



Congreso Internacional de Investigación
Academia Journals **Puebla IEU 2023**
Tecnología, Humanismo y Sostenibilidad

OCTUBRE 02 Y 03, 2023

LA INGENIERÍA EN ARMONÍA CON LA TECNOLOGÍA, EL HUMANISMO Y LA SOSTENIBILIDAD - PUEBLA IEU 2023

TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN DEL CONGRESO
INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN ACADEMIA
JOURNALS PUEBLA IEU 2023

Tecnología, Humanismo y Sostenibilidad

ELIBRO CON ISBN ONLINE 979-8-89020-031-0

**CONGRESO
ACADEMIA JOURNALS
PUEBLA IEU 2023**

Título del Libro Electrónico: *La Ingeniería en Armonía con la Tecnología, el Humanismo y la Sostenibilidad - Puebla IEU 2023*

ISBN 979-8-89020-031-0 online*

Este libro electrónico (e-book) contiene la colección de los trabajos de investigación presentados en el área de *ingenierías* en el Congreso Internacional de Investigación Academia Journals Puebla IEU 2023, *Tecnología, Humanismo y Sostenibilidad*, que fuera co-organizado los días 02 y 03 de octubre de 2023 por Academia Journals, PYSEIP, *Productos y Servicios Estratégicos para Investigación y Posgrado*, y la Universidad IEU.

POLÍTICA DE COPYRIGHT

Con el fin de maximizar el valor para los autores de sus publicaciones en AJ, se observan la políticas de copyright aquí descritas. Academia Journals protegerá los intereses de los autores y de las instituciones donde ellos laboran. Como requisito para publicar en AJ, todos los autores y la institución donde ellos laboran transfieren a AJ cualquier derecho de copyright que tengan en su artículo. El copyright se transmite cuando el artículo es aceptado para su publicación. La asignación de copyright es nula y terminada en caso de que el artículo no sea aceptado para publicación. Para corresponder a la transferencia de los derechos de autor, AJ cede a los autores y a las instituciones donde ellos laboran el permiso y derecho de hacer copias del artículo publicado y utilizarlo para fines académicos. El autor retiene siempre los derechos de patentes descritas en el artículo. Después de que el artículo haya sido aceptado para su publicación en AJ, y dado que el copyright ha sido ya transferido, cualquier cambio o revisión al material debe hacerse solamente con la autorización de AJ.

CONSEJO ACADÉMICO

Dr. Rafael Moras (San Antonio, EEUU)
MA Ani Alegre (Austin, EEUU)
Dr. Ángel Esparza (Houston, EEUU)
Lic. David Moras (San Antonio)
MC Constantino Moras Sánchez (Orizaba, México)
Dr. Eloy Mendoza Machain (Morelia, México)
Dr. Pedro López Eiroá (CDMX, México)
Dr. Víctor Mendoza (Puebla, México)
Dr. Albino Rodríguez Díaz (Tepic, México)
Vicerrector Dante Agatón (Morelia, México)

DISEÑO Y PUBLICIDAD

contacto@academiajournals.com

COMENTARIOS Y SUGERENCIAS

contacto@academiajournals.com
+1 (210) 415-3353
3760 E. Evans
San Antonio TX 78259 USA
www.academiajournals.com

*El ISBN fue asignado a este libro por la Agencia de ISBN en Estados Unidos. Los números de copyright tienen validez mundial. Para comprobar la validez de un ISBN, favor de visitar la página bookwire.com.



