.

Resultados de ensayos	Polvo de trituración
PVSS. ( $\text{Kg/m}^3$ )	1605
PVVS. ( $\text{Kg/m}^3$ )	1727
Masa específica relativa ( $\text{g/cm}^3$ )	2.52
% Absorción	2.49
M.F.	3.93
% Humedad	4.14
Impurezas Orgánicas	Negativo
Banco	Xocomulco

**Tabla 3** Valores de propiedades físicas del polvo de trituración (Cenicilla)

El mortero fresco o recién mezclado al medir la fluidez en el primer intento dio 48.20%, se ajustó el agua para que se cumpliera con la fluidez de proyecto y se obtuvo de 122.30%.

En la variable resistencia a compresión los resultados indican que el mortero, acorde con la forma de la pieza (cubos y cilindros), Tabla 3, muestran que la media de resistencia del mortero a la edad de ensaye, en cubos es de  $140.82 \text{ kg/cm}^2$  y para cilindros de  $129.41 \text{ kg/cm}^2$ , y con una desviación estándar de 28.24 y 21.09 respectivamente.

El Coeficiente de Variación (CV), en ambos tipos de especímenes cumple con lo estipulado en el RCDF, un valor no mayor del 20% de CV, lo que indica que existe una dispersión baja de los datos. El análisis se realizó en el programa SPSS (Statistical Product and Service Solutions), v25.

ANÁLISIS DE LA VARIABLE RESISTENCIA EN CUBOS Y CILINDROS			
ESTADÍSTICOS		CUBO	CILINDRO
MEDIA		140.818	129.412
ERROR TÍPICO DE LA MEDIA		6.656	8.609
INTERVALO DE CONFIANZA PARA LA MEDIA AL 95%	LIM. INFERIOR	126.774	107.281
	LIM. SUPERIOR	154.862	151.543
MEDIA RECORTADA AL 5%		143.218	129.830
MEDIANA		150.475	134.610
VARIANZA		797.549	444.720
DES. TÍPICA		28.241	21.088
MÍNIMO		70.650	98.550
MÁXIMO		167.780	152.750
AMPLITUD INTERCUARTIL		35.990	38.770
COEFICIENTE DE VARIACION		0.196	0.156

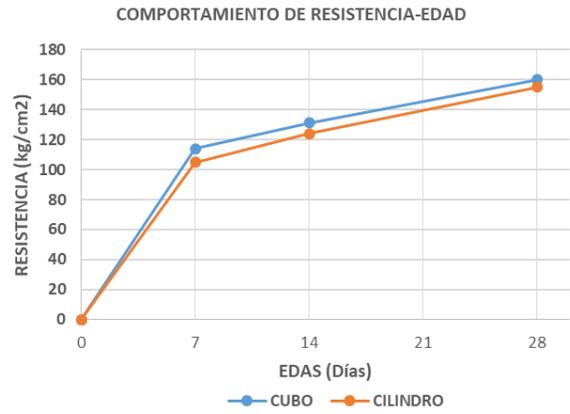
**Tabla 4** Estadísticos descriptivos de la variable respuesta resistencia a compresión del mortero

El comportamiento de resistencia en cubos y cilindros, muestra que la forma de la pieza no incrementa la variabilidad y los valores de resistencia, Tabla 5. Es decir que se puede llevar un control de calidad en laboratorio o campo utilizando cubos o cilindros.

COMPARACION DE RESISTENCIA/EDAD		
EDAD (DIAS)	RESISTENCIA CUBO (kg/cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA CILINDRO (kg/cm <sup>2</sup> )
7	114.10	104.85
14	131.18	124.07
28	160.09	155.10

**Tabla 5** Estadísticos de la variable respuesta resistencia promedio a 7, 14 y 28 días

Al comparar en el gráfico 7, los resultados de ambas tipo de pieza se observa la estrecha relación de los valores y su comportamiento ascendente conforme se incrementa la edad de ensaye, este desarrollo se manifiesta a pesar de que experimentalmente los especímenes no se les aplicaron curado.



**Tabla 7** Gráfico esfuerzo-edad

### Conclusiones

Considerando que excepto en el MF, el polvo de trituración cumple las especificaciones. Por lo que con un pequeño ajuste en dicho valor el material quedará apto para la fabricación de morteros. La resistencia a compresión de los morteros tiene relación con las propiedades que presentan sus componentes.

Para este estudio de acuerdo a los resultados del análisis de la resistencia a compresión en cubos y cilindros los valores cumplen con la resistencia de proyecto (135 kg/cm<sup>2</sup>), con los materiales utilizados en la dosificación polvo producto de trituración (cenicilla) y cemento portland compuesto.

Acorde al reglamento de construcción y su Norma Técnica Complementaria para mampostería (NTC 2004), clasifica a los morteros de albañilería como tipo I (125 kg/cm<sup>2</sup>), tipo II (75 kg/cm<sup>2</sup>) y tipo III (40 kg/cm<sup>2</sup>), por lo que el mortero estudiado presenta una calidad para la edad de ensaye como mortero tipo I a la edad de 28 días con una desviación de ± 25 kg/cm<sup>2</sup>.

Finalmente se recomienda que el control de calidad de morteros para mampostería con polvo producto de la trituración del banco de Xocomulco y el cemento Portland Compuesto, se puede llevar a cabo utilizando cualquiera de los dos equipos: cubos o cilindros debido a que no se tendrá una diferencia significativa en los resultados de resistencia a compresión, sin descuidar el control en el muestreo, moldeo y ensaye de especímenes.

Se sugiere también que se vuelva a estudiar la combinación de estos materiales tanto en laboratorio como en obra si se toma como una alternativa de mortero, ya sea de tipo estructural o de albañilería en las obras de ingeniería, debido a que no se cuenta con la información necesaria del comportamiento que tienen sus propiedades físicas y mecánicas afectadas por factores externos, las cuales fueron controladas en laboratorio durante todo el estudio.

### Agradecimiento

Le agradezco al equipo de investigación del CA-107-UAGro, Calidad de los Materiales de construcción, por darme la oportunidad de participar y desarrollar habilidades investigativas en el ámbito de los materiales de construcción, así como su ayuda y dedicación ya que inspiran mi formación profesional.

### Referencias

Arnal Simón, L., & Betancourt Suárez, M. (2005). *Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal*. Mexico, D.F.: Trillas.

LÓPEZ, I. G. (2000). *Concreto Simple*. Cauca, Colombia: Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad del Cauca.

N-CMT-2-02-003. (2002). Normas Técnicas Complementarias. 02. *Materiales para concreto hidráulico*. SCT.

NMX-C-021. (2010.). Norma mexicana de la Industria de la construcción. *Cemento para albañilería (mortero) – Especificaciones y métodos de ensayo*. México, D.F. ONNCCE.

NMX-C-030. (2005). Norma Mexicana de la Industria de la Construcción. *Agregados-Muestreo*. México, D.F. ONNCCE.

NMX-C-085. (2010). Norma mexicana de la Industria de la construcción. *Cementos hidráulicos – Determinación estándar para el mezclado de pastas y morteros de cementantes hidráulicos*. México, D.F.: ONNCCE.

NMX-C-111. (2017). Norma Mexicana de la Industria de la Construcción. *Agregados para Concreto Hidráulico-Especificaciones y Métodos de Ensayo*. México, DF: ONNCCE.

NMX-C-414. (2004). Norma Mexicana de la Industria de la Construcción. *Determinacion de la resistencia a compresión de cementantes hidráulicos*. Mexico, D.F.: ONNCCE.

