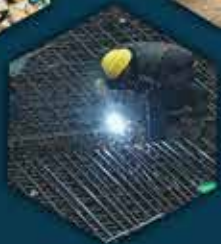


Vol. XI, N° 30 • Junio 2022

ISSN: 2007-6703



ESPACIO I+D, INNOVACIÓN MÁS DESARROLLO



Revista Digital de la
Universidad Autónoma de Chiapas
Indizada en los catálogos de **Latindex**, **BIBLAT**, **CLASE**,
SIC, **Actualidad Iberoamericana**, **REDIB**, **DOAJ** y **MIAR**.

ESPACIO I+D, INNOVACIÓN MÁS DESARROLLO

Junio 2022, Vol. XI, No. 30

Registrada en **Latindex, BIBLAT, CLASE, Actualidad Iberoamericana, Sistema de Información Cultural de la Secretaría de Cultura, REDIB, DOAJ y MIAR.**

Es una revista digital de divulgación científica y cultural de carácter multidisciplinario de la Universidad Autónoma de Chiapas (UNACH), cuenta con una periodicidad cuatrimestral y registro:

ISSN 2007-6703

Silvia E. Álvarez Arana
Editora Responsable

Gabriel Velázquez Toledo
Editor Ejecutivo

Joshep Fabian Coronel Gómez
Diseño Web y Editorial

Edgar Iván Besares Narcia
Área de recursos audiovisuales y divulgación

Héctor Daniel Niño Nieto
Desarrollador Web y Soporte Técnico Editorial

Lucía G. León Brandi
Directora fundadora (2012)

Ciudad Universitaria de la Universidad Autónoma de Chiapas.
Edificio D, Carretera Ejido Emiliano Zapata, Kilómetro 8, Tuxtla
Gutiérrez, Chiapas; México. C.p. 29000

www.espacioimasd.unach.mx

Contacto: espacioimasd@unach.mx

Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons.



Comité Editorial

Alexandra Mulino • Universidad Central de Venezuela
Alfredo Briones Aranda • Universidad Autónoma de Chiapas
Ana Almansa • Universidad de Málaga España
Antonio Durán Ruiz • Universidad Autónoma de Chiapas
Emilio Rodríguez Macayo • Universidad Autónoma de Chile
Flora Eugenia Salas Madriz • Universidad de Costa Rica
Gabriel Castañeda Nolasco • Universidad Autónoma de Chiapas
Gerardo Núñez Medina • Investigador del COLEF. Piedras Negras, Coahuila.
Jorge Velázquez Avendaño • Universidad Intercultural de Chiapas
Laura Xiomara Gutiérrez • Universidad Autónoma de Chiapas
Lilia González Velázquez • Universidad Autónoma de Chiapas
Lorenzo Franco Escamirosa Montalvo • Universidad Autónoma de Chiapas
Lucía Tello Peón • Universidad Autónoma de Yucatán
Manuel de Jesús Moguel Liévano • Universidad Autónoma de Chiapas
Martín Dagoberto Mundo Molina • Universidad Autónoma de Chiapas
Miguel Abud Archila • Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez. México
Ottmar Raúl Reyes López • Academia de Química y Biología en la UPIITA del IPN
Raúl Herrera González • Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. México
Sandra Isabel Ramírez González • Universidad Autónoma de Chiapas
Víctor Darío Cuervo Pinto • Instituto Politécnico Nacional-UPIITA
Segundo Jordán Orantes Albores • Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas

Asesor:

Orlando López Báez • Universidad Autónoma de Chiapas

Coordinación y gestión operativa

Lucía G. León Brandi • lucia.leon@unach.mx
Silvia E. Álvarez Arana • silvia.alvarez@unach.mx
Gabriel Velázquez Toledo • gabriel.toledo@unach.mx

Instructivo de publicación:

<https://www.espacioimasd.unach.mx/index.php/Inicio/Instrucciones>

ÍNDICE

Editorial	6
-----------	---

Artículos

Acceso a la justicia para las mujeres a través de la gestión de conflictos y la mediación	9
Proteínas 14-3-3 y enfermedades neurodegenerativas: una perspectiva desde la simulación computacional	23
Proyecto para el mejoramiento del hábitat en “El Encanto”, Tapachula, Chiapas. Contexto histórico y regional	34
Diseño, construcción y costo de un sistema de colección de agua de lluvia cimbreada, para comunidades rurales excluidas	53
Concreto adicionado con colillas de cigarrillo como propuesta para la minimización de estos residuos en el medio ambiente	74
Evaluación comparativa de vigas reforzadas mediante armaduras electrosoldadas y varillas de PRFV	93
Percepción de servicios ecosistémicos de parque urbanos en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México	107
Cálculo de áreas y equilibrio estático de bóvedas de cañón con lunetos	137

Documento Académico

Enfermedades virales en México

158

EDITORIAL

Estimada comunidad lectora, en esta ocasión presentamos el número 30 Volumen 11 de la Revista de Divulgación Científica de la UNACH: Espacio I+D. Innovación más Desarrollo, con la cual nos acercamos a la celebración de los primeros diez años de publicación ininterrumpida de la revista digital de la Universidad Autónoma de Chiapas, fruto de esfuerzos conjuntos, institucionales e individuales que buscan llevar el conocimiento del mundo académico a la sociedad, como parte de los compromisos sustantivos que tenemos como institución líder nuestra región.

El trabajo editorial en una universidad representa el establecimiento de un canal de comunicación fiable e institucionalizado, a veces éste pasa desapercibido y no se le brinda importancia adecuada, hasta que, con gusto, quienes desempeñamos con tenacidad el quehacer día con día vemos cómo van creciendo nuestras contribuciones, como una red que se teje en conjunto con otras entidades de estados y países. Los productos del trabajo editorial al interior de las IES son de largo aliento, ya que representan muchas mentes trabajando en su construcción, aunado a lo anterior, se suma la enorme responsabilidad social que se tiene al editar materiales producto de investigaciones de años y que incluso, a veces, son utilizados como trabajos para sustentar algún grado; por otro lado las Universidades públicas tienen responsabilidad con los mensajes, conocimiento e información que comunican, lo que vuelve más complejo el proceso mencionado, al tener responsabilidades éticas que cumplir.


Mencionamos todo esto para resaltar la importancia que al interior de la institución deben de tener estas actividades, con personal capacitado, prácticas responsables y comprometidas con el progreso de la sociedad, mediante una actualización constante y profesional, pues sólo así se puede llegar a este punto en que está Espacio I+D, tras diez años de comunicar el conocimiento, la ciencia y la cultura a diversas partes del mundo.

Este número contiene artículos como: Proyecto para el mejoramiento del hábitat en “El Encanto”, Tapachula, Chiapas. Contexto histórico y regional; Concreto adicionado con colillas de cigarrillo como propuesta para la minimización de estos residuos en el medio ambiente; Diseño, construcción y coste de un sistema de colección de agua de lluvia cimbrente, para comu-

nidades rurales excluidas; Evaluación comparativa de vigas reforzadas mediante Armaduras electrosoldadas y varillas de PRFV; Acceso a la justicia para las mujeres a través de la gestión de conflictos y la mediación; Percepción de servicios ecosistémicos de parque urbanos en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México; Enfermedades Neurodegenerativas, Proteínas 14-3-3 y su Estudio Mediante Simulación Computacional y Cálculo de áreas y equilibrio estático de bóvedas de cañón con lunetos, provenientes de universidades como la Universidad Veracruzana, el Tecnológico Nacional de México - Zacatecas Occidente, la Universidad Autónoma de Baja California y de la de Zacatecas o el CIMSUR-UNAM y, por supuesto, de la Universidad Autónoma de Chiapas.

Se incluye además un documento académico sobre La historia de las epidemias en México, y a la sección Un Espacio para la Ciencia se incorporan los siguientes materiales: Un breve acercamiento a las artes escénicas en Chiapas y Talleres de Ciencia y Tecnología del MCTP.

Agradecemos a todos los actores involucrados en este número y los invitamos a que continúen construyendo con nosotros este canal de divulgación, siguiendo las redes sociales de la revista y compartiendo los materiales ahí presentados.

¡Que disfruten este Espacio de Innovación, Desarrollo,
Conocimiento y Cultura! 

«*Por la conciencia de la necesidad de servir*»
Universidad Autónoma de Chiapas

Los Editores

ARTÍCULOS

Acceso a la justicia para las mujeres a través de la gestión de conflictos y la mediación

Access to justice for women through conflict management and mediation

—

Javier Palacios Xochipa
javier.palacios.xochipa@uabc.edu.mx

FACULTAD DE DERECHO TIJUANA DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA, MÉXICO



Para citar este artículo:

Palacios Xochipa, J.(2022).. Acceso a la justicia para las mujeres a través de la gestión de conflictos y la mediación. *Espacio I+D, Innovación más Desarrollo*, 11(30). <https://doi.org/10.31644/IMASD.30.2022.a01>

RESUMEN

Desde siempre se han observado las cualidades y bondades que tienen el derecho público y las demás áreas del Derecho respecto a propiciar un acceso a la justicia, no sólo a las mujeres, sino a todas las personas que así lo requieran. Sin embargo, resulta oportuno analizar brevemente la efectividad que puede tener la mediación para gestionar conflictos producidos en mujeres, tales como el confinamiento social que deriva de la pandemia que actualmente transcurre y que pueden ser entendidos como fuentes de conflictos y oportunidades para que las mujeres finalicen por sí solas sus conflictos y obtengan acceso a la justicia. Es por las razones anteriores que el objetivo de la presente investigación consiste en analizar la efectividad que produce la mediación como agente de paz para dotar a las mujeres del empoderamiento necesario para finalizar conflictos a través de la gestión de estos y, con ello, tener acceso a la justicia, visto este acceso como un derecho humano.

Palabras clave:

Gestión de conflictos; mediación; violencia de género, discriminación positiva.

— *Abstract* —

The qualities and benefits of public law and other areas of law have always been observed with regard to promoting access to justice, not only for women, but for all those who require it; However, it is appropriate to briefly analyze the effectiveness that mediation can have to manage conflicts produced in women, such as the social confinement that derives from the pandemic that is currently taking place and that can be understood as sources of conflicts and opportunities for women to end their conflicts alone and obtain access to justice. It is for the above reasons that the objective of this research is to analyze the effectiveness that mediation produces as a peace agent to provide women with the necessary empowerment to end conflicts through the management of these and, with it, have access to justice, seeing this access as a human right.

Keywords:

Conflict management; mediation; gender violence; positive discrimination.

La reflexión, que a continuación se presenta, relativa a la gestión de conflictos que genera un acceso libre y pleno a la justicia por parte de las mujeres, se estudiará a la luz de tres enfoques. En el primero se analizará a la Mediación como un Método de Solución de Conflictos (MSC) visto no solamente como un objeto plano que sirva únicamente como método de finalización de conflictos, sino también como un agente de paz positiva. En el segundo enfoque, se observará a la Mediación desde un nivel epistemológico de la lógica, es decir, se analizará a la Mediación como método que reconoce derechos humanos en la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (CPEUM), los cuales institucionaliza a través de Ley Nacional de Mecanismos Alternativos de Solución de Controversias en Materia Penal (LNMASCMP). Mientras que en el tercer enfoque, el estudio se centrará hacia una reflexión de acuerdo con la existencia de discriminación positiva de la mujer, categoría conceptual que surgió dentro de la década de los años setenta en el Reino Unido y que tiene un auge importante en la época actual.

CONTEXTO DE LA VIOLENCIA DE GÉNERO

Una de las grandes manifestaciones de la violencia de género deviene del nulo o poco acceso que deben tener las mujeres a la justicia. Al respecto, resulta importante delimitar este tipo de violencia y diferenciarla claramente de la violencia en contra de la mujer. Primero que todo, es necesario definir a la violencia en contra de las mujeres y las niñas, debido a que, si bien es de suma trascendencia este término, también, no es el adecuado para entender el conflicto estructural del nulo acceso a la justicia por parte de las mujeres. En ese sentido, la Organización de las Naciones Unidas (ONU), define a la violencia en contra de las mujeres como “todo acto de violencia basado en el género que tenga o pueda tener como resultado un daño o sufrimiento físico, sexual o mental para la mujer, así como las amenazas de tales actos, la coacción o la privación arbitraria de la libertad, tanto si se producen en la vida pública como en la vida privada” (ONU, 2021).

Como se comentó anteriormente, se considera que el término de violencia en contra de las mujeres y niñas no es el adecuado, ya que se busca definir un conflicto estructural o, mejor dicho, tratar de analizar a la violencia de género como parte de un conflicto estructural que aún no se ha podido mitigar del todo. A partir de este razonamiento, se debe entender que la violencia de género se manifiesta como el conflicto estructural que impide que las mujeres tengan un acceso libre y pleno a la justicia.

Para contextualizar la violencia de género respecto de la mediación, se hace mención de que, a lo largo de la historia de la ciencia jurídica, han existido limitantes en la finalización de conflictos, donde las mujeres que se involucran en estos conflictos, no logran finalizarlos, por lo cual, se

les vulnera el derecho humano de acceso a la justicia. Para entender este término, se tomará como referencia la definición de violencia de género expuesta por la ONU, la cual establece que “la violencia de género se refiere a los actos dañinos dirigidos contra una persona o un grupo de personas en razón de su género. Tiene su origen en la desigualdad de género, el abuso de poder y la existencia de normas dañinas” (ONU, 2021).

Actualmente, el acceso a la justicia para las mujeres ha evolucionado a partir de se comenzaron a utilizar otro tipo de métodos extrajudiciales o en su defecto judiciales. Sin embargo, si se lleva a cabo una comparación respecto del acceso a la justicia que las mujeres tenían en momentos anteriores, es posible advertir que aún el patriarcado del derecho o del *patriarchy law*, estigmatiza al derecho como una cuestión exclusiva para los hombres. Lo anteriormente referido, permite considerar la existencia de una forma indirecta de violencia de género hacia la mujer, tal vez no de manera expresa, pero sí de manera tácita. Sin embargo, no debe dejarse de lado que, igualmente, muchos hombres podrían sufrir de violencia de género.

Recientemente, con base en lo dispuesto en la Convención sobre la Eliminación de Todas las Formas de Discriminación Contra la Mujer (CEDAW por sus siglas en Inglés), la ONU-Mujeres (UN-Women) y la Corte Interamericana de Derechos Humanos (Corte IDH), han emitido recomendaciones al Estado mexicano exigir el aseguramiento del acceso libre y pleno de las mujeres a la justicia, no sólo como víctimas del delito, sino también como posibles partícipes de la comisión de delitos. Asimismo, existen recomendaciones que van dirigidas a las formas alternas de finalizar conflictos, las cuales se denominan como métodos extrajudiciales, también conocidas como Métodos Alternos de Solución de Conflictos (MASC), que tienen como función principal, finalizar conflictos por las partes mismas.

Al respecto, la CEDAW emitió la Recomendación General número 33 sobre el Acceso de las Mujeres a la Justicia, la cual manifiesta, entre otras cosas, que debe existir un libre acceso a las mujeres a los sistemas judiciales y a los MASC, así como un enfoque de género en los procesos judiciales y extrajudiciales donde participen mujeres; de igual manera, estableció que tanto mecanismo judiciales, así como extrajudiciales que “utilicen un criterio confidencial y con una perspectiva de género con el fin de evitar la estigmatización durante todas las actuaciones judiciales, incluida la victimización secundaria en casos de violencia, durante un interrogatorio, la recopilación de pruebas y otros procedimientos relacionados con la investigación” (CEDAW, 2015).

EL OBJETO DE LA MEDIACIÓN COMO MSC

Para comenzar con este apartado de la investigación, se debe focalizar a la mediación como el método alterno por excelencia que brinda en su conjunto el derecho procesal, es decir, de todos los MASC la mediación tiene bondades que la hacen única y, por ende, efectiva ante los demás MASC. En ese sentido, debe entenderse que “la mediación es un mecanismo alternativo de resolución de conflictos. Algunos la consideran como la técnica más novedosa y que promete mayores éxitos en el campo de la resolución de conflictos, porque deja en manos de las partes, asistidas por un tercero imparcial, la solución de su propia situación de conflicto” (Cornelio, 2014:92).

La anterior definición genera un ambiente que hace fácil el entendimiento de la mediación. Resulta interesante estudiar algunos elementos que arroja esta definición, por ejemplo, la mediación tiene una dualidad tendiente a ser considerada una técnica y un método para finalizar conflictos. A partir de la mediación se comienza a hablar de la ciudadanización de la justicia por las partes, esto es, las partes a través de la mediación se apropian de la gestión de conflictos por sí mismos. En resumen, las partes que se involucran en un conflicto, no necesitan de una autoridad que de manera directa lo finalice, basta con que las voluntades de las partes logren un acuerdo con el objetivo concluir de manera satisfactoria dicho conflicto.

Al respecto, “podemos decir que la mediación es un proceso de resolución o gestión de conflicto, en donde las partes asisten voluntariamente y con la ayuda de un tercero profesional, construyen acuerdos tomando decisiones de manera natural sobre el tema motivador del conflicto” (Cornelio, 2014:92). Por tales motivos, se considera importante analizar a la mediación, no como un objeto plano, sino como un constructo científico, capaz de finalizar conflictos, pero con la condición de establecer una epistemología que permite ver su fin valorativo (plano axiológico), su regulación normativa (plano lógico-fenomenológico) y, su efectividad fáctica (plano ontológico).

A partir de las anteriores consideraciones, se estima que la mediación puede generar una efectividad aún mayor que cualquier otro método, sea tradicional (procesos jurisdiccionales y administrativos) o de cualquier otra naturaleza, ya que la citada mediación reconoce el derecho humano de acceso a la justicia y, además, se institucionaliza a través de una norma jurídica de carácter general. Sin embargo, este punto de vista se desarrollará más adelante. Por lo cual, para entender esta condición, es necesario establecer que, a partir del constructo epistemológico de la mediación, las mujeres pueden empoderarse para finalizar por sí solas sus propios conflictos, lo que genera un aspecto de ciudadanización de la justicia y, por ende, un acceso libre y pleno a la misma.

Derivado de lo anterior, la mediación supone una novedosa manera de finalizar conflictos a través de un proceso denominado gestión de conflictos. La gestión de conflictos establece la finalización de conflictos a través de la satisfacción de los acuerdos entre las partes, lo cual nos lleva al fin que persigue esta mediación, esto es, la paz positiva o la cultura de la paz. Como es sabido, la mediación al ser un constructo científico en auge tiene algunos problemas de ubicación dentro de la teoría general del proceso, ya que es complicado ubicarlo ya sea dentro de la autocomposición o en la heterocomposición. “Como podemos darnos cuenta, la mediación entonces, se encuentra bajo un problema de la teoría general del proceso, ya que existe una leve confusión en saber si es un método heterocompositivo o autocompositivo, sin embargo, con esta deducción, podemos inferir que se encuentra en un limbo procesal que se le ha denominado composición por gestión de conflictos” (Palacios, 2020: 31).

Para tener una mayor precisión del contexto de la paz positiva y la manera en la cual beneficia el acceso a la justicia por parte de las mujeres, se debe comprender a la ausencia de violencia y de conflictos como el fin que persigue la mediación, ya que se busca la no existencia de conflictos y no dar a cada uno lo que le corresponde. “Por tal motivo la cultura de paz o, mejor dicho, la construcción de la cultura de paz establece los mecanismos filosóficos que parten de la estructura de la paz positiva, la cual es entendida como la ausencia de violencia” (Palacios, 2020: 28).

LA PARTE LÓGICA DE LA MEDIACIÓN, PERSPECTIVA NORMATIVA

En los anteriores apartados del presente trabajo se ha establecido que la mediación se concibe como un proceso para finalizar conflictos, el cual utiliza una forma de composición por gestión del conflicto para lograr este objetivo. Dicho esto, la mediación es conocida como un método de gestión de conflictos que tiene una efectividad positiva con respecto de otros MASC, lo que ha provocado que este método se constitucionalice, o, mejor dicho, que se reconozca el derecho humano de acceso a la justicia a través de este método, lo que genera una vía para institucionalizar a la mediación dentro del derecho positivo mexicano.

Una de las consecuencias de constitucionalizar a los MASC es la LNMASCMP, la cual contiene las disposiciones necesarias para dotar y legitimar a los intervinientes de un conflicto, así como a los terceros que fungirán como mediadores u facilitadores dentro de estos conflictos penales. Como resultado de lo anterior, y “ante la imposibilidad y la inconveniencia de llevar a juicio todos los procedimientos penales, se ha previsto la existencia de mecanismos que promuevan el arreglo voluntario entre las partes... sin

la intervención de un juzgador, a través de la Ley Nacional de Mecanismos Alternativos de Solución de Controversias en Materia Penal” (Fix-Fierro *et al.*, 2015: 121).

Dada esta condición, es importante que se conozcan las bondades que tiene esta norma jurídica hacia las mujeres que desean tener acceso a la justicia, en medida de lo posible, frente a otro tipo de mecanismos, tales como los procesos jurídicos, jurisdiccionales y administrativos. Asimismo, se estima relevante señalar que las mujeres tienen un área de oportunidad, para lograr la gestión de sus conflictos sociales de la mano de esta ley, por tratarse de una consecuencia de la incorporación de los MASC al texto constitucional a partir de la reforma penal del 2008.

Por tales razones, es que la mediación propone un paradigma de plenitud al derecho humano del acceso a la justicia, es decir, aún cuando la CPEUM consagra tal acceso, el monopolio de la justicia por el Estado hace que exista aun resistencia institucional para que una persona tenga el anhelado acceso a la justicia (más, si tenemos como que el nulo acceso a la justicia es considerado violencia al género), por lo que la justicia alternativa a través de la mediación, rompa con dicho paradigma y concrete la prerrogativa mencionada anteriormente.

Otra de las formas de violencia de género, es aquella que se manifiesta por la desigualdad que sufren las personas al recibir un trato desigual dentro de un proceso judicial, lo cual, con la mediación, este aspecto es nulo; en tal consideración, se demuestra cómo la mediación tiene una ventaja para mitigar esta violencia de género, mejor dicho, se observa la manera en la cual mediación dota de un acceso a la justicia, aminorando las desigualdades sociales, que pueden ser producto de los conflictos estructurales tendientes a la normalización de tal desigualdad social. Ahora bien, en cuanto a la pandemia global por COVID-19, es necesario concretar ciertas consideraciones que actualmente tiene la mediación, esto es, de acuerdo con el paradigma del confinamiento donde los órganos jurisdiccionales están en receso dada esta circunstancia, la mediación puede realizarse desde centros privados y a distancia.

Lo anterior, genera una certidumbre a la hora de gestionar conflictos estructurales, los cuales pueden desencadenar otro tipo de conflictos y violencia, en virtud de que la mediación al ser un método que reduce significativamente el tiempo de finalizar conflictos, produce un ambiente de bienestar, no sólo personal, sino también, un bienestar social y una satisfacción de las partes a la hora de concretar los acuerdos respectivos, luego entoces, la mediación puede lograr la finalización de conflictos presentes de manera más rápida y sencilla y, ayuda a prevenir conflictos futuros.

Lo previamente referido, encuentra sustento en los informes emitidos por el Poder Judicial de la Ciudad de México (PJCDMX, 2020), en los cuales

se demuestra que en al menos el último cuatrimestre del 2020, las sesiones virtuales fueron de vital importancia para finalizar conflictos, ya que del número de registros (85), respecto del número de asuntos que ingresaron a mediación (35), 41.17% de los estos asuntos lograron ingresar a un proceso de mediación. Esto representa un avance positivo para entender que la mediación es capaz de dar acceso libre y pleno, no sólo a mujeres, sino a cualquier otra persona que de manera voluntaria, realice un proceso de mediación para finalizar su conflicto.

Por otro lado, hubo otras instituciones judiciales así como centros privados en todo México que ofertaron sus servicios a distancia (virtual), con la finalidad de que las personas pudieran gestionar sus conflictos sin correr el riesgo de salir de sus hogares y poder contagiarse del virus SARS-COV-2, esto es “además de los mediadores privados que ofrecen esa modalidad del servicio en varios estados de la república, los poderes judiciales de Sonora y del Estado de México, han puesto a disposición de la ciudadanía los servicios de mediación a distancia desde sus respectivos centros de mediación” (Hernandez, 2020).

Esta condición hace ver a la LNMASCMP como un vértice flexible que permite la finalización de conflictos en tiempos de emergencias, no solamente sanitarias, sino emergencias, sociales, económicas o incluso hasta políticas. Por otro lado, ya que hemos reflexionado a la mediación desde dos perspectivas, es tiempo de ver cómo influye la discriminación positiva por violencia de género dentro de la mediación.

LA DISCRIMINACIÓN POSITIVA DE LA MUJER

Muchas ocasiones ha surgido la interrogante respecto de los efectos negativos que produce la discriminación hacia las mujeres, sin embargo, es importante que se empiece a cuestionar y a reflexionar cuándo la discriminación se vuelve positiva. En la actualidad no ha sido común la utilización de este término, o bien, si este se ha empleado, pues, no se ha comprendido del todo. En ese sentido, se refiere como ejemplo que dentro de nuestra sociedad, sólo se logra percibir la discriminación negativa, que se entiende como aquella discriminación que genera un detrimento hacia ciertas personas por su sexo, género, condición social, etcétera; o hacia un sector de la población.

Al respecto, en las condiciones antes mencionadas, es posible observar con claridad que el detrimento de ciertas personas o, mejor dicho, de la dignidad de personas o grupos sociales, sin embargo, no sucede lo mismo al hablar de la discriminación positiva, ya que por sus características es un poco difícil de ver y de comprender. Por esa razón es importante que se analice a esta discriminación positiva como un preámbulo al estudio de dos situaciones: la igualdad de género y la equidad de género, ya que de ambos

no podemos notar a simple vista la compleja diferencia entre una y otra, es decir, “el principio de igualdad se ha configurado tradicionalmente como un principio de justicia” (Alegret, 2006: 17).

Derivado de esta concepción, es necesario recordar que la mediación pretende aminorar conflictos estructurales, tales como la desigualdad, tanto social así como de género, ya que uno de los objetivos de la mediación es dotar de una igualdad a las partes que se involucran en un conflicto, lo que genera un empoderamiento de las mujeres para que ellas mismas finalicen conflictos. A propósito de lo anterior, “la promoción y la defensa del concepto de discriminación positiva se ha sustentado, en parte, en discusiones sobre las barreras estructurales a la igualdad de oportunidades y los desafíos para superar los efectos históricos de exclusiones sostenidas de algunos grupos de personas de participación activa o igualitaria en el desarrollo cívico, y la vida política de la nación” (Jara-Labarthé, 2018: 333)

Bajo este paradigma de igualdad, es necesario recordar que, en muchas constituciones, incluyendo la mexicana, se habla de una igualdad entre el hombre y la mujer, con respecto a tener los mismos derechos y obligaciones como ciudadanos, lo que da a entender que, sin importar la condición de sexo o género, un hombre y una mujer tienen igualdad de derechos y, por ende, de obligaciones, sin embargo, esto no sucede en la práctica cotidiana del ejercicio de tal derecho humano.

Bajo el supuesto que se menciona en el párrafo anterior, se tienen dos ideas que acreditan lo dicho. En primer lugar, aun existen barreras entre hombres y mujeres, que han estado coexistiendo durante mucho tiempo con la cultura en la que la sociedad contemporánea se ha desarrollado, es decir, no ha existido la capacidad de vincular la idea de que un hombre y una mujer a final de cuentas, son seres humanos y personas que tienen capacidades únicas que nos hacen estar equilibrados unos con otros.

En segundo término, de lo anterior devienen condiciones de discriminación negativa que han encaminado a no desarrollar nuevas maneras de convivir armónicamente, sin duda, ello permite considerar que existe una inferioridad de las mujeres para cualquier situación de la vida y para considerarles capaces de realizar cualquier actividad destinada al desarrollo de la sociedad. En ese sentido, resulta evidente que la desigualdad y la discriminación van ligadas de manera muy estrecha, por encontrar elementos que hacen posible una diferencia entre grupos o sectores de la población, esto se describe mejor ya que “la desigualdad la sufre todo el grupo o colectivo (...), desigualdad que se ha producido por diversas circunstancias, fundamentalmente socio-culturales, que han motivado que unos determinados colectivos no hayan accedido igual que los otros a determinados derechos, bienes o servicios” (Alegret, 2006: 20).

Ahora bien, una vez analizada esta parte de la discriminación, únicamente resta definir a la discriminación positiva, la que se entiende como aquella condición de trato distintivo hacia una persona o grupo social, el cual es beneficiado ante los demás por su condición de género, sexualidad o condición social. A propósito de lo antes mencionado, Jara-Labarthé (2018), retoma una definición que, desde una perspectiva objetiva, se acerca bastante a lo que se ha expresado respecto de este concepto, es decir, “en su forma más simple, las medidas de discriminación positiva –también referidas como acción afirmativa o acción positiva en algunos lugares– tienen por objeto dar consideraciones especiales a los individuos sobre la base de su pertenencia a un grupo social que ha sido identificado sobre alguna base de desventaja en relación con otros grupos de la sociedad” (Wang, 1983).

El término de discriminación positiva trata de solventar los problemas de igualdad y equidad de género, otorgándoles ciertos beneficios a las mujeres por su condición humana, sin embargo, tal situación recae en una discriminación positiva al dotarles de beneficios que los hombres no pueden tener, por su naturaleza humana, también siendo discriminados negativamente. Sin embargo, para hablar de discriminación positiva, es necesario abordar un tema que identifica a la igualación de las minorías, esto es, se debe entender a las acciones afirmativas o acciones positivas, que devienen de sentencias judiciales como sinónimo de discriminación positiva.

Derivado de lo recién expuesto, “las acciones afirmativas –concepto que suple y complementa el de discriminación positiva– pretenden cuestionar y modificar aquellas situaciones fácticas que impiden y obstaculizan que los grupos excluidos e individuos alcancen la igualdad efectiva en el reclamo por sus derechos” (Durango, 2016: 141). Lo anterior indica que es necesario situar el objeto de estudio en el lugar de las personas que requieren tener una igualdad con respecto a otras, o a un grupo determinado de la población, para darles un equilibrio que se proyecte en combatir la desigualdad y discriminación que sufren día con día. Por lo cual, se entiende como acción afirmativa o positiva a todo aquel planteamiento lógico, político, social, jurídico, económico o de cualquier otra índole a fin de que una persona o grupo social no sea segregado a través de la desigualdad o sea discriminado como resultado de esta desigualdad.

Se supone que este principio de discriminación positiva es un término, cuya ideología propone la no discriminación a otro sector o persona, frente al que se le esta dotando de una acción positiva. Esto obedece a que los constantes cambios sociales, económicos, políticos y de cualquier otra índole, crean nuevos escenarios que no permiten aquilatar o ponderar de manera correcta los derechos de una persona o un grupo.

Para el caso concreto, se observa al feminismo como un movimiento plenamente social y positivo para la dinámica contemporánea, como agente

que busca la igualdad y equidad de género, sin embargo, el mal logro y la radicalización que ha tenido este movimiento, rompe con la principal filosofía por el cual fue comenzado desde antes de la década de los setenta, de generar espacios para las mujeres.

De igual manera, algunos fenómenos jurídicos han dado una mayor ponderación a los derechos de las mujeres por encima de los de los hombres, tal es el caso concreto de la presunción de inocencia para el caso de delitos que devengan de violencia de género, que, al menos dentro de la legislación española, protege a una mujer, mientras que a un hombre le desproporciona en detrimento de sus derechos garantizados en la Constitución de dicho país. Es decir, no debe existir una condición que limite la igualdad y equidad de derechos de acuerdo a la cuestión de la conducta tipificada como violencia de género, al menos cuando una mujer sea la víctima, ya que la ley sustantiva penal española así lo determina, por lo cual surge la interrogante ¿qué sucede cuando la mujer es el activo y no el pasivo? La respuesta refiere un claro ejemplo de discriminación positiva hacia la mujer, ya que la presunción de inocencia para un hombre en el delito de violencia de género, no tiene las mismas condiciones que si la *activo* fuese una mujer.

Derivado de lo ya mencionado, aparentemente surge discriminación negativa hacia un hombre, ya que, en primer lugar, existe una acción positiva a la mujer víctima en detrimento de un hombre, cuando la lógica de esta discriminación positiva es no vulnerar derechos a una persona o a un grupo social; segundo, una mujer no puede cometer la conducta de violencia de género como un hombre, sino que despliega la conducta de violencia doméstica dentro de la codificación penal sustantiva española, lo que también, hace notar un beneficio a una mujer frente a un hombre.

Si se continúa con este tipo de ejemplos, se puede seguir ventilando este tipo de situaciones, sin embargo, la idea no es criticar a la discriminación positiva frente a la discriminación negativa, lo que importa es hacer conciencia sobre la capacidad que tienen algunos mecanismos tradicionales respecto de dotar una igualdad a las partes a la hora de finalizar el conflicto.

A través de este contexto, se observa lo que sucede en la Unión Europea, en especial en España, cuyos casos de discriminación positiva han estado ventilados desde el Tribunal Europeo de Derechos Humanos y, que, para nuestro estudio, tienen un interés relevante al respecto, ya que se puede afirmar que la mediación al ser un método que dota a las partes de igualdad, le da un beneficio a las mujeres a la hora de tener acceso a la justicia. Por lo tanto, existe una nueva forma de ver, no sólo a la mediación como el método efectivo que da acceso a la justicia a las mujeres, sino que atenúa la violencia de género y los nuevos conflictos a los que se enfrenta la sociedad en general dentro de esta pandemia mundial.

CONCLUSIONES

Se ha analizado manera objetiva la función de la mediación a partir de perspectivas tanto sustantivas, adjetivas, normativas o lógicas y como método de finalizar conflictos a partir de la gestión. Se concluye, pues, que la violencia de género deviene de un conflicto estructural, permean de manera natural o normal dentro de las propias estructuras sociales, lo que genera que estas conductas terminen por ser un grave conflicto social

De igual manera, se observa que la mediación proporciona un nuevo paradigma de acceso a la justicia a través de la cultura de la paz y de la ciudadanía de la justicia, lo que supone un sistema novedoso para finalizar cualquier tipo de conflicto de manera efectiva, incluyendo algunos de corte estructural.

Por otro lado, la mediación tiene una gran efectividad al momento de finalizar conflictos y atenuar violencia de género, sobre todo derivada de este confinamiento que estamos atravesando a nivel global, ya que proporciona una igualdad procesal entre las partes a la hora de finalizar conflictos.

Otra conclusión deriva al indicar que la mediación reconoce derechos humanos y, además, institucionaliza este derecho humano. Esto en su conjunto se llama la normalización de la mediación, ya que el reconocimiento lo encontramos en el texto constitucional de la ley fundamental mexicana y, la institucionalización en la LNMASCMP.

Asimismo, algunos métodos tradicionales pueden llegar a tener dificultades para finalizar conflictos y que incrementen desigualdad entre mujeres, lo que puede provocar una escalada de violencia de género, traducida en el nulo acceso a la justicia por parte de las mujeres, ejemplo de esto, lo observamos a partir de la discriminación positiva de la mujer.

Lo anterior, deja una reflexión respecto de que no importa bajo qué óptica se visualiza a la discriminación, si positiva o negativa, la idea aquí se basa en no fomentar bajo ninguna circunstancia ningún tipo de discriminación para no obstaculizar la labor de la mediación para finalizar conflictos.

REFERENCIAS

- Alegret** Burgués, M. E. (2006). Presentación e introducción. En M. E. Alegret Burgués, *La discriminación positiva* (pp. 13-32). Madrid: Consejo General del Poder Judicial.
- Convención sobre la Eliminación de Todas las Formas de Discriminación contra la Mujer.** (2015). *Recomendación general núm. 33 sobre el acceso de las mujeres a la justicia*. Organización de las Naciones Unidas.
- Cornelio** Landero, E. (2014). Los mecanismos alternativos de solución de controversias como Derecho Humano. *BARATARIA. Revista Castellano-Manchega de Ciencias sociales*(17), 81-95.
- Durango** Álvarez, G. (2016). Las acciones afirmativas como mecanismos reivindicadores de la paridad de género en la participación política inclusiva: Ecuador, Bolivia, Costa Rica y Colombia. *Revista de Derecho*, 137-168.
- Fix-** Fierro, H. F., Suárez Ávila, A. A., & Corzo Sosa, E. (2015). *Entre un buen arreglo y un mal pleito. Encuesta Nacional de Justicia*. Ciudad de México: UNAM.
- Hernández** Mergoldd, P. (2020). *El Economista*. Obtenido de El Economista: <https://www.economista.com.mx/opinion/La-Cultura-de-la-Paz-Mediacion-a-Distancia-en-tiempos-del-Covid-19-20200505-0050.html>
- Jara-** Labarthé, V. (2018). Discursos y prácticas de la discriminación positiva para políticas indígenas en educación superior. *Cinta de moebio*, 331-342.
- México**, P. J. (2020). *Centro de Justicia Alternativa*. Obtenido de Poder judicial de la Ciudad de México: <https://www.poderjudicialcdmx.gob.mx/cja/wp-content/uploads/F-Enero-Dic-Virtu-791x1024.jpg>
- Organización de las Naciones Unidas.** (2021). *ONU Mujeres*. Obtenido de ONU Mujeres: <https://www.unwomen.org/es/what-we-do/ending-violence-against-women/faqs/types-of-violence>
- Palacios** Xochipa, J. (2020). La epistemología de la mediación y su impacto en la profesionalización de los MASC en la cultura de paz. *Eirene, estudios de paz y de conflictos*, 25-36.
- Wang**, B. L. (1983). Positive Discrimination in Education: A Comparative Investigation of Its Bases, Forms, and Outcomes. *Comparative Education Review*, 191-203.

Proteínas 14-3-3 y enfermedades neurodegenerativas: una perspectiva desde la simulación computacional

14-3-3 Proteins and neurodegenerative diseases: a computer simulation perspective

—

Jorge Alfonso Arvayo-Zatarain¹
jorgea.arvayo@unach.mx

Claudio Contreras-Aburto²
Clcontreras@uv.mx

Fernando Favela-Rosales³
fernando.fr@zacatecasocc.tecnm.mx

1 FACULTAD DE CIENCIAS EN FÍSICA Y MATEMÁTICAS, UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIAPAS, TUXTLA GUTIÉRREZ, CHIAPAS, MÉXICO.

2 FACULTAD DE FÍSICA, UNIVERSIDAD VERACRUZANA, XALAPA, VERACRUZ, MÉXICO.

3 DEPARTAMENTO DE CIENCIAS BÁSICAS, TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO- ZACATECAS OCCIDENTE, ZACATECAS, ZACATECAS, MÉXICO.



Para citar este artículo:

Arvayo Zatarain, J. A. (2022), Contreras Aburto, C. , & Favela Rosales, F. . Proteínas 14-3-3 y enfermedades neurodegenerativas: una perspectiva desde la simulación computacional. *Espacio I+D, Innovación más Desarrollo*, 11(30). <https://doi.org/10.31644/IMASD.30.2022.a02>

RESUMEN

Las enfermedades neurodegenerativas se definen como el conjunto de padecimientos que afectan a las neuronas del sistema nervioso. Ejemplos de estas enfermedades neurodegenerativas son la enfermedad de Parkinson, el Alzheimer y la Esclerosis Lateral Amiotrófica (ELA). Estas enfermedades provocan problemas con el movimiento y el funcionamiento mental, son debilitantes e incurables. Probablemente, hayas escuchado sobre estos padecimientos, los cuales comúnmente se estudian de manera clínica- experimental y el sector salud realiza esfuerzos por encontrar tratamientos para combatirlas. Estos esfuerzos van encaminados tanto a la investigación experimental como teórica. Adicionalmente, las enfermedades neurodegenerativas también se pueden estudiar utilizando herramientas computacionales. En la actualidad, el supercómputo es un importante aliado en la búsqueda de soluciones a muchos de los problemas que aquejan a nuestra sociedad y, en particular, a problemas relacionados con la salud de las personas. Para aprovechar esta herramienta se ha desarrollado una amplia gama de algoritmos computacionales. Estos algoritmos son la forma en que instruimos a una computadora para que realice un conjunto de tareas con la finalidad de resolver algún problema. Entonces, para poder estudiar el origen molecular de las enfermedades neurodegenerativas desde la perspectiva computacional, se han desarrollado herramientas como la simulación por dinámica molecular. La simulación de dinámica molecular trata de reproducir en una computadora el comportamiento de un sistema, el cual, en este caso, sería un sistema biológico como, por ejemplo, una proteína en el entorno de una membrana cerebral lipídica.

Palabras clave:

Enfermedades Neurodegenerativas; Dinámica Molecular; Proteínas.



— *Abstract*—

Neurodegenerative diseases are defined as the set of ailments that affect the neurons of the nervous system. Examples of these neurodegenerative diseases are Parkinson's Disease, Alzheimer's, and Amyotrophic Lateral Sclerosis (ALS). These diseases cause mental functionality and movement problems, are weakening and incurable.

You have probably heard about these ailments, which are commonly studied in a clinical - experimental way. The health sector is making several efforts to find a treatment for such diseases. These efforts are focused on both experimental and theoretical research. But neurodegenerative diseases can also be studied by using computational tools.

Nowadays, computers are an essential ally in searching for solutions to many of the issues affecting our society, specifically, problems related to public health. To take advantage of this tool, a vast range of computer algorithms have been developed. These algorithms are the way we want the computer to do the tasks to solve a problem.

