

*Artículos científicos***Identificación de riesgos ergonómicos en la fabricación de arneses eléctricos:
aplicación método reba, rula, marley & kumar***Identification of ergonomic risks in the manufacture of electrical harnesses: application of the reba, rula, marley & kumar method***Cynthia Mildred Guillén Pérez**

Tecnológico Nacional de México / IT Ciudad Juárez

cynthiaguillen1994@gmail.com<https://orcid.org/0009-0007-8714-8823>**Jaime Sánchez Leal**

University of Texas, Collage of Engineering

jsanchezleal@gmail.com<https://orcid.org/0000-0002-6324-2379>**Ana Isela García Acosta**

Tecnológico Nacional de México / IT Ciudad Juárez

ana.ga@cdjuarez.tecnm.mx<https://orcid.org/0000-0003-4394-3941>**Resumen**

En la industria automotriz, el ensamble de arneses eléctricos genera una considerable carga física en los operadores debido a los movimientos repetitivos. Este estudio tuvo como objetivo evaluar los riesgos ergonómicos, diseñar e implementar una intervención tangible y medir su impacto en la salud y productividad. Para lograrlo, se evaluó el entorno de 12 operadores antes y después de la intervención, utilizando los métodos REBA, RULA, y Marley & Kumar. Los datos se analizaron con pruebas estadísticas como la de Wilcoxon, Friedman y t pareada en el software Minitab. Los resultados demostraron una reducción significativa del riesgo ergonómico, evidenciando una mejora en los niveles de riesgo y una mayor sensibilidad de los métodos de evaluación. Se constató además un impacto positivo en los tiempos de producción. En conclusión, la implementación de soluciones ergonómicas tangibles es una estrategia eficaz para la prevención de trastornos musculoesqueléticos, lo cual no solo mejora el bienestar de los trabajadores, sino que también contribuye a la eficiencia productiva de la industria.

Palabras clave: Riesgo ergonómico, Métodos de evaluación ergonómica, Intervención ergonómica, Trastornos musculoesqueléticos.

Abstract

In the automotive industry, the assembly of electrical harnesses places a considerable physical burden on operators due to repetitive movements. This study aimed to evaluate ergonomic risks, design and implement a tangible intervention, and measure its impact on health and productivity. To achieve this, the work environment of 12 operators was assessed both before and after the intervention, using the REBA, RULA, and Marley & Kumar methods. Data were analyzed using statistical tests such as Wilcoxon, Friedman, and paired t-tests in Minitab software. The results demonstrated a significant reduction in ergonomic risk, showing improved risk levels and greater sensitivity from the evaluation methods. A positive impact on production times was also found. In conclusion, implementing tangible ergonomic solutions is an effective strategy for preventing musculoskeletal disorders, as it not only improves worker well-being but also contributes to the industry's production efficiency.

Keywords: Ergonomic risk, Ergonomic assessment methods, Ergonomic intervention, Musculoskeletal disorders.

Introducción

La industria automotriz es clave para la economía de México, contribuyendo en promedio con el 3.5% del Producto Interno Bruto (PIB), según la Secretaría de Economía de México (2024). Pero detrás de este éxito hay un gran problema para la salud de los trabajadores: los trastornos musculoesqueléticos (TME). La Organización Mundial de la Salud (2022) reporta que los TME son la principal causa de discapacidad laboral a nivel global.

Los TME no solo limitan la movilidad y habilidades manuales, también incrementan el riesgo de desarrollar enfermedades crónicas degenerativas. Además, tienen un efecto cascada, resultando en retiro laboral prematuro, deterioro en la calidad de vida y participación limitada en la comunidad. (Clark et al., 2023, p. 158)

En tareas como el ensamble de arneses, los operadores hacen movimientos repetitivos y posturas forzadas que causan dolor y fatiga. Un estudio de Upadhyay et al. (2021) señala que casi el 58% de estos trabajadores tienen síntomas de TME en sus manos y brazos. Además, Rivera-Chiguanu et al. (2023) señalan que esto puede causar el síndrome del túnel carpiano.

