Anexo F – Proyecto en extenso

Datos Generales del Proyecto:

Título del Proyecto:	Diseño de nuevos vehículos sustentables e inteligentes en Jalisco	**Folio Estatal:**	10300

1. Reto(s) que busca atender o solucionar el proyecto

3. Adaptación al cambio climático. 3.2 Análisis y prospectivas de alternativas de movilidad sustentable en el Área metropolitana de Guadalajara, y otras ciudades de Jalisco.

2. Dimensionamiento del reto

La adaptación al cambio climático, específicamente el análisis de alternativas de movilidad sustentable en el Área metropolitana de Guadalajara, y otras ciudades de Jalisco. Suponen el estudio e implementación de opciones o alternativas para ofrecer medios de transporte que sean amigables y de cero emisiones con el medio ambiente.

Lo considero un reto social, pues toda la sociedad requiere movilidad de mercancías, personas, servicios, etc. Es un reto, no solo de sustentabilidad sino de soberanía en movilidad, pues la Unión Europea y USA prohibirán la venta de vehículos de combustión interna en el 2035. Lo que supone el ingreso acelerado de los vehículos eléctricos en todo el mundo, aun en los países menos preparados, incluidos los latinoamericanos. Lo cual traerá una crisis futura en los sistemas de generación de energía eléctricos, pues tendrán graves problemas para abastecer el consumo eléctrico, cuando todo el parque vehicular actual tenga que pasar a eléctrico.

El reto se puede enfrentar desde el diseño jalisciense de vehículos sustentables híbridos (potencia humana y eléctrica) estos vehículos son ligeros y en consecuencia consumen poca energía eléctrica e incluso pequeños paneles solares pueden ser suficientes para recargar sus baterías mientras están estacionados. El diseño de estos vehículos debe incorporar técnicas de inteligencia artificial para generar sistemas de asistencia y advertencias al conductor con el objetivo de aumentar significativamente su seguridad.

Los componentes en los que se puede dividirse el reto es:

1.-Diseño y construcción optimizada de estructuras de vehículos sustentables mediante algoritmos metaheurísticos.
2.-Propuesta de nuevos algoritmos de IA para aumentar la seguridad del vehículo.

El proyecto propuesto trata principalmente el diseño y construcción de vehículos sustentables, eficientando sus estructuras (la relación peso/resistencia de su chasis y partes móviles) mediante algoritmos propios de optimización metaheurística. El proyecto surge a partir de las experiencias e ideas de mejora del prototipo de vehículo sustentable desarrollado ya en CUCEI, Universidad de Guadalajara. (https://drive.google.com/drive/folders/18mFGlyzhvVarmuIBH-bwfGd0z-MM3CaT?usp=sharing). En el proyecto también se propondrán algoritmos de IA para generar señales de advertencia al conductor que abonen en una mayor seguridad del vehículo.

3. Descripción de la problemática

La movilidad personal y/o de carga mundial, mediante el uso de combustibles fósiles ha contribuido a acelerar drásticamente el calentamiento global. Este tipo de transporte tan popular durante décadas también trae otros graves problemas como lo son: la contaminación del aire, contaminación auditiva, el tráfico vehicular intenso, etc. (Fig.1). Además, presentan una eficiencia energética muy baja (Para un motor de gasolina cerca del 30%. Un Diésel del 45%). Así como también pueden generar problemas de salud, al fomentar una cultura del sedentarismo. Aunado a esto, conflictos geopolíticos ponen fácilmente en riesgo la disponibilidad de estos recursos no renovables y que de cualquier forma están destinados a escasear en el corto y mediano plazo.

Fig.1 Movilidad mundial mediante el uso de combustibles fósiles.

En este panorama, la Unión Europea y USA prohibirán la venta de vehículos de combustión interna en el 2035. Lo que supone el ingreso acelerado de los vehículos eléctricos en todo el mundo, aun en los países menos preparados, incluidos los latinoamericanos. Lo cual supone una futura sobrecarga a los sistemas de generación de energía eléctrica, al masificarse el parque vehicular a eléctrico. Además de una sobre demanda mundial de los materiales para la fabricación de baterías y sus futuros reemplazos.

Por otro lado, los vehículos híbridos de potencia humana y eléctrica son una de las propuestas más sustentables de movilidad en el mundo, ya que son ligeros y en consecuencia consumen muy poca energía eléctrica, requiriendo así también pequeñas baterías e incluso pequeños paneles solares pueden ser suficientes para recargarlos mientras están estacionados. A pesar de esto, presentan altos riesgos en la seguridad de los pasajeros, precisamente a que sus estructuras deben ser lo más ligeras posibles y por lo general no fueron diseñadas para resistir impactos contra vehículos convencionales, desalentándose con esto su uso masivo y el que contribuyan significativamente a la reducción de los gases invernadero.