To study neurodegenerative disease's molecular origin, tools, such as molecular dynamics simulation, have been developed from a computational perspective. Molecular dynamics simulation aims to mimic a system's behavior on a computer; in this case, the system would be biological, as for instance, a protein in a lipidic brain membrane environment.

Keywords:

Neurodegenerative Diseases; Molecular Dynamics; Proteins.

Una enfermedad neurodegenerativa es aquella en la que hay muerte celular, lo que provoca desgaste del tejido nervioso. La afectación o muerte de las neuronas puede ser por pequeñas lesiones causadas en cualquier parte del sistema nervioso (Williams, 2002). Algunos ejemplos de las enfermedades neurodegenerativas más comunes son: esclerosis lateral amiotrófica (ELA), enfermedad de Alzheimer, enfermedad de Crutzfeld-Jakob y enfermedad de Parkinson.

Las enfermedades neurodegenerativas provocan problemas con el movimiento y el funcionamiento mental, son debilitantes e incurables. Además, comparten características como: causa desconocida, origen multifactorial, síntomas iniciales no específicos con múltiples formas de presentación y distintos grados de discapacidad, afectando la calidad de vida de la persona (Amor, Puentes, Baker, & Van der Valk, 2010).

Actualmente, no existe cura para las enfermedades neurodegenerativas, pero hay tratamientos farmacológicos que ayudan a detener el avance de la enfermedad y a controlar los síntomas. Además, otro punto clave es la rehabilitación con fisioterapia y terapia ocupacional. De esta manera se puede asegurar una mejor calidad de vida del paciente (Research, 2019). En estas enfermedades, muchas veces se ven involucradas ciertas proteínas. Desde la educación media quizá escuchaste hablar de las proteínas, que son macromoléculas formadas por cadenas lineales de aminoácidos y son muy importantes en distintos procesos biológicos (Figura 1, representación de una cadena de aminoácidos).

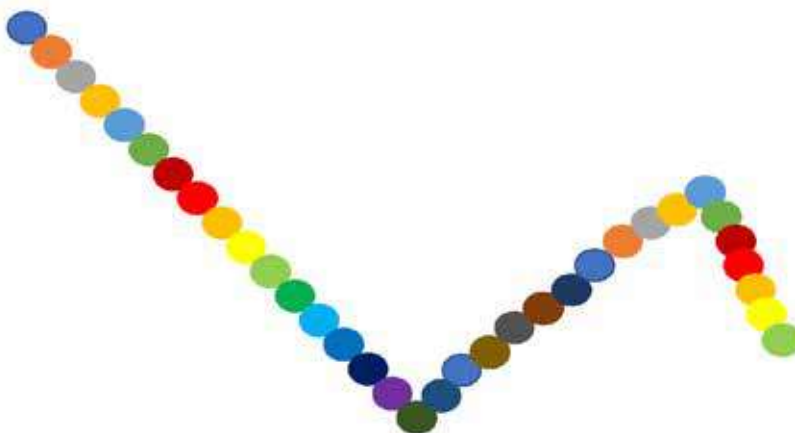


Figura 1. Representación de una cadena de aminoácidos. Fuente: Elaboración propia

Se han realizado esfuerzos en estudios post mortem para mejorar los diagnósticos y detectar marcadores bioquímicos relacionados con estas enfermedades. Un marcador bioquímico se define como cualquier proteína, hormona o cualquier sustancia que se detecta en líquidos corporales o

tejidos. Dentro de los marcadores bioquímicos que se han encontrado, se pueden mencionar a: las proteínas 14-3-3 y la proteína beta-amiloide (Foote & Zhou, 2012).

Entonces, algunas de las proteínas mayormente relacionadas con las enfermedades neurodegenerativas son las proteínas 14-3-3, las cuales son una familia que se expresan mayormente en el cerebro y tienen 7 isoformas (esta palabra se refiere a distintas formas de una proteína) las cuales son: β , γ , ϵ , η , ζ , σ y τ/θ . Las proteínas 14-3-3 participan en procesos biológicos como la transducción de señales, apoptosis, desarrollo neuronal y el ciclo celular, además de que se han relacionado con algunas enfermedades neurodegenerativas (Foote & Zhou, 2012).

ENFOQUE COMPUTACIONAL AL ESTUDIO DE LAS ENFERMEDADES NEURODEGENERATIVAS

Como hemos mencionado anteriormente, existen varias maneras de estudiar las enfermedades neurodegenerativas. Una de ellas es desde el punto de vista experimental y otra puede ser desde el punto de vista computacional como, por ejemplo, mediante el método de simulación computacional conocido como de dinámica molecular. La simulación computacional tiene como objetivo reproducir en una computadora el comportamiento de un sistema, en este caso el sistema es biológico. Por ejemplo, podría ser el comportamiento de cierta proteína relacionada con una enfermedad neurodegenerativa. La Figura 2, ilustra que la simulación computacional ocupa un lugar intermedio entre la teoría y el experimento y, por ello, con mucha frecuencia también se le conoce como un experimento computacional con el que se pueden alcanzar con relativa facilidad condiciones que, en el experimento, serían muy difíciles o costosas.

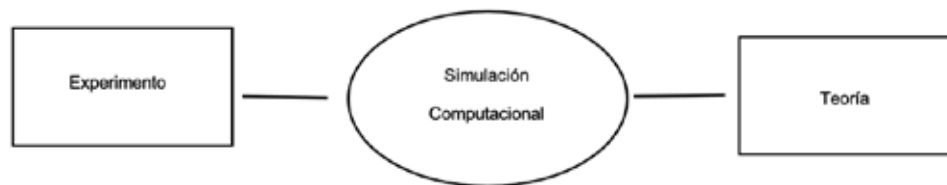


Figura 2. La simulación computacional se encuentra entre el experimento y la teoría. Fuente: Elaboración propia

La dinámica molecular es una técnica en donde las moléculas son descritas como objetos puntuales enlazados que pueden tener carga eléctrica, momento dipolar magnético, entre otras propiedades físicas. Esta técnica describe la evaluación temporal de los enlaces, ángulos de enlaces, torsiones e interacciones modeladas mediante un campo de fuerzas, el cual está representado

por ecuaciones que caracterizan un potencial de interacción (Maldonado Arce, *et al.*, 2016).

A pesar de que existen herramientas computacionales para el estudio de las enfermedades neurodegenerativas y correspondientes sistemas biológicos, como podría ser una membrana cerebral modelo, aún no se ha realizado un estudio de simulación computacional mediante el método de dinámica molecular de una membrana cerebral modelo y su interacción con alguna proteína 14-3-3.

Ahora se describirán brevemente algunas de las enfermedades neurodegenerativas más conocidas, algunos estudios mediante dinámica molecular de estas enfermedades y el rol potencial de las proteínas 14-3-3 en la patogénesis de dichas enfermedades.

La enfermedad de Alzheimer representa una de las enfermedades neurodegenerativas más comunes (WHO, 2020). La enfermedad de Alzheimer es la forma más frecuente de la demencia senil. Según se ha reportado en Estados Unidos, 5 millones de personas se vieron afectadas con esta enfermedad y a nivel mundial, la cifra era de 25 millones de personas (WHO, 2020). Mientras que, para el caso concreto de México, según datos de Gutiérrez Robledo *et al.*, 800.000 personas padecían Alzheimer en el 2014 (Gobierno de México, 2017).

En la enfermedad de Alzheimer se observan afectadas zonas del cerebro como el hipocampo y zonas relacionadas con las vías olfativas y visuales. Entre los principales síntomas de esta enfermedad se incluyen la pérdida de memoria, aprendizaje deficiente en general y demencia (Cummings & Cole, 2002). Esta enfermedad se caracteriza por dos aspectos patológicos importantes: placas amiloides, que son aquellas formaciones entre los espacios interneuronales de la sustancia gris del cerebro que sirven como depósito del péptido beta-amiloide y nudos neurofibrilares, compuestos por fibrillas entrelazadas en las neuronas, que en el caso del Alzheimer son proteínas formadas de pequeñas fibras entre las neuronas. Se ha reportado que las proteínas 14-3-3 tienen relación con la enfermedad de Alzheimer, basado en su localización cercana a los nudos neurofibrilares y de esta manera ocurre una interacción de las proteínas relacionadas con el desarrollo de la enfermedad (Foote & Zhou, 2012).

Sin embargo, aún no se conocen las causas de la enfermedad de Alzheimer, pero hay varias hipótesis como: los trastornos metabólicos, el déficit de acetilcolina y la acumulación de las proteínas β -amiloide, las proteínas 14-3-3 y los nudos neurofibrilares (Foote & Zhou, 2012). La primera hipótesis relaciona el desarrollo de la enfermedad con desórdenes metabólicos como la hiperglicemia (azúcar alta en sangre) y la resistencia a la insulina (Gualdrón & Ávila, 2007). La segunda hipótesis, el déficit de acetilcolina, es la más antigua sobre el desarrollo de la enfermedad de Alzheimer; muchos de los tratamientos actuales están basados en esta hipótesis. Esta hipótesis

sugiere que el Alzheimer se origina por la reducción de la acetilcolina, un neurotransmisor (Ferreira-Vieira, Guimaraes, Silva, & Ribeiro, 2016). Por último, surgieron hipótesis que relacionan la acumulación de las proteínas β -amiloide, las proteínas 14-3-3 y los nudos neurofibrilares en el cerebro.

Para estudiar la composición cerebral, cómo es que ésta se relaciona con enfermedades neurodegenerativas y las proteínas relacionadas con estas enfermedades, existen tanto métodos experimentales como computacionales.

La dinámica molecular se puede acompañar con distintos modelos dependiendo de la escala espacial o temporal que nos interese. Para estudiar sistemas que sean biológicamente relevantes sin perder detalles estructurales, los modelos de grano grueso representan una buena alternativa. Estos modelos reducen el número de átomos y, por lo tanto, el costo computacional del sistema. Lo que se hace en un modelo de grano grueso es representar un determinado número de átomos con una pseudo-partícula.

Así, por ejemplo, se puede citar el estudio realizado en 2017 por Ingólfsson *et al.*, en donde utilizaron el modelo de grano grueso conocido como Martini, para desarrollar y examinar un modelo de una membrana cerebral lipídica como la ilustrada en la Figura 3, y esta fue comparada con una membrana plasmática de mamíferos. Las diferencias composicionales entre las membranas mostraron influencia complementaria sobre muchas de las propiedades de la bicapa.

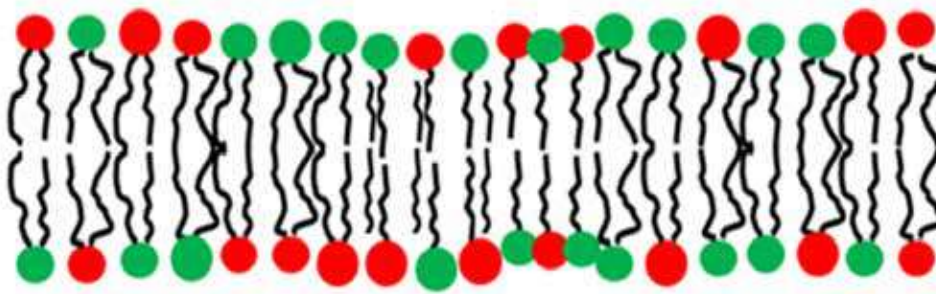


Figura 3. Representación de una membrana biológica. En color rojo y verde se señalan las cabezas hidrofílicas, mientras que en negro las colas hidrofóbicas. Fuente: Elaboración propia

Ahora bien, siguiendo con las enfermedades neurodegenerativas más comunes se encuentra la enfermedad de Parkinson, la cual es progresiva y uno de sus síntomas son temblores, los cuales empiezan de manera casi imperceptible, pero posteriormente ocasionan daños como:

- Rigidez
- Alteración del equilibrio
- Afectaciones en el habla y en la escritura
- Disminución en el movimiento de la persona afectada.

Esta enfermedad se caracteriza por la demencia provocada por cuerpos de Lewy, que son agregaciones anormales de proteínas que contribuyen al desarrollo de la enfermedad y la pérdida del neurotransmisor dopamina. Las proteínas 14-3-3 se relacionan con la enfermedad debido a su localización respecto a otras proteínas que también están relacionadas con el desarrollo de ella y a la unión con dichas proteínas. Se ha observado que esta enfermedad es causada por la muerte gradual de las neuronas que producen dopamina. Este último es un mensajero químico, que al disminuir ocasiona una anomalía en la actividad del cerebro, lo que conlleva al desarrollo de la enfermedad de Parkinson (Foote & Zhou, 2012).

También se ha reportado que la β -amiloide y α -sinucleína, las cuales son proteínas intrínsecamente desordenadas, están estrechamente relacionadas con las enfermedades de Alzheimer y de Parkinson. Para el estudio de estas proteínas y enfermedades, se han utilizado tanto técnicas experimentales como computacionales, por ejemplo, Coskuner-Weber & Uversky (2018) reportaron que se pueden emplear mutaciones sin sentido en simulaciones computacionales para así poder estudiar de una mejor manera la relación que existe entre la enfermedad de Parkinson y las proteínas β -amiloide y α -sinucleína.

En otro estudio, Herrera (2008) reportó mediante simulación computacional, la relación que existe entre la interacción de α -sinucleína y dopamina. Las cuales, como se mencionó anteriormente, tienen relación con la enfermedad de Parkinson. En este trabajo se empleó la técnica de dinámica molecular con el campo de fuerza conocido como Amber99. Dentro de los resultados del estudio, se sugiere que los ligandos de la dopamina se unen en un extremo c terminal de la proteína α -sinucleína.

Otra de las enfermedades neurodegenerativas más comunes es la enfermedad de Crutzfeldt-Jakob, la cual ocasiona disminución del movimiento y pérdida de la función mental. Los tipos de esta enfermedad son 3 y se mencionan a continuación:

- De tipo esporádico que ocurre en situaciones desconocidas.
- De tipo familiar
- Y por último la forma adquirida.

La enfermedad de Crutzfeldt-Jakob puede estar relacionada con otras enfermedades como: enfermedades hereditarias humanas muy poco frecuentes (como por ejemplo el insomnio familiar mortal). En un artículo, reportado por Shamsir & Darby (2005), se menciona que estas enfermedades están relacionadas a una mutación en el codón 178 (secuencia de 3 nucleótidos de ADN o ARN), pero que se diferencian una a la otra mediante un polimorfismo en el codón 129. Usando dinámica molecular, dichos autores investigaron el efecto de la mutación en el codón 178 y el polimorfismo en el codón 129.

Respecto a la misma enfermedad, puede estar relacionada con otras enfermedades hereditarias humanas muy poco frecuentes, como el kuru y el insomnio familiar mortal. Finalmente, se ha observado que existe una variante de la enfermedad de Crutzfeldt-Jakob que desencadena en la enfermedad de las vacas locas (Will *et al.*, 1996).

CONCLUSIONES

Dentro de los diferentes estudios que se han efectuado sobre las enfermedades neurodegenerativas, algunos han sido mediante técnicas experimentales y algunos otros con técnicas computacionales, como la simulación de dinámica molecular o el Monte Carlo. Por ejemplo, mediante simulaciones computacionales se han estudiado proteínas y ligandos relacionados con enfermedades neurodegenerativas.

A pesar de los estudios antes mencionados, aún no se ha realizado un estudio de simulación computacional mediante el método de dinámica molecular de una membrana cerebral modelo y su interacción, por ejemplo, con alguna proteína 14-3-3 relacionada con enfermedades neurodegenerativas. La disponibilidad en la actualidad de recursos tanto teóricos como computacionales permiten que podamos realizar estudios de, por ejemplo, la interacción de la isoforma 14-3-3 tau con una membrana cerebral modelo. Actualmente nos encontramos desarrollando este tipo de estudio.

REFERENCIAS

- Amor, S., Puentes, F., Baker, D., & Van der Valk, P. (2010).** Inflammation in neurodegenerative diseases. *Immunology*, *129*(2), 154–169. doi:10.1111/j.1365-2567.2009.03225.x
- Coskuner- Weber, O., & Uversky, V. N. (2018).** Insights into the Molecular Mechanisms of Alzheimer's and Parkinson's Diseases with Molecular Simulations: Understanding the Roles of Artificial and Pathological Missense Mutations in Intrinsically Disordered Proteins Related to Pathology. *International Journal of Molecular Sciences*, *19*(2). doi:10.3390/ijms19020336
- Cummings, J. L., & Cole, G. (2002).** Alzheimer disease. *The Journal of the American Medical Association*, *287*(18), 2335–2338. doi:10.1001/jama.287.18.2335
- Ferreira- Vieira, T. H., Guimaraes, I. M., Silva, F. R., & Ribeiro, F. M. (2016).** Alzheimer's disease: Targeting the Cholinergic System. *Current Neuropharmacology*, *14*(1), 101–115. doi:10.2174/1570159x13666150716165726
- Foote, M., & Zhou, Y. (2012).** 14-3-3 proteins in neurological disorders. *International Journal of Biochemistry and Molecular Biology*, *3*(2), 152–164.
- Gobierno de México. (2017).** Género y Salud en Cifras, Vol. 15 Num. 1. Enero - Abril 2017 | Centro Nacional de Equidad de Género y Salud Reproductiva | Gobierno | gob.mx. Retrieved January 12, 2021, from <https://www.gob.mx/salud/cnegsr/documentos/genero-y-salud-en-cifras-vol-15-num-1-enero-abril-2017?state=published>
- Gualdrón, A. J., & Ávila, V. Á. (2007).** Insulin and Alzheimer disease: type 3 diabetes? *Revista de La Facultad de Medicina*.
- Herrera, F. E. (2008).** Computational approaches to the investigation of proteins involved in Parkinson's Disease. PhD thesis
- Ingólfsson, H. I., Carpenter, T. S., Bhatia, H., Bremer, P.-T., Marrink, S. J., & Lightstone, F. C. (2017).** Computational lipidomics of the neuronal plasma membrane. *Biophysical Journal*, *113*(10), 2271–2280. doi:10.1016/j.bpj.2017.10.017
- Maldonado Arce, A. D., Contreras Aburto, C., Favela Rosales, F., Arvayo Zatarain, J. A., & Urrutia Bañuelos, E. (2016).** MÉTODOS DE SIMULACIÓN COMPUTACIONAL EN BIOLOGÍA. *Epistemus. Revista de Estudios En Música, Cognición y Cultura*, *10*(21), 84–92. doi:10.36790/epistemus.v10i21.38
- Research, J. (2019).** ¿Qué es una enfermedad neurodegenerativa? | *JPND*. Retrieved January 11, 2021, from <https://www.neurodegenerationresearch.eu/es/que-es-una-enfermedad-neurodegenerativa/>
- Shamsir, M. S., & Dalby, A. R. (2005).** One gene, two diseases and three conformations: molecular dynamics simulations of mutants of human

prion protein at room temperature and elevated temperatures. *Proteins: Structure, Function, and Bioinformatics*, 59(2), 275–290.

WHO. (2020, September 21). Dementia. *Who*. Retrieved January 10, 2021, from <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/dementia>

Will, R. G., Ironside, J. W., Zeidler, M., Cousens, S. N., Estibeiro, K., Alperovitch, A., ... Smith, P. G. (1996). A new variant of Creutzfeldt-Jakob disease in the UK. *The Lancet*, 347(9006), 921–925. doi:10.1016/S0140-6736(96)91412-9

Williams, A. (2002). Defining neurodegenerative diseases. *BMJ (Clinical Research Ed.)*, 324(7352), 1465–1466.

Proyecto para el mejoramiento del hábitat en “El Encanto”, Tapachula, Chiapas. Contexto histórico y regional

Habitat improvement project for "El Encanto", Tapachula, Chiapas.
Historical and regional context

—

Carlos Uriel Del Carpio Penagos
carlos.carpio@unach.mx

Lorenzo Franco Escamiroso Montalvo
franco@unach.mx

María de Lourdes Ocampo García

Ángel René Estrada Arévalo

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIAPAS, MÉXICO



Para citar este artículo:

Del Carpio Penagos, C. U. (2022)., Escamirosa Montalvo, L. F. ., Ocampo García, M. de L. ., & Estrada Arévalo, Ángel R. . Proyecto para el mejoramiento del hábitat en “El Encanto”, Tapachula, Chiapas. Contexto histórico y regional. *Espacio I+D, Innovación más Desarrollo*, 11(30). <https://doi.org/10.31644/IMASD.30.2022.a03>

RESUMEN

En el año 2019 se llevó a cabo un diagnóstico de la localidad denominada “El Encanto”, en Puerto Madero, Chiapas, con la finalidad de obtener datos de campo sobre aspectos socioeconómicos, condiciones de salud de la población, vivienda, hábitat y medio físico natural. El objetivo del diagnóstico fue proporcionar sustento empírico a diversas propuestas de intervención para mejorar las condiciones de vida de los habitantes de la localidad. El equipo de trabajo estuvo formado por 4 profesores (una arquitecta, un ingeniero civil, un antropólogo y un médico), 49 estudiantes de séptimo semestre de licenciatura en arquitectura, 2 estudiantes de servicio social de la misma carrera y un egresado de maestría en arquitectura y urbanismo de la Facultad de Arquitectura de la Universidad Autónoma de Chiapas. En este documento no presentamos los resultados del diagnóstico ni analizamos los datos cuantitativos obtenidos de la aplicación de la encuesta; dichos resultados se presentan, analizan y discuten en otro documento. En este artículo lo que hacemos es llamar la atención sobre la necesidad de contextualizar los datos cuantitativos obtenidos en la encuesta, proporcionando una perspectiva de la historia local y regional, de tal manera que los datos numéricos utilizados por los diseñadores para hacer su propuesta de intervención, cuenten con un marco explicativo. ¿Por qué el pueblo se ubica en un lugar tan inadecuado topográficamente?, ¿Por qué la gente de allí es tan pobre y carece de infraestructura urbana?, ¿Quiénes son estas personas? Sostenemos que el universo que los arquitectos, urbanistas y médicos pretenden intervenir y transformar es la localidad y por lo tanto el diagnóstico se reduce a dicha escala, los datos recolectados deben interpretarse en relación con procesos de escala regional y de larga duración, por lo que enfocamos nuestra mirada en los cambios económicos, socioculturales y ambientales del Soconusco desde finales del siglo XIX a la actualidad para entender el contexto en que surge y se desarrolla la localidad estudiada y sus problemas.

Palabras Clave:

Frontera Sur; Soconusco; Centroamérica; Procesos de larga duración.



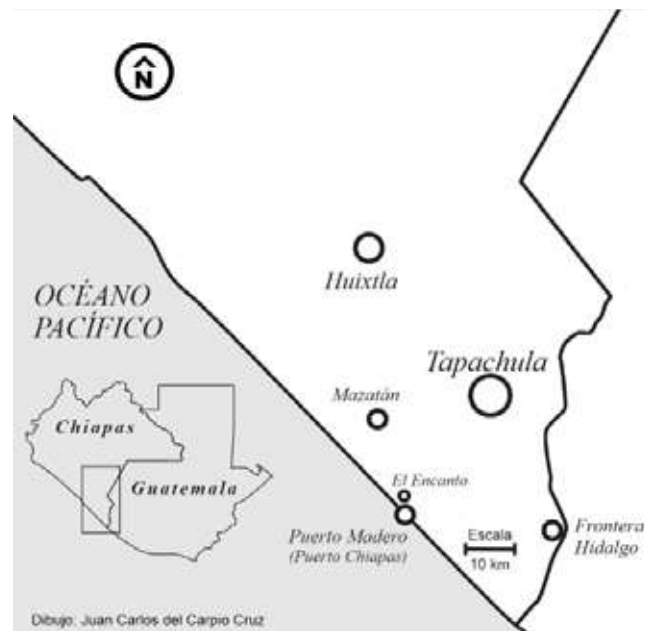
— Abstract—

In 2019, a diagnosis of the town called "El Encanto" was carried out, in Puerto Madero, Chiapas, in order to obtain field data on socioeconomic aspects, health conditions of the population, housing, habitat and natural physical environment. The objective of the diagnosis was to provide empirical support for various proposals for intervention to improve the living conditions of the inhabitants of the town. The work team was formed by 4 professors (an architect, a civil engineer, an anthropologist and a doctor), 49 students of seventh semester of bachelor's degree in architecture, 2 students of social service of the same career and a graduate of master's degree in architecture and urbanism of the Faculty of Architecture of the Autonomous University of Chiapas. In this document we do not present the results of the diagnosis or analyze the quantitative data obtained from the application of the survey; these results are presented, analyzed and discussed in another document. In this article what we do is to draw attention to the need to contextualize the quantitative data obtained in the survey, providing a perspective of local and regional history, so that the numerical data used by the designers to make their intervention proposal, have an explanatory framework Why the town is located in such an inappropriate place topographically?, why are the people there so poor and lacking in urban infrastructure?, who are these people?. We maintain that although the universe that architects, urban planners and doctors intend to intervene and transform is the locality and therefore the diagnosis is reduced to that scale, the data collected must be interpreted in relation to processes of regional scale and of long duration, so we focus our gaze on the economic, sociocultural and environmental changes of the Soconusco from the late nineteenth century to the present to understand the context in which the studied locality arises and develops and its problems.

Keywords:

Southern Frontier; Soconusco; Central America; Long-duration processes.

Pueblos como "El Encanto", habitados por personas carentes de riqueza y poder, generalmente nacen como apéndices de un proceso económico de carácter regional, nacional o internacional. La localidad bajo estudio está situada en la frontera sur de México, a escasos 25 kilómetros de la línea de demarcación internacional que divide México con Centroamérica, en la región conocida como Soconusco, misma que ha sido clave en el surgimiento y desarrollo de diversos procesos de carácter económico, político e incluso civilizatorio, al ser este lugar uno de los puntos donde surgió la civilización en Mesoamérica (Clark y Blake, 1993). El objetivo de este documento es proporcionar un marco histórico y regional para la interpretación de los procesos económicos, socioculturales y ambientales de la localidad "El Encanto", municipio de Tapachula, Chiapas (ver mapa 1). Los usuarios de la información generada serán los diseñadores de los proyectos de vivienda y equipamiento para la localidad y para que las intervenciones que se propongan a escala del hábitat consideren el contexto general en que se ubica el sitio mencionado.



Mapa 1. "El Encanto" y área circundante. Fuente: Elaboración propia

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Como primer paso, en gabinete y utilizando *Google Earth* se hizo una revisión cartográfica y estadística de la región, localizando y jerarquizando la red de caminos, pueblos y ciudades, patrón de asentamientos, usos del suelo y cuerpos de agua. Posteriormente se realizó trabajo de campo en el área y en

la localidad, que incluyó entrevistas a informantes clave, grupos focales y recorridos en lancha por los canales costeros para observar y fotografiar los sitios de pesca y las áreas de disposición final y tratamiento de residuos sólidos y líquidos, así como un recorrido por las instalaciones portuarias.¹ Como paso final, previo a la redacción del diagnóstico presentado al Instituto de Ciencia, Tecnología e Innovación del Estado de Chiapas (ICTI), se realizó una revisión bibliográfica para enmarcar histórica y geográficamente los datos obtenidos en campo, que es lo que en este documento se presenta.

3. RESULTADOS

Soconusco y la dinámica regional a partir de la delimitación de la frontera México-Guatemala

En 1882 se firmó el Tratado de Límites entre México y Guatemala, dando inicio en la región un periodo de bonanza económica, ya que el tratado dio certeza jurídica a los inversionistas extranjeros y nacionales interesados en el cultivo, beneficio y comercio del café, que en Guatemala llevaba produciéndose comercialmente hacía ya más de 50 años, desde la época del fundador de esa nación, Rafael Carrera, que gobernó el país de 1844 a 1865, periodo durante el cual el café llegó a generar el 50% del PIB, siendo el origen de las principales transformaciones del país (Del Carpio Penagos, 2017; 2018).

La firma del Tratado de Límites fue consecuencia de la demanda de tierras para expandir este cultivo y las fértiles laderas montañosas de Soconusco y de la Boca Costa guatemalteca, ofrecían éstas en grandes e inmejorables extensiones vírgenes. Pero no existían condiciones jurídicas que garantizaran la propiedad de la tierra, ya que se trataba de una frontera internacional no definida. Sin embargo, a partir de la firma del tratado muchos empresarios extranjeros y nacionales invirtieron en Soconusco en el desarrollo de fincas cafetaleras. Uno de ellos fue el español Bruno García Mijares, quien, además de poseer varias propiedades en el área cafetalera así como en la llanura costera, entre ellas “La Alianza”, se dio a la tarea de reconstruir el puerto de San Benito, abierto en 1861, para darle salida a la producción agrícola y extractiva de la región. Bruno García fue un empresario de amplios intereses,

1 El proyecto: “Propuesta de mejoramiento del hábitat de la colonia “El Encanto” de la localidad de Puerto Madero, Tapachula, Chiapas”, Clave: ID-1033 (2019), contó con financiamiento del Instituto de Ciencia, Tecnología e Innovación del Estado de Chiapas (ICTI). Los resultados estadísticos, así como las diferentes propuestas de mejoramiento de vivienda e introducción de infraestructura y equipamiento urbano pueden consultarse en Escamirosa *et al.*, 2020, “Reconstrucción del hábitat en comunidades rurales de Chiapas: caso de estudio Ocuilapa y El Encanto” (Online): www.AcademiaJournals.com y el Informe Técnico del proyecto (Escamirosa *et al.*, 2020), en Red Investiga ICTI (Online): <https://RedInvestiga.chiapas.gob.mx>.

dedicándose también al transporte y comercio de mercancías, así como a la producción de energía eléctrica, fluido del que abasteció a la ciudad de Tapachula hasta 1937, cuando el gobierno de Lázaro Cárdenas creó la Comisión Federal de Electricidad.

En los años finales del siglo XIX y las primeras décadas del siglo XX, la producción de café de las fincas situadas en las partes altas de la región soconusquense era llevada a Tapachula mediante mulas. Esta ciudad era el centro de acopio de toda la producción y allí se establecieron numerosas empresas que beneficiaban el grano: lo descascaraban, secaban, le quitaban el cascabillo, lo pesaban y encostaban. Don Bruno tenía intereses en todas las fases del proceso.

Una vez transformado en producto comercial rentable, ya que era deseado por un mercado creciente en Europa y los Estados Unidos, el café se transportaba en cientos de carretas tiradas por bueyes a través de la planicie que separa Tapachula de las playas del Pacífico, pasando por el pueblo de Mazatán, que era una estación de relevo de las yuntas, donde los animales que arrastraban las carretas desde Tapachula eran sustituidos por otros que completaban el trayecto hasta la playa de San Benito, donde don Bruno reconstruyó y agrandó el puerto de cabotaje que prestaba servicio al comercio de la región desde la época juarista. Cada carreta cargaba una tonelada de peso en mercancías, principalmente café, aunque también se exportaba carbón, sal, maderas y plátanos.²

El puerto consistía en un muelle de madera que se adentraba en el mar hasta donde podían fondear grandes “pangones”; cada una de estas embarcaciones era manejada por seis remeros y eran cargadas hasta con 10 toneladas. Mediante ellas, el café se hacía llegar hasta los barcos que anclaban a 3 kilómetros mar adentro para evitar encallar. Eran estos barcos los que llevaban el café a Nueva York, Hamburgo, Londres y otros grandes centros urbanos del mundo, donde el grano, originario de las mesetas etíopes, generaba nuevos hábitos de consumo, relaciones y uso del tiempo, a fines del siglo XIX. Cada barco era cargado hasta con 5 mil toneladas, cuenta don Tito Rivera, un anciano habitante de El Encanto, descendiente de uno de los fundadores del ejido Puerto Madero.

La llegada del ferrocarril a Tapachula en 1908, conectó a Soconusco con el resto del país e inició el declive del emporio de don Bruno, quien

2 Karl Helbig, geógrafo alemán que realizó sus estudios clásicos sobre la geografía de Chiapas en los años 60, informa, en un libro denominado *El Soconusco y su zona cafetalera en Chiapas* (1964: 114), que San Benito fue agrandado notablemente a partir de 1895, en pleno porfirismo. Fueron estas obras las que llevó a cabo don Bruno García, mismas que le permitieron operar la terminal portuaria como propiedad suya. Probablemente disfrutaba de una concesión dada por el gobierno de Porfirio Díaz, como en esos años se acostumbraba hacer, con miras a fomentar el desarrollo capitalista del país.

trató de mantenerse en el negocio de la transportación de mercancías construyendo un puerto similar a San Benito en la región de la Bocacosta guatemalteca, lugar al que llamaría Puerto Miniso. Para eso mandó traer todo lo necesario de Europa mediante el buque *Sisoste*, que tuvo la desgracia de encallar, perdiéndose así la inversión y acelerando la ruina final de don Bruno. Sus trabajadores mientras tanto sobrevivieron trabajando los predios de San José, Santa Rita y Juan Grande, que don Bruno les había concedido para mantenerlos cohesionados, dando así origen a la población y ejido de Puerto Madero, fundado en 1942. Fueron 42 familias las que fundaron la localidad, entre ellas, los hermanos Ernesto, Rafael, Ricardo y Humberto Estrada Vázquez, así como Francisco Sánchez Baños.

La economía de Soconusco siempre ha sido de tipo extractivo, de enclave, que consiste en producir riqueza que se exporta a otras regiones del país y del mundo, permaneciendo la población local y la región prácticamente sin cambios significativos o siendo estos de dinámica muy lenta, garantizando así su papel de productor de riqueza para beneficio de élites foráneas.

Sin embargo, durante los años 40 empezaron a darse algunas transformaciones en el paisaje regional. Para entonces los ejidos originales habían aumentado su población y recibieron ampliaciones de sus territorios; paulatinamente también se fue ampliando la infraestructura productiva con la construcción de sistemas de riego y caminos en la llanura costera, lo cual estimuló la diversificación agrícola, la fertilidad del suelo y el rendimiento del trabajo y la inversión.

En concordancia con la creación y ampliación de ejidos en la zona, que en buena medida fue una forma de quebrar el poder que los finqueros alemanes habían llegado a tener en Soconusco, una situación potencialmente peligrosa para el país y para los Estados Unidos en el contexto de la Segunda Guerra Mundial; el estado mexicano se embarcó en la creación de nueva infraestructura productiva en la región y en el mejoramiento de la ya existente. Entre 1947 y 1952, se construyeron sistemas de riego en Suchiate y Cacaohatán para la producción de cacao en casi 6 mil hectáreas. Hasta 1958, en el río Suchiate se habían irrigado siete mil hectáreas de suelos de aluvión y se tenía planeado hacer obras similares en los demás ríos de la región. Los sistemas de riego requirieron la construcción de puentes, bordos y canales que afectaron a los afluentes por la generación de sedimentos. Por otra parte, la deforestación siempre acompaña a las actividades agropecuarias y extractivas, que se incrementan con las vías de comunicación abiertas y con la construcción de sistemas de riego, acelerándose de esta manera el proceso erosivo de las cuencas, modificando los parámetros físicos, químicos y mecánicos de las corrientes de agua, lo cual afecta, por supuesto, otros niveles de los ecosistemas asociados, como los sistemas lagunares y las pampas y esteros.

En los años 60, el ya para entonces viejo camino férreo empezó a quedar obsoleto con la pavimentación de la carretera costera de Chiapas, que en 1964 enlazó de manera más expedita Tapachula y las demás ciudades de la costa, como Huixtla y Tonalá, con Tuxtla Gutiérrez y el resto de Chiapas y el país, haciendo que aumentara el tráfico de vehículos privados y de transporte de carga y pasaje, actividades todas ellas que permitieron el surgimiento de un sector terciario pujante, las tareas del gobierno crecieron y se diversificaron, el comercio se multiplicó.

En los años 70, cuando empezó la construcción de Puerto Madero (hoy Puerto Chiapas) y surgió “El Encanto”, se inició una política de desecación de pantanos y otros humedales en la costa de Chiapas, mediante drenes, rectificación de cauces, bordos y drenes colectores. El proyecto buscaba intensificar el uso del suelo con fines agrícolas, significando esto otro golpe muy fuerte para los ecosistemas lagunares por la extracción de agua de los ríos para el riego, modificando la topografía de la región.³

Los años 70, el estado benefactor

Los ex trabajadores de don Bruno, devenidos en ejidatarios en la localidad que decidieron llamar Puerto Madero, en honor del prócer de la revolución mexicana Francisco I. Madero, se volcaron a la pesca de camarón, cuya riqueza fue descubierta por 3 barcos japoneses que surcaron la costa soconusquense en 1945, en los inicios de la Segunda Guerra Mundial, con la misión de instalar una estación de radio en La Palma, municipio de Acapetahua⁴, así como explorar las aguas marinas y la costa, poniendo de relieve la gran abundancia de camarones, tiburones y especies de escama, que se alimentaban de la riqueza orgánica proporcionada por los numerosos ríos que bajan de las tierras altas de la serranía soconusquense. Posteriormente, en Salina Cruz, en el istmo de Tehuantepec, Oaxaca, se construyeron astilleros y se establecieron empresas pesqueras que operaban con lanchas y barcos.

En Chiapas, fue hasta 1970 que se organizó la extracción camaronícola, tiburonera y pesquera de Puerto Madero, con la creación de una cooperativa pesquera, el establecimiento de una escuela técnica pesquera y la construcción de una flota compuesta de siete barcos de 72 pies de eslora, que podían cargarse con 30 mil litros de diésel y 20 mil litros de agua. Las embarcaciones

3 La información de campo indica que los problemas de inundaciones en el área urbana de “El Encanto” se agudizaron cuando se pavimentó y amplió la carretera Tapachula-Puerto Madero, ya que se modificaron las pendientes naturales y los cauces de las escorrentías.

4 Los japoneses estaban instalados en El Soconusco desde 1897, cuando un grupo de 36 colonos fundó en Escuintla, la colonia Enomoto (Kerber Palma, 2017).

tenían una autonomía de 20 días e iban equipadas con 5 tripulantes y un equipo de 60 pies de boca en cada lado de la embarcación, además estaban provistas de un sistema de refrigeración en sus bodegas para congelar las especies capturadas. Tales barcos fueron el *Puerto Madero*, construido en Salina Cruz; el *Tapachula*, construido en astilleros de Veracruz; el *Chiapa de Corzo*, el *Tuxtla Gutiérrez* y el *San Cristóbal*, construidos en Topolobampo, Sinaloa y el *Bonampak* y el *Chamula*, armados en Mazatlán, también en Sinaloa.

Entre los primeros pescadores del puerto estuvieron Tereso Ramos y sus hijos Tereso, Natalio y Daniel Ramos López, originarios de Tapanatepec, Oaxaca, quienes pescaban con cayuco en la Laguna de Cabildos diversas especies de escama como mojarra, robalo y pargo; fueron ellos también quienes años después introdujeron el uso del trasmallo con mangas de diferente medida hechas de hilos de algodón del 9 y del 12 y con malla de punta de 3 y 4 dedos. Otros pescaban desde la playa con atarrayas y otros más utilizaban arpón en la captura de grandes robalos. Los primeros compradores de pescado en Puerto Madero fueron Manuel Chacón y Gonzalo Matías. Sin embargo, las obras de dragado del puerto cambiaron los parámetros físicos de las lagunas y sus aguas, ya que se introdujo agua de mar a ellas, al tiempo que disminuía y se degradaba el agua dulce que provenía de las montañas, a través de una extraordinaria afluencia de ríos que se formaban en la pluviosa serranía, favoreciendo la aparición y el predominio de nuevas especies y a la disminución y pérdida de otras.

Los primeros años de la década de los 70 fueron de bonanza para los pescadores, que llegaron a exportar 60 mil libras de camarón a San Francisco y San Diego, California, obteniendo con ello grandes ganancias. El negocio iba tan bien, que la empresa tenía además de su propia flota, 4 embarcaciones más en arrendamiento en participación con una empresa privada denominada Toyloca, con quien estaba en una asociación 45-55 (45% para la cooperativa y 55% para Toyloca). La empresa privada corría con los gastos de combustible, mantenimiento, equipos, además de pagar el salario del patrón y el motorista. La cooperativa pagaba el sueldo del winchero, que era el encargado de conservar el producto en estado óptimo para el mercado de los Estados Unidos, el marinero, que era el encargado de las redes y demás artes de pesca y del cocinero.

La pesca de tiburón fue también una actividad económica muy importante. Fue un tapachulteco de nombre Leoncio Molet Coutiño, cuyos padres eran comerciantes de muebles en esa ciudad, quien formó la primera cooperativa de pesca de altamar. Leoncio compró dos lanchas equipadas con motores estacionarios Lister, lo que las hacía lentas. Pescaban con cimbra, con anzuelos inadecuados de 20 centímetros de largo, que impedían atrapar los ejemplares más grandes, que lograban escapar después de enderezar los arpones con sus fuertes mandíbulas. Fue Leoncio quien trajo de Alvarado,

Veracruz a Justo Criollo, el primero que empezó a atrapar tiburones utilizando redes, que llevaba mediante lanchas hasta unos 50 kilómetros mar adentro. Llegaron a operar más de 600 lanchas de 25 pies de eslora y equipadas con motores fuera de borda de 75 caballos, cada una de las cuales hacía tres viajes a la semana a alta mar, y regresaban cargadas con hasta 2 toneladas de producto. Puerto Madero llegó a ocupar en esos años el primer lugar nacional en captura de tiburón. Hoy día la sobreexplotación ha terminado con la actividad, siendo necesario adentrarse hasta 300 kilómetros dentro del mar para atrapar algún ejemplar, haciendo incosteable su captura.