Paper	Título	Autores	Primer Autor	Página
IEU118	Reducción de Scrap en Área de Calidad para una Empresa de Giro Médico: Un Caso de Aplicación de A3	Ing. Fernanda Ibarra García Mtra. Claudia Alvarez Bernal Mtro. Francisco Javier Soto Valenzuela Mtra. Elisa Francelia López Gutiérrez Mtro. José Luis Quintero Hernández Mtro. Juan Luis Martínez Adame	Ibarra García	114
IEU101	Transferencia de Carga Ininterrumpida -como Implicación Material- entre Circuitos Eléctricos de Distribución de un Sistema Eléctrico: Un Análisis Bibliométrico	Ing. Luis Edgar Lira Toral Dr. Zakaryaa Zarhri Dr. Luis Cisneros Villalobos	Lira Toral	121
IEU117	Metodologías en la Gestión ambiental: Aplicación en un Centro de Investigación	Mtra. Zalluly Lona Miranda Dra. Maria del Carmen Torres Salazar Dra. Mariana Romero Aguilar Dra. Viridiana Aydeé León Hernández	Lona Miranda	127
IEU077	Importancia de la Industria 4.0 en las PyMEs Mexicanas	Dr. Sergio Raúl López Nieto	López Nieto	133
IEU035	Aplicación de Materiales Híbridos a Base de Fibras Naturales en la Industria Aeroespacial	Brenda López Reyes Dra. Miriam Siqueiros Hernández Dra. Virginia García Angel M.C. Ana María Castañeda Dr. Benjamín González Vizcarra	Brenda López Reyes	138
IEU082	Prototipo Robótico Automatizado para Costura e Inspección de Bolsas de Aire	Alfredo Olivas Mendoza Osslan Osiris Vergara Villegas Luis Carlos Méndez González	Olivas Mendoza	145

Prototipo Robótico Automatizado para Costura e Inspección de Bolsas de Aire

Alfredo Olivas Mendoza¹, Luis Carlos Méndez González², Osslán Osiris Vergara Villegas³

Resumen—Las bolsas de aire son cojines inflables que protegen a los tripulantes de golpearse con el interior de un vehículo u otros objetos durante una colisión. Las bolsas de aire pueden salvar vidas, por lo tanto, su manufactura es un proceso crítico. Para apoyar el proceso de producción de bolsas de aire, se fabricó un prototipo robótico automatizado para coserlas e inspeccionarlas. El prototipo se construyó bajo los parámetros definidos por la industria automotriz y sus partes principales son la estación de carga y descarga, la máquina de coser, el robot colaborativo y el sistema de visión por computadora. El prototipo fue instalado y probado con éxito en una planta de Chihuahua, México. Como resultado del proceso de pruebas se comprobó que el prototipo puede realizar la producción y lecturas de ciclo de la unidad de operación bajo los estándares de la industria automotriz.

Palabras clave— Robot Colaborativo, Bolsas de Aire, Seguridad en Vehículos, Coser, Inspección Automática.

Introducción

La industria automotriz es uno de los pilares más importantes de la economía mundial. Particularmente en México, la producción de vehículos se incrementó en un 14% durante el primer semestre de 2023 (Alvarez, 2023). El proceso de producción de un vehículo es complejo, y uno de los elementos prioritarios consiste en la inclusión de elementos de seguridad para los tripulantes (Bayer et al. 2023).

Los elementos de seguridad típicos de un vehículo moderno son los cinturones de seguridad, las bolsas de aire, los frenos antibloqueo (ABS), el control de tracción y de estabilidad, el monitoreo de la presión de las llantas y la cámara de reversa (Sekar et al. 2023). Durante una colisión, las bolsas de aire protegen a los pasajeros de golpearse con el interior del vehículo o con otros objetos. Por lo tanto, se debe poner especial atención en el proceso de manufactura de las bolsas de aire (Khandelwal & Manoov, 2017).

El módulo de las bolsas de aire se diseña para inflarse y después desinflarse rápidamente durante una colisión e incluye una bolsa de tela flexible, el sistema de inflado y el sensor de impacto. Hay cuatro tipos principales de bolsas de aire: frontales, laterales, de rodilla y de cortina trasera. Sin embargo, aun cuando las bolsas de aire se incluyen en un vehículo para proteger al pasajero, en muchas ocasiones también les causa lesiones (O'Donovan et al, 2020).

