

Propuesta de ciclovía sustentable fabricada con materia orgánica y residuos plásticos en Colima, México

Adriana A. Rebolledo-Ramos, Dora A. Correa-Fuentes, Santiago Arceo-Díaz

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Colima

Resumen

El propósito de este documento es dar a conocer una nueva propuesta teórica de fabricación para ciclovías sustentables denominada OrganicRoad, elaborada mediante el uso de materia orgánica adicionada al prototipo existente de ciclovía fabricada con residuos plásticos PlasticRoad. El estudio propone mejorar la movilidad urbana de la ciudad de Colima, México a través de la construcción de nuevos tramos de vías para ciclistas, implementando e impulsando el uso de ciclovías como parte de una política de movilidad sustentable para incrementar la movilidad no motorizada. También, busca reciclar la materia orgánica local considerada como desecho e incentivar a la separación de residuos plásticos y orgánicos en casa para su utilización en las ciclovías. Partiendo del análisis estadístico llevado a cabo para la determinación de las características esenciales a considerar para la selección de las materias orgánicas, se investigaron los siguientes: fibra de coco verde, sustrato de mezcla de coco y chip, fibra de coco tratado con H₂O₂ y NaOH en compuestos de polietileno de alta densidad y fibra de curauá con tratamiento de plasma frío de N₂ y solución de NaOH.

Abstract

The purpose of this document is to present a new theoretical manufacturing proposal for sustainable bicycle lanes called OrganicRoad, elaborated through the use of organic matter added to the existing prototype of a bicycle lane manufactured with plastic waste PlasticRoad. The study proposes to improve urban mobility in the city of Colima, Mexico through the construction of new bicycle lanes, implementing and promoting the use of bicycle lanes as part of a sustainable mobility policy to increase non-motorized mobility. It also seeks to recycle local organic matter considered as waste and to encourage the separation of plastic and organic waste at home for use in bicycle lanes. Based on the statistical analysis carried out to determine the essential characteristics to be considered for the selection of organic materials, the following were investigated: green coconut fiber, coconut and chip mixture substrate, coconut fiber treated with H₂O₂ and NaOH in high density polyethylene compounds and curauá fiber with cold plasma treatment of N₂ and NaOH solution.

Palabras Clave: ciclovía, materia orgánica, reciclar, residuos plásticos, urbanismo

Keywords: bike path, organic matter, plastic waste, recycle, urbanism

1. INTRODUCCIÓN

El incremento del uso vehicular en los últimos 10 años en la ciudad de Colima, México ha provocado que las principales vías de acceso se congestionen y la contaminación del aire aumente.

En la actualidad, aproximadamente el 70 % del total global de las emisiones de dióxido de carbono relacionadas con energía están asociadas con lo que ocurre en áreas urbanas y ciudades (Lena, N.H. & Kes, M., 2015).

Por esta razón se considera impulsar el uso de la bicicleta, ya que es un medio no contaminante que, además, ayuda a descongestionar la red vial, pues utiliza una fracción del espacio que ocupa un auto particular (Mora, R. & Rocco, V., 2020).

Basado en la pirámide de movilidad urbana, el usuario con mayor prioridad es el peatón. En segundo lugar, se localizan los ciclistas, seguido del transporte público, transporte de carga y en último nivel, los vehículos particulares. Después de analizar esta información, se considera de gran importancia proveer espacios de circulación adecuados para que los ciclistas puedan transportarse y el uso vehicular reduzca dentro de lo posible.

Tomando en cuenta el prototipo PlasticRoad (PlasticRoad, 2020), fabricado con residuos plásticos que permite la captación de agua de lluvia, además de reducir los costos de mantenimiento y abonar a la gestión del agua pluvial ya que tienen la capacidad de almacenarla y drenarla, se plantea la propuesta de un prototipo a partir del anteriormente mencionado, donde se le adicione materia orgánica. Este planteamiento surgió debido a la necesidad de dotar con nueva infraestructura, espacios de movilidad sustentable y sostenible para la ciudadanía, además de reutilizar los residuos plásticos y orgánicos que se generan en el estado de Colima.