En 1975 se introdujeron redes agalleras, siendo los hermanos Hilario, Conrado y Héctor Hernández Villatoro, los primeros en ponerlas en uso. Por su parte, Yiyo, un veracruzano, fue el primero en utilizar ecosondas para localizar sitios de pesca, especializándose en la captura de huachinango, cherna, cabrilla, gallina y mero.

Además de la flota local, denominada “Sociedad Cooperativa de Producción Pesquera Puerto Madero”, a las aguas costeras chiapanecas llegaban barcos de las cooperativas “Progresista Istmeña”, que tenía 35 barcos, y “La Suriana”, con 26 embarcaciones, ambas tenían su base en Salina Cruz. También llegaban embarcaciones de Mazatlán y Topolobampo, Sinaloa.

Acorde con la bonanza, en 1972 el estado decidió impulsar la creación de un polo de desarrollo industrial en la zona, en donde debían instalarse compañías procesadoras de productos marinos, fábricas de harina de pescado y otras. Para ello, el gobierno federal expropió las tierras cercanas a la costa, despojando a los habitantes de Puerto Madero y a los rancheros de la zona de sus parcelas ejidales y propiedades agrícolas, que retornaron a la nación para que se construyera en ellas un puerto de altura, que debería, según el proyecto, constituirse en puerta de salida para la producción agropecuaria y de materias primas de Chiapas y en la entrada de mercancías provenientes de diversos países de la cuenca del Pacífico. No obstante nada de esto sucedió, o por lo menos no en la escala en que fue imaginado.

El puerto no ha sido operativo debido a que, a pesar de tantas obras para evitar su azolve, las fuertes olas que irrumpen desde el mar arrastran grandes cantidades de arena hacia la playa, disminuyendo su profundidad constantemente, evitando que las grandes embarcaciones, como los cruceros y trasatlánticos puedan atracar en sus muelles, limitando su operatividad a embarcaciones de bajo calado, como barcos pesqueros y yates privados.

Surgimiento de la colonia “El Encanto”

Las obras para erigir el puerto requirieron grandes cantidades de materiales de construcción, entre ellas el ladrillo de barro cocido. Fue así como se originó la colonia “El Encanto” en los primeros años de 1970, con obreros

de la construcción que llegaron en busca de empleo en las obras portuarias y que se quedaron a vivir en las zonas marginales y de mayor riesgo, como los potreros inundables cercanos al puerto, donde surgieron ladrilleras junto a la carretera de acceso al pueblo de Puerto Madero. Llegaron personas de todas partes de Chiapas y de otros estados del país, atraídos por la oferta de trabajo, entre ellos algunos que conocían el oficio de hacer ladrillos, e identificaron rápidamente la calidad óptima de los suelos aluviales de la zona, dando así comienzo a la elaboración de este material para surtir la demanda no solamente de las obras de Puerto Madero, sino también en Tapachula, que en esos años de abundancia también se expandía hacia sus periferias, con la apertura de nuevas vialidades y el mejoramiento de otras, así como nueva infraestructura y áreas habitacionales.

Los primeros ladrilleros eran gente que provenía de la colonia Morelos, a 4 kilómetros de allí. Entre los primeros estuvieron los Estrada, los Espinosa, los Molina, los Matías Urrea (Adolfo Matías y sus hijos Eleazar y Cesar Matías), Juan Carlos Flores Cabrera y Juan Cortés. De Tabasco llegó un individuo de nombre Román Soto Balmaceda, que hizo un contrato con la administración portuaria para surtirle de ladrillos. Don Román contrató a varios istmeños para hacerlos y así llegaron Isaías Pérez, Enefino López Castañón y Jorge López. Don Román era un capitalista que financiaba la producción y este contrato aumentó considerablemente su fortuna convirtiéndose en constructor. Hoy día sus hijos manejan una compañía constructora y tienen contratos para construir carreteras, “son muy ricos”, nos dice un residente de “El Encanto”.

La actividad atrajo también a peones sin trabajo fijo que deambulaban por los ranchos desempeñando diversas actividades no calificadas. Varios de estos peones ambulantes se establecieron en la colonia ya que encontraron un trabajo estable en las ladrilleras. En esos años, el paisaje del lugar estaba compuesto de diversos hornos de ladrillo dispersos en el zacatal de los potreros. Las primeras casas del pueblo fueron las chozas de los propietarios y peones de las ladrilleras, junto a los hornos y las áreas de secado de los ladrillos crudos.

Para 1989 ya existían 11 casas ocupadas por Juan Cortés y su familia, Isaías Pérez, Horacio Martín Urrea, Jesús Lastres, Vicente Zavala Vilchis, Isaías Zebadúa de León, Cecilio Cortés López, Agustín Cortés López, Elena Matías Urrea (hija de Horacio), Oscar Tercero, Juan García Soriano, y ese año se agregó Edi Chacón Flores, originario de Frontera Hidalgo. Los Cortés López, por su parte, son originarios de Huixtla.

El techo de las casas del lugar era de palma real, misma que se ha mantenido hasta la actualidad pese al creciente uso de láminas galvanizadas, por lo que tiene mucha demanda en la construcción. Es un material que producen los rancheros privados de la zona. Al día de hoy, noviembre

de 2019, el precio del millar de hojas es de \$3,000.00 pesos puestas en el lugar, por lo que el traslado debe costearlo el usuario. Para cubrir un metro cuadrado de superficie se necesitan 30 hojas, de manera que con un millar se cubren un poco más de 30 metros cuadrados. Las paredes y la estructura de las viviendas son de varillas de otate, que se compran a \$30.00 pesos la pieza. Las más gruesas y resistentes, que cumplen funciones estructurales, tienen un valor de \$60.00 pesos la pieza. Las vigas y tirantes de las casas son de madera de coco, que se vende aserrada a \$20.00 pesos el metro lineal o a \$200.00 pesos el árbol de 7 metros, de donde pueden obtenerse 4 polines de 8 x 8 cm. Es una madera muy dura que no se pica. También se usa bambú. Para evitar que se pique, el bambú debe cortarse al amanecer del cuarto día después de la luna llena, un periodo que los costeños llaman “luna sazona”.

Todas estas familias vivían de hacer ladrillos, miles diariamente, pero durante el gobierno de Manuel Velasco Coello (2012-2018), la administración del puerto construyó la barda para cercar los terrenos del parque industrial, los terrenos donde extraían la tierra quedaron protegidos por la barda, por lo que la fuente principal de ingresos de los pueblerinos del Encanto se extinguió, sometiéndolos a nuevas condiciones para lograr su reproducción. Hoy día subsisten dos o tres personas que aún se dedican a su elaboración, pero comprando la materia prima con los propietarios privados de las cercanías, que les venden camionadas de tierra, así como el combustible para quemarlo, la leña de mango.

El costo de 6 metros cúbicos de tierra es de \$1000.00 pesos, la madera de mango es a \$700.00 pesos la carga, y para quemar una hornada de ocho mil ladrillos se utilizan dos cargas; mientras que el costo de la mano de obra por hacer mil ladrillos es de \$400.00 pesos. El millar de ladrillos lo venden adelantado, a \$1000 pesos el millar, por lo que los verdaderos beneficiados con esta industria son los propietarios de las tiendas de materiales de Tapachula, que venden el producto a \$2300.00 el millar.⁵

Oficialmente la colonia es un ejido, un núcleo agrario que, por decreto, recibió tierras para su subsistencia y habitación. El territorio del ejido está dividido en tres fracciones separadas entre sí. Es decir, su territorio no forma una unidad geográfica continua, sino que son tres fracciones:

1. Agua Prieta, antes denominada Juan Grande, es una fracción de 50 hectáreas de tierras planas e inundables, que anteriormente fue un rancho perteneciente a un individuo de nombre Nibardo Betanzos, cedido por el gobierno a los colonos en 1992. En tiempo de secas, el

5 Precios de septiembre de 2019.

pantano se convierte en un potrero donde pastan algunas cabezas de ganado, y también subsisten algunas plantas de palma africana, pero como los terrenos son salitrosos estas casi no producen frutos, por lo que no constituyen una fuente de ingresos para los campesinos o si lo hacen es de manera muy marginal. Además, el terreno está en litigio con un grupo de personas de Puerto Madero, que mediante engaños y contubernios lograron escriturarlo a su favor, generándose así un conflicto legal por la posesión del predio. Un habitante del lugar, originario de un pueblo istmeño, refiere la existencia de una Asociación Civil Encanto Moctezuma A. C., fundada en 2006 para gestionar la regularización de la tenencia de la tierra.

En las áreas no salitrosas del predio prosperan muy bien los árboles de limón, de mango, de tamarindo, de guanábana, de anonas, de chicozapotes, mamey, papaya, marañón (nuez de la India), siendo incluso posible hacer plantaciones con estos productos, que tienen gran demanda en los mercados urbanos.

2. La Esperanza, una fracción de 19 hectáreas, originalmente propiedad de Elodia Pérez y adjudicado a los colonos en el año 2004. Dicho predio fue expropiado por el gobierno para incorporarlo al Parque Industrial de Puerto Chiapas.⁶
3. La Mansión, un predio de 21 hectáreas, cuya propietaria original era Manuela Barceló Cigarroa, adjudicado a la colonia también en el año 2004, pero al igual que el anterior, expropiado por el gobierno para incorporarla a la superficie del parque industrial.

Durante los pocos años que las tierras fueron suyas, cada colono disponía de 12 cuerdas de superficie, además de un lote urbano para edificar su vivienda. Pero como normalmente sucede, la mayoría de ellos, obligados por la necesidad vendieron sus derechos a los compañeros más afortunados. De manera que hoy día, de todas las familias que habitan la colonia, solamente 10 de ellas poseen tierras en la fracción Agua Prieta, por una extensión que va de 3 a 5 hectáreas por familia.

En el año 2007 lotearon el terreno donde se localiza el pueblo, dividiéndolo en cuadrículas de 20 x 20 metros (400 metros cuadrados), aunque hubo quienes obtuvieron lotes más pequeños.

A raíz de la reciente construcción del parque industrial, las ya de por sí tierras inundables en que se asienta la colonia se vieron aún más perjudicadas

6 El pueblo de Puerto Madero, que ha ido adquiriendo el carácter de ciudad paulatinamente, conserva dicho nombre, y se ha inventado el nombre de Puerto Chiapas, para la zona federal donde funciona el gobierno militar y civil del puerto y se localizan las instalaciones para que atraquen los barcos, el club de yates o Marina Chiapas y los polígonos destinados al uso industrial y comercial.

porque las inundaciones durante la temporada de lluvias se recrudecieron, haciendo que en esa época del año los habitantes del pueblo tengan que vender las casas cuando encuentran algún comprador, aunque lo más común es que los abandonen, emigrando a otros lugares y dejando las propiedades en manos de aquellos que deciden quedarse.

Breves historias de vida

Eva. Es originaria de Tuxtla Chico, de donde llegó ya casada a El Encanto en el año de 1985. Ella y su esposo son originarios de Frontera Hidalgo, donde trabajaban como peones temporales en los ranchos. Se establecieron en “El Encanto” porque allí encontraron trabajo fijo en una ladrillera. La casa donde actualmente viven la obtuvieron de una familia que emigró, dejándoles el terreno y la choza a cambio de una promesa de pago que nunca se cumplió.

Tito. Nació en Puerto Madero el 4 de octubre de 1938, por lo que es un hombre de más de 80 años, que sabe de memoria datos específicos de la historia de Puerto Madero y “El Encanto”. Él es hijo de un fundador de Puerto Madero, un ex trabajador de don Bruno García. Ha sido líder político y representante de México en foros sobre la actividad pesquera a nivel internacional. De Ecuador trajo don Tito, en 1973, el conocimiento para la cría de peces en forma comercial en granjas piscícolas. Fue representante de su organización, la Sociedad Cooperativa Pesquera de Puerto Madero, en un evento en el país andino, que en esos años también tenía una industria pesquera boyante, al igual que Perú. Tito fue fundador del Centro de Estudios Tecnológicos del Mar (CESMAR) número 24, ubicado en Puerto Madero. En la colonia su casa es amplia, construida con madera de coco, bambú, zacate y lámina galvanizada. En una espaciosa área techada vende frijol, maíz y otros granos y productos de abasto. Tito y su hija atienden a sus clientes y tiene además, en su patio, una instalación para la cría de mojarras, que las ha llegado a producir por miles, surtiendo la demanda local, ya que, a pesar de que los habitantes de este lugar tienen acceso a los esteros de la Laguna de Cabildos, se necesitan artes de pesca y peces que atrapar, y de ambos carecen, porque hace años que los esteros dejaron de producir, debido a que su estructura fue alterada por las obras de dragado del puerto y por la sobreexplotación de los recursos. Allí ha encontrado Tito una oportunidad para su producto.

Edi. De 73 años, nació en Rancho san Joaquín Cosalapa, municipio de Frontera Hidalgo, Chiapas. Es un hombre de frontera. Llegó a vivir a El Encanto en 1989.

Idolina. Tiene 60 años y es originaria de Revolución Mexicana, municipio de Villa Corzo, en el centro de Chiapas. El papá de Idolina era ladrillero en Revolución Mexicana y vino a trabajar en la elaboración de este material a El Encanto, Idolina tenía 14 años cuando llegaron en 1974. En la ladrillera conoció al que sería su esposo, quien la llevó a vivir a Tuxtla Chico unos años, regresando a El Encanto, donde actualmente viven.

Elena. Es hija de uno de los dos ladrilleros de la localidad que aún se dedican a dicha actividad. Es una familia amplia que tiene un solar grande en una esquina del pueblo, donde está el horno de ladrillos, la casa de paredes y estructura de madera y techo de lámina galvanizada, así como varios árboles frutales y un huerto de verduras. Ella es una gran gestora de equipamiento e infraestructura para la localidad. Está al frente de una empresa productora de agua embotellada que cubre la demanda del pueblo y de Puerto Madero. La empresa fue financiada por un beisbolista de grandes ligas a través de una organización religiosa norteamericana. Anualmente, la empresa es supervisada por miembros de la organización, que verifican que la producción cumple con las normas de higiene y manejo administrativo. Elena es además gestora del sistema de distribución de agua doméstica que en noviembre de 2019 empezó a dar agua entubada a los habitantes del pueblo. El agua de la empresa tanto como la del sistema proviene de pozos profundos, de manera que tanto la infraestructura requerida para la extracción, almacenamiento y distribución, así como la operación de la red, es muy costoso. De manera que la gestión del agua demanda un alto compromiso de Elena. Es a través de ella que las instituciones externas al pueblo, como el sistema municipal de agua de Tapachula o la Universidad Autónoma de Chiapas, se relacionan con la localidad. Su papel de gestora la convierte en intermediaria entre las instituciones externas y la sociedad local.

El Soconusco hoy

El Soconusco es el puente natural entre México y Centroamérica, ya que conecta tanto la costa del Pacífico como la zona montañosa de la sierra de Cuchumatanes y la Sierra Madre, los Altos y la Depresión Central de Chiapas. A través de los caminos que surcan esta región se introducen productos de abasto alimenticio, cervezas, alcohol, electrodomésticos, migrantes de todo el mundo que buscan llegar a los Estados Unidos, prostitución, drogas y armas. Algunas de estas mercancías van del norte hacia el sur y otras en sentido contrario. Las armas por ejemplo van del norte hacia el sur, lo mismo que los electrodomésticos, las cervezas, alcohol y productos agrícolas, mercancías que resultan más baratas en México que en Guatemala, por lo que comerciantes y contrabandistas entran a surtirse a México para

vender con un considerable margen de ganancias en los mercados de los Altos y en El Quiché, de donde provienen. Casi todas las demás mercancías, como drogas, migrantes, prostitución y personas, van del sur hacia el norte, buscando el “sueño americano”.

Si bien la región se integró al mercado mundial y atrajo a numerosa y diversa población del mundo, desde fines del siglo XIX, Tapachula tardó hasta fines de los años 30 y primeros de los 40 para convertirse en una ciudad (Camas Reyes; 1995: 36), conectada en esos años principalmente con el centro del país a través del ferrocarril y con ciudades del exterior a través de puerto San Benito (posteriormente Puerto Madero y hoy Puerto Chiapas). La comunicación con el centro de Chiapas era débil, ya que los caminos que lo conectaban con el centro de Chiapas apenas fueron cubiertos con terracería en 1932, el de la costa y en 1934 el de la sierra, que pasa por Motozintla, ambos siguiendo un trazo que data de tiempos coloniales y aún más atrás.

En la medida que se amplió la red de caminos y se incrementó la infraestructura productiva, también se amplió el área urbana con el surgimiento de nuevas colonias, situación que cobró mayor relevancia a partir de los años 70, periodo en el que, como hemos dicho líneas atrás, la región tuvo su época de bonanza. En el sector de servicios florecieron la venta de semillas mejoradas, empresas fumigadoras, venta de agroquímicos, bodegas, compañías de transporte. Muchos de aquellos que acudían atraídos por las ofertas de empleo se quedaron a vivir en Tapachula o sus cercanías, como hemos visto que pasó con “El Encanto”, una colonia fundada por migrantes procedentes de otras partes de Chiapas y del Istmo de Tehuantepec.

La industria cafetera también atrajo a la región a numerosos chinos, traídos como trabajadores para las empresas agrícolas pero que se independizaron rápidamente para dedicarse a actividades propias, en el área de los servicios y el comercio. Los japoneses también llegaron y fundaron una colonia en Escuintla. Alemanes, suizos, españoles, norteamericanos, libaneses, sirios, entre otros, también llegaron como empresarios, trabajadores calificados o comerciantes y se establecieron en la ciudad y en las fincas y pueblos de la región, de manera que se trata de una región y de localidades cuya población es muy diversa cultural, económica e ideológicamente.

Hoy día, Tapachula es una ciudad de entre 350 mil y 400 mil habitantes. En el censo de 2010 tenía oficialmente 320,451 habitantes, lo que la convierte en la segunda ciudad en tamaño de Chiapas, después de Tuxtla Gutiérrez, la capital estatal. Paralelamente, los problemas urbanos, ambientales, sociales, políticos, mejor dicho, de toda índole, también han ido creciendo y multiplicándose: colapso de infraestructura y equipamientos colectivos, demanda alta de viviendas y escasa producción, agotamiento, contaminación y pérdida de suelos agrícolas, surgimiento de plagas, inundaciones; degradación y

agotamiento de fuentes de agua, delincuencia organizada, pandillas, caravanas de migrantes; un pandemónium tanto en su acepción de confusión, ruido y gritos, como en la que significa “reunión de demonios”.

Las políticas neoliberales y las guerras desatadas por los Estados Unidos en Medio Oriente han destruido por completo las sociedades del tercer mundo, dejando a grandes contingentes de sus habitantes como única alternativa de supervivencia la emigración a Europa occidental y los Estados Unidos.

Así como el norte de África, Turquía y las fronteras orientales de Europa se han convertido en los principales puntos donde se contiene a los migrantes que pretenden llegar a las ciudades de capitalismo avanzado de Europa occidental; Soconusco, y particularmente la ciudad de Tapachula, se ha convertido en el punto estratégico para aplicar la política de contención a la migración que busca llegar a Estados Unidos. A México le toca jugar el papel de filtro y de receptor de los migrantes que los Estados Unidos se niegan a recibir. Recordemos que estas caravanas son producto de una política económica impuesta a las naciones débiles por Estados Unidos.

El Instituto Nacional de Migración estima que, tan solo de enero a junio de 2019, entraron a México a través de la frontera con Guatemala 460 mil migrantes indocumentados, la mayor parte de ellos a través de Tapachula. Los contingentes, si bien siguen siendo predominantemente centroamericanos, también están compuestos ahora por un gran número de personas de origen africano, árabe y asiático, lo que agrega los ingredientes que faltaban, el potencial peligro que entre ellos se escondan terroristas, así como amenazas a la salud.⁷

El doctor René Estrada Arévalo, un destacado miembro de la comunidad universitaria, tiene la preocupación de que a través de Soconusco llegue al país una pandemia de carácter global, y el estado mexicano carece de la infraestructura, el personal y los protocolos necesarios para enfrentarla. La tesis de este profesor de la UNACH se refiere a la conjunción de la gran riqueza de la biodiversidad del Soconusco, la cual, junto con el intenso flujo migratorio en todas sus modalidades -ilegal, temporal, de paso, etc.-, producen condiciones extremas de riesgo en salud. En un marco que considera a la salud como un bien público y universal y en el contexto de la seguridad

7 Durante los días en que se hizo el trabajo de campo que dio origen a este artículo, la noticia mundial con la que los noticieros de la TV y las agencias informativas nos saturaban diariamente era la amenaza del coronavirus de Wuhan, que para entonces ya había causado la muerte de cientos de personas en el transcurso de unas semanas. Un año después, el coronavirus se había cobrado la vida de más de 2 millones de personas alrededor del mundo, provocando además el colapso del turismo mundial y otras ramas de la economía asociadas al mismo, generando cambios en las condiciones laborales y en los sistemas educativos y de salud. La pandemia del coronavirus efectivamente, demostró que nadie estaba preparado para enfrentar una amenaza de tal magnitud.

nacional del país, propone que para proteger a la población migrante y residente de la región se establezca un blindaje sanitario para fortalecer la seguridad en salud en Soconusco.

Son tantos los aspectos que atender que rebasan la capacidad del gobierno para dar respuesta. Todo es urgente, el saneamiento de los ríos, esteros y lagunas; asegurar el abastecimiento de agua potable, mitigar o revertir el impacto negativo de los residuos sólidos, líquidos y gaseosos vertidos a los ecosistemas; disminuir la degradación de los suelos agrícolas; equipar a las localidades con servicios sanitarios, de salud, educación, cultura y capacitación. La emigración, la violencia criminal, las enfermedades...

BIBLIOGRAFÍA

- Camas, F. J.** (1995). "El crecimiento de la ciudad de Tapachula durante el siglo XX. Algunas reflexiones y resultados preliminares", en Villers Aispuro, Roberto (Coordinador), *Desarrollo Urbano y Ordenamiento del Territorio en Chiapas: Realidades, Prospectiva, Estudios y Acción*, Facultad de Arquitectura, UNACH, pp. 35-43
- Clark, J. E. y Blake, M.** (1993). "Los Mokayas", en Esponda Jimeno, Víctor Manuel (Compilador), *La población indígena de Chiapas*, Instituto Chiapaneco de Cultura, Gobierno del Estado de Chiapas, pp. 25-45.
- Del Carpio, C. U.** (2017). Soconusco, Chiapas. Transformaciones ambientales de origen antrópico. *Decumanus*, No. 2, Vol. 2, Octubre 2016-Octubre 2017, Instituto de Arquitectura, Diseño y Arte, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Chihuahua, México.
- Del Carpio, C.U.** (2018). Los mames y la formación de la frontera Cuchumatanes-Soconusco en el siglo XIX. *Mundo Amazónico*, 9(2): e65195. DOI:<http://dx.doi.org/10.15446/ma.v9n2.65195>
- Escamirosa, L. F., Del Carpio, C., Ocampo, M., Estrada, R., et al.** (2020). Informe Técnico: Propuesta de mejoramiento del hábitat de El Encanto, Tapachula, Chiapas. Instituto de Ciencias, Tecnología e Innovación del Estado de Chiapas (ID-1033). (Online): <https://RedInvestiga.chiapas.gob.mx>
- Escamirosa, L. F., Del Carpio, C., Ocampo, M. y Estrada, R.** (2020). Reconstrucción del hábitat en comunidades rurales de Chiapas: Caso de estudio Ocuilapa y El Encanto. *Investigación en la Educación Superior, Academia Journals*. Puebla, México, pp. 1061-1066. Online: www.AcademiaJournals.com.Tomo+09+-+Investigación+en+la+Educación+Superior+-+AJ+Puebla+2020.pdf (squarespace.com)
- Helbig, C.** (1964). *El Soconusco y su zona cafetalera en Chiapas*. Instituto de Ciencias y Artes de Chiapas, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.
- Kerber, V.** (2017). La primera comunidad japonesa en Chiapas, una utopía social a finales del siglo XIX. En *Relatos e Historias en México* No. 105, México (Online):www.relatosehistorias.mx

Diseño, construcción y costo de un sistema de colección de agua de lluvia cimbreada, para comunidades rurales excluidas

Design, construction and cost of a flexible rainwater collection system for excluded rural communities

—

Martín D. Mundo Molina
martin.mundo@unach.mx

Dulce Stefany Pérez Morales

Daniel Hernández Cruz

FACULTAD DE INGENIERÍA, UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIAPAS, MÉXICO



Para citar este artículo:

Mundo Molina, M. D. (2022)., Pérez Morales, D. S. ., & Hernández Cruz, D. . Diseño, construcción y costo de un sistema de colección de agua de lluvia cimbreado, para comunidades rurales excluidas. *Espacio I+D, Innovación más Desarrollo*, 11(30). <https://doi.org/10.31644/IMASD.30.2022.a04>

RESUMEN

En México, el suministro de agua a pequeñas comunidades rurales es un problema no resuelto. Diversas fuentes reportan que en zonas rurales existen más de 5.7 millones de mexicanos que carecen de agua entubada y 12 millones en todo el territorio nacional. Solo en el estado de Chiapas existen alrededor de 18,160 pequeñas comunidades rurales menores de 500 habitantes, la inmensa mayoría con escasez de agua. Una alternativa para corregir este déficit es la colección de agua de lluvia. Se han reportado en la literatura diferentes tipos de colectores de agua de lluvia domiciliarios (CALLD): CALLD de ferrocemento, CALLD con ladrillo tipo capuchino, tanques de polietileno de alta densidad semirrígidos, tanques de ladrillo o concreto a cielo abierto. Todos los CALLD deben de construirse con una capacidad por encima de los 21000 litros como mínimo, para suministrar agua durante la época de estiaje (solo para consumo humano), para familias formadas por 4 o 6 personas con dotaciones mínimas aceptadas por organismos internacionales; sin embargo, estos sistemas siguen siendo onerosos para comunidades rurales, especialmente las excluidas. En este artículo se presenta la descripción, el diseño hidráulico (basado en la ecuación de conservación de masa o continuidad), construcción y costo de un sistema de colección de agua de lluvia cimbreado (CALLDC) para comunidades rurales excluidas, que representa una opción técnica fácil de construir y más económica que las enunciadas en la literatura especializada.

Palabras clave:

Colección de agua de lluvia; comunidades rurales; suministro de agua potable; diseño de colectores de agua de lluvia.

— Abstract—

In Mexico, water drinking supply for small rural communities remains an unsolved problem. Several sources report that more than 5.7 million Mexicans lack access to drinking water in rural areas (more than 12 million people in the country). In Chiapas exists 18,160 rural communities, each with a population below 500 people, and most of them without access to drinking water supply. Specialized literature details different water collector models designed for homes that could solve this problem: ferrocement water collectors, brick water collectors “capuchino” kind, semi-rigid HDPE tanks, brick tanks, or uncovered concrete tanks. All of these must have a capacity above 21,000 liters as a minimum to supply water destined only for human consumption. Yet, these solutions remain costly for these rural communities, especially those sidelined. This article presents the description, hydraulic design (based on the continuity equation), construction, and cost of a rainwater collector system for sidelined rural communities that is an easy technical option to build and much more economical than those described in specialized literature.

Keywords:

Rain water collection; rural communities; drinking water supply; rainwater collector design.

La colección de agua de lluvia es una técnica arcaica utilizada por los pueblos de las culturas andinas, caribes y mesoamericanas. Estos pueblos colectaban el agua de lluvia a través de sistemas comunitarios o domiciliarios para variados fines, entre otros, agrícolas, limpieza doméstica, consumo humano y variados usos, como lo evidencian distintos estudios arqueológicos y algunos trabajos como los de Grazioso *et al.*, (2003) y Rojas (2009). Los pueblos mesoamericanos asentados en zonas donde el agua era escasa utilizaban las depresiones naturales del terreno para colectar el agua de lluvia, construían depósitos superficiales para almacenar agua. Los Mayas de Tikal, por ejemplo, utilizaron un reservorio de 57 000 m³ para almacenarla (Grazioso *et al.*, 2013) durante el Formativo Tardío (400 a.C.-200 d.C.). Se han encontrado evidencias del uso de tanques de almacenamiento domiciliarios en los palacios de la ciudad y en algunos sitios de su periferia (Grazioso *et al.*, 2013). Por su parte, los mayas peninsulares (MP) de Yucatán crearon otros tipos de colectores de agua de lluvia (CALL), como las rejolladas (bóveda de un cenote derrumbado) y los chultunes (Rojas, 2009). En Dzibilchaltún, Uxmal, Edzná, Chichén Itzá, Kabah Tulum existen suficiente certeza de la utilización de estas técnicas. Los MP tenían tres tipos de captación: Chen haltun, Nohaltun y Tsóno haltún. El Chen haltun era una técnica de colección de agua de lluvia para consumo humano; las otras dos podían usarse para consumo animal o con propósitos agrícolas (Rojas, 2009). Así, el antecedente mesoamericano de los colectores de agua de lluvia domiciliarios contemporáneos son los chultunes que actualmente se pueden apreciar en Edzna y Chichén Itzá. Los chultunes son cámaras subterráneas con forma de botella, constituidos por un sistema de captación y otro de almacenamiento (Rojas, 2009), como el que se puede ver en la Figura 1.



Figura 1. Chultún (Explore, 2020)

Desafortunadamente, las técnicas mayenses de colección de agua de lluvia de los MP no se sucedieron a los mayas continentales (MC) ni a sus descendientes (por ejemplo, las etnias mayenses contemporáneas de Chiapas). No

hay pruebas de técnicas similares en las ciudades mayas continentales de Guatemala y México, por ejemplo, en los palacios de Bonampak y Palenque, ni en las comunidades mayenses de Chiapas que se dispersaron por amplias zonas del Macizo Central, Montañas del Norte y la Selva Lacandona. Los grupos mayenses (o de otras etnias indígenas) desde su dispersión pos-hispánica y aún en la época moderna han colectado el agua de lluvia de forma rudimentaria, instalando recipientes de diversa geometría y volumen debajo de los techos de sus casas o utilizando las depresiones naturales. En el periodo pos-hispánico no se han encontrado evidencia de la construcción de jagüeyes artificiales, en las comunidades indígenas ubicadas en la Depresión y Meseta Central del Estado de Chiapas; esta técnica rural ha sido introducida en la contemporaneidad. Conviene destacar que hay un vacío cronológico, histórico, antropológico e hidráulico sobre el tema. No existe un documento monográfico expofeso que narre el origen mesoamericano, caribe o andino de la colección de agua de lluvia desde la época prehispánica hasta nuestros días.

Por otra parte, los primeros CALL u hoyas colectoras de agua de lluvia (HCALL) a cielo abierto construidas en Chiapas con algunos fundamentos técnicos, los impulsó la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) y posteriormente la extinta Comisión Estatal del Agua y Saneamiento (CEAS). Las HCALL en Chiapas se construyeron en las décadas de los 80's y 90's y cobraron relevancia porque fueron focos de contaminación y transmisión del cólera en la epidemia ocurrida al inicio de los años 90's. Las Se construyeron a cielo abierto y se contaminaron fácilmente con basura, acumulación de lodos, escurrimientos polutos (presencia de residuos de heces fecales). Se erigieron principalmente en pequeñas comunidades rurales (CR) de los Altos de Chiapas (AC), en zonas indígenas, con resultados desfavorables, porque facilitaron la trasmisión del cólera y de las denominadas enfermedades hídricas: diarrea, dermatitis, hepatitis A, gastroenteritis y fiebre tifoidea. Sin embargo, a pesar de ser fuentes de contaminación (Mundo, 2016b) en la actualidad se siguen construyendo, son parte de la política pública en el suministro de agua en las comunidades indígenas de los Altos de Chiapas. Así, de veinte HCALL estudiadas por Mundo *et al.*, (2016b) en los AC, todas se encontraron contaminadas con coliformes fecales (se sugiere ver la liga: <https://www.youtube.com/watch?v=MubN5zxytOw>). En este marco de estrechez (Mundo, 2016a), falta de agua y servicios públicos en los AC y en decenas de comunidades de la Selva Lacandona, se suscitó en 1994 el *levantamiento zapatista*, entre otros argumentos, por la pobreza extrema y centenaria de las comunidades indígenas de Chiapas y por las razones expuestas en De la Grange *et al.*, (1997); miseria aun no resuelta y expuesta al mundo en enero de 1994 por el Ejército Zapatista de Liberación Nacional (se sugiere ver la liga: <https://www.youtube.com/watch?v=w9PAV6jb9GM>).

Movidos por la situación de penuria extrema, falta de infraestructura, servicios médicos y la falta de agua (Mundo,2016c), las Organizaciones Internacionales Independientes (ONG) y los organismos internacionales intergubernamentales incrementaron su atención y asistencia a estas comunidades. Por tal razón, una comisión de la Food Agricultural Organization (FAO) arribó en mayo de 1994 a las instalaciones del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) para celebrar una reunión técnica en la que se propuso un proyecto y recorrido técnico por las principales comunidades indígenas de la región de los AC, para observar de forma directa la problemática del agua, su relación con la pobreza extrema, el saneamiento básico y las enfermedades hídricas. Después del recorrido y de los estudios preliminares de gabinete el panorama resultante fue desalentador: más de 18,160 pequeñas CR de los AC menores de 500 habitantes se encontraban en condiciones de indigencia y la mayoría sin suministro de agua.

Así, en agosto de 1994, se formalizaron los primeros proyectos para suministrar agua por medios alternativos (no convencionales) a pequeñas CR de los AC (Mundo,2016d). En este marco se editó el libro *Tecnologías Alternativas en Hidráulica* (Mundo *et al.*, 1997). Este fue el primer libro en México sobre “Tecnologías Alternativas en hidráulica”, en el cual se describen 13 tecnologías apropiadas para la captación, conservación, saneamiento e impulsión de agua para las CR. Con base a esta obra se construyó el primer gran colector de agua de lluvia comunitario (CALLC) en México, único en su tipo en América Latina, que se le otorgó en el año 2010 El International Award for Best Practices concedido por la Organización de las Naciones Unidas (ONU) y el Gobierno de Los Emiratos Árabes Unidos (se sugiere ver las siguientes ligas: <https://www.youtube.com/watch?v=zeIT2LobEqQ&t=137s> , <https://www.youtube.com/watch?v=MubN5zxytOw&t=114s>, <https://www.youtube.com/watch?v=dNhkPW2nYOU>). Así, en el año 2004 la Facultad de Ingeniería (FI) de la Universidad Autónoma de Chiapas (UNACH) creó el grupo de investigación “Hidráulica de ríos, cambio climático y tecnologías apropiadas”, quienes entre otras actividades se encargaron de dar seguimiento al CALLC construido en Yalentay, Zinacantán, Chiapas en 1999. Varios años después, en el año 2007 la FI de la UNACH construyó el primer colector de agua de lluvia domiciliario con ladrillo tipo capuchino en Chiapas, en el municipio de Zinacantán. Las adaptaciones técnicas al modelo del IMTA fueron en el campo de la mecánica de materiales y el análisis estructural, por ejemplo: se colocaron cinchos de varilla reforzando el primer tercio del colector considerando las aceleraciones sísmicas del estado de Chiapas, modelando el comportamiento de la estructura para empujes hidrostáticos, empujes hidrodinámicos y cargas externas transitorias. También se realizaron adaptaciones en la tapa del CALLD, se cambió el “arco bóveda” (constituido

en su forma original por dovelas) por una tapa horizontal. Por otra parte, se diseñó y colocó una columna (castillo) al centro del tanque para soportar el peso de la tapa para colectores de gran volumen (mayores a 40 000 litros).

Por otra parte, el Instituto Estatal del Agua (INESA) creado en diciembre de 2008 (nueve años después de haber sido construido el CALLC y uno año posterior a la construcción del CALLD en Yalentay), impulsó (varios años después de haber sido fundada) la construcción de CALLD de ferrocemento. Los tanques de ferrocemento se promovieron a finales de la década de los 80's e inicios de los 90's en Brasil y fueron reportados por FAO (2013). El INESA mal denominó a estos sistemas de colección "techos cuenca con ferrocemento". El término "techo cuenca" probablemente proviene de Anaya (1998) quien en el apartado 5.1.1.1 del documento "sistemas de captación de agua de lluvia" enuncia algunos sistemas de captación para zonas áridas y describe un techo de colección (techo cuenca) a dos aguas con la pendiente convergente hacia una canaleta central que colecta el flujo y lo conduce a una cisterna. Sin embargo, el término "techo cuenca" es un exceso, ya que la geomorfología de una cuenca, su tamaño, orden, densidad de corrientes, pendiente, entre otras variables, nada tienen que ver con la superficie, forma y pendientes de un techo colector como el que se describe en Anaya (1998). Así, los colectores de agua de lluvia que construyó y promovió el INESA en los AC en el primer lustro de la década de 2010 los denominó "techos cuenca con tanques de ferrocemento", los cuales ya se construían en el nordeste de Brasil donde son muy utilizados; la FAO (2013) los denomina "cisterna de placas de cemento", y consiste en un tanque o cisterna de forma cilíndrica recta, con la pared formada por malla electrosoldada o malla de piso y mezcla de cemento y arena previamente preparadas, como se observa en la Figura 2.



Figura 2. Colector de agua de lluvia de ferrocemento (SEDEPAC, 2021)

Quizá la aplicación más extendida de los CALLD de ferrocemento lo realizó la extinta Secretaría de Infraestructura (SI) de Chiapas, con el fin de abastecer del vital líquido a la comunidad indígena de Jech-Chentic en Zinacantán. En esa comunidad se proyectó para construir 241 CALLD de ferrocemento (desde 5 hasta 30 m³) en el año 2013, para abastecer a 2148 personas, con una dotación de 20 l/hab/d.

2. PROBLEMÁTICA

En México, de acuerdo a datos de la CONAGUA (2016) la cobertura nacional de acceso al agua entubada en viviendas era de 97.2% en áreas urbanas y de 85.0% en áreas rurales. Si en el año 2015 vivían en el territorio nacional 95.08 millones de personas en zonas urbanas y 26.82 millones en zonas rurales, esto significa que 2,662,240 personas carecían de agua entubada en poblaciones urbanas y 4,023,000 en comunidades rurales. Sin embargo, esta información es dudosa. Por ejemplo, el informe del CONEVAL (2016) reportó que 5,629,600 personas que vivían en zonas rurales carecían de agua entubada, es decir, casi 30% más respecto a los datos de la CONAGUA (2016). Por otro lado, FES (2017) afirmó que 12 millones de mexicanos no tenían agua entubada en todo el territorio nacional. Estas cifras contrastan con los 6,685,240 que reportó la CONAGUA en el año 2016.

Por otra parte, solo en el estado de Chiapas la inmensa mayoría de las 18,160 pequeñas comunidades rurales menores de 500 habitantes que tiene la entidad, carece de agua. Este problema se magnifica en cientos de pequeñas comunidades indígenas dispersas, que se ubican en las zonas altas del Estado (Mundo, 2016c) y en miles de pequeñas comunidades rurales mestizas del país, especialmente aquellas que se encuentran alejadas de fuentes superficiales de agua o que están dispersas a través del territorio nacional. El suministro de agua por métodos convencionales a pequeñas comunidades rurales es un problema aún no resuelto, por las siguientes razones: 1. Ausencia de fuentes superficiales y/o subterráneas cercanas a las comunidades, 2. Dificultades técnicas como: falta de caudal suficiente o agua subterránea muy profunda con desconocimiento del gasto, 3. Problemas económicos: falta de recursos financieros para desarrollar la infraestructura de agua potable necesaria en miles de comunidades rurales del país, 4. Aspectos topográficos: muchas comunidades rurales se ubican en zonas con relieve de difícil acceso y casas muy dispersas. Así, una alternativa de solución que no requiere fuentes superficiales o subterráneas de agua, que puede construirse en comunidades con alta dispersión de los villorrios, que minimiza la contaminación del medio ambiente, no emite gases de invernadero, no es onerosa y puede instalarse en casi cualquier latitud donde llueva el promedio de la media nacional (incluso promedios menores) es la colección de agua de

lluvia domiciliaria a través de colectores cilíndricos cimbreantes (CALLDC). En los siguientes apartados se presenta el diseño hidráulico, el proceso construcción y el costo de un CALLDC para comunidades rurales excluidas.

3. COLECTORES DE AGUA DE LLUVIA DOMICILIARIO RÍGIDOS Y SEMIRRÍGIDOS

3.1 CALLD rígidos

El CALLD es una alternativa para minimizar la problemática de suministro de agua potable domiciliar a través de la colección de agua de lluvia en comunidades rurales (Mundo *et al.*, 2015; Mundo, 2018). En las figuras 2 y 3 se muestran dos CALLD cilíndricos rígidos. Éstos se pueden construir de ferrocemento (figura 2) o con ladrillo tipo capuchino, reforzado con malla de piso y repello de concreto (figura 3). El CALLD rígido de la figura 3 fue construido en una comunidad indígena de los AC (Mundo, 2017a) con una capacidad de 5,000 litros. Ambas son muy eficientes, durables y se pueden construir con capacidades superiores a los 50,000 litros. Sin embargo, sigue siendo una alternativa onerosa. Por esa razón se continúa investigando y ensayando diferentes tipos de materiales, con el fin de abaratar los costos, aumentar la durabilidad y el volumen de colección.



