

Comportamiento mecánico de adoquines prefabricados con agregados reciclados provenientes de los residuos de la construcción

Mechanical behavior of prefabricated pavers with recycled aggregates from construction waste

Carolina Arredondo Armenta¹, Olimpia Alvarado Fierro^{1*}, Carlos Hernán Lora Urías¹

RESUMEN

En este trabajo se pretende reconocer lugares en la región central del Estado de Sinaloa donde se depositen escombros con el objetivo de disponer de ellos para llevar a cabo el reciclaje de concreto, obtener las propiedades físicas del agregado natural y el agregado proveniente del reciclaje y de los cementos más comerciales en la localidad para elaborar mezclas de mortero. Adicionalmente evaluar el comportamiento mecánico de las mezclas creadas y elaborar piezas de adoquín con la mezcla que presente el mejor comportamiento mecánico en términos de su resistencia a la compresión. Para ello se aplica la metodología que establecen las Normas Mexicanas del Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación (ONNCCE). Finalmente se indican los beneficios que pueda brindar la práctica del uso de concreto reciclado en la ingeniería..

Recibido: agosto 2017
Aceptado: octubre 2017
Publicado: marzo 2018

Palabras Clave:

Reciclaje, residuos de la construcción, agregados reciclados, adoquines.

Keywords:

Recycling, construction waste, recycled aggregates, pavers.

ABSTRACT

This work aims to recognize places in the central region of the State of Sinaloa where debris are deposited to dispose of them to implement concrete recycling, obtain the physical properties of the natural aggregate, the recycling aggregate and the most commercial cements in the locality to make mortar mixtures. Additionally, evaluate the mechanical performance of the created mixtures and elaborate cobble pieces with the mixture which presents the best performance in terms of its resistance to compression. For this purpose, the methodology established by the Mexican Standards of the National Organization for Standardization and Certification of Construction and Building (ONNCCE) is applied. Finally, the benefits of using recycled concrete in civil engineering can be provided.

1. INTRODUCCIÓN

Los primeros usos que se le dieron a los materiales provenientes de la demolición de edificios fueron después de la Segunda Guerra Mundial. Lo anterior debido a la destrucción de numerosas edificaciones en las ciudades de Gran Bretaña y Alemania principalmente, donde surge la idea para lograr su reconstrucción, y con esto reutilizar el material reciclado en las obras de Ingeniería Civil. En 2009 en Valencia, España, se inauguró el primer puente internacional construido totalmente con concreto reciclado, proveniente de una estructura demolida con anterioridad. La obra, tiene una longitud de 165 metros y para su construcción se emplearon 348 metros cúbicos de agregados reciclados.

*Autor para correspondencia.
Direcciones de correo electrónico: Olimpia Alvarado Fierro oaf@uas.edu.mx.

¹ Universidad Autónoma de Sinaloa, FIC, Culiacán Rosales, Sinaloa, México. C.P. 80040

Una gran cantidad de escombros producto de la demolición de estructuras se generan anualmente en los países desarrollados, en los que los depósitos de escombros derivados de la actividad de la construcción llegan a ser un serio problema social y ambiental para las ciudades, debido a la necesidad de disponer terrenos para su vertimiento, como también, al alto costo que implica su manejo.

De acuerdo a datos de la Unión Europea, en 1992 los países pertenecientes a ella generaron 200 millones de toneladas anuales de residuos de construcción y demolición, una problemática originada por el gran volumen de escombros [1].

En varios países de la Unión Europea, la actividad del reciclaje de residuos de la construcción y demolición tiene 20 años aproximadamente [2], donde el reciclaje de concreto ya es una realidad, mientras que en México, una empresa que procesa desechos originados por la industria de la construcción, lucha por sobrevivir. Es por ello, que se pretende encontrar resultados positivos ante la práctica del reciclaje de escombros [3].

El objetivo general que se quiere alcanzar es “utilizar los escombros provenientes de la construcción para el reciclaje del concreto y, a partir de él, obtener agregados para mezclas de mortero utilizadas en la fabricación de adoquín”.