2. DESARROLLO

Prototipo alternativo de residuos plásticos PlasticRoad

El diseño modular de PlasticRoad permite el almacenamiento temporal de agua y también su drenaje, por lo que es ideal para promover el almacenamiento de agua durante la temporada de lluvia extrema y con esto, evitar inundaciones.

El primer prototipo piloto de esta ciclovía plástica se puso en marcha en septiembre de 2018 como una ciclovía de 30 metros en Zwolle, Países Bajos. Para este prototipo se utilizaron mil kilos de residuos plásticos. En noviembre 2018 se construyó el segundo piloto en Giethoorn, Países Bajos.

La Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México junto con la compañía holandesa llamada PlasticRoad, crean en México la primera ciclovía hecha de residuos plásticos en Latinoamérica. Es la tercera a nivel mundial y se instaló en el bosque de Chapultepec. Se trata de una colaboración entre la empresa holandesa PlasticRoad, Orbia (antes Mexichem) y la Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México.

El tercer piloto en México es una oportunidad para probar el prototipo PlasticRoad dentro de condiciones climáticas distintas, lo cual proporcionará información importante para, en el futuro, explorar mercados internacionales fuera de los Países Bajos.

Ciertas autoridades locales comentaron que la durabilidad de la ciclovía y el bajo mantenimiento que requiere, permiten disminuir las emisiones hasta en un 72% durante su vida útil, en comparación con las tradicionales estructuras viales hechas con pavimento.

En 2015, la ONU (2021) aprobó la Agenda 2030 sobre el Desarrollo Sostenible, una oportunidad para que los países y sus sociedades emprendan un nuevo camino. El prototipo PlasticRoad impacta de forma directa a tres de las metas de sostenibilidad, como lo son:

Meta 11: Ciudades y Comunidades Sostenibles. Lograr que las ciudades sean más inclusivas, seguras, resilientes y sostenibles.

Meta 12: Producción y Consumo Responsable: Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles.

Meta 13: Acción por el Clima: Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos.

El nuevo prototipo denominado OrganicRoad busca abarcar dos metas más, las cuales son:

Meta 9: Industria, Innovación e Infraestructuras. Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización sostenible y fomentar la innovación.

Meta 14: Vida Submarina. Conservar y utilizar sosteniblemente los océanos, los mares y los recursos marinos.

Uno de los principales factores que consideran los ciclistas al escoger su ruta es la condición superficial de las ciclovías, ya que, al estar relacionado con las vibraciones experimentadas, afecta la comodidad del viaje. (Valle et al., 2019).

El pavimento de la ciclovía debe garantizar un desplazamiento rápido, seguro y cómodo para los ciclistas, por lo tanto, es crucial poner especial atención a los estándares y detalles de construcción para asegurar que estas características se cumplan (SERVIU, 2014).

Características indispensables para ciclovías tradicionales:

- Se requiere superficie lisa y antiderrapante que perdure sin importar la humedad que pueda interferir, por ello se recomienda utilizar pavimentos bituminosos (asfaltos).
- Es de gran importancia que en una ciclovía el agua se drene el agua acumulada de la superficie en caso de presentarse lluvias en exceso, por lo tanto, este aspecto tiene que ser cubierto por el tipo de pavimento que se utilice. Si la vía pertenece a una zona urbana, el agua de la superficie debe drenarse de forma natural, por lo que el diseño deberá contemplar la inclinación que se requiera hacia el drenaje.
- El pavimento deberá ser pintado para marcar las áreas de cruces para ciclistas y peatones que correspondan en la vialidad.
- Las superficies lisas requieren que el pavimento esté correctamente calculado, por lo que se necesita considerar el peso de vehículos de carga pesada (grúas, máquinas de limpieza, entre otros) que transitarán en ocasiones por la misma.
- Se recomienda la instalación de protecciones en rejillas de desagüe, y mantener el buen estado de la vía realizando los trabajos de mantenimiento requeridos cada determinado tiempo (VISE, 2021).