## Cálculo analítico de la resistencia última de muros de mampostería confinada

### Calculation of the ultimate strength of confined masonry walls

GODÍNEZ-BALTAZAR, Víctor Manuel & SÁNCHEZ-TIZAPA, Sulpicio

Universidad Autónoma de Guerrero, Facultad de Ingeniería, Av. Lázaro Cárdenas 88, C.U. Sur, Chilpancingo, Gro. C.P. 39080, México

ID 1<sup>er</sup> Autor: Víctor Manuel, Godínez-Baltazar

ID 1<sup>er</sup> Coautor: Sulpicio, Sánchez-Tizapa

Recibido 20 de Junio, 2018; Aceptado 30 de Septiembre, 2018

#### Resumen

En las últimas décadas, la estructuración a base muros de mampostería confinada ha aumentado significativamente en construcciones tales como casas, hoteles, edificios residenciales, entre otros. Por otro lado, en el ámbito de la ingeniería estructural, es importante conocer los efectos que una estructura pueda tener como consecuencia de solicitaciones sísmicas. Por tanto, en este trabajo de investigación se busca conocer la resistencia última a cortante de muros de mampostería confinada; obtenida de la adición de la resistencia que aporta la mampostería como tal, así como de la resistencia aportada por los elementos confinantes. En donde, la resistencia aportada por lo elementos confinantes es evaluada por tres modalidades: mediante el modelo de Kent y Park modificado (Kent y Park, 1971; Ewing y Kowalsky, 2004), resistencia a fuerza cortante de un elemento sujeto a flexión según las NTCC 2017 y finalmente la contribución del refuerzo vertical por acción de dovela (Flores et al. 2001).

**Mampostería confinada, Carga lateral, Momento-curvatura**

#### Abstract

In the last decades, the structuring based on confined masonry walls has increased significantly in buildings such as houses, hotels, residential buildings, among others. On the other hand, in the field of structural engineering, it is important to know the effects that a structure may have as a consequence of seismic solicitations. Therefore, in this research work seeks to know the ultimate resistance to shear of confined masonry walls; obtained from the addition of the resistance provided by the masonry as such, as well as the resistance provided by the confining elements. Where, the resistance provided by the bordering elements is evaluated by three modalities: by means of the model of Kent and modified Park (Kent and Park, 1971, Ewing and Kowalsky, 2004), resistance to shear force of an element subject to bending according to the NTCC 2017 and finally the contribution of the vertical reinforcement for the action of a voussoir (Flores et al., 2001).

**Confined masonry, Lateral loading, Moment-curvature**

**Citación:** GODÍNEZ-BALTAZAR, Víctor Manuel & SÁNCHEZ-TIZAPA, Sulpicio. Cálculo analítico de la resistencia última de muros de mampostería confinada. Revista de Ingeniería Civil. 2018. 2-6:19-24.

\*Correspondencia del Autor (victor\_gb@uagro.mx)

†Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

Dentro de la sociedad una de las necesidades básicas de todo individuo es el contar con una vivienda, la cual debe constar de múltiples factores para satisfacer la misma; de entre los cuales no se puede pasar por desapercibido el que tiene que ver con la seguridad estructural. Actualmente, existen distintas formas de estructurar y/o construir las edificaciones, mismas que también difieren de acuerdo con el tipo de material empleado. Por tanto, los daños de una edificación a causa de un sismo son variables, siendo los de mayor preocupación los generados por esfuerzos de cortante, que se caracterizan por grietas inclinadas en los muros y columnas, los cuales pueden conducir al colapso de la estructura.

En un estudio previo, realizado en la ciudad de Chilpancingo, Gro., se tomó una muestra aleatoria en 12 manzanas (431 construcciones) en donde se observó que el 81.4 % de las edificaciones fueron construidas a base de muros de mampostería confinada (Sánchez et al.,2017); predominando este tipo de estructuración en viviendas, departamentos hoteles, etc.

En el caso del estado de Guerrero, en el año de 2011, ocurrió un sismo con  $M=6.5$  y epicentro en la zona montañosa de la Sierra Madre del Sur, a 62 km de la ciudad de Chilpancingo Guerrero. En agosto de 2013, con epicentro al este de la ciudad de Acapulco ocurrió un sismo con  $M=6.0$  generando daños no estructurales en los hospitales de esta ciudad. (Sánchez et al.,2017)

En septiembre de 2017, ocurrieron dos sismos importantes, el primero con epicentro en Pijijiapan, Chiapas con  $M=8.4$  (Reporte especial A) y el segundo tuvo su epicentro a 12 kilómetros al sureste de Axochiapan, Morelos, en el límite con el estado de Puebla con  $M=7.1$  (Reporte especial B).

Por tanto, se observa que la mampostería es el material más utilizado en la construcción de edificaciones dentro del estado de Guerrero. Sin embargo, presentan un alto riesgo sísmico. El modelo desarrollado en este trabajo calcula la resistencia última de muros de mampostería confinada a partir la mecánica de materiales y se basa en la siguiente información:

Aguilar y Alcocer (1997), Sánchez (2009), Castilla y Marinilli (2003) Hernández y Urzua (2002), Meli y Salgado (1969), Sánchez et al. (1996), Ishibashi y Kastumata (1994), Sánchez et al. (2014), Treviño et al. (2004)

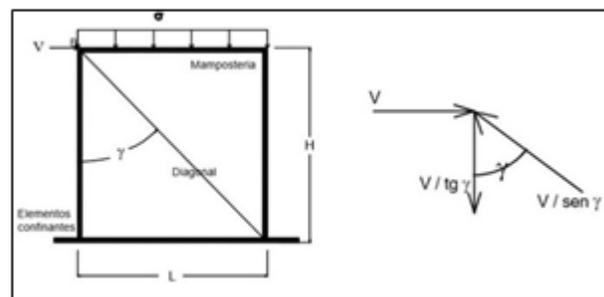
## Objetivos

1. Obtener la resistencia última de la mampostería.
2. Obtener la contribución de los elementos confinantes mediante tres modalidades:
  - Modelo de Kent y Park modificado.
  - NTCC 2017
  - Propuesta de Flores y Alcocer 2001
3. Comparación entre las resistencias últimas calculadas analíticamente y las obtenidas experimentalmente de los muros de mampostería confinada.

## Metodología

El modelo empleado en este trabajo es el que se muestra en la Fig. 1, el cual presenta las fuerzas actuantes en un muro de mampostería, donde  $V$  es la fuerza horizontal inducida por sismo,  $\sigma$  es el esfuerzo vertical aplicado,  $L$  es la longitud,  $H$  es la altura y  $\gamma$  es el ángulo de la diagonal respecto a la vertical. El diagrama de cuerpo libre del nodo B muestra la fuerza horizontal  $V$  induciendo tensión en el castillo y compresión en la diagonal que genera un esfuerzo cortante en la mampostería.

La Fig. 2, representa un muro a través de un ensamble de muretes cuya diagonal coincide con las diagonales de los  $N$  muretes sujetos a compresión diagonal, así como la cuña superior del muro, de donde se obtiene la ecuación de la resistencia última de la mampostería (Sulpicio et al.2009)



**Figura 1** Muro de mampostería confinada sujeto a cargas y diagrama de cuerpo libre del nodo B

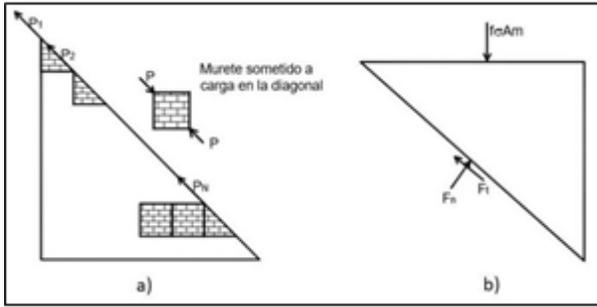


Figura 2 a) Resistencia de la mampostería, b) efecto de la carga vertical

$$V_{u(m)} = A_{dm} \text{sen}(\gamma) [v_r + f \text{se}(\gamma) \text{cos}(\gamma) \sigma] \quad (1)$$

$$f = \frac{A_m E_m}{A_m E_m + 2 A_c E_c} \quad (2)$$

$$v_r = 0.676 v_m \quad (3)$$

$$v_r = 0.635 v_m \quad (4)$$

Dónde:  $V_{mamp}$ =Carga última de la mampostería,  $A_{dm}$ =Área de la diagonal de la mampostería,  $\gamma$ =Ángulo respecto a la vertical,  $\sigma$ =Esfuerzo vertical actuante,  $f$ =Relaciona la rigidez vertical de la mampostería respecto a la rigidez vertical del muro, donde:  $A_m$ =Área horizontal de la mampostería,  $E_m$ =Módulo elástico de la mampostería,  $A_c$ =Área de los castillos,  $E_c$ =Módulo elástico de los castillos,  $v_r$ =Esfuerzo cortante resistente,  $v_m$ =Esfuerzo cortante obtenido de la prueba de tensión diagonal. Las cargas últimas de la mampostería (haciendo uso de la ec. 1), así como el largo y altura del muro, se muestran en la Tabla 1.