Además, las tecnologías con las que se implementan y los países donde se están desarrollando (Fig 2-7) los encarecen considerablemente (9,500 Euros en promedio) y en el futuro nos harían dependientes de su compra, refacciones y actualizaciones al extranjero.

Fig 2. Vehículo de potencia humana y eléctrica, ELF, USA.
(*https://organictransit.com/*)

Anexo F – Proyecto en extenso

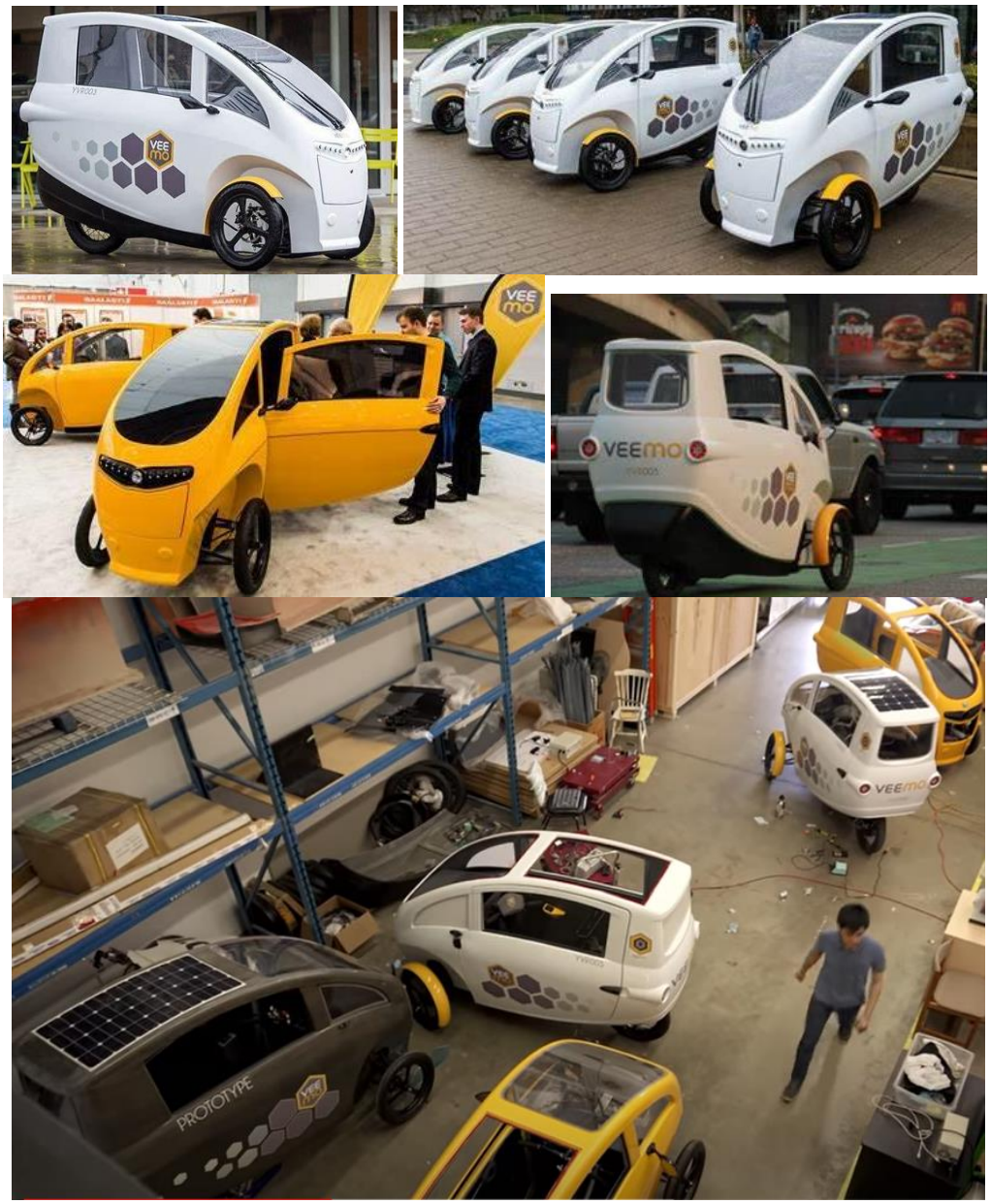


Fig 3. Vehículo de potencia humana y eléctrica, Veemo, Canada.
(*https://www.youtube.com/watch?v=XvwnmGW_ado&t=273s*)

Fig 4. Vehículo de potencia humana y eléctrica, Citkar, Alemania
https://citkar.com/en/

Fig 5. Vehículo de potencia humana y eléctrica, CityQ, Noruega.
(https://www.youtube.com/watch?v=9QwATAp71f4)

