

**DESAROLLO DE UN SISTEMA COMPLEMENTARIO AL
FUNCIONAMIENTO DEL AIRBAG PARA ASISTENCIA EN
VOLCADURAS MEDIANTE MODELADO MATEMÁTICO Y
SIMULACIÓN DE CHOQUES**

**DEVELOPMENT OF COMPLEMENTARY SYSTEM TO
AIRBAG OPERATION FOR ROLLOVER ASSISTANCE
USING MATHEMATICAL MODELED AND CRUSH
SIMULATION**

Artículo de investigación

Romero, Héctor

UVP, Universidad del Valle de Puebla

hector.romvaz2899@gmail.com

ORCID:0009-0002-2776-6594

Recibido el 22 de marzo de 2024. Aceptado el 13 de septiembre de 2024.

Publicado el 15 de diciembre de 2024.

Reseña

Este artículo analiza el desarrollo y la aplicación de un sistema auxiliar diseñado para mejorar la seguridad de los vehículos en situaciones de colisión, especialmente en casos de vuelco. El estudio se centra en la propuesta y aplicación de un modelo matemático integral, que se implementó en una placa electrónica a la cual se le dio el nombre de RollSentry.

El presente artículo comenzará destacando la importancia de mejorar la seguridad pasiva de los automóviles y la necesidad de sistemas adicionales para los airbags convencionales. Se presenta un modelo matemático que compila todas las fuerzas físicas pertinentes en choques de automóviles, lo que proporciona una base sólida para el desarrollo del sistema propuesto.

Se ofrece un funcionamiento detallado de la implementación del modelo matemático en la placa electrónica RollSentry, al hacer hincapié en la capacidad del modelo para medir en tiempo real cómo se comportan los coches durante las colisiones. Se subraya la importancia de esta herramienta para el seguimiento y la evaluación de las fuerzas físicas en un escenario de emergencia, lo que hace avanzar nuestro conocimiento de los sucesos de colisión.

Además, se presenta la implementación del modelo matemático, verificado mediante un software de simulación de colisiones. Esta validación confirma la corrección y fiabilidad de los resultados, lo que aumenta la confianza en la eficacia del sistema propuesto.

El artículo también destaca la originalidad del estudio al señalar que este plan es el primero en instalar en un coche un sistema auxiliar que funciona simultáneamente con el sistema de airbag. Se señala que no hay comparaciones directas con otros sistemas comparables esto debido a que es un sistema único en su caso, donde a fecha actual no existe algún sistema parecido, haciendo que este sistema sea único.

Finalmente, me gustaría enmarcar el potencial futuro de la investigación señalando que este experimento sirve como estudio de caso con varias implicaciones en la mejora continua de los sistemas de seguridad de los automóviles. Para garantizar el éxito y la eficacia del sistema propuesto a la hora de proteger a los ocupantes de los vehículos, es imprescindible seguir perfeccionándolo y mejorándolo.

Resumen

El automóvil se ha convertido en el medio de transporte esencial, pues destaca por su eficiencia y versatilidad en la movilidad diaria. La seguridad es un elemento clave para un medio tan importante; a pesar de los avances en sistemas de seguridad, existen áreas de oportunidad para mejorar la protección de los ocupantes, un ejemplo de ello es el sistema airbag, que protege a los ocupantes durante algún accidente, sin embargo, existen casos donde su eficiencia se ve afectada.

El airbag es fundamental para minimizar lesiones en caso de accidentes, su eficiencia en sí, depende de muchos factores y en algunos casos no depende de la habilidad del conductor, sino de factores externos. Al ser un área de oportunidad se puede aplicar modelados matemáticos que nos indiquen el comportamiento físico de los vehículos al chocar, complementando lo anterior, al utilizar software especializado para la recreación de los accidentes anteriormente se puede desarrollar sistemas complementarios a los existentes, para ayudar a la conservación de los pasajeros en donde los sistemas actuales tienen una ligera deficiencia.

