



**Análisis bibliográfico de las exigencias ergonómicas del puesto de inspección
vehicular y su potencial impacto en la salud musculoesquelética de los operarios de Centros
de Diagnostico Automotor.**

Autor:

Angie Stephanie Cadavid Salazar

Jeinner Giosephy Rivera Vergara

Barranquilla – Atlántico

2026



**Análisis bibliográfico de las exigencias ergonómicas del puesto de inspección
vehicular y su potencial impacto en la salud musculoesquelética de los operarios de Centros
de Diagnostico Automotor.**

Autor:

Angie Stephanie Cadavid Salazar

Jeinner Giosephy Rivera Vergara

Trabajo de grado como requisito para la obtención del título:

Especialista en Seguridad y Salud en el Trabajo

Director:

Pedro Jessid Pacheco Torres

Ingeniero Industrial

Seguridad y Salud en el Trabajo

Barranquilla – Atlántico

2026

INDICE

Listado de tablas	6
Listado de Ilustraciones	7
Lista de Fotografías	8
Dedicatorias	9
Resumen	11
Introducción	13
Planteamiento del problema	14
Justificación	16
Objetivo General	17
Objetivos Específicos	18
Marco teórico	18
Criterio de selección metodológica	22
Antecedentes de investigación	22
Antecedentes internacionales sobre ergonomía en el sector automotriz	23
Antecedentes latinoamericanos: estudios en inspección mecánica e industrial	24
Antecedentes colombianos: estudios en CDA y actividades técnicas	24
Estudios sobre métodos de evaluación ergonómica aplicados a puestos similares	25
Antecedentes sobre salud musculoesquelética en operarios técnicos	26

Vacíos identificados en la literatura	27
Marco Conceptual	27
Marco Legal	29
Metodología	29
Tipo y enfoque de estudio	29
Criterios de selección de fuentes	30
Procedimiento de análisis	31
Limitaciones metodológicas	32
Desarrollo analítico	33
Tareas de inspección vehicular y exigencias biomecánicas	33
Análisis crítico de antecedentes relevantes	34
Comparación de métodos de evaluación ergonómica	36
Análisis de factores organizacionales y psicosociales	37
Tecnologías emergentes	37
Análisis ergonómico aplicado al puesto de trabajo en la línea de inspección de un CDA	38
Análisis de las demandas del puesto según tareas	39
Inspección inferior del vehículo	39
Inspección superior y frontal del vehículo	40
Manipulación de herramientas y equipos	41
Bipedestación prolongada	41

Análisis ergonómico mediante métodos observacionales	42
Método RULA	42
Método REBA	43
Método OWAS	44
Interpretación para CDA	45
Relación entre las exigencias físicas del puesto y la salud musculoesquelética	45
Factores ambientales y organizacionales	46
Ritmo de trabajo	46
Espacios reducidos	47
Iluminación	47
Temperatura	47
Recomendaciones ergonómicas	47
Discusión general	49
Propuesta de intervención ergonómica	53
Plan básico de implementación	54
Indicadores de seguimiento	55
Conclusiones	56
Referencias	57

Listado de tablas

Tabla 1. Matriz de selección y pertinencia de fuentes bibliográficas	32
Tabla 2. Relación entre tareas de inspección vehicular, exigencias biomecánicas y segmentos corporales comprometidos	34
Tabla 3. Métodos ergonómicos analizados y pertinencia para tareas de inspección vehicular	37
Tabla 4. Recomendaciones	49
Tabla 5. Propuesta de intervención ergonómica para el puesto de inspección vehicular	54
Tabla 6. Indicadores de seguimiento para la gestión ergonómica en el CDA	56

Listado de Ilustraciones

Ilustración 1. Comparación de métodos ergonómicos	22
Ilustración 2. Marco Conceptual	29
Ilustración 3. Marco Legal	30
Ilustración 4. Síntesis crítica de antecedentes relevantes para el contexto del CDA	36
Ilustración 5. RULA	44
Ilustración 6. REBA	45
Ilustración 7. OWAS	46

Lista de Fotografías

Fotografía 1. Flexión del tronco	2
Fotografía 2. Inclinação cervical	2
Fotografía 3. Estar de pie	2
Fotografía 4. Movimientos de muñecas, manos y una exposición acumulativa de trabajo	2

Dedicatorias

Angie Stephanie Cadavid Salazar

En primer lugar, agradezco a Dios por brindarme la fortaleza, sabiduría y la perseverancia, necesarias para culminar esta importante etapa en mi vida, por guiarme y siempre bendecir mi camino.

Dedico este gran logro de manera especial a mi madre Omara Salazar, quien nunca ha soltado mi mano y ha sido un apoyo incondicional en cada momento de mi vida; gracias por tu amor, tus consejos, tus sacrificios y por creer siempre en mí, incluso en los momentos más difíciles.

A mis hijos, Sarah y Angel, quienes son mi mayor inspiración y el motor que me impulsa cada uno de mis esfuerzos. Este logro también es para ustedes, porque han sido la razón que me motiva a seguir adelante, a crecer y a luchar por un mejor futuro.

Así mismo, dedico un agradecimiento especial a mis familiares y amigos, quienes, con su compañía, palabras de aliento y apoyo constante, contribuyeron de una u otra manera a que este sueño se hiciera realidad.

Finalmente, expreso mi gratitud a los profesores de la universidad, quienes compartieron sus conocimientos, orientación y experiencia a lo largo de este proceso académico, dejando valiosas enseñanzas que contribuirán a mi desarrollo profesional y personal.

Jeinner Giosephy Rivera Vergara

A Dios por iluminar mi camino, por darme la fortaleza que necesité para superar cada desafío y permitirme alcanzar esta meta que hoy se convierte en una realidad.

A mis padres Luis Rivera y Luisa Vergara, por enseñarme con su ejemplo el valor del esfuerzo, la responsabilidad y la perseverancia, cada sacrificio realizado por ustedes ha sido una motivación para seguir adelante y dar lo mejor de mí, son mi mayor inspiración y el motor que impulsa cada uno de mis sueños. Este logro también les pertenece, porque sin su apoyo constante no habría sido posible llegar hasta aquí.

A mi compañera de vida Angelica Ramírez quien me brindó palabras de aliento, comprensión y amor cuando más lo necesité, has estado a mi lado en cada momento de este proceso, tú confianza en mis capacidades y tu compañía incondicional fueron una fuente permanente de motivación para no rendirme y continuar avanzando hacia esta meta. Este logro también es tuyo, porque has sido parte fundamental de cada esfuerzo y sacrificio que hicieron posible la culminación de esta especialización

A mis docentes y compañeros, quienes contribuyeron con sus conocimientos, experiencias y enseñanzas al fortalecimiento de mi crecimiento personal y profesional.

Con profundo agradecimiento y emoción, dedico este trabajo como el reflejo de un camino recorrido con esfuerzo, aprendizaje y la satisfacción de haber cumplido una meta más en mi vida.

Finalmente, dedico este trabajo a todas las personas que sueñan con crecer profesional y personalmente. Que este logro sea un recordatorio de que la constancia, la disciplina y la fe permiten alcanzar las metas más importantes.