Autor	Muro	L, (cm)	H, (cm)	Vu(m), (t)
Aguilar y Alcocer (1997)	M2	250	250	8.68
Sánchez(2009)	MUR2	250	200	10.00
Castilla Marinilli (2003)	1	236	230	20.23
	2	236	230	16.38
	3	236	230	12.53
	4	312	230	25.82
	5	312	230	17.16
	6	312	230	22.93
	7	182	230	13.89
	8	182	230	11.57
	9	182	230	9.25
Hernández y Urzua (2002)	MD	250	250	10.73
Meli y Salgado (1969)	801	200	200	6.40
	802	200	200	7.24
	803	200	200	6.40
	804	200	200	7.32
Sánchez et al. (1996)	3D	240	250	12.81
		160	250	7.31
		Vu(m) total=		40.25

Ishibashi y Kastumata (1994)	WWW	240	250	13.46
		160	250	7.63
		Vu(m) total=		21.09
Sánchez et al. (2014)	MCCH2	250	255	13.38
	MCIG1	174	259	9.38
	MCIG2	250	256	13.37
Treviño (2004)	MCIG3	175	256	5.98
	421	250	243	16.03
	422	250	243	16.03
	423	250	243	16.03
	424	250	243	16.03
	601	250	243	16.03
	602	250	243	16.03
	603	250	243	16.03
604	250	243	16.03	

Tabla 1 Dimensiones y resistencia última de la mampostería

El modelo empleado en este trabajo para evaluar la aportación de los elementos confinantes requiere la definición de la ley constitutiva del concreto y del acero, así como de la distribución del acero longitudinal y transversal. Para este trabajo se aplicó el modelo de Kent y Park modificado (Kent y Park, 1971; Ewing y Kowalsky, 2004). La Figura 3 y las ecs. (5) a la (11), definen este modelo.

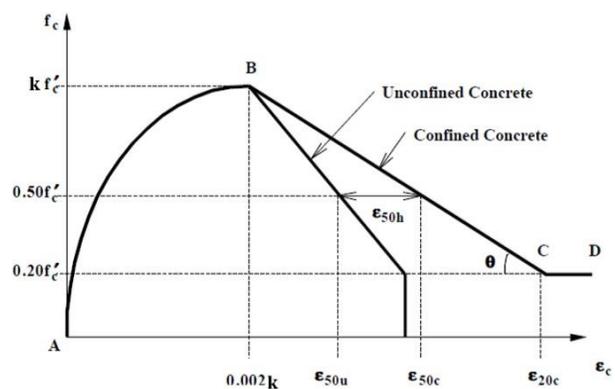


Figura 3 Modelo propuesto del comportamiento del concreto

Los parámetros son:

Si  $\epsilon_c \leq 0.002k$

$$f_c = k f'_c \left[ \frac{2\epsilon_c}{0.002k} - \left( \frac{\epsilon_c}{0.002k} \right)^2 \right] \quad (5)$$

Si  $0.002k < \epsilon_c \leq \epsilon_{20c}$

$$f_c = k f'_c [1 - Z(\epsilon_c - .002k)] \quad (6)$$

$$Z = \frac{0.5}{\varepsilon_{50u} + \varepsilon_{50h} - 0.002k} \quad (7)$$

$$k = 1 + \rho_s f_{yh} / f'_c \quad (8)$$

$$\varepsilon_{50h} = 0.75 \rho_s \sqrt{b/s_h} \quad (9)$$

$$\varepsilon_{50u} = \frac{3 + 0.29 f'_c}{145 f'_c - 100} \quad (10)$$

$$\varepsilon_{20c} = \frac{0.8k}{Z + 0.002k} \quad (11)$$

Dónde:  $f'_c$ =Esfuerzo a compresión del concreto,  $\varepsilon_c$ =tensión del concreto,  $\rho_s$  =relación de refuerzo a cortante,  $f_{yh}$ =Esfuerzo de fluencia de los estribos,  $b$ =Distancia entre rama de los estribos,  $S_h$ =Separación de estribos.

Las Normas Técnicas Complementarias (NTCC 2017), establecen que el cálculo de la aportación de los castillos se evalúe mediante las siguientes expresiones:

Si  $\rho < 0.0015$

$$V_{cr} = (0.2 + 20\rho) \sqrt{f'_c} b d \quad (12)$$

Si  $\rho \geq 0.0015$

$$V_{cr} = 0.5 \sqrt{f'_c} b d \quad (13)$$

Dónde:  $V_{cr}$ =Fuerza cortante del elemento confinante,  $\rho$ =cuantía,  $f'_c$ = Esfuerzo a compresión del concreto,  $b$ =Ancho del elemento confinante,  $d$ = Peralte del elemento confinante. Por otro lado, Flores y Alcocer (2001), proponen que la aportación de los castillos se evalúe con la siguiente expresión:

$$\eta V_d = 1.26 d_b^2 \sqrt{f'_c f_y} \quad (14)$$

Dónde:  $\eta$ =Factor de eficiencia  $V_d$ =Contribución del refuerzo vertical por acción de dovela,  $d_b$ =Diámetro de las varillas,  $f'_c$ =Esfuerzo a compresión del concreto,  $f_y$ =Esfuerzo de fluencia del acero.

En la tabla 2, se muestran los resultados obtenidos mediante las tres modalidades descritas con anterioridad para el cálculo de la resistencia de los elementos confinantes.

## Resultados

Finalmente, en las tablas 3 y 4 se muestran una comparación entre la resistencia total de los muros de mampostería confinada con las resistencias obtenidas de manera experimental; así como una relación de resistencia calculada total vs. resistencia experimental respectivamente.

Autor	Muro	Kent y Park (t)	NTCC 2017 Vcr (t)	Flores y Alcocer $\eta V_d$ (t)
Aguilar y Alcocer (1997)	M2	0.66	3.01	0.39
Sánchez (2009)	MUR2	1.21	3.31	0.36
Castilla y Marinilli (2003)	1	1.14	4.27	0.77
	2	1.14	4.27	0.77
	3	1.14	4.27	0.77
	4	1.14	4.27	0.77
	5	0.67	3.86	0.43
	6	1.14	4.27	0.77
	7	1.14	4.27	0.77
	8	1.14	4.27	0.77
	9	1.14	4.27	0.77
Hernández y Urzua (2002)	MD	0.64	2.65	0.31
Meli y Salgado (1969)	801	0.96	2.45	0.39
	802	1.21	3.03	0.49
	803	1.86	3.69	0.93
	804	2.41	4.37	1.10
Sánchez et al. (1996)	3D	0.56	5.56	0.66
Ishibashi y Kastumata (1994)	WWW	0.59	5.30	0.66
Sánchez et al. (2014)	MCCH2	0.82	3.64	0.35
	MCIG1	0.76	3.21	0.33
	MCIG2	0.92	3.60	0.33
	MCIG3	0.78	3.35	0.33
Treviño (2004)	421	0.65	3.12	0.35
	422	0.65	3.12	0.35
	423	0.66	3.12	0.35
	424	0.66	3.12	0.35
	601	0.48	2.07	0.18
	602	0.48	2.07	0.18
	603	0.48	2.07	0.18
	604	0.48	2.07	0.18

**Tabla 2** Aportación de los elementos confinantes según el modelo de Kent y Park modificado, NTCC 2017 y Flores y Alcocer 2017