Para lograr este objetivo, es necesario puntualizar los objetivos específicos, que son: identificar lugares de disposición de residuos en la región central del Estado de Sinaloa, y disponer de escombros para llevar a cabo el reciclaje. Obtener las propiedades físicas del agregado proveniente del reciclaje de concreto. Obtener las propiedades físicas de los tres cementos más comerciales en la localidad para la elaboración de mezclas de mortero. Elaborar mezclas de mortero con agregados reciclados, con cada uno de los diferentes tipos de cemento. Evaluar el comportamiento mecánico de las mezclas creadas tanto con agregados naturales como reciclados. Realizar una comparación entre los datos obtenidos de cada una de las mezclas de mortero. Elaborar piezas de adoquín con la mezcla que presente el mejor comportamiento, para darle un uso específico según su resistencia a la compresión.

En el tema de reciclaje de materiales de construcción, hace falta concretar muchos aspectos por los que se le ha cuestionado, dichos factores pueden enunciarse partiendo desde un primer plano, que no se tiene a ciencia cierta, la cantidad exacta de escombros en cada país; además, resulta complicado el hecho de

compartir la ideología del concreto reciclado entre todos los países y que sea aceptado formalmente, dado que la diversidad de los materiales existentes en las obras civiles es muy extensa [3].

Concretos Reciclados, como se conoce, es la única empresa en México dedicada a reciclar el escombros, fue la primera en América Latina, pero a pesar de lo fructuoso que podría ser el negocio, en un país donde se generan 30,000 toneladas diarias y que en los últimos años, estudios nacionales e internacionales demuestran que las propiedades físicas y mecánicas del concreto constituido por adiciones controladas de acuerdo al uso del agregado reciclado en su mezcla, garantizan la utilización adecuada de este material, el negocio no se ha podido expandir [4].

Se debe considerar que los escombros tienen un potencial muy alto para considerarse en el reciclaje, debido a las grandes cantidades que se generan diariamente, por otro lado, no es fácil competir contra los productos convencionales existentes en el mercado.

En la construcción, se define mortero a la combinación de aglomerantes y aglomerados, los más comunes están compuestos por cemento, agregado fino y agua, que se distingue del concreto por la ausencia de agregados gruesos. En el mortero reciclado, el material que se somete al proceso de recuperación es el agregado fino. Los estudios enfocados al mortero reciclado hacen referencia a su buen comportamiento, ya que este cumple con la característica de fluidez marcada por la normativa vigente y se declara, que como pasa con el concreto, mediante una buena supervisión y un apropiado manejo, genera buenos resultados en las funciones para las que está destinado [5].

Se sobrentiende que los productos de primera generación son aquellos fabricados con materiales vírgenes, o materias primas, En la actualidad, surge la necesidad de someter a evaluaciones a los nuevos productos llamados de “segunda generación”, los cuales se crean mediante el reciclaje de los desechos provenientes del mismo producto o de uno diferente.

Es una realidad, que tarde o temprano, el ser humano se verá en la necesidad de recurrir a esta práctica, influenciado por la falta de terrenos para el depósito de los escombros y la alza de precios en el manejo de éstos, o quizá, por la degradación de este material debido a su explotación. Con base en estos factores, se busca la manera de encontrar los beneficios que pueda brindar la práctica del uso de concreto reciclado, enfocándose a las propiedades físicas y mecánicas [6]

2. METODOLOGÍA

2.1. Materiales

Los materiales a utilizar para la fabricación de estos productos son: cemento, agregados, agua y pigmentos o aditivos (en caso de que se requiera).

a) Agregados

La arena que se utiliza es resultado de un proceso de preparación de material proveniente de la demolición de obras civiles o de depósitos de escombros.

El proceso de preparación del material consiste básicamente en triturar de manera manual y mecánica y cribar por medio de mallas (ver Figuras 1, 2 y 3).

b) Cementos de Referencia

Para la selección del tipo de cemento a utilizar, se



Figura 1. Preparación del material, etapa de trituración manual

seleccionan las 3 marcas más comerciales de la entidad, son cementos portland compuesto Tipo CPC 30R. Para fines de esta investigación, se identifican cada uno de ellos de la siguiente manera: Cemento Tipo I, Cemento Tipo II y Cemento Tipo III.

2.2 Ensayes a los materiales

a) A los agregados (concreto reciclado)

La prueba de granulometría y módulo de finura, basada en la Norma Mexicana NMX-C-077-ONNCCE [7], consistente en determinar el porcentaje presente de cada uno de los tamaños de material una vez que culmine el proceso de trituración y cribado, con el fin de conocer la distribución de las partículas de diferentes tamaños a través de las cribas.