Resumen

La ergonomía se entiende como una disciplina orientada a adaptar las condiciones de trabajo a las capacidades y limitaciones humanas, con el propósito de mejorar el bienestar del trabajador y el desempeño del sistema (Pheasant & Haslegrave, 2006; International Ergonomics Association, s. f.). Cuando hablamos de los Centros de Diagnóstico Automotor (CDA), uno de los puestos de trabajo con más afectación posturas forzadas, movimientos repetitivos, bipedestación prolongada y manipulación de herramientas, es el puesto de inspección vehicular; condiciones que la literatura relaciona con trastornos musculoesqueléticos de origen laboral (da Costa & Vieira, 2010; Punnett & Wegman, 2004). El presente documento una revisión bibliográfica crítica sobre las demandas ergonómicas asociadas al puesto de inspección vehicular y su posible influencia en la salud musculoesquelética de los operarios, incluyendo evidencia científica, estudios de sectores automotriz y normatividad colombiana.

Se analizaron más de 40 estudios realizados desde 1977, entre artículos científicos, revistas y normas, el trabajo priorizó estudios sobre métodos como RULA, REBA, OWAS, QEC y NIOSH, incluyendo investigaciones recientes sobre manufactura y rediseño de tareas (McAtamney & Corlett, 1993; Hignett & McAtamney, 2000; Waters et al., 1993; Cuautle-Gutiérrez et al., 2019; González-Alonso et al., 2024). El análisis realizado permitió identificar que los TME causados en este puesto de trabajo están directamente relacionados con la rotación del tronco, inclinación cervical, elevación de miembros superiores, agarres sostenidos y uso repetitivo de herramientas. Las intervenciones integran evaluación postural, rediseño del puesto, capacitación, pausas activas y seguimiento desde el SG-SST, proporcionando recomendaciones adecuadas de la postura ideal para el puesto de trabajo (Macdonald & Oakman, 2022; Arkouli et al., 2024).

Palabras claves:

Ergonomía, trastornos musculoesqueléticos, análisis postural, REBA, RULA, riesgos biomecánicos.

Abstract

Ergonomics is understood as a discipline aimed at adapting working conditions to human capabilities and limitations, with the purpose of improving worker well-being and system performance (Pheasant & Haslegrave, 2006; International Ergonomics Association, s. f.). When we talk about Automotive Diagnostic Centers (CDA), one of the jobs most affected by forced postures, repetitive movements, prolonged standing and handling of tools, is the vehicle inspection position; conditions that the literature relates to musculoskeletal disorders of work origin (da Costa & Vieira, 2010; Punnett & Wegman, 2004). This document provides a critical bibliographic review of the ergonomic demands associated with the vehicle inspection station and its possible influence on the musculoskeletal health of operators, including scientific evidence, studies of the automotive sectors and Colombian regulations.

More than 40 studies conducted since 1977 were analyzed, including scientific articles, journals, and standards. The work prioritized studies on methods such as RULA, REBA, OWAS, QEC, and NIOSH, including recent research on manufacturing and task redesign (McAtamney & Corlett, 1993; Hignett & McAtamney, 2000; Waters et al., 1993; Cuautle-Gutiérrez et al., 2019; González-Alonso et al., 2024). The analysis identified that musculoskeletal disorders (MSDs) caused by this workstation are directly related to trunk rotation, cervical tilt, upper limb elevation, sustained gripping, and repetitive tool use. The interventions integrate postural assessment, job redesign, training, active breaks and follow-up from the SG-SST, providing

appropriate recommendations for the ideal posture for the job (Macdonald & Oakman, 2022; Arkouli et al., 2024).

Keywords: Ergonomics, musculoskeletal disorders, postural analysis, REBA, RULA, biomechanical risks.

Introducción

La ergonomía ha avanzado considerablemente durante las últimas décadas y se ha consolidado como un componente esencial de la seguridad y salud en el trabajo. Su objetivo central consiste en adecuar las condiciones laborales a las habilidades y limitaciones de los trabajadores, minimizando la probabilidad de lesiones, fatiga y trastornos musculoesqueléticos (Pheasant & Haslegrave, 2006; International Ergonomics Association, s. f.). Los TME se encuentran entre los principales desafíos de la salud laboral contemporánea, debido a su relación con posturas forzadas, repetición, fuerza, duración de la exposición y organización del trabajo (da Costa & Vieira, 2010; Punnett & Wegman, 2004; Macdonald & Oakman, 2022).

En Colombia, los riesgos biomecánicos deben gestionarse dentro del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo, mediante identificación de peligros, valoración de riesgos, intervención y seguimiento (Ministerio del Trabajo, 2015, 2019). En los Centros de Diagnóstico Automotor (CDA), los operarios que realizan inspecciones vehiculares deben adoptar posturas inclinadas, movimientos repetitivos y esfuerzos físicos que, en el tiempo, pueden comprometer su salud musculoesquelética. La literatura del sector automotor y manufacturero permite analizar estas tareas por analogía, especialmente cuando existen inspecciones, manipulación de herramientas, control de calidad y posturas sostenidas (Cuautle-Gutiérrez et al., 2019; González-Alonso et al., 2024).

Los operarios de los CDA que desarrollan tareas para la seguridad vial, bajo la normatividad que rige las condiciones técnicas, contribuyen a que la prevención del riesgo biomecánico se fortalezca en el SG-SST (Ministerio de Transporte, 2022; Ministerio del Trabajo, 2015). La presente monografía tiene como objetivo examinar, a través de una revisión bibliográfica crítica, cómo las exigencias del puesto de inspección vehicular pueden influir en la salud musculoesquelética de los operarios y de qué manera la evidencia científica puede orientar mejoras estructurales, procedimentales y organizacionales.

El análisis se centra en la evidencia científica disponible y propone una ruta técnica de intervención ergonómica que sirva de guía para futuras evaluaciones, priorización de riesgos y fortalecimiento de la gestión preventiva en el marco del SG-SST.

Planteamiento del problema

La ergonomía como campo para cambiar el entorno laboral y adaptarlo a la capacidad humana es importante para prevenir trastornos musculoesqueléticos (TME) en actividades que implican posturas forzadas, movimientos repetitivos, manejo de cargas y largas jornadas laborales (Pheasant & Haslegrave, 2006; da Costa & Vieira, 2010). Los Centros de Diagnóstico Automotor (CDA) en Colombia son un campo relevante para la seguridad vial: una tarea de inspección de vehículos implica flexión del tronco, rotación, agacharse, empujar, tirar y manejo de herramientas (Ministerio de Transporte, 2022).

Los operadores de CDA pueden enfrentar inspecciones repetidas y condiciones que son necesarias para la evaluación ergonómica, como posturas estáticas, manejo manual y movimientos repetitivos. Las normas técnicas como la ISO 11226:2000 para posturas estáticas y

la ISO 11228-1:2021 para manejo manual de cargas son relevantes y pueden aplicarse para el análisis de estos requisitos basados en criterios técnicos (ISO, 2000; ISO, 2021).

Cuando la exposición biomecánica, la fuerza, la duración y los factores organizacionales se combinan, los TME pueden afectar las áreas lumbar, cervical y de las extremidades superiores (Punnett & Wegman, 2004; Macdonald & Oakman, 2022). Esto es particularmente cierto para las inspecciones de vehículos, donde el diseño ergonómico del puesto de trabajo puede no estar alineado con los requisitos ergonómicos y se pueden generar cargas estáticas y dinámicas (Cuautle-Gutiérrez et al., 2019).