Los automóviles han demostrado ser un medio de transporte eficiente, con un área importante de mejora y trabajando con el sistema planteado en este artículo se puede mejorar de forma significativa la conservación de aquellos que ocupen este medio de transporte, este tipo de avance no solo beneficia a los conductores y pasajeros, sino a todas aquellas personas que son cercanas a este medio de transporte directa o indirectamente.

Palabras clave: Tecnología Electrónica, Seguridad del Transporte, Desastre, Sistema en línea, Bienestar Social.

Abstract

The automobile has become the essential means of transportation, since it stands out for its efficiency and versatility in daily mobility. Safety is a key element for such an important means of transportation; despite advances in safety systems, there are areas of opportunity to improve occupant protection, an example of this is the airbag system, which protects occupants during an accident, however there are cases where its efficiency is affected.

The airbag is fundamental to minimize injuries in case of accidents, its efficiency depends on many factors and in some cases it does not depend on the driver's ability, but on external factors. As this is an area of opportunity, mathematical modeling can be applied to indicate the physical behavior of the vehicles when crashing, complementing the above, by using specialized software for the recreation of the accidents above, it is possible to develop complementary systems to the existing ones, to help the preservation of passengers where the current systems have a slight deficiency.

Automobiles have proven to be an efficient means of transportation, with an important area for improvement and working with the system proposed in this article can significantly improve the conservation of those who occupy this means of transportation, this type of progress not only benefits drivers and passengers, but all those people who are close to this means of transportation directly or indirectly.

Keywords: Electronic Technology, Transport Security, Disaster, Online System, Social Welfare.

Introducción

El sistema de airbag ha demostrado ser un avance vital en la seguridad de los automóviles, salvaguardando a sus ocupantes en caso de accidente. Sin embargo, integrando tecnologías complementarias que permitan una respuesta más rápida y precisa ante diversas circunstancias de accidente, se puede aumentar aún más la eficacia de estos sistemas. El presente artículo se centra en la implantación de una placa electrónica auxiliar para modificar y mejorar el sistema de airbag.

Proponer un método alternativo mediante un modelo matemático para la aplicación del sistema airbag en accidentes automovilísticos que involucran una volcadura es el objetivo principal de este proyecto de investigación. Al dar más información y permitir una respuesta más meditada y eficaz del sistema de airbag en escenarios de emergencia como colisiones frontales, laterales o vuelcos, esta placa funcionará como un sistema auxiliar.

La creación de un modelo matemático preciso que capte la dinámica y las fuerzas físicas que actúan sobre un coche durante una colisión es un componente crucial de esta investigación. Este modelo permitirá comprender mejor los escenarios de colisión e identificar cómo deben reaccionar el sistema de airbag y la placa auxiliar eléctrica.

Para verificar la exactitud y eficacia del modelo matemático, además de su formulación, se llevarán a cabo experimentos y simulaciones. El propósito de estas evaluaciones es verificar la fiabilidad y seguridad del sistema sugerido utilizando datos reales de colisiones y una serie de circunstancias de conducción.

El objetivo de este trabajo es aumentar la seguridad de los vehículos, al crear una forma novedosa y práctica de mejorar la funcionalidad de los sistemas de airbag. En caso de accidente, la placa electrónica auxiliar y un sólido modelo matemático reducirán la posibilidad de lesiones y darán más protección a los ocupantes del coche.

Planteamiento del problema

La seguridad de los ocupantes de un automóvil en caso de accidente es crucial en el ámbito de la seguridad vial. La eficacia de los modernos sistemas de airbag puede verse limitada en algunos escenarios de colisión, incluso con los avances en tecnología de seguridad. En concreto, las colisiones frontales, laterales y los vuelcos plantean problemas distintos que requieren reacciones rápidas y precisas para mitigar la probabilidad de lesiones graves o catastróficas.

Este estudio se centra principalmente en la necesidad de añadir una placa eléctrica auxiliar al sistema de airbag para aumentar su eficacia en situaciones de accidente complejas, como los vuelcos. Se pretende que esta placa funcione en tándem con el actual sistema de airbag para ofrecer una reacción más reflexiva y flexible ante diversas situaciones de colisión.