El nylon 6.6, el polyester y el kevlar son los materiales más utilizados para fabricar las bolsas de aire. Además, la tecnología involucrada en el proceso de manufactura de las bolsas de aire es compleja (Ali et al., 2020). En la primera etapa el material se corta en paneles circulares con una cortadora laser. Después, la bolsa se ensambla con dos piezas circulares de telas cosidas entre sí. Inmediatamente después, se realiza la inspección de calidad visual de las costuras. Finalmente, si la bolsa cumple con los criterios de calidad se dobla cuidadosamente de manera similar a como se hace con un paracaídas (Nayak et al., 2013).

La etapa en la que la bolsa de aire se cose es un proceso artesanal que realiza con mucho cuidado por operadores experimentados, de lo contrario, la bolsa no se inflara de manera adecuada. Además, se debe asegurar que las puntadas sigan un patrón definido. Por lo tanto, para realizar y verificar la producción de bolsas de aire, se diseñó y fabricó un prototipo robótico automatizado cuyas partes principales son la estación de carga y descarga, la máquina de coser, el robot colaborativo y el sistema de visión por computadora.

Diseño y Fabricación del Prototipo

En la Figura 1, se muestra el esquemático del prototipo robótico fabricado. Todos los elementos fueron agrupados en una estación de manufactura con el objetivo de trabajar en conjunto para el proceso final. El elemento principal es un brazo robótico colaborativo UR3e de “Universal Robots” (UR3e Collaborative Robot, 2023).

1 Alfredo Olivas Mendoza es alumno de la carrera de Ingeniería en Mecatrónica de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Además, es el director del área de Finanzas de Duroil Sistemas y Servicios. a182833@alumnos.uacj.mx

2 Dr. Luis Carlos Méndez González es profesor investigador del departamento de ingeniería industrial y manufactura en la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. luis.mendez@uacj.mx

3 Dr. Osslán Osiris Vergara Villegas es profesor investigador del departamento de ingeniería industrial y manufactura en la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. overgara@uacj.mx

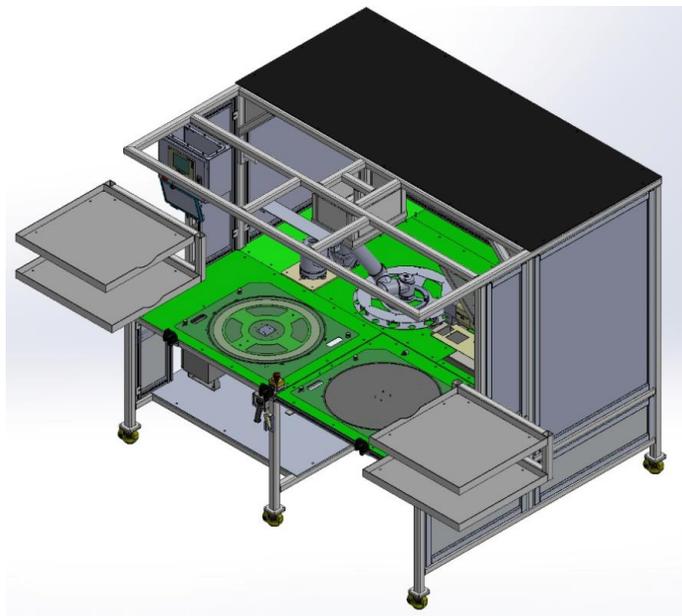


Figura 1. Esquemático del prototipo robótico.

El brazo del robot fue empotrado en una base y se compone de juntas y tubos. Después, contiene un hombro en cuyo extremo se conecta el instrumental que sujetará la bolsa de aire para colocarla en la estación de coser, y girarla durante el proceso de costura. Además, al final del brazo se colocó la cámara industrial para realizar el proceso de inspección.

Para manipular el brazo robótico se desarrolló una interfaz gráfica de usuario. El objetivo es que un operador le pueda “enseñar” al robot la trayectoria que se debe seguir al coser. El operador manipula con sus manos el robot y se detiene en puntos específicos los cuales son grabados en un script. Además, en la interfaz se pueden correr y crear nuevos programas para la manipulación del robot. Con la función PolyScope se apoya el posicionamiento del robot y se programan la serie de movimientos que el robot debe realizar cuando vaya a coser (Kanipu et al., 2020).