Autor	Kent y Park Vult (t)	NTCC 2017 Vult (t)	Flores y Alcocer Vult (t)	Vexp (t)
Aguilar y Alcocer (1997)	9.34	11.69	9.07	14.10
Sánchez (2009)	11.21	13.31	10.36	11.97
Castilla y Marinilli (2003)	21.37	24.50	21.01	28.00
	17.52	20.65	17.15	23.80
	13.67	16.80	13.30	18.60
	26.96	30.09	26.59	42.20
	17.83	21.02	17.59	13.70
	24.07	27.20	23.70	31.70
	15.03	18.16	14.66	21.00
	12.71	15.84	12.34	16.10
10.39	13.52	10.02	17.30	
Hernández y Urzua (2002)	11.37	13.38	11.04	14.35
Meli y Salgado (1969)	7.36	8.85	6.79	5.8
	8.45	10.27	7.73	13.5
	8.26	10.10	7.33	11.0
	9.72	11.68	8.41	19.5
Sánchez et al. (1996)	40.81	51.37	41.56	39.70
Ishibashi y Kastumata (1994)	21.69	26.40	21.75	20.50
Sánchez et al. (2014)	14.19	17.01	13.72	19.15
	10.14	12.59	9.71	8.54
	14.29	16.97	13.70	13.54
	6.76	9.34	6.31	10.33
Treviño (2004)	16.68	19.15	16.38	15.75
	16.68	19.15	16.38	15.95
	16.68	19.15	16.38	19.35
	16.68	19.15	16.38	18.25
	16.51	18.10	16.21	16.65
	16.51	18.10	16.21	16.65
	16.51	18.10	16.21	17.10
	16.51	18.10	16.21	16.25

**Tabla 3** Resistencia última total según el modelo de Kent y Park modificado, NTCC 2017 y propuesta de Flores y Alcocer 2017

Autor	Muro	Kent y Park Vult/Vexp p	NTCC 2017 Vult/Vexp p	Flores y Alcocer Vult/Vexp p
Aguilar y Alcocer (1997)	M2	0.66	0.83	0.64
Sánchez (2009)	MUR2	0.94	1.11	0.87
Castilla y Marinilli (2003)	1	0.76	0.88	0.75
	2	0.74	0.87	0.72
	3	0.74	0.90	0.72
	4	0.64	0.71	0.63
	5	1.30	1.53	1.28
	6	0.76	0.86	0.75
	7	0.72	0.86	0.70
	8	0.79	0.98	0.77
	9	0.60	0.78	0.58

Hernández y Urzua (2002)	MD	0.79	0.93	0.77
Meli y Salgado (1969)	801	1.27	1.53	1.17
	802	0.63	0.76	0.57
	803	0.75	0.92	0.67
	804	0.50	0.60	0.43
Sánchez et al. (1996)	3D	1.03	1.29	1.05
Ishibashi y Kastumata (1994)	WWW	1.06	1.29	1.06
Sánchez et al. (2014)	MCCH 2	0.74	0.89	0.72
	MCIG1	1.19	1.48	1.14
	MCIG2	1.06	1.25	1.01
	MCIG3	0.65	0.90	0.61
Treviño (2004)	421	1.06	1.22	1.04
	422	1.05	1.20	1.03
	423	0.86	0.99	0.85
	424	0.91	1.05	0.90
	601	0.99	1.09	0.97
	602	0.99	1.09	0.97
	603	0.97	1.06	0.95
	604	1.02	1.11	1.00
Media		0.87	1.03	0.84
D Estándar		0.20	0.24	0.21
C Variación		0.23	0.23	0.24

**Tabla 4** Relación resistencia calculada total vs. Resistencia experimental

## Conclusiones

La metodología empleada para el cálculo de la resistencia última de la mampostería considera el tipo de material con el que están elaboradas las piezas que componen al muro; esto mediante factores de reducción. Sin embargo, estos últimos, fueron calculados para piezas macizas.

Los resultados obtenidos, muestran una buena aproximación tomando en cuenta la adición de la resistencia aportada por los castillos, bajo las condiciones especificadas en las NTCC 2017. En donde se obtuvo una media de 1.03 y un coeficiente de variación de 0.23. Por otro lado, en el caso de la evaluación de la aportación de los castillos por el método de Kent y Park modificado, se observa que para los modelos WWW (sistema estructural formado por dos muros de tabique rojo recocido sujetos a carga vertical, Ishibashi y Kastumata, 1994) y 3-D (estructura tridimensional elaborada con muros de tabique rojo recocido probada por Sánchez et al., 1996), se obtuvieron resultados muy similares a los obtenidos de manera experimental.

## Agradecimientos

Los autores desean expresar su agradecimiento al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), por el financiamiento del presente trabajo de investigación a través de la beca de maestría asignada al estudiante Víctor Manuel Godínez Baltazar.

## Referencias

Aguilar, G y S Alcocer (1997), “Efecto del refuerzo horizontal en el comportamiento de muros de mampostería confinada ante cargas laterales”, Informe técnico, CENAPRED.

Alcocer S., Hernández H. y Sandoval H. (2013). “Envoltorio de resistencia lateral de piso para estructuras de mampostería confinada”. Revista de Ingeniería Sísmica, No. 89, 24-54.

Castilla, E y A Marinilli (2003), “Experiencias recientes en mampostería confinada de bloques de concreto”, IMME, Vol. 41, No. 2- 3, pp. 28-39.

Flores, L y S Alcocer (2001), “Estudio analítico de estructuras de mampostería confinada”. Informe técnico, CENAPRED.

Flores, V. Sánchez S., Arroyo R., Barragán R., (2013). “Propiedades mecánicas de la mampostería de tabique rojo recocido utilizada en Chilpancingo, Gro (México)”. Informes de la Construcción, Vol. 65, 387-395.

Gobierno de la Ciudad de México (2017), “Normas Técnicas Complementarias del reglamento de construcciones de la Ciudad de México”, Tomo II, Gaceta Oficial de la Ciudad de México, 712 pp.

Hernández, E y D Urzúa (2002), “Pruebas dinámicas de resistencia sísmica de muros de mampostería confinada construidos con materiales pumíticos”, XIII Congreso Nacional de Ingeniería Estructural, pp. 337- 348.

Ishibashi, K y H Kastumata (1994), “A study on nonlinear finite element analysis of confined masonry walls” México: CENAPRED, CI No. 15, 58 p

Meli, R y G Salgado (1969), “Comportamiento de muros de mampostería sujetos a carga lateral” Informe Técnico 237, Instituto de Ingeniería de la UNAM.

Sánchez, S., Arroyo, M., Guinto, R., Salgado, A., Encarnación, D., Palacios, D. (2014), “Estudio numérico y experimental de unidades habitacionales ubicadas en Chilpancingo e Iguala, Guerrero”, Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma de Guerrero.

Sánchez, S., Villaseñor, A., Guinto E., Barragán R., Mebarki A. (2017). “Propuesta de valores de referencia para la resistencia de diseño a compresión diagonal y compresión de la mampostería en el estado de Guerrero, México”. Revista ALCONPAT, Volumen 7, 231 – 246.

Sánchez, T, S Alcocer y L Flores (1996), “Estudio experimental sobre una estructura de mampostería confinada tridimensional, construida a escala natural y sujeta a cargas laterales”, X Congreso Nacional de Ingeniería Estructural, Editorial SMIE, pp. 909 – 918

Sánchez y Alcocer. (1998). “Comportamiento de estructuras de mampostería confinada sujetas a cargas laterales” (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Autónoma de México. México.

Sánchez y Mebarki. (2009). “Método semi-empírico para estimar la resistencia lateral en muros de mampostería confinada”. Revista de Ingeniería Sísmica, No. 80, 113-127.

Treviño, E, S Alcocer, L Flores, R Larrua, J Zarate y L Gallegos (2004), “Investigación experimental del comportamiento de muros de mampostería confinada de bloques de concreto sometidos a cargas laterales cíclicas reversibles reforzados con acero de grados 60 y 42”, XIV Congreso Nacional de Ingeniería Estructural.

Reporte especial A: “Sismo de Tehuantepec (2017-09-07 23:49 Mw 8.2)”. Servicio Simológico Nacional, UNAM, México.

Reporte especial B: “Sismo del día 19 de septiembre de 2017, Puebla-Morelos (M 7.1)”. Servicio Simológico Nacional, UNAM, México.