La creación de un modelo matemático completo que explique las fuerzas en juego y el comportamiento dinámico de un coche durante una colisión es crucial para resolver este problema. Este modelo permitirá comprender mejor los escenarios de colisión e identificar cómo deben reaccionar el cuadro eléctrico auxiliar y el sistema de airbag.

Además, para confirmar la seguridad y eficacia del sistema propuesto, es necesario realizar numerosas simulaciones y pruebas. Las pruebas deben tener en cuenta diversos escenarios de colisión y factores ambientales para garantizar la fiabilidad del sistema en situaciones prácticas.

Revisión bibliográfica

En Puebla, hay alrededor de 1,500 personas entre heridas y muertas en accidentes viales, lo que resulta en 7,672 accidentes viales en los que 188 personas murieron, con datos variables según si fueron accidentes de “impacto lineal” o “volcadura”. Estos datos fueron proporcionados por el INEGI en 2021, indicando un aumento del 16.2% anual.

Existen dos enfoques para abordar el análisis del comportamiento técnico y humano de un parque rodante (vehículos y conductores): de un lado, el conocimiento de su estructura y dinámica, así como el examen e incidencia de los sistemas de seguridad que se incorporan a los vehículos respecto al grado de siniestralidad y, de otro, las consecuencias económicas que se derivan de esta incorporación de sistemas de seguridad en términos de demanda de vehículos, coste económico de la siniestralidad (vehículos y víctimas) y traficación de seguros de cobertura (García, 2008)

Al desarrollar nuevos modelos de automóviles, es importante considerar la incorporación y mejora de sistemas de seguridad que promuevan y conserven la seguridad de los usuarios en situaciones de alto riesgo de siniestros.

Tal y como se conoce hoy en día un automóvil, no sería posible sin la existencia de la informática aplicada en la industria. En todo el proceso, desde que se toma la decisión de crear un nuevo modelo de automóvil hasta que éste es vendido, la informática es imprescindible. (Illescas, 2009)

Los accidentes no solo afectan la vida familiar y económica de los afectados, incluyendo a los afectados, sus familiares y conocidos. Además, estos incidentes tienen un impacto en diversas instituciones y sectores del gobierno, ya que parte de los gastos que se invierten en el país se destinan a la protección de la salud de los ciudadanos, la construcción de infraestructura y la creación de caminos para el tránsito, entre otros aspectos.

El coste está cuantificado en cerca del 3% del producto interno bruto en países desarrollados, llegando a ser el 4% en algunos de ellos.... Pero estas cifras, claramente importantes en nuestro país, aún son pequeñas en comparación con las de EE. UU., donde la cifra en el año 2000 era de 230 000 millones de dólares. (Rodríguez, 2016)

Método y Metodología

Con el objetivo de mejorar la seguridad pasiva durante colisiones, particularmente aquellas que involucren una volcadura, el presente estudio se enfoca en la investigación y desarrollo de un sistema alternativo que opere de manera complementaria al sistema de airbag de los vehículos. Para lograr este objetivo, se implementó un enfoque metodológico completo que incluye varias etapas interconectadas.

- ***Desarrollo del modelo matemático de Fuerzas Físicas***

La investigación comenzó con la creación de un modelo matemático detallado que buscaba capturar todas las fuerzas físicas pertinentes en colisiones de automóviles, especialmente en escenarios de volcadura. Entre las variables relevantes, este modelo completo toma en cuenta la velocidad inicial, la dirección del impacto, los ángulos de giro y las fuerzas de impacto.

- ***Desarrollo de la placa electrónica RollSentry***

Como parte importante del estudio, se creó una placa electrónica personalizada llamada RollSentry. Esta placa fue creada para mostrar señales precisas de la posición, la velocidad y los ángulos de giro del vehículo en situaciones de colisión. RollSentry utiliza una combinación de sensores avanzados, como acelerómetros y giroscopios, para recopilar datos en tiempo real y garantizar una medición precisa de los parámetros pertinentes.

- ***Simulación del modelo matemático y validación***

Se realizaron simulaciones detalladas de colisiones utilizando los datos proporcionados por el modelo y la placa electrónica RollSentry en su lugar. Estas simulaciones permitieron evaluar el rendimiento del sistema sugerido en una

variedad de escenarios de colisión, incluidos impactos frontales y volcaduras completas. La validación de las simulaciones se realizó mediante la comparación de los resultados obtenidos con datos de accidentes automovilísticos reales.