Fig 6. Vehículo de potencia humana y eléctrica, Podbike, Noruega.
(https://www.youtube.com/watch?v=FhbEdwJu4dE)

Fig 7. Vehículo de potencia humana y eléctrica, Schaeffler, Alemania.
(https://www.youtube.com/watch?v=z7v-C_YdllM&t=20s)

Por último, existen algunas propuestas de vehículos de potencia humana y eléctrica que estructuralmente fueron diseñados para resistir accidentes contra vehículos convencionales (Figura 8). Sin embargo, las técnicas usadas para lograr mayor resistencia estructural elevan el precio de estos vehículos exorbitantemente (21,000 Euros). Lo que los haría inviables para la mayoría de la población, y mayormente en los países en desarrollo, como lo son los latinoamericanos.

Fig. 8. Vehículo de potencia humana y eléctrica, DryCycle, Reino Unido.
(*https://www.youtube.com/watch?v=SOjnyPsksEo*)

Inspirados en esta problemática y en las experiencias propias de desarrollo de un prototipo de vehículo híbrido de potencia humana y eléctrica (Figura 9) en el campus CUCEI, Universidad de Guadalajara, (*El área que compone el complejo universitario, lo hace un entorno ideal y controlado para las pruebas del vehículo, ya que ofrece cerca de 7.8 hectáreas de extensión, en las cuales se erigen 22 edificios conformado, 265 aulas, 133 laboratorios, 10 talleres, 4 auditorios y 2 edificios de aulas de cómputo, que se comunican internamente mediante algunas avenidas, calles y caminos.) así como el desarrollo de navegación autónoma de robots mediante nuevos algoritmos de IA, y el desarrollo de algoritmos propios de metaheurística (videos disponibles del prototipo funcionando, pruebas, experimentos, así como productos científicos en: https://drive.google.com/drive/folders/18mFGlyzhvVarmuIBH-bwfGd0z-MM3CaT?usp=sharing), el autor de este proyecto propone desarrollar vehículos híbridos sustentables e inteligentes de cero emisiones que incorporan técnicas de IA, fusión de sensores, etc. para la implementación de sistemas de asistencia y advertencia al conductor con el objetivo de aumentar su seguridad, eficiencia, y explorar nuevas posibilidades de uso.

Tomando en cuenta lo anterior y que el autor y sus colaboradores han contribuido y contribuyen de forma importante al desarrollo algoritmos, metaheurísticos y redes profundas [1-5]; cuentan, además con la experiencia valiosa de colaborar en el desarrollo de vehículos autónomos con la Universidad libre de Berlín, Alemania desde hace más de una década (https://drive.google.com/file/d/19hugBjJu9iqV8dF7sXFbgww5aqgzMtTU/view?usp=sharing), así como han propuesto y registrado exitosamente inventivas originales a partir de investigaciones anteriores ante el IMPI (probatorios en: https://drive.google.com/drive/folders/1cnUH1YPKm6nWlYTgetv9n40TgrTZodld?usp=sharing), todo lo anterior refuerza las posibilidades de éxito en este proyecto, el cumplimiento cabal de los objetivos del mismo, la obtención de los productos

comprometidos en esta propuesta de investigación y el consecuente beneficio científico y de desarrollo tecnológico para el estado de Jalisco.

