

# Ava Cient

Instituto Tecnológico de Chetumal

Formación Integral, Científica, Tecnológica y Humanista

2019

Año 4 Núm. 2 Vol. VII

JULIO-DICIEMBRE

ISSN: 2594-018X

Órgano Informativo de Difusión Científica, Tecnológica, Académica e Innovación

## CONSTRUCCIÓN Y SUSTENTABILIDAD



## RETOS DE LA CONSTRUCCIÓN EN EL SIGLO XXI

latindex

LatinREV  
Revistas de Investigación Científica y Social

Actualidad  
Iberoamericana

BASE

EBSCOhost

LivRe  
Revistas de Libre acceso

PERIÓDICA  
Revista de Investigación Científica y Social

MIAR  
Matriz de Información para el  
Análisis de Revistas

DRJI  
Directory of Research Journals Indexing

EDICIÓN ESPECIAL



EDUCACIÓN  
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA

TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

Revista Impresa



## **Enfoque y alcance:**

La Revista AvaCient editada por el Tecnológico Nacional de México, tiene por interés, proporcionar a los investigadores, docentes, alumnos y público interesado, un medio para publicar los resultados de investigaciones científicas, tecnológicas y documentales, afines a la arquitectura, ingeniería eléctrica y electrónica, ingeniería en química y biología, ingeniería en sistemas computacionales e informáticas, ingeniería en ciencias de la tierra, a las ciencias económico-administrativas, docencia y a las ciencias naturales.

El contenido de los artículos es estrictamente original, de carácter inédito, es importante y claro, a su vez, es pertinente para el área de interés de la revista.

El ISSN 2594-018X, es impreso, de cobertura nacional. Los artículos se publican en español o en inglés. Frecuencia de publicación: Semestral.

AvaCient incluye temáticas multidisciplinarias, relacionadas con la ingeniería: bioquímica, civil, eléctrica, sistemas computacionales, tecnologías de la información y comunicaciones, así como los temas relacionados con la arquitectura, biología, docencia y las ciencias económico administrativas.

## **Políticas de selección:**

Tipos de manuscritos a considerar su publicación:

Artículo de investigación científica y/o tecnológica. Es un documento en donde su objetivo principal es dar a conocer de manera evidente y concreta los resultados originales de una investigación efectuada sobre un tema específico. Es la culminación de la presentación de un documento elaborado con un pensamiento crítico y analítico, considerando una extensión hasta de 20 cuartillas.

Artículo de investigación documental. La investigación documental es un proceso científico, sistemático y de búsqueda, recopilación, organización, análisis y comprensión de información en torno a un tema específico. Como toda investigación debe de estar orientada a la generación del conocimiento, que implica la descripción y cuantificación de un problema específico, con una extensión máxima de 20 cuartillas.

Artículo de divulgación. El objetivo primordial de este tipo de documento es hacer llegar información fidedigna sobre cualquier tema en general para el público en general. Esta temática deberá dirigir sus esfuerzos en adaptar el lenguaje especializado a la comunicación coloquial, máximo 10 cuartillas.

Resumen de tesis. Este documento deberá contener título de trabajo o proyecto, el lugar donde se realizó, el nombre del autor, periodo y el año en que se realizó, así como la institución en donde se desarrolló. Máximo dos cuartillas, con una antigüedad de hasta dos años a la fecha de sometimiento.

El mismo artículo no debe ser enviado simultáneamente a otras revistas o congresos para su aceptación y/o divulgación impresa, electrónica o por cualquier otro medio.

Para mayor detalles y especificaciones consultar la guía para autores.

## **Proceso de revisión:**

Las publicaciones de los artículos son sometidas a revisión por un comité de arbitraje, el proceso de evaluación del artículo guardará estrictamente el anonimato, utilizando el sistema doble ciego y el contenido es responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación.

Tiempo estimado para la evaluación:

Con el objetivo de garantizar un correcto y riguroso proceso de evaluación en cada una de sus fases, se estima un promedio de entrega de dictámenes de 90 días. Se garantiza una comunicación constante y asertiva sobre el envío y avances del proceso editorial.

AvaCient mantiene una convocatoria abierta durante todo el año para la recepción de artículos, con cierres semestrales para la selección de documentos por edición. El autor(es) entiende que el hecho de someter su artículo a la revista no genera ningún tipo de compromiso de publicación hasta surtir con éxito todo el proceso editorial.

## Indización:

AvaCient, cuenta con los siguientes índices:



## Código de ética:

Véase el apartado respectivo en las siguientes páginas, declaratoria de ética y buenas prácticas, AvaCient previene el plagio y las prácticas de publicaciones depredadoras. Para ello, presenta la declaratoria de ética editorial que se fundamenta en los principios establecidas por el *Committee on Publication Ethics (COPE)*.

## Política de acceso abierto:

La Revista AvaCient es de acceso abierto y no cobra por el envío de los artículos, el proceso editorial y la publicación. Puede ser consultada libremente, sin requerimiento de registro, suscripción o pago. Se permite al autor y a terceros leer, descargar, copiar, reproducir, distribuir, comunicar y crear a partir del artículo, siempre y cuando se atribuya el crédito al autor(es), se reconozca la publicación inicial en la Revista Avacient y sea para fines no comerciales. Provee acceso libre a su contenido bajo el principio de hacer disponible gratuitamente la investigación al público, lo cual fomenta un mayor intercambio de conocimiento global.