- ***Construcción y realización de pruebas del prototipo de placa electrónica***

Se construyó el prototipo funcional de la placa electrónica RollSentry después de que el modelo y las simulaciones fueran validados. Para verificar su funcionamiento y precisión, este prototipo se sometió a pruebas exhaustivas en condiciones controladas y en entornos simulados de colisión. Para garantizar la consistencia y confiabilidad del sistema en situaciones reales, estas pruebas compararon los datos de RollSentry con los valores esperados según el modelo matemático.

El enfoque metodológico completo utilizado en este estudio permitió la creación de un sistema alternativo riguroso y sistemático para mejorar la seguridad pasiva de los vehículos durante colisiones, especialmente aquellas que involucran volcaduras. El proceso proporciona una base sólida para futuras investigaciones y desarrollos en el campo de la seguridad automotriz, y tiene el potencial de contribuir significativamente a la reducción de las lesiones y pérdidas de vidas causadas por accidentes automovilísticos.

Resultados

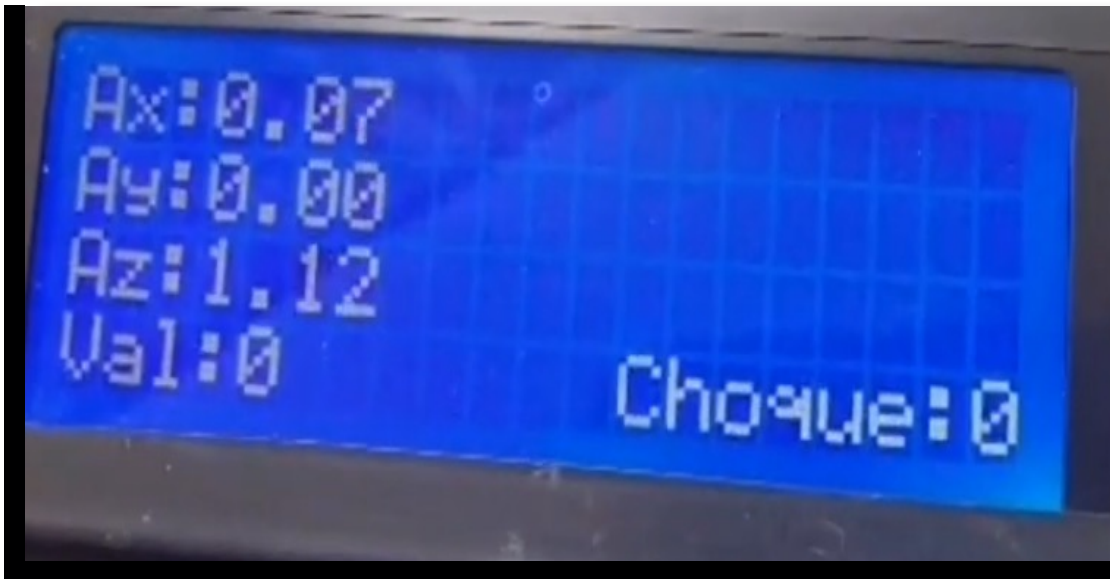
Una vez que se obtuvo el proceso de análisis de modelado matemático, el procesamiento de datos en simulación, la determinación y la construcción de placas electrónicas y sus componentes electrónicos, se puede realizar un análisis completo de todo lo que se ha sugerido a lo largo del desarrollo de este documento, lo que permite obtener resultados claros y objetivos.

Las características principales, las causas y efectos de los accidentes de este tipo, así como cómo estos pueden calcularse y representarse de manera precisa y clara para mostrar el desarrollo de un accidente de tal magnitud, se presentan a lo largo del documento a través de simulaciones y modelado matemático.

Se puede usar un display o un área específica en el tablero del automóvil para mostrar cómo los diferentes sensores están tomando constantemente medidas, lo que ayuda a informar al conductor sobre el estado del automóvil y su posición con relación a la superficie en la que se está moviendo, como se muestra en la siguiente imagen.