Figura 3. CALLD rígido tipo capuchino

3.2 CALLD semirrígidos

Los tanques semirrígidos de polietileno de alta densidad que se usan para almacenar agua y otro tipo de líquidos industriales, también pueden ser utilizados para colectar el agua de lluvia. Son tanques comercializados por diversos fabricantes. Son resistentes, pueden almacenar agua por un tiempo largo sin contaminarla y tiene una vida útil que en algunos casos rebasa los 20 años. Sin embargo, si se compara con los CALLC rígidos que tienen mayor durabilidad y pueden diseñarse para almacenar volúmenes superiores a los 25,000 litros, el costo de los CALLD semirrígidos sigue siendo elevado. En la tabla 1 se puede ver el valor económico de los diferentes tipos de colectores enunciados, tomando como referencia volúmenes entre 21000 y 25,000 litros.

Tabla 1

Costo en pesos mexicanos (con IVA incluido) de los colectores de agua de lluvia domiciliarios

Tanque semirrígido de polietileno de alta densidad, marca Rotoplas	CALLD tipo capuchino	CALLD de ferrocemento
93,242.00 ^a	96,750.68 ^b	111,263.37 ^b

a: El costo del Rotoplas de 25000 litros fue recuperado de: https://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-556949638-tanque-industrial-rotoplas-25000-l-cisterna-tinaco-_JM#position=6&type=item&tracking_id=4d91b326-f2d8-44e3-ac38-53776a473ea4. b: Los costos de los CALLD tipo capuchino y ferrocemento está asociados a un volumen de 21 000 litros; fueron elaborados por el primer autor, con precios de abril del año de 2020 e incluyen los siguientes conceptos: limpieza, trazo nivelación del terreno, construcción, materiales y mano de obra.

4. COLECTOR DE AGUA DE LLUVIA DOMICILIARIO CIMBREANTE

4.1 Descripción

Los CALLDC como los que se muestran en las figuras 4, 5 y 6 son una alternativa económica y sencilla para disminuir la problemática del suministro de agua a pequeñas comunidades rurales excluidas. El proceso constructivo de los CALLDC es más sencillo y económico que los CALLD rígidos. El CALLDC es un depósito cilíndrico que se construye con malla electrosoldada 66/4-4 con alambres laminados en frío (trefildados), recubierta de geomembrana de plástico flexible de 1.5 o 2 mm de espesor, que puede almacenar hasta 250,000 litros de agua sobre la superficie (figura 5) o de forma subterránea como se observa en la figura 6. El sistema cuenta con una bajada hidráulica que recibe el agua de la canaleta que pende del techo de la casa (figura 7).



Figura 4. Colector de agua de lluvia domiciliario cimbreante de 1,500 litros



Figura 5. Colector de agua de lluvia domiciliario cimbreante de 50,000 litros



Figura 6. Esquema del CALLD subterráneo, cimbreante de 50,000 litros

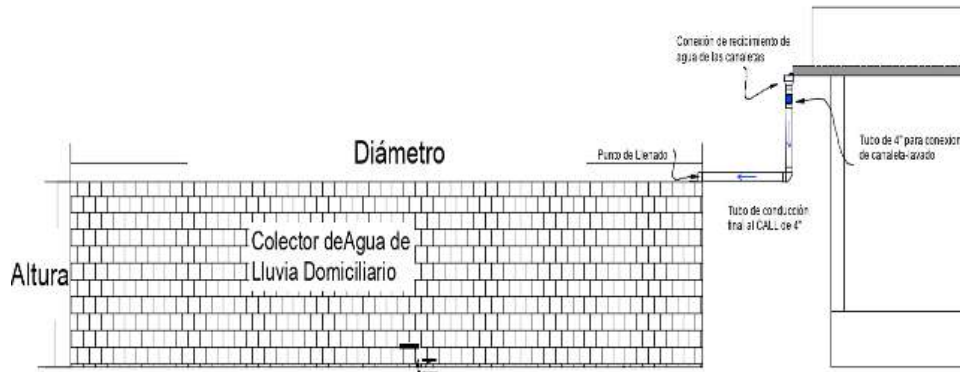


Figura 7. Esquema del CALLD cimbreado, canaleta y bajada de aguas pluviales

5. MATERIALES Y MÉTODO

5.1 Materiales

Los materiales que se utilizan en la construcción del CALLDC son los siguientes: geomembrana de alta densidad de 1.5 o 2 mm de espesor. La cantidad de geomembrana se estima con la suma de las áreas del cilindro. Por lo tanto, la superficie total de la geomembrana será un 10% superior a la suma de las siguientes áreas del CALLDC: a. Área de la base, b. Área toriesférica de la tapa (forma de casquete) y c. Área del cilindro. Los datos para estimar el área total de la geomembrana: D, h y L, se enuncian al final de este apartado. Así, r, D y h son el radio, el diámetro y la altura en metros del CALLDC, respectivamente. L es la jareta de la tapa en metros, como se observa en la figura 8. El área total de la geomembrana se estima con la siguiente ecuación:

$$A_t = \{\pi r^2 + [(0.31514)\pi D^2 + (\pi DL)] + (\pi D)(h)\} \{1.10\} \quad [1]$$

Donde, 0.31514 es una constante de la ecuación, r y D son el radio y el diámetro del CALLDC en metros, respectivamente. L en metros es la jareta de la tapa, como se observa en la figura 8.

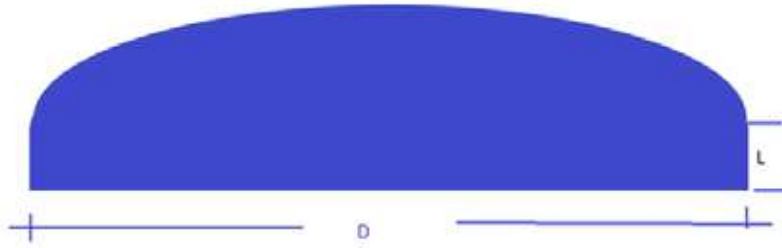


Figura 8. Tapa con superficie toriesférica

De acuerdo a la ecuación [1] la superficie total de geomembrana es 55.70 m². Una buena parte de la geomembrana cubrirá el cuerpo de cilindro, el cual se forma con la malla electrosoldada 66/4-4, cuyo perímetro (Per) se estima con la ecuación [2]:

$$P_{cr} = (\pi D)(1.05) \quad [2]$$

El valor de 1.05 representa el factor de traslape. La altura de la malla electrosoldada 66/4-4, para el caso bajo estudio es de 2 metros. El número de vástagos y varillas flexibles para formar la tapa del CALLDC se estiman dividiendo el resultado de la ecuación [2] entre dos, más uno, es decir:

$$\text{No de vástagos} = \frac{\pi D}{2} + 1 \quad [3]$$

En todo el perímetro del cilindro se colocan los vástagos de acero galvanizado de 3 m de longitud y una pulgada de diámetro, a cada 2 m, enterrados 0.5 m, amarrados a la malla electrosoldada 66/4-4. En cada vástago se coloca una varilla flexible para formar la tapa del CALLDC. A la geomembrana de la tapa deberá colocársele anillas metálicas de 0.5 a 1 pulgada de diámetro a cada 20 cm, con el fin de sujetarla al cuerpo del cilindro con alambre metálico flexible e inoxidable. Otras herramientas necesarias para las labores de limpieza y excavación del sitio del proyecto son: coas, machetes, rastrillos, picos, palas y carretilla, óxido de calcio, estacas, tramo de bramante de 2.5 m.

5.2 MÉTODO

5.2.1 Diseño hidráulico del CALLD cimbreado

5.2.1.1 Volumen máximo de almacenamiento

Supóngase que se desea suministrar agua para consumo humano, a una familia compuesta por 5 personas en una pequeña comunidad rural excluida, que tiene un promedio de precipitación anual normalizada P=800 mm. Después de

realizar una encuesta de consumo per cápita se determina que la dotación es de 23 l/hab/d. Se desea suministrar agua para consumo humano durante todo el periodo de estiaje que dura 6 meses. Para el diseño hidráulico del CALLDC se utiliza la ecuación de continuidad [4]. La notación diferencial de esta ecuación expresa que la tasa de cambio del volumen (V) del CALLDC respecto al tiempo es igual a la tasa de cambio del caudal (Q) respecto al tiempo, en un instante “t”:

$$\frac{dV}{dt} = \frac{d}{dt}Qt \quad [4]$$

La ecuación 4 también se puede escribir como:

$$dV = Qdt \quad [5]$$

Por lo tanto, el volumen total del CALLD se obtiene integrando la ecuación [5]:

$$\int dV = \int Q dt \quad [6]$$

Es decir:

$$V = Qt_a \quad [7]$$

Al integrar [7]: V es el volumen máximo del CALLDC en m³, Q es el caudal promedio en m³/d durante el tiempo de almacenamiento t_a (en días). Sin embargo, el volumen total (V) de la ecuación [7] depende de la dotación diaria per cápita (D) en m³/hab/d, del número de personas que forman la familia (H) y del tiempo de almacenamiento máximo (t_a) en días, es decir:

$$V = DHt_a \quad [8]$$

Entonces, el volumen máximo de almacenamiento del CALLDC, para una familia de 5 personas, con una dotación de 23 l/hab/d para la época de estiaje es:

$$V = (23 \text{ l/hab/d}) (5 \text{ hab}) (180 \text{ d}) = 20.7 \text{ m}^3$$

Este volumen lo satisface un CALLD con una altura h igual a 2 m y un diámetro de 3.63 m. La altura L de la jareta es de 0.39 m.

5.2.1.2 Caudal promedio necesario para obtener el volumen máximo del CALLDC

Sustituyendo la ecuación [8] en [7] y despejando Q se tiene:

$$Q = DH \quad [9]$$

Por lo tanto, el caudal promedio diario (Q) necesario para satisfacer el volumen máximo del CALLDC es: 115 l/d. Para garantizar que la precipitación promedio anual normalizada (P) en la zona del proyecto y la superficie de colección del techo de la casa (A_c) son suficientes para satisfacer la demanda durante toda la época de estiaje, se tiene que cumplir la desigualdad asociada al caudal de escurrimiento promedio del techo (Q_{et}) respecto al caudal promedio diario (Q) requerido por la familia, considerando P, entonces:

$$Q_{et} > Q \quad [10]$$

5.2.1.3 Caudal promedio de escurrimiento del techo (Q_{et})

De la ecuación [7] se tiene que:

$$Q = \frac{dA_c}{t_a} \quad [11]$$

De la ecuación [11] se obtiene la ecuación de continuidad:

$$Q = vA_c \quad [12]$$

Donde v es la velocidad y A_c es la superficie de colección. Como se sabe, la tasa de precipitación anual normalizada (P) tiene unidades de velocidad, por lo tanto, se puede asumir que:

$$v \sim P \quad [13]$$

Y si además el caudal Q de la ecuación [12] asociado al A_c del techo colector se denota como Q_{et} , entonces sustituyendo [13] en [12] se tiene:

$$Q_{et} = F_s P A_c \quad [14]$$

Donde:

P = Precipitación media anual normalizada (m/a).

A_c = Área de colección en el techo de la casa (m^2).

F_s = Factor de seguridad de P (el F_s es igual a 0.80).

Q_{et} = Caudal promedio de escurrimiento del techo (m^3/a).

Sustituyendo los datos correspondientes en la ecuación [14] se tiene que:

$$Q_{et} = (0.80)(0.8 \text{ m/a})(200 \text{ m}^2) = 128 \text{ m}^3/a$$

Por lo tanto, el caudal promedio diario Qet es igual a 350.68 l/d. Retomando la desigualdad [10], se prueba que:

$$350.58 \text{ l/d} > 115 \text{ l/d}$$

Esto significa que la precipitación promedio anual normalizada y el área del techo colector de la casa son aptas para suministrar el volumen demandado por la familia compuesta por 5 personas.

5.2.1.4 Área mínima de colección del techo

El área mínima (A_{cm}) del techo colector se obtiene de las ecuaciones [9] y [14]:

$$A_{cm} = \frac{DH}{F_s P} \quad [15]$$

$$A_{cm} = \frac{(8.935 \text{ m}^3 \text{ a}^{-1} \text{ hab}^{-1})(5 \text{ hab})}{(0.80)(0.8 \text{ ma}^{-1})} = 65.59 \text{ m}^2$$

Como se puede ver, los 200 m² de casa de la familia (del caso bajo estudio), son suficientes para garantizar el llenado del CALLDC.

Por otra parte, en la literatura especializada se le asigna un factor arbitrario de 0.80 a la constante F_s de la ecuación [15], que considera una posibilidad del 20% de reducción de la precipitación anual normalizada (P). Sin embargo, F_s es distinto en cada sitio de estudio y depende de la variabilidad climática (Mundo, 2018). Por lo tanto, la ecuación [15] se debe reescribir como:

$$A_c = \frac{DH}{F_c P} \quad [16]$$

Donde F_c es el factor de variabilidad climática de la zona de estudio. Se destaca que no se puede hablar de variabilidad climática de una zona (como muchos estudios lo hacen) sin antes comprobar que dicho cambio o variabilidad existe. Esta comprobación se debe realizar con datos de las estaciones meteorológicas de la zona (no basta con una o dos) y deben ejecutarse con los métodos que para el caso existen. Por lo tanto, la variabilidad climática o cambio climático (F_c) expuesto como “factor climático” en la ecuación [16] debe comprobarse mediante el análisis detallado de las series temporales de las estaciones meteorológicas cercanas a la zona de estudio. De acuerdo a la Organización Meteorológica Mundial (OMM), para zonas montañosas deben tenerse registros diarios mínimos de 50 años de P y para valles 30 años. De igual modo deben rellenarse los datos faltantes de acuerdo a las sugerencias establecidas en Mundo (2017b). Es indispensable verificar

la homogeneidad de las estaciones meteorológicas utilizando el “Standar Normal Homogeneity Test” (SNHT), método de Von Neumann o método de Buishand. Es necesario realizar el análisis de las anomalías de P y las tendencias de incremento o decremento de P en las series temporales, antes de afirmar que existe cambio climático en la zona bajo estudio, como se muestra en Mundo (2017b). De este modo debe estimarse el valor de F_c de la ecuación [16].

5.3 Proceso constructivo

Considerando que la altura a la que se encuentra la canaleta es de 2 m (desde el piso) y que el volumen de agua que debe almacenarse es de 20 700 litros, el diámetro del CALLDC se estimará con la siguiente ecuación:

$$D = \sqrt{\frac{4V}{\pi h}} \quad [17]$$

Por lo tanto, el diámetro del CALLDC resulta 3.63 m. El área correspondiente a ese diámetro es de 10.34 m². Con base en este dato se debe de realizar una limpieza exhaustiva en el sitio del proyecto en una superficie circular superior a 10.34 m², desbrozando, quitando lajas, piedras, cantos y guijarros en la zona del proyecto. Luego se debe colocar en el centro del área una estaca amarrada a un bramante de 2.5 m. Se tensa el bramante una longitud de 1.815 m. Luego se amarra una segunda estaca y con la punta (en contacto con el piso) se marca en el suelo la circunferencia del CALLDC. Posteriormente se debe esparcir óxido de calcio sobre la marca para destacar el perímetro. Si el suelo es arcilloso se recomienda realizar una excavación en el área marcada, con una profundidad mínima de 0.30 m. Con el fin de mejorar la resistencia del suelo, se rellena la excavación con una capa de caliche de 0.20 m de espesor y se apisona con una “bailarina”. Después se coloca una capa de 5 cm de arena fina sin compactar. Sobre esa superficie se extiende la geomembrana de polietileno de alta densidad de 1.5 o 2 mm de espesor. Sobre la geomembrana colocada en el piso y en uno de los extremos más accesibles para la disposición de agua, se coloca un tramo de tubería de Fo.Go de media pulgada de diámetro, con sus accesorios correspondientes para construir un grifo y disponer del agua del CALLDC. Se recomienda que la altura del grifo en el exterior del cilindro sea de 1 m (para la comodidad del usuario en la disposición del agua). Justo en el perímetro de la excavación del CALLDC se coloca la malla electrosoldada de 66/4-4, formando un cilindro de 3.63 m de diámetro por 2 m de altura. Se amarra de manera correcta el traslape (al cuerpo del cilindro), utilizando alambre flexible galvanizado. Se colocan los vástagos de 1 pulgada de diámetro a cada 2 m, en posición vertical

(enterrándolo 0.5 m), utilizando un nivel de mano para garantizar su verticalidad, sujetando cada vástago, con alambre flexible al cuerpo del CALLDC (malla de contención de acero galvanizado). Luego, se colocan las varillas flexibles, en forma de dovelas, para formar la tapa toriesférica, sujetando las varillas a cada vástago y tendiéndolas hacia el centro de la circunferencia de dicha tapa, atando las puntas de forma rígida para formar la cubierta. Se cubre el cuerpo del cilindro al interior del mismo, con la geomembrana, estirándola, para evitar arrugas, sujetando dicha geomembrana a los bordes del cilindro con alambre flexible galvanizado, utilizando las anillas metálicas expofeso. Se cubre la tapa con la geomembrana, amarrando la jareta a través de las anillas metálicas al cuerpo del cilindro.

6. COSTO DEL CALLDC

El costo de construcción para una CALLDC se desglosa a continuación.

Tabla 2

Costo del CALLDC, con precios cotizados en mayo de 2020

CONCEPTO	Unidad	Costo parcial (\$)	COSTO (\$)
Limpieza, trazo, nivelación del área del proyecto.	3.63 m ²	12.65	45.91
Suministro y colocación de la malla electrosoldada 66/4-4, considerando 5% de traslape.	$(\pi)(3.63 \text{ m})(1.05)$ (2 m de h) = 23.95 m ²	66.41	1590.52
Suministro y colocación de la geomembrana de 1.5 mm de espesor.	65.59 m ²	66.41	1665.60
Costo de 65.59 m ² de geomembrana de 1.5 mm de espesor.	65.59 m ²	130	8526.70
Rollo de malla electrosoldada 66/4-4 (40 m x 2.50 m).	1	6790	6790
6 vástagos de tubería galvanizada 2 pulgadas (3 M/cal-22/10).	1 paquete de 10	2780	2780
Costo de varillas flexibles para la tapa del CALLDC.	1 paquete de 10	1789	1789
TOTAL			23,187.73

El costo de CALLDC es casi 3.5 veces más económico que el más barato de los CALLD mostrados en la tabla 1.

7. CONCLUSIONES

En México existen más de 5.7 millones de mexicanos en zonas rurales que carecen de agua entubada y más de 12 millones en todo el territorio nacional. Solo en el estado de Chiapas hay más de 18,160 pequeñas CR menores de 500 habitantes, la inmensa mayoría con escasez de agua. Una opción para disminuir el problema de la insuficiencia de agua en éstas CR excluidas es la

colección de agua de lluvia. En este trabajo se presentó el diseño hidráulico de un colector de agua de lluvia domiciliario cimbreante, de gran capacidad, sencillo de construir y económico, con el fin de coadyuvar a la solución del suministro de agua en las comunidades rurales del país. La fundamentación física del diseño hidráulico es el principio de continuidad en su versión cinemática y volumétrica. Se presenta además, de forma sucinta, el proceso constructivo del CALLDC y un análisis de costo, demostrando que con el CALLDC se pueden almacenar grandes volúmenes a un costo bajo (3.5 veces menor que los colectores semirrígidos y rígidos, descrito en este documento). A modo de reflexión final se detectó la necesidad de evaluar en campo la durabilidad de la geomembrana expuesta de forma casi permanente al deterioro que produce la radiación solar. De acuerdo a LG (2017), la garantía estándar de la geomembrana Enviro Liner® 6000x es de 10 años (extendida a 25 años en algunas aplicaciones aprobadas). Este tipo de geomembrana ha sido creada para ofrecer buena resistencia contra los rayos UV. Sin embargo, debe destacarse que la descripción anterior es la que el proveedor arguye. Habrá que realizar los experimentos de campo correspondientes, tanto para los CALLDC construidos sobre la superficie como para los subterráneos, con el fin de comprobar lo afirmado en la ficha técnica correspondiente.

REFERENCIAS

- Anaya, G. M.** (1998). *Sistemas de colección de agua de lluvia para uso doméstico en América Latina y el Caribe. Manual Técnico*. Agencia de Cooperación Técnica IICA-México. México.
- CONAGUA.** (2016). *Estadísticas del agua en México*. Comisión Nacional del Agua. México, D.F.
- CONEVAL** (2016). La carencia por acceso a los servicios básicos en la vivienda: evolución 2010-2016 y apuntes sobre el acceso al agua en el medio rural. *Informe del Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL)*. https://www.coneval.org.mx/Medicion/MP/Documents/Pobreza_16/Notas_Pobreza_2016/Documento_servicios_basicos_2010-2016.pdf
- De la Grange, B., Rico, M.** (1997). *Marcos, la genial impostura*. Ed. Nuevo Siglo Aguilar. Ciudad de México, México.
- Explore.** (2020). *Cisternas mayas para recolectar agua: Chultunes*. <http://www.explore.mx/cisternas-mayas-para-recolectar-agua-chultunes/>
- Friedrich- Ebert-Stiftung.** (2017). El agua en México. Actores, sectores y paradigmas para una transformación social-ecológica. Friedrich-Ebert-Stiftung (FES). *Proyecto Regional Transformación Social-Ecológica*. Ciudad de México. México.
- Grazioso, S.L., Scarborough, L.V.** (2013). Control del agua por los antiguos Mayas: El sistema hidráulico de la ciudad de Tikal. *Contributions in New World Archaeology*. Vol.5: 39-56.
- LG.** (2017). Geomembrana fortificada Enviro Liner 6000x. Datos técnicos y especificaciones. LayField Group (LG). *Environmental Containment*. https://www.layfieldgroup.com/Content_Files/Files/Brochures/EL-6000-Technical-Booklet-SP-2017-Version-2-0-Low-Res-Electronic.pdf?ext=.pdf
- Mundo, M.M., Martínez, A.P., Barrios, H.L., Delgado, B.J.A.** (1997). *Tecnología Alternativas en Hidráulica. Guía técnica para la selección*. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Jiutepec, Morelos, México.
- Mundo, M, M; Oseguera Solórzano, L. M.** (2015). Casa sustentable y tecnologías apropiadas asociadas, para minimizar la pobreza elevar el nivel de vida de las comunidades indígenas y conservar el medio ambiente en México. *ESPACIO I+D, INNOVACIÓN MÁS DESARROLLO*, 4(7). <https://doi.org/10.31644/IMASD.7.2015.a03>
- Mundo- Molina, M.** (2016a). [UNACH Facultad de Ingeniería]. (10 de mayo de 2016). *Una reflexión sobre la pobreza*. [Archivo de video]. Recuperado de: <https://www.youtube.com/watch?v=w9PAV6jb9GM&t=123s>

- Mundo-** Molina, M. (2016b). [UNACH Facultad de Ingeniería]. (10 de mayo de 2016). *Sistema alternativo para la dotación de agua potable*. [Archivo de video]. Recuperado de: <https://www.youtube.com/watch?v=MubN5zxytOw&t=114s>
- Mundo-** Molina, M. (2016c). Supplying System for Drinking Water to Small Rural Communities with Zero Greenhouse Gasses: Sixteen Years of Experiences in Mexico. *Journal of Water Resource and Protection*, 8, 1044-1052.
- Mundo-** Molina, M. (2016d). Aspectos ontológicos de la tecnología y método de transferencia, casos de estudio: El colector de agua de lluvia y la casa sustentable para comunidades indígenas. *Espacio I+D Innovación y Desarrollo*, Vol. V, Núm. 10.
- Mundo**, M.M. (2017a). *Cisterna tipo capuchino: para suministrar agua potable a comunidades indígenas*. Informe interno inédito. Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Chiapas. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.
- Mundo**, M.M. (2017b). Análisis de los procesos cíclicos de enfriamiento-calentamiento y anomalías de las temperaturas máximas y mínimas de la estación meteorológica 07205 ubicada en la meseta comiteca de la RH Grijalva Usumacinta, en el marco de la inestabilidad climática global. *La cuenca del río Usumacinta desde la perspectiva del cambio climático*. (pp. 33-55). Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Jiutepec, Morelos, México.
- Mundo-** Molina, M. (2018). Diseño y estimación del área de colección mínima de un colector de agua de lluvia flexible para comunidades marginadas. *Congreso Latinoamericano de Hidráulica*. Buenos Aires, Argentina.
- Organización de las Naciones unidas para la Alimentación y la Agricultura**. (2013). *Captación y almacenamiento de agua de lluvia. Opciones técnicas para la agricultura familiar en América Latina y el Caribe*. Organización de las Naciones unidas para la Alimentación y la Agricultura oficina regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Santiago de Chile, Chile.
- Rojas**, R.T. (2009). *Cultura hidráulica y simbolismo mesoamericano del agua en el México prehispánico*. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua/ Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología. Jiutepec, Morelos, México.
- SEDEPAC**. (2021). *Cosecha de agua de lluvia. Servicio Desarrollo y Paz Huasteca Potosina (SEDEPAC)*. SEDEPAC Huasteca, A.C. Recuperado de: <https://www.sedepachuasteca.org/que-hacemos/tanques-de-ferrocemento/>

Concreto adicionado con colillas de cigarrillo como propuesta para la minimización de estos residuos en el medio ambiente

Concrete added with cigarette butts as a proposal to minimize these waste in the environment

—

Karla Samantha Hernández Pacheco
karlyhp11@gmail.com

Roberto Arroyo Matus
arroyomatus@hotmail.com

Sulpicio Sánchez Tizapa
sstizapa@uagro.mx

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE GUERRERO, GUERRERO, MÉXICO



Para citar este artículo:

Hernández Pacheco, K. S. ., Arroyo Matus, R. ., & Sánchez Tizapa, S. (2022). Concreto adicionado con colillas de cigarrillo como propuesta para la minimización de estos residuos en el medio ambiente. *Espacio I+D, Innovación más Desarrollo*, 11(30). <https://doi.org/10.31644/IMASD.30.2022.a05>

RESUMEN

Las colillas de cigarrillo tardan en degradarse entre 2 y 10 años; tienen sustancias perjudiciales para el medio ambiente pues una sola colilla puede contaminar 8 litros de agua de mar y hasta 50 litros de agua potable, no son residuos biodegradables por lo que tirarlas junto con los residuos orgánicos no es una alternativa. Es un residuo diminuto difícil de reciclar, por estas razones, deben buscarse alternativas innovadoras para su disposición y destino final. En la industria de la construcción el concreto es uno de los materiales más utilizados en el mundo por sus características físicas y mecánicas antes diversas exigencias y su gran disponibilidad local. El objetivo del trabajo consiste en emplear las colillas en el concreto como una alternativa para la disposición final de estos residuos disminuyendo de esta manera el porcentaje de desechos en el ambiente.

Se diseñaron mezclas con resistencias a la compresión de 24.5 y 29 MPa a las cuales se les adicionó la colilla de cigarrillo en diferentes porcentajes. Se realizaron ensayos al concreto en estado endurecido de compresión cilíndrica y tracción indirecta. En estado fresco se midió la trabajabilidad del concreto, temperatura, densidad y contenido de aire. Con los resultados obtenidos se obtuvieron resultados favorables, demostrando que la adición de las colillas al concreto como alternativa para la disposición final de dichos residuos es viable.

Palabras clave:

Concreto; Colillas; Cigarrillo.

— *Abstract* —

Cigarette butts take between 2 and 10 years to degrade; they contain substances that are harmful to the environment, a single cigarette butt can pollute 8 liters of seawater and up to 50 liters of drinking water; they are not biodegradable waste so throwing them away with organic waste is not feasible. It is a tiny waste difficult to recycle, for these reasons, innovative alternatives must be sought for its disposal and final destination. In the construction industry, concrete is one of the most used materials in the world due to its physical and mechanical characteristics before various demands and its great local availability. The objective of the work is to use cigarette butts in the concrete as an alternative for final waste disposal, thus reducing the percentage of waste in the environment.

Mixtures with compressive strengths of 24.5 and 29 MPa were designed to which the cigarette butt was added in different percentages. Tests were carried out on concrete in the hardened state of cylindrical compression and indirect traction. In the fresh state, the workability of the concrete, temperature, density and air content were measured. With the results obtained, favorable results were obtained, demonstrating that the addition of cigarette butts to concrete as an alternative for the final disposal of said waste is viable.

Keywords:

Concrete; Butts; Cigarette.

El incremento en la contaminación ambiental ha ido en aumento en los últimos años, motivo por el cual se tenido la necesidad de educar a la sociedad para un adecuado manejo, control y reciclaje de desechos; mediante grandes esfuerzos por parte de gobiernos, instituciones y empresas privadas. Hoy en día, poco a poco se empieza a crear conciencia acerca del manejo responsable de los residuos (Lizano, 2010).

Dentro de la larga lista de residuos se encuentran desde papel, plástico, y hasta residuos tecnológicos, pero en esta lista poco se ha hecho por los filtros de los cigarrillos. Para muchos es un pequeño papel que no requiere ser desechado o tratado. Pero la realidad es otra, y no existe conciencia acerca de ello.

Actualmente, de acuerdo a numerosos estudios realizados, se ha determinado que las colillas de cigarrillo están consideradas el residuo sólido más común a nivel mundial. Hay indicios que en el mundo existen 6 millones de fumadores que consumen un promedio de 3 cigarrillos al día generando un total de 18 millones de cigarrillos diarios de acuerdo a (Cai, y otros, 2019). Se estima que cada año se desechan 767 millones de kilogramos de colillas de cigarrillo, (Novotny, 2009); en otro estudio realizado en 2011 de Ocean Conservancy, se determinó que una sola colilla de cigarrillo puede contaminar 8 litros de agua de mar y hasta 50 litros de agua potable. Tirarlas junto con los residuos orgánicos no es una alternativa porque los contaminan y no se degradan, anulando así la posibilidad de transformarlos en composta; lo mismo pasa cuando se mezclan con residuos reciclables pues evitan que estos puedan aprovecharse. Se trata de un residuo difícil de reciclar por la cantidad de materiales que lo componen, por ello, se tienen que buscar alternativas innovadoras y no contaminantes para su disposición y destino final.

El objetivo general de la investigación es evaluar la viabilidad técnica de adicionar las colillas de cigarrillo en la elaboración de concreto, con el fin de minimizar el alto impacto ambiental que éstas generan garantizar que queden "encapsulados" en el concreto todos sus agentes contaminantes y tóxicos.

Se pretende que el concreto adicionado con colillas de cigarrillo pueda utilizarse sin que éste pierda sus características resistentes originales, pero que los materiales que componen las colillas le adicionen otras características como ligereza, aislamiento térmico y, sobre todo, que sea una alternativa viable para la disposición final de este tipo de residuo; asimismo, sustentable, factible de introducirse y transformarse en una práctica común en el proceso de elaboración del concreto de refuerzo.

ANTECEDENTES

Una colilla de cigarrillo puede durar desde 18 meses a 10 años en descomponerse (no son biodegradables). Muchos de los fumadores tienen la mala costumbre de arrojar las colillas en el suelo cuando terminan de fumar. Las

lluvias suelen arrastrar estos desechos hasta las fuentes de agua, donde desprenden sus químicos; contienen contaminantes tóxicos como el alquitrán, benceno, amoníaco, cadmio, entre otros (UNE, 2015); que pueden contaminar hasta 50 litros de agua; además de mercurio, plomo, arsénico, uranio, torio y cadmio que, en conjunto, son sustancias que pueden infiltrarse en el suelo y las aguas subterráneas (Novotny, 2009). Se considera que más del cincuenta por ciento de los incendios forestales en el planeta son causados por colillas encendidas (Novotny, 2009).

Composición de un filtro de cigarrillo: los filtros de los cigarrillos están diseñados para absorber la acumulación de vapores y partículas de humo, para retener el alquitrán y el resto de productos perjudiciales, tanto los que lleva el tabaco como los producidos en la combustión del cigarrillo, antes de que lleguen a los pulmones de los fumadores (Guevara Lizano, 2010).

Los filtros en general tienen los siguientes componentes:

- Un “tapón” de filtro de acetato de celulosa: 95% de los filtros de cigarrillos están hechos de acetato de celulosa (plástico), y el resto se realizan a partir de papel y rayón.
- El acetato de celulosa es un material termoplástico relativamente duro, brillante, incoloro, transparente y amorfo con una buena claridad, estabilidad a los rayos UV y resistencia química moderadas, en la Figura 1 se puede apreciar un esquema de un cigarrillo convencional (Lincango & Mancero, 2020)



Figura 1. Partes de un cigarrillo convencional. Fuente: Lincango, J., & Mancero, E. (2020)

Envoltorio del cigarrillo y la cola: El papel utilizado para envolver el tabaco se hace de la fibra de lino. Los fabricantes añaden diversos productos químicos en el papel, incluyendo sales para acelerar o controlar la velocidad de combustión. La velocidad de combustión tiene un importante efecto sobre el número de inhalaciones que pueden ser obtenidos por el fumador, el humo y el rendimiento.

Empleo de colillas de cigarrillo en materiales de construcción: Como se mencionó anteriormente que las colillas de cigarrillo son residuos nocivos,

tanto para la salud como para el medio ambiente. Existen diversas iniciativas para mitigar el impacto ecológico que éstas causan. Tratar los residuos de cigarrillos es uno de los dilemas ambientales más difíciles del mundo debido al alto contenido de recursos tóxicos que contienen, metales como arsénico, cromo, níquel y cadmio (Cortez Camacho & Ponce Muñoz, 2019).

De acuerdo con (Mohajerani, 2016) “la basura de un hombre es el material de construcción de otro”, por ello se tuvo la idea de convertir las colillas de cigarrillos en materia prima para producir ladrillos ecológicos. Al respecto, Mohajerani señala que: “La incorporación de colillas en ladrillos puede efectivamente resolver un problema global de basura. Las colillas de cigarrillo recicladas se pueden colocar en los ladrillos, sin temor a la lixiviación o la contaminación. Ellos también son más baratos de producir, en términos de las necesidades energéticas, disminuyendo el coste energético a medida que más colillas se introducen en la producción”. Puede verse en la figura 2 que la apariencia física de estos ladrillos con colillas es muy similar a la de un ladrillo normal.



Figura 2. Ladrillos fabricados a partir de colillas de cigarrillo. Fuente: <http://www.archdaily.co/co/791421/investigadores-de-rmit>

Concreto: Un concreto es un material de construcción compuesto de partículas grandes formado por una matriz continua cementante que une a un agregado de partículas finas (agregado u árido fino o arena, y agregado o árido grueso). (Sánchez de Guzman, 1993).

Los materiales fabricados a partir de morteros y concretos de cemento Portland son atractivos para usarlos como material de construcción; porque ofrecen una buena relación costo/beneficio, son durables y tienen resistencia y rigidez adecuadas para usos estructurales. Adicionalmente, en estado fresco, son fácilmente moldeables, de manera que pueden adoptar formas tan caprichosas y complejas como se quiera (Lopez Roman & Mendoza Escobedo, 2016).

La incorporación de fibras en una mezcla de concreto es eficiente para mejorar el desempeño mecánico y la durabilidad del concreto de cemento portland en estado endurecido, al reducir y controlar la propagación de las microgrietas generadas por la retracción y permitir la redistribución de los esfuerzos internos que tienden a fisurar la matriz cementante (Robayo, Matthey, & Delvasto, 2013).

METODOLOGÍA

Se llevó a cabo una campaña de recolección de colillas de cigarrillo con el apoyo de la Universidad Autónoma de Guerrero a través del departamento de UAGro Verde en restaurantes, bares, escuelas y parques de las ciudades de Chilpancingo y Acapulco, Guerrero, México. El proceso de experimentación se realizó en los laboratorios de suelos y de materiales de la Facultad de Ingeniería de la UAGro.

Se analizaron varios aspectos: La trabajabilidad o manejabilidad de la mezcla de concreto mediante la relación agua-cemento (A/C), se comparó la resistencia a compresión adquirida en los días 7, 14 y 28 días de un concreto normal y un concreto con las mismas características que el normal, pero adicionando con colillas de cigarrillo; también se evaluó la resistencia a la flexión del concreto a los 28 días, observando en todos los casos el esfuerzo a la ruptura, los tipos de fallas de las muestras en estudio y las diferentes eventualidades.

Para lograr los objetivos del desarrollo experimental, se llevaron a cabo dos diseños de mezclas de resistencia a la compresión a 28 días, 24,5 MPa (250 kg/cm²) y 29.4 MPa (300 kg/cm²). Una vez obtenidos los diseños de las mezclas, se adicionó 0.5%, 1% y 2% de colillas, también se realizó una mezcla de control sin adición de colillas.

La resistencia a la compresión del concreto se obtuvo a partir de especímenes cilíndricos elaborados, curados y ensayados de acuerdo con las normas ASTM C31 (ASTM C31 / C31M-21a, 2021), ASTM C192 (ASTM C192 / C192M-19, 2019) y ASTM C39 (ASTM C39 / C39M-21, 2021), respectivamente, para obtener las mezclas de control que se utilizarían a lo largo del trabajo experimental.

El trabajo experimental constó de varias etapas en las que se tomaron en cuenta; en primera instancia, las propiedades físicas de los materiales para determinar los parámetros para los diseños de las mezclas.

PROCESAMIENTO DE LAS COLILLAS DE CIGARRILLO

Recolección de las colillas. Se realizó un sondeo para determinar los sitios en donde se fuma con mayor frecuencia en la ciudad de Chilpancingo, Guerrero; con ayuda del departamento de Ecología de la Universidad Autónoma de

Guerrero (UAGro) y siguiendo un protocolo de bioseguridad adecuado se distribuyeron recipientes plásticos en diversos bares y restaurantes de la ciudad. También se hizo una campaña de concientización y recolección en las redes sociales de la universidad (Facebook e Instagram) para recolectar las colillas de manera individual con los fumadores.

Limpieza de colillas. Se retiró el papel y adhesivo de las colillas de cigarrillo; luego se seleccionaron las colillas que estaban completas y se eliminaron las que estaban muy sucias o quemadas. En la figura 3 se observa el estado en el que se obtuvieron las colillas.



Figura 3. Diferentes colillas de cigarrillo con envoltorio. Fuente: Fotografía tomada en laboratorio

Desmenuzamiento de colillas. Las colillas de cigarrillo se desmenuzaron en filamentos más delgados de, aproximadamente, 0.5 a 1 mm de espesor. De cada colilla desmenuzada, se obtuvo un promedio de 16 porciones del diámetro mencionado. Es posible que se pudieran obtener filamentos aún más delgados, como los de la parte izquierda de la figura 4, pero estos no se consideraron como opción viable para este proyecto.



Figura 4. Filamentos obtenidos después de desmenuzar las colillas. Fuente: Fotografía tomada en laboratorio

Caracterización de las colillas. Para la caracterización de las colillas se consideraron los siguientes parámetros:

- a) Longitud y peso: Se midieron y pesaron diferentes colillas al azar, de las cuales se obtuvo una longitud y peso promedio (Tabla 1).

Tabla 1

Características físicas de las colillas

Medida promedio de colillas	
Completa	Desmenuzadas
25.6 mm	20.7 mm
Ancho de las colillas	
8.51 mm	
Peso promedio de las colillas	
0.178g	

Fuente: Elaboración propia

- b) Absorción y densidad: Para determinar la absorción y densidad de las colillas, ya que no hay un procedimiento estandarizado, se adaptaron las pruebas que se realizan en mecánica de suelos para determinar dichos parámetros (Figuras 5 y 6).



Figura 5. Pruebas de absorción y densidad en colillas. Fuente: Fotografía tomada en laboratorio

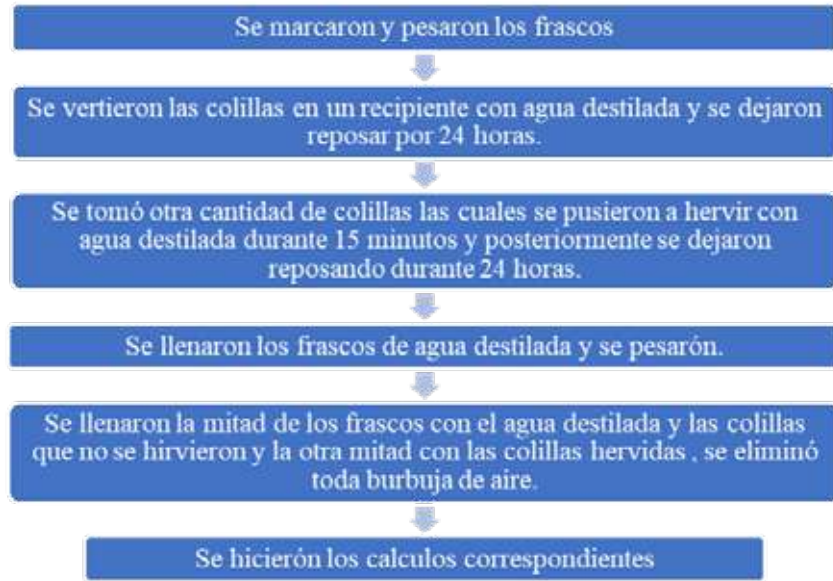


Figura 6. Procedimiento para obtener la absorción y densidad de las colillas. Fuente: Elaboración propia

Diseño y elaboración de mezclas. Se realizaron mezclas de concreto con un $f'c$ a los 28 días de 29.4 y 24.5 MPa (250 kg/cm^2 y 300 kg/cm^2), para comparar las propiedades mecánicas de un concreto normal con un concreto adicionado con colillas de cigarrillo en porcentajes de 0.5%, 1% y 2% (Cuadros 2 y 3). Se analizaron varios aspectos: La trabajabilidad o manejabilidad de la mezcla de concreto mediante la relación agua-cemento (A/C), la resistencia a compresión adquirida a 7, 14 y 28 días y la resistencia a la tensión del concreto a los 28 días, observando en todos los casos el esfuerzo a la ruptura, los tipos de fallas de las muestras en estudio y las diferentes eventualidades.