Tradicionalmente, la ergonomía se divide en tres áreas fundamentales: física, cognitiva y organizacional (Kwan Chung et al., 2023). La ergonomía física se enfoca en las respuestas del cuerpo humano a las cargas físicas, estudiando las posturas de trabajo, el manejo de cargas y los movimientos repetitivos. Es aquí donde encontramos la base para entender los trastornos musculoesqueléticos (TME). Por su parte, la ergonomía cognitiva se centra en los procesos mentales, como la percepción y la toma de decisiones, mientras que la ergonomía organizacional se ocupa de la optimización de los sistemas sociotécnicos en temas como la comunicación y la gestión.

Para evaluar estos riesgos, se usan métodos como el Rapid Entire Body Assessment (REBA), desarrollado por Hignett y McAtamney (2000), evalúa el cuerpo completo, incluyendo tronco, cuello, piernas, brazos y muñecas, para identificar riesgos en posturas y movimientos. El Rapid Upper Limb

Assessment (RULA) creado por McAtamney y Corlett (1993), se enfoca en las extremidades superiores (brazos, antebrazos, muñecas y hombros), evaluando posturas, fuerza y repetición. Por último, está la metodología de Marley & Kumar.

Sin embargo, a veces estos métodos dan resultados distintos, algo que ya han notado otros investigadores como Sánchez y Díaz (2022) y Kongtawelert et al. (2022). Esta falta de un método único y claro hace que sea importante comparar estas herramientas para ver cuál se ajusta mejor a tareas tan específicas.

Para atender este problema, se hizo una evaluación en una línea de ensamble con doce operadores que ya reportaban molestias. La solución fue implementar mejoras ergonómicas, como fixtures móviles con palancas manuales, diseñadas para reducir el esfuerzo. La efectividad de estos cambios se midió con los tres métodos ergonómicos y se usó un análisis estadístico en el software Minitab, incluyendo pruebas de Wilcoxon, Friedman y t pareada para validar los resultados.

El objetivo de este estudio es claro: evaluar los riesgos ergonómicos antes y después de las mejoras, y comparar qué tan bien funciona cada método de evaluación. Nuestra idea principal es que las mejoras reducirán los niveles de riesgo, y que los tres métodos nos darán resultados significativamente diferentes, lo que nos ayudará a elegir la mejor herramienta para el futuro.

Metodología

Para esta investigación, nos enfocamos en una planta automotriz en Ciudad Juárez, Chihuahua, específicamente en una de sus líneas de ensamble de arneses eléctricos. Esta línea estaba compuesta por tres estaciones idénticas en sus procesos, herramientas y materiales, lo que nos permitió una comparación directa y válida para medir el impacto de nuestra intervención. La uniformidad de las estaciones garantizó que las condiciones para el estudio fueran las mismas, facilitando la evaluación controlada de los riesgos y la posterior comparación de los resultados. Las tareas en estas estaciones implican movimientos repetitivos, posturas prolongadas y la manipulación constante de componentes como sellos y candados, lo que genera riesgos ergonómicos significativos. Esto está en línea con la investigación de Krishnan et al. (2025), que valida que las tareas que exigen la aplicación de fuerza sostenida y destreza manual imponen una tensión significativa en la mano, lo que justifica la necesidad de una intervención.

Elegimos trabajar con 12 operadores, distribuidos de forma equitativa en las tres estaciones. Esta selección no fue aleatoria; nos enfocamos en aquellas estaciones donde los trabajadores reportaban con mayor frecuencia molestias en las manos, muñecas y espalda alta. Esta estrategia nos aseguró la relevancia de nuestro análisis y de las mejoras que propusimos.

Para identificar los riesgos, empleamos tres métodos de evaluación ergonómica ampliamente reconocidos. Usamos el Rapid Entire Body Assessment (REBA), que analiza el cuerpo completo, el Rapid Upper Limb Assessment (RULA), enfocado en las extremidades superiores y por último el modelo Marley & Kumar (1996) funciona como un cuestionario o un "mapa corporal" donde se

identifican las áreas de dolor o molestia en el cuerpo de una persona. Esta información, junto con el análisis de los movimientos y posturas que realiza el trabajador, ayuda a los especialistas a determinar qué articulaciones están soportando más carga y a proponer mejoras en la forma de trabajar para reducir el riesgo de lesiones.

Para la recolección de datos, se usó la observación directa, registrando posturas, movimientos y condiciones laborales. Un cronómetro digital con capacidad para almacenar hasta 30 tiempos nos ayudó a medir con precisión los tiempos de ciclo. Todos los datos recopilados fueron estandarizados utilizando una escala Likert de cinco niveles, lo que facilitó la comparación entre los diferentes métodos.