En los Centros de Diagnóstico Automotor, los operadores deben aplicar posturas inclinadas para revisar partes inferiores, posiciones agachadas o semiflexionadas para examinar el chasis, levantar las extremidades superiores para inspeccionar luces y realizar la misma rutina de medición de instrumentos repetidamente. Tales tareas implican una carga biomecánica acumulativa que debe evaluarse según el tipo de tarea evaluada, como RULA, REBA, OWAS y NIOSH (McAtamney & Corlett, 1993; Hignett & McAtamney, 2000; Karhu et al., 1977; Waters et al., 1993).

El problema principal es que el trabajador tiene una mala postura en un momento dado. Desde la perspectiva ergonómica moderna, si la postura se combina con la frecuencia, duración, fuerza, precisión de la tarea, presión de tiempo, diseño del puesto de trabajo, tiempo para tomar descansos, calidad de las herramientas y apoyo organizacional (Macdonald & Oakman, 2022; Arkouli et al., 2024), es un riesgo muy alto. Por lo tanto, para analizar el puesto de trabajo de inspección de vehículos, es importante entenderlo como un sistema de trabajo y no como un conjunto de acciones aisladas.

En Colombia, el Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST) es requerido para que los empleadores identifiquen peligros y evalúen riesgos y controles para la seguridad y salud de los trabajadores. El Decreto 1072 de 2015 define el Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo, y la Resolución 0312 de 2019 proporciona estándares mínimos para empleadores y contratistas (Ministerio de Trabajo, 2015, 2019). Los riesgos biomecánicos del puesto de trabajo de inspección de vehículos deben gestionarse con criterios técnicos y evidencia apropiados.

Aunque los CDA son importantes en la seguridad vial, hay una escasez de literatura sobre ergonomía para sitios de inspección de vehículos en Colombia. Esto nos coloca en una posición donde necesitamos evidencia de sectores análogos, especialmente la industria automotriz, manufactura, talleres mecánicos, procesos de inspección, manejo manual y condiciones de trabajo. El desafío académico no es simplemente transferir esas fuentes, sino considerar críticamente lo que realmente nos dicen sobre los CDA.

Justificación

Este análisis bibliográfico se justifica desde cuatro dimensiones: científica, técnica, social y organizacional. En el plano científico, aporta una revisión crítica de literatura relacionada con ergonomía física, riesgo biomecánico, TME y métodos observacionales de evaluación postural. Su valor no se centra en acumular referencias, sino en seleccionar y analizar aquellas que ofrecen mayor pertinencia para comprender el trabajo de inspección vehicular (Torraco, 2016; Booth et al., 2016).

Desde la dimensión técnica, el análisis permite identificar cuáles métodos podrían ser más adecuados para una evaluación ergonómica posterior en un CDA. RULA, REBA, OWAS,

QEC y NIOSH tienen alcances distintos: algunos se enfocan en miembros superiores, otros en cuerpo entero, posturas globales o manipulación manual de cargas. La literatura reciente también propone tecnologías como sensores IMU, captura de movimiento sin marcadores y análisis automatizado de posturas para mejorar la objetividad de la evaluación (Bonakdar et al., 2025; González-Alonso et al., 2024).

En la dimensión social, este análisis busca contribuir al bienestar de los trabajadores que realizan labores de inspección. La prevención de TME no solo reduce dolor o incapacidad, sino que protege la calidad de vida laboral, la continuidad del empleo y la dignidad del trabajador. La ergonomía debe entenderse como una forma de adaptar el trabajo a la persona y no como una exigencia para que la persona soporte indefinidamente condiciones mal diseñadas.

Desde la dimensión organizacional, una gestión ergonómica adecuada puede reducir ausentismo, errores, fatiga, rotación de personal y costos asociados a enfermedad laboral. Estudios de manufactura y ergonomía centrada en el trabajador muestran que el rediseño de tareas puede contribuir simultáneamente al bienestar, la productividad y la calidad del sistema (Arkouli et al., 2024; Vicente et al., 2024). En un CDA, esta visión es clave porque la calidad de la inspección depende también de la capacidad física y cognitiva del inspector para observar, manipular, registrar y decidir de forma segura.

Finalmente, la monografía responde a una necesidad práctica: convertir la revisión bibliográfica en una herramienta útil para la toma de decisiones. Por ello, se incluyen matrices comparativas, análisis crítico, propuesta de intervención e indicadores de seguimiento, de manera que el documento no quede reducido a una descripción de autores, sino que ofrezca una ruta de acción para el SG-SST del CDA.

Objetivo General

Evaluar, basado en una revisión bibliográfica crítica, las demandas ergonómicas y biomecánicas del puesto de trabajo de inspección de vehículos y su posible impacto en la salud musculoesquelética de los operadores en un Centro de Diagnóstico Automotor (CDA) para proponer criterios de intervención preventiva desde la Seguridad y Salud en el Trabajo.

Objetivos Específicos

1. Identificar las principales demandas biomecánicas de las tareas de inspección de vehículos, en términos de postura, fuerza, repetición, duración, herramientas y organización del trabajo.
2. Leer y considerar críticamente la literatura sobre ergonomía física, TME, la industria automotriz, manufactura, métodos de evaluación ergonómica y cultura preventiva.
3. Comparar la aplicabilidad de métodos como RULA, REBA, OWAS, QEC y NIOSH en la futura evaluación del puesto de trabajo de inspección de vehículos en un CDA

Marco teórico

Las actividades realizadas en los Centros de Diagnóstico Automotriz (CDA) y los métodos de observación permiten identificar con precisión posturas, movimientos y actividades que pueden llevar a una mayor exposición a factores de riesgo biomecánico. Su principal propósito es, en primer lugar, leer el trabajo real sin afectar la operación. Sin embargo, necesitan juicio técnico: ningún instrumento puede medir todas las dimensiones de riesgo ergonómico a la vez. Por esta razón, la herramienta debe elegirse según el tipo de tarea, la parte del cuerpo involucrada, la frecuencia de la actividad y el motivo de la evaluación.

La ergonomía es una ciencia que se enfoca en las categorías anatómicas antropométricas, fisiológicas y biomecánicas del ser humano en relación con la actividad laboral; esta busca adaptar las condiciones físicas del colaborador; en este documento se consideran aspectos como las posturas adoptadas durante la jornada, los movimientos repetitivos, la manipulación manual de cargas, el diseño de herramientas y equipos, así como las condiciones ambientales que pueden influir en la salud del trabajador, evaluando estos factores desde sectores productivos similares.

El método RULA (Evaluación Rápida de Miembros Superiores) propuesto por McAtamney y Corlett (1993) se centra en el cuello, el tronco y los miembros superiores. Es particularmente útil cuando la tarea involucra movimientos repetitivos, posturas sostenidas o uso frecuente de herramientas manuales. En un CDA, puede proporcionar información durante la inspección de luces, sistemas eléctricos, registro de datos o equipos de medición. Su principal ventaja es la rapidez de aplicación y la facilidad de interpretación. Sin embargo, su alcance es limitado debido al movimiento constante, grandes cambios posturales o una participación significativa de los miembros inferiores.