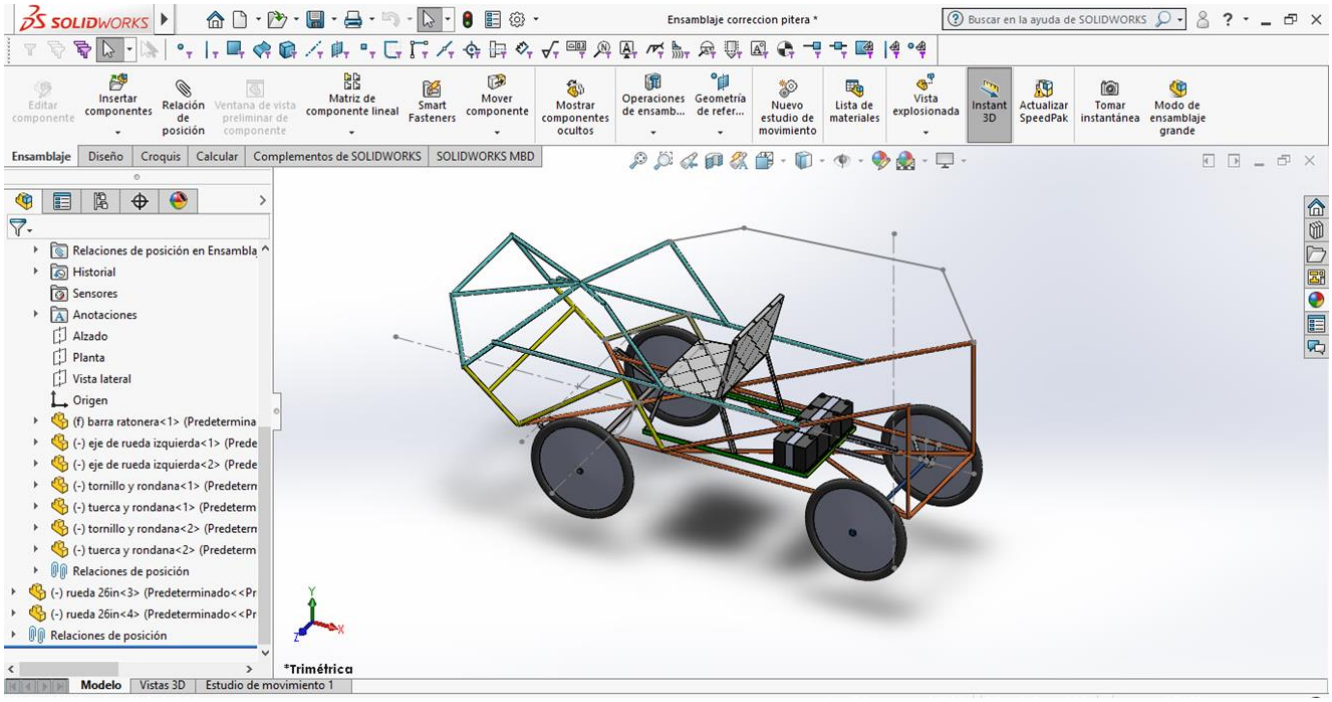


Fig.9 Prototipo de vehículo híbrido de potencia humana y eléctrica desarrollado en CUCEI, Universidad de Guadalajara (*https://drive.google.com/drive/folders/18mFGlyzhvVarmuIBH-bwfGd0z-MM3CaT?usp=sharing*)

Anexo F – Proyecto en extenso

Específicamente, el autor de este proyecto propone la investigación y diseño de nuevos vehículos sustentables e inteligentes jaliscienses. La obtención de nuevas estructuras eficientes obtenidas mediante algoritmos propios de optimización metaheurística, que encuentren la relación peso/resistencia más óptima. Además, de la incorporación de técnicas de inteligencia artificial para generar sistemas de asistencia y advertencias al conductor con el objetivo de abonar a aumentar significativamente su seguridad.

Ambos resultados del proyecto: diseño de nuevas estructuras metálicas (chasis y partes movibles) metaoptimizadas por algoritmos propios, así como nuevos algoritmos de deep learning para la detección eficiente de peatones, vehículos, etc. Se integrarán en el nuevo prototipo de vehículo sustentable con la finalidad de aumentar su seguridad tanto pasivamente (estructuralmente) y dinámicamente (mediante señales de advertencia al conductor) como con la finalidad de disminuir significativamente las posibilidades de un accidente mortal. La Figura 10 muestra algunas propuestas de nuevos diseños de vehículos obtenidos considerando optimización metaheurística e implementados en solidworks con el objetivo de hacer pruebas de simulación que corroboren un aumento en la eficiencia y/o la seguridad. Específicamente estudios estáticos que calculen desplazamientos, fuerzas de reacción, deformaciones unitarias, tensiones y la distribución del factor de seguridad.