## Contacto:

Tecnológico Nacional de México  
Instituto Tecnológico de Chetumal  
Tel: 9838322330, 9838321019  
Email: [avacient@itchetumal.edu.mx](mailto:avacient@itchetumal.edu.mx)

Disponible en Internet:

<http://www.itchetumal.edu.mx/avacient/index.php/revista/index>

## **Directorio**

Tecnológico Nacional de México  
Director General  
Dr. Enrique Fernández Fassnacht  
Instituto Tecnológico de Chetumal  
Director  
Ing. Mario Vicente González Robles  
Subdirectora Académica  
M.T.I. María de los Ángeles Navarrete Marneou  
Subdirector de Planeación y Vinculación  
Dr. Manuel Alfredo Pech Palacio  
Subdirector de Servicios Administrativos  
Ing. Rafael Olvera Rodríguez

## **Consejo Editorial**

Subdirector de Planeación y Vinculación  
(TecNM/ITChetumal)  
Dr. Manuel Alfredo Pech Palacio  
Jefe del Depto. de Comunicación y Difusión  
(TecNM/ITChetumal)  
Mtro. José Pedro Villalobos Puga  
Jefe del Centro de Información (TecNM/ITChetumal)  
Lic. Esteban Magaña Pérez  
Jefa de la División de Estudios Profesionales  
(TecNM/ITChetumal)  
Mtra. Raquel Ivet Saavedra Vargas  
Jefe de la División de Estudios de Posgrado e Investigación  
(TecNM/ITChetumal)  
Dra. Alicia Carrillo Basto  
Jefe del Departamento de Recursos Materiales y Servicios  
(TecNM/ITChetumal)  
Ing. Abelardo Villar Mex  
Editor (TecNM/ITChetumal)  
Dr. Robert Beltrán López

AVACIENT, Año 4, Núm.2, Vol.VII, JULIO-DICIEMBRE 2019, es una revista semestral, publicada y editada por el Tecnológico Nacional de México dependiente de la Secretaría de Educación Pública, a través del Instituto Tecnológico de Chetumal, Arcos de Belén Núm 79, piso 3, Colonia Centro, Delegación Cuauhtémoc, C.P. 06010, Ciudad de México, Tel. 5536011000 Ext. 65064, d\_vinculacion05@tecnm.mx, Editor Dr. Robert Beltrán López. Reserva de derechos al uso exclusivo No. 04-2016-111018275600-102, ISSN: 2594-018X, ambos son otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor.

Responsable de la última actualización de este número Dr. Robert Beltrán López, Editor, Instituto Tecnológico de Chetumal, Av. Insurgentes Núm. 330 esquina Andrés Quintana Roo, Colonia David Gustavo Gutiérrez, C.P. 77013, Chetumal, Quintana Roo, Tel. 0198322330 y 0198321019. Fecha de término de impresión 3 de diciembre de 2019.

Objetivo de la revista, es proporcionar a los investigadores, docentes, alumnos y público interesado, un medio para publicar los resultados de investigaciones científicas, educativas, tecnológicas y documentales, afines a la arquitectura, ingeniería eléctrica y electrónica, ingeniería en química y biología, ingeniería en sistemas computacionales, ingeniería en ciencias de la tierra, a las ciencias económico-administrativas, docencia y a las ciencias naturales.

Las publicaciones de los artículos son sometidas a revisión por un comité de arbitraje, el proceso de evaluación del artículo guardará estrictamente el anonimato, utilizando el sistema doble ciego y el contenido es responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación.

El contenido de los artículos es estrictamente original, de carácter inédito, es importante y claro, a su vez, es pertinente para el área de interés de la revista.

AvaCient provee acceso libre inmediato a su contenido bajo el principio de que hacer disponible gratuitamente la investigación al público, lo cual fomenta un mayor intercambio de conocimiento global e impide la obsolescencia del conocimiento. Sin embargo, cada autor podrá efectuar el archivo de sus trabajos por iniciativa propia a través de repositorios institucionales, colectivos o temáticos. La revista apoya las iniciativas de acceso abierto.

Queda autorizada la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación, a condición de que se cite la fuente completa y se incorpore un enlace <http://itchetumal.edu.mx/avacient/index.php/revista/index>

La indización está a cargo de: LATINDEX, con folio 14107, EBSCO Host, Revistas de Livre Acesso, LatinREV, Actualidad Iberoamericana, BASE (Bielefeld Academic Search Engine), PERIODICA, MIAR, DRJI.

Soporte técnico: Mtro. José Luis Moctezuma Tejeda. Cel. 2291521713. [jmoctezuma@itchetumal.edu.mx](mailto:jmoctezuma@itchetumal.edu.mx)  
Diseño de portadas por Luis Castillo. Cel. 9831363671. [zluis29@hotmail.com](mailto:zluis29@hotmail.com)  
Corrección y estilo por Yennifer M. Lizama Juárez, Claudia I. Flores Lucas, Jader de J. Quintana Monroy.  
Se reconoce los créditos de la fotografía utilizada para la portada y contraportada a Raciél Manríquez.

## Declaratoria de ética de publicación y buenas prácticas

AvaCient previene el plagio y las prácticas de publicaciones depredadoras. Para ello, presenta la declaratoria de ética editorial que se fundamenta en los principios establecidas por el *Committee on Publication Ethics (COPE)*:

### Responsabilidades del Comité Editorial

- La descripción de los procesos de revisión por pares es definido y dado a conocer por el Comité Editorial con el fin de que los autores conozcan cuáles son los criterios de evaluación. El Comité Editorial está siempre dispuesto a justificar cualquier controversia en el proceso de evaluación.

### Responsabilidades del Editor

- El editor se responsabiliza por todo lo publicado en la revista, esforzándose por satisfacer las necesidades de los lectores y autores; por mejorar constantemente la revista; por asegurar la calidad del material que publica; por impulsar los estándares académicos y científicos.
- La decisión del editor de aceptar o rechazar un texto para su publicación estará basada únicamente en la importancia del artículo, la originalidad, la claridad y la pertinencia que éste represente para la revista.
- El editor se compromete a garantizar la confidencialidad del proceso de evaluación, no podrá revelar a los revisores la identidad de los autores. Tampoco podrá revelar la identidad de los revisores 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 dictamen.
- El editor evalúa 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.