Figura 1

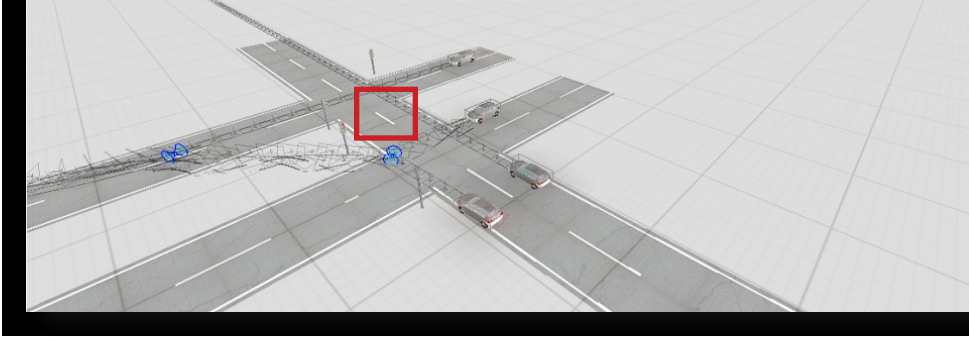
Captura de datos de posición del vehículo



El sensor MPU 6050 toma medidas de acuerdo con su posición y orientación, dándonos los valores de cambio respecto a sus tres ejes de medida, junto con dos variables adicionales que sirven como indicadores cuando se detecte un choque y cuando el choque haya terminado, como se muestra en la imagen anterior.

Figura 2

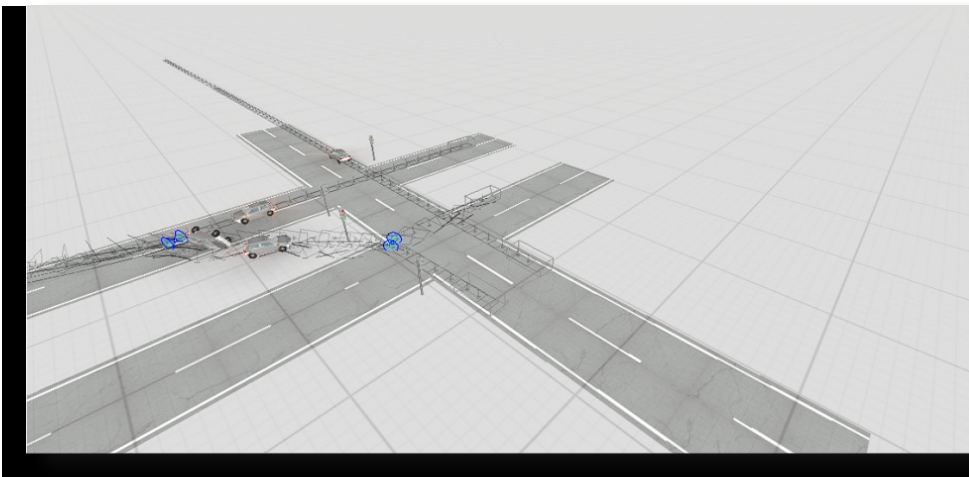
Trayectoria de vehículos involucrados en choque con pérdida de control



El vehículo que se encuentra enmarcado en color rojo representa el autobús que tendrá el percance, cómo se puede observar en la imagen la trayectoria del autobús implicará dos choques, el primero provocará la volcadura y el segundo finalizará el choque.

Figura 3

Resultado del choque con volcadura



Una vez volcado el automóvil se impactará con la camioneta que se encontraba en el carril superior para dar y absorber las fuerzas del choque, lo cual para que se estabilice el choque y deje de girar el autobús, dando por finalizado el choque.