Con la Norma NMX-C-073-ONNCCE [8], se determinan los pesos volumétricos, tanto suelto como compacto de los agregados, estos datos se requieren para el diseño de mezclas de mortero.

El contenido de impurezas se obtiene con la Prueba de Colorimetría. Diferencia de alturas y lavado por la malla no. 200, la cual se basa en la Norma NMX-C-088-ONNCCE [9], que determina el porcentaje de finos de la muestra de agregados.

b) A los cementantes



Figura 2. Preparación del material, etapa de trituración mecánica



Figura 3. Cribado por mallas, se deja el material clasificado como arena (material con diámetro menor a 4.75 mm o que pasa la malla no. 4)

El peso volumétrico del cemento lo establece la Norma NMX-C-073-ONNCCE [8], se lleva a cabo en dos variantes: calcular el peso volumétrico suelto y peso volumétrico compactado de cada uno de los tres tipos de cemento a estudiar. Cabe mencionar que esta norma es utilizada en agregados, y es aplicable también a los cementos hidráulicos.

La densidad de los cementantes hidráulicos se realiza de acuerdo a la Norma NMX-C-152-ONNCCE [10], que tiene como objetivo determinar el volumen

líquido desplazado de la mezcla y que no contenga vacíos al calcular el parámetro de densidad.

La prueba de consistencia normal se lleva a cabo bajo la Norma NMX-C-057-ONNCCE [11] y mide la resistencia que opone la pasta de cemento a la penetración del vástago de un aparato normalizado, llamado Aparato de Vicat. La consistencia normal se define como la cantidad de agua necesaria para que el vástago de 1 centímetro de diámetro, consiga penetrar $10\text{mm} \pm 1\text{mm}$ dentro de la pasta de cemento elaborada, esto en un lapso de 30 segundos. Los tiempos de fraguado Inicial y final los establece la Norma NMX-C-059-ONNCCE [12]. Una vez que se obtiene la consistencia normal, se deja reposar el espécimen en una cámara de humedad o desecador, durante 30 minutos, después de su moldeo. Al transcurrir los 30 minutos, se extrae del desecador y se coloca de nuevo en el Aparato de Vicat, pero ahora con la aguja de 1mm de diámetro para determinar su penetración, se repite este procedimiento pero ahora dejando reposar al espécimen solo 15 minutos en la cámara de humedad, hasta que se logre una penetración de 25mm. El tiempo de fraguado final será aquel, en el cual la misma aguja, no consiga penetrar visiblemente la pasta del cemento en estudio.

2.3 Fabricación de especímenes de prueba

Con la finalidad de hacer la selección definitiva del tipo de cemento a utilizar, se crean especímenes de prueba, hasta encontrar la mezcla que presente la mayor resistencia a la compresión.

Se establecieron las proporciones tomando como base una muestra de 3 kg de arena y por medio de una regla de tres se indica la cantidad de cemento que se debe agregar, con base en el peso volumétrico suelto de los dos materiales. Con esto se procede a realizar la mezcla, donde varía la cantidad de agua; la mezcla será aceptada cuando cumpla con la prueba de fluidez, y con la mezcla aceptada se elaboran los cubos de mortero.

Para la correcta elaboración de la mezcla de mortero y para la fabricación de los especímenes, se recurre a la Norma NMX-C-085-ONNCCE [13], la cual sirve de guía en el uso correcto de la mezcladora, así como, en los tiempos de mezclado y reposo del material. Al concluir con el tiempo de mezclado para la elaboración de la pasta, inmediatamente se lleva a cabo la prueba de fluidez, la cual es necesaria para determinar la trabajabilidad de las pastas de morteros de cemen-

tantes hidráulicos y ésta se basa en la Norma NMX-C-144-ONNCCE [14].

Una vez que concluye la etapa de elaboración de las mezclas, el siguiente paso es elaborar para cada mezcla diferente de mortero, nueve (9) cubos de 50 mm de arista, donde sus moldes son de metal, constituidos con paredes lo suficientemente rígidas para evitar deformaciones. Esto con la finalidad de crear especímenes para que sean sometidos a un proceso de curado y posteriormente realizarles los ensayos a compresión, correspondientes a la edad de 7, 14 y 28 días, los especímenes de prueba se realizan de acuerdo a la Norma NMX-C-061-ONNCCE [15].