Estos aspectos deben considerarse dentro del nuevo prototipo de ciclovía que propone el uso de materia orgánica adicionado al prototipo ya existente de residuos plásticos. Entre las características por lograr está brindar a los usuarios una superficie estable, medianamente rugosa que no interfiera con la circulación de las bicicletas y segura, para evitar deslizamientos, encharcamientos y tropezones.

Residuos plásticos y materia orgánica en Colima

El clima predominante es cálido subhúmedo, aunque también tiene regiones con clima seco y semi-seco, y otras con un clima templado subhúmedo (INEGI, 2021). La temperatura media anual del estado es de 25°C. Las lluvias se presentan esencialmente durante el verano.

El coco brinda bastantes beneficios a la salud. Colima es el segundo estado del país con mayor producción de copra o coco, mientras que México a nivel mundial se localiza en el octavo lugar de producción de este cultivo y el segundo lugar en Latinoamérica.

Es usado principalmente con fines industriales en la elaboración de jabones, fibras y en productos alimenticios, es cosechado principalmente entre los meses de febrero y mayo, cuando se obtiene cerca del 43.9 por ciento del volumen total anual.

El coco (*Cocos nucifera*) es un fruto tropical que se cultiva favorablemente en climas cálidos y húmedos, siendo las costas un lugar óptimo para su producción (SAGARPA, 2017).

Especialistas del Instituto Politécnico Nacional trabajan en el uso de residuos de coco para elaborar alimentos nutritivos. Explican que, en México, la industria del coco tiene un fuerte impacto en el empleo y la economía regional en los estados de Guerrero, Colima, Tabasco y Oaxaca. Sin embargo, solo se aprovecha el 17 por ciento de la cubierta y parte media (fibra), mientras que el 83 por ciento restante es considerado como desecho (Solís, V., 2015).

La transformación que sufren los restos vegetales en el suelo se realiza bajo la acción de distintos grupos de microorganismos, así como de diversos representantes de la microfauna edáfica (ácaros, insectos, lombrices, etc.) Estas desintegraciones mecánicas, oxidaciones, hidrólisis, etc., pueden ocurrir bajo acción directa de las precipitaciones atmosféricas o de la reacción ácida o básica del suelo, del viento, de los cambios de temperatura, entre otros (Silva, 1984).

Nueva opción de movilidad para la población

La industria vial es una de las que más daño produce al ambiente, manifestándose en distintos tipos de contaminación, como cambios climáticos, aumento del efecto invernadero, contaminación de los suelos, aguas y destrucción general de hábitats naturales (Mendoza, J. 2014).

Diversos organismos públicos y privados en todo el mundo han adelantado estudios y pruebas para encontrar materiales sustentables y con ello construir vialidades amigables con el medio ambiente.

A pesar de que en América Latina predomina una cultura que privilegia el transporte motorizado, existen iniciativas en varias ciudades que buscan fomentar el uso de la bicicleta como respuesta alternativa a los progresivos problemas de movilidad de los habitantes en las ciudades, a las crecientes tasas de contaminación ambiental y a problemas de salud derivados de una forma de vida sedentaria (Oleas, D. & Albornoz, M., 2015).

Uno de los mayores desafíos es reducir las tasas de crecimiento vehicular; en la Zona Metropolitana Colima-Villa de Álvarez (ZMCVA) el uso del automóvil es la principal herramienta de transporte para realizar diversas actividades, principalmente el traslado a la zona de trabajo, en comparación con el uso del transporte público,

que, a pesar de ser el segundo medio de transporte más utilizado por los colimenses, presenta diferentes problemáticas derivadas de la ineficiencia y la fragmentación del sistema de movilidad (PIMUS, 2020).