REBA (Evaluación Rápida del Cuerpo Entero) ofrece una visión general del cuerpo en acción en el lugar de la tarea. A diferencia de RULA, permite la evaluación de posturas del tronco, miembros superiores e inferiores simultáneamente. Por lo tanto, es útil en actividades dinámicas como la inspección de las partes inferiores del vehículo, movimientos alrededor del automóvil o inspecciones que requieren que el trabajador se incline, gire o adopte posturas no neutrales. Su fortaleza radica en el estudio integral del riesgo postural, aunque puede no ser tan específico cuando se deben examinar movimientos finos de la muñeca, mano o brazo.

La clasificación OWAS (Sistema de Análisis de Posturas de Trabajo de Ovako) de posturas de la espalda, brazos y piernas es efectiva para identificar las condiciones que necesitan

intervención. Es fácil de usar en un entorno industrial y puede utilizarse para la observación continua del mismo trabajo. En los CDA puede usarse para identificar posturas sostenidas durante inspecciones visuales o verificaciones técnicas. Sin embargo, como método de clasificación general, puede ser menos sensible a demandas biomecánicas específicas como movimientos repetitivos de baja intensidad o pequeños esfuerzos realizados muchas veces durante el día.

La ecuación de levantamiento de NIOSH tiene un propósito diferente. No se preocupa por las posturas generales, sino por estimar la cantidad de manejo manual de carga. Considera el peso levantado, la distancia horizontal, la altura de inicio y destino, la frecuencia de levantamiento y la asimetría del movimiento. Por lo tanto, es una herramienta útil cuando el trabajador tiene que transportar equipos, herramientas pesadas o elementos que se utilizan en pruebas técnicas. Sin embargo, no va a reemplazar métodos posturales como RULA, REBA u OWAS cuando la tarea principal es la inspección visual y el registro de información o el movimiento repetitivo sin levantamiento pesado.

La necesidad de combinar métodos también fue destacada en el estudio de Cuautle-Gutiérrez et al. (2019) que utilizó QEC, REBA, OWAS y NIOSH en la inspección automotriz. Los resultados indicaron que cada herramienta fue capaz de reconocer diferentes aspectos del riesgo. Esto es especialmente cierto para los CDA, donde un solo día puede consistir en observación, movimiento, inclinaciones del tronco, uso de miembros superiores y, a veces, manejo de equipos. En ese sentido, la dependencia de un solo método podría llevar a una impresión incompleta de cómo se realiza el trabajo real.

RULA Método	Variables evaluadas Posturas de cuello, tronco y miembros superiores; fuerza y repetición.	Ventajas Aplicación rápida, interpretación sencilla y alta sensibilidad para extremidades superiores.
	Limitaciones Evalúa principalmente una postura puntual y no considera con amplitud las extremidades inferiores.	Aplicabilidad en CDA Inspección de luces, sistemas eléctricos, registro de datos y manipulación de equipos manuales.
REBA Método	Variables evaluadas Posturas de todo el cuerpo, carga, agarre y actividad muscular.	Ventajas Permite evaluar tareas dinámicas y ofrece una visión global del riesgo postural.
	Limitaciones Puede ser más complejo y menos específico para movimientos finos de la extremidad superior.	Aplicabilidad en CDA Revisión de partes inferiores del vehículo, desplazamientos alrededor del automotor e inspecciones completas.
OWAS Método	Variables evaluadas Posiciones de espalda, brazos, piernas y manipulación de carga.	Ventajas Método sencillo y útil para clasificar posturas de trabajo.
	Limitaciones Menor sensibilidad para movimientos repetitivos y esfuerzos de baja intensidad.	Aplicabilidad en CDA Identificación de posturas mantenidas durante inspecciones visuales prolongadas.
NIOSH Método	Variables evaluadas Peso levantado, frecuencia, distancia y condiciones de levantamiento.	Ventajas Referente internacional para analizar manipulación manual de cargas.
	Limitaciones No evalúa posturas generales ni movimientos repetitivos.	Aplicabilidad en CDA Traslado de equipos, herramientas pesadas o elementos utilizados en pruebas técnicas.
QEC Método	Variables evaluadas Postura, repetición, fuerza y percepción del trabajador.	Ventajas Integra la observación técnica con la percepción del trabajador.
	Limitaciones Requiere participación activa del evaluado y una aplicación cuidadosa.	Aplicabilidad en CDA Complemento para analizar la exposición global y la percepción del riesgo durante la jornada.

Ilustración 1. Comparación de métodos ergonómicos

Nota. Elaboración propia

Criterio de selección metodológica

Desde un punto de vista crítico, RULA y REBA son las herramientas más relevantes para evaluar las actividades típicas del CDA. Ambas proporcionan información para el estudio de condiciones comunes en este tipo de trabajo, como inclinaciones del tronco, flexión o rotación del cuello, posturas forzadas y uso constante de las extremidades superiores. RULA es más conveniente cuando el análisis involucra trabajo detallado o manipulación manual, mientras que REBA es más relevante cuando el trabajo involucra todo el cuerpo o requiere cambios posturales continuos.

Al levantar o mover equipos pesados en el trabajo, la ecuación de NIOSH puede usarse como complemento para el trabajo y proporciona una medición específica de las demandas de la manipulación manual de cargas. OWAS y QEC también pueden ayudar proporcionando información sobre posturas sostenidas, frecuencia de exposición y conciencia del trabajador sobre la carga física del trabajo.

Cuando un colaborador mantiene ciertas posturas forzadas durante tiempos prolongados o sus movimientos repetitivos los realiza con una frecuencia superior a la recomendada, aumenta la carga y conlleva a la aparición de lesiones o problemas de tipo TME. Por eso se habla de la biomecánica ocupacional, buscando analizar las fuerzas internas y externas que actúan en los trabajadores y afectan su salud.

La selección de métodos no debe basarse en el hábito o la facilidad de uso, sino en la situación real de la tarea. Por lo tanto, se describe un enfoque ergonómico sistémico en esta investigación en el que la combinación de herramientas proporciona una evaluación más precisa

del riesgo biomecánico y ofrece medidas preventivas más cercanas a la realidad de los inspectores de los Centros de Diagnóstico Automotriz.

Antecedentes de investigación

Hay poca investigación sobre ergonomía en actividades de inspección técnica de vehículos en comparación con otras industrias. Como resultado, se consideraron los antecedentes teniendo en cuenta la proximidad a tareas de inspección, fabricación, mantenimiento, uso de herramientas y evaluación postural. Esta estrategia nos permite mantener la esencia del trabajo sin presentar contextos que solo sean parcialmente comparables como equivalentes.

Para la selección de la literatura que conformó el presente documento se siguieron las recomendaciones PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) garantizando una buena recolección de información en el proceso documental.

El proceso que se llevo a cabo fue el siguiente:

- Identificación: recolección inicial de artículos en las bases de datos mediante las ecuaciones de búsqueda definidas y sitios web de reconocimiento científico
- Depuración: Eliminación de todo tipo de articulo que no tuviera el contexto del tema
- Selección: Revisión de los títulos y análisis donde se verifica la relación con la ergonomía física, biomecánica, carga física, TME y métodos de evaluación ergonómica.
- Elegibilidad: lectura completa y análisis de todos los articulos observando su relevancia y aplicación en el tema de discusión
- Inclusión: selección final de los artículos que se relacionan directamente.