### Responsabilidades de los autores

- Los autores deben garantizar que sus manuscritos son producto de su trabajo original y que los datos han sido obtenidos de manera ética. Además, deben garantizar que sus trabajos no han sido previamente publicados o que no están siendo considerados en otra publicación. Se considerará un trabajo como previamente publicado cuando ocurra cualquiera de las siguientes situaciones:
  1. Cuando el texto completo haya sido publicado.
  2. Cuando fragmentos extensos de materiales previamente publicados formen parte del texto enviado a la Revista y no existan cambios sustanciales en las aportaciones del mismo.
  3. Cuando el trabajo sometido a la Revista esté contenido en memorias publicadas in extenso.
  4. Estos criterios se refieren a publicaciones previas en forma impresa o electrónica, y en cualquier idioma.
- Para la publicación de sus trabajos, los autores deben seguir estrictamente la guía para autores definida en la Revista.
- Los autores de los artículos deben presentar una descripción precisa de la investigación realizada, así como una discusión objetiva de su importancia. Un documento debe contener suficiente detalle y referencias para permitir a otros utilizar el trabajo. Declaraciones fraudulentas o deliberadamente inexactas constituyen un comportamiento poco ético y son inaceptables.
- Los autores deben garantizar que han escrito en su totalidad las obras originales, y si los autores han utilizado el trabajo y/o palabras de otro(s) tiene(n) que ser debidamente citado(s). 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.
- Un autor no debería, en general, publicar artículos que describen esencialmente la misma investigación en más de una revista o publicación primaria. La presentación del mismo manuscrito a más de una revista constituye un comportamiento poco ético y la publicación es inaceptable.
- Se deben de reconocer las fuentes adecuadamente. Los autores deben citar las publicaciones que han sido influyentes en la naturaleza del trabajo presentado.
- La autoría debe limitarse a aquellos que han hecho una contribución significativa a la concepción, diseño, ejecución o interpretación del estudio. Todos aquellos que han hecho contribuciones significativas deben aparecer como co-autores. El o los autores principales deben asegurar que todos los co-autores se incluyen en el artículo, y que todos han visto y aprobado la versión final del documento y han acordado su presentación para su publicación desde el principio del proceso.
- Todos los autores deben revelar en su manuscrito cualquier conflicto financiero o de otro tipo que pudiera influir en los resultados o interpretación de su manuscrito. Todas las fuentes de apoyo financiero para el proyecto deben ser revelados.

### Responsabilidades de los revisores

- Los revisores 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 manuscritos que evalúan.
- Para la revisión de los trabajos, los revisores deben contar con las normas para realizar esta tarea. Dichas normas deben ser proporcionadas por la Revista y son las que deben de considerar para la evaluación.
- Todo revisor seleccionado debe notificar en el tiempo establecido al editor de la Revista si está calificado para llevar a cabo la revisión del trabajo o si no está en la posibilidad de hacerlo.
- Cualquier manuscrito recibido para su revisión debe ser tratado como documento confidencial. No se debe mostrar o discutir con otros expertos, excepto con autorización del editor.
- Los revisores se deben conducir de manera objetiva. Toda crítica personal al autor es inapropiada. Los revisores deben expresar sus puntos de vista con claridad y con argumentos válidos.

Ante este panorama, AvaCient tiene la intención de adherirse a estándares éticos. Con el propósito de orientar a los autores, revisores y editores en el desempeño de sus funciones.

## Comité Editorial Científico

Árbitros participando en este ejemplar.

Proveniente de diferentes Universidades e Instituciones de Educación Superior de México, Perú.

### **Instituto Tecnológico de Chetumal (México)**

*Dr. Julio César Cruz Argüello*  
*Dr. Luis Felipe Jiménez Torrez*  
*Dr. Salvador Felipe Espinet Vázquez*  
*Dr. Leopoldo Querubin Cutz Pool*  
*Dra. Alicia Carrillo Bastos*  
*Mtra. María Josefina Aguilar Leo*  
*Dr. Eustacio Díaz Rodríguez*  
*Mtra. Luz María González Barragán*  
*Dr. Robert Beltrán López*  
*Mtra. Blandy Berenice Pamplona Solís*  
*Dr. Ricardo Enrique Vega Azamar*  
*Dr. José Antonio Domínguez Lepe*  
*Dra. Herlinda del Socorro Silva Poot*

### **Universidad de Quintana Roo (México)**

*Dr. Edgar Alfonso Sansores Guerrero*  
*Dra. Juana Edith Navarrete Marneou*  
*Dra. Luz Margarita González López*  
*Dra. Yunitzilim Rodríguez Peraza*

### **Universidad Politécnica de Bacalar (México)**

*Mtra. María Antonia de los Ángeles Díaz Martín*

### **Universidad Autónoma de Sinaloa (México)**

*Dra. Ana María López Carmona*

### **Universidad Autónoma de Aguascalientes (México)**

*Dr. Miguel Ángel Oropeza Tagle*

### **Universidad Intercultural Maya de Quintana Roo (México)**

*Dra. Valeria Betzabé Cuevas Albarrán*

### **Instituto Tecnológico Superior de San Martín Texmelucan (México)**

*Dra. Esmeralda Aguilar Pérez*

### **Universidad de Piura (Perú)**

*Dr. Luis Gerardo Gómez Jacinto*

### **Instituto Tecnológico de Comitán (México)**

*Dr. Francisco Gabriel Yáñez Domínguez*

### **Universidad Autónoma de Yucatán (México)**

*Dra. Elizabeth del Rosario Vázquez Borges*

### **Instituto Tecnológico de Iguala (México)**

*Mtro. Sergio Ricardo Zagal Barrera*

### **Instituto Politécnico Nacional (México)**

*Dra. Erika Cassio Madrazo*

### **Universidad Autónoma de Tlaxcala (México)**

*Dra. María Mercedes Rodríguez Palma*

### **Universidad del Mar (México)**

*Dr. Eduardo Jiménez Hidalgo*

### **Instituto Tecnológico de Boca del Río (México)**

*Dra. Itzel Galaviz Villa*

### **Universidad de Guadalajara (México)**

*Dr. Rogelio Rivera Fernández*  
*Dr. Francisco Javier Moscoso Sánchez*  
*Dra. Adriana Hernández García*

### **Universidad del Valle de Atemajac (México)**

*Dr. Evelio Gerónimo Bautista*

### **Ecosur (México)**

*Dra. Carla Beatriz Zamora Lomeli*

### **Conacyt (México)**

*Dra. Mayra Polett Gurrola*  
*Dra. Danna Lizeth Trejo Arroyo*  
*Dr. Zakaryaa Zarhri*

### **Instituto Tecnológico Superior de Coatzacoalcos (México)**

*Mtra. Karla Margarita Castilla Acosta*

### **Instituto Tecnológico Superior de Ciudad Hidalgo (México)**

*Mtra. Susana Reyes Vázquez*

### **Universidad ESAN (Perú)**

*Dr. Edmundo R. Lizarzaburu Bolaños*

### **Universidad del Caribe (México)**

*Dr. Miguel Ángel Olivares Urbina*

Revista Científica Multidisciplinaria

<http://www.itchetumal.edu.mx/avacient/index.php/revista>

## **Presentación del Número Especial**

En el marco de la celebración del decimotercer aniversario de la Maestría en Construcción del Instituto Tecnológico de Chetumal, se llevó a cabo, del 2 al 4 de octubre de 2019, el Segundo Congreso Nacional de Construcción Sustentable.