El estudio se dividió en dos etapas principales: la evaluación antes y la después de implementar las mejoras ergonómicas. El proceso completo duró 10 semanas en total. Durante las primeras cuatro semanas, observamos a los 12 operadores en sus tareas, aplicando los métodos REBA, RULA y Marley & Kumar, y registramos los primeros 30 tiempos de ciclo. Luego, pasamos a la fase de intervención, que duró dos semanas. En este periodo, diseñamos e implementamos mejoras directamente en las tres estaciones para garantizar que el cambio fuera uniforme.

La mejora consistió en nuevos escantillones móviles con una estructura de aluminio más robusta y duradera. El sistema incluía seguros más fuertes y un mecanismo de palanca con cabezal cilíndrico de accionamiento manual, que facilita la inserción de piezas sin requerir la fuerza excesiva de los dedos. También se integró un *poka-yoke* de aluminio para asegurar la alineación correcta de los componentes. La instalación se realizó en las semanas 5 y 6 del estudio, seguida de una capacitación de dos días para el uso correcto del nuevo sistema.

Después de una semana de adaptación para los operadores, se inició la segunda etapa del estudio, que duró otras cuatro semanas. En este periodo, repetimos el mismo proceso de evaluación y registramos otros 30 tiempos de ciclo. Todos los datos se organizaron y analizaron usando el software Minitab. Para el análisis estadístico, aplicamos la prueba de Wilcoxon para encontrar diferencias significativas en los puntajes de riesgo, la prueba de Friedman para comparar la sensibilidad de los tres métodos de evaluación, y una prueba t pareada para determinar si la mejora había tenido un impacto real en la productividad. Este enfoque nos permitió evaluar los efectos de la intervención a nivel de riesgo ergonómico, ofreciendo una visión completa del problema y sus soluciones.

Resultados

Antes de cualquier intervención, las condiciones en las estaciones de trabajo eran alarmantes. Los operadores se enfrentaban a una amenaza significativa para su salud, con posturas forzadas y movimientos constantes. Las evaluaciones de riesgo lo confirmaron: al aplicar los métodos REBA y RULA con el software Ergoniza, se obtuvo que el promedio en la escala REBA fue de 4 y RULA arrojó un 3. Por su parte, el método Marley & Kumar, el más crítico, alcanzó un 5. Los datos en las tablas 1, 2 y 3 detallan estos niveles de riesgo en cada puesto de trabajo, revelando que los números no eran solo estadísticas, sino una clara llamada de atención para tomar medidas inmediatas.

Tabla 1. Nivel de actuación, método REBA (antes de la intervención).

Puesto	Función	Posición	Puntuación	Actuación
Operador 1	Ensamble de conectores, sello y TPA	De pie	4	Es necesaria la actuación
Operador 2	Ensamble de conectores, sello y TPA	Sentada	2	Puede ser necesaria la actuación
Operador 12	Ensamble de conectores, sello y TPA	De pie	4	Es necesaria la actuación

Fuente: Adaptado de Ergoniza.

Tabla 2. Nivel de actuación, método RULA (antes de la intervención).

Puesto	Función	Posición	Puntuación	Actuación
Operador 1	Ensamble de conectores, sello y TPA	De pie	3	Pueden requerirse cambios en la tarea; es conveniente profundizar en el estudio
Operador 2	Ensamble de conectores, sello y TPA	Sentada	4	Pueden requerirse cambios en la tarea; es conveniente profundizar en el estudio
Operador 12	Ensamble de conectores, sello y TPA	De pie	3	Pueden requerirse cambios en la tarea; es conveniente profundizar en el estudio

Fuente: Adaptado de Ergoniza.

Tabla 3. Resultados del método Marley y Kumar (antes de la intervención).

Puesto	Estación	Zonas afectadas	Escala de color	Actuación
Operador 1	Ensamble	Mano izquierda y derecha	Rojo	Muy probable que busque tratamiento
Operador 2	Ensamble	Mano izquierda y derecha, y espalda alta	Rojo	Muy probable que busque tratamiento
Operador 12	Ensamble	Mano izquierda y derecha	Amarillo	Algo probable que busque tratamiento

Fuente: Adaptado de Ergoniza.