Tabla 2

Diseño de mezcla para $f'c = 24.5 \text{ MPa}$ (250 kg/cm^2) y 29.4 MPa (300 kg/cm^2) por el método ACI

RESISTENCIA	29.4 MPa (300 kg/cm ²)		24,5 MPa (250 kg/cm ²)	
REV=10				
MATERIAL	1 M ³	0.01445 M ³	1 M ³	0.01445 M ³
CEMENTO	260	3.757344814	330	4.768937648
GRAVA	950	13.7287599	980	14.16229968
ARENA	925	13.36747674	810	11.70557423
AGUA	200	2.890265241	205	2.962521872
COLILLAS				
0.5%	11.675	0.168719233	11.625	0.167996667
1%	23.35	0.337438467	23.25	0.335993334
2%	46.7	0.674876934	46.5	0.671986669

Fuente: Elaboración propia

Durante el proceso de elaboración de mezclas, se determinaron algunos parámetros al concreto en estado fresco, de acuerdo con las normas ASTM, como revenimiento, masa unitaria y contenido de aire por el método de presión (Véase la figura 10).



Figura 7. Prueba de densidad y revenimiento al concreto. Fuente: Fotografía tomada en laboratorio

La resistencia a la compresión del concreto, se obtuvo a partir de especímenes cilíndricos elaborados, curados y ensayados a diferentes edades, de acuerdo con las normas ASTM C31 (ASTM C31 / C31M-21a, 2021), ASTM C192 (ASTM C192 / C192M-19, 2019) y ASTM C39 (ASTM C39 / C39M-21, 2021) (figura 8).



Figura 8. Cilindros con resistencia a la compresión de 24.5 MPa (250 kg/cm²).
Fuente: Fotografía tomada en laboratorio

Para cada diseño de mezcla se ensayaron a compresión 12 probetas cilíndricas de 10 x 20 cm a 7, 14 y 28 días (ASTM C39 / C39M-21, 2021), a tensión se ensayaron 3 probetas cilíndricas de 15 x 30 cm a los 28 días (ASTM C496 / C496M - 17, 2017).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para determinar si el concreto adicionado con colillas de cigarrillo que se propone en este trabajo alcanza las condiciones mecánicas para ser empleado en la práctica, se realizaron varias pruebas para determinar las cantidades óptimas en cada diseño especificado. Se propuso un diseño de mezclas adicionadas con porcentajes del 0.5%, 1% y 2% de colillas y una mezcla de control para cada resistencia a la compresión propuesta, se evaluaron las propiedades en estado fresco de todas las mezclas elaboradas. A continuación se presentan los resultados obtenidos en los ensayos aplicados (Tabla 3).

Tabla 3
Resultados de pruebas al concreto en estado fresco

$f'_c = 24.5 \text{ MPa (250 kg/cm}^2\text{)}$				
Característica	Revenimiento cm (10 ± 2)	% de aire	Masa unitaria kg/m ³	Temperatura
Mezcla				
$f'_c = 29.4 \text{ MPa 0.5\%}$	9	2.8	2789.21	29 °C
$f'_c = 29.4 \text{ MPa 1\%}$	8	3	2576.47	27 °C
$f'_c = 29.4 \text{ MPa 2\%}$	7	2.9	2657.65	28 °C
$f'_c = 29.4 \text{ MPa control}$	9.5	2.6	2697.96	34 °C
$f'_c = 29.4 \text{ MPa (300 kg/cm}^2\text{)}$				
$f'_c = 24.5 \text{ MPa 0.5\%}$	8	2.9	2700.21	28 °C
$f'_c = 24.5 \text{ MPa 1\%}$	7.5	3.1	2467.37	26 °C
$f'_c = 24.5 \text{ MPa 2\%}$	7	3	2595.59	28 °C
$f'_c = 24.5 \text{ MPa control}$	11	2.7	2689.96	33 °C

Fuente: Elaboración propia

Resistencia a la compresión. La resistencia a la compresión es la característica más importante a evaluar en el concreto, es uno de los parámetros que determinará si es viable emplear las colillas en el concreto sin afectar su resistencia, para ello se ensayaron especímenes cilíndricos de concreto en estado endurecido a las edades de 7, 14 y 28 días (tabla 4 y figuras 9 y 10)

Tabla 4
Resultados de pruebas a compresión

Resultados de pruebas a compresión.				
$f'_c = 24.5 \text{ MPa (250 kg/cm}^2\text{)}$				
	Mezcla de control	M1= 0.5%	M2 = 1 %	M3= 2%
Días	0	0	0	0
7	14.04	14.99	15.52	14.65
14	22.26	19.95	19.01	21.57
28	24.03	20.78	19.00	20.01
$f'_c = 29.4 \text{ MPa (300 kg/cm}^2\text{)}$				
7	12.30	19.19	19.26	19.91
14	25.67	22.23	22.29	22.96
28	29.39	18.03	18.84	18.81

Fuente: Elaboración propia

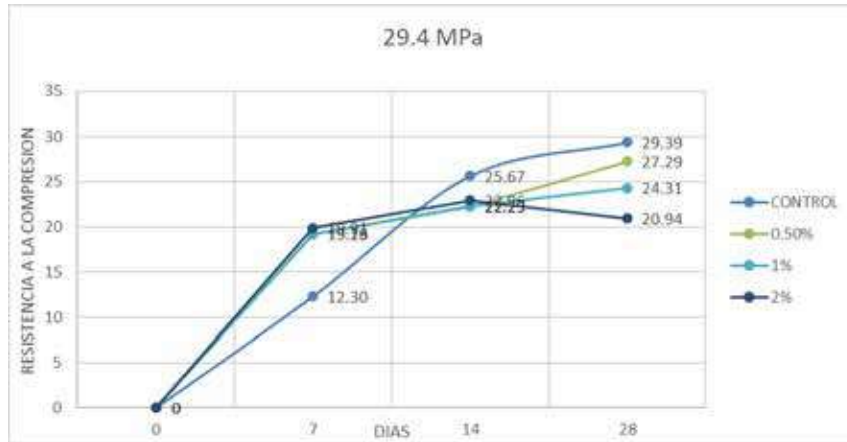


Figura 9. Gráfica comparativa de los resultados a compresión para el diseño $f'c = 29.4$ MPa con diferentes porcentajes de colillas. Fuente: Elaboración propia

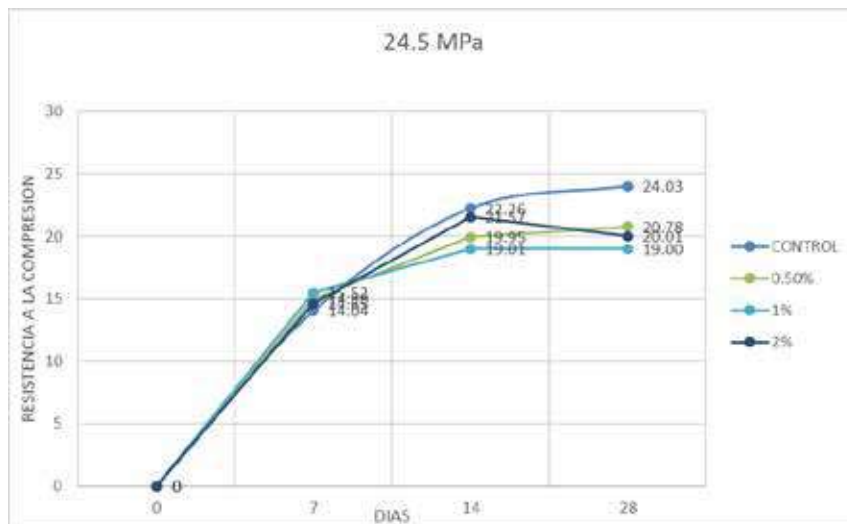


Figura 10. Gráfica comparativa de los resultados a compresión para el diseño $f'c = 24.5$ MPa con diferentes porcentajes de colillas. Fuente: Elaboración propia

Los resultados experimentales de los especímenes ensayados muestran que la mezcla con adición del 2% de colillas tuvo un ascenso en su resistencia hasta los 14 días, y disminuyó considerablemente a los 28 días, esto se debe a que la presencia de las colillas en el concreto inhibió el proceso de calor de hidratación en el concreto, ya que al momento de ensayar estos cilindros se observó la presencia de humedad en el interior.

Con la comparación de los resultados obtenidos en las diferentes mezclas respecto a la resistencia del concreto los mejores resultados se obtuvieron con las mezclas al 5% de colillas.

En la figura 11 se presentan fotografías del proceso experimental. En la izquierda el cono se muestra en la prensa tras concluir la carga a compresión del espécimen. En la derecha la fotografía presenta la apariencia de una muestra fracturada del cilindro donde se observa la estructura del concreto conteniendo los filamentos del material que constituye las colillas de cigarrillo.



Figura 11. Cilindro sometido a compresión. Fuente: Fotografía tomada en laboratorio

Resistencia a la tracción indirecta. También conocida como prueba brasileña, es un ensayo utilizado para determinar la resistencia a la tracción del concreto, el cual consiste en aplicar una carga externa de compresión en una de las caras de la muestra, mientras que el extremo opuesto a la carga permanece apoyado. De esta forma se generan dos fuerzas diametralmente opuestas que producen una distribución uniforme de tracciones transversales a lo largo del eje de carga, causando la ruptura a tracción de la muestra (ASTM C31 / C31M-21a, 2021). Los resultados obtenidos se presentan en la tabla 5.

Tabla 5
Resultados de pruebas a tensión

Resistencia a la tracción indirecta		
Resultados de prueba a Tensión MPa		
Mezcla	Resistencia a Tensión MPa	% respecto a la resistencia a compresión
29.4 MPa 0.5%	2.63	8.93
29.4 MPa 1%	2.69	9.16
29.4 MPa 2%	2.61	8.89
29.4 MPa	2.75	8.88
24.5 MPa 0.5%	2.75	11.23
24.5 MPa 1%	2.72	11.12
24.5 MPa 2%	2.71	11.06
24.5 MPa	2.72	11.11

Fuente: Tabla obtenida a partir de los resultados de las pruebas a tensión del concreto

En la figura 12 se presenta una fotografía del proceso experimental a tensión del espécimen. La falla se muestra prácticamente horizontal, lo que exhibe un comportamiento experimental adecuado sin fallas locales producto de heterogeneidades del cilindro. Lo anterior evidencia que no existe una interferencia del material producto de las colillas adicionado al concreto con la generación de un producto y viable para el sector de la construcción.



Figura 12. Falla en prueba a la tracción. Fuente: Fotografía tomada en laboratorio

CONCLUSIONES

Las características en estado fresco del concreto adicionado con colillas de cigarrillo son muy similares a las de un concreto en condiciones normales, se observa una pequeña disminución en la temperatura, lo que genera mayor tiempo de fraguado y a su vez una mezcla más manejable (Claros, 2020).

La incorporación de las colillas de cigarrillo en porcentajes de 2% disminuye la resistencia a la compresión después de los 14 días, la resistencia a la compresión más elevada se obtuvo con el concreto adicionado al 0.5% de colillas, en todas las mezclas se observó un pequeño incremento de la resistencia a la compresión a edades tempranas.

Cabe resaltar que la incorporación de las colillas al concreto no altera la resistencia a la tracción, ya que los porcentajes se encuentran dentro de los parámetros normales.

Las características en estado fresco y endurecido del concreto adicionado con colillas indican la posibilidad de emplearse en concretos no estructurales y abren una nueva alternativa para otros campos de aplicación del material en el sector de la construcción.

REFERENCIAS

- ASTM C192 / C192M-19.** (2019). *Práctica estándar para fabricar y curar muestras de ensayo de concreto en el laboratorio*. West Conshohocken, PA: ASTM Internacional. doi:10.1520 / C0192_C0192M-19
- ASTM C31 / C31M-21a.** (2021). *Práctica estándar para fabricar y curar probetas de ensayo de hormigón en el campo*. West Conshohocken, PA: ASTM Internacional. doi:10.1520 / C0031_C0031M-21A
- ASTM C39 / C39M-21.** (2021). *Método de prueba estándar para resistencia a la compresión de probetas cilíndricas de hormigón*. West Conshohocken, PA: ASTM Internacional. doi:10.1520 / C0039_C0039M-21
- ASTM C496 / C496M - 17.** (2017). *Método de prueba estándar para Determinación de la resistencia a la tracción por compresión diametral de especímenes cilíndricos de hormigón*. West Conshohocken, PA. doi:10.1520 / C0496_C0496M-17
- Cai , K., Gao, W., Yuan, Y., Gao, C., Zhao , H., Lin , Y., . . . Lei , B.** (2019). An improved in situ acetylation with dispersive liquid-liquid microextraction followed by gas chromatography-mass spectrometry for the sensitive determination of phenols in mainstream tobacco smoke. *Journal of chromatography, A*, 1603, 401-406. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2019.05.007>
- Claros, E.** (2020). *360 en concreto*. Obtenido de 360 en concreto: <https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/categoria/normatividad/191cual-debe-ser-la-temperatura-maxima-del-concreto-fresco>
- Coke, A.** (19 de Mayo de 2017). *Obtenido de Alquitrán de hulla crudo Ficha de datos de seguridad (FDS)*. Obtenido de http://www.drummondco.com/wp-content/uploads/ABC-SDSCrude-Coal-Tar_es.pdf
- Cortez Camacho, L. F., & Ponce Muñoz, D. E.** (2019). Impacto generado por colillas de cigarrillo en el medio ambiente a nivel mundial. *Boletín Informativo CEI*, 131-132. Obtenido de <http://editorial.umariana.edu.co/revistas/index.php/BoletinInformativoCEI/article/view/2140>
- Lincango, J., & Mancero , E.** (Junio de 2020). Cromatografía de gases en filtros ecológicos para cigarrillos y su biodegradabilidad. *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Informacion*, 30, 287 - 298. Obtenido de <https://www.proquest.com/openview/702bb032dbf1a264c7802fc586496c8d/1?pq-origsite=gscholar&cbl=1006393>
- Lizano, A. G.** (2010). *Sistema para el adecuado desecho de colillas de cigarrillo*. Escuela de Ingeniería en Diseño Industrial. Costa Rica: Instituto Tecnológico de Costa Rica. Obtenido de https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/2921/Informe_Final.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- López Roman, J., & Mendoza Escobedo, J.** (2016). ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO REFORZADO CON FIBRAS CORTAS DE ACERO Y

MACROFIBRAS DE POLIPROPILENO: INFLUENCIA DEL TIPO Y CONSUMO DE FIBRA ADICIONADO. *Sociedad Mexicana de Ingeniería Estructural*.

- Mohajerani, A.** (2016). *Estudio del comportamiento del ladrillo artesanal con la incorporación de filtro de cigarrillo en su composición*. Australia: Royal Melbourne Institute of Technology (RMIT) de Australia.
- Novotny, T.** (Noviembre de 2009). *Ocean Sentry*. Obtenido de <https://www.oceansentry.org/es/>
- Robayo, R., Matthey, P., & Delvasto, S.** (2013). Comportamiento mecánico de un concreto fluido adicionado con ceniza de cascarilla de arroz (CCA) y reforzado con fibras de acero. *Revista de la Construcción*, 139-151.
- Sánchez de Guzman, D.** (1993). *Tecnología del Concreto y del mortero*. Bogota: Bhandar Editores.
- UNE** (2015). Determinación de mentol en la corriente principal del. Madrid, España: AENOR. Obtenido de <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tunorma/norma/?c=N0053405>

Evaluación comparativa de vigas reforzadas mediante armaduras electrosoldadas y varillas de PRFV

Comparative evaluation of concrete beams reinforced with welded
wire truss and GFRP bars

—

Juan Alberto Sánchez Hernández¹
juan-sanchez@proyesting.com proyest.ingenieria@gmail.com

Jorge Alfredo Aguilar Carboney²
jaguilar@unach.mx

1 COMISIÓN DE ESTRUCTURAS DEL COLEGIO DE INGENIEROS CIVILES DE
CHIAPAS, MÉXICO

2 FACULTAD DE INGENIERÍA. UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIAPAS, MÉXICO



Para citar este artículo:

Sánchez Hernández, J. A. ., Arroyo Matus, R. ., & Aguilar Carboney, J. A. (2022). Evaluación comparativa de vigas reforzadas mediante armaduras electrosoldadas y varillas de PRFV. *Espacio I+D, Innovación más Desarrollo*, 11(30). <https://doi.org/10.31644/IMASD.30.2022.a06>

RESUMEN

El presente estudio plantea el comparativo del comportamiento de vigas de concreto armadas mediante armaduras metálicas electrosoldadas de alta resistencia y el uso alternativo de armaduras elaboradas mediante varillas de polímeros reforzados con fibras de vidrio (PRFV). La finalidad del estudio es determinar el grado de seguridad que pudiera aportar el uso del PRFV comparado con el que aportaban las armaduras metálicas de alta resistencia cuya cuantía de refuerzo era aceptable en los términos de la Norma Técnica Complementaria de Mampostería (NTC M, 2004) del código mexicano.

Los resultados obtenidos en la comparación fueron favorables en cuanto a resistencia para el uso de armaduras de PRFV como alternativa de aplicación en viviendas, en sustitución de las metálicas. Los valores de las pruebas utilizadas para el estudio provinieron principalmente de los datos analizados por Sánchez Hernández (2019) de pruebas realizadas en la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP).

Palabras clave:

Polímeros reforzados; fibras de vidrio; concreto reforzado; armaduras metálicas.

— *Abstract*—

This study analyzes and compare the behavior of concrete beams reinforced by welded wire truss and the alternative use of reinforcements made with glass fiber reinforced polymers (GFRP). The purpose of the research is to determine the level of safety using GFRP compared to that provided by high-resistance steel reinforcement whit the reinforcement ratio acceptable in terms of the Complementary Technical Standard for Masonry (NTC M, 2004) of the Mexican code.

The results shows that it is feasible in terms of resistance the use of GFRP, as an alternative for application in housing construction, replacing welded wire truss. The experimental data used in the study come from tests carried out at the Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP) (Sánchez Hernández, 2019). (Sánchez Hernández, 2019).

Keywords:

Reinforced polymers; glass fibers; reinforced concrete; welded wire truss.

En América del Norte, el uso de las varillas de compuestos poliméricos como lo es el PRFV (GFRP en Inglés), ha tomado gran demanda como sustituto del tradicional refuerzo con acero del concreto estructural, al grado que su uso se esparce a estructuras de mayores dimensiones, como parece indicarlo la actualización de la Guía de Especificaciones de Diseño de Losas de Puentes y Parapetos de Concreto Reforzado con PRFV (AASHTO (GFRP), 2017), la cual se suma a la Guía de Diseño y Construcción Estructuras de Concreto Reforzados con varillas de FRP (Fiber-Reinforced Polymer) (ACI 440 1R , 2015), ya existente. Lo anterior debido al bajo costo de mantenimiento que se obtiene por su durabilidad y ausencia de corrosión ante los agentes que comúnmente dañan al acero, como lo reportan diversas investigaciones realizadas por: GangaRao, Taly y Vijay (2007); (R., Cousin, & Benmokrane, 2009); Nanni, Luca, y Jawahery (2014); (Gooranorimi, Gremel, Myers, & Antonio, 2015) y otros autores citados por Sánchez Hernández J. A. (2019).

México, con su amplio litoral expuesto a agentes corrosivos para el refuerzo tradicional con acero, especialmente en la zona del Golfo, debido a su baja sismicidad, pudiera representar un área de oportunidad para aprovechar el potencial de este tipo de refuerzos.

Las armaduras electrosoldadas fabricadas a base de acero trefilado tomaron gran auge en la autoconstrucción debido a su bajo costo y que, aunado a su alta resistencia, requiere bajos índices de refuerzo, los cuales eran permitidos por la norma 2004 (NTC M, 2004). En la actualidad, pese a la gran cantidad de detractores de su uso, el principal problema al utilizar estas armaduras en viviendas está en el rápido deterioro por corrosión.

Por esta razón, el refuerzo a base de varillas de PRFV resulta en una alternativa útil que pudiera superar en beneficios de resistencia y durabilidad a la actual tecnología, basada en acero, usada para estos desarrollos habitacionales.

En el presenta análisis se pudo observar que existe un desempeño aceptable de este material, especialmente con cuantías de refuerzo próximas a las mínimas solicitadas por la actual normativa (NTC M, 2017).

2. ESPECÍMENES Y DATOS

Los especímenes utilizados en el comparativo fueron vigas rectangulares de 15x20 cm de sección, cuyas dimensiones son acordes con las establecidas en la Normas Técnicas de Mampostería (NTC M, 2017) para las dalas de confinamiento de los muros y que suelen prolongarse entre los claros de ventanas y puertas.

El concreto usado posee una resistencia última a la compresión $f'_c > 150$ kg/cm², que cumple con la citada normativa de mamposterías en México y cuyas variaciones entre los especímenes se detallan en la Tabla 1.

El valor del esfuerzo último a tensión de la varilla de PRFV se fijó con $ff_u = 8000 \text{ kg/cm}^2$ similar esfuerzo límite último de tensión establecido por el fabricante; $ff_v = 1500 \text{ kg/cm}^2$ como el esfuerzo límite de corte establecido por el fabricante; y $E_f = 500000 \text{ kg/cm}^2$ como el módulo elástico establecido por el fabricante, para la evaluación de los elementos nominales resistentes. En tanto que el acero se tomó de referencia los valores de $f_y = 5000 \text{ kg/cm}^2$, $E_y = 2.1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$ y $f_{yv} = 1600 \text{ kg/cm}^2$ de acuerdo con las especificaciones del proveedor.

Los ensayos se realizaron en un marco de reacción con un gato hidráulico de 100t para transmitir la carga en cada elemento ensayado, la carga fue separada en dos cargas puntuales a través de una viga de distribución de carga lo suficientemente rígida para no deformarse. La viga fue colocada en un sistema de apoyos isostáticos, distantes 2.0m.

Los especímenes ensayados se describen a continuación, en la Tabla 1, definiendo los armados en lecho superior (LS) y lecho inferior (LI) de la siguiente forma: 2D4 que debe leerse como dos barras de 4mm de diámetro debido a que el material usado, de origen europeo, es milimétrico. En tanto que los estribos uniformes de 4mm solo se enunció su distribución espacial expresada en cm de separación (E@15). Los armados que fueron constituidos con ganchos en los extremos se designaron mediante una letra "G".

Estos armados se fijaron basados en una estrategia de competencia, con las tradicionales armaduras electrosoldadas, buscando la optimización costo-capacidad.

Tabla 1
Descripción de Especímenes

VIGA	ARMADO	f'_c kg/cm ²	Af / As Total cm ²	Af cm ²	CUANTÍA		
					P_b	P_{min}	P_{REAL}
1 (V)	LS 2D4	250.00	0.50	0.25	0.0054	0.0037	0.0009
	LI 2D4 E@15						
2 (V1)	LS 2D4	218.50	0.50	0.25	0.0054	0.0037	0.0009
	LI 2D4 E@15						
3 (V2)	LS 2D4	279.80	0.50	0.25	0.0060	0.0037	0.0009
	LI 2D4+G E@15						
4 (V3)	LS 2D4	279.80	1.63	0.53	0.0060	0.0031	0.0020
	LI 2D4+1D6+G E@15						
5 (V4)	LS 2D6	218.50	2.07	1.51	0.0047	0.0031	0.0057
	LI 3D8+G E@10						
6 (ACERO)	LS 2D6	321.00	1.27	0.63	0.0245	0.0023	0.0023
	LI 2D6 E@15						

Fuente: Elaboración propia

Las áreas de refuerzo para el acero (A_s) y para las fibras (A_f) se obtuvieron geoméricamente considerando el área un círculo de similar diámetro al de la varilla. En tanto que la cuantía de refuerzo real se calculó como $\rho = A/(b d)$, siendo “A” el área del refuerzo en el lecho inferior calculado de la forma indicada y “b” la base de la sección transversal y “d” el peralte efectivo con un recubrimiento libre de 2.0 cm.

De acuerdo con las NTC M (2017), considerando el f_y de las armaduras electrosoldadas ($f_y=5000 \text{ kg/cm}^2$) y la resistencia mínima aceptable para el concreto ($f'c=150 \text{ kg/cm}^2$ en dalas) el refuerzo longitudinal total mínimo corresponde a:

$$A_s \text{ mín} = 0.2 (f'c/f_y) b h$$

Por lo que, para el caso del refuerzo de armaduras de acero, ese mínimo será de:

$$A_s \text{ mín} = 0.2 (150/5000) (15)(20) = 1.80 \text{ cm}^2 \dots (Q1)$$

En tanto que, para el PRFV, y aplicando similar criterio, el refuerzo mínimo es:

$$f_{fd} = CE f_{f*u} \quad (\text{ACI 440 1R, 2015}) \quad (6.2 a)$$

Donde: $f_{f*u} = 8,000 \text{ kg/cm}^2$ y $f_{fd} = CE f_{f*u} = 6,000 \text{ kg/cm}^2$

$$A_f \text{ mín} = 0.2 (150/6000) (15)(20) = 1.50 \text{ cm}^2 \dots (Q2)$$

CE corresponde al Coeficiente Ambiental, establecido por el ACI 440.1R para diferentes grados de exposición, el cual se fijó en un valor de 0.75.

Basado en estos cálculos las vigas reforzadas con PRFV, listadas en la Tabla 1, del 1 al 3 poseen armados (A_f) inferiores al mínimo calculado en Q2, en tanto que las vigas 4 y 5 serían aceptables para confinar de acuerdo con las NTC M (2017). No obstante, el presente trabajo se centra en comparar el comportamiento a flexión y corte a través de sus elementos mecánicos resistentes, entre las dalas (vigas de confinamiento) armadas con los materiales antes descritos. Por lo que todos estos elementos se compararán con la viga 6 reforzada con elementos metálicos y con área de armado (A_s) descrito en la misma tabla menores al mínimo normativo (Q2).

Las cuantías real, balanceada y mínima reflejadas en la Tabla 1, para el caso del refuerzo de acero, se calcularon mediante las siguientes expresiones representadas en las NTC CR (2017) (5.1.5).

$$\begin{aligned} \rho &= A_s / (b d) \\ \rho \text{ mín} &= 0.7 (f'c)^{1/2} / f_y \\ \rho_b &= (f'c/f_y) [(6000 \beta_1) / (f_y + 6000)] \end{aligned}$$

Donde “As”, es el refuerzo a flexión; “d”, es el peralte efectivo y $b=15$ cm, la base de la sección transversal; siendo $\beta_1=0.85$ y $f'_c=0.85f_c$.

En tanto que la evaluación de las cuantías para el PRFV se realizó conforme al código de diseño del ACI (ACI 440 1R , 2015) utilizando unidades de kg y cm.

$$\rho = A_f / (b d)$$

$$\rho_{fb} = 0.85\beta_1 (f'_c / f_{fd}) [0.003 * E_f / (0.003 * E_f + f_{fd})]$$

$$\rho_{mín} = 1.31 (f'_c^{1/2}) / f_{fd} \geq 23.43 / f_{fu}$$

El historial de carga y las deflexiones fueron obtenidas mediante sensores electrónicos y digitales, de los reportes generados a partir de los ensayos realizados, excepto en la viga 1, cuya medición se realizó con micrómetro con el equipo y procedimiento de aplicación de la carga descritas por Sánchez Hernández (2019).

3. ANÁLISIS DE ELEMENTOS MECÁNICOS

La determinación de los momentos nominales resistentes se realizó para el refuerzo con acero, de acuerdo con lo que establecen las NTC Ciudad de México (2017) para vigas de concreto reforzadas con varillas de acero en su apartado (5.1.3) relativo a Resistencia a la flexión, así como el apartado (5.3.3) correspondiente a Resistencia a fuerza cortante. En tanto que los relativos a las vigas reforzadas con PRFV se utilizó lo enunciado en el ACI 440 1R (2015), capítulo 7.2 sobre Flexural strength (Resistencia a la flexión) y capítulo 8 referente a Shear (Corte). Las dudas de interpretación sobre el diseño con PRFV se resolvieron apoyados en el trabajo de Wainshtok Rivas, Hernández Caneiro y Díaz Pérez (2015).

4. COMPARACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Momento flector

La Figura 1 muestra la gráfica comparativa de momentos entre los ensayos correspondientes a las vigas armadas con PRFV (vigas 1 al 3) y la viga de armadura metálica (viga 6), todas ellas con cuantía (ρ) de refuerzo menor a la que normativa mexicana (NTC 2017 M) permite como refuerzo de estos elementos (ver Tabla 1).

En la gráfica 1, el progreso de la carga se pudo observar que tanto las vigas de PRFV, como las de refuerzo metálico presentaron deslizamiento por adherencia y redistribución de carga, hasta la falla. La viga 3, dentro de las que fueron armadas a base de PRFV, presentó un mejor comportamiento al

desarrollar con mayor uniformidad y menores deflexiones su resistencia, esto posiblemente atribuible a la existencia de ganchos en los extremos de su armado en el lecho inferior, lo cual evidencia la importancia de su uso. Así mismo en esta gráfica se representó con líneas horizontales, el momento resistente calculado mediante las expresiones de cada normativa, según se cita en el título 3 de este trabajo.

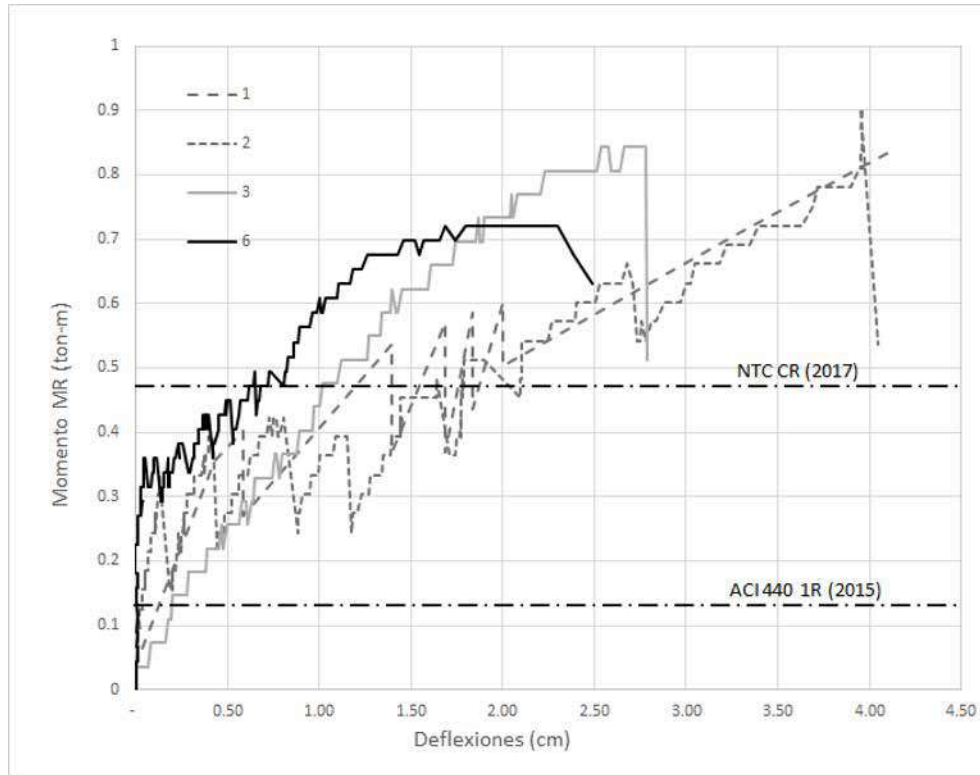


Figura 1. Gráfica comparativa de momentos entre vigas 1 a 3 de PRFV y viga 6 de acero.
Fuente: Elaboración propia

La gráfica 2, presenta vigas de PRFV cuyos armados son más apegados a los calculados como mínimo (Q1 y Q2) de acuerdo con las NTC M (2017) para el confinamiento de muros de mampostería. Estas vigas (4 y 5) mostraron un mejor rendimiento en cuanto al desarrollo de la resistencia a la flexión, siendo aun mayor a la resistencia alcanzada por la viga reforzada con acero trefilado. De forma específica, la viga 4, resulta muy próxima en cuantía real (de la Tabla 1, $\rho=0.0020$) que la usada en el refuerzo a flexión de la viga 6 ($\rho=0.0023$), sin embargo, su resistencia con PRFV a momento alcanza casi el doble del momento logrado por el refuerzo de acero. Aun con esto, ambos refuerzos alcanzaron valores a la falla superiores a los evaluados de acuerdo con sus normas aplicables.

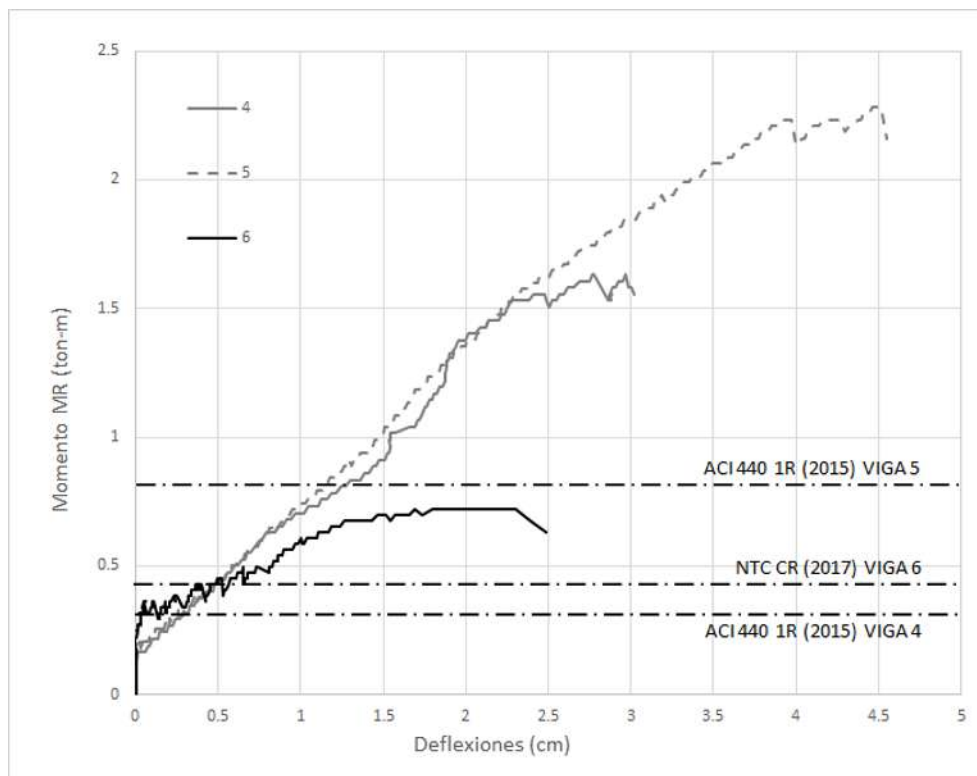


Figura 2. Gráfica comparativa de Momentos entre vigas 4 y 5 de PRFV y viga 6 de acero.

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 2, se puede observar que el momento nominal resistente (MR), calculado conforme al ACI 440 1R (2015), para las vigas armadas con PRFV, resulta en general con valores más conservadores que los referidos por las NTC CR (2017).

No obstante, para poder realizar un comparativo adecuado entre los valores que alcanza el diseño contra los valores experimentales, se recurrió a usar un factor de seguridad definido como $FS = M_{\text{máx}} / MR$, en el que se puede apreciar el amplio margen de seguridad en el diseño a flexión para estos elementos subreforzados con PRFV. Similar conclusión sobre la seguridad en el diseño con PRFV realiza Joaquín L. y Díaz Pérez (2017) en el trabajo recepcional denominado “Estructuras de hormigón armado con barras de Polímero Reforzado con Fibras de Vidrio (PRFV). Estado del arte.”, en el que menciona que “Las fórmulas propuestas por el ACI 440 ...fueron considerados demasiado conservadoras debido a que se basan en el dominio de compresión controlada (fallo por aplastamiento de hormigón)”.

Tabla 2
Factor de seguridad del diseño por momento flector

VIGA	FLEXION		
	MR _{CALC} Kg-m	MR _{REAL} Kg-m	FS
1 (V)	146.39	836.00	5.71
2 (V1)	146.39	806.67	5.51
3 (V2)	146.39	863.33	5.90
4 (V3)	302.44	1,596.67	5.28
5 (V4)	833.91	2,246.67	2.69
6 (ACERO)	487.79	836.00	1.71

Fuente: Elaboración propia

Fuerza cortante

En la evaluación comparativa de la fuerza cortante también se observa el mismo comportamiento en cuanto a los factores de seguridad ($FS = V_{\text{máx}} / VR$) obtenidos de los valores experimentales y los obtenidos mediante la metodología convencional de análisis según el código de diseño aplicable de acuerdo con el material de refuerzo. Los diseños de PRFV representan mayores índices de seguridad contra la evaluación de los armados de acero (ver tabla 3).

Es de observar la viga 4 reforzada con PRFV y la viga 6 reforzada con acero, cuya cuantía de refuerzo, pudimos notar, es muy similar. Sin embargo, la resistencia al corte de la viga reforzada con acero, contrario al resultado visto en la flexión, resultó mayor a la del PRFV (Figura 3). Es decir, la viga con refuerzo de armadura metálica al compararse con las de PRFV de similar cuantía (viga 6 con 4) presentó un mejor desempeño en resistencia al corte y desplazamiento, así como un FS muy similar al obtenido con la de PRFV.

Puede observarse que el desarrollo de la falla a corte en las vigas reforzada con estribos de PRFV fue lineal hasta el límite. Este comportamiento observado en estas vigas reforzadas con estribos de PRFV sugiere

poner atención en el adecuado diseño del refuerzo a cortante debido a la fragilidad de la falla y al menor margen de holgura obtenido en el FS, al compararlo con el obtenido a flexión por las mismas vigas.

Tabla 3
Factor de seguridad del diseño por fuerza cortante

VIGA	CORTANTE		
	VR _{CALC} Kg	VR _{REAL} Kg	FS
1 (V)	596.58	1,200.00	2.01
2 (V1)	664.48	1,210.00	1.82
3 (V2)	604.16	1,295.00	2.14
4 (V3)	704.88	2,395.00	3.40
5 (V4)	1,230.31	3,370.00	2.74
6 (ACERO)	1,491.31	2,660.00	1.78

Fuente: Elaboración propia

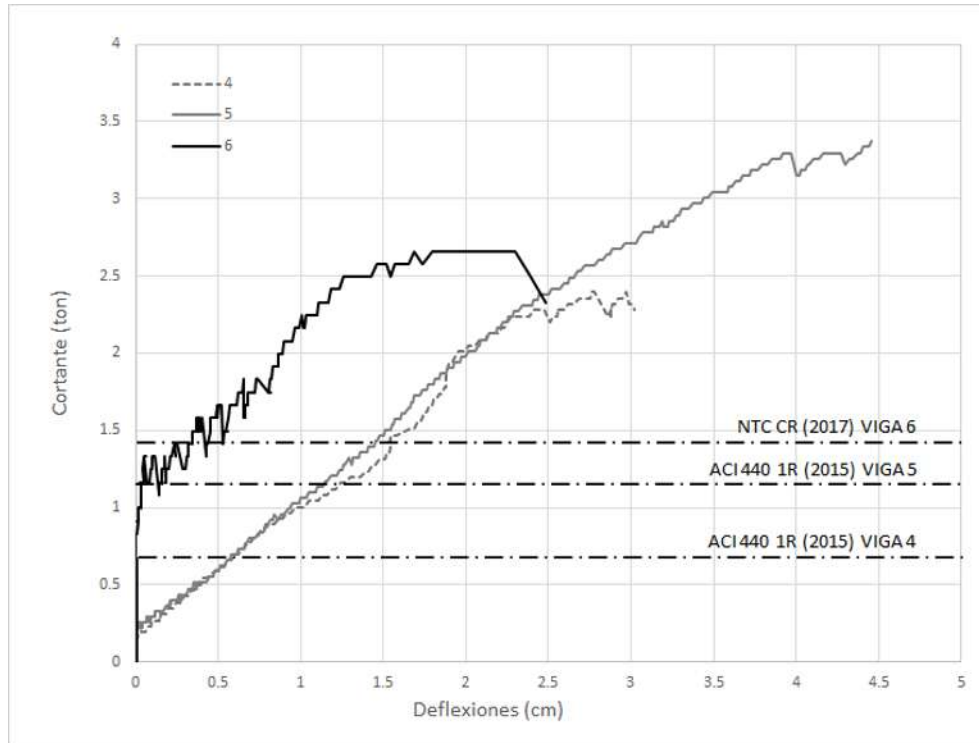


Figura 3. Gráfica comparativa de Cortantes entre vigas 4, 5 de PRFV y viga 6 de acero.
Fuente: Elaboración propia



Figura 4. Falla en vigas, colapso por cortante: viga 4. Fuente: Elaboración propia

Los FS obtenidos, que relacionan la resistencia empíricamente obtenida en los ensayos con la evaluada mediante los modelos teóricos normativos, parecen ser muy prometedores, sin embargo habrá de tomar en consideración que la

mayoría de los PRFV disponibles en el mercado aun no poseen capacidades estandarizadas, por lo que estas están sujetas a las fórmulas del fabricante y normalización de sus procesos de calidad, los cuales deben normativamente debería garantizar dos punto cinco veces el Coeficiente de Variación ($2.5Cv$) o tres desviaciones estándar de la muestra (3σ), para cada uno de los valores de resistencia que nos proporcionan, como lo menciona Sánchez (2020).