Antecedentes internacionales sobre ergonomía en el sector automotriz

Cuautle-Gutiérrez et al. (2019) son un antecedente central porque evaluaron el riesgo de lesión de espalda en trabajadores de una empresa automotriz y emplearon QEC, NIOSH, REBA y OWAS. Su aplicación al CDA es que demuestra que los métodos de evaluación necesitan combinarse cuando se realizan inspección, verificación, manipulación y diferentes posiciones en la jornada laboral.

González-Alonso et al. (2024) desarrollaron una herramienta de evaluación ergonómica en una fábrica automotriz donde se utilizaron sensores IMU, procesamiento cinemático y generación de informes RULA. Aunque su desarrollo tecnológico está más allá de los recursos estándar de un CDA, proporciona una línea futura en la que avanzar hacia una evaluación más objetiva, especialmente en tareas donde la observación visual puede subestimar ángulos o tiempo de exposición.

Arkouli et al. (2024) sugieren rediseñar las tareas de fabricación desde una perspectiva centrada en el trabajador. Este antecedente es de particular interés porque la ergonomía no debe limitarse a cómo se pueden describir las posturas, sino que también debe guiar el diseño de productos, procesos, sistemas y trabajo. En un CDA esta perspectiva puede usarse para ajustar herramientas, rutas, alturas de inspección, tiempos y deberes.

Antecedentes latinoamericanos: estudios en inspección mecánica e industrial

En Latinoamérica se encuentran estudios de sectores industriales y de servicios que, aunque no corresponden directamente a CDA, aportan evidencia sobre carga física, herramientas manuales y síntomas musculoesqueléticos. Tirloni et al. (2017), por ejemplo, analizaron molestias corporales y factores de riesgo en trabajadores de mataderos de aves, mostrando la

relevancia de la repetición, el uso de herramientas y las condiciones ambientales en la aparición de incomodidad corporal.

Maradei et al. (2019) estudiaron síntomas musculoesqueléticos en actividades de cosecha de mora en Colombia mediante el Cuestionario Nórdico. Aunque el sector agrícola no es equivalente al CDA, el estudio aporta al uso de instrumentos de percepción de síntomas y muestra la importancia de complementar la observación postural con la voz del trabajador, especialmente cuando se pretende diseñar intervenciones preventivas.

Puentes-Lagos et al. (2017) abordaron el diseño de herramientas manuales desde técnicas de usabilidad y seguimiento ocular. Este antecedente contribuye al análisis del CDA porque la inspección vehicular depende de la manipulación de equipos, agarres, precisión visual y comodidad en el uso de instrumentos. Por ello, el diseño de la herramienta no debe considerarse un elemento secundario, sino parte del sistema ergonómico.

Antecedentes colombianos: estudios en CDA y actividades técnicas

En Colombia, hay escasa literatura sobre ergonomía en Centros de Diagnóstico Automotriz, pero hay algunos buenos estudios sobre condiciones de trabajo, cultura ergonómica y síntomas musculoesqueléticos en el campo operativo. Oviedo-Trespalacios et al. (2016) han examinado las condiciones de trabajo de empresas manufactureras en el Caribe colombiano para entender la carga física, el entorno y el bienestar laboral en entornos productivos nacionales.

Ardila-Jaimes & Rodríguez-Amaya (2018) validaron un cuestionario de cultura ergonómica en entornos laborales, así como los diferentes aspectos de la macroergonomía y la microergonomía. Los antecedentes son críticos para entender que la gestión ergonómica de un CDA no es solo la posición del inspector, sino también la forma en que funcionan la

capacitación, el liderazgo, la estructura y el diseño de una organización y quién toma medidas preventivas.

La evidencia colombiana y latinoamericana también argumenta a favor de la participación de los trabajadores y los problemas reales del puesto y una forma factible de abordarlos para identificar soluciones. En este contexto, el CDA debe considerarse en términos de observación técnica y malestar, informes tempranos, la programación de descansos y la posibilidad de alterar herramientas o actividades basadas en la experiencia de los operadores, ya que estas revisiones se vuelven rutinarias y se pueden generar mejoras e integrar algunos procesos para reducir la exposición a estos trastornos. (Maradei et al., 2019; Ardila-Jaimes & Rodríguez-Amaya, 2018).

Estudios sobre métodos de evaluación ergonómica aplicados a puestos similares

La literatura reporta varios métodos aplicables a puestos con demandas físicas similares. RULA es capaz de examinar cuello, tronco y extremidades superiores; REBA es una evaluación completa del cuerpo; OWAS está orientado globalmente; NIOSH es un enfoque de levantamiento manual de cargas y QEC se basa en la exposición, así como en la percepción de los trabajadores (McAtamney & Corlett, 1993; Hignett & McAtamney, 2000; Karhu et al., 1977; Waters et al., 1993; Cuautle-Gutiérrez et al., 2019).

Recientemente, la evaluación ergonómica también se está volviendo cada vez más factible. Bonakdar et al. (2025) validaron la captura de movimiento sin marcadores para estimar ángulos y fuerzas articulares durante una tarea de levantamiento y Mayr et al. (2024) exploraron el aprendizaje automático en la evaluación de ensamblaje y logística. Estas contribuciones no

reemplazan los métodos convencionales, sino que sugieren la posibilidad de futuras evaluaciones para el CDA.

Estos tres antecedentes metodológicos juntos muestran que una futura evaluación del puesto de inspección de vehículos no debe depender de una sola herramienta. Se deben usar criterios profesionales para seleccionar el método según la tarea: REBA u OWAS para posturas globales, RULA para extremidades superiores, NIOSH para manejo de cargas, QEC o Cuestionario Nórdico para tener en cuenta la percepción de exposición y síntomas.

Antecedentes sobre salud musculoesquelética en operarios técnicos

Los TME están vinculados a la exposición acumulativa a la fuerza, la repetición, posturas no neutrales y una mala organización del trabajo (da Costa & Vieira, 2010; Punnett & Wegman, 2004). En roles operativos, esto puede manifestarse en molestias lumbares, cervicales, de hombros, muñecas y manos, que también se aplican al trabajo de inspección de vehículos.

Macdonald & Oakman (2022) enfatizan que la gestión de los TME debe preocuparse no solo por el aspecto biomecánico. Factores organizacionales y psicosociales como la presión de tiempo, baja participación, falta de apoyo o falta de autonomía pueden aumentar el riesgo al cambiar la forma en que el trabajador realiza el trabajo. Es esencial evitar que una propuesta se reduzca a pausas activas o recomendaciones individuales.

Los estudios de sectores análogos, como la manufactura, la agricultura o el procesamiento de alimentos, no deben transferirse mecánicamente al CDA. Su papel principal es dar criterios sobre repetitividad, herramientas, síntomas y control de riesgos. Por lo tanto, esta monografía los utiliza como una herramienta crucial, proporcionando una distinción entre evidencia directa, evidencia análoga y recomendaciones.

Vacíos identificados en la literatura

Aunque se han realizado estudios en la literatura, hay varias brechas importantes. En primer lugar, pocos estudios han examinado específicamente el proceso de inspección de vehículos en los CDA colombianos, por lo que no hay una extrapolación directa de los resultados. La investigación también se centra mucho en la evaluación de riesgos, pero generalmente no propone intervenciones para ser implementadas en el Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST) y la gestión organizacional.