El Congreso tuvo como eje articulador la revisión de las principales corrientes de trabajo, tendencias y prácticas actuales en materia de construcción sustentable y áreas del conocimiento afines, partiendo del hecho de que la industria de la construcción es, a la vez, motor de la economía, promotora de bienestar social, consumidora de recursos y generadora de impactos ambientales. Como era de esperarse, una vez más, la tecnología y la innovación estuvieron al centro de la discusión como herramientas clave para alcanzar las metas, y buscar el balance, en los tres componentes del desarrollo sustentable: lo social, lo económico y lo ambiental.

Las tres grandes líneas temáticas del Congreso fueron la administración de la construcción, las tecnologías de la construcción y los materiales constructivos innovadores. Fueron también bienvenidos trabajos relacionados con la evaluación de la sustentabilidad en disciplinas afines y complementarias a la construcción sustentable. Específicamente, se abordaron temáticas relacionadas con materiales (alternativos, micro y nanomateriales, materiales energéticamente eficientes), tecnología y durabilidad del concreto, sistemas constructivos sustentables, gestión de la construcción, manejo integral de residuos de la construcción y demolición, metodologías de evaluación de la sustentabilidad, confort y desempeño térmico, eficiencia energética, energías renovables y huella de carbono, entre otras.

En total, se presentaron 34 ponencias orales, 19 de ellas *in extenso* correspondientes a este número especial de AvaCient, 15 trabajos bajo la modalidad de póster y se impartieron 5 conferencias magistrales con la participación de conferencistas provenientes de la Universidad Autónoma de Nuevo León, el Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey, el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, la Universidad Autónoma de Campeche y la empresa estadounidense de servicios de administración de la construcción Archer Western.

El Segundo Congreso Nacional de Construcción Sustentable es resultado del trabajo que día con día se lleva a cabo en el Instituto Tecnológico de Chetumal, reflejo de la colaboración de toda la comunidad del Instituto; para toda ella, vaya nuestro más sincero reconocimiento.

**Ricardo Enrique Vega Azamar**

Coordinador del Número Especial

## Tabla de contenido

Presentación de la revista.

Directorio y cintillo.

Declaratoria de ética de publicación y buenas prácticas.

Comité editorial científico.

- 1. Panel de cemento adicionado con fibras de polipropileno y resina de poliéster.** Edgard David Saavedra López. José Antonio Domínguez Lepe. Julio César Cruz Argüello. Danna Lizeth Trejo Arroyo. **01**
- 2. Calidad de aire interior en ambientes cerrados, caso de estudio: Instituto Tecnológico de Chetumal.** Iván Alexander Wong González. Gabriela Rosas Correa. Ricardo E. Vega Azamar. Laura Isabel Guarneros Urbina. **11**
- 3. Costo-beneficio de la seguridad laboral durante la construcción de vivienda masiva.** Diana Salvador López. Patsi Yam Canul. Luis Felipe Jiménez Torrez. Maritza Chan Juárez. **21**
- 4. Obtención de CaCO<sub>3</sub> con *Bacillus subtilis* para la fabricación de concreto autorreparable.** Juan Andrés Cuadros Portales. Gerardo de J. Sosa Santillán. Felipe Ávalos Belmontes. Elia Martha Múzquiz Ramos. **29**
- 5. Acciones urbanas para la mitigación de riesgos por fenómenos meteorológicos en Chetumal.** Rafael Rosas Monroy, Gabriela Rosas Correa. Herlinda del Socorro Silva Poot. **39**
- 6. Sulfatos en agua subterránea de la zona baja en Chetumal, Quintana Roo.** Teodoro Beutelspacher García. **51**
- 7. Diseño de muros y fachadas prefabricadas con residuos construcción y demolición.** Arturo Galván Higuera. **61**
- 8. Suceptibilidad a la corrosión localizada del acero inoxidable austenítico AISI 321 soldado.** Rafael García Hernández. Paulina López Eligio. Víctor Hugo López Morelos. **75**
- 9. Propiedades físico-mecánicas del concreto con sustitución parcial de ceniza de bagazo de caña de azúcar.** Dianely Yazuri Chulim Tec. Alberto Yeladaqui Tello. Danna Lizeth Trejo Arroyo. **87**
- 10. Dialéctica entre la vivienda rural y el medio ambiente. Q. Roo, México.** Clara Sugedydi Torres Uicab. **95**
- 11. Mortero arquitectónico a base de resina del árbol de Chukum.** Ariadne Guadalupe Ordóñez Melken. Claudia Beatriz Rodríguez Poot. Jesús Armando Gómez Pinzón. Nínive Margely Navarrete Canto. **107**
- 12. Caracterización de agregados calizos para la elaboración de concreto en Valladolid, Yucatán.** Lucila Guadalupe Aguilar Rivero. Diana Aracelly Loria Arjona. Suyen Gandhi Kauil Uc. **115**
- 13. Caracterización físico-química y mecánica del material calizo utilizado en el Sureste Mexicano.** Karen Estefany Acosta Guzmán. Danna L. Trejo-Arroyo. Julio César Cruz Argüello. Alberto Yeladaqui Tello. **125**
- 14. Microestructura y propiedades mecánicas de una junta soldada de placas bicapa API X60/316L.** Blanca Anilú Pichardo Álvarez. Víctor Hugo López Morelos. Rafael García Hernández. Melchor Salazar Martínez. **135**
- 15. Fabricación y caracterización de compuestos de policaprolactona-biovidrio.** Ana Beatriz Martínez Valencia. Luis Ernesto Ceja Martínez. Gerorgina Carbajal De la Torre. Marco A. Espinosa Medina. **147**