Queda pendiente el problema de la adherencia que se apreció en las variaciones de carga, las cuales, si bien fueron equiparables a los de las de la armadura metálica y no afectó el comparativo de la prueba, para vigas de mayor índice de carga y/o claro podrían ser representativos.

5. CONCLUSIÓN

El estudio comparado entre los materiales compuestos a base de PRFV muestran un comportamiento aceptable para su uso en edificaciones habitacionales basadas en mamposterías confinadas y hasta cierto punto seguros en la autoconstrucción, dentro de los mismos parámetros con que se han utilizado las armaduras electrosoldadas de alta resistencia como refuerzo ante cargas gravitacionales y claros relativamente cortos.

La resistencia a la flexión resulta en un mejor rendimiento que el acero dentro de los límites de esta prueba con altos márgenes de seguridad contra las condiciones de diseño. No obstante, la resistencia al corte se pudo notar en desventaja al comparar con el obtenido del acero trefilado de las armaduras metálicas, particularmente en las primeras vigas (1, 2 y 3), cuya capacidad fue excedida especialmente porque su índice de refuerzo era mucho menor al de la viga de acero (6). Así mismo se observó, que mejorar la cuantía de refuerzo longitudinal, en las vigas de PRFV también mejora su respuesta al corte (viga 4).

Lo anterior sugieren el diseño por corte podría ser crítico para su uso en claros mayores a los 2.0m, por lo que se requiere de una adecuada revisión y diseño estructural, con armados transversales robustos, a fin de salvar incluso claros de puentes como los que menciona el manual AASHTO (AASHTO (GFRP), 2017).

Agradecimiento

Los autores agradecen a la empresa POLIMEX distribuidor de las varillas de PRFV utilizadas en estos ensayos y a la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP), por las facilidades otorgadas en la realización de esta investigación, así como de la disposición de los resultados obtenidos.

REFERENCIAS

- AASHTO** (GFRP). (2017). *LRFD Bridge Design Guide Specifications for GFRP-Reinforced Concrete Bridge Decks and Traffic Railings*. Washington D.C.
- ACI 440 1R**. (2015). *American Concrete Institute, Guide for the Design and Construction of Structural Concrete Reinforced with Fiber-Reinforced Polymer (FRP) Bars*. Michigan: ACI.
- GangaRao**, H. V., Taly, N., & Vijay, P. V. (2007). *Reinforced Concrete Design with FRP Composites*. M. Florida, U.S.: CRC Press.
- Gooranorimi**, O., Gremel, D., Myers, J. J., & Antonio, N. (2015). Durabilidad a largo plazo del refuerzo interno de GFRP (PRFV) en estructuras de concreto. *ACI Journal*.
- Nanni**, A., Luca, A. d., & Jawahery, H. (2014). *Reinforced Concrete with FRP Bars, Mechanics and Design*. New York: CRC Press.
- NTC CR**. (2017). *Normas Técnicas Complementarias de Concreto*. Cd., de México, México.
- NTC M**. (2004). *Normas Técnicas Complementarias para Mampostería 2004. Gaceta oficial del Distrito Federal*. Distrito Federal, México.
- NTC M**. (2017). *Normas Técnicas Complementarias para Mampostería 2017. Gaceta Oficial de Cd., de México*. México.
- R.**, M., Cousin, P., & Benmokrane, B. (2009). Durability of GFRP Reinforcing Bars Embedded in Moist Concrete. *Journal of Composites for Construction*. doi:10.1061/ASCE1090-0268(2009)13:2(66)
- Sánchez Hernández**, J. A. (2019). Estructuras de Concreto en Zonas Costera usando Barras de Polímero Reforzados con Fibra de Vidrio. *Revista PAKBAL*(45), 26-32.
- Sánchez Hernández**, J. A. (2019). Evaluación de los Criterios de Diseño de Vigas de Concreto Subreforzadas con Varillas de PRFV. *Revista PAKBAL*(46), 5-11.
- Sanchez Hernández**, J. A. (2020). Resistencia Real, Última Garantizada y Resistencia de Diseño del Polímero Reforzado con Fibra de Vidrio (PRFV). *PAKBAL*(47).
- Wainshtok Rivas**, H., Hernández Caneiro, J. A., & Díaz Pérez, I. d. (2015). *Empleo de Barras y Telas de Mallas de PRF como refuerzo del hormigón y el ferrocemento*. (978-84-17098-39-1, Ed.) Habana, Cuba: Edita.me.

Percepción de servicios ecosistémicos de parque urbanos en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México

Perception of the urban parks' ecosystem services in Tuxtla Gutiérrez,
Chiapas, Mexico

—

Mariana Gómez Rangel¹
gomezrangemariana@gmail.com

María Luisa Ballinas Aquino²
mballinas@colmex.mx

1 CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y PROMOCIÓN CULTURAL PARA LA
INTEGRACIÓN COMUNITARIA, A.C. MÉXICO

2 CIMSUR-UNAM, MÉXICO



Para citar este artículo:

Gómez Rangel, M. ., & Ballinas Aquino, M. L. (2022). Percepción de servicios ecosistémicos de parque urbanos en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México. *Espacio I+D, Innovación más Desarrollo*, 11(30). <https://doi.org/10.31644/IMASD.30.2022.a07>

RESUMEN

Los parques urbanos proporcionan servicios ecosistémicos tanto a las personas que viven cerca de dichos espacios como a quienes los frecuentan para realizar alguna actividad específica. Los servicios que ofrecen los parques urbanos son de vital importancia para el desarrollo de la sociedad, puesto que permiten disminuir el estrés de la población, mejorar la calidad del aire y la bioclimatización, así como realizar actividades recreativas. Este trabajo tiene la finalidad de contrastar la percepción de los usuarios sobre los servicios ecosistémicos de dos parques que se encuentran en la misma zona oriente de la ciudad, para esto se hace uso de la técnica de observación participante donde se obtuvo una descripción comparativa de las características de las infraestructuras gris y verde de dos parques de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México: Parque del Oriente y del Parque Fundamat. Asimismo, se realizaron encuestas con la para conocer la percepción que tienen los usuarios de los parques en mención, con respecto a algunos servicios ecosistémicos. Los resultados demuestran que la extensión, variedad de actividades y el estado de la infraestructura que ofrece el Parque del Oriente influyen en que haya usuarios de colonias lejanas, a diferencia de lo que sucede con el Parque Fundamat, donde los usuarios viven cerca de dicho espacio. Cabe destacar que las personas de ambos parques reconocen los servicios ecosistémicos culturales y de regulación.

Palabras clave:

Medio ambiente; medio ambiente urbano; calidad de vida.

— *Abstract*—

Urban parks provide ecosystem services both to people who live near these spaces and to those who frequent them to carry out a specific activity. The services offered by urban parks are of vital importance for the development of society, since they make it possible to reduce the stress of the population, improve air quality and bioclimatization, as well as carry out recreational activities. This work aims to contrast the perception of users about the ecosystem services of two parks that are located in the same eastern area of the city, for this were used the participant observation technique, a comparative description of the characteristics of gray and green infrastructures of the parks of Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, Mexico (Parque del Oriente and Parque Fundamat) was obtained. Likewise, surveys were carried out in order to know the perception that park users have in the mention, with respect to some ecosystem services. The results show that the extension, variety of activities and the state of the infrastructure offered by the Parque del Oriente influence the fact that there are users from distant neighborhoods, unlike what happens with the Fundamat Park, where users live close to that space. It should be noted that the people of both parks recognize the cultural and regulatory ecosystem services.

Keywords:

Environment; urban environment; quality of life.

La población mundial ha incrementado cinco veces su magnitud desde el siglo pasado (*United Nations Human Settlements Programme, 2011*). Actualmente 55% de la población vive en ciudades y se estima que este porcentaje aumente un 13% para el año 2050 (Debnath *et al.*, 2014; Organización de las Naciones Unidas, 2018). Este incremento poblacional trae consigo, por una parte, la aceleración del aprovechamiento de los recursos naturales, mientras que, por otra, el mayor requerimiento de áreas verdes que brinden Servicios Ecosistémicos (SE) a la población (Balvanera y Cotler, 2007; Vásquez, 2016; Seto *et al.*, 2017). En el contexto urbano, el concepto de Servicios Ecosistémicos (SE) es relevante debido a que permite la valoración de la relación entre los ecosistemas y el bienestar de la población, así como la integración de las áreas verdes y los recursos naturales para la toma de decisiones en las políticas urbanas (Balvanera y Cotler, 2007; Frutos y Esteban, 2009; Camacho y Ruiz, 2012; Laterra *et al.*, 2017).

El término SE es definido por el grupo internacional de Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (Millennium Ecosystem Assessment) (Balvanera y Cotler, 2007), como: “Los beneficios que la población obtiene de los ecosistemas” (MEA, 2003). Aunque los SE emergen como un concepto aparentemente concreto y sencillo, algunos autores señalan aspectos más específicos que atienden a su complejidad. En este sentido, De Groot *et al.* (2002) vinculan a los SE con la capacidad de los procesos y componentes naturales para proporcionar bienes y servicios que satisfacen las necesidades humanas, directa o indirectamente; mientras que la U.S. Environmental Protection Agency o la Agencia de Protección Ambiental en Estados Unidos (2004) define a los SE como aquellas funciones o procesos ecológicos que, directa o indirectamente, contribuyen al bienestar humano o tienen un potencial para hacerlo en el futuro. Por otro lado, Camacho y Ruiz (2012) y Guevara *et al.* (2003) explican que los SE pueden dividirse en: a) bienes y b) servicios, los primero son tangibles y se refieren a objetos físicos como alimento, madera, plantas, agua y suelo; mientras que los servicios se consideran intangibles ya que son procesos que físicamente no podemos tocar, donde el beneficio a la población se obtiene de manera indirecta, como en la captura de carbono, regulación del clima, el paisaje o el control de la erosión.

Una clasificación de los SE que ofrecen los ecosistemas a la sociedad está dada por el MEA en el 2005, los cuales dividen estos beneficios en cuatro diferentes tipos de servicios (tabla 1):

Tabla 1
Tabla de la clasificación de los servicios ecosistémicos según la MEA (2005)

Tipos de servicios ecosistémicos	Funcionamiento
SOPORTE	
Formación y conservación del suelo	Ayuda a la no desertificación del lugar.
Ciclo de nutrientes	Enriquece el suelo con materia orgánica y la regeneración de las nutrientes minerales de las plantas.
REGULACIÓN	
Regulación del agua	La cubierta vegetal puede disminuir la escorrentía superficial y ayudar en la absorción para alimentar las aguas subterráneas, es decir la cubierta sirve como un moderador en inundaciones repentinas y otros problemas como la erosión.
Regulación Climática	La cubierta vegetal ayuda en el secuestro del carbono (CO2 atmosférico), evita la irradiación y las islas de calor.
Polinización y dispersión de semillas	Ayuda en los procesos de dispersión de los gametos florales para con ayuda de polinizadores, animales, viento y agua.
PROVISIÓN	
Comida	Provee alimento y desarrollo de especias vegetales, animales o microbiológicos que pueden ser consumidos directa o indirectamente por los humanos.
Productos no comestibles	Fibra (algodón), madera, bioquímicos (plantas medicinales, cosméticos, etc.) y leña.
De agua	La cubierta vegetal necesita de la disponibilidad de agua, pero a su vez sirve como provisor de ésta, generando y manteniendo la calidad de la disponibilidad de agua.
CULTURALES	
Identidad y diversidad	La identificación de las personas hacia los ecosistemas crea un vínculo entre ellos.
Paisaje, Valores y Herencia	La mayoría de los ecosistemas representan paisajísticamente un valor hacia la comunidad que muchas veces son protegidos por la UNESCO como sitios de patrimonio cultural.
Espirituales	Muchas comunidades vinculan la presencia de árboles a ciertas creencias antiguas y que pertenecen a ese lugar.
Estéticos	Proporcionan un elemento ornamental al lugar.
Recreación y turismo	Los ecosistemas representan características que hacen que otras personas que no precisamente son de esa comunidad quiera visitarlos.
Generación de conocimiento	Sirven como lugares en donde científica y tradicionalmente se pueden producir conocimientos.

Fuente: MEA, 2005

Los SE funcionan como conexión entre la población y el ecosistema, éste último se representa en este estudio mediante los parques urbanos, los cuales son áreas delineadas, abiertas, de acceso público, donde su uso es predominantemente recreativo, los ecosistemas con vegetación y árboles que dominan el paisaje, se constituyen en los principales espacios verdes dentro de un asentamiento urbano (Chiesura, 2004; Gómez-Baggethun & Barton, 2004; tomado de Vargas y Roldán, 2018). Culturalmente estos lugares permiten la interacción de la persona consigo misma, con los demás y con el entorno natural, lo que favorece la construcción de identidad (Ballinas, 2014) y la coexistencia de usuarios de diferentes estratos sociales (Martínez-Valdez *et al.*, 2020). Hay algunos autores (Reyes-Paecke y Figueroa, 2010; Leandro-Rojas, 2014; Cuevas, 2015; Merayo *et al.*, 2016; Stainbrook, 1973 citado por Martínez-Soto *et al.*, 2016; Martínez-Soto *et al.*, 2020) que mencionan que los parques ayudan a mejorar el estado mental de la comunidad, puesto que las personas expresan los beneficios para su salud que traen consigo la realización de actividades físicas en contacto con la naturaleza. La reducción de algunas afecciones mentales se ve reflejado en el trabajo de Song *et al.* (2014) el cual fue realizado en Japón, en donde se comprueba, en un grupo de jóvenes masculinos, una baja en la ansiedad y el estrés en 14.3% de la población estudiada, cuando los jóvenes tenían acceso a una caminata frecuente por un parque con arbolado (citado por Merayo *et al.*, 2016).

Entre los estudios de SE en áreas urbanas se encuentran aquellos que se refieren a los precios hedónicos (Loret de Mola, 2018) y a indicadores ambientales (Morales-Cerdas *et al.*, 2018), así como estudios que enfatizan la zonificación de los SE (Guauque, 2019). La implementación de políticas urbanas y la participación ciudadana para el mejoramiento de las áreas verdes, se han estudiado con relación al aumento de SE (Cervantes y Martínez, 2021), mientras que la planificación se analiza vinculada a la distribución de áreas urbanas que permiten el acceso a los SE (Ojeda, 2020).

Dentro de los diversos tipos de área verde urbana, el parque tiene especial valoración por sus características arquitectónicas, estéticas e históricas; así como por la construcción de una mejor imagen y habitabilidad de la ciudad (Castro *et al.*, 2003; Montañez, 2017; Martínez-Valdez *et al.*, 2020).

En el parque urbano, la presencia de vegetación es una característica fundamental puesto que se constituye en un factor de calidad para la vida de las personas en las ciudades (Rapoport *et al.*, 1983; citado por Meza y Moncada, 2010). Sin embargo, la atracción hacia dichos espacios, no sólo se relaciona con la vegetación presente, sino también con la calidad del mantenimiento, con la seguridad social, con el acceso gratuito (Duygu, 2015) y con la distancia del lugar de residencia de los usuarios al parque. En este contexto, Katz (2011) afirma que la distancia óptima para hacer uso de los parques urbanos es, aproximadamente, de 5 minutos del lugar de residencia

de los usuarios (Katz, 2011); sin embargo, la ONU considera una distancia recorrida hasta de 30 minutos (Sepúlveda, 2017).

Otra característica importante en el estudio de los parques es la presencia de infraestructura verde y gris (Castro *et al.*, 2003). La infraestructura verde es la presencia e interconexión de arbolado que conserva funciones de los ecosistemas y provee beneficios a la población, mientras que la infraestructura gris se representa mediante las obras civiles que se construyen dentro de los parques (Benedict y McMahon, 2002; Tzoulas *et al.*, 2007; Eisenman, 2013; citado por Vásquez, 2016). Para Vásquez (2016) la infraestructura verde surge como una alternativa de la gris, ya que esta última se crea sólo para satisfacer una necesidad específica; en cambio, la infraestructura verde permite resolver de manera natural varios problemas a la vez, por ejemplo: la contención de inundaciones, la escasez de agua, los cambios térmicos y la falta del espacio verde para la población. Zuñiga-Terán *et al.* (2020) señalan que estos dos tipos de infraestructura pueden trabajar de manera complementaria, coexistiendo en los parques urbanos, espacios donde se perciben los SE. Sin embargo, las áreas verdes urbanas, pueden ser percibidas como objeto de política, mediante la concertación de planes de conservación y mantenimiento (Rivas-Torres, 2001; Fischesser, 2009; citado por Velasco *et al.*, 2013).

Para la realización de la investigación presente, se propone una valoración que incluye tanto las percepciones de los usuarios, como los aspectos técnicos. En este estudio, la metodología se basa en la percepción que tienen las personas con respecto a los SE a nivel cultural, sin que ello implique la exclusión de otros servicios ecosistémicos percibidos por la comunidad como relevantes. Ello se vincula al final con los datos obtenidos en la observación participante.

MATERIALES Y MÉTODOS

El municipio de Tuxtla Gutiérrez se ubica en la Región Socioeconómica 1 Metropolitana del Estado de Chiapas, México. La ciudad limita al norte con los municipios de San Fernando y Usumacinta; al sur, con Suchiapa; al oeste, con Ocozocoautla de Espinoza y Berriozábal; y al este, con Chiapa de Corzo (INEGI, 2010; citado por SEDESOL, 2013). La ciudad de Tuxtla Gutiérrez cuenta con 159 espacios para la recreación y el deporte dentro de las 480 colonias de la ciudad, dentro de éstas se encuentran 107 parques (Pérez, 2014) de los cuáles solo se estudiarán dos para el presente trabajo.

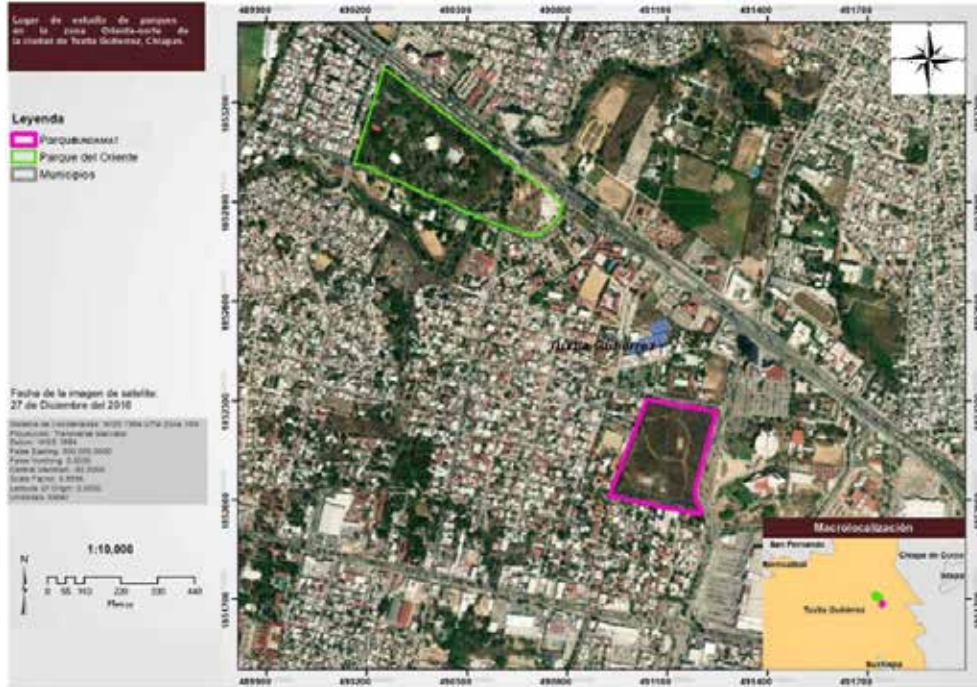


Figura 1. Mapa de ubicación de los parques del Oriente y Fundamat en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. Elaborado por: Perla Paniagua para este trabajo, 2020

Tabla 2
Ubicación geográfica de los dos parques a evaluar

LUGAR	COORDENADAS	ALTURA (msnm)	EXTENSIÓN (m ²)
PARQUE DEL ORIENTE	93° 5' 25.4" W 16° 45' 37.47" N	505	107.19
PARQUE "FUNDAMAT"	93° 5' 0.63" W 16° 45' 7.23" N	517	72.44

Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI, 2020

Los dos parques que integran este estudio se ubican en la zona norte-oriental de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas a una distancia entre sí de aproximadamente 1.5 km (ver Tabla 2). El Parque Fundamat tiene una extensión más pequeña, aproximadamente de un 33% menos que el Parque del Oriente. Este último colinda con el libramiento norte de la ciudad, que sirve como vía rápida de conexión entre el lado oriente con el poniente, se sitúa también enfrente de una escuela secundaria pública, así como de casas habitación cercanas. Mientras que el Parque Fundamat ésta situado dentro de la colonia El retiro, a su alrededor tiene casas habitación y en un radio de aproximadamente 500 m se encuentra una escuela preparatoria, una unidad administrativa y un centro comercial (ver Figura 1).

Observación participante

Para la observación participante se permite la descripción de la infraestructura gris de ambos parques y las actividades que realizan los usuarios en dichos espacios. Se observa la influencia de las personas, la infraestructura para el deporte, las áreas de descanso y recreativas, la presencia de contenedores, la iluminación y los estacionamientos. Para la infraestructura verde se observan las diferencias en el arbolado, las características de la densidad y el cuidado de cada espacio. Por último, en los parques urbanos se observa el uso del espacio, es decir la interacción de los visitantes con la infraestructura verde y gris.

Para la descripción de la infraestructura de las dos áreas se utiliza la observación participante (Díaz, 2010), en la cual se hace una observación y registro preliminar. Al finalizar se organizan y analizan los datos de dicha observación, de acuerdo con los aspectos considerados en este estudio.

Encuestas

Las encuestas se basaron en los SE culturales clasificados por la MEA (2005). Se realizó un muestreo aleatorio por cuotas, procedimiento que forma parte de las muestras no probabilísticas (Ochoa, 2015). Para este caso se eligen a usuarios mayores de 18 años, ya que hay algunas preguntas que se remontan a años pasados.

Se realizan 96 encuestas en total, las cuales se dividen entre los dos parques (48 para cada parque), aplicando 6 encuestas diarias durante 8 días, el horario de aplicación es escalonado con el fin de abarcar distintos grupos de personas que acuden al parque, ya sea en la mañana, medio día, tarde o noche. Los aspectos que se consideran para el muestreo son: sexo (hombres y mujeres) y edad (de 18 a 35 años, 36 a 50 años y de 51 en adelante).

Los temas tratados en la encuesta son: colonia de procedencia, frecuencia de asistencia, conocimiento de la administración, uso y conocimiento de la infraestructura, asistencia a otros parques, conocimiento de la biodiversidad, cambios del parque a través del tiempo y prospección a futuro.



Figura 2. Realización de encuestas. Fuente: Elaboración propia

RESULTADOS

Los resultados de la observación participante se ejemplifican con las características de la infraestructura, así como con las condiciones en las que se encuentran dichos espacios (Tabla 3).

Tabla 3*Cuadro comparativo de la observación de la infraestructura gris y verde*

CARACTERÍSTICAS	PARQUE DEL ORIENTE	PARQUE FUNDAMAT
INFRAESTRUCTURA GRIS		
Canchas	Cuenta con una de básquetbol y en buen estado	Cuenta con una pequeña: de fútbol
Gimnasio	Abierto al público con horarios establecidos	No posee
Pistas para correr y caminar	En buenas condiciones, una para cada actividad	Posee una sola pista para ambas actividades
Alberca	En buen estado, semi-olímpica	No tiene
Aparatos de ejercicio	Se ubican en dos zonas del parque	No tiene
Baños	Dos baños supervisados por una persona	Cerrados y en mal estado
Basureros	Se encuentran ocho contenedores en mal estado.	Se encuentran seis contenedores sin espacio para depositar basura
Estacionamiento	Posee uno en su interior y dos exteriores	Posee uno en la parte exterior
Bancas	Existen quince bancas	Existen ocho bancas
Palapas	Existen dos que se usan para para clases de baile	No tiene
Unidad administrativa	En ella se puede pedir información y se realizan las inscripciones a las actividades	No posee
INFRAESTRUCTURA VERDE		
Estado del arbolado	El aspecto de los árboles se visualiza mejor	Hay árboles secos y ramas sin cortar
Densidad	En comparación con el Parque Fundamat, se observa una menor densidad de población arbórea	En comparación con el Parque del Oriente se observa una densidad arbórea mayor por unidad de área
Señalización	En las puertas de entrada hay presencia de señalización incitando a cuidar las áreas verdes	No cuenta con ninguna señalización

Fuente: Elaboración propia

Como se observa (Tabla 3) ambos parques cuentan en común con canchas (aunque para diferentes actividades); también tienen pistas para correr o caminar, estacionamiento, basureros y algunas bancas para sentarse. El Parque del Oriente posee más infraestructura gris, como un área de gimnasio, una alberca, aparatos para hacer ejercicios y una palapa en donde se realizan algunas actividades como bailes latinos o árabes; a diferencia del Parque Fundamat que contiene menos diversidad de infraestructura gris, la cual se encuentra en condiciones de deterioro.

Frecuencia de asistencia

Los resultados de la encuesta en cuanto a la frecuencia de asistencia a los parques se representan en cuantas veces acuden los usuarios a éstos durante un mes, la respuesta se divide en tres categorías: 0 a 4 veces, 5 a 10 veces y de 11 a más veces en el mes. Se observan (Figura 3 y Figura 4) las respuestas encontradas divididas en hombres y mujeres.

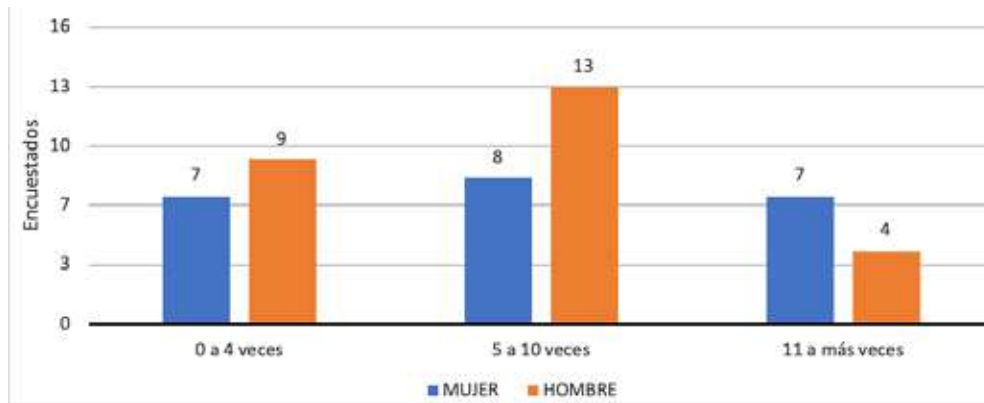


Figura 3. Frecuencia de asistencia al Parque del Oriente durante el mes. Fuente: Elaboración propia

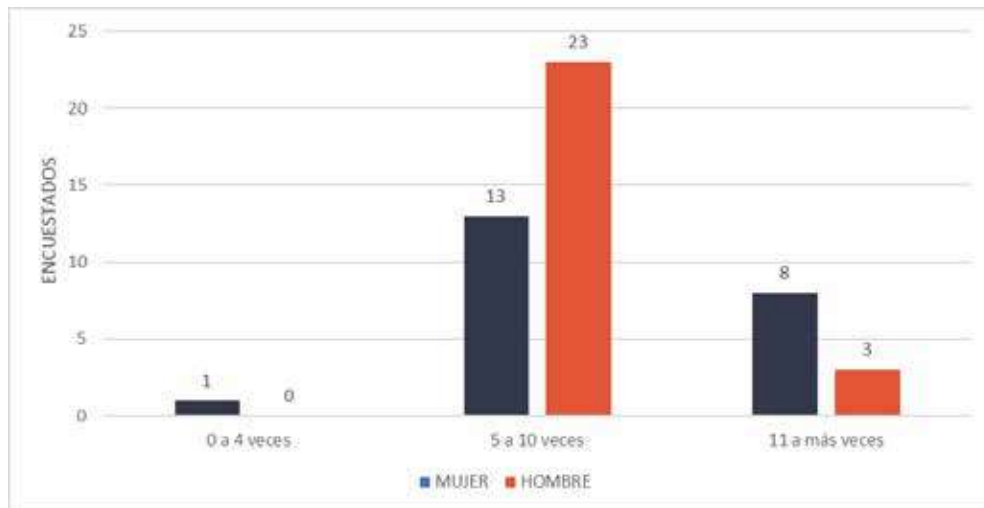


Figura 4. Frecuencia de asistencia al Parque Fundamat durante un mes. Fuente: Elaboración propia

Como se observa, tanto en el Parque del Oriente (Figura 3) como en el Parque Fundamat (Figura 4) existe mayor frecuencia de asistencia en el rango de 5 a 10 veces al mes. En el Parque del Oriente, el único rango de frecuencia de asistencia en el que es mayor la participación de mujeres que de hombres, es el rango de 11 a más veces por mes. En el caso del Parque Fundamat, se observa mayor presencia de hombres que de mujeres en el rango de 5 a 10

veces por mes. El rango de frecuencia de asistencia al parque de 0 a 4 veces al mes es mayor en el Parque del Oriente (16) que en el Parque Fundamat (1); mientras que el rango de frecuencia de asistencia al parque de 5 a 10 veces al mes es mayor en el Parque Fundamat (36) que en el Parque del Oriente (21). En el último rango de 11 a más veces por mes se observa el mismo número de personas para ambos parques (11).

Edad

Las edades de los encuestados, al igual que la frecuencia de visitas, se divide en tres categorías como se menciona en la metodología, siendo estos: 18 a 39 años, 40 a 59 años y de 60 años y más. Cabe recalcar que el límite inferior es de 18 años. Las respuestas se representan en porcentajes cada parque (Figura 5 y Figura 6).

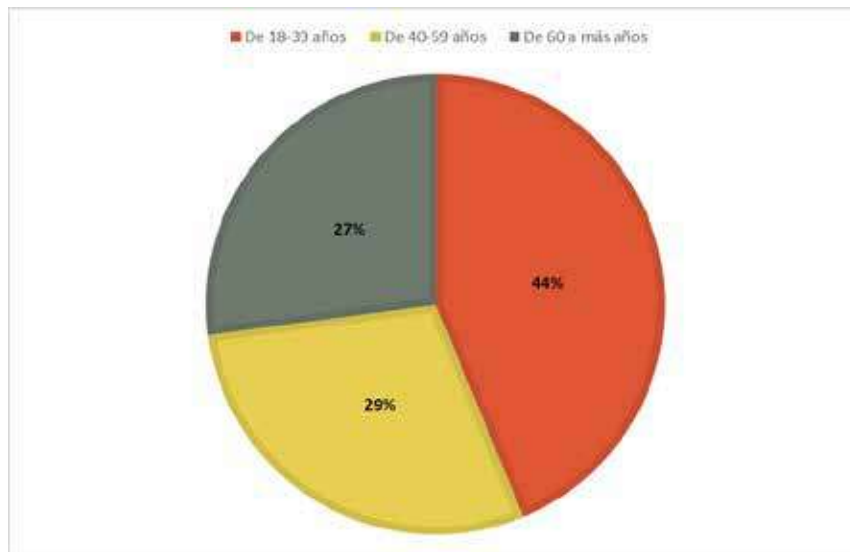


Figura 5. Edades de los encuestados en el Parque del Oriente. Fuente: Elaboración propia

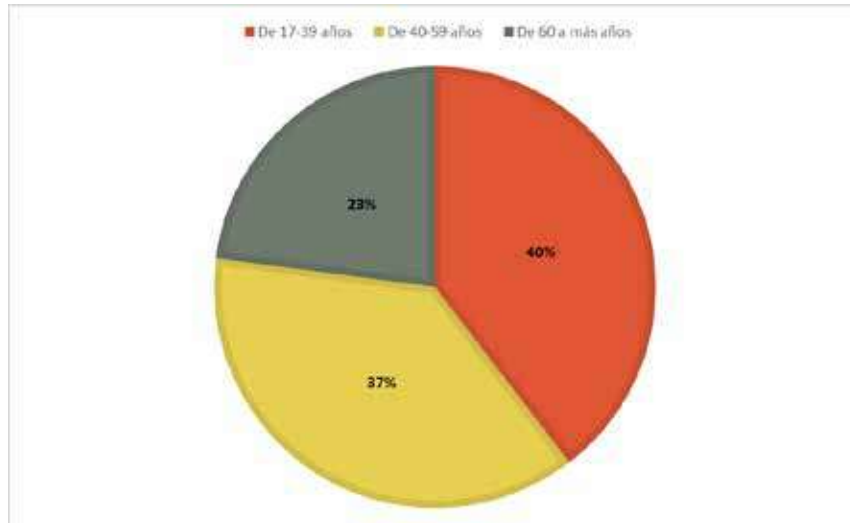


Figura 6. Edades de los encuestados en el Parque Fundamat. Fuente: Elaboración propia

El grupo de edad con mayor porcentaje de visita a ambos parques fue el de los más jóvenes, es decir, de aquellos que están por debajo de los 40 años, con un 44% para el Parque del Oriente y 40% para el Parque Fundamat. El segundo grupo con más asistencia es el de 40 a 59 años, con un 29% para el Parque del Oriente y un 37% para el Parque Fundamat. Por último, se encuentra el grupo de los asistentes con edad mayor a los 60 años, con una asistencia del 27% y 23% respectivamente. Se observa que el Parque Fundamat tiene 8% más de visitas que el Parque del Oriente en el rango de edad de 40 a 59 años.

Procedencia

En la encuesta, uno de los datos poblacionales a conocer fue la procedencia de los usuarios, obteniendo así un mapa con la ubicación de las colonias de las cuales provienen las personas que asisten al Parque del Oriente (Figura 7) y al Parque Fundamat (Figura 8).

PARQUE DEL ORIENTE

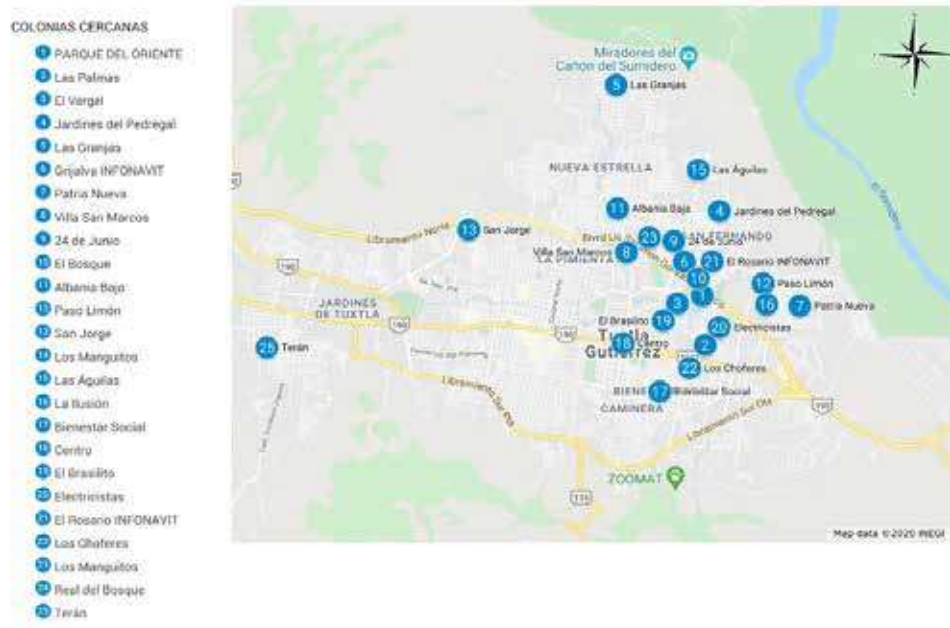


Figura 7. Mapa de las colonias donde residen los usuarios encuestados en el Parque del Oriente.
Fuente: Elaboración propia

En el mapa anterior (Figura 7) se observa la distribución espacial de las colonias de procedencia de los visitantes del Parque del Oriente. En un radio menor de 1 km se encontraron 6 colonias de procedencia del 37% de los encuestados, mientras que el 63% de los visitantes proceden de 18 colonias que se encuentran en un radio mayor de 1 km de distancia del parque. Cabe señalar que, entre este último grupo de colonias, una de ellas se ubica a una distancia del parque aproximada de 10 km.

PARQUE FUNDAMAT

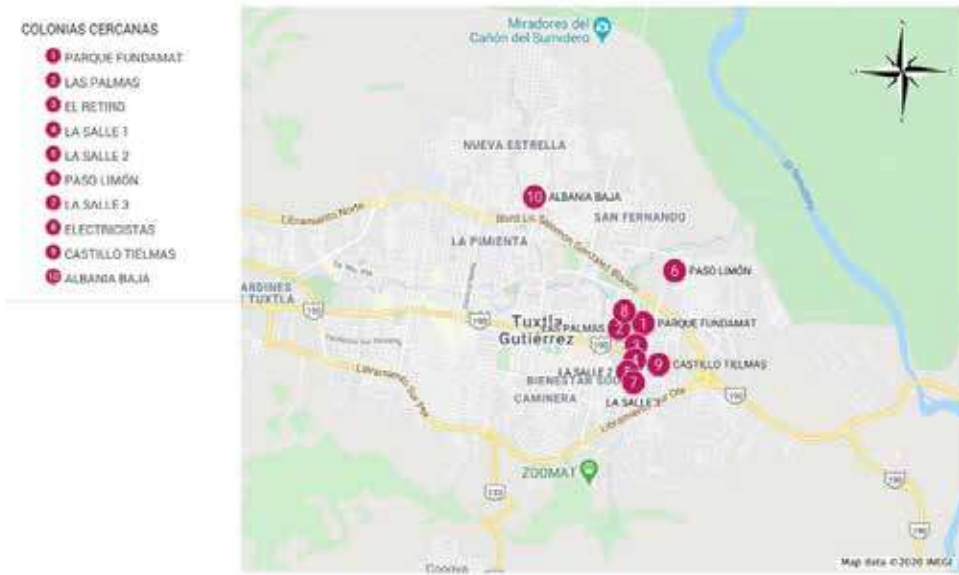


Figura 8. Mapa de las colonias donde residen los usuarios encuestados en el parque FUNDAMAT.
Fuente: Elaboración propia.

En el Parque Fundamat (figura 8) se encuentran 7 colonias en un rango menor de 1 km de donde provienen el 88% de los encuestados, mientras que 12% de los visitantes provenientes de 2 colonias se encuentran en un radio de más de 1 km, dentro de este último grupo, una de ellas se ubica a una distancia del parque aproximada de 4 km. El número de colonias de procedencia de los visitantes del Parque del Oriente es más del doble que el número de colonias de donde provienen los visitantes del Parque Fundamat, mientras que al Parque del Oriente acuden usuarios de colonias más lejanas.

Visita a otros parques

Como se observa en la Figura 9, casi la mitad de los usuarios del Parque del Oriente visitan otro parque a parte de éste; mientras que en el Parque Fundamat existe menos diversificación de visitas hacia otros parques (ver Figura 10).

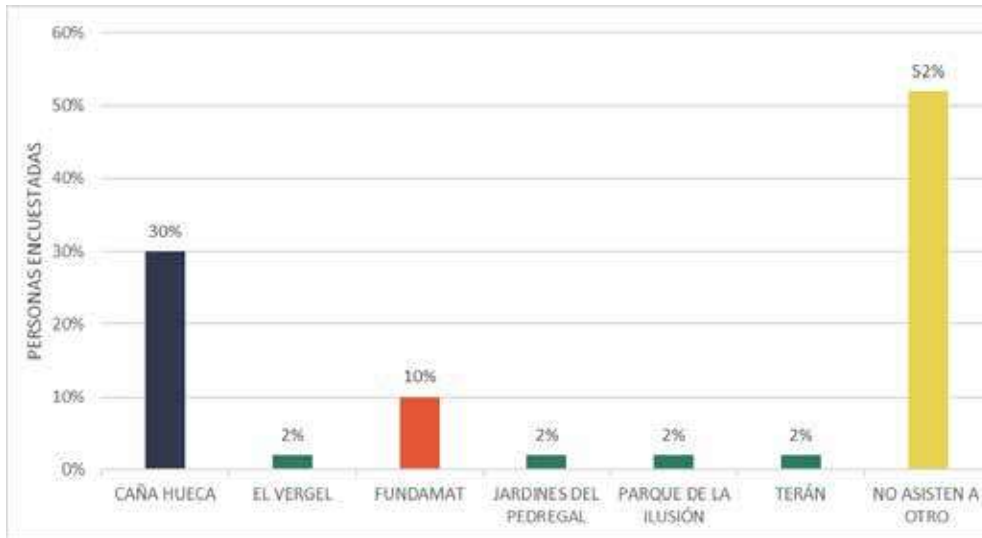


Figura 9. Otros parques que visitan los usuarios del Parque del Oriente. Fuente: Elaboración propia

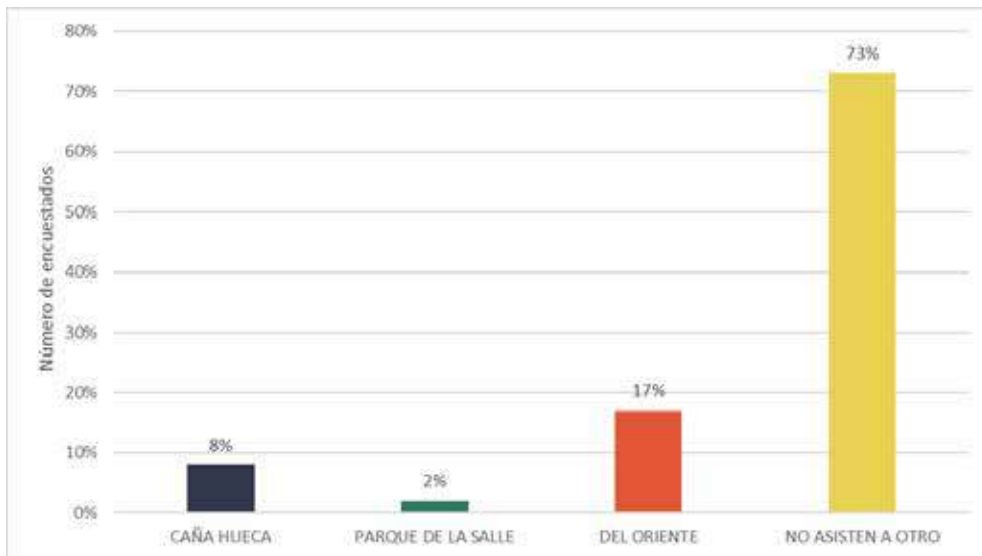


Figura 10. Segundo parque que visitan los usuarios del Parque Fundamat. Fuente: Elaboración propia

En el Parque del Oriente 48% del total de usuarios también asisten a otro parque, mientras que en el Fundamat el 27% de encuestados suelen visitar un segundo parque para realizar sus actividades cotidianas.