2.4 Fabricación de adoquín con mortero reciclado

a) Selección final de los materiales

El cemento se selecciona de acuerdo a los resultados finales de la resistencia a la compresión de los cubos de mortero, específicamente el que presenta mayor resistencia ante la aplicación de carga axial. Mientras que para el agregado, se utiliza el material reciclado preparado en el proceso de trituración y cribado. Para la fabricación del adoquín con mortero reciclado, se recurre al apoyo de una empresa de prefabricados de la región, donde cuentan con los moldes y materiales necesarios para su correcta elaboración.

Para la fabricación de las piezas de adoquín con mortero reciclado (ver Figura 4), fue Tipo Cruz de Tabasco de dimensiones $15 \times 25 \times 5\text{cms}$ (ver Figura 5).

El punto final y quizá más significativo de todo el proceso, es conocer si los adoquines prefabricados con mortero reciclado ofrecen realmente la calidad y resistencia necesaria para poder ser utilizados en los pavimentos y sustituir a los adoquines constituidos de arena natural. Para determinar la resistencia a la



Figura 4. Fabricación de las piezas de adoquín

compresión del adoquín se emplea la Norma NMX-C-036-ONNCCE [16].

Además de determinar la resistencia a la compresión de las piezas de adoquín, se tiene que determinar la absorción de las mismas, ya que es un requisito físico que marca la Norma NMX-C-314-ONNCCE [14].



Figura 5. Adoquín Tipo Cruz de Tabasco

Para llevar a cabo esta prueba, se seleccionan al azar, cinco piezas de adoquín del total del lote de prefabricación y que no fueron sujetas a carga axial, las cuales se introducen en el horno alrededor de 24 horas, con la finalidad de que estén completamente secas, para obtener el peso seco de la muestra. Posteriormente, las piezas se depositan en un recipiente donde se sumergen en agua por un periodo aproximado de 24 horas, para lograr que se saturen. Una vez que transcurre el tiempo, se extraen del contenedor y se elimina el agua superficial con un paño y se calcula su peso inmediatamente, para luego determinar la absorción total, esta prueba se basa en la Norma NMX-C-037-ONNCCE [17].

3. RESULTADOS

La Tabla 1, muestra los resultados de las pruebas físicas de los agregados, tanto para el natural como el reciclado.

En la Tabla 2, se muestran los resultados de las características físicas de los tres tipos de cementos seleccionados para su estudio.

Con la elaboración de los especímenes de prueba (cubos) y sus correspondientes resultados del ensaye a la compresión simple, se selecciona el tipo de cemento.

La Tabla 3 muestra tales resultados para los tres tipos de cementos. De ellos, el cemento Tipo I es el de mejor comportamiento mecánico y es con éste con el que se elaboran las piezas de adoquín.

Tabla 1. Características físicas de los agregados

Pruebas físicas de los agregados	Agregado natural	Agregado reciclado
Módulo de finura	2.97	3.4
Peso volumétrico suelto (Kg/m ³)	2101.13	1867.50
Peso volumétrico compacto (Kg/m ³)	2271.25	2029.50
Impurezas, colorimetría (tono)	1-2	1-2
Impurezas, diferencia de alturas (% de finos)	4.794	4.717

Tabla 2. Características físicas de los cementos

Pruebas físicas a los cementos	Tipo I	Tipo II	Tipo III
Peso volumétrico (Kg/m ³)	1403	1423	1462
Densidad (%)	3.60	4.20	1.00
Consistencia normal, humedad de la pasta (%)	39.0	35.8	36.4
Tiempo de fraguado inicial (min)	161	192.5	180
Tiempo de fraguado final (min)	225	247.5	225

Para la fabricación de las piezas de adoquín, se utiliza el cemento seleccionado (Tipo I) y agregado reciclado y éstas piezas se ensayan a la compresión simple, la Tabla 4 muestra esos resultados, tanto para las piezas elaboradas con agregados reciclados, como para las piezas prefabricadas con agregados tradicionales. En la prueba de absorción, los adoquines elabo-

rados con agregado reciclado obtuvieron un resultado del 11%.