*El contenido de los artículos es estrictamente original, de carácter inédito, es importante y claro, a su vez, es pertinente para el área de interés de AvaCient. Los artículos pasan por un arbitraje doble ciego.*



**16. Gestión de residuos de construcción y demolición en obras de edificación.** Jonathan De Dios Frías. José Antonio Domínguez Lepe. Luis Felipe Jiménez Torrez. Maritza Chan Juárez. **155**

**17. Comportamiento aerodinámico de la Casa-Maya mediante la dinámica de fluidos computacional.** Víctor Antonio Chulin Tec. Cleotilde Herrarte. Dianelly Yazuri Chulim Tec. **167**

**18. Sistema EIFS en muros de block y morteros elaborados con PET pulverizado.** Elves Cabrera Contreras. Claudia Beatriz Rodríguez Poot. Jesús Armando Gómez Pinzón. José Ramón Ortiz Gómez. **181**

**19. Diagnóstico del déficit de infraestructura urbana y viabilidad económica para resarcir la demanda en Bacalar.** Angel Gabriel Puc Aguilar, Ninive Margely Navarrete Canto. Ricardo Enrique Vega Azamar. Roberto Mena Rivero. **189**

Guía para autores.

## PANEL DE CEMENTO ADICIONADO CON FIBRAS DE POLIPROPILENO Y RESINA DE POLIÉSTER

Edgard David Saavedra López<sup>1</sup>, José Antonio Domínguez Lepe<sup>2</sup>,  
Julio César Cruz Argüello<sup>3</sup>, Danna Lizeth Trejo Arroyo<sup>4</sup>

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

Recibido: 13/06/2019      Aceptado: 20/09/2019      Publicado: 03/12/2019

**Resumen.-** En este trabajo se expone el desarrollo y evaluación de un panel ligero compuesto de la mezcla de un mortero de cemento hidráulico como conglomerante para conformar la pasta con el agregado fino, adicionando fibras de polipropileno y resina de poliéster insaturado para actuar como refuerzos. Teniendo como resultado una innovación al estado de la técnica, ya que se espera que el panel propuesto sea resistente a pruebas físico-mecánicas. Se muestran los procesos de acopio de materiales, caracterización de agregado fino, optimización de los proporcionamientos, fabricación del panel y pruebas físico-mecánicas, comparándolo contra un panel de cemento de características similares en el mercado. Las experiencias y resultados obtenidos denotan un impacto positivo en el ámbito técnico.

**Palabras clave:** panel ligero; innovación; resistente; físico-mecánicas.

## CEMENT PANEL ADDITIONED WITH POLYPROPYLENE FIBERS AND POLYESTER RESIN

**Abstract.-** In this research, the development and evaluation of a lightweight panel composed by a mix of hydraulic cement mortar as a binder to form the paste with the fine aggregate, adding polypropylene fibers and unsaturated polyester resin to act as reinforcements. Resulting in an innovation to the state of the art, since the proposed panel is expected to be resistant to physic-mechanical tests. It shows the processes of material collection, fine aggregate characterization, optimization of the proportions, panel manufacturing and mechanical tests, comparing it against a cement panel with similar characteristics in the market. The experiences and results obtained show a positive impact in the technical scope.

**Keywords:** light panel; innovation; resistant; physical-mechanical.

### Introducción.

En esta investigación se expone la evaluación de un elemento compuesto como lo es el panel, que resulta de la mezcla de un mortero de cemento hidráulico con la adición de fibras de polipropileno y resina de poliéster insaturado.

Los paneles son elementos prefabricados limitados por molduras o fajas hechos a base de materiales como el cemento, acero, yeso, madera, aluminio y polímeros, usados para la división de espacios, suspensión, fachadas y cubiertas en edificaciones. Se clasifican según su peso; en ligeros cuando es inferior a 30 kg, destinados a ser colocados en forma manual por uno o dos operarios; semipesados cuando es inferior a 500 kg, destinados a ser colocados por medios mecánicos simples usando poleas, palancas, malacates y barretas; y pesados cuando es superior a 500 kg destinados a ser colocados con maquinaria pesada como por ejemplo el uso de grúas. El panel a evaluar está clasificado como ligero en donde la relación entre superficie y grosor es significativa.

Los materiales que constituirán el panel, son el cemento hidráulico como conglomerante para conformar la pasta con el agregado fino, adicionando fibras de polipropileno y resina de poliéster insaturado para actuar como refuerzos, esto es con la intención, de cumplir con las características físico-mecánicas de acuerdo a normatividad internacional, proponiendo una alternativa técnicamente igual o mejor en la industria de la construcción en el país de México.

1. Édgar David Saavedra López. Docente de la Carrera de Ingeniería Civil del Instituto Tecnológico de Chetumal. Tecnológico Nacional de México/I. T. Chetumal, [edsl\\_mx@hotmail.com](mailto:edsl_mx@hotmail.com) (Autor correspondiente)
2. José Antonio Domínguez Lepe. Profesor-Investigador del Instituto Tecnológico de Chetumal. Tecnológico Nacional de México/I. T. Chetumal
3. Julio César Cruz Argüello. Profesor-Investigador del Instituto Tecnológico de Chetumal. Tecnológico Nacional de México/I. T. Chetumal
4. Danna Lizeth Trejo Arroyo. Cátedra Conacyt - Tecnológico Nacional de México/I. T. Chetumal

## Materiales y métodos.

### *Acopio de materiales.*

En esta fase se procedió a coleccionar la materia prima en una tienda de materiales y una tienda de fabricación de materiales compuestos y plástico reforzado, adquiriendo un saco de 50 kg de cemento hidráulico, un saco de agregado fino, una bolsa de 600 gr de fibras de polipropileno, 20 kg de resina de poliéster insaturado y un panel de cemento de 1.22 x 2.44 m.



Figura 1. Materiales.