Tras la implementación de los escantillones con sistema de palanca, el panorama cambió por completo. Los mismos métodos de evaluación reflejaron una mejora significativa, tal como lo muestran las tablas 4, 5 y 6. Los puntajes de REBA cayeron a 1 o 2, mientras que RULA bajó a 2 o incluso a 1. El cambio más notable se vio con Marley & Kumar, donde el riesgo pasó del color rojo al verde, indicando que la probabilidad de lesión se había reducido considerablemente.

Tabla 4. Nivel de actuación, método REBA (después de la intervención).

Puesto	Función	Puntuación	Nivel	Actuación
Operador 1	Ensamble de conectores, sello y TPA	1	0	No es necesaria la actuación
Operador 2	Ensamble de conectores, sello y TPA	2	1	Puede ser necesaria la actuación
Operador 12	Ensamble de conectores, sello y TPA	1	1	No es necesaria la actuación

Fuente: Adaptado de Ergoniza.

Tabla 5. Nivel de actuación, método RULA (después de la intervención).

Puesto	Función	Puntuación	Nivel	Actuación
Operador 1	Ensamble de conectores, sello y TPA	2	1	Riesgo aceptable
Operador 2	Ensamble de conectores, sello y TPA	2	1	Riesgo aceptable

Operador 12	Ensamble de conectores, sello y TPA	2	1	Riesgo aceptable
-------------	-------------------------------------	---	---	------------------

Fuente: Adaptado de Ergoniza.

Tabla 6. Resultados del método Marley y Kumar (después de la intervención).

Puesto	Estación	Zonas afectadas	Escala de color	
Operador 1	Ensamble	Mano izquierda y derecha	Verde	No es probable que se requiera tratamiento
Operador 2	Ensamble	Mano izquierda y derecha, y espalda alta	Verde	No es probable que se requiera tratamiento
Operador 12	Ensamble	Mano izquierda y derecha	Verde	No es probable que se requiera tratamiento

Fuente: Adaptado de Ergoniza.

Para validar estos resultados, los puntajes se estandarizaron a una escala Likert para una comparación objetiva. Las pruebas estadísticas confirmaron reducciones estadísticamente significativas en los tres métodos (ver Tablas 7, 8, 9 y 10). Además, la prueba de Friedman demostró que los métodos no son intercambiables, ya que cada uno aportó una visión distinta del problema (ver Tablas 11, 12 y 13). En este sentido, Marley & Kumar resultó ser el más sensible, al detectar con mayor precisión los riesgos localizados en las articulaciones de la mano, lo cual es crucial para este tipo de tarea.

Tabla 7. Comparación de puntajes en la escala de Likert antes y después de la intervención (Marley y Kumar).

Puesto	Escala Likert (antes)	Escala de color (antes)	Escala de color (después)	Escala Likert (después)
Operador 1	5	Rojo	Verde	1
Operador 2	5	Rojo	Verde	1
Operador 12	3	Amarillo	Verde	1

Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos en la investigación, analizados con el software Minitab.

Tabla 8. Comparación de puntajes en la escala de Likert antes y después de la intervención (REBA).

Puesto	Puntaje (antes)	Escala Likert (antes)	Puntaje (después)	Escala Likert (después)
Operador 1	4	2	1	1
Operador 2	2	1	2	1
.	.	.	.	.
Operador 12	4	2	1	1

Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos en la investigación, analizados con el software Minitab.

Tabla 9. Comparación de puntajes en la escala de Likert antes y después de la intervención (RULA).

Puesto	Puntaje (antes)	Escala Likert (antes)	Puntaje (después)	Escala Likert (después)
Operador 1	3	2	2	1
Operador 2	4	2	2	1
.	.	.	.	.
Operador 12	3	2	2	1

Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos en la investigación, analizados con el software Minitab.

Tabla 10. Resumen de resultados en prueba de Wilcoxon.

Método	N	Estadístico Wilcoxon	Valor <i>p</i>	Mediana estimada
RULA	12	78.0	0.001	1.000
MK	12	78.0	0.001	4.000
REBA	12	55.0	0.003	1.000

Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos en la investigación, analizados con el software Minitab.

Asimismo, se aplicó la prueba de Friedman para comparar la sensibilidad de los tres métodos. En la etapa previa a la intervención, Marley & Kumar mostró la mediana más alta (5.0), seguido de REBA (4.0) y RULA (3.0), lo cual sugiere que este método detecta con mayor precisión riesgos localizados. Tras la intervención, las medianas descendieron en todos los casos, especialmente en Marley & Kumar, que pasó a 1.0, mientras que REBA y RULA bajaron a 1.0 y 2.0, respectivamente.