Tabla 3. Selección del tipo de cemento para elaborar las piezas de adoquín

Ensaye a la compresión de cubos de mortero	Agregado reciclado (escombros)		
	Tipo I	Tipo II	Tipo III
7 días	193	140	221
14 días	203	150	205
28 días	261	178	235

Tabla 4. Ensaye a la compresión de adoquines

Edad	Agregado natural (f'c, kg/cm ²)	Agregado reciclado (f'c, kg/cm ²)
7 días	-	-
14 días	-	282
21 días	-	273
28 días	412	301

La Tabla 5 muestra los requisitos físicos que establece la Norma para Adoquines para su uso en pavimentos y con referencias de la resistencia a la compresión, dimensiones y la absorción, su clasificación por tipo y aplicaciones [14].

4. CONCLUSIONES

El valor del módulo de finura del material reciclado, se encuentra por encima del rango considerado óptimo para una arena (2.3-3.1), mientras que el de la arena natural cumple con este parámetro.

En la prueba de impurezas el material reciclado presenta poco contenido orgánico, similar al del agregado natural.

Los resultados en las pruebas realizadas al agregado reciclado, muestran que si el tamaño del agregado se reduce es posible mejorar sus propiedades físicas y

que el comportamiento sea similar al de un agregado natural.

Tabla 5. Requisitos físicos que establece la Norma NMX-C-314-ONNCCE-Construcción-Concreto-Adoquines para uso en pavimentos

Tipo	Espesor mínimo en cm	Absorción en agua por 24 horas (% máximo)	Resistencia a la compresión en N/mm ² (kg/cm ²)	Aplicación
A	4 a 6	8	24.0 (250)	Andadores, plazuelas, banquetas y cocheras.
B	8	8	24.0 (250)	Tránsito ligero en zonas residenciales.
C	8	8	29.0 (300)	Tránsito medio en calles y estacionamientos de servicio.
D	8 ó mas	8	34.0 (350)	Tránsito pesado.

Los especímenes de prueba fabricados con el agregado reciclado, lograron resistencias muy cercanas a los fabricados con arena natural, demostrando que el hacer uso de este material no afecta en la calidad de las piezas, en cuanto a resistencia a la compresión simple.

El cemento Tipo I, presentó el mejor comportamiento en los especímenes fabricados en combinación con el material reciclado, dando una mayor resistencia a la compresión simple que los cementos Tipo II y Tipo III a los 28 días.

El porcentaje de absorción de los adoquines elaborados con cemento Tipo I, está por encima del valor que establece la norma NMX-C-314-ONNCCE, para el uso de adoquines en pavimentos que es del 8%.

Los adoquines prefabricados con mortero reciclado, alcanzaron resistencias esperadas para poder ser considerados como “adoquines para pavimentos”, basado en lo que establece la normatividad vigente.

De acuerdo a la ficha técnica de adoquines para uso en pavimento y a los requisitos físicos (solamente dimensiones y resistencia a la compresión) que ésta

menciona, el uso permisible de estos adoquines es Tipo A y son aptos para usarse en andadores, plazuelas, banquetas y cocheras.

AGRADECIMIENTOS

A los colaboradores del proyecto Ing. Francisco Javier Osuna Picos y el Ing. Julio César González Félix. A la Universidad Autónoma de Sinaloa, a través de sus Proyectos PROFAPI, por el financiamiento otorgado. A la Empresa BCA Block, S.A. de C.V. por el apoyo brindado para elaborarlos especímenes de prueba.