De acuerdo con la Ley de Movilidad del Estado de Colima, en su Reglamento de Seguridad Vial, Tránsito y Movilidad del Estado de Colima (2015) en el capítulo II sobre Ciclistas, debido a la falta de infraestructura ciclista en la mayoría de las vialidades de la ciudad de Colima, en los tramos donde no exista ciclovía, los conductores de sistemas de transporte no motorizados deben incorporarse al carril derecho de la vialidad. Existen restricciones que se deben cumplir debido a que estas vialidades son establecidas para uso vehicular.

La mayor parte de la red ciclista se concentra hacia el oriente de la Ciudad de forma lineal con la zona conurbada, de las cuales se puede destacar que muchas de ellas no tienen una conexión directa a otras ciclovías, permitiendo el tránsito vehicular y poniendo en riesgo la seguridad de los usuarios, además de que algunas de ellas carecen de equipamiento, pavimento en óptimas condiciones, señalamientos que faciliten la visibilidad de paradas de autobuses y zonas de preferencia, por lo tanto, se encuentran delimitadas con pintura en el piso y algún señalamiento vertical.

De los resultados obtenidos de la encuesta elaborada para el Plan Integral de Movilidad Urbana Sustentable (PIMUS, 2020) a los habitantes de la ciudad de Colima, se obtuvo su percepción mediante los siguientes datos: La falta de infraestructura de ciclovías ha generado que la población califique como “mala” la infraestructura con la que se cuenta actualmente. También, el transporte público fue calificado con el mismo factor, esto quiere decir que tampoco se encuentran satisfechos con el tipo de unidades que circulan en la ciudad y el servicio que estos prestan, por lo tanto, prefieren utilizar el automóvil, tema que calificaron con ponderación “buena”.

Dentro de la Ley General de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano (2021), en el Título Séptimo sobre la Movilidad, se establece que las políticas de Movilidad deben asegurar que las personas puedan elegir libremente la forma de trasladarse a fin de acceder a los bienes, servicios y oportunidades que ofrece cada Centro de Población, y para ello también es necesario incrementar la oferta de opciones de servicios y modos de transporte que proporcionen disponibilidad, velocidad, densidad y accesibilidad universal, que permitan reducir la dependencia del uso de automóvil particular, como puede ser el uso de la bicicleta.

Los Objetivos de Desarrollo Sustentable y en el marco del Acuerdo de París que busca combatir el cambio climático, para el año 2030 México deberá reducir el 22 por ciento de sus emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) y el 51% de carbono negro. En este sentido, el gobierno del Estado de Colima deberá emprender acciones que contribuyan a alcanzar estas metas, por lo que los instrumentos sectoriales en materia de desarrollo sustentable y movilidad deberán considerar acciones conjuntas en la materia (PIMUS, 2020).

Debido al incremento de aplicaciones para entrega a domicilio, como Rappi, Uber Eats, Didi Food, Chofer Food, etc., el número de usuarios repartidores ha incrementado. La mayoría utilizan motocicletas e incluso vehículos para realizar los servicios, ya que no existe la infraestructura necesaria para que puedan trasladarse en bicicleta de forma segura, como sucede en ciudades más grandes.

Se ha determinado, según la evaluación realizada por el programa “Ciudades del Futuro” de la Embajada Británica Fondo de Prosperidad, que el uso de la bicicleta como medio de transporte, además de tener un impacto positivo en el medio ambiente, disminuye la contaminación ambiental, reducción del tráfico vehicular,

incremento de ventas en los comercios locales, el fomento a las actividades físicas y permite tener mayor tiempo de convivencia entre familia y amigos.

3. METODOLOGÍA

Para la elección de los materiales a elegir, se llevó a cabo una metodología descriptiva y exploratoria. El proceso llevado a cabo para este trabajo comienza con la investigación y análisis de las propiedades mecánicas y técnicas de diversos materiales orgánicos endémicos del estado de Colima.