## Estado físico de la infraestructura educativa de la Universidad Autónoma de Guerrero después de los sismos del 2017

### Physical condition of the educational infrastructure of the Universidad Autónoma de Guerrero after the earthquakes of 2017

RAYO-MENDOZA, Marco Antonio\*†, RAYO-MENDOZA, Bonifacio y DELGADO-DE LA TORRE, Daniel

*Universidad Autónoma de Guerrero, Facultad de Ingeniería Av. Lázaro Cárdenas, S/N, CU\_Sur, Chilpancingo. Guerrero. México.*

ID 1<sup>er</sup> Autor: *Marco Antonio, Rayo-Mendoza*

ID 1<sup>er</sup> Coautor: *Bonifacio, Rayo-Mendoza*

ID 2<sup>do</sup> Coautor: *Daniel, Delgado-De La Torre*

Recibido 20 de Junio, 2018; Aceptado 30 de Septiembre, 2018

#### Resumen

Debido a los eventos sísmicos ocurridos en septiembre del 2017, se realizaron diagnósticos de los edificios de la Universidad Autónoma de Guerrero, para conocer el estado físico de la infraestructura que guardan los inmuebles que forman parte del patrimonio de la misma, aquí presentamos los resultados del estudio general de los mismos, las fallas más comunes que se encontraron y las afectaciones que presentaron durante el evento sísmico. Se realizó una inspección visual física por parte de la coordinación general de infraestructura, se llevaron a cabo entrevistas con el personal encargado de cada URE (Unidad responsables, edificios administrativos y escuelas). Para visitar las edificaciones que tuvieron mayor afectaciones y darles prioridad. Los criterios que se tomaron en cuenta para la seguridad y el riesgo que presentaban los inmuebles y determinar su factibilidad, la utilización de un formato único de acuerdo a las áreas responsables del organigrama de funciones.

#### Infraestructura, Daños, Sismos

#### Abstract

After the earthquakes that took place on September 7 and 19, 2017, the buildings of the Autonomous University of Guerrero will be diagnosed, in order to know the physical state of the infrastructure kept by the properties that are part of the heritage of the same, here we present the results of the general study of the same, the most common faults that were found and the affectations that they presented during the seismic event. A physical visual inspection was carried out by the general infrastructure coordination, interviews were carried out with the personnel in charge of each ERU (responsible units, administrative buildings and schools).

#### Infrastructure, Damages, Earthquakes

**Citación:** RAYO-MENDOZA, Marco Antonio, RAYO-MENDOZA, Bonifacio y DELGADO-DE LA TORRE, Daniel. . Estado físico de la infraestructura educativa de la Universidad Autónoma de Guerrero después de los sismos del 2017. Revista de Ingeniería Civil. 2018. 2-6:25-29.

\*Correspondencia del Autor (mendoza0122@hotmail.com )

†Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

La magnitud de los sismos del 7 y 19 de septiembre del 2017, tuvieron una magnitud de 7 y 8.1 en la escala de richter lo cual tuvo afectaciones en la región norte del estado de Guerrero, la mayoría de las edificaciones del grupo A fueron severamente dañadas, debido a esto se propuso a través de infraestructura de la UAGro hacer revisiones de los edificios en todo el estado y tener un diagnostico real de como se encontraban después de dichos eventos y tomar las medidas precautorias y de seguridad.

Se elaboró un formato para la valoración estructural incluye: una clasificación de las estructuras atípicas más usadas, con el propósito de describir las fallas más ocurrentes que presentaron los edificios, donde la configuración y ubicación fueron determinantes en su evaluación, levantamiento de los daños estructurales postsísmicos.

Este trabajo tiene como propósito mostrar, en forma general, la evaluación estructural de edificios del grupo A, utilizando los criterios establecidos en las Normas Técnicas Complementarias para Diseño por Sismo y para el Diseño y Construcción de Estructuras Metálicas, de Concreto y sobre Criterios y Acciones para el Diseño Estructural de las Edificaciones del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal vigentes. Explicación del tema en general y explicar por qué es importante.

Este trabajo consiste en dar cifras reales de los edificios que fueron severamente dañados y el criterio que se utilizó para determinar si una edificación requería una reestructuración o reforzamiento, porque se determinó demoler, y dar un estado de su comportamiento durante estos eventos sísmicos, la mayoría de los un vida útil de más de 30 años, fueron construidos por las dependencias gubernamentales que eran las encargadas de regular la infraestructura educativa del estado de Guerrero, algunos con mayor antigüedad, la configuración de algunos son únicos, alargados o muy altos que no cumplen con la simetría que marca el diseño estructural, control de calidad deficiente, sin criterio estructural adecuado.

La importancia de la seguridad estructural es un factor que se toma en cuenta debido a la alta concentración de alumnos, el riesgo y peligro de las estructuras y también que estamos en una zona altamente sísmica, a lo largo del estado de Guerrero se tienen una gran cantidad de facultades, preparatorias y edificios administrativos.

¿Cuál es su valor agregado respecto de las demás técnicas?

El mantenimiento de las estructuras fue un tema recurrente en la UAGro., se tiene un área de este tipo, pero no existía un departamento de construcción que monitoree los nuevos edificios o hacer revisión detallada de los elementos estructurales, y un control de calidad de los materiales que se utilicen en la construcción.

Enfocar claramente cada una de sus características

Los edificios que actualmente son reparados o fueron demolidos son de 4 niveles o edificios muy alargados que están fuera de la relación de formar Largo/Ancho, las fallas más recurrentes son una falta de mantenimiento y no hay una zona o región que haya concentrado el mayor número de edificios dañados es una distribución a lo largo del estado.

Explicar con claridad el problema a solucionar y la hipótesis central.

El problema que encontramos en estos edificios que fueron los más dañados, fue el procedimiento constructivo inadecuado, en el caso del concreto hidráulico la mayoría fueron elaborados con grava-arena de boleo de río, una mínima adherencia entre el refuerzo y la mezcla, en el acero paquetes de varillas de 3 o 4 piezas, la cimentación no fue mejorado su desplante y faltan obras hidráulicas que ayuden a drenar la acumulación de agua y evitar asentamientos en los muros diafragmas, algunos de ellos fueron previamente reparados y reforzados, colocándole muros disipadores y aumento de columnas o vigas, las edificaciones han estado bajo eventos sísmicos intensos.

## Objetivos

- Estado físico de las estructuras de la UAGro.
- Funcionalidad de las instalaciones después de los sismos.
- Puntos de reunión y emergencias.

## Edificios Dañados

Durante la evaluación de la infraestructura en todos los edificios de la UAGro, de acuerdo a los criterios INIFED y CENAPRED, en la siguiente tabla se muestran los que presentaron daño severo.

Unidad o Facultad	Ubicación	Tipo de Estructura
Ingeniería	Chilpancingo	U-4c-13ee
Enfermería # 3	Ometepec	U-4c-7ee
Preparatoria # 46	Chilpancingo	Atípico 2 Niv.
Medicina	Acapulco	U-4c-6ee
Ecología Marina	Acapulco	U-4c-4ee
Derecho	Chilpancingo	Atípico 2 Niv.

**Tabla 1** Resumen de edificios

## Facultad de Ingeniería

Es una construcción de cuatro niveles estructurada a base de marcos de concreto en ambas direcciones. En la dirección larga tiene cuatro muros de concreto, dos por cada lado. En la dirección larga, los muros divisorios son de mampostería confinada con las respectivas juntas en ambos extremos. No existe ningún muro de concreto en la dirección corta, la altura de entrepiso es 3.20 m. La cubierta es una losa maciza en todos los niveles. La edificación es una estructura del grupo A y fue construida en 1982 y reforzada en 1985. (Tizapa-Sanchez Sulpicio, 2017).

Hay desconchamiento del recubrimiento, exposición y corrosión del acero de refuerzo longitudinal en la base de dos columnas de planta baja y en una columna del último nivel. Existe un desplazamiento general de la estructura hacia la esquina suroeste de aproximadamente 29 cm del año 2004 al 2017. La estructura presenta un desplazamiento lateral permanente, medido en elementos verticales, igual a 19.0 cm.