### *Caracterización del agregado fino.*

Los agregados finos de la región provienen de piedra caliza triturada, siendo la mayoría de sus partículas menores que 5 mm. Los agregados finos deben cumplir ciertas reglas para darles un uso ingenieril óptimo: deben consistir en partículas durables, limpias, duras, resistentes y libres de productos químicos absorbidos, recubrimientos de arcilla y de otros materiales finos que pudieran afectar la hidratación y la adherencia de la pasta de cemento. Para la caracterización del agregado fino como componente del panel se toma de base la Norma ASTM C33, realizando las siguientes pruebas: granulometría de los agregados finos, peso volumétrico seco y suelto, peso volumétrico seco y compacto, absorción y humedad.



Figura 2. Caracterización del agregado fino.

### *Determinación del proporcionamiento de los materiales para las muestras.*

En base a revisión de la literatura se tenía definido que proporcionamiento utilizar (cemento –agregado fino - agua 1:1:1/2, fibra de polipropileno 0.5 - 1.5% y resina de poliéster insaturado 10 - 20%), sin embargo; al realizar muestras con estas variables dieron resultados insatisfactorios en la conformación del panel.



Figura 3. Muestra insatisfactoria.

Por tanto, se elaboran pruebas piloto con otras proporciones (cemento –agregado fino - agua 5:1:1/4, fibra de polipropileno 0.5 - 1.5% y resina de poliéster insaturado 30 - 40%) para verificar si lo descrito en las publicaciones es acorde a los resultados que se desean obtener ya que el elemento de estudio es innovador. Dando resultados satisfactorios en la conformación del panel.

### *Fabricación de moldes para las muestras.*

Se realizan moldes para el diseño experimental a base de soleras de acero con una sección de 1 1/4" x 1/4" con una base de cristal de 6 mm de espesor y una hoja de acetato, las medidas para la prueba de flexión de 60 cm de longitud por 15 cm de ancho y un 0.635 cm de espesor, y para las otras pruebas con moldes de 20 cm de longitud por 20 cm de ancho y un 0.635 cm de espesor.



Figura 4. Moldes para las muestras.

*Fabricación de muestras.*

El proceso de fabricación de las muestras consistió en pesar cada uno de los materiales de acuerdo a las proporciones, mezclar los materiales buscando obtener una mezcla uniforme, preparar el molde añadiendo desmoldante en las paredes del molde para que al contacto con la mezcla posterior a su fraguado pudiera desprenderse con facilidad y eficiencia del proceso de producción, verter la mezcla, para posteriormente dejar secar a temperatura ambiente por un lapso de 1 hora hasta obtener rigidez, ya habiéndose obtenido la muestra se procede a descimbrar.



Figura 5. Fabricación de muestras del panel de cemento.

Asimismo, se corta con rehilete el panel comercial de cemento adquirido para comparar con panel fabricado en medidas de 60 cm de longitud por 15 cm de ancho por 1.27 cm de espesor, 5 cm por lado por 1.27 cm de espesor y de 20 cm por lado por 1.27 cm de espesor.



Figura 6. Corte del panel comercial de cemento.

### *Curado de muestras.*

El curado es un proceso en el cual cada muestra se expone al ambiente en un lapso de tiempo de 28 días consecutivos con el fin de realizar posteriormente las pruebas físico-mecánicas.



Figura 7. Curado de muestras del panel de cemento.

### *Pruebas físico-mecánicas.*

Para la realización de las pruebas se consideran cinco variables independientes, entre las cuales, cuatro corresponden a proporciones para la fabricación del panel de cemento y una corresponde a panel de cemento comercial con la intención de comparar los resultados. Las pruebas que se realizan son:

- Densidad ASTM C-138, esta prueba cubre la relación entre el peso del material y el volumen ocupado por el mismo, expresado en  $\text{kg}/\text{m}^3$ , así mismo, se considera el peso de cada muestra en kg.
- Absorción de agua ASTM C-140, esta prueba permite la determinación del porcentaje de absorción del elemento compuesto. El valor de absorción brinda una idea de la cantidad de agua que absorbe la unidad.
- Compresión ASTM C-109, esta prueba cubre la determinación de la resistencia a la compresión, utilizando especímenes cúbicos de 5 cm de lado, expresado en  $\text{kg}/\text{cm}^2$ .
- Flexión ASTM E-72, esta prueba cubre la determinación de la resistencia a la flexión en paneles livianos, la carga se aplica en dos puntos a los cuartos de longitud del espécimen y se miden deformaciones en el centro, el ensayo se realiza con el espécimen en posición horizontal, las unidades se expresan para los esfuerzos en  $\text{kg}/\text{cm}^2$ .

Se analizarán los resultados de cada prueba de flexión, absorción de agua, humedad relativa, temperatura, resistencia a la radiación y peso volumétrico, para conocer las propiedades del panel y así ver si cumple con los parámetros de acuerdo a normatividad.

### **Resultados.**

A continuación se describen los resultados mediante figuras.

*Densidad y peso.*



Figura 8. Densidad y peso de los paneles.

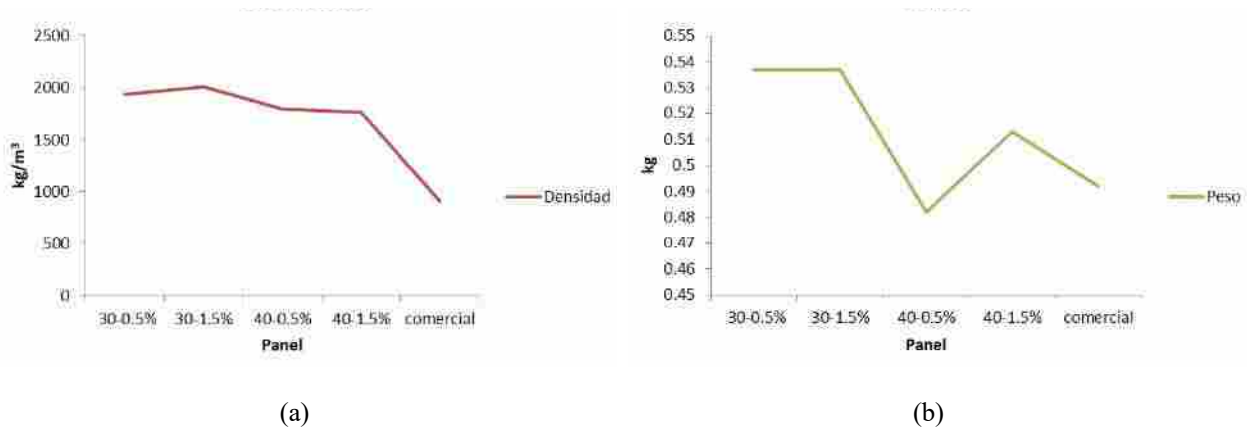


Figura 9. (a) Diagrama de densidad de los paneles; (b) Diagrama de peso de los paneles.