A partir de este paso, se presentan las características destacables para su utilización en un prototipo de ciclovía, como son: resistencia mecánica, compactación, uniformidad de compactación, capacidad de soporte del suelo y limitaciones meteorológicas (SERVIU, 2014).

Los materiales compuestos con fases dispersas en forma de fibras son los más importantes. Usualmente se diseñan materiales compuestos reforzados a base de fibras con la finalidad de conseguir elevada resistencia y rigidez a baja densidad. Estas características se expresan mediante los parámetros de resistencia y módulos específicos, que corresponden respectivamente a las relaciones entre la resistencia a la tracción y el peso específico, y el módulo de elasticidad y peso específico.

Es cada vez más común que se utilicen fibras vegetales para el reforzamiento de la resistencia mecánica de materiales, como polímeros. En estos, la matriz del polímero se refuerza con fibras vegetales como fibra de coco, lino y lirio. Estas tienen como ventajas un menor costo e impacto ambiental reducido (Stupenengo, F., 2011).

Las fibras naturales que provienen del coco verde tienen mayor rigidez y resistencia mecánica en comparación con otras fibras naturales, teniendo en cuenta su composición química, aunque las fibras naturales muestran una interacción débil con la matriz polimérica debido a su hidrofiliidad en comparación con la matriz hidrofóbica.

La fibra de coco, a partir de la corteza del coco verde, es una de las fibras naturales más utilizadas en la actualidad, como alternativa al desarrollo de tecnologías que generan un menor impacto ambiental. En comparación con otras fibras naturales, como el yute, el sisal y la fibra de plátano, destaca por tener un mayor porcentaje de lignina en su composición, componente que aporta mayor rigidez y resistencia a la fibra. La fibra que es elaborada con coco y chip es una mezcla de grano de coco tamaño super grueso, fibra corta y chip en partes iguales. Estos tres materiales interactúan y brindan una adecuada aireación del suelo y retención de humedad (ESPAFIBRAC, 2019).

Peñaloza (2015) realizó un estudio del efecto de diferentes longitudes y contenidos de fibra de coco a granel tratado con H_2O_2 y $NaOH$ en compuestos de polietileno de alta densidad (HDPE), evaluando las propiedades mecánicas. Los resultados indicaron un aumento en la resistencia a la tracción y una reducción en la resistencia a la flexión a medida que aumentaba la fracción volumétrica de fibra de coco distribuida en la matriz, y una variación más significativa de los efectos de las longitudes de fibra solo en las pruebas de flexión e impacto.

Además de los tratamientos químicos, los tratamientos físicos como el ultrasonido también se pueden utilizar en la fibra vegetal. Este procedimiento modifica la superficie, morfología y composición de las fibras mediante colisiones que se producen entre el líquido en el que están inmersas las fibras y la superficie sólida de las fibras.

Se evaluó la influencia del tratamiento con plasma frío de N₂ y tratamiento químico con solución de NaOH en fibras de curauá como refuerzo en compuestos de Poliamida-6 (PA6), y ambos procesos fueron eficientes. El tratamiento con plasma aumentó la resistencia mecánica y el módulo elástico bajo tracción compuesta, y la extracción alcalina mejoró la resistencia y el módulo elástico tanto en la tracción como en la flexión de las muestras, aunque para este proceso se requeriría obtener la fibra de curauá, ya que no es una materia vegetal endémica de Colima.

Se puede definir como materiales compuestos a las combinaciones macroscópicas de dos o más materiales diferentes que contengan una interface discreta y reconocible que los separe. Son heterogéneos, ya que sus propiedades no son las mismas en todo su volumen. Dichos compuestos pueden dar como resultado combinaciones poco usuales en las características de los materiales, como rigidez, resistencia, peso, rendimiento a altas temperaturas, resistencia a la corrosión, dureza o conductividad (Stupenengo, F., 2011).

Gran porcentaje de los materiales compuestos se caracterizan por poseer una alta resistencia mecánica y baja densidad, que les permite realizar estructuras y dispositivos resistentes y a la vez reducidos en peso. A la relación entre la resistencia mecánica y la densidad se le denomina resistencia específica. Los cerámicos y metales tienen mayor resistencia que los compuestos, mientras que los polímeros poseen en general la menor densidad, pero al evaluar ambas propiedades en conjunto, los materiales compuestos son la opción más conveniente. Quiere decir que cuando se utiliza una matriz polimérica se obtiene una baja densidad, y las fibras siendo la fase minoritaria no agregan bastante peso al material, pero sí proporcionan resistencia mecánica al compuesto (Stupenengo, F., 2011).

La matriz es la fase continua en la que el esfuerzo queda “embebido”. Los materiales que pueden cumplir este rol pueden ser los metálicos, cerámicos o resinas orgánicas; a excepción de los cerámicos, el material que se elige como matriz no es usualmente tan rígido ni tan resistente como el material de refuerzo. Las funciones principales de la matriz son definir las propiedades físicas y químicas, transmitir las cargas al refuerzo, protegerlo y brindarle cohesión, determinar algunas características del material compuesto como el arreglo y acabado superficial, entre otros.

La matriz toma distintos roles al someter los materiales compuestos ante una variedad de cargas mecánicas, como son:

- Bajo cargas compresivas: la matriz soporta el esfuerzo, ya que se trata de la fase continua.
- En tracción: la matriz transfiere la carga aplicada sobre la pieza a cada una de las fibras o partículas, de manera que estas sean las que soporten el esfuerzo.

La fase discontinua (o dispersa) se agrega a la matriz para conferir al compuesto alguna propiedad que la matriz no posee. En general, el refuerzo se utiliza para incrementar la resistencia y rigidez mecánica, pero también, se emplean refuerzos para mejorar el comportamiento a altas temperaturas y la resistencia a la abrasión. Para ello, es necesaria una excelente adhesión entre la matriz y el refuerzo. En ocasiones, la matriz es la que determina la resistencia al impacto y la encargada de detener la propagación de fisuras (Stupenengo, F., 2011).

4. RESULTADOS

A partir del análisis documental que comprendió 2 tipos distintos de materia orgánica (fibra de coco verde y sustrato de mezcla de coco y chip) y 2 compuestos (fibra de coco tratado con H₂O₂ y NaOH en compuestos de polietileno de alta densidad, y fibra de curauá con tratamiento de plasma frío de N₂ con solución NaOH), se determinó como resultado que los materiales compuestos presentan mayor rigidez y resistencia mecánica, además de brindar adecuada aireación del suelo y retención de humedad. La ventaja de utilizar materia orgánica natural sin compuesto radica en el bajo impacto ambiental que estas generan al momento de fabricar las piezas con su uso, sin embargo, para usos de esta investigación, resulta de mayor funcionalidad utilizar materia orgánica compuesta.

Se encontró que este nuevo prototipo OrganicRoad ofrece beneficios que van encaminados a la mejora del medio ambiente, de la calidad del aire al contribuir con la reducción de contaminantes emitidos por los vehículos motorizados, el reciclaje de materia orgánica y la reutilización de los residuos plásticos generados en el estado de Colima. Además, ofrece un suelo sustentable que disminuye el aumento de temperatura en su contexto en comparación con el pavimento.

Por otra parte, implementar ciclovías en la ciudad de Colima permitirá que la población tenga una nueva oferta de movilidad que no produzca emisiones contaminantes al medio ambiente.

El reciclaje y reutilización de recursos orgánicos y plásticos generados en el estado de Colima, contribuye de manera positiva a la educación ambiental y a la proliferación de los programas ambientales de los institutos desde educación básica hasta nivel superior para Reducir, Reciclar, y Reutilizar los residuos de casa. Todos los habitantes generan residuos de esta índole en sus hogares, por lo tanto, brindarles una segunda vida utilizando la materia orgánica desechada y los residuos plásticos ya utilizados, produce menor cantidad de desechos que se conducen a los rellenos sanitarios municipales.

Por último, entre las mayores contribuciones que esta investigación propone es la adición de dos metas de la Agenda 2030 para generar impacto directo en cuestión de sostenibilidad, y con esto, sumar a las acciones en contra del cambio climático.

5. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La ciudad de Colima se encuentra preparada para recibir nueva infraestructura que ofrezca a los habitantes una modalidad de transporte que genere beneficios: ambientales, al reducir la contaminación y reutilización de desechos orgánicos y plásticos; económicos, al utilizar su bicicleta propia como medio de transporte; sociales, al dotar de infraestructura segura para recreación dentro de la zona urbana y por último, beneficios a la salud, ya que los usuarios que decidan utilizar la bicicleta como medio de transporte hacia sus trabajos, escuelas, o simplemente como recreación, mantendrán su cuerpo en movimiento y esto favorecerá su calidad de vida.

Es importante que la implementación de ciclovías sustentables continúe en aumento y se logre reducir el uso del automóvil como transporte primordial, por lo que para ello se requiere que los tramos de ciclovía tengan continuidad y sean espacios seguros para los ciclistas.

REFERENCIAS

- [1] ESPAFIBRAC (2019). *Mezcla de coco y chip. Análisis físico y químico del sustrato de Mezcla de coco y chip*. ESPAFIBRAC IMPORT EXPORT. Obtenido de: Mezcla coco y chip de Espafibrac | Chip and Cocopeat Mix
- [2] INEGI (2012). 368 *Indicadores principales del Banco de Información INEGI para Colima*. Obtenido de: <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/default.aspx?e=08>
- [3] Lena, N.H. y Kes, M. (2015). *Cities and climate change: The great decarbonisation challenge*. Lund, Suecia: Lund University
- [4] Ley General de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano (2021)
- [5] Mendoza, J. (2014). *Criterios de sustentabilidad para carreteras en México*. Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Instituto Mexicano del Transporte Sanfandila, Querétaro, 2014.
- [6] Mora, R. & Rocco, V. (2020). *Efectos Urbanos de la construcción del parque lineal y ciclovia Pocuro, en Santiago*. Revista Urbano N.41, mayo 2020.
- [7] Oleas, D. & Albornoz, M. (2015). *La bicicleta y la transformación del espacio público en Quito (2003-2014)*. Letras Verdes. Revista Latinoamericana de Estudios Socioambientales.
- [8] Peñaloza, J. (2015). *Elaboración de materiales compuestos a base de fibras orgánicas con posibles aplicaciones aeronáuticas*. Instituto Politécnico Nacional, 2021.
- [9] PIMUS. (2020). *Plan Integral de Movilidad Urbana Sustentable. Zona Metropolitana de Colima-Villa de Álvarez, 2021*. Gobierno del Estado de Colima
- [10] Reglamento de Seguridad Vial, Tránsito y Movilidad del Estado de Colima (2015)
- [11] SERVIU. (2014). *Especificaciones Técnicas para Construcción de Ciclovías*. Ministerio de Vivienda y Urbanismo de Chile, 2021. Obtenido de: http://pavimentacion.servium.cl/doc/MPALL/EE_TT_Ciclovias_26052014_VF.pdf
- [12] Solís, V. (2015). *Usan residuos de coco para alimentos nutritivos*. México Nueva Era, Periodismo Digital de Vanguardia, 2021. Obtenido de: <https://mexiconuevaera.com/sociedad/salud/2015/07/19/usan-residuos-de-coco-para-alimentos-nutritivos>
- [13] Stupenengo, F. (2011). *Guía didáctica: Materiales y materias primas*. Materiales compuestos, capítulo 10. Ministerio de Educación. Instituto Nacional de Educación Tecnológica.
- [14] VISE. (2021). *Características del pavimento para ciclovías*. VISE, 2021. Obtenido de: <https://blog.vise.com.mx/características-del-pavimento-para-ciclovía>

Correo de autor de correspondencia: anahirebolledoramos@gmail.com