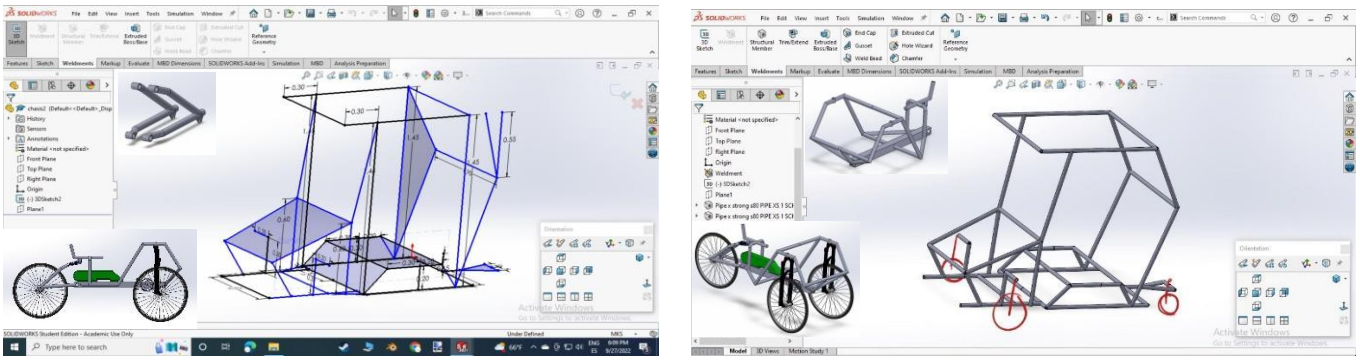
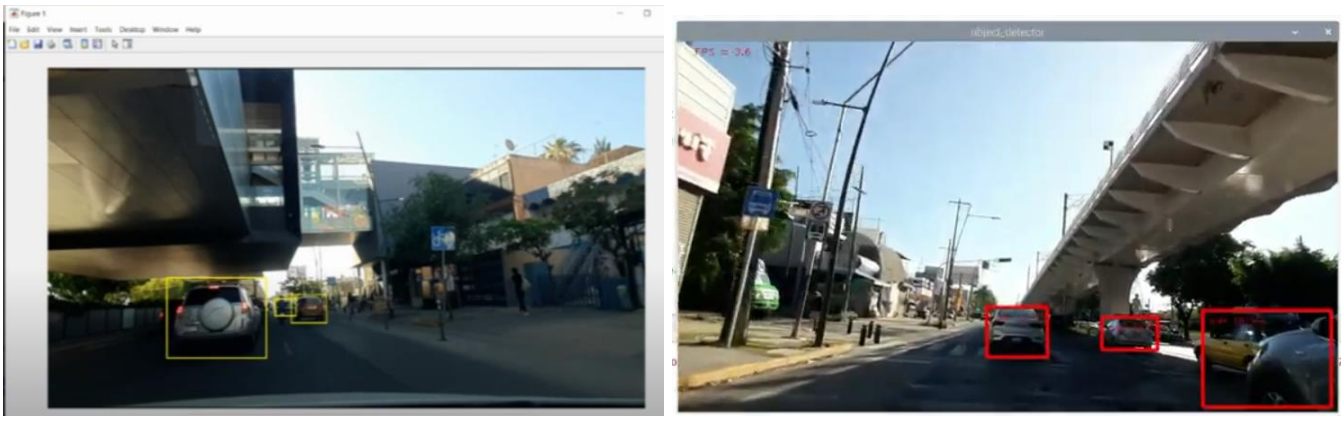


Fig. 10 Nuevos diseños de vehículos obtenidos mediante optimización metaheuristica, implementados en solidworks para pruebas de simulación de eficiencia y seguridad.

Mientras que en la Figura 11 se muestra la experimentación en la detección de vehículos con algoritmos estándar de deep learning en tiempo real implementados en Matlab a), y en tarjetas embebidas Rasberry b) en las inmediaciones de CUCEI, Universidad de Guadalajara.



a) *b)*

Fig.11 Detección de vehículos en las inmediaciones del CUCEI, UdeG con deep learning en tiempo real usando: a) Matlab en una laptop, y b) Tensorflow en una tarjeta embebida Rasberry

(https://drive.google.com/drive/folders/18wgF-0fhCsFVvmKcq3qZssv6aKn2xcqF?usp=sharing)

El sistema completo; la estructura mecánica mejorada mediante algoritmos metaheurísticos para el prototipo de vehículo sustentable y el sistema inteligente de señales de advertencia al conductor se simulará primero en un escenario sintético producido en el entorno "Driving scenario designer" de Matlab, el cual considerará también las señales de los sensores: LIDAR, ultrasónicos, cámaras, etc. Durante la detección de obstáculos, hasta obtener un sistema estable. La figura 12, muestra las primeras pruebas de simulación del vehículo sustentable en un mapa con coordenadas reales geolocalizadas del CUCEI, Universidad de Guadalajara.