Finalmente, hay un número mínimo de trabajos en este campo y el presente estudio es útil para entender y mejorar las actividades de los operadores. Por eso, esta monografía propone contribuir con una propuesta técnica y luego pasar a la siguiente etapa de evaluación con observación, métodos ergonómicos y participación de los trabajadores.

Marco Conceptual

El marco conceptual es una base teórica para considerar las demandas ergonómicas en la posición de inspección de vehículos. A través de la aplicación de la ergonomía física, los trastornos musculoesqueléticos, las posturas forzadas, los movimientos repetitivos y la carga física, es posible entender los factores que deben considerarse y que afectan la salud y la eficiencia.

Además, se tienen en cuenta los principales métodos de evaluación ergonómica para poder evaluar los niveles de riesgo y proporcionar los criterios para la intervención. Estos conceptos también nos permitirán tener una visión completa de las situaciones laborales que podemos utilizar como medio para identificar la prevención potencial de lesiones y la mejora del

entorno laboral.



Ilustración 2. Marco Conceptual

Nota. Elaboración propia

Estos conceptos permiten entender las condiciones ergonómicas en los puestos de inspección de vehículos desde una perspectiva preventiva y sistemática. Al comprenderlos, se identifican los factores de riesgo, cómo afectan la salud musculoesquelética de los operadores y se puede tomar dirección para mejorarlos, por seguridad, bienestar y eficiencia en el desarrollo de las actividades laborales.

Marco Legal

El marco legal colombiano en Seguridad y Salud en el Trabajo (SST) tiene responsabilidades claras para monitorear, controlar y evaluar los riesgos de carga física y condiciones ergonómicas. Esta sección proporciona las regulaciones más relevantes para la industria del CDA.

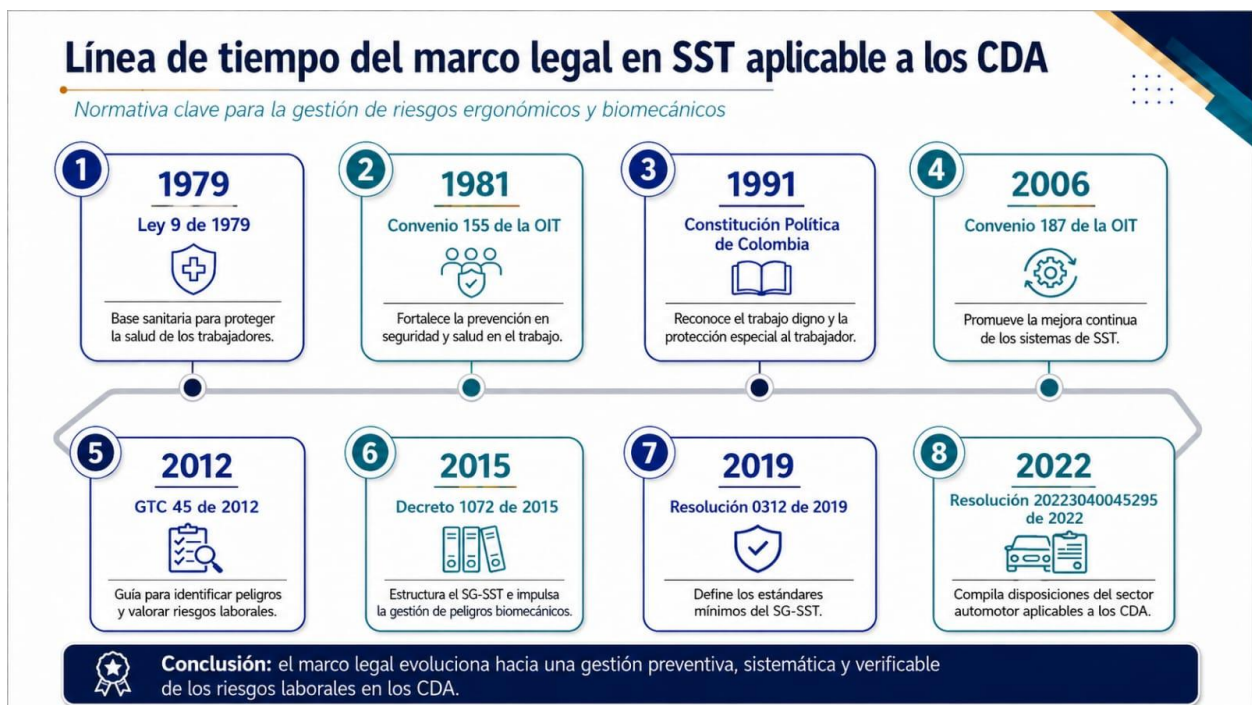


Ilustración 3. Marco Legal

Nota. Elaboración propia

Metodología

Tipo y enfoque de estudio

La revisión bibliográfica se desarrolló de manera integradora con un enfoque crítico y alcance propositivo. Dicha revisión permite recopilar evidencia de diferentes contextos y compararla con la relevante, y extraer criterios aplicables al problema de estudio. Los resultados no son una revisión sistemática con metaanálisis o evaluación de campo, y se utilizan como evidencia documental relevante para el análisis del puesto de inspección vehicular (Torraco, 2016; Booth et al., 2016).

El enfoque crítico se relaciona con la selección de fuentes basadas en su relevancia, diferenciando entre antecedentes centrales y fuentes de apoyo, comparación de métodos y matrices analíticas. Debido a la necesidad de evitar el desarrollo del trabajo como un mero informe bibliográfico.

Criterios de selección de fuentes

Las fuentes científicas relacionadas con la industria automotriz o manufacturera debían cumplir al menos uno de los siguientes criterios: métodos ergonómicos observacionales, trastornos musculoesqueléticos (TME) en miembros de la fuerza laboral; herramientas manuales/manejo de cargas, cultura ergonómica y factores organizacionales, y avances tecnológicos en evaluación postural. También se incluyeron las normas y referencias técnicas colombianas relacionadas con SG-SST y CDA.

Además, cualquier fuente de referencia cuyo contexto fuera drásticamente diferente al del CDA (es decir, aquellas que se centraban en cirugía, odontología, cocina doméstica, trabajo remoto u otras actividades sin tareas, herramientas o demandas similares) fueron excluidas o nunca utilizadas como apoyo secundario. Esta técnica no inundará la bibliografía con fuentes menos relevantes.

Tabla 1. Matriz de selección y pertinencia de fuentes bibliográficas

Nivel	Tipo de fuente	Uso dentro de la monografía	Ejemplos
Alta pertinencia	Sector automotor, manufactura, inspección, métodos RULA/REBA/OWAS/QEC/NIOSH, tecnologías de evaluación postural.	Se usa como base para metodología, análisis crítico, discusión y recomendaciones.	Cuautle- Gutiérrez et al. (2019); González- Alonso et al. (2024); Bonakdar et al. (2025).
	Ergonomía organizacional, cultura ergonómica, Lean, mejora continua, rediseño de tareas.	Se usa para ampliar la discusión hacia gestión, productividad, cultura preventiva y sostenibilidad.	Ardila-Jaimes & Rodríguez-Amaya (2018); Vicente et al. (2024); Arkouli et al. (2024).
Apoyo contextual	Estudios de otros sectores con tareas físicas, herramientas o síntomas musculoesqueléticos comparables.	Se usa solo para reforzar ideas específicas, sin presentarlos como equivalentes al CDA.	Tirloni et al. (2017); Maradei et al. (2019); Puentes- Lagos et al. (2017).
Baja pertinencia	Fuentes centradas en sectores alejados del CDA sin aplicación directa.	Se descartan o se mencionan únicamente si aportan una idea puntual.	Fuentes de cirugía, oficina, cocina o teletrabajo no comparables con inspección vehicular.