Dicho valor es mayor al desplazamiento permisible ( $d_p$ ) ante fuerzas sísmicas igual a  $0.012 H$ ,  $H$  medida en metros,  $H=12.80$  m,  $d_p$  es 15.36 cm. Considerando el uso de la estructura y que la deformación lateral permanente excede el valor permisible bajo acción sísmica, la estructura tiene una alta vulnerabilidad sísmica y no puede ser utilizada. (Tizapa-Sanchez Sulpicio, 2017).

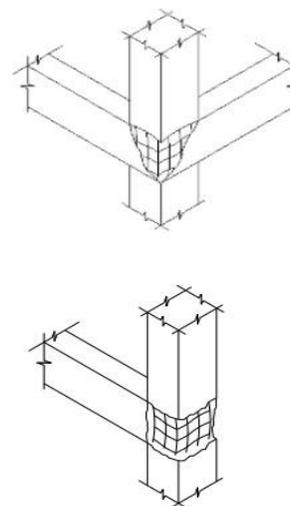
Este edificio se le hicieron pruebas de Resistencia del concreto endurecido en columnas, traveses y losa, obteniéndose una resistencia de 180 kg/cm<sup>2</sup>. Fue demolido y en su lugar se construirán 2 edificios de menor altura.



**Figura 1** Vista lateral del edificio

## Escuela superior de Enfermería # 3

El daño que presentó este inmueble fue un desconchamiento de los nodos viga columna y quedó expuesto el acero de refuerzo. Y al ser una zana costera la degradación provoca debilitamiento del refuerzo.



**Figura 2** Desprendimiento del concreto, pandeo y exposición del refuerzo en la unión (falla por momento flector). Gama 2013

Se determinó demoler la estructura y construir un nuevo cuerpo con menor altura.

### Facultad de Medicina

Este edificio contaba con refozamiento previo con tensores diagonales y encamizado de columnas con placas de acero,



**Figura 3** Interior del edificio

Se ha planteado un reforzamiento con vigas de acero que no de una apariencia como la vista. Generando espacios más cómodos.



**Figura 4** Placas de conexión

### Facultad de Derecho

Un elemento muy alargado que durante su evaluación los muros dañados fueron reparados, muros disipadores que cumplieron con su función principal, los muros cabeceros presentaron daños por asentamiento, debido al tipo de suelo, tiene una losa a base de cacetones en ambas direcciones ortogonales, una cimentación de 3 metros de profundidad.



**Figura 5** Vista lateral de la Facultad de Derecho



**Figura 6** Muro falla por asentamiento

Fue evaluado y rehabilitado para su funcionamiento, las propuestas de diseño y los estudios previos determinaron la rehabilitación.

### Conclusiones

Durante la evaluación que se llevaron a cabo posterior al sismo se pudo observar que los daños observados fueron debido al mal proceso constructivo desde su concepción, fueron mal edificados, algunos por materiales inadecuados, otros por falta de tener un diseño adecuado, la mayoría de los edificios que se demolieron fueron aquellos de 4 niveles, el deterioro y entrar en un periodo de fatiga determino no darles uso y por pertenecer al grupo A, es un riesgo latente, se tendrá que llevar un programa preventivo de mantenimiento continuo.

### Referencias

Leonardo Flores, (20, 21 DE Octubre 2009, CENTRO BANAMEX), Diseño de Estructuras para la Prevención de Desastres: CENAPRED Y SMIE. SIMPOSIO NACIONAL SOBRE LA ENSEÑANZA DEL CONCRETO. México.

RAYO-MENDOZA, Marco Antonio, RAYO-MENDOZA, Bonifacio y DELGADO-DE LA TORRE, Daniel. Estado físico de la infraestructura educativa de la Universidad Autónoma de Guerrero después de los sismos del 2017. Revista de Ingeniería Civil. 2018

Metodología para la evaluación de la seguridad estructural de edificios (2014), COORDINACIÓN NACIONAL DE PROTECCIÓN CIVIL, México.

Joel Aragón Cárdenas Leonardo E. Flores Corona Salvador Barrios Benítez Óscar A. López Bátiz Miguel Angel Pacheco Martínez, (Versión Febrero de 2011)

MANUAL DEL FORMATO DE CAPTURA DE DATOS PARA EVALUACIÓN ESTRUCTURAL. RED NACIONAL DE EVALUADORES, Dirección de Investigación, Subdirección de Riesgos Estructurales, SISTEMA NACIONAL DE PROTECCIÓN CIVIL, CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN DE DESASTRES, México.

Ariana Astorga, Pedro Rivero CIGIR, (2009) PATOLOGIAS EN LAS EDIFICACIONES MÓDULO III-SECCIÓN IV Centro de Investigación en Gestión Integral de Riesgos, Venezuela.

# Instrucciones para la Publicación Científica, Tecnológica y de Innovación

---

## [Título en Times New Roman y Negritas No. 14 en Español e Inglés]

Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 1<sup>er</sup> Autor†\*, Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 1<sup>er</sup> Coautor, Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 2<sup>do</sup> Coautor y Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 3<sup>er</sup> Coautor

*Institución de Afiliación del Autor incluyendo dependencia (en Times New Roman No.10 y Cursiva)*

### International Identification of Science - Technology and Innovation

ID 1<sup>er</sup> Autor: (ORC ID - Researcher ID Thomson, arXiv Author ID - PubMed Autor ID - Open ID) y CVU 1<sup>er</sup> Autor: (Becario-PNPC o SNI-CONACYT) (No.10 Times New Roman)

ID 1<sup>er</sup> Coautor: (ORC ID - Researcher ID Thomson, arXiv Author ID - PubMed Autor ID - Open ID) y CVU 1<sup>er</sup> Coautor: (Becario-PNPC o SNI-CONACYT) (No.10 Times New Roman)

ID 2<sup>do</sup> Coautor: (ORC ID - Researcher ID Thomson, arXiv Author ID - PubMed Autor ID - Open ID) y CVU 2<sup>do</sup> Coautor: (Becario-PNPC o SNI-CONACYT) (No.10 Times New Roman)

ID 3<sup>er</sup> Coautor: (ORC ID - Researcher ID Thomson, arXiv Author ID - PubMed Autor ID - Open ID) y CVU 3<sup>er</sup> Coautor: (Becario-PNPC o SNI-CONACYT) (No.10 Times New Roman)

(Indicar Fecha de Envío: Mes, Día, Año); Aceptado (Indicar Fecha de Aceptación: Uso Exclusivo de ECORFAN)

---

### **Resumen (En Español, 150-200 palabras)**

Objetivos  
Metodología  
Contribución

**Indicar 3 palabras clave en Times New Roman y Negritas No. 10 (En Español)**

### **Resumen (En Inglés, 150-200 palabras)**

Objetivos  
Metodología  
Contribución

**Indicar 3 palabras clave en Times New Roman y Negritas No. 10 (En Inglés)**

---

**Citación:** Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 1er Autor†\*, Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 1er Coautor, Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 2do Coautor y Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 3er Coautor. Título del Artículo. Revista de Ingeniería Civil. Año 1-1: 1-11 (Times New Roman No. 10)

---

---

\* Correspondencia del Autor (ejemplo@ejemplo.org)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

Texto redactado en Times New Roman No.12, espacio sencillo.

Explicación del tema en general y explicar porque es importante.

¿Cuál es su valor agregado respecto de las demás técnicas?

Enfocar claramente cada una de sus características

Explicar con claridad el problema a solucionar y la hipótesis central.

Explicación de las secciones del Artículo

## Desarrollo de Secciones y Apartados del Artículo con numeración subsecuente

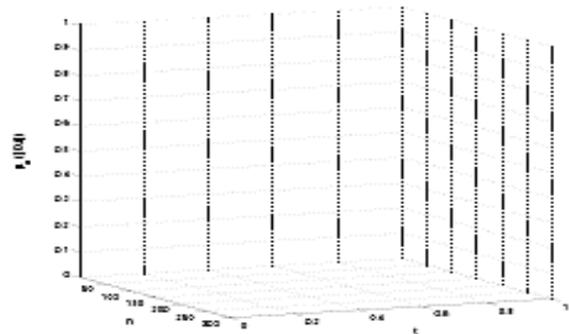
[Título en Times New Roman No.12, espacio sencillo y Negrita]

Desarrollo de Artículos en Times New Roman No.12, espacio sencillo.