Cuando la bolsa es colocada en la estación de prueba se activa el proceso de producción. El robot toma la bolsa y la comienza a girar para seguir una trayectoria definida. La máquina de coser es controlada en su parámetro de velocidad y tipo de costura. Además, mientras se realiza la costura, el sistema de visión realiza el análisis de la puntada y ofrece un reporte final del proceso (Kosaka et al., 2022).

Las pruebas automatizadas, se realizaron con el objetivo de detectar fallas. Una falla se genera cuando el sistema no puede coser de manera correcta una bolsa de aire. en el caso que este no pueda coser de forma los equipos o productos, y de tal manera reemplazar la ejecución de pruebas manualmente. En este caso en específico, la realización de las pruebas a los equipos de coser, son colocados y conectados por el usuario, para que después el equipo, realice las pruebas necesarias, y de esta manera validar la secuencia que esta tiene. Gracias a las corridas de prueba, se logró validar el sistema y como consecuencia, se mejoró el desempeño. El beneficio directo se observa en que se genera menos desperdicio de material.

Descripción del Método

La base del prototipo robótico fue desarrollada mediante el software de diseño asistido por computadora (CAD) SolidWorks y programada con PLC's siemens. El objetivo de la máquina fue duplicar la producción de bolsas de aire que actualmente realiza el cliente. Para comenzar, se realizó una prueba manual, para entender completamente todo el proceso de producción. De tal forma se pudo desarrollar paso a paso el método para la manufactura total del producto.

El prototipo se desarrolló bajo la premisa de reducir el tiempo de ciclo manual. El objetivo es reducir los tiempos de despliegue, por lo que la automatización agiliza el tiempo en el que se fabrica el producto. Las empresas se enfocan en automatizar las actividades repetitivas que no demanden inteligencia humana, y así, poder dedicar un mayor tiempo a las pruebas críticas y a potenciar la calidad del producto final, dejando las actividades básicas a las pruebas automatizadas.

Después del análisis se hizo la propuesta y se diseñó el prototipo de la máquina de coser. El diseño del prototipo es completamente editable para cualquier modificación que se pudiera presentar. Los cambios se pueden realizar en los materiales, en las dimensiones y en la localización de cada uno de los equipos de prueba.

Una vez que se realizó el diseño del prototipo, se comenzó con la realización de la interfaz hombre-máquina con el fin de realizar el monitoreo de comunicación de la maquina con el usuario y sus componentes. Además, con la interfaz se pudo comprobar que se cumpliera con todas las funcionalidades. La interfaz se realizó mediante el software de programación TIA portal (Balla et al., 2023). TIA portal es un programa sencillo e intuitivo para crear sistemas hardware, y software de prueba, que permite integrar tanto la programación como el monitoreo de una máquina. En la Figura 2 se muestra la interfaz gráfica de usuario para el prototipo desarrollado.

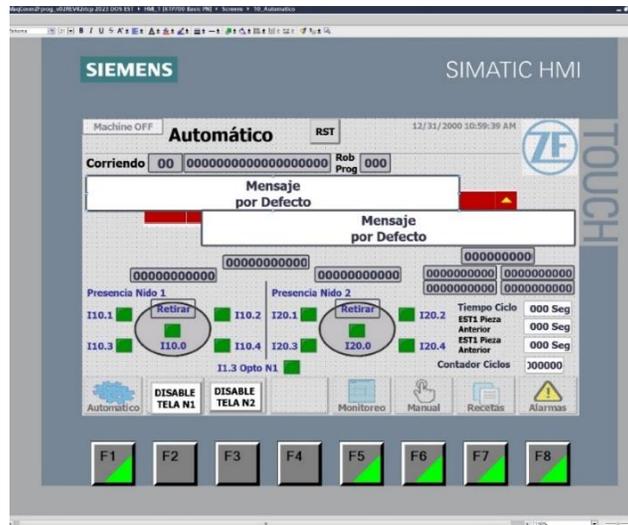


Figura 2. Interfaz gráfica de usuario para el prototipo robótico de costura.