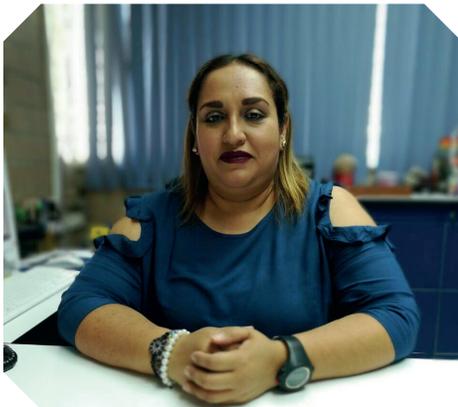
REFERENCIAS

- [1] Bedoya, Carlos Mauricio, “El concreto reciclado con escombros como generador de hábitats urbanos”, Escuela de Construcción. Universidad Nacional de Colombia. (2003).
- [2] Montoya, H.D. Pino, C.L., Valdés G.A., “Reutilización de residuos del hormigón”, BIT 12 (41), Chile. (2005).
- [3] Glinka, María E. Vedoya, Daniel E. Pilar, Claudia A, “Estrategias de reciclaje y reutilización de residuos sólidos de construcción y demolición”, Secretaria de Investigación y Posgrado – Facultad de Arquitectura y Urbanismo Universidad Nacional del Nordeste, Argentina. (2006).
- [4] México. Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A.C. Revista electrónica (online) www.imcyc.com.mx “Construcción y Tecnología del concreto: problemas, causas y soluciones”. (Junio, 2012)
- [5] Álvarez, Jorge Luis, “Morteros de albañilería con escombros de demolición”, Materiales de construcción, Volumen 41 No. 246, España.(1997).DOI: <http://dx.doi.org/10.3989/mc>.
- [6] Buck, Alan, “Recycled concrete as source of aggregate”, Journal of the ACI. Volumen 41 No. 5, Detroit. (1977).
- [7] Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y la Edificación (ONNCCE), “Método de prueba para análisis granulométrico”, NMX-C-077-ONNCCE, 1997.
- [8] Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y la Edificación (ONNCCE), “Masa volumétrica”, NMX-C-073-ONNCCE, 2004.
- [9] Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y la Edificación (ONNCCE), “Determinación de impurezas orgánicas en el agregado fino”, NMX-C-088-ONNCCE, 1997.
- [10] Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y la Edificación (ONNCCE), “Determinación de la densidad”, NMX-C-152-ONNCCE, 2010.
- [11] Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y la Edificación (ONNCCE), “Determinación de la consistencia normal”, NMX-C-057-ONNCCE, 2010.
- [12] Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y la Edificación (ONNCCE), “Determinación del tiempo de fraguado de cementantes hidráulicos”, NMX-C-059-ONNCCE, 2010.
- [13] Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y la Edificación (ONNCCE), “Método Estándar para el mezclado de pastas y morteros cementantes hidráulicos”, NMX-C-085-ONNCCE, 2010.
- [14] Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y la Edificación (ONNCCE), “Adoquines para uso en pavimentos. Ficha técnica, NMX-C-314-ONNCCE, 1986.
- [15] Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y la Edificación (ONNCCE), “Determinación de la Resistencia a la Compresión de cementantes hidráulicos”, NMX-C-061-ONNCCE, 2010.
- [16] Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y la Edificación (ONNCCE), “Resistencia a la compresión, método de prueba para bloques, tabiques o ladrillos, tabicones y adoquines”, NMX-C-036-ONNCCE, 2013.
- [17] Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y la Edificación (ONNCCE), “Determinación de la absorción de agua y absorción inicial de agua” NMX-C-037-ONNCCE, 2005.

Semblanzas

Carolina Arredondo Armenta

Es egresada de la Licenciatura en Ingeniería Civil de la Universidad Autónoma de Sinaloa. Realizó para su egreso, la Tesis “Comportamiento de adoquines prefabricados con agregados de concretos reciclados provenientes de los residuos de la construcción”. Tiene un Diplomado en Software Aplicado a la Ingeniería. Actualmente labora en el Área de Control de Costos.



Olimpia Alvarado Fierro

Es Ingeniero Civil por la Universidad Autónoma de Sinaloa, con Maestría en Ingeniería de Vías Terrestres por la Universidad Autónoma de Chihuahua. Es Profesor-Investigador de Tiempo Completo con adscripción en la Facultad de Ingeniería Culiacán, miembro del Área Académica de Transportes. Ha publicado diversos artículos en congresos nacionales y ha dirigido 13 tesis concluidas de licenciatura y dos que se encuentran en proceso.

Carlos Hernán Lora Urías

Es Ingeniero Civil por la Universidad Autónoma de Sinaloa, con Maestría en Ingeniería de Vías Terrestres por la Universidad Autónoma de Chihuahua. Es Profesor-Investigador de Tiempo Completo con adscripción en la Facultad de Ingeniería Culiacán, miembro del Área Académica de Transportes. Ha publicado diversos artículos en congresos nacionales y ha dirigido 11 tesis concluidas de licenciatura y cuatro que se encuentran en proceso.