Tabla 11. Resultados de la prueba de Friedman (antes).

Método	Mediana (antes)	Suma de rangos (antes)
RULA	3.000	15.0
MK	5.000	33.0
REBA	4.000	24.0

Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos en la investigación, analizados con el software Minitab.

Tabla 12. Resultados de la prueba de Friedman (después).

Método	Mediana (después)	Suma de rangos (después)
RULA	2.000	35.5
MK	1.000	17.7
REBA	1.000	19.0

Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos en la investigación, analizados con el software Minitab.

Tabla 13. Resumen y comparación entre los resultados.

Estadística	Antes	Después
S (estadística)	13.50	16.63
p-value	0.001	0.000
Mediana MK	5.0	1.0
Mediana REBA	4.0	1.0
Mediana RULA	3.0	2.0
Rango MK	33.0	17.5
Rango REBA	24.0	19.0
Rango RULA	15.0	35.5

Fuente: Elaboración propia.

Para evaluar el impacto de la intervención en los tiempos de ciclo, se realizó una prueba t pareada comparando los tiempos antes y después. Los resultados fueron contundentes: el tiempo promedio de ciclo bajó de 50.5 segundos a tan solo 22.233 segundos. El análisis estadístico respaldó por completo este hallazgo. Con un valor t de -32.42 y un valor p de 0.000, la prueba demostró que esta reducción masiva no se debió a la casualidad, sino que fue un resultado directo de las intervenciones implementadas, cuya evidencia detallada se encuentra en la siguiente tabla.

Tabla 14. Prueba de T pareada

Grupo	N	Media	Desviación Estándar	Error Estándar de la Media
Tiempo Antes	30	50.500	3.093	0.565
Tiempo Después	30	22.233	3.812	0.696
Diferencia (Después - Antes)	30	28.267	4.785	0.874

Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos en la investigación, analizados con el software Minitab.

Discusión

Los hallazgos de este estudio demuestran de forma contundente lo que la literatura científica ha afirmado por años. La drástica reducción en los niveles de riesgo que se documentó con los tres

métodos es una prueba irrefutable de la estrecha conexión entre las posturas forzadas, los movimientos repetitivos y el desarrollo de trastornos musculoesqueléticos (TME). Este descubrimiento no hace más que corroborar la larga historia de investigaciones, desde los trabajos de Silverstein et al. (1986) hasta los más recientes de Hassan et al. (2022), y subraya un hecho innegable: las tareas que exigen un uso intensivo de manos y dedos son un foco de peligro real en la industria automotriz.

Una lección clave que se desprende de este trabajo fue la importancia de elegir la herramienta adecuada para cada tarea. Mientras que el modelo de Marley & Kumar demostró ser más eficaz para detectar los problemas específicos de las articulaciones de la mano, los métodos REBA y RULA proporcionaron una visión más completa de las posturas generales del cuerpo. Los resultados de la prueba de Friedman no dejaron lugar a dudas: cada método es único y aporta una capa de información distinta. Esto subraya el hecho de que, para obtener un diagnóstico completo de los riesgos, es fundamental no depender de un solo enfoque, sino integrar varias herramientas, como lo defiende Kee (2022).

Las intervenciones ergonómicas implementadas, con su impacto en los tiempos de ciclo, demuestran que estas acciones no solo protegen a los trabajadores, sino que también mejoran el desempeño de las tareas. Esta sinergia entre el bienestar y el desempeño operativo, que coincide con lo planteado por Ortega-Encinas et al. (2025), convierte a la ergonomía en un elemento estratégico para la gestión de la producción. Si bien es cierto que el estudio se centró en un grupo pequeño de 12 operadores, lo cual limita la generalización de los resultados, la validez del análisis estadístico es sólida y respalda la fiabilidad de los hallazgos en este contexto específico. Este trabajo, lejos de ser el final del camino, es una validación de que esta intervención simple y de bajo costo funciona y es un llamado a la acción para que futuras investigaciones, con muestras más amplias y en diferentes entornos de manufactura, corroboren la replicabilidad de estas mejoras.