Nota: Elaboración propia a partir de los criterios metodológicos de selección documental.

Procedimiento de análisis

El análisis se llevó a cabo en cinco fases. Primero, se consideraron y clasificaron todos los documentos disponibles según su relevancia temática. Segundo, identificamos los principales factores de riesgo ergonómico asociados con tareas como la inspección vehicular. Tercero, los hallazgos se clasificaron en categorías: posturas forzadas, movimientos repetitivos, manejo de herramientas, estar de pie, factores organizacionales y cultura preventiva, y cómo se comparan los métodos de evaluación ergonómica. Cuarto, se desarrollaron matrices de síntesis y una propuesta de intervención preventiva.

Para evitar errores metodológicos, la evidencia directa, la evidencia análoga y las recomendaciones no se toman al pie de la letra. La evidencia directa corresponde a estudios en el sector automotriz o industrial que contienen tareas de inspección o manufactura. La evidencia análoga corresponde a sectores con demandas físicas similares pero no idénticas. Las recomendaciones son ideas técnicas desarrolladas a partir de la relación entre la evidencia y el contexto del CDA.

Limitaciones metodológicas

La principal limitación del trabajo es que no se realizaron mediciones de campo en el CDA y se aplicaron directamente a los trabajadores instrumentos como RULA, REBA, OWAS, QEC, NIOSH o el Cuestionario Nórdico. Por lo tanto, no hay resultados sobre la puntuación ergonómica o la prevalencia real de síntomas en la población estudiada.

Esto no invalida el trabajo, pero sí señala el camino en términos de su alcance. La monografía se vería como un análisis crítico y una propuesta de intervención inicial que sería útil para una evaluación futura. Sería útil en una etapa posterior realizar observación directa,

grabación fotográfica o de video, observación y encuesta de síntomas musculoesqueléticos para toda la población.

Desarrollo analítico

Tareas de inspección vehicular y exigencias biomecánicas

Las tareas de inspección vehicular pueden agruparse en cinco bloques: inspección inferior del vehículo, revisión visual externa e interna, manipulación de herramientas y equipos, verificación de componentes mecánicos, y registro de resultados. Cada bloque tiene exigencias diferentes y, por ello, no debería evaluarse con un solo método ergonómico.

El análisis de estas tareas permite identificar que la región lumbar se compromete principalmente por flexión y rotación del tronco; el cuello, por inclinación sostenida durante observación de zonas de difícil acceso; los hombros, por elevación o alcance de miembros superiores; la muñeca y la mano, por agarres sostenidos y uso repetitivo de herramientas; y las piernas, por bipedestación y desplazamientos constantes.

Tabla 2. Relación entre tareas de inspección vehicular, exigencias biomecánicas y segmentos corporales comprometidos

Actividad	Exigencia biomecánica probable	Segmentos comprometidos	Método sugerido
Inspección inferior del vehículo	Flexión de tronco, rotación, inclinación cervical y posturas sostenidas.	Región lumbar, cuello, hombros y rodillas.	REBA, OWAS, registro en video.
Revisión visual externa e interna	Bipedestación prolongada, inclinaciones de cuello y alcances de miembros superiores.	Cuello, espalda alta, hombros y piernas.	REBA, RULA, lista de chequeo de condiciones del puesto.

Manipulación de herramientas y equipos	Agarre sostenido, desviación de muñeca, fuerza manual y repetitividad.	Mano, muñeca, antebrazo, codo y hombro.	RULA, QEC, análisis de herramientas.
Verificación de componentes mecánicos	Posturas asimétricas, fuerza manual y cambios de posición.	Zona lumbar, hombros, muñecas y rodillas.	REBA, OWAS y análisis de duración/frecuencia.
Registro de resultados	Flexión cervical, uso repetido de manos, postura sedente o de pie sostenida.	Cuello, espalda, muñeca, mano y fatiga visual.	RULA, revisión de pantalla, teclado, iluminación y pausas.

Nota: Elaboración propia con base en Cuautle-Gutiérrez et al. (2019), McAtamney & Corlett (1993), Waters et al. (1993) y Macdonald & Oakman (2022).

Análisis crítico de antecedentes relevantes

La revisión de antecedentes evidencia que no todas las fuentes tienen igual valor para el CDA. Los estudios del sector automotor y manufacturero son los más relevantes porque comparten tareas de inspección, manipulación de piezas, herramientas y control de calidad. En cambio, los estudios de otros sectores solo deben emplearse como apoyo conceptual cuando aportan información sobre síntomas, herramientas, formación o gestión organizacional.

Cuautle-Gutiérrez et al. (2019) constituyen un antecedente central porque analizan riesgos de espalda en trabajadores de una empresa automotriz mediante varios métodos ergonómicos. El valor de este estudio no radica únicamente en sus resultados, sino en demostrar que las tareas de inspección industrial requieren evaluación multidimensional. Esta conclusión es aplicable al CDA, donde las tareas combinan tronco, miembros superiores, desplazamiento y herramientas.

Macdonald & Oakman (2022) aportan una visión crítica que evita reducir la ergonomía a postura. Las autoras plantean que los factores psicosociales y organizacionales también influyen

en los TME, por lo que la gestión del riesgo debe ser más amplia. Esta idea es fundamental para el CDA: una recomendación basada solo en “mantener buena postura” sería insuficiente si no se revisan ritmos de trabajo, pausas, supervisión, participación del trabajador y cultura preventiva.



Ilustración 4. Síntesis crítica de antecedentes relevantes para el contexto del CDA

Nota: Elaboración propia a partir de los antecedentes seleccionados.

Comparación de métodos de evaluación ergonómica

La elección del método ergonómico debe responder al tipo de tarea. RULA resulta pertinente cuando se quiere analizar miembros superiores, especialmente en manipulación de herramientas o registro de información. REBA es útil para posturas de cuerpo entero y tareas dinámicas. OWAS facilita la clasificación de posturas globales, especialmente en trabajos industriales. QEC permite valorar exposición en espalda, hombros, brazos, muñeca y mano. NIOSH se reserva para tareas de levantamiento manual, cuando exista manipulación de cargas relevante.

Para el puesto de inspección vehicular, la recomendación técnica no es seleccionar un único método, sino combinar herramientas. Esta decisión se sustenta en que una misma jornada de inspección puede incluir posturas globales, movimientos repetitivos, agarres, desplazamientos, cambios de altura y exposición prolongada. La combinación de métodos ofrece una lectura más completa del riesgo que una valoración aislada.