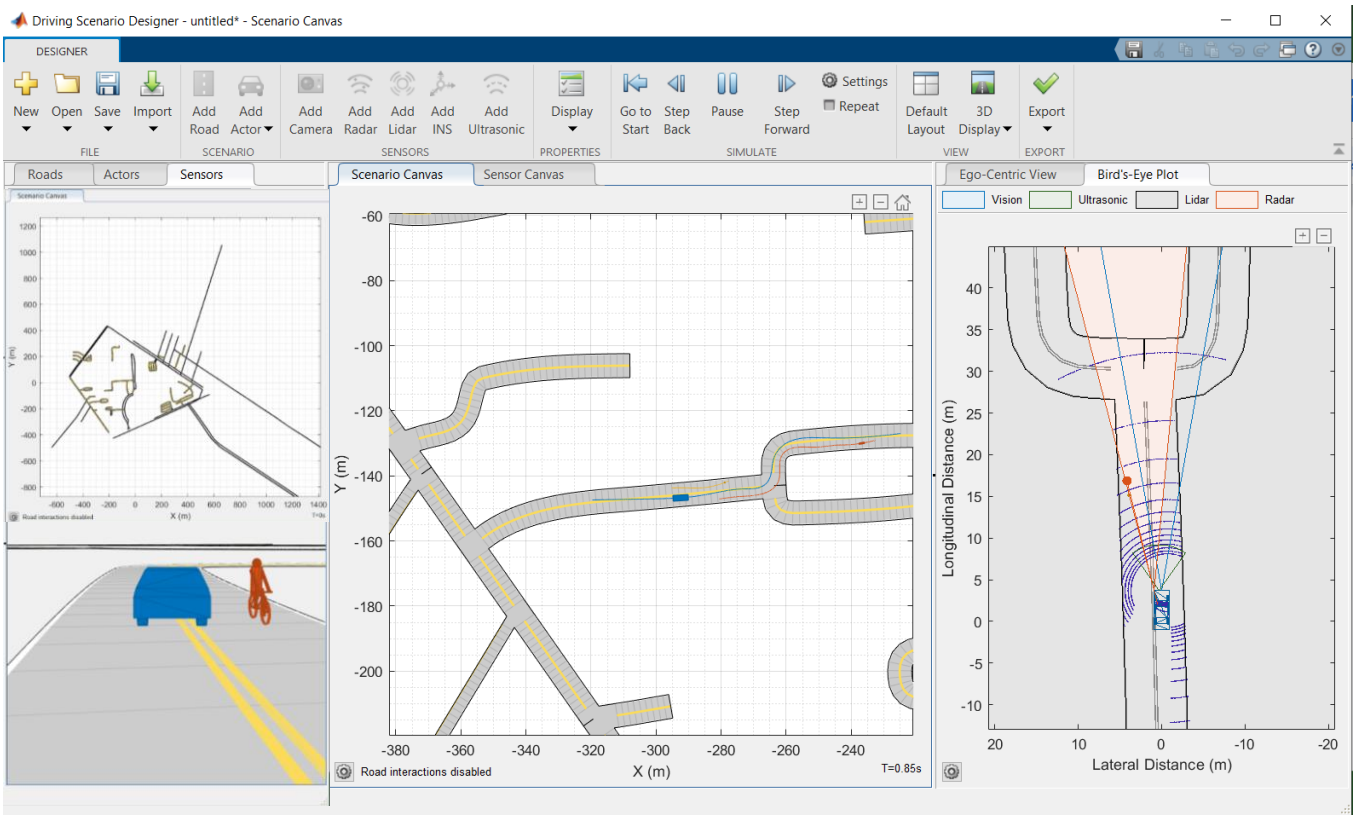


Fig. 12 Simulación del vehículo sustentable en el entorno "Driving scenario designer" de Matlab. Escenario sintético producido en mapa de coordenadas geolocalizadas para el CUCEI, Universidad de Guadalajara.

https://drive.google.com/drive/folders/1wgROGQBJbvHjvY9FtbOjbCCCfPCx1cf7?usp=sharing

Posteriormente, y basados en los resultados de la etapa anterior, se construiría el nuevo vehículo sustentable y a este se le incorporaría el sistema inteligente ejecutándose desde una laptop alojada en el prototipo de vehículo real, con el fin de facilitar una etapa de prueba y ajuste en condiciones reales. Finalmente, el sistema depurado en tiempo real pasaría a una tarjeta embebida, para ahorrar espacio y consumo de energía en el vehículo.

Como resultado del proyecto, se comprometen dos publicaciones JCR, un capítulos de libro, el ingreso de una solicitud de invención ante el IMPI. Así como un prototipo de vehículo sustentable inteligente operando. La obtención de grado de dos estudiantes de licenciatura, y/o dos estudiantes de maestría, y/o uno de doctorado involucrados en el proyecto.

4. Objetivo general del proyecto

Diseñar nuevos vehículos sustentables e inteligentes en Jalisco. El proyecto propuesto incidiría principalmente en el diseño y construcción meta-optimizada de vehículos sustentables desde el punto de vista estructural. Esto a partir de las experiencias e ideas de mejora del prototipo de vehículo sustentable desarrollado ya en CUCEI, Universidad de Guadalajara. (https://drive.google.com/drive/folders/18mFGlyzhvVarmuIBH-bwfGd0z-MM3CaT?usp=sharing). El proyecto también propondrá algoritmos de IA para la seguridad del vehículo.

5. Objetivos específicos

1. Proponer nuevas estructuras de vehículos prototipo optimizadas mediante algoritmos metaheurísticos propios que obtengan la mayor resistencia con el menor peso posible.

2. Proponer nuevos algoritmos de Aprendizaje Profundo (Deep Learning) para la detección eficiente de peatones, vehículos, etc. con la finalidad de disminuir las posibilidades de un accidente en el vehículo.

3. Entregar un prototipo de vehículo sustentable al campus CUCEI, para retroalimentación de uso del mismo durante rondines de seguridad, mantenimiento y transporte de personal y carga.