Conclusiones

Esta investigación demuestra de forma contundente que la implementación de mejoras ergonómicas en una línea de ensamble de arneses automotrices no solo reduce significativamente los riesgos para la salud de los operadores, sino que también tiene un impacto directo en la mejora del desempeño del proceso. Al aplicar los métodos REBA, RULA y Marley & Kumar, se obtuvo evidencia sólida que confirma la eficacia de los nuevos escantillones con sistema de palanca, que fueron diseñados para disminuir la carga física sobre las manos y los dedos, mitigando los principales factores de riesgo.

La hipótesis inicial del estudio se confirmó con los datos: antes de la intervención, los operadores enfrentaban riesgos de nivel medio a alto, con puntajes promedio de 4.0 (REBA), 3.0 (RULA) y 5.0 (Marley & Kumar), lo que indicaba la urgencia de actuar. Tras la intervención y con el uso de los nuevos escantillones, estos puntajes disminuyeron de forma significativa a 1.0 (REBA), 2.0 (RULA) y 1.0 (Marley & Kumar). Esta reducción tan drástica refleja que se logró un entorno de trabajo con riesgos bajos o prácticamente inexistentes. Las pruebas estadísticas que realizamos corroboraron que

esta reducción no fue casualidad, sino un resultado directo y significativo de la implementación de las mejoras.

El estudio también validó la hipótesis de que las mejoras disminuirían los tiempos de ciclo. La prueba t pareada mostró una reducción significativa en los tiempos de producción entre la fase inicial y la fase con mejoras. Esto prueba que el diseño optimizado de los nuevos escantillones agilizó el ensamble de las unidades, demostrando así que las mejoras ergonómicas no solo protegen la salud de los operadores, sino que también optimizan la eficiencia del proceso y, con ello, la productividad de la empresa.

Además, la prueba de Friedman confirmó un hallazgo importante: que los métodos de evaluación mostraron diferencias en su capacidad para detectar riesgos. El método Marley & Kumar resultó ser el más sensible, al detectar riesgos altos (puntaje inicial de 5.0) y ser particularmente útil para tareas que implican el uso de manos y dedos. Por el contrario, REBA fue más efectivo para evaluar el cuerpo completo y RULA se centró en manos y brazos con menos detalle. Este hallazgo subraya que cada método tiene su utilidad y que la selección debe basarse en el tipo de tarea y el nivel de detalle requerido.

En resumen, este estudio cumplió todos sus objetivos al identificar los riesgos, proponer e implementar mejoras, y medir su impacto. Los nuevos escantillones no solo lograron su propósito principal de reducir los riesgos para los operadores, sino que también mejoraron los tiempos de ciclo, logrando así un proceso más seguro y eficiente, sentando un precedente para futuras intervenciones ergonómicas en la industria.

Futuras líneas de investigación

Si bien este estudio aportó evidencia sólida sobre la efectividad de las intervenciones ergonómicas y demostró la utilidad de los métodos REBA, RULA y Marley & Kumar, este trabajo abre la puerta a nuevas preguntas y caminos para explorar.

Para empezar, se considera fundamental replicar el estudio en otras líneas de producción y con un número mayor de operadores, además de analizar distintos procesos. Este paso no solo fortalecería la validez externa de los hallazgos, sino que también permitiría generalizar los resultados y robustecer las estrategias de prevención de TME en el sector automotriz.

Adicionalmente, sería valioso analizar la sostenibilidad de las mejoras a largo plazo, observando la posible aparición de fatiga acumulada o la forma en que los trabajadores se adaptan a las nuevas condiciones.

Otra línea interesante de investigación consiste en la incorporación de tecnologías emergentes, como los sensores de movimiento, la electromiografía o las herramientas de visión artificial, podría complementar los métodos tradicionales de evaluación. Esto ofrecería un análisis aún más preciso y dinámico de la carga biomecánica en procesos de alta repetitividad, como el ensamble de arneses.

Agradecimientos

A los Doctores Ana Isela García, Rosa María Reyes, Jovany Rodríguez, Jaime Sánchez Leal y Germán Quiroz, les extiendo mi más profundo agradecimiento. Su guía experta, sus consejos valiosos y sus enseñanzas fueron una pieza clave durante todo mi proceso en el instituto.