Una vez que el módulo MPU 6050 detecte una orientación, una fuerza diferente a la normal, un ángulo y un grado de inclinación diferentes que se utilizan para girar en curvas, el módulo MPU 6050 enviará la señal de activación del airbag junto con la señal del sensor de impacto porque al tener una inclinación diferente y el sensor de impacto se active, se concluye que existe un impacto y el automóvil se desacelerará, mientras que exista una señal fuera de lo ordinario comparará el modelo matemático ingresado y planteado a lo largo del desarrollo de este artículo, realizando medidas en tiempo real hasta que finalmente el automóvil quede completamente estable sin importar la posición, será entonces cuando se libere por completo el airbag, de lo contrario los sensores y sistemas electrónicos bloquearán la capacidad de liberación de aire del airbag, para su correcto apoyo y desarrollo del mismo.

Conclusiones y discusión

El estudio actual se ha centrado en la creación e implementación de un modelo matemático en una placa electrónica para medir el comportamiento de los automóviles en situaciones de colisión en tiempo real. A través de la integración de este modelo en la placa RollSentry, se ha creado una herramienta efectiva para monitorear y analizar las fuerzas físicas involucradas en colisiones. Esto representa un avance significativo en el campo de la seguridad automotriz.

El uso de software de simulación de choques para verificar el modelo matemático implementado permitió validar la precisión y confiabilidad de los resultados. La confianza en la capacidad del sistema propuesto para predecir y evaluar el comportamiento de los vehículos en situaciones de emergencia se fortalece con esta validación.

Dado que esta propuesta representa la primera implementación de un sistema auxiliar que funciona junto con el sistema de airbags en los automóviles, es importante destacar que representa un avance significativo en el campo de la

seguridad vehicular. Los resultados obtenidos no pueden compararse con otros sistemas porque no existen sistemas comparables en la actualidad, lo que subraya la singularidad y la relevancia de este estudio.

El planteamiento del sistema auxiliar propuesto comenzó con los autores mencionados y consultados durante el desarrollo de este proyecto. La base teórica y conceptual para la creación de RollSentry fue proporcionada por sus investigaciones y análisis sobre las fallas del sistema de seguridad de automóviles actual.

Finalmente, es importante mencionar que este proyecto es un caso de estudio que tiene mucho potencial para ser utilizado en el futuro. Se espera que sus aplicaciones continúen expandiéndose y mejorando la seguridad de los sistemas de seguridad en automóviles a medida que se siga mejorando y refinando el sistema propuesto. La idea principal detrás de este proyecto es la búsqueda constante de la eficiencia y efectividad en la protección de quienes se transportan en vehículos con el objetivo de reducir al máximo el riesgo de lesiones y pérdidas de vidas en accidentes automovilísticos.

Referencias

- García, T. (2008). Incidencia técnica y económica de los sistemas de seguridad del automóvil en la siniestralidad y daños personales. Repositorio institucional de la Universidad Rey Juan Carlos de Madrid https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://archivo.alde.es/encuentros.alde.es/anteriores/xiieea/trabajos/pdf/173.pdf&ved=2ahUKEw-jXvMqxwqeFAxXgJEQIHWLDAsgQFnoECBsQAQ&usg=AOvVaw3-cTs_nkLbFtS-nyM6La1B
- Illescas, D. (2009). *Simulación de un choque frontal de un vehículo automóvil contra diferentes tipos de barrera* [Tesis de ingeniería técnica en mecánica, Universidad Carlos III de Madrid]. Repositorio institucional de la Universidad Carlos III de Madrid. <https://e-archivo.uc3m.es/entities/publication/5455caa1-5292-429a-b075-9a8700594df9>
- INEGI. (s. f.). *Tabulados Interactivos-Genéricos*. https://www.inegi.org.mx/app/tabulados/interactivos/?pxq=ATUS_ATUS_4_f9796ea1-ecdb-46f8-8d2a-0ea8c15bd78c
- Rodríguez, C. (2016). *Lesiones cervicales, oculares y faciales en usuarios de gafas por despliegue del airbag a baja velocidad* [Tesis doctoral, Universidad Internacional de Catalunya]. Repositorio institucional de la Universidad Internacional de Catalunya. <https://www.tesisenred.net/handle/10803/386324#page=1>
- Rumar, K. (1990). The basic driver error: late detection. *Ergonomics*, 33(10-11), 1281-1290. <https://doi.org/10.1080/00140139008925332>