Después de realizar la interfaz gráfica se comenzó con la construcción del prototipo. La construcción se realizó con la ayuda de planos en dos dimensiones obtenidos a partir del diseño en 3D. En la Figura 3 se muestra el prototipo construido, como se puede observar se tuvo mucho cuidado con el proceso de dimensionamiento.



Figura 3. Prototipo robótico para costura e inspección de bolsas de aire.

Después de la construcción del prototipo se procedió a la realización de pruebas de costura, esto como actividades finales y así verificar los errores que existían al momento de coser y a su vez realizar las modificaciones necesarias que se fueran requiriendo. En la Figura 4, se muestra un acercamiento de la máquina de coser y del proceso de sujeción de la bolsa de aire.



Figura 4. La máquina de coser y la sujeción de la bolsa de aire.

Resultados

El prototipo se desarrolló a lo largo de un año como parte de un desarrollo para la industria automotriz. Además, en la estación se utilizaron componentes de buena calidad, siempre teniendo en cuenta los costos. Es decir, se buscó un equilibrio entre costo y calidad. Los materiales, componentes y refacciones, son fáciles de encontrar en el mercado, por lo que la construcción del prototipo no requiere de materiales difíciles y puede ser replicado. El día de hoy, se espera la masificación para obtener mejores resultados y más venta del producto.

En conjunto el prototipo realizado ofrece la posibilidad de realizar pruebas de funcionamiento automatizadas, para así poder determinar si el robot de costura cose de la manera ideal y en el tiempo que está predefinido por el cliente. Las mediciones se pueden obtener gracias a la estructura de programación visual gráfica que se implementó por medio del software TIA Portal. El recorrido diseñado para robot es el encargado de realizar la costura en la bolsa de aire la cual es sometida a prueba, y de esta manera el robot toma el plato que contiene la bolsa de aire sujeta mediante electroimanes y lleva el plato hacia la máquina de coser y prosigue al trabajo de costura, después, es llevado a su punto de inicio para su inspección. Si la pieza es buena se acepta y si no es una pieza rechazada.

En la Figura 5 se muestra el ejemplo de una costura correcta y una incorrecta. La bolsa de la izquierda fue cosida correctamente. Mientras que, en la bolsa de la derecha se puede apreciar que tiene una doble costura por lo que la bolsa es rechazada.

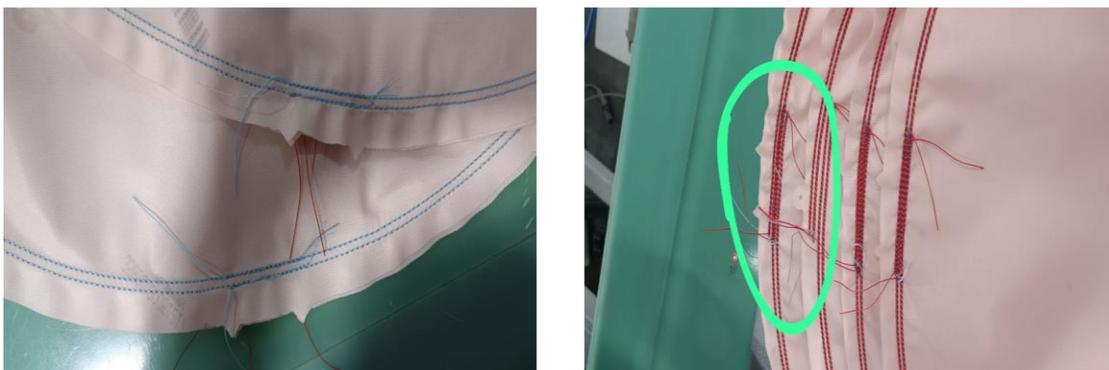


Figura 5. A la izquierda se observa una bolsa correcta, a la derecha una bolsa incorrecta.

El proceso de inspección de calidad se realiza al momento en el que se realiza el proceso de costura. Se realizó un conjunto de 100 pruebas para verificar la exactitud del proceso. El proceso de inspección se basa en la técnica de aprendizaje profundo (Deep Learning). Al final del proceso de pruebas se obtuvo una efectividad del 97.7% pudiendo realizar la inspección dentro del tiempo de ciclo establecido, el cual es menor al realizado con el proceso manual.