El segundo parque al que los usuarios del Parque del Oriente acuden más es el Parque Caña Hueca (30%), mientras que el 10% de las personas que acuden al Parque Fundamat. Por otra parte, la encuesta realizada en el Parque Fundamat muestra que el 8% de los visitantes acuden al Parque Caña Hueca y el 17% de los encuestados acuden al Parque del Oriente.

Infraestructura

La infraestructura gris o verde, que utilizan más los usuarios al acudir a los parques, es diferente en los casos que se mencionan en este estudio, puesto que en el Parque Fundamat existe mayor densidad arbórea mientras que en el Parque del Oriente se encuentra más diversidad de infraestructura gris y un espacio construido mayor.

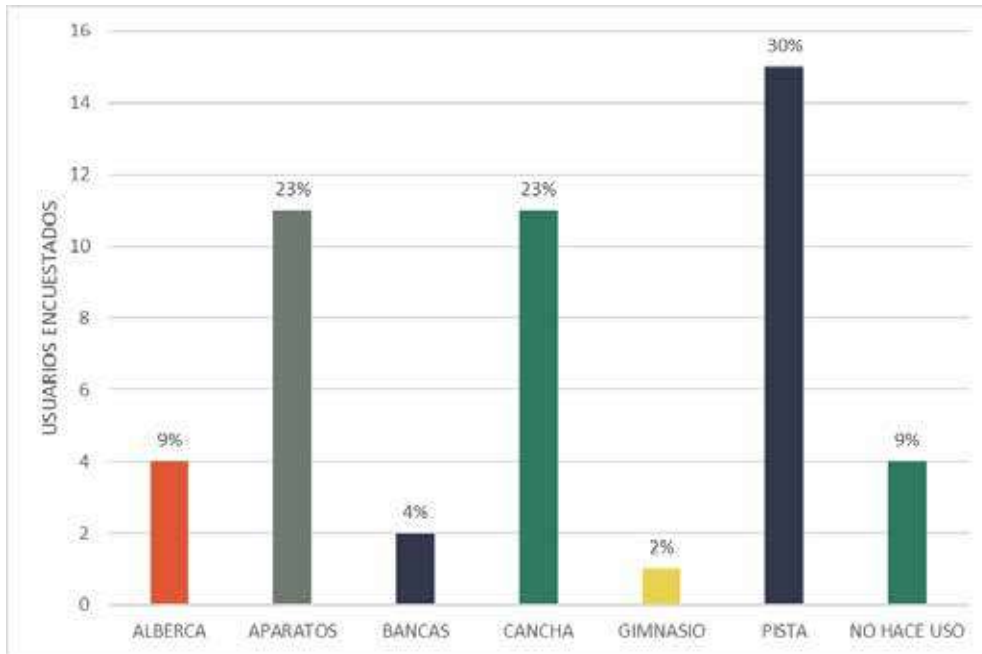


Figura 11. Infraestructura utilizada en el Parque del Oriente. Fuente: Elaboración propia

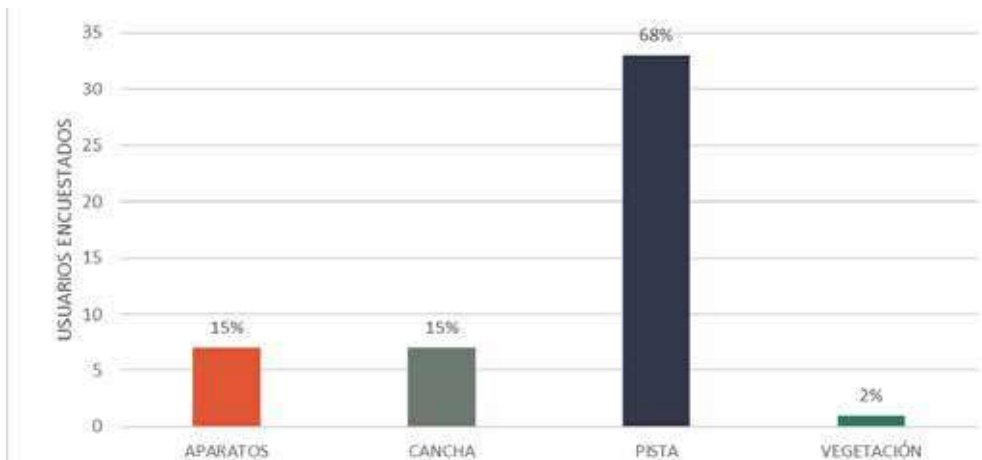


Figura 12. Infraestructura utilizada en el Parque Fundamat. Fuente: Elaboración propia

La infraestructura más utilizada en ambos parques fue la pista (para correr y caminar) con 30% de los encuestados en el Parque del Oriente y el 68% de los encuestados en el Parque Fundamat, un poco más del doble que el primer parque. En cuanto a los aparatos para realizar ejercicios y el uso de las canchas ambas respuestas tuvieron la misma cantidad en cada parque (23% en el Parque del Oriente y 15% en el Parque Fundamat). Cabe señalar que el uso de la cancha en el Parque Fundamat es de fútbol y en el Parque del Oriente es de basquetbol.

En el Parque del Oriente otras de las respuestas encontradas son el uso de la alberca, bancas y el gimnasio con 9%, 4% y el 2% de usuarios respectivamente y el 9% de los visitantes no hace uso de alguna infraestructura. Para el Fundamat solo un usuario comentó que para él la vegetación es la infraestructura que más utiliza representando 2%.

Servicios ecosistémicos

Una de las características más importantes a evaluar fue la percepción de los beneficios que los usuarios sienten que reciben del parque al que asisten, esta fue una pregunta abierta en donde los visitantes mencionaron una sola respuesta. En ambos resultados se puede observar que los beneficios que más les importan a los usuarios se relacionan con los SE de provisión con un 89% para el Parque del Oriente (figura 13) y un 87% para el Parque Fundamat (Figura 14), para los SE culturales los resultados fueron de 11% y 13% respectivamente.



Figura 13. ¿Cuáles servicios ecosistémicos se perciben en el Parque del Oriente?. Fuente: Elaboración propia



Figura 14. ¿Cuáles servicios ecosistémicos se perciben en el Parque Fundamat?. Fuente: Elaboración propia

Para los usuarios de ambos parques el servicio ecosistémico de “Oxigenación” y “Respirar aire puro” fueron los resultados más mencionados con un 29% y 27% respectivamente para el Parque del Oriente, y un 28% y 22% para el Parque Fundamat. Estos están relacionados con la buena calidad de aire que sienten las personas al estar en dichos lugares, aunque cabe destacar que el deporte, relación con algunos animales, beneficios psicológicos o tener espacios recreacionales tuvieron baja presencia en la percepción de los usuarios, aun cuando anteriormente se señala que los usuarios sí realizan algún deporte o actividad recreativa en las infraestructuras designadas para ello, esto quiere decir que los usuarios le dan más importancia al beneficio ambiental de la calidad de aire que a las actividades deportivas. Otro dato a considerar es la percepción de la vegetación que tuvo más relevancia en el Parque del Oriente.

Prospección

Las respuestas de las prospecciones favorecieron a el Parque del Oriente donde el 89% de los usuarios creen que éste puede mejorar, mientras que el 9% creen que el parque puede estar igual y un 2% cree que tendrá una condición peor a la actual. En la figura 15 se desglosan de qué manera creen que el parque puede mejorar.

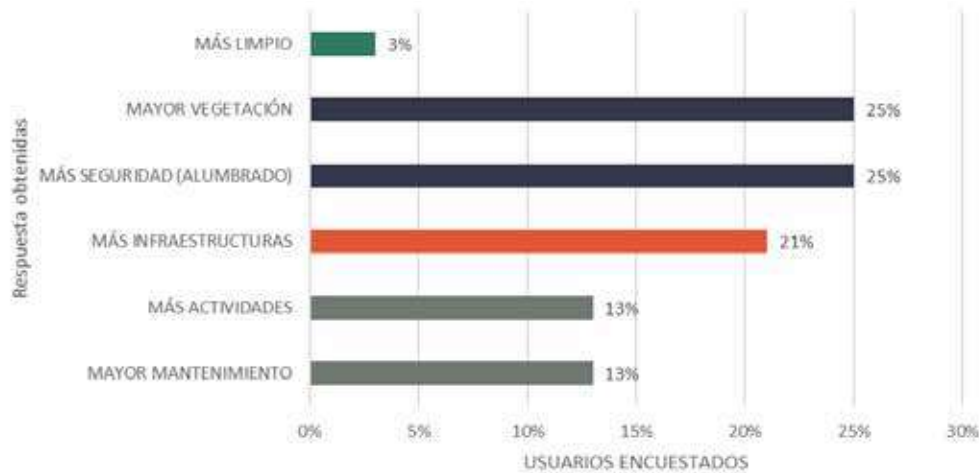


Figura 15. Prospección del Parque del Oriente a futuro. Fuente: Elaboración propia

Para el Parque Fundamat el 63% mencionó que el parque puede estar en mejores condiciones, 24% cree que puede estar igual y 13% cree que puede estar peor a la condición actual. Dentro de la respuesta “mejor” se desglosan las siguientes respuestas que se muestran en la Figura 16.

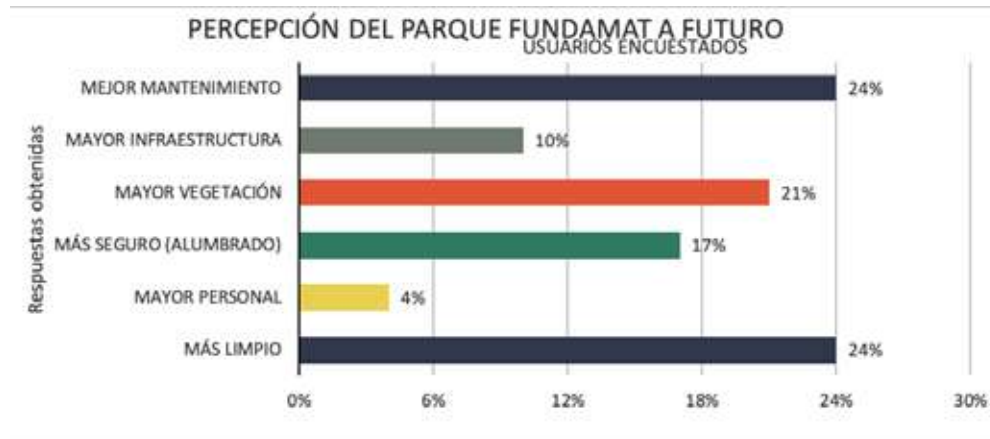


Figura 16. Prospección del Parque Fundamat a futuro. Fuente: Elaboración propia

El 23% de los usuarios del Parque del Oriente (Figura 15) refiere a que éste puede tener un mejor estado, el 16% mencionó que podría tener mayor vegetación y otro 16% espera que el parque tenga más alumbrado para mejorar la seguridad del parque por las noches, esto quiere decir que aproximadamente el 90% de los usuarios espera que se mejoren algunos aspectos como la infraestructura y el mantenimiento, un 2% espera que el parque en un futuro se encuentre en peores condiciones y un 9% espera ningún cambio.

Al contrario de los resultados anteriores, 24% de los usuarios del Parque Fundamat (Figura 16) creen que a futuro el parque seguirá igual, mientras que el 15% de los usuarios opinan que el parque puede llegar a tener mejor mantenimiento y estar más limpio, el 13% espera que haya mayor vegetación, y 13% de los encuestados piensan que la situación del parque puede empeorar.

DISCUSIÓN

En cuanto a la edad de los usuarios encuestados esta investigación coincide con el trabajo de Flores-Xolocotzi (2012) ya que en el presente estudio se encontró que el bloque de edad de 60 y más años es el que menor porcentaje acude a los parques, coincidiendo también con el trabajo de Pérez y Fargher (2016) quienes encontraron que adolescentes y adultos jóvenes eran los que más acudían a los parques. Por otro lado, el estudio de Gómez (2013) difiere con estos autores y el presente trabajo, ya que, en los parques de Salamanca, España los visitantes que más acuden son personas de edad avanzada, este factor puede deberse a que los adultos mayores forman parte del 24% de la población en España (López, 2019), mientras que en México el sector de los adultos mayores representa el 12.8% de la población total (Encuesta Nacional de la Dinámica Demográfica, 2018 tomado de Monroy, 2020).

La frecuencia de visitas a los parques de este estudio y el trabajo de Pérez y Fargher (2016) coinciden ya que para ambos lugares más del 50% de los visitantes acuden a los parques en un rango de 5 a 10 veces al mes. Otro estudio realizado por la Asociación Nacional de Parques y Recreación de México (ANPR, 2018), reportó que más del 50% de las personas encuestadas acuden de 8 a más de 12 veces al mes. En el caso de este trabajo los porcentajes favorecieron al Parque Fundamat con un 97% a comparación del Oriente con un 66% en el rango de 5 a más visitas al mes, este dato difiere con Reyes-Paecke y Figueroa (2010) que describen que los visitantes acuden más veces a los parques de mayor tamaño, tomando en cuenta que el Parque del Oriente tiene 35 m² más que el Fundamat, por lo que esta preferencia en este trabajo no se cumple.

En cuanto a la procedencia de colonias el estudio de Reyes-Paecke y Figueroa (2010) encontraron que un parque al tener más extensión, atraía a personas de colonias más lejanas. Este aspecto es semejante a lo que se observó en este estudio, ya que el Parque del Oriente atrae a visitantes de más del doble de colonias que el Parque Fundamat, así como a usuarios de colonias más lejanas. Además del tamaño del parque hay algunas otras características que también están relacionadas con la atracción de usuarios como la presencia de más y mejor infraestructura, como se obtuvo en la observación participante, la cercanía de vías de movilidad, diversidad de usuarios, visibilidad (iluminación) y la sensación de accesibilidad (Múñoz,

2014; Videla, 2016; Katz, 2017) ayudan al Parque del Oriente a que atraiga a personas de colonias más lejanas.

La comparación resultante de la observación participante (Figura 2) demostró que en el Parque del Oriente la infraestructura que posee es predominantemente gris: las canchas, las pistas para caminata, estacionamiento, basureros y bancas. Cabe recalcar que en la observación se pudo apreciar que la infraestructura del parque del Oriente está en mejor estado que la de Fundamat, por lo que quizás la ubicación y mayor tamaño del primero influya en que se quiera mantener una imagen más limpia y cuidada para la ciudadanía que recorre la vía rápida del libramiento norte de la ciudad.



Figura 17. Entrada del Parque del Oriente. Fuente: Elaboración propia



Figura 18. Entrada del Parque Fundamat. Fuente: Elaboración propia

En cuanto a los SE que perciben los usuarios para ambos parques el beneficio más percibido fue el de la oxigenación al contrario de Flores-Xolocotzi (2012) quien recalca la importancia de la recreación y el deporte, mientras que el trabajo la ANPR (2018) demostró que el 44% cree que los parques ayudan a proporcionar los servicios de conservación y cuidado del entorno (SE culturales). Es importante considerar que a comparación de la ANPR en este trabajo comparativo el mayor resultado fue la percepción de los SE de aprovisionamiento y regulación, los cuáles le dan una importancia implícita a la infraestructura verde; aunque de manera explícita aparece con mayor frecuencia la referencia a las actividades favorecidas por la infraestructura gris.

Al igual que este estudio el trabajo de la ANPR (2018) también cuestiona la prospección del parque por parte de los usuarios, puesto que 25% se inclinó a pensar que el mantenimiento del parque podría ser un área para mejorar a futuro mientras que para este trabajo los resultados fueron de un 14% para el Parque Fundamat y el 8% para el Parque del Oriente. En cuanto al mejoramiento del alumbrado, el resultado de la ANPR fue de un 15%, coincidiendo con los resultados del presente trabajo. El mejoramiento de los sanitarios (16%) y la accesibilidad a personas discapacitadas (12%) son aspectos que se consideraron en las respuestas que brindó la ANPR, los cuales no fueron temas mencionados por las personas en este estudio, quienes se centraron en temas como la limpieza y el incremento de la vegetación.

CONCLUSIÓN

Si bien ambos parques son áreas situadas en el lado oriente – norte de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas y se caracterizan por ser espacios de acceso público y gratuito, la infraestructura de cada uno hace que se lleven a cabo distintas actividades atrayendo a diferentes tipos de usuarios. Las actividades deportivas y recreativas resultan mejor valoradas en el presente trabajo y en el de Pérez (2014), esto demuestra que la atracción de las personas hacia los parques urbanos está dirigida al uso de la infraestructura gris. Por otra parte, se observa que dicha infraestructura puede estar vinculada a la presencia más evidente de personal administrativo y de mantenimiento, como sucede en el Parque del Oriente.

Aunque para este trabajo no se contabilizó la cantidad de usuarios que llegan a cada parque, en la observación participante y en la aplicación de encuestas se pudo observar que eran más las personas que llegaban al parque del Oriente, ya que en éste se facilitaba el encontrar a más visitantes a encuestar en un período de tiempo más corto que en el Fundamat donde el tiempo de aplicación de las preguntas era más largo debido a la espera de personas para encuestar.

En cuanto a la extensión, cuanto más grande es un parque mayor diversificación de actividades y atención de actores públicos podemos encontrar en ellos, atrayendo así a personas incluso de colonias lejanas. Si bien la infraestructura verde del parque del Oriente se encuentra en mejor estado debido a una mayor intervención, el arbolado del Fundamat se encuentra en una condición más “natural” dándole un aspecto diferente que puede atraer a otro tipo de usuarios.

La relevancia de este estudio comparativo se fundamenta en el objetivo de indagar la percepción que los usuarios de los parques tienen sobre los SE culturales y recreativos como factores de atracción para visitar un parque dentro de la ciudad; sin embargo, el resultado demuestra que los visitantes de ambos parques urbanos se sienten más atraídos por los SE de regulación los cuales están relacionados con la presencia de infraestructura verde, aun cuando sus actividades las realizan en la infraestructura gris.

Con los datos obtenidos se puede reforzar la idea de otros autores que recalcan la importancia de los servicios que brindan los parques urbanos (Flores-Xolocotzi, 2012; Costanza *et al.*, 1997) abriendo líneas de investigación que retomen la importancia social del impacto de los parques urbanos (Egea y Salamanca, 2020). Algunos investigadores (Merayo *et al.*, 2016; Reyes-Paecke y Figueroa, 2010; Leandro-Rojas, 2014; Cuevas, 2015; Merayo *et al.*, 2016; Stainbrook, 1973 citado por Martínez-Soto *et al.*, 2016; Martínez-Soto *et al.* 2020) aseguran que, a diferencia de la población que vive en zonas rurales, la comunidad urbana que tiene bajo contacto con la naturaleza, presenta más patologías sociales y de salud. En este sentido, sería relevante indagar sobre la relación parques urbanos y salud, desde la perspectiva de los Servicios Ecosistémicos en los estudios de caso. Finalmente, los parques urbanos analizados desde la perspectiva de los Servicios Ecosistémicos se presentan como espacios de oportunidad para favorecer la calidad de vida en las ciudades.

REFERENCIAS

- Asociación Nacional de Parques y Recreación.** (2018). *Viviendo los parques*. Recuperado de anpr.org.mx/wp-content/uploads/2018/08/VIVIENDO-LOS-PARQUES-Usos-y-Costumbres-de-los-Mexicanos-2018.pdf
- Ballinas, M.** (2014). Áreas verdes en el diseño de viviendas sustentables: una mirada desde la calidad de vida urbana. En González, R(Ed.), *Estudios ambientales y riesgos naturales* (pp. 53-90). Jaguar.
- Balvanera, P.** y Cotler, H. (2007). Acercamientos al estudio de los servicios ecosistémicos. *Gaceta Ecológica*, 84-85 (2),8-15. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=53908502>
- Barranquilla,** Colombia. *Lecturas de Economía*, 88 (1)183-205. <https://dx.doi.org/10.17533/udea.le.n88a06>
- Benedict, M.** y McMahon, E. (2002). Green infrastructure: smart conservation for the 21st century. *Renewable Resources Journal*, 20(3), 12-17.
- Camacho, V.** y Ruiz, A. (2012). Marco conceptual y clasificación de los servicios ecosistémicos. *Revista Bio ciencias*, 1(4), 3-15.
- Castro, P.,** Escoriza, T., Oltra, J, Otero, M. y Sanahuja, E. (2003), ¿Qué es una ciudad? Aportaciones para su definición desde la prehistoria. *Scripta Nova. Revista electrónica de geografía y ciencias sociales*, 7(146) [http://www.ub.edu/geocrit/sn/sn-146\(010\).htm](http://www.ub.edu/geocrit/sn/sn-146(010).htm)
- Cervantes A.** y Martínez, M. (2021). *Relación de las áreas verdes urbanas con las mejores ciudades del mundo. Una revisión histórica. Teoría y educación ambiental. Reflexiones en tiempo de pandemia* (96-112). Universidad Autónoma de Chapingo.
- Costanza, R.,** d'Arge, R., de Groot, R., Farberk, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., O'Neill, R., Paruelo, J., Raskin, R., Suttonk. P. y van den Belt, M. (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Ecological Economics*, 25 (1), 3-15. [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(98\)00020-2](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(98)00020-2)
- Cuevas, S.** (2015). Análisis comparativo de los beneficios sociales, psicológicos y de seguridad de las zonas verdes en Malmö (Suecia) y Querétaro (México). *La pantalla insomne*. <http://www.revistalatinacs.org/15SLCS/libro-colectivo-2015-2-edicion.html>
- De Groot, R.,** M. A. Wilson y R. M. J. Bowmans. 2002. A typology for the classification, description, and valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecological Economics* 41: 393-408.
- Debnath, A. K.;** Chin, H. C.; Haque, M. M. and Yuen, B. 2014. A methodological framework for benchmarking smart transport cities. *Cities*. 37(2):47-56
- Díaz, L.** (2010). *La observación*. http://www.psicologia.unam.mx/documentos/pdf/publicaciones/La_observacion_Lidia_Diaz_Sanjuan_Texto_Apoyo_Didactico_Metodo_Clinico_3_Sem.pdf

- Directorate- General Enviroment.** (2014). Pasando de la infraestructura gris a la verde. https://ec.europa.eu/environment/efe/themes/moving-grey-green-infrastructure_es
- Duygu, R.** (2015). Environment and Ecology at the Beginning of 21st Century, Publisher: St. Kliment Ohridski University Press, Editors. En Efe,R., Bizzarri,C., Cürebal, I. y Nyusupova, G (eds.), *Recreation and Urban Park Management*. pp.302-312. St. Kliment Ohridski University Press
- Egea, C. y Salamanca, E.** (2020). Sociabilidades en las plazas de Buenos Aires. Usos, usuarios y diseño urbano. *Estudios Demográficos y Urbanos*. 35 (2), 517-556. <http://dx.doi.org/10.24201/edu.v35i2.1880>
- Flores- Xolocotzi, R.** (2012). Análisis de los gustos recreativos en el Parque Ambiental Bicentenario de Metepec, Estado de México. *Pasos*. 10 (3), 315-329. <https://doi.org/10.25145/j.pasos.2012.10.038>
- Frutos, P., y Esteban, S.** (2009). Estimación de los beneficios generados por los parques y jardines urbanos a través del método de valoración contingente. *Urban Public Economics Review*, (10), 13-51.
- Galindo- Bianconi, A. y Victoria-Uribe,R.** (2012). La vegetación como parte de la sustentabilidad urbana: beneficios, problemáticas y soluciones para el Valle de Toluca. *Quivera*, 14 (1): 98-108. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=401/40123894006>
- Gómez, A.** (2013). *El verde urbano de las ciudades de Salamanca, Valladolid y Zamora: Delimitación, ubicación y percepción* (tesis doctoral). Universidad de Salamanca, España.
- Guauque, D.** (2019). *Zonificación de importancia de servicios ecosistémicos aportados por áreas verdes de la ciudad de Bogotá*. (Tesis para especialización). Universidad Militar Nueva Granada, Colombia.
- Guevara, A., Pérez-Duarte, M., Varela J., Porrúa M., Manson, R., Muñoz-Piña, C., Montiel, E., Zamora, C.** (2003). *Introducción a los servicios ambientales*. SEMARNAT.
- Instituto Ciudadano de Planeación Municipal (IMPLAM)** (2015). Valoración de los parques urbanos la ruta hacia una Tuxtla sustentable. <https://tuxtla.gob.mx/iciplam/descargas/VALORACION-DE-LOS-PARQUES-URBANOS-2015.pdf>
- Katz, P.** (2017). *What makes a good urban park*. <https://www.cnu.org/publicsquare/2017/03/01/what-makes-good-public-park>
- Laterra, P., Martín-López, B., Mastrangelo, M. y Garibaldi, L.** (2017). Servicios Ecosistémicos en Latinoamérica. De la investigación a la acción. *Ecología Austral*, 27(1), 094-098. 10.25260/EA.17.27.1.1.611
- Leandro- Rojas, M.** (2014). Potencial del espacio público como facilitador de bienestar y salud mental. *Revista Costarricense de Psicología*, 33(1),31-45. <https://www.redalyc.org/pdf/4767/476747237002.pdf>

- López, L.** (2019). *Bilbao prueba dos parques pioneros en Europa con juegos de memoria para los mayores*. <https://ortotecsa.com/wp-content/uploads/2019/08/Bilbao.pdf>
- Loret de Mola, U.** (2018). *Sobre el Uso de Índices de Precios Hedónicos para Comprender la Provisión de Servicios Ecosistémicos de las Áreas Verdes Urbanas en Cinco Megaciudades de América Latina*. (Tesis de licenciatura). Universidad Científica del Sur, Perú.
- Loures, L., Santos, R., y Panagopoulos, Thomas.** (2007). Urban Parks and Sustainable City Planning-The Case of Portimão, Portugal. *WSEAS Transactions on Environment and Development*, 10 (3), 171-180. https://www.researchgate.net/publication/228860531_Urban_Parks_and_Sustainable_City_Planning-The_Case_of_Portimao_Portugal
- Martínez- Soto, J., López-Lena, María, y de la Roca Chiapas, J.** (2016). Efectos psicoambientales de las áreas verdes en la salud mental. *Interamerican Journal of Psychology*, 50(2), 204-2014. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=28447010004>
- Martínez- Valdés, V., Silva Rivera, E, y González, E.** (2020). Parques urbanos: un enfoque para su estudio como espacio público. *Intersticios sociales*, 19 (1), 67-86. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-49642020000100067
- Merayo, J., Serrano, N. y Marqués, P.** (2016). Influencia de los espacios verdes urbanos en la salud mental. *Metas Enfermería*, 19 (9), 20-26. <https://www.enfermeria21.com/revistas/metas/articulo/80987/influencia-de-los-espacios-verdes-urbanos-en-la-salud-mental/>
- Meza, M. y Moncada, J.** (2010). Las áreas verdes de la ciudad de México. Un reto actual. *Scripta Nova*, 14 (1), <https://revistes.ub.edu/index.php/ScriptaNova/article/view/1707>
- Millennium Ecosystem Assessment.** (2003). *Ecosystems and Human Well-Being: A Framework for Assessment*. Washington, DC: Island Press, 2003. 49-70
- Millennium Ecosystem Assessment.** (2005). *Ecosystems and Human Well-being: Biodiversity Synthesis*. Washington, DC: World Resources Institute, 82
- Monroy, J.** (2020, 26 de marzo). En México, 15.4 millones de personas de 60 años o más. *El economista*. <https://www.economista.com.mx/politica/En-Mexico-15.4-millones-de-personas-de-60-anos-o-mas-20200326-0008.html>
- Montañez, D.** (2017). *Hacia un modelo de parque urbano sostenible*. <https://m50.com.mx/2017/07/13/hacia-un-modelo-de-parque-urbano-sostenible-por-david-montanez-rufino/>

- Morales- Cerdas, V., Piedra, L., Romero, M. y Bermúdez, T. (2018).** Indicadores ambientales de áreas verdes urbanas para la gestión en dos ciudades de Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 66 (4): 1421-1435.
- Muñoz, M. (2014).** *Accesibilidad a las áreas verdes urbanas como espacios públicos. El caso de Ciudad Juárez, Chihuahua* (tesis de maestría). El Colegio de la Frontera Norte, México.
- Ochoa, C. (2015).** *Muestreo no probabilístico: muestreo por cuotas*. <https://www.netquest.com/blog/es/blog/es/muestreo-por-cuotas>
- Ojeda, L. (2020).** Equidad en el acceso a las áreas verdes urbanas en México: revisión de literatura. *Sociedad y ambiente*. <https://revistas.ecosur.mx/sociedadambiente/index.php/sya/article/view/2341>
- Organización de las Naciones Unidas (2018).** *Las ciudades seguirán creciendo, sobre todo en los países en desarrollo*. <https://www.un.org/development/desa/es/news/population/2018-world-urbanization-prospects.html>.
- Pérez S., y Fargher, L. F. (2016).** Uso de los parques recreativos en Mérida, Yucatán. *Estudios demográficos y urbanos*, 31(3), 775-810. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0186-
- Pérez, A. (2014).** *Estudio socioambiental de los parques y áreas verdes de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas*. (Tesis de licenciatura). Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, México.
- Reyes- Paecke, S. y Figueroa, I. (2010).** Distribución, superficie y accesibilidad de las áreas verdes en Santiago de Chile. *EURE*, 36(109), 89-110. <https://dx.doi.org/10.4067/S0250-71612010000300004>
- SEDESOL. (2013).** *Unidad de Microregiones, cédulas de información municipal*. <http://www.microrregiones.gob.mx/zap/datGenerales.aspx?entra=nacion&ent=07&mun=101>
- Sepúlveda, A. (2017).** *Parques urbanos*. <https://parquesalegres.org/biblioteca/blog/parques-urbanos/#:~:text=CARACTER%3%8DSTICAS,verdes%20a%20trav%3%A9s%20de%20andadores>.
- U.S. Environmental Protection Agency. (2004).** *Ecological benefits assessment strategic plan*. Washington, DC: SAB Review Draft.
- United Nations Human Settlements Programme (2011).** *Cities and climate change: Global report on human settlements*. http://www.unhabitat.org/downloads/docs/GRHS2011_Full.pdf
- Vásquez, A. (2016).** Infraestructura verde, servicios ecosistémicos y sus aportes para enfrentar el cambio climático en ciudades: el caso del corredor ribereño del río Mapocho en Santiago de Chile. *Revista de geografía Norte Grande*, (63), 63-86. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34022016000100005>
- Vásquez, A. (2016).** Infraestructura verde, servicios ecosistémicos y sus aportes para enfrentar el cambio climático en ciudades: el caso del

- corredor ribereño del río Mapocho en Santiago de Chile. *Revista de Geografía Norte Grande*, vol. (63). 63-86
- Velasco, E., Cortés, González, A., Moreno, F. y Benavides, H. (2013).** Diagnóstico y caracterización del arbolado del bosque de San Juan de Aragón. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 4(19), 102-111. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11322013000500009
- Vélez, L. (2009).** Del parque urbano al parque sostenible. Bases conceptuales y analíticas para la evaluación de la sustentabilidad de parques urbanos. *Revista de Geografía Norte Grande*, (43), 31-49. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34022009000200002>
- Videla, J. (2016).** *Parques urbanos y sustentabilidad*. <http://www.arquitecturaenacero.org/proyectos/sustentable/parques-urbanos-y-sustentabilidad>
- Zuniga- Teran, A., Staddon, C., de Vito, L., Gerlak, A., Ward, S., Schoeman, Y., Hart, A. & Booth, G. (2020)** Challenges of mainstreaming green infrastructure in built environment professions, *Journal of Environmental Planning and Management*, 63(4), 710-732. <https://doi.org/10.1080/09640568.2019.1605890> .

Cálculo de áreas y equilibrio estático de bóvedas de cañón con lunetos

Calculation of areas and static equilibrium of barrel vaults with lunettes

—

Diego Miramontes de León
dmiram@uaz.edu.mx

DOCTORAT (STRUCTURES) – INSTITUT NATIONAL DES SCIENCES
APPLIQUÉES LYON, FRANCE
FACULTAD DE INGENIERÍA, UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ZACATECAS
ZACATECAS, ZACATECAS, MÉXICO



Para citar este artículo:

Miramontes de León, D. (2022). Cálculo de áreas y equilibrio estático de bóvedas de cañón con lunetos. *Espacio I+D, Innovación más Desarrollo*, 11(30). <https://doi.org/10.31644/IMASD.30.2022.a08>

RESUMEN

Las estructuras de fábrica se concibieron a partir de elementos robustos cuya función esencial es la de soportar fuerzas en compresión. Las dimensiones de estas construcciones surgieron de principios de estática y geometría. Por ello se aborda, en este trabajo, un enfoque puramente geométrico y de equilibrio para determinar las fuerzas que debe soportar una bóveda con lunetos. Para no recurrir a programas sofisticados, se desarrollan ecuaciones propias para el cálculo de la superficie que se genera y a partir de ella, calcular el volumen y peso respectivo.

Las ecuaciones propuestas se comprueban para el caso de una bóveda de arista y se comparan con una solución particular de matemáticas aplicadas. Después de ello, se utilizan en un proyecto de reconstrucción en un templo pequeño en donde se usan materiales propios de la región. Por equilibrio, se revisa la capacidad del material y del elemento estructural en su conjunto.

Palabras Clave:

Bóveda con lunetos; bóveda de arista; equilibrio estático.

— *Abstract*—

The masonry structures were conceived from robust elements whose essential function is to support compressive forces. The dimensions of these constructions arose from principles of statics and geometry. Therefore, in this work, a purely geometric and equilibrium approach is proposed to determine the forces that a vault with lunettes must support. In order to avoid the use of sophisticated programs, new equations are developed to calculate the surface that is generated and from it, calculate the respective volume and weight.

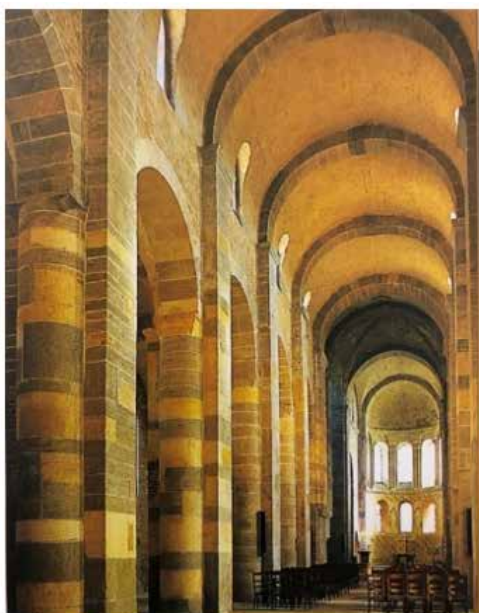
The proposed equations are checked for the case of an edge vault and compared with a particular applied mathematics solution. After that, they are used in a reconstruction project in a small temple where materials from the region are used. By equilibrium conditions, the capacity of the material and the structural element as a whole is checked.

Keywords:

Vault with lunettes; edge vault; static equilibrium.

ANTECEDENTES

En las construcciones antiguas, el empleo del arco representa uno de los elementos estructurales más utilizados para cubrir desde espacios pequeños a grandes. Desde el siglo X se construyeron bóvedas de cañón recto sin ninguna abertura y posteriormente se fueron agregando ventanales, como en la figura 1a) y bóvedas de arista como en la figura 1b). Los arcos fajones representan el apoyo transversal y permiten dividir la bóveda en segmentos cortos. La simbiosis de la bóveda de cañón con lumbreras y la bóveda de arista puede aceptarse como la base para la construcción de la bóveda de cañón con lunetos, en donde las lumbreras se prolongan perpendicularmente como una intersección de dos bóvedas de cañón.



a) Bóveda de cañón con lumbreras



b) Bóvedas de arista

Figura 1. Ejemplo de dos tipos de bóveda (Laule y Geese, 2003)

El diseño estructural de estas estructuras masivas, se basó en principios de estática y geometría y entre los firmes defensores de este enfoque se cuenta con Santiago Huerta (2004). Además, los modelos con elementos finitos exigen la adopción de hipótesis físicas de un material poco conocido (Meli, 1998), lo que motiva el desarrollo del presente análisis.

INTRODUCCIÓN

Las bóvedas de cañón con lunetos, por lo general con arcos de medio punto, se forman por la intersección perpendicular de dos de ellas (figura 2). Para que corresponda a bóveda con lunetos los diámetros entre una y otra bóveda son diferentes o al menos, deben estar a diferente altura. Cuando los diámetros son iguales y arrancan desde el mismo nivel se puede obtener una bóveda de arista.

La figura 2 muestra una maqueta con dos bóvedas de diámetros diferentes que parten del mismo nivel. En la figura 3 se muestra el caso más común, donde los lunetos tienen una longitud pequeña que se extiende hasta el paño de los muros como en la figura 4, que corresponde al templo de San Pedro y San Pablo en Ecatzingo, Estado de México. Se trata de lunetos similares a los de la figura 3. Obsérvese que el arco extremo de los lunetos tiene una cuerda de dimensión menor a su diámetro, caso que se estudiará en este trabajo. En ese templo, la bóveda delgada próxima a la cúpula colapsó. Se perdió también gran parte del muro lateral, la fachada y el campanario.



Figura 2. Maqueta de bóveda de cañón con lunetos. Fuente: Elaboración propia



Figura 3. Maqueta de bóveda de cañón con lunetos recortados. Fuente: Elaboración propia



Figura 4. Bóveda con lunetos. Fuente: Elaboración INAH (2018)

OBJETIVO

En este trabajo se presentan ecuaciones para calcular el volumen de estos dos tipos de bóvedas; con lunetos y de arista. Las ecuaciones se comprueban analíticamente para el segundo caso por tratarse de una comparación directa. Posterior a ello se aplican en forma particular a un proyecto de restauración actual.

MATERIALES Y MÉTODOS

Cálculo de áreas

Para desarrollar las ecuaciones, se requieren algunas consideraciones geométricas, como las dadas en las figuras 5 y 6. En la primera se trata de un luneto con su arranque desde el diámetro pero a una altura diferente h , mientras que en 5, además de la condición anterior, el arranque del luneto puede estar a otra altura aún mayor h'' . El diferencial de área vertical dA permite obtener el área del luneto y el diferencial horizontal dA' permite obtener el área que se elimina de la bóveda de cañón.

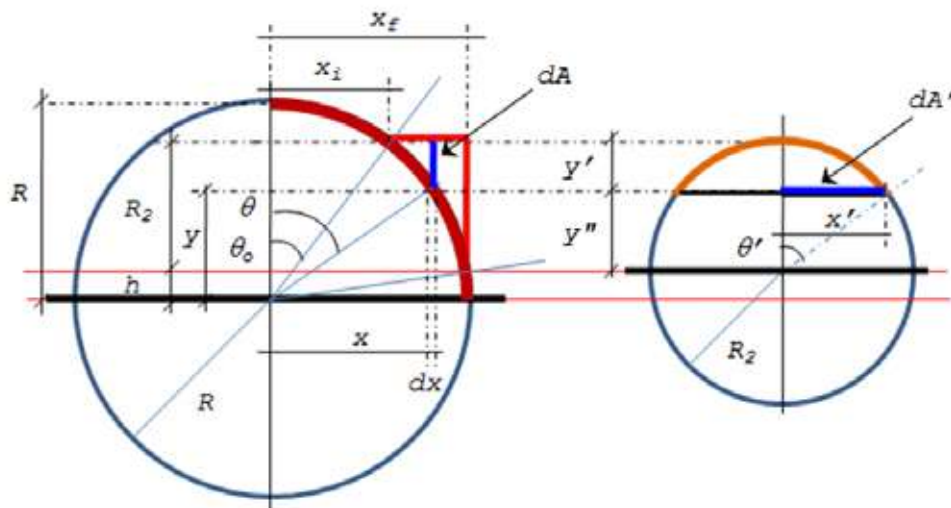


Figura 5. Diámetros a diferente altura h . Fuente: Elaboración propia

La geometría de base incluye, por lo general, la cuerda y la flecha de la bóveda del cañón y del luneto. Esta cuerda no coincide, en muchas ocasiones, con el diámetro como se vio en la figura 4, por lo que se necesita calcular el radio para ambos casos, esto es R y R_2 con la ecuación general (1).