4. Metodología técnica del proyecto

- Desarrollo de una estructura optimizada para un vehículo sustentable a nivel simulación, que a su vez comprende: a) Propuesta de nuevos algoritmos de optimización metaheurística, b) Prueba de resistencia de la estructura a nivel simulación, c) Integración de las nueva estructura con la fusión de sensores (LIDAR, Ultrasónicos, etc.) en el entorno de simulación, d) Documentación.

- Desarrollo de algoritmos inteligentes para el vehículo híbrido a nivel simulación, que a su vez comprende: a) Propuesta de nuevos algoritmos de: Aprendizaje Profundo, b) Prueba de detección de peatones, vehículos, etc. con los nuevos algoritmos desarrollados a nivel simulación, c) Integración de las nuevas técnicas de IA propuestas con la fusión de sensores (LIDAR, Ultrasónicos, etc.) en el entorno de simulación, d) Prueba a nivel simulación de los sistemas de asistencia y advertencias de salvaguarda a la integridad del conductor, e) Documentación.

- Implementación en tiempo real del prototipo de vehículo sustentable inteligente que requiere de: a) Análisis del modelo del vehículo b) Simulación del prototipo de vehículo sustentable inteligente obtenido mediante algoritmos metaheuristicos. c) Construcción y ajuste del chasis y partes móviles meta-optimizadas para el vehículo sustentable, d) Implementación en tiempo real de la detección de obstáculos mediante los nuevos algoritmos inteligentes en el vehículo construido. e) Diseño, e implementación de pruebas en el vehículo real para las acciones de asistencia y seguridad del conductor. f) Ajuste de los algoritmos inteligentes en el prototipo de vehículo real g) Documentación.

En esta última etapa se considera el proporcionar al menos un prototipo de vehículo sustentable al campus CUCEI para la realización de actividades cotidianas de: seguridad, mantenimiento, transporte de personal y carga dentro del campus.

5. Calendario de actividades técnicas del proyecto

Anexo F – Proyecto en extenso

Etapa	Actividad	Inicio	Fin	Institución responsable	Entregable asociado
1	Se investigarán nuevos algoritmos metaheuristicos para la optimización	20/12/2022	19/12/2023	Universidad de Guadalajara /Freie Universität Berlin	Un artículo científico en revistas de alto impacto Un capítulo de libro
2	Se aplicarán los algoritmos metaheurísticos para optimizar la estructura del vehículo sustentable	16/03/2023	27/10/2023	Universidad de Guadalajara	Un prototipo de vehículo sustentable inteligente Una solicitud de patente
2	Reportar los resultados de los algoritmos metaheurísticos para optimizar la estructura del vehículo sustentable	28/10/2023	30/11/2023	Universidad de Guadalajara	La obtención de grado de 2 estudiantes de maestría involucrados en el proyecto.
1	Se investigarán nuevos algoritmos de deep learning	20/12/2022	19/12/2023	Universidad de Guadalajara /Freie Universität Berlin	Un artículo científico en revistas de alto impacto
2	Se aplicarán los algoritmos de deep learning para la detección eficiente de peatones, vehículos, etc.	16/03/2023	27/10/2023	Universidad de Guadalajara	Un prototipo de vehículo sustentable inteligente
2	Reportar los resultados de los algoritmos de deep learning para la detección eficiente de peatones, vehículos, etc.	28/10/2023	30/11/2023	Universidad de Guadalajara	La obtención de grado de un estudiante de doctorado involucrado en el proyecto
2	Implementación mecánica, eléctrica, e informática del vehículo sustentable inteligente	16/03/2023	30/11/2023	Universidad de Guadalajara	obtención de grado de 2 estudiantes de licenciatura
2	Pruebas en tiempo real del vehículo sustentable inteligente	16/03/2023	30/11/2023	Universidad de Guadalajara	obtención de grado de 2 estudiantes de licenciatura

6. Metas e indicadores del proyecto

Nombre del indicador	Meta del proyecto	Descripción
DE ATENCIÓN A RETOS SOCIALES		
Instituciones usuarias atendidas	1	Campus CUCEI, Universidad de Guadalajara
Cartas de satisfacción de usuarios	1	Campus CUCEI, Universidad de Guadalajara
DE PRODUCTIVIDAD CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA		
Artículos científicos en revistas de alto impacto	2	Q1, Q2 factor de impacto >3
Capítulos de libros o libros científicos o de divulgación	1	Publicación de un capítulo de libro con ISBN
Solicitudes de registro de propiedad intelectual	1	Ingreso de una solicitud de invención ante IMPI
DE FORTALECIMIENTO DE CAPACIDADES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS		
Intercambio de información entre instituciones	1	Publicación en conjunto con miembros de la FU-Berlin, Alemania

7. Impacto del proyecto

12.1. Atención a retos sociales

La adaptación al cambio climático, específicamente el análisis y prospectivas de alternativas de movilidad sustentable en el Área metropolitana de Guadalajara, y otras ciudades de Jalisco. Suponen el estudio e implementación de opciones o alternativas para ofrecer medios de transporte que sean amigables y de cero emisiones con el medio ambiente.