Tabla 3. Métodos ergonómicos analizados y pertinencia para tareas de inspección vehicular

Método	Enfoque principal	Aplicación en CDA	Limitación
RULA	Miembros superiores, cuello y tronco.	Uso de herramientas, registro de datos, tareas con brazo/mano.	No evalúa integralmente todo el cuerpo ni cargas complejas.
REBA	Cuerpo entero en tareas dinámicas.	Inspección inferior, posturas asimétricas, cambios de posición.	Puede requerir buena observación o video para seleccionar postura crítica.
OWAS	Posturas globales de espalda, brazos y piernas.	Clasificación de posturas mantenidas en inspección mecánica.	Menor detalle en mano, muñeca y cuello.
QEC	Exposición en espalda,	Tareas repetidas y análisis de	Requiere entrenamiento para

	hombro/brazo, muñeca/mano y cuello.	percepción de exposición.	diligenciar correctamente.
NIOSH	Levantamiento o manual de cargas.	Cuando se manipulen equipos, piezas o herramientas de peso significativo.	No aplica si no hay levantamiento manual relevante.
Captura de movimiento / IMU	Ángulos articulares y análisis digital.	Línea futura para evaluación objetiva del inspector.	Requiere recursos tecnológicos y validación en campo.

Nota. Elaboración propia con base en Cuautle-Gutiérrez et al. (2019), González-Alonso et al. (2024), Bonakdar et al. (2025), McAtamney & Corlett (1993) y Waters et al. (1993).

Análisis de factores organizacionales y psicosociales

Un aporte central de esta revisión es reconocer que el riesgo ergonómico no se explica solo por el movimiento corporal. La presión por atender vehículos, la cantidad de inspecciones por jornada, la disponibilidad de pausas, la supervisión, el entrenamiento y la participación del trabajador pueden modificar la exposición real. Macdonald & Oakman (2022) sostienen que los factores psicosociales y organizacionales pueden afectar el riesgo de TME mediante vías directas e indirectas, incluyendo estrés, cambios conductuales y aumento de exposición biomecánica.

En un CDA, esto significa que dos inspectores pueden realizar tareas similares, pero tener niveles de riesgo diferentes si uno cuenta con pausas, herramientas adecuadas, apoyo de supervisión y posibilidad de rotación, mientras el otro trabaja bajo presión temporal, sin reportar molestias y sin ajustes del puesto. Por esta razón, la intervención propuesta incluye controles técnicos y organizacionales.

Tecnologías emergentes

Las tecnologías de evaluación ergonómica están evolucionando hacia sistemas más objetivos y continuos. González-Alonso et al. (2024) probaron una herramienta para automatizar

la evaluación en industria automotriz mediante sensores IMU, procesamiento cinemático y generación de reportes RULA. Bonakdar et al. (2025) validaron captura de movimiento sin marcadores, encontrando resultados prometedores para medir ángulos y estimar fuerzas articulares durante tareas de levantamiento.

Aunque estas tecnologías pueden ser costosas o requerir conocimientos especializados, su incorporación progresiva en CDA podría mejorar la prevención. Por ejemplo, una cámara ubicada de forma controlada podría registrar posturas críticas durante inspección inferior; posteriormente, un software podría estimar ángulos de tronco y cuello. Esta línea futura no reemplaza el juicio del profesional en SST, pero puede fortalecer la objetividad del diagnóstico

Análisis ergonómico aplicado al puesto de trabajo en la línea de inspección de un CDA

La actividad realizada en las líneas de inspección vehicular implica exigencias físicas significativas, derivadas de posturas forzadas, inclinaciones repetidas, movimientos de torsión, uso de herramientas y permanencia prolongada de pie. La literatura ha evidenciado que estos factores pueden asociarse con trastornos musculoesqueléticos, especialmente cuando se combinan repetición, fuerza, duración de la exposición y organización inadecuada del trabajo (da Costa & Vieira, 2010; Punnett & Wegman, 2004; Macdonald & Oakman, 2022).

En un CDA, los operarios deben inspeccionar componentes inferiores y superiores del vehículo, incluyendo frenos, suspensión, sistema de escape, luces, carrocería y elementos estructurales. Estas tareas pueden exigir flexión lumbar, inclinación cervical y alcances variables. La ISO 11226:2000 orienta la evaluación de posturas estáticas, mientras que estudios del sector

automotor muestran la pertinencia de analizar tareas de inspección mediante métodos combinados (ISO, 2000; Cuautle-Gutiérrez et al., 2019).

Además, la repetitividad del trabajo puede generar sobrecarga acumulativa en articulaciones y tejidos blandos, especialmente cuando se combina con desviaciones de muñeca, fuerza manual o agarres sostenidos (da Costa & Vieira, 2010; Vieira & Kumar, 2004). En las inspecciones vehiculares, este tipo de exposición puede presentarse durante la revisión de chasis, frenos, luces, rines, niveles, sistemas de emisión y registro de datos, por lo cual debe ser evaluada de manera específica antes de establecer conclusiones de riesgo.

Análisis de las demandas del puesto según tareas

Inspección inferior del vehículo

La inspección de los componentes inferiores puede implicar flexión lumbar, rotación del tronco e inclinación cervical sostenida. Aunque el enfoque RULA se centra en las extremidades superiores, el cuello y el tronco, necesitaremos combinar esto con la observación de todo el cuerpo como REBA u OWAS cuando el trabajador cambia de posición o adopta posturas asimétricas (McAtamney & Corlett, 1993; Hignett & McAtamney, 2000; Karhu et al., 1977).

Como hemos visto en el sector automotriz, las tareas de inspección pueden implicar la exposición a la espalda, muñeca y mano, por lo que necesitamos considerar postura, tiempo, fuerza y frecuencia en la investigación. Cuautle-Gutiérrez et al. (2019) también aplicaron QEC, NIOSH, REBA y OWAS a trabajadores en la industria automotriz y encontraron que cada herramienta identifica diferentes aspectos de riesgo. Esto apoya la necesidad de no depender de una sola escala para medir la posición del inspector.

Podemos ver que en los CDAs donde hay fosas y plataformas elevadas, los operadores todavía se flexionan y giran para alcanzar componentes que están ubicados lateral o diagonalmente. Esto está en línea con los hallazgos de Pheasant & Haslegrave (2006) quienes encuentran que la ergonomía del alcance y la accesibilidad es uno de los factores más importantes para reducir los TME.

Inspección superior y frontal del vehículo

. Incluso las tareas que requieren levantar los brazos para examinar luces, parabrisas, capós y carrocería pueden aumentar la carga sobre la cintura escapular en conjunto con la repetición, precisión visual y posturas sostenidas. Los estudios sobre trastornos del cuello y las extremidades superiores sugieren que la fuerza, la postura y la repetición deben considerarse juntos y no de forma aislada (Armstrong et al., 1993; Punnett & Wegman, 2004). En un CDA, estas posturas pueden ocurrir cuando el operador enciende señales, pruebas direccionales, examina elementos visuales o manipula instrumentos a diferentes alturas. Por lo tanto, el riesgo no es solo una indicación de que un brazo o brazos alcanzan un nivel elevado, sino también que los brazos se levantan a un ritmo creciente, ángulo de elevación, frecuencia de elevación, posibilidad de descanso, el diseño de la herramienta y la organización de la tarea.

Inspección superior y frontal del vehículo

Las tareas que requieren elevar los brazos para inspeccionar luces, parabrisas, capó y carrocería pueden generar carga en la cintura escapular, especialmente si se combinan con repetición, precisión visual o posturas sostenidas. Los modelos sobre trastornos de cuello y miembros superiores señalan que fuerza, postura y