Analizando los resultados de densidad del panel de cemento en diversas proporciones, se tiene que hay mayor densidad en ellos con respecto al panel comercial, sin embargo, comparándolo por pieza es similar el peso ya que se considera un menor espesor en él.

*Absorción de agua.*

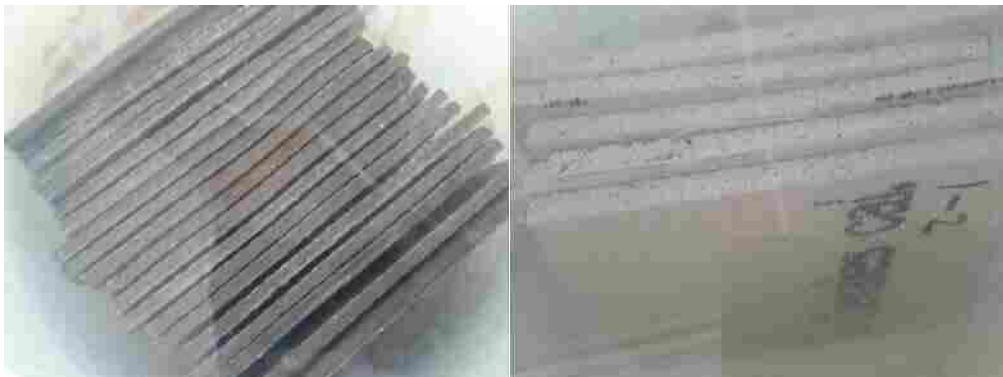


Figura 10. Absorción de agua de los paneles.

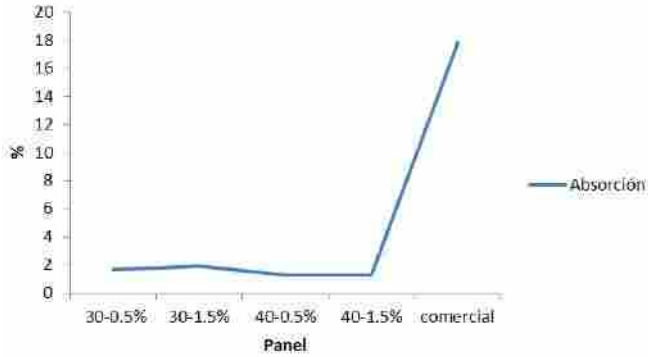


Figura 11. Diagrama de absorción de agua de los paneles.

Estudiando los resultados de absorción del panel de cemento en diversas proporciones, se determina que se obtuvo una absorción casi nula en ellos (1 a 2%). En cambio en el panel comercial se obtuvo una absorción muy grande (17 a 18%), comparándolos hay una diferencia muy grande en esta prueba.

*Compresión.*



Figura 12. Compresión de los paneles.

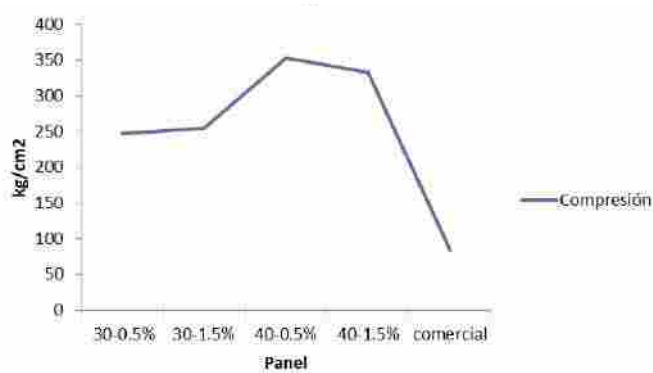


Figura 13. Diagrama de compresión de los paneles.



Observando los resultados de compresión del panel de cemento en diversas proporciones, se determina que se obtuvo un mayor esfuerzo a compresión cuando la proporción del panel es de 40-1.5% y 40-0.5%, alcanzando una resistencia promedio a compresión de 350.00 kg/cm<sup>2</sup>, mientras en las proporciones de 30-1.5% y 30-0.5%, se alcanza una resistencia promedio a compresión de 250 kg/cm<sup>2</sup>. En tanto el panel comercial una resistencia promedio a compresión muy pequeña de 85 kg/cm<sup>2</sup>, comparándolos hay una diferencia muy grande en esta prueba.

*Flexión.*



Figura 14. Flexión de los paneles.

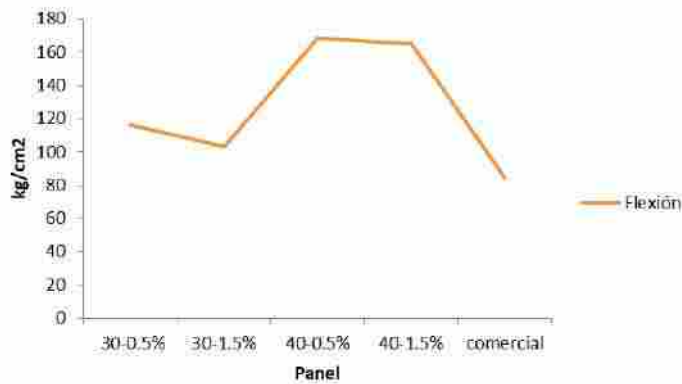


Figura 15. Diagrama de flexión de los paneles.