## Inclusión de Gráficos, Figuras y Tablas-Editables

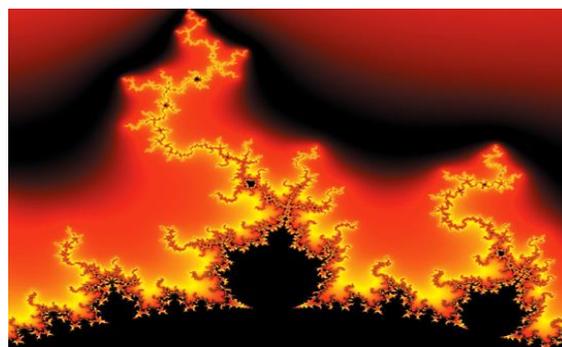
En el *contenido del Artículo* todo gráfico, tabla y figura debe ser editable en formatos que permitan modificar tamaño, tipo y número de letra, a efectos de edición, estas deberán estar en alta calidad, no pixeladas y deben ser notables aun reduciendo la imagen a escala.

[Indicando el título en la parte inferior con Times New Roman No. 10 y Negrita]



**Gráfico 1** Titulo y Fuente (*en cursiva*)

No deberán ser imágenes, todo debe ser editable.



**Figura 1** Titulo y Fuente (*en cursiva*)

No deberán ser imágenes, todo debe ser editable.


**Tabla 1** Titulo y Fuente (*en cursiva*)

No deberán ser imágenes, todo debe ser editable.

Cada Artículo deberá presentar de manera separada en **3 Carpetas**: a) Figuras, b) Gráficos y c) Tablas en formato .JPG, indicando el número en Negrita y el Título secuencial.

## Para el uso de Ecuaciones, señalar de la siguiente forma:

$$Y_{ij} = \alpha + \sum_{h=1}^r \beta_h X_{hij} + u_j + e_{ij} \quad (1)$$

Deberán ser editables y con numeración alineada en el extremo derecho.

## Metodología a desarrollar

Dar el significado de las variables en redacción lineal y es importante la comparación de los criterios usados

## Resultados

Los resultados deberán ser por sección del Artículo.

## Anexos

Tablas y fuentes adecuadas.

## Agradecimiento

Indicar si fueron financiados por alguna Institución, Universidad o Empresa.

## Conclusiones

Explicar con claridad los resultados obtenidos y las posibilidades de mejora.

## Referencias

Utilizar sistema APA. No deben estar numerados, tampoco con viñetas, sin embargo en caso necesario de numerar será porque se hace referencia o mención en alguna parte del Artículo.

Utilizar Alfabeto Romano, todas las referencias que ha utilizado deben estar en el Alfabeto romano, incluso si usted ha citado un Artículo, libro en cualquiera de los idiomas oficiales de la Organización de las Naciones Unidas (Inglés, Francés, Alemán, Chino, Ruso, Portugués, Italiano, Español, Árabe), debe escribir la referencia en escritura romana y no en cualquiera de los idiomas oficiales.

## Ficha Técnica

Cada Artículo deberá presentar un documento Word (.docx):

Nombre de la Revista

Título del Artículo

Abstract

Keywords

Secciones del Artículo, por ejemplo:

1. *Introducción*
2. *Descripción del método*
3. *Análisis a partir de la regresión por curva de demanda*
4. *Resultados*
5. *Agradecimiento*
6. *Conclusiones*
7. *Referencias*

Nombre de Autor (es)

Correo Electrónico de Correspondencia al Autor

Referencias

## Requerimientos de Propiedad Intelectual para su edición:

-Firma Autógrafa en Color Azul del Formato de Originalidad del Autor y Coautores

-Firma Autógrafa en Color Azul del Formato de Aceptación del Autor y Coautores

## **Reserva a la Política Editorial**

Revista de Ingeniería Civil se reserva el derecho de hacer los cambios editoriales requeridos para adecuar los Artículos a la Política Editorial del Research Journal. Una vez aceptado el Artículo en su versión final, el Research Journal enviará al autor las pruebas para su revisión. ECORFAN® únicamente aceptará la corrección de erratas y errores u omisiones provenientes del proceso de edición de la revista reservándose en su totalidad los derechos de autor y difusión de contenido. No se aceptarán supresiones, sustituciones o añadidos que alteren la formación del Artículo.

## **Código de Ética – Buenas Prácticas y Declaratoria de Solución a Conflictos Editoriales**

### **Declaración de Originalidad y carácter inédito del Artículo, de Autoría, sobre la obtención de datos e interpretación de resultados, Agradecimientos, Conflicto de intereses, Cesión de derechos y distribución**

La Dirección de ECORFAN-México, S.C reivindica a los Autores de Artículos que su contenido debe ser original, inédito y de contenido Científico, Tecnológico y de Innovación para someterlo a evaluación.

Los Autores firmantes del Artículo deben ser los mismos que han contribuido a su concepción, realización y desarrollo, así como a la obtención de los datos, la interpretación de los resultados, su redacción y revisión. El Autor de correspondencia del Artículo propuesto requisitara el formulario que sigue a continuación.

Título del Artículo:

- El envío de un Artículo a Revista de Ingeniería Civil emana el compromiso del autor de no someterlo de manera simultánea a la consideración de otras publicaciones seriadas para ello deberá complementar el Formato de Originalidad para su Artículo, salvo que sea rechazado por el Comité de Arbitraje, podrá ser retirado.
- Ninguno de los datos presentados en este Artículo ha sido plagiado ó inventado. Los datos originales se distinguen claramente de los ya publicados. Y se tiene conocimiento del testeo en PLAGSCAN si se detecta un nivel de plagio Positivo no se procederá a arbitrar.
- Se citan las referencias en las que se basa la información contenida en el Artículo, así como las teorías y los datos procedentes de otros Artículos previamente publicados.
- Los autores firman el Formato de Autorización para que su Artículo se difunda por los medios que ECORFAN-México, S.C. en su Holding Perú considere pertinentes para divulgación y difusión de su Artículo cediendo sus Derechos de Obra.
- Se ha obtenido el consentimiento de quienes han aportado datos no publicados obtenidos mediante comunicación verbal o escrita, y se identifican adecuadamente dicha comunicación y autoría.
- El Autor y Co-Autores que firman este trabajo han participado en su planificación, diseño y ejecución, así como en la interpretación de los resultados. Asimismo, revisaron críticamente el trabajo, aprobaron su versión final y están de acuerdo con su publicación.
- No se ha omitido ninguna firma responsable del trabajo y se satisfacen los criterios de Autoría Científica.
- Los resultados de este Artículo se han interpretado objetivamente. Cualquier resultado contrario al punto de vista de quienes firman se expone y discute en el Artículo.

## Copyright y Acceso

La publicación de este Artículo supone la cesión del copyright a ECORFAN-Mexico, S.C en su Holding Perú para su Revista de Ingeniería Civil, que se reserva el derecho a distribuir en la Web la versión publicada del Artículo y la puesta a disposición del Artículo en este formato supone para sus Autores el cumplimiento de lo establecido en la Ley de Ciencia y Tecnología de los Estados Unidos Mexicanos, en lo relativo a la obligatoriedad de permitir el acceso a los resultados de Investigaciones Científicas.

Título del Artículo:

Nombre y apellidos del Autor de contacto y de los Coautores	Firma
1.	
2.	
3.	
4.	

## Principios de Ética y Declaratoria de Solución a Conflictos Editoriales

### Responsabilidades del Editor

El Editor se compromete a garantizar la confidencialidad del proceso de evaluación, no podrá revelar a los Árbitros la identidad de los Autores, tampoco podrá revelar la identidad de los Árbitros en ningún momento.

El Editor asume la responsabilidad de informar debidamente al Autor la fase del proceso editorial en que se encuentra el texto enviado, así como de las resoluciones del arbitraje a Doble Ciego.

El Editor debe evaluar los manuscritos y su contenido intelectual sin distinción de raza, género, orientación sexual, creencias religiosas, origen étnico, nacionalidad, o la filosofía política de los Autores.