Conclusiones

El equipo automático de costura para bolsas de aire fue un desarrollo exitoso, debido a que se cumplió cabalmente con las expectativas del cliente. El proceso de fabricación, costura e inspección de la bolsa de aire se realiza de forma exitosa en tiempo real.

La realización del proyecto resultó un gran desafío. El proceso de aceptación del cliente fue muy demandante y con una calidad que debía ser excepcional y crítica. Afortunadamente, se pudieron realizar todas y cada una de las actividades en tiempo y forma, basadas en un cronograma de actividades. Dichas actividades se definieron desde el inicio del proceso de planificación del proyecto.

En un futuro, se buscará realizar cambios para poder hacer más eficiente la funcionalidad del equipo, y así poder tener un mayor rango de producción que acapare más tipos de bolsas de aire, así como la optimización del equipo mismo para su mejor aprovechamiento dentro de la maquiladora y que esta no ocupe demasiado espacio. Asimismo, no se debe olvidar el factor económico del equipo, y para ello, se continuará con la reducción de costos al buscar nuevos componentes que ayuden con las tareas que se requieran añadir, pero con un bajo costo y de buena calidad.

Referencias

- Ali, S., Abdalla, I., Elamin, M., Ahmed, H., Jiang, X. "Enhancing the Properties of Nylon 66 Fabric Coated with a Combination of PVA and SiO₂ Nanoparticles Composite for Vehicle Airbag Application," *Journal of Industrial Textiles*, vol. 51, no. 2, pp. 3330-3346, 2022.
- Alvarez, L. "COVID-19 Crisis and the Automotive Industry in Mexico: Public Policies and Firm Strategies," *International Journal of Automotive Technology and Management*, vol. 23, no. 1, pp. 42-59, 2023.
- Balla, M., Haffner, O., Kucera, E., Ciganek, J. "Educational Case Studies: Creating a Digital Twin of the Production Line in TIA Portal, Unity, and Game4Automation Framework," *Sensors*, vol. 23, no. 10, pp. 1-35, 2023.
- Bayer, S., Enderle, T., Kengo, D., Wolf, M. "Automotive Security Testing-The Digital Crash Test," *Proceedings of the 3rd CESA Automotive, Electronics Congress*, vol. 1, Paris, Francia, pp. 13-22, 2016.
- Kanipu, M., Materna, Z., Bambusek, D., Beran, V. "End-User Robot Programming Case Study: Augmented Reality vs. Teach Pendant," *Proceedings of the ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction*, New York, USA, pp. 281-283, 2020.
- Khandelwal, D., Manoov, R. "Airbag ECU Coupled Vehicle Accident SMS Alert System," *Proceedings of the 2017 International Conference on Inventive Computing and Informatics (ICICI)*, Coimbatore, India, pp. 82-87, 2017.
- Kosaka, N., Du, M., Okamiya, Y., Hirata, K., Tamura, M., Chida, Y., Tanemura, M., Yamazaki, K., Kataoka. "Control System Development for Automation of Curve Sewing Operations and Experimental Verification," *IFAC-PapersOnLine*, vol. 55, no. 27, pp. 31-36, 2022.
- Nayak, R., Padhye, R., Sinnappoo, K., Arnold, L., Behera, B. "Airbags," *Textile Progress*, vol. 45, no. 4, pp. 209-301, 2013.
- O'Donovan, S., Van Den, C., Baldock, M., Byard, R. "Injuries, Death and Vehicle Airbag Deployment," *Medicine, Science and the Law*, vol. 60, no. 2, pp. 147-149, 2020.
- Sekar, A., Azess, M., Al-Turjman, F. "A Comprehensive Survey on Security Issues in Vehicle-to-Grid Networks," *Journal of Control and Decision*, vol.10, no. 2, pp. 150-159, 2023.
- UR3e Collaborative Robot. <https://www.universal-robots.com/products/ur3-robot/>. Accessed: 01-08-2023.