Revisando los resultados de flexión del panel de cemento en diversas proporciones, se determina que se obtuvo un mayor esfuerzo a flexión cuando la proporción del panel es de 40-1.5% y 40-0.5%, alcanzando una resistencia promedio a flexión de 165.00 kg/cm<sup>2</sup>, mientras en las proporciones de 30-1.5% y 30-0.5%, se alcanza una resistencia promedio a flexión de 110 kg/cm<sup>2</sup>. En tanto el panel comercial tiene una resistencia promedio a flexión es de 85 kg/cm<sup>2</sup>, comparándolos hay una diferencia muy grande en esta prueba.

## Discusión.

De acuerdo a los resultados obtenidos, se presenta la siguiente tabla para su discusión.

Tabla 1. Densidad, Peso, Absorción, Compresión y Flexión.

Pruebas	Unidad	Panel 30-0.5%	Panel 30-1.5%	Panel 40-0.5%	Panel 40-1.5%	Panel de cemento comercial
Densidad	kg/m <sup>3</sup>	1932.82	2004.92	1792.98	1763.85	906.56
Peso	gr/cm <sup>2</sup>	1.34	1.34	1.20	1.28	1.23
Absorción	%	1.67	1.94	1.28	1.30	17.90
Compresión	kg/cm <sup>2</sup>	246.88	254.08	353.36	332.88	84.56
Flexión	kg/cm <sup>2</sup>	116.10	103.03	168.59	164.81	84.30

Se establecen resultados satisfactorios en las propiedades físico-mecánicas especialmente en el panel de cemento –agregado fino - agua 5:1:1/4, fibra de polipropileno 0.5% y resina de poliéster insaturado 40%, con respecto a las demás proporciones consideradas y el panel de cemento comercial, siendo una alternativa más en el país de México, sin embargo, se requiere continuar con más estudios para valorar su competitividad con otros paneles y materiales en la construcción a nivel mundial.

## Conclusiones.

Con base a los resultados se concluye que las propiedades físico-mecánicas son satisfactorias, a continuación se mencionan:

Se logran las mejores propiedades físico-mecánicas en el panel de cemento –agregado fino - agua 5:1:1/4, fibra de polipropileno 0.5% y resina de poliéster insaturado 40%.

La densidad es mayor en el panel de cemento 40-0.5% con respecto al panel de cemento comercial, sin embargo, comparándolo por pieza es similar el peso ya que se considera un menor espesor.

La absorción de agua en el panel de cemento 40-0.5% es casi nula (1.28%), en cambio, en el panel de cemento comercial (17.90%) se adquiere una absorción muy grande, comparándolos hay una gran diferencia en esta prueba.

En el panel de cemento 40-0.5% se determina la resistencia a compresión de 353.36 kg/cm<sup>2</sup>, en tanto, el panel de cemento comercial la resistencia a compresión es de 85.56 kg/cm<sup>2</sup>, comparándolos hay una gran diferencia en esta prueba,

El esfuerzo a flexión del panel de cemento 40-0.5% es de 168.59 kg/cm<sup>2</sup>, en cambio, el panel de cemento comercial tiene una resistencia a flexión de 85 kg/cm<sup>2</sup>, comparándolos hay una gran diferencia en esta prueba.

Por tanto, el panel de cemento panel de cemento –agregado fino - agua 5:1:1/4, fibra de polipropileno 0.5% y resina de poliéster insaturado 40% es el óptimo de acuerdo a las otras proporciones elaboradas, además de que obtuvo resultados satisfactorios en peso, absorción, compresión y flexión con respecto al panel de cemento comercial.

## Bibliografía

K. Wu, D. Zhang, (2018). Cement-based composite materials, Composite Materials Engineering, 2, 489-529.

S. Gupta, H. W. Kua, S. D. Pang, (2017). Combination of polypropylene fibre and superabsorbent polymer to improve physical properties of cement mortar, Magazine of Concrete Research, 1-15.

M. M. Paul, P. Ravikumar, (2016). Review on development of polymer mortar composite, International Journal of Engineering Science and Computing, 6, 7945-7948.

Salahaldein Alsadey, (2016). Effect of polypropylene fiber on properties of mortar, *International Journal of Energy Science and Engineering*, 2, 8-12.

P. E. Matthey, R. A. Robayo, J. A. Torres, P. A. Ramos, (2015). Evaluación de las propiedades de ferrocemento con agregado fino reciclado, *S. Delvasto, Informador Técnico*, 79, 146-155.

C. Vázquez, A. Prieto, (2013). La fachada ventilada, *Cuadernillo, ARQ*, 84, 6-9.

M. D. Alba, M. Marrero, C. Leiva, M. V. Montes, L. Vilches, (2012). Empleo de paneles compuestos por subproductos de centrales térmicas en fachadas trasdosadas, *Informes de Construcción*, 64, 179-190.

A. Abdullah, S. B. Jamaludin, M. I. Anwar, M. M. Noor, K. Hussin, (2011), Assessment of physical and mechanical properties of cement panel influenced by treated and untreated coconut fiber addition, *Physics Procedia*, 22, 263-269.

J. A. Domínguez, D. Güemes, (2010), Fabricación y evaluación de paneles aplicables a la industria de la construcción a partir del reciclaje de envases multicapa (tetra brik), *Revista Académica de la FI-UADY*, 14, 191-195.

R. Kalyankar, (2009), Natural fiber reinforced structural insulated panels for panelized construction, *Tesis*, 0-72.

A. Vaidya, (2009), Lightweight composites for modular panelized construction, *Tesis*, 0-155.

J. Byung-Wan, P. Seung-Kook, P. Jong-Chil, (2008), Mechanical properties of polymer concrete made with recycled PET and recycled concrete aggregates, *Construction and Building Materials*, 22, 2281-2291.

A. Bentur and S. Mindess, (2006), Fibre reinforced cementitious Composites, *Libro*, 1-602.

F. Puertas, T. Amat, T. Vázquez, (2000), Comportamiento de morteros de cementos alcalinos reforzados con fibras acrílicas y de polipropileno, *Materiales de Construcción*, 50, 69-84.

Surendra P. Shah, Chengsheng Ouyang, (1991), Mechanical behavior of fiber-reinforced cement-based composites, *Journal Of The American Ceramic Society*, 74, 2727-2853.