El Editor y su equipo de edición de los Holdings de ECORFAN® no divulgarán ninguna información sobre Artículos enviado a cualquier persona que no sea el Autor correspondiente.

El Editor debe tomar decisiones justas e imparciales y garantizar un proceso de arbitraje por pares justa.

### Responsabilidades del Consejo Editorial

La descripción de los procesos de revisión por pares es dado a conocer por el Consejo Editorial con el fin de que los Autores conozcan cuáles son los criterios de evaluación y estará siempre dispuesto a justificar cualquier controversia en el proceso de evaluación. En caso de Detección de Plagio al Artículo el Comité notifica a los Autores por Violación al Derecho de Autoría Científica, Tecnológica y de Innovación.

### Responsabilidades del Comité Arbitral

Los Árbitros se comprometen a notificar sobre cualquier conducta no ética por parte de los Autores y señalar toda la información que pueda ser motivo para rechazar la publicación de los Artículos. Además, deben comprometerse a mantener de manera confidencial la información relacionada con los Artículos que evalúan.

Cualquier manuscrito recibido para su arbitraje debe ser tratado como documento confidencial, no se debe mostrar o discutir con otros expertos, excepto con autorización del Editor.

Los Árbitros se deben conducir de manera objetiva, toda crítica personal al Autor es inapropiada.

Los Árbitros deben expresar sus puntos de vista con claridad y con argumentos válidos que contribuyan al que hacer Científico, Tecnológica y de Innovación del Autor.

Los Árbitros no deben evaluar los manuscritos en los que tienen conflictos de intereses y que se hayan notificado al Editor antes de someter el Artículo a evaluación.

### **Responsabilidades de los Autores**

Los Autores deben garantizar que sus Artículos son producto de su trabajo original y que los datos han sido obtenidos de manera ética.

Los Autores deben garantizar no han sido previamente publicados o que no estén siendo considerados en otra publicación seriada.

Los Autores deben seguir estrictamente las normas para la publicación de Artículos definidas por el Consejo Editorial.

Los Autores deben considerar que el plagio en todas sus formas constituye una conducta no ética editorial y es inaceptable, en consecuencia, cualquier manuscrito que incurra en plagio será eliminado y no considerado para su publicación.

Los Autores deben citar las publicaciones que han sido influyentes en la naturaleza del Artículo presentado a arbitraje.

### **Servicios de Información**

#### **Indización - Bases y Repositorios**

RESEARCH GATE (Alemania)

GOOGLE SCHOLAR (Índices de citas-Google)

MENDELEY (Gestor de Referencias bibliográficas)

HISPANA (Información y Orientación Bibliográfica-España)

#### **Servicios Editoriales:**

Identificación de Citación e Índice H.

Administración del Formato de Originalidad y Autorización.

Testeo de Artículo con PLAGSCAN.

Evaluación de Artículo.

Emisión de Certificado de Arbitraje.

Edición de Artículo.

Maquetación Web.

Indización y Repositorio

Traducción.

Publicación de Obra.

Certificado de Obra.

Facturación por Servicio de Edición.

#### **Política Editorial y Administración**

244 - 2 Itzopan Calle. La Florida, Ecatepec Municipio México Estado, 55120 Código postal, MX. Tel: +52 1 55 2024 3918, +52 1 55 6159 2296, +52 1 55 4640 1298; Correo electrónico: [contact@ecorfan.org](mailto:contact@ecorfan.org)  
[www.ecorfan.org](http://www.ecorfan.org)

**ECORFAN®**

**Editora en Jefe**

RAMOS-ESCAMILLA, María. PhD

**Redactor Principal**

SERRUDO-GONZALES, Javier. BsC

**Asistente Editorial**

ROSALES-BORBOR, Eleana. BsC

SORIANO-VELASCO, Jesús. BsC

**Director Editorial**

PERALTA-CASTRO, Enrique. MsC

**Editor Ejecutivo**

SUYO-CRUZ, Gabriel. PhD

**Editores de Producción**

ESCAMILLA-BOUCHAN, Imelda. PhD

LUNA-SOTO, Vladimir. PhD

**Administración Empresarial**

REYES-VILLAO, Angélica. BsC

**Control de Producción**

RAMOS-ARANCIBIA Alejandra. BsC

DÍAZ-OCAMPO Javier. BsC

**Editores Asociados**

OLIVES-MALDONADO, Carlos. MsC

MIRANDA-GARCIA, Marta. PhD

CHIATCHOUA, Cesaire. PhD

SUYO-CRUZ, Gabriel. PhD

CENTENO-ROA, Ramona. MsC

ZAPATA-MONTES, Nery Javier. PhD

ALAS-SOLA, Gilberto Américo. PhD

MARTÍNEZ-HERRERA, Erick Obed. MsC

ILUNGA-MBUYAMBA, Elisée. MsC

IGLESIAS-SUAREZ, Fernando. MsC

VARGAS-DELGADO, Oscar. PhD

**Publicidad y Patrocinio**

(ECORFAN®- Mexico- Bolivia- Spain- Ecuador- Cameroon- Colombia- El Salvador- Guatemala- Nicaragua- Peru- Paraguay- Democratic Republic of The Congo- Taiwan ),sponsorships@ecorfan.org

**Licencias del Sitio**

03-2010-032610094200-01-Para material impreso, 03-2010-031613323600-01-Para material electrónico, 03-2010-032610105200-01-Para material fotográfico, 03-2010-032610115700-14-Para Compilación de Datos, 04 -2010-031613323600-01-Para su página Web, 19502-Para la Indización Iberoamericana y del Caribe, 20-281 HB9-Para la Indización en América Latina en Ciencias Sociales y Humanidades, 671-Para la Indización en Revistas Científicas Electrónicas España y América Latina, 7045008-Para su divulgación y edición en el Ministerio de Educación y Cultura-España, 25409-Para su repositorio en la Biblioteca Universitaria-Madrid, 16258-Para su indexación en Dialnet, 20589-Para Indización en el Directorio en los países de Iberoamérica y el Caribe, 15048-Para el registro internacional de Congresos y Coloquios. financingprograms@ecorfan.org

**Oficinas de Gestión**

244 Itzopan, Ecatepec de Morelos–México.

21 Santa Lucía, CP-5220. Libertadores -Sucre–Bolivia.

38 Matacerquillas, CP-28411. Moralarzal –Madrid-España.

18 Marcial Romero, CP-241550. Avenue, Salinas I - Santa Elena-Ecuador.

1047 La Raza Avenue -Santa Ana, Cusco-Peru.

Boulevard de la Liberté, Immeuble Kassap, CP-5963.Akwa- Douala-Cameroon.

Southwest Avenue, San Sebastian – León-Nicaragua.

6593 Kinshasa 31 – Republique Démocratique du Congo.

San Quentin Avenue, R 1-17 Miralvalle - San Salvador-El Salvador.

16 Kilometro, American Highway, House Terra Alta, D7 Mixco Zona 1-Guatemala.

105 Alberdi Rivarola Captain, CP-2060. Luque City- Paraguay.

Distrito YongHe, Zhongxin, calle 69. Taipei-Taiwán.

# Revista de Ingeniería Civil

“Estudio del comportamiento de muros de mampostería confinada mediante modelos numéricos”

**CORTÉS-NIÑO, Ángel**

*Universidad Autónoma de Guerrero*

“Estudio de mortero experimental fabricado con polvo producto de trituración y cemento portland compuesto”

**GARCIA-MORA, Raymundo, CUEVAS-SANDOVAL, Alfredo, BARRAGAN-TRINIDAD, Raziél y GODINEZ-JAIMES, Flaviano**

*Universidad Autónoma de Guerrero*

“Cálculo analítico de la resistencia última de muros de mampostería confinada”

**GODÍNEZ-BALTAZAR, Víctor Manuel & SÁNCHEZ-TIZAPA, Sulpicio**

*Universidad Autónoma de Guerrero*

“Estado físico de la infraestructura educativa de la Universidad Autónoma de Guerrero después de los sismos del 2017”

**RAYO-MENDOZA, Marco Antonio, RAYO-MENDOZA, Bonifacio y DELGADO-DE LA TORRE, Daniel**

*Universidad Autónoma de Guerrero*