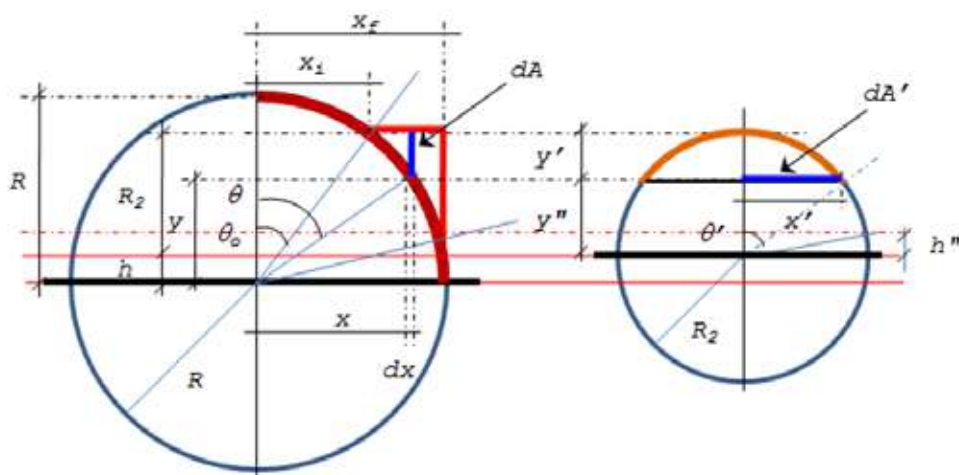


Figura 6. Arranque de luneto sobre su diámetro h'' . Fuente: Elaboración propia

$$R = \frac{x^2 + z^2}{2z} \quad (1)$$

en donde x es media cuerda y z la flecha. De acuerdo a la figura 4, x' y y' serían x y z en la ecuación (1) respectivamente. En las figuras 5 y 6 los círculos de la izquierda corresponden a la bóveda de cañón y los de la derecha al luneto. En el caso de la bóveda de arista, en ambas direcciones son bóvedas o son lunetos, según se prefiera nombrar.

Para calcular la superficie del luneto se integrará el diferencial de área $dA = l' \cdot dx$, mientras que para obtener el área que se extrae de la bóveda se integrará el diferencial $dA' = x' \cdot dy$. Obsérvese que se usan diferenciales diferentes para cada caso dA se hace depender de x , y dA' se hace depender de y .

Para calcular el arco l' del luneto que se forma a la distancia x (círculo izquierdo) se obtendrá x' (círculo derecho) y así obtener el ángulo θ' . Dado que se conoce el radio, ya sea dato o se haya calculado con la ecuación (1), la longitud depende del ángulo θ' .

$$l' = R_2 \cdot \frac{\pi \cdot \theta'}{90} \quad (2)$$

De las figuras anteriores,

$$y = \sqrt{R^2 - x^2} \quad (3)$$

$$x' = \sqrt{R_2^2 - y''^2} \quad (4)$$

$$y'' = R_2 - y' \quad (5)$$

$$y' = (R_2 + h) - y \quad (6)$$

$$x' = \sqrt{R_2^2 - \left(\sqrt{R^2 - x^2} - h\right)^2} \quad (7)$$

Por lo tanto se puede expresar l' en términos de x como,

$$l' = \frac{\pi \cdot R_2}{90} \cdot \text{sen}^{-1} \left[\frac{\sqrt{R_2^2 - \left(\sqrt{R^2 - x^2} - h\right)^2}}{R_2} \right] \quad (8)$$

Utilizando las ecuaciones (6) y (1), se puede reescribir x' como,

$$x' = \sqrt{2R_2(y') - y'^2} = \sqrt{R_2^2 - h^2 + y(2h - y)} \quad (9)$$

Por lo anterior se tiene:

$$A_L = \frac{\pi \cdot R_2}{90} \int_{x_i}^{x_f} \text{sen}^{-1} \left[\frac{\sqrt{R_2^2 - \left(\sqrt{R^2 - x^2} - h\right)^2}}{R_2} \right] dx \quad (10)$$

$$A_h = \frac{\pi \cdot R_2}{90} \int_{y_i}^{y_f} \text{sen}^{-1} \left[\frac{\sqrt{R_2^2 - h^2 + y(2h - y)}}{R_2} \right] dy \quad (11)$$

Para el correcto uso de las integrales, es necesario definir los límites x_i y x_f de modo que para el primero $x_i' = 0$ y para el segundo $x_f' =$ cuerda a la altura h'' de donde arranca el luneto. Si los ejes de los diámetros están a la misma altura y además, el luneto arranca desde esos ejes, $h = h'' = 0$ y $x_i' = 0$, $x_f' = R_2$. Para ello,

$$x_i = \sqrt{R^2 - (R_2 + h)^2} \quad (12)$$

$$x_f = \sqrt{R^2 - (h + h'')^2} \quad (13)$$

Para los límites y_i y y_f se tiene:

$$y_i = h'' \quad (14)$$

$$y_f = R_2 \quad (15)$$

Primera validación

Para verificar los resultados de las ecuaciones (10) y (11), tóme-se una bóveda de arista como la mostrada en la figura 7. A_L es el área del luneto a calcular, A_h es el área a eliminar por la intersección de las bóvedas y A_B es el área completa de la bóveda en una dirección sin lunetos. Para este caso $R=R_2=5.25\text{m}$ y $h=h''=0\text{m}$.

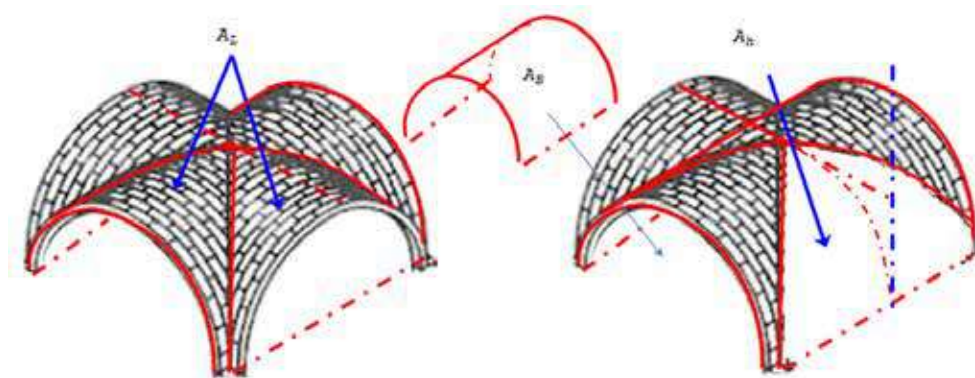


Figura 7. Bóveda de arista. Fuente: Elaboración mixta con Google (2021)

De las ecuaciones (12) y (13), $x_i=0.0\text{m}$, $x_f=5.25\text{m}$ y de las ecuaciones (14) y (15) $y_i=0$, $y_f=5.25\text{m}$. Como comprobación, de la ecuación (7) debe verificarse que $x'_i=0$ y $x'_f=R_2$. Ahora de las ecuaciones (10) y (11) :

$$A_L = \frac{\pi \cdot R_2}{90} \int_0^{5.25} \text{sen}^{-1} \left[\frac{\sqrt{27.5625 - \left(\sqrt{27.5625 - x^2}\right)^2}}{5.25} \right] dx$$

$$A_h = \frac{\pi \cdot R_2}{90} \int_0^{5.25} \text{sen}^{-1} \left[\frac{\sqrt{27.5625 - y^2}}{5.25} \right] dy$$

Esto es, $A_L=31.46514751456868\text{m}^2$, $A_h=55.125\text{m}^2$.

Comprobación

Para probar los resultados anteriores se calculará el área de la bóveda A_B hasta donde termina el luneto (figura 7), es decir, a media bóveda, esto es:

$$A_B = \pi \cdot R \cdot (l) = \pi \cdot R^2 = 86.59014751456868\text{m}^2$$

Si a A_B se resta el área A_h , debe resultar el área del luneto A_L , entonces:

$$A_L = A_B - A_h \quad (16)$$

$$A_L = 86.59014751 - 55.125 = 31.46514751456868m^2$$

Lo remarcable de las ecuaciones (10) y (11) es que no muestran diferencia en el cálculo de A_L con la ecuación (16). Otra comprobación más del cálculo de A_L , se puede encontrar en Salinas y Costa (2017), en donde $\frac{1}{2} \cdot A_L$ para $\lambda=5.25$ se obtiene por:

$$A_L = 2 \cdot \lambda^2 \left(\frac{\pi}{2} - 1 \right) = 31.46514751456868m^2 \quad (17)$$

Nuevamente se obtiene un resultado con diferencia despreciable respecto a la ecuación (10), que a su vez, confirma la validez de la ecuación (11). Se ha exagerado en el número de decimales para probar la exactitud de las ecuaciones propuestas.

Segunda validación

Un segundo ejercicio se hace para un nuevo radio $R=3.6m$. Como se seguirá considerando una bóveda de arista, los diámetros para ambas bóvedas serán iguales y los lunetos arrancan desde el mismo nivel. Por ello $R=R_2=3.6m$, $h=h_2=0m$, por lo que a partir de las ecuaciones (12) a (15) $x_i=y_i=0$, $x_f=y_f=3.6m$. Retomando las ecuaciones (10) y (11) se tiene,

$$A_L = \frac{\pi \cdot R_2}{90} \int_0^{3.6} \text{sen}^{-1} \left[\frac{\sqrt{12.96 - (\sqrt{12.96 - x^2})^2}}{3.6} \right] dx$$

$$A_h = \frac{\pi \cdot R_2}{90} \int_0^{3.6} \text{sen}^{-1} \left[\frac{\sqrt{12.96 - y^2}}{3.6} \right] dy$$

Entonces, $A_L=14.7950407906m^2$, $A_h=25.92m^2$.

Comprobación

El área de la bóveda es:

$$A_B = \pi \cdot R \cdot (l) = \pi \cdot R^2 = 40.71504079m^2$$

Calculando nuevamente el área del luneto con la diferencia del área de la bóveda menos el área hueca (ecuación 16), se tiene,

$$A_L = A_B - A_h = 14.7950407906m^2$$

Puede verse que al valor de A_L coincide con el calculado con la ecuación (10). Si se aplica nuevamente la ecuación (17), ahora con $\lambda=3.6m$, se tiene:

$$A_L = 2 \cdot \lambda^2 \left(\frac{\pi}{2} - 1 \right) = 14.7950407905m^2$$

Entonces, la ecuación (10) o la ecuación (16) dan el mismo resultado que la ecuación (17) tomada como referencia. Es importante aclarar que la ecuación (17) sólo es aplicable a lunetos completos que arrancan desde el diámetro de su arco extremo. En este trabajo, las ecuaciones ofrecen solución a bóvedas de arista o bóvedas con lunetos, como los de la figura 2.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Estudio de caso

Una vez revisadas las ecuaciones propuestas, se aplicarán a la bóveda del templo de San Juan en Malinalco, Estado de México. En la figura 8, se aprecian los arcos cubiertos con lona, que sirven de apoyo a las bóvedas ortogonales. La altura de los arcos de la nave principal tienen una altura ligeramente mayor a la de los arcos laterales. Esto se indica en la figura 9. En la figura de la izquierda se representa la bóveda de cañón, quien va en el sentido longitudinal y a la derecha de ella se muestra el luneto, es decir, la vista lateral del templo.



Figura 8. Templo de San Juan, Malinalco, Estado de México. Fuente: Elaboración propia

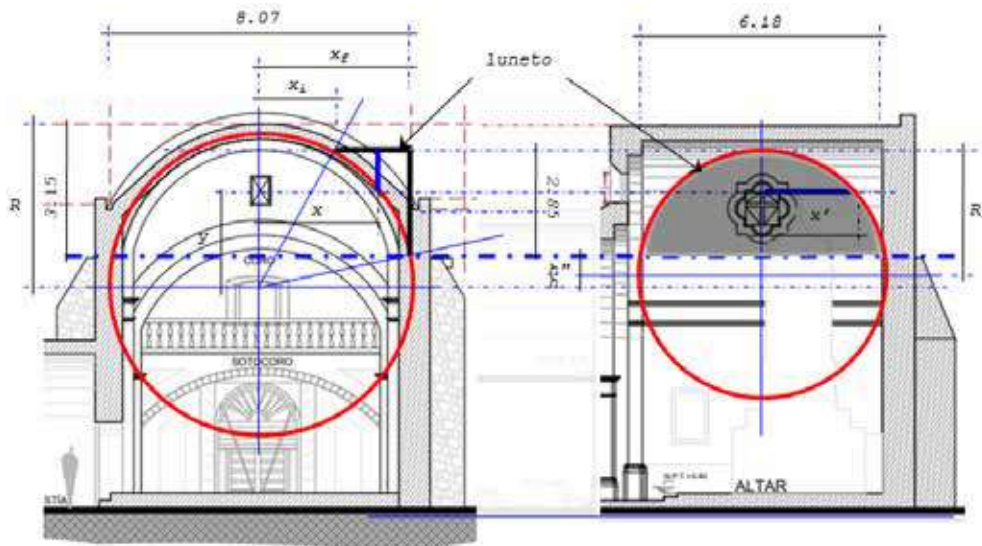


Figura 9. Bóveda de cañón y luneto. Fuente: Elaboración mixta con INAH (2020)

Para los datos del proyecto, se encontró $R=4.159\text{m}$ y $R_2=3.1\text{m}$. Además $h=0.759\text{m}$ y $h'=0.25\text{m}$. Todos los valores anteriores se ajustaron lo mejor posible a los levantamientos topográficos disponibles y tratando de evitar inconsistencias. Obsérvese que el luneto no arranca desde su diámetro. Esto exige que el luneto se integre desde una altura mayor a la de su diámetro y en consecuencia, x_f tampoco abarca todo el radio R . Por lo anterior, ahora no es posible, como comprobación, obtener el área del luneto restando las áreas huecas al área de la bóveda, ya que eso sólo es válido para las bóvedas

de arista. A partir de aquí sólo se usarán tres decimales, ya que para un caso real resulta inapropiado conservar más de tres decimales.

Los límites para las integrales son:

$$x_i = \sqrt{4.159^2 - (3.859)^2} = 1.551m$$

$$x_f = \sqrt{4.159^2 - (1.009)^2} = 4.0136m$$

y los límites y_i y y_f son:

$$y_i = 1.009m$$

$$y_f = 3.859m$$

Área del luneto A_L y área de la intersección A_h ,

$$A_L = \frac{\pi \cdot R_2}{90} \int_{1.551}^{4.0136} \operatorname{sen}^{-1} \left[\frac{\sqrt{9.61 - (\sqrt{17.297 - x^2})^2}}{3.1} \right] dx$$

$$A_h = \frac{\pi \cdot R_2}{90} \int_{1.009}^{3.859} \operatorname{sen}^{-1} \left[\frac{\sqrt{9.033919 + y(1.518 - y)}}{3.1} \right] dy$$

De donde $A_L = 11.237m^2$ y $A_h = 16.848m^2$. El área de la bóveda de cañón con los huecos provocados por la intersección de los lunetos es:

$$A_B - A_h = l_B(l) - A_h \quad (18)$$

Donde l_B es el arco de la bóveda que se obtiene con la ecuación (19) y el ángulo con la ecuación (20) a partir de h'' (figura 9).

$$l_B = \frac{\pi \cdot R}{90} \theta \quad (19)$$

y

$$\theta = \operatorname{tg}^{-1} \left(\frac{x_f}{(h + h'')} \right) = \operatorname{tg}^{-1} \left(\frac{4.0136}{1.009} \right) \quad (20)$$

La longitud de la bóveda l es de 6.18m (figura 9), por lo que $A_B = 68.086m^2$, de modo que de la ecuación (18), $A_B - A_h = 34.39m^2$. El área total de la bóveda con lunetos es de 56.864m².

Equilibrio estático

Si se toma un segmento de bóveda de cañón o un casquete de cúpula en donde se conozca su peso, la reacción vertical en sus bordes debe ser igual al peso de esa sección (figura 10).

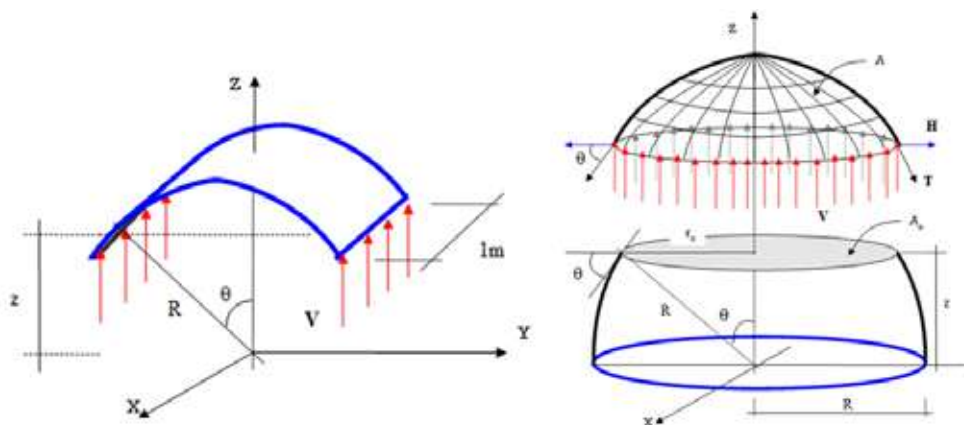


Figura 10. Segmentos de bóveda y cúpula en equilibrio. Fuente: Miramontes, 2016

Para determinar el peso de cualquiera de las secciones mostradas en la figura 10, se requiere conocer su geometría, lo que indica que en cualquier corte se puede determinar la tangente en todo punto a la altura z . La longitud de arco para la bóveda es un tema trivial, así que puede ser de mayor interés incluir las ecuaciones para obtener el área del casquete cónico de la figura 10.

$$A = 2\pi R^2 \left(1 - \cos\left(\frac{\pi\theta^\circ}{180^\circ}\right) \right) \quad (21)$$

$$\theta = \cos^{-1}\left(\frac{z}{R}\right) \quad (22)$$

Conocida el área A , el volumen se obtiene multiplicándola por el espesor t y a su vez, el peso W se obtiene multiplicando por el peso volumétrico del material γ_m (ecuación 23),

$$W = A \cdot t \cdot \gamma_m \quad (23)$$

La reacción vertical V se obtiene dividiendo el peso entre la longitud de apoyo, la cual se obtiene directamente de la sección cortada. Con esto, se puede obtener la fuerza tangencial T y la fuerza horizontal H para cualquiera de los casos anteriores:

$$T = \frac{V}{\text{sen}\theta} \quad (24)$$

$$H = T \cos\theta \quad (25)$$

Este principio se aplica a la sección que se quiera analizar en el templo de San Juan. Una vez determinada el área de la bóveda, incluyendo los lunetos, se propuso un espesor de 0.2m con tezontle del lugar (Miramontes, 2021). Para este material se obtuvo un peso específico de 1.735T/m³, por lo que el peso propio total es 19.732Ton. En la figura 11 se incluyen tres muestras utilizadas para calcular el peso del material y en la tabla 1 se muestran los resultados para el peso seco y el peso húmedo. Además del peso propio, la bóveda recibe carga adicional debida a los materiales de recubrimiento y acabado. La tabla 2 describe los pesos por metro cuadrado a considerar en el análisis de la bóveda.

Para evaluar el apoyo que ofrece el luneto al resto de la bóveda se debe obtener el peso del luneto aislado y calcular su centroide por medio del teorema de Varignon. Para esto se requiere calcular el momento estático dado por:

$$\bar{X} \cdot A_L = \frac{\pi \cdot R_2}{90} \int_{x_i}^{x_f} x \cdot \text{sen}^{-1} \left[\frac{\sqrt{R_2^2 - (\sqrt{R^2 - x^2} - h)^2}}{R_2} \right] dx \quad (26)$$

El resultado de la ecuación (26) se divide entre al área del luneto y se obtiene la distancia \bar{x} . Para obtener \bar{x} , simplemente se toma la diferencia con el radio de la bóveda de cañón. Es importante agregar que el luneto no es el único que ofrece apoyo a la bóveda, ya que también se genera una función de arco en el área A_h (ver figura 7).

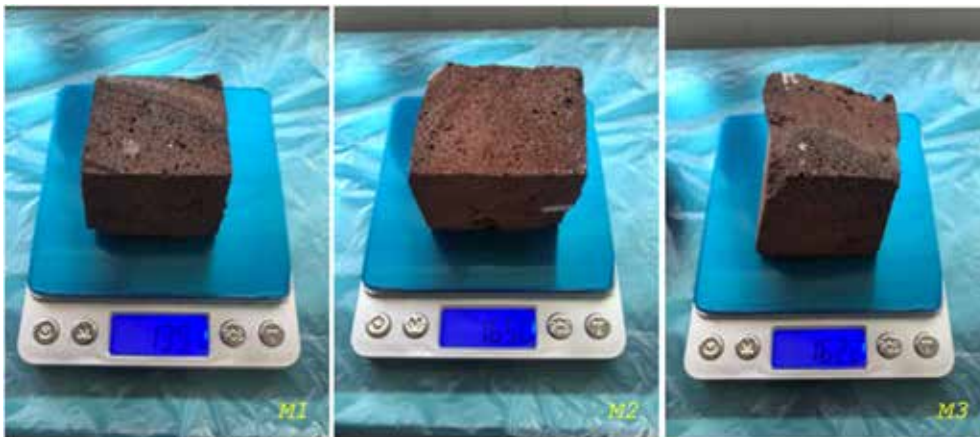


Figura 11. Peso seco de las muestras. Fuente: Elaboración propia

Tabla 1
Pesos volumétricos del material para la bóveda

MUESTRA	Volumen cm ³	W _s gr	W _h gr	γ _s Ton/m ³	γ _h Ton/m ³	% vacíos
M1	84	139.1	145.7	1.655	1.735	7.857
M2	113	165.0	174.1	1.460	1.541	8.054
M3	114	162.2	171.3	1.423	1.506	7.982

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2
Peso por m² de otros materiales

SUPERFICIE	MATERIAL	PESO kg/m ²
	Mortero	55.5
EXTRADOS	Baldosas	54.0
	Impermeabilizante	2.0
INTRADOS	Mortero (o estuco)	37
TOTAL		148.5

Fuente: Elaboración propia

De (21) resulta $\dot{X}A_L = 35.113\text{m}^3$, con lo que $\dot{X} = 3.125\text{m}$. Esto indica que la resultante o peso del luneto más el peso de los materiales, está a $\dot{X} = 0.89\text{m}$ desde su extremo. Si el peso total es,

$$W_L = A \cdot t \cdot \gamma_t + A \cdot W_m = 11.237(0.2)(1.735) + 11.237(0.149) = 3.899 + 1.669 = 5.568\text{Ton}$$

se genera, en el punto más alto, una fuerza horizontal $H_L = 1.599\text{Ton}$ provocada por el giro del luneto. La figura 11 muestra una maqueta en donde se relacionan las distancias de la resultante W_L al centro de la bóveda y al extremo del luneto.

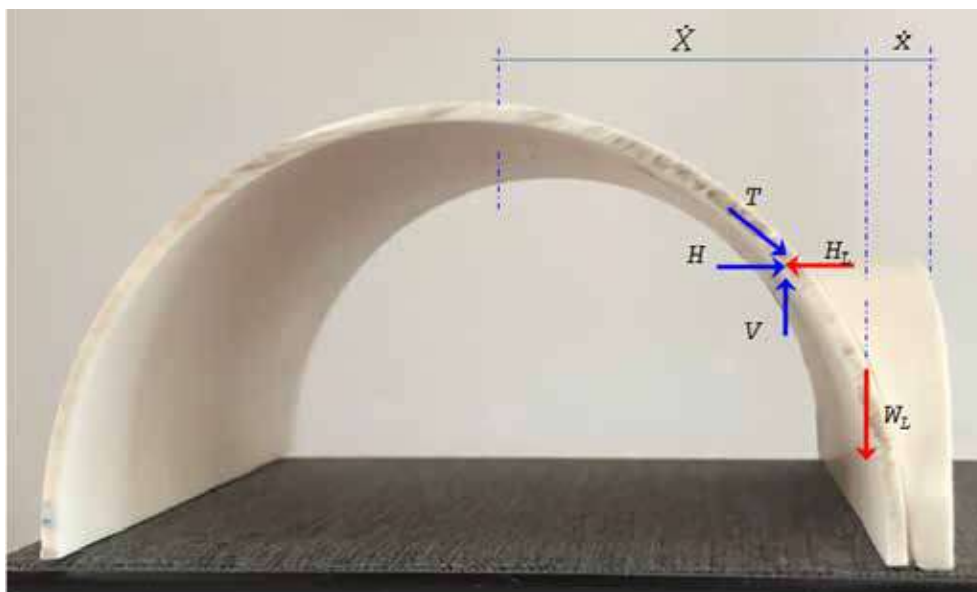


Figura 12. Maqueta de bóveda con luneto. Fuente: Elaboración propia

De la figura 8 se obtienen los valores de V , T y H para el arco que se forma al punto más alto del luneto, de modo que con las ecuaciones (22) a (25) se tiene: $\theta=21.895^\circ$, $W=1.575\text{Ton}$, $T=2.112\text{Ton}$ y $H=1.960\text{Ton}$. Para el punto más bajo del luneto se tienen $\theta=75.96^\circ$, $W=5.465\text{Ton}$, $T=2.816\text{Ton}$ y $H=0.683\text{Ton}$. El promedio de $H=1.322\text{Ton}$ es inferior a la H_L total del luneto.

Obsérvese que la compresión (fuerza tangencial T) aumenta conforme se desciende en el arco de la bóveda mientras que la fuerza de coceo H se reduce. Para arcos completos de medio punto $H=0$. Si se toma un ancho unitario de la bóveda y el máximo valor de T puede verse que el esfuerzo de compresión es muy bajo, es decir,

$$\sigma = \frac{T}{b \cdot t} = 1.408 \text{ kg/cm}^2$$

σ es inferior a la capacidad a compresión común en mampostería de piedra, que es muy próxima a 20kg/cm^2 (2.0MPa) según las Normas Técnicas Complementarias para el diseño y construcción de estructuras de mampostería o según algunos resultados experimentales (NTC, 2020; Mauricio, 2021).

CONCLUSIONES

Se propusieron nuevas ecuaciones para calcular el área de bóvedas con lunetos y a través de este valor, calcular el peso propio y las fuerzas que se generan a lo largo de su geometría. Las ecuaciones se validaron para el caso de bóvedas de arista comparándolas en forma directa e indirecta por medio de una

ecuación para lunetos completos, obteniendo una diferencia despreciable y después se aplicaron en un caso real. Por lo anterior, el objetivo principal de este trabajo se considera logrado.

Conocida el área de la bóveda se calcula el peso de la misma y por medio de principios básicos de equilibrio se determinan las fuerzas para un proyecto actual de reconstrucción en un templo en el Estado de México.

De los resultados obtenidos se concluye que los esfuerzos por peso propio son inferiores a la capacidad nominal del material para un caso estático, lo cual concuerda con el concepto y diseño para este tipo de estructuras.

Agradecimientos

A CONACER Constructores S.A. de C.V., CAV Diseño e Ingeniería, ArqCOM Arquitectos, Laura Hurtado Arq., Sergio Román Arq., Restauración Arquitectónica y otros, por la invitación como calculista a más de una decena de proyectos de intervención.

REFERENCIAS

- Chávez, M.** (2021). *Caracterización de las mamposterías de los templos conventuales del Estado de Morelos*. Unidad de difusión de medios digitales. Instituto de Ingeniería UNAM. Proyecto PAPIIT IA100818.
- Goggle.** (2021). <https://encrypted-tbno.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcSzKEf7-aJwEJ9v-prcCyC2Tvxo4UlXjAJ3pw&usqp=CAU>
- Huerta, S.** (2004). *Arcos, bóvedas y cúpulas. Geometría y equilibrio en el cálculo tradicional de estructuras de fábrica*. Instituto Juan de Herrera. Escuela Técnica Superior de Arquitectura, Madrid. ISBN 84-9728 129-2. 637p.
- INAH.** (2018). *Templo San Pedro y San Pablo, Ecatzingo, Estado de México*. - Vista aérea. Instituto Nacional de Antropología e Historia, Estado de México. Video.
- INAH.** (2020). *Restauración de daños ocasionados por el sismo del 19 de septiembre de 2017, en el inmueble conocido como: "Capilla de San Juan" Malinalco, Estado de México*. Instituto Nacional de Antropología e Historia. Relación de planos.
- Laule U., Geese U.** (2003). *Románico. Rolf Toman Ed. Feierabend Verlag OHG Mommstraße 43 D-10629*. Berlin. ISBN 3-936761-44-2. 256p.
- Meli, R.** (1998). *Ingeniería Estructural de los Edificios Históricos*. Fundación ICA A.C. ISBN 968-7508 46-9. 220p.
- Miramontes de León, D.** (2016). *Análisis estático simplificado de paraboloides hiperbólicos y elípticos*. XX Congreso Nacional de Ingeniería Estructural. Mérida, Yucatán, México.
- Miramontes de León, D.** (2021). *Capilla de San Juan. Análisis de propuesta para la bóveda sobre presbiterio. Malinalco, Estado de México*. CONACER Constructores, S.A.de C.V. 20p.
- NTC** (2020). Normas técnicas complementarias para diseño y construcción de estructuras de mampostería. *Gaceta Oficial de la Ciudad de México*. Vigésima Primera Época, No 454. 134p.
- Salinas, A., Costa, D.** (2017). *Aplicación de las derivadas e integrales en las fachadas de la Arquitectura moderna*. Universidad Técnica Particular de Loja. La Universidad Católica de Loja. <https://www.slideshare.net/DanielCeliCosta/presentacin-daniel-celi-costa>

DOCUMENTO
ACADÉMICO

Publicación: Junio 1, 2022

Enfermedades virales en México

—

Oliver Adán Sollano Trejo
Oliver.sollano@uabc.edu.mx

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA, CAMPUS MEXICALI.
MEXICALI, BAJA CALIFORNIA, MÉXICO



Para citar este artículo:

Sollano Trejo, O. A. .(2022). Enfermedades virales en México. *Espacio I+D, Innovación más Desarrollo*, 11(30). Recuperado a partir de <https://espacioimasd.unach.mx/index.php/Inicio/article/view/309>

Las enfermedades de etiología viral han estado presentes a lo largo de la historia del hombre, sin embargo, estas han sido recapituladas por la actual pandemia en la que vivimos, que, dicho sea de paso, no tenemos miras para la erradicación de esta ni de otras epidemias que vivimos, no sólo a nivel local, sino mundial.

El dengue tuvo sus primeros registros en el año 1635 en América, sin embargo, su presentación hemorrágica fue hasta 1962, y desde esa fecha no ha dejado de ser un problema de salud pública.

En nuestro país apareció hacia 1941, cuando se registraron 6955 casos, marcando una tasa de 34.4 por cada 100 mil habitantes, y ha permanecido desde esas fechas con tasas de incidencia moderadas. En 1957 inició la campaña antivectorial, que cumplió su cometido en 1963 cuando se declaró su erradicación, por parte de la Organización Panamericana de la Salud, reapareciendo a finales de los setentas en la frontera sur de nuestro país. En los años noventa el serotipo 3 se hizo presente, teniendo un impacto fuerte, nuevamente en la frontera sur, Golfo de México y al norte del país, coincidiendo con la primera epidemia de Dengue Hemorrágico, vinculándose sobre todo con las condiciones sociales y económicas. Hoy en día encontramos los 4 serotipos en la población, existiendo evidencia de la circulación de 2 o más al mismo tiempo, fenómeno que se relaciona con el incremento de los casos y por consecuencia la permanencia de la epidemia. Los últimos reportes de la Secretaría de Salud del presente año, señalaron en promedio una tasa de incidencia nacional de 3.22, pero en estados como Morelos alcanza el 23.11, que, aunque sigue siendo bajo, es de consideración y es señalado como un problema de salud actual (Fajardo, *et al.*, 2012).

El virus CHIKV fue descrito desde 1952, siendo el vehículo de infección una picadura del vector y se tiene documentado que puede llevarse a cabo vía trasplacentaria.²

En mayo del 2014 fue confirmado el primer caso de chikungunya en la República Mexicana, el pico más alto después de su aparición fue al año siguiente, se registraron 12 588 casos en 2015. Actualmente son menos los casos registrados, tan solo el año pasado se registraron 7 casos y en lo que va del presente 4 confirmaciones únicamente, así lo informa el Sistema de Vigilancia Epidemiológica. Sin embargo, los especialistas no descartan un posible rebrote del virus, por lo que consideran importante fortalecer las medidas de control y así evitar la diseminación de este (Torres-Longoria, *et al.*, 2021).

El primer caso de zika registrado en México fue en noviembre del 2015, para febrero del 2016 la OMS (Organización Mundial de la Salud) ya había declarado la epidemia como una emergencia de Salud Pública. Hasta el 1 de noviembre del presente año se tenía un total de 12 989 casos confirmados por parte de la Secretaría de Salud, siendo Veracruz el estado con más infectados y en lo que va del año 32 de los 33 casos confirmados son del estado de Morelos (Minassian, 2021).

El Zika es transmitido por un artrópodo que transmite el virus ZIKV, produciendo afectaciones conjuntivales y dérmicas, en algunos casos afectaciones neurológicas, específicamente síndrome de Guillain Barré, aunque también otras complicaciones graves, en los productos de las mujeres embarazadas causa microcefalias y otras malformaciones del sistema nervioso central. También se tiene registro de varios casos en el que el virus es transmitido vía sexual, aunque hoy día se desconocen los mecanismos (Minassian, 2021).

Cabe resaltar que, en el caso del dengue, Zika y Chikungunya, se trata de un mismo tipo de vector transmisor: el mosquito hembra del género *Aedes*, de subespecies *aegypti* y *albopictus*, que pertenecen a la familia Culicida, los cuales se crían en lugares donde se puede acumular el agua y en este caso una mayor concentración de botellas, latas, frascos y hasta llantas, los colocan como elementos cruciales para la proliferación del mosquito y por tanto de los virus.

El Virus del Papiloma Humano (VPH) ha acompañado a la humanidad desde hace mucho tiempo, definitivamente hablar de VPH es hablar de cáncer del cuello uterino, esta relación la estableció Harald Zur Hausen lo que le valió el Premio Nobel en 2009, y al día de hoy se conocen más de 100 tipos y se reconocen al menos 14 tipos oncógenos, aunque el 16 y 18 son los causantes de más del 70% de los cánceres del cuello uterino y de las lesiones precancerosas del mismo, así como los tipos 6 y 11 son los causantes del 90% de las verrugas genitales. Este virus es transmitido primordialmente vía sexual, se habla de que el 90% de las personas se infectan poco tiempo después de iniciar su vida sexual sin que la mayoría tenga impacto sobre la salud del hospedador (Lizano-Soberón, 2009).

Es verdad que no existe un tratamiento infalible en contra del VPH, sin embargo, se trabaja en vacunas que coadyuven a combatir la transmisión del virus, cabe destacar que en México a partir del año 2012 esta vacuna se incluye en el esquema nacional de vacunación. Y se sabe que entre 1980 y 2016 disminuyeron el número de mujeres mayores de 15 años que morían por neoplasia provocada por el virus, esta disminución del 54% se logró gracias al resultado de una serie de políticas públicas enfocadas a la detección y prevención de este tipo de cáncer (Lizano-Soberón, 2009).

Existen datos que atribuyen el cáncer de cuello uterino al VIH (virus de inmunodeficiencia humana) en el 5% de los casos. Hablando del virus, este fue identificado por primera vez en 1983 por la viróloga Françoise Barré-Sinoussi y su colega Luc Montagnier, quienes en 2008 ganaron el Premio Nobel de Medicina por identificar el origen del virus en los simios. En México, el primer caso de SIDA (Síndrome de Inmunodeficiencia Adquirida), enfermedad causada por el virus, fue reportado en 1983, y desde ese año hasta el segundo trimestre del presente se tenían registrados 322 987 casos diagnosticados con VIH, 6 568 tan sólo en este año según CENSIDA (Centro Nacional para la Prevención y el Control del VIH y el SIDA), (Valdespino, 1995).

Lamentablemente el virus siempre va acompañado de estigmas, discriminación, fobia, a pesar del trabajo alrededor de las personas y el avance farmacológico, que permite que para los portadores con acceso a los antirretrovirales se vuelva una enfermedad crónica con la que se puede vivir hasta la vejez. Muy a pesar de los avances, aún no existe una vacuna, aunque ya existen pruebas en Fase III, lo que nos hace augurar una cura en corto tiempo.

Hace poco más de 10 años, específicamente en abril del 2009, México se declaraba en pandemia por el brote del virus de la influenza AH1N1, meses después la OMS declara oficialmente la pandemia el 11 de junio del mismo año. Se estima que la influenza dejó un saldo de 20 millones de infectados en el mundo y más de 9 mil personas acaecidas, específicamente en nuestro país 72 468 infectados y 1 203 muertes, según datos de la misma OMS (Fernandez, 2009).

En México existe una intensa campaña anual de vacunación, tan sólo para la campaña 2021-2022 el gobierno aplicará 32 millones 328 mil 200 dosis entre los meses de noviembre y febrero respectivamente, que estarán disponibles para toda la población pero que tienen enfoque a los grupos vulnerables, que son los ciudadanos de 6 meses a 5 años y los adultos mayores de 60 años, según la Secretaría de Salud, esto para combatir al virus que aqueja a la población sobre todo en época invernal.

Actualmente vivimos una pandemia que nos ha afectado no únicamente a nivel salud, también en materia económica, de educación, ambiental, científica, etc. Recapitulemos, el coronavirus SARS-COV-2, causante de la enfermedad COVID-19, apareció en noviembre del año 2019 en la ciudad de Wuhan, China, y afecta a todo el mundo, los últimos datos obtenidos nos han reportado más de 250 millones de afectados con casi 5 millones de defunciones, en nuestro país cerca de 3 millones 800 mil infectados y más de 290 mil muertes provocadas por el coronavirus según la OMS (Shamah-Levy, 2021).

El aprendizaje que nos han dejado las epidemias previas a esta pandemia está en tela de juicio, pues basta ver el comportamiento de la sociedad misma ante el coronavirus, ya que actualmente nos amenaza una nueva variante, la delta

plus, resultado del caso omiso a las indicaciones de nuestras autoridades en materia de salud. Y también es verdad que la globalización nos obliga a no parar las actividades ya establecidas, y que en conjunto con mayor número de kilómetros de carreteras, por tanto, un número mayor de automóviles, mayor número de vuelos, de corridas de camiones, etc., favorecen la rápida movilización de los grupos poblacionales de una zona a otra, así como el mayor canje de mercancías por vías aéreas, terrestres y marítimas, entre otros agentes, facilitan la rápida diseminación de estos agentes infecciosos.

Sin embargo, la globalización no solo fue una variable contraproducente, sino también todo lo contrario, la comunicación instantánea, que también forma parte importante, permite el intercambio inmediato de todo tipo de información, que fue, es y será crucial para el avance mismo de la tecnología, las nuevas técnicas para la investigación, y así trabajar en nuevas técnicas para el desarrollo de vacunas y fármacos, que juegan un papel primordial en el combate de un agente patógeno, en este último caso, del COVID-19.

REFERENCIAS

- Fajardo-** Dolci, G., Meljem-Moctezuma, J., Vicente-González, E., Venegas-Páez, F., Mazón-González, B., Aguirre-Gas, H. (2012). El dengue en México. Conocer para mejorar la calidad de la atención. *Revista médica del instituto mexicano del seguro social*; 50(6):631-639. <https://www.re-dalyc.org/pdf/4577/457745498009.pdf>
- Fernández,** A. (2009). Algunas experiencias de la influenza ah1n1 en México. *Humanitas*. 0(47):140-182. <https://humanitas.uanl.mx/index.php/ah/article/view/278>
- Lizano-** Soberón M, Carrillo-García A, Contreras-Paredes A. (2009). Infección por virus del papiloma humano: Epidemiología, historia natural y carcinogénesis. *Cancerología, Revista del instituto nacional de cancerología*; 4:205-216. <http://incan-mexico.org/revistainvestiga/elementos/documentosPortada/1272302572.pdf>
- Minassian,** M. (2016). Zika virus: chronicle of an “unexpected” pandemic. *Rev Argent Microbiol*; 48(2):97-99. doi:10.1016/J.RAM.2016.06.001
- Shamah-** Levy, T., Rivera-Dommarco, J. (2021) Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2020 Sobre Covid-19. Resultados Nacionales. *Secretaría de Salud*; <https://ensanut.insp.mx/encuestas/ensanutcontinua2020/documentos/informes/ensanutCovid19ResultadosNacionales.pdf>
- Torres-** Longoria, B., Fragoso-Fonseca, D., Núñez-León, A., *et al.* (2021). Epidemiological surveillance of chikungunya fever in Mexico since its introduction in 2014-2016 and identification of circulating genotypes. *Mol Biol Rep*; 48(2):1967-1975. doi:10.1007/S11033-021-06151-0
- Valdespino,** J., Garcia, M., del Rio, C., Cruz, C., Loo-Mendez, E., Lopez, A. (1995). Las enfermedades de transmisión sexual y la epidemia de VIH/SIDA. *Salud Publica Mex*; 37(6):549-55. Disponible en: <https://saludpublica.mx/index.php/spm/article/view/5883>