Referencias

- Clark, Patricia, Contreras, Daniela, Ríos-Blancas, María J., Steinmetz, Jaimie D., Ong, Liane, Culbreth, Garland T., Lenox, Hailey, Mendoza, Carlos F., & Razo, Christian. (2023). Análisis de la discapacidad por trastornos musculoesqueléticos en México de 1990 a 2021. *Gaceta médica de México*, 159(6), 517-526. Epub 26 de marzo de 2024. <https://doi.org/10.24875/gmm.23000394>
- Hassan, A., Beumer, A., Kuijer, P. P. F. M., & van der Molen, H. F. (2022). Relación laboral del síndrome del túnel carpiano: Revisión sistemática que incluye metanálisis y GRADE. *Health Science Reports*, 5(1), e888. <https://doi.org/10.1002/hsr2.888>
- Hignett, S., & McAtamney, L. (2000). Rapid Entire Body Assessment (REBA). *Applied Ergonomics*, 31(2), 201–205. [https://doi.org/10.1016/S0003-6870\(99\)00039-3](https://doi.org/10.1016/S0003-6870(99)00039-3)
- Kee, D. (2022). Systematic Comparison of OWAS, RULA, and REBA Based on a Literature Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(1), 595. <https://doi.org/10.3390/ijerph19010595>
- Kongtawelert, A., Buchholz, B., Sujitrarath, D., Laohaudomchok, W., Kongtip, P., & Woskie, S. (2022). Prevalence and factors associated with musculoskeletal disorders among Thai burley tobacco farmers. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(11), 6779. <https://doi.org/10.3390/ijerph19116779>
- Krishnan, A., Yang, X., Seth, U., et al. (2025). Evaluación de riesgos ergonómicos basada en datos de procesos de fabricación complejos y manuales. *Communications Engineering*, 4, 45. <https://doi.org/10.1038/s44172-025-00382-w>
- Kwan Chung, C. K., Moreno Mareco, J. A., Díaz Vega, M. R., Alegre Brítez, M. Ángel, & González Caballero, J. A. (2023). Revisión bibliográfica de los tipos de Ergonomía estudiadas en las publicaciones científicas localizadas en la Web of Science, 2019-2022. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(2), 3088–3111. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i2.5556
- Marley, R.J., & Kumar, N. (1996). An improved musculoskeletal discomfort assessment tool. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 17, 21-27.
- McAtamney, L., & Corlett, E. N. (1993). RULA: A survey method for the investigation of work-related upper limb disorders. *Applied Ergonomics*, 24(2), 91–99. [https://doi.org/10.1016/0003-6870\(93\)90080-S](https://doi.org/10.1016/0003-6870(93)90080-S)
- Organización Mundial de la Salud. (2022). Musculoskeletal health. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/musculoskeletal-conditions>
- Ortega Encinas, L. U., López Bojórquez, J. S., Sortillón-González, P. E., Gamiño Acevedo, D. T., y Leyva Fortanelli, A. (2025). Título del artículo. *Revista Investigación Académica Sin Frontera*, 1(4). Recuperado de

<https://revistainvestigacionacademicasinfrontera.unison.mx/index.php/RDIASF/article/view/741>

- Rivera-Chiguano, C. P., Rivera-Casillas, L. F., & Jiménez, J. (2023). Impacto de la Ergonomía en la Prevención del Síndrome del Túnel Carpiano en trabajadores del Centro Clínico Quirúrgico Ambulatorio Hospital del Día Sangolquí. *Yachasun: Revista de Divulgación Científica*, 2(4), 133-145. Recuperado de <https://editorialibkn.com/index.php/Yachasun/article/view/682>
- Sánchez, M. A. & Díaz, J. D. (2022). Análisis de herramientas empleadas para la evaluación de riesgos ergonómicos posturales en puestos de trabajo. *Revista Cubana de Administración Pública y Empresarial*, 4(2), 80-95. Recuperado de <https://apye.esceg.cu/index.php/apye/article/view/327>
- Secretaría de Economía de México. (2024). Reporte de la industria automotriz 2024. <https://www.economia.gob.mx/>
- Silverstein, B. A., Fine, L. J., & Armstrong, T. J. (1986). Hand-wrist cumulative trauma disorders in industry. *The American Journal of Industrial Medicine*, 11(3), 343–352.
- Upadhyay, R., Kumar, A., & Mandal, B. B. (2021). Reducing musculoskeletal disorders in iron ore mine operators: A fuzzy-based intervention approach. *Journal of Industrial Ergonomics*, 87, 103245. <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2021.103245>