Alcanzar la movilidad sustentable es un reto social, pues toda la sociedad requiere movilidad de mercancías, personas, servicios, etc. Es un reto, no solo de sustentabilidad, sino de soberanía en movilidad, pues la Unión Europea y USA prohibirán la venta de vehículos de combustión interna en el 2035. Lo que supone el ingreso acelerado de los vehículos eléctricos en todo el mundo, aun en los países menos preparados, incluidos los latinoamericanos. Lo cual traerá una crisis futura en los sistemas de generación de energía eléctricos, pues tendrán graves problemas para abastecer el consumo eléctrico, cuando todo el parque vehicular actual tenga que pasar a eléctrico.

En este contexto, este gran reto social se puede abordar desde el diseño jalisciense de vehículos sustentables híbridos (potencia humana y eléctrica) como el propuesto en este proyecto. Estos vehículos son ligeros y en consecuencia consumen poca energía eléctrica e incluso pequeños paneles solares pueden ser suficientes para recargar sus baterías mientras están estacionados, haciéndolos independientes energéticamente y aliviando la carga del sistema de generación de energía eléctrica. Sin embargo, se debe solucionar el problema de seguridad estructural de estos vehículos ya que normalmente no son diseñados para soportar un impacto contra vehículos convencionales. En este proyecto, dichas estructuras serán diseñadas eficientemente mediante algoritmos propios de optimización metaheurística, que encuentren la relación peso/resistencia más óptima. En el proyecto, también se considera en el diseño de estos vehículos la incorporación de técnicas de inteligencia artificial para generar sistemas de asistencia y advertencias al conductor con el objetivo de abonar a aumentar significativamente su seguridad.

El proyecto entonces, es concebido para propiciar la movilidad sustentable de toda la población jalisciense quienes serian los usuarios de las tecnologías propuestas, en un contexto de cambio acelerado a movilidad eléctrica. Sin saturar y/o colapsar la generación de energía eléctrica y brindando la mayor seguridad posible, utilizando técnicas de inteligencia artificial desarrolladas en el estado de Jalisco.

12.2. Productividad científica y tecnológica

Se propondrán nuevos y originales algoritmos de optimización metaheurística, así como de aprendizaje profundo, que se utilizarán durante el proyecto y que se someterán al análisis y aprobación en la comunidad científica internacional mediante su publicación en revistas de alto impacto. Así como se desarrollará la tecnología necesaria para la creación de vehículos sustentables jaliscienses prototipos que se probarán de manera inicial, en tareas cotidianas del campus CUCEI, Universidad de Guadalajara. Las tecnologías desarrolladas en el proyecto serán registradas ante el IMPI mediante solicitudes de inventiva.

8. Bibliografía

[1] An optimized Kernel Extreme Learning Machine for the classification of the autism spectrum disorder by using gaze tracking images, Angel Gaspar, Diego Oliva, Salvador Hinojosa, Itzel Aranguren, **Daniel Zaldivar**. Applied Soft Computing, Elsevier, 2022.
(https://doi.org/10.1016/j.asoc.2022.108654)

[2] An improved multi-population whale optimization algorithm, Mario A. Navarro, Diego Oliva, Alfonso Ramos-Michel, **Daniel Zaldívar**, Bernardo Morales-Castañeda, Marco Pérez-Cisneros, Arturo Valdivia & Huiling Chen, International Journal of Machine Learning and Cybernetics, Springer, 2022.

(https://doi.org/10.1007/s13042-022-01537-3)

[3] Metaheuristic schemes and Machine learning techniques: A synergistic perspective, **Erik Cuevas, Daniel Zaldivar**, Marco Pérez, Applied Mathematical Modelling, 2021.
(https://www.sciencedirect.com/journal/applied-mathematical-modelling/special-issue/10VGGMCQ7CC)

[4] Hyperparameter Optimization in a Convolutional Neural Network Using Metaheuristic Algorithms, Angel Gaspar, Diego Oliva, Erik Cuevas, **Daniel Zaldívar**, Marco Pérez, and Gonzalo Pajares. In Metaheuristics in Machine Learning: Theory and Applications, Studies in Computational Intelligence 967, Springer, 2021.
(https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-70542-8_2)

[5] Genetic Operators and Their Impact on the Training of Deep Neural Networks, David Eliel Bocanegra Michel and **Daniel Zaldivar Navarro**. In Metaheuristics in Machine Learning: Theory and Applications, Studies in Computational Intelligence 967, Springer, 2021.
(https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-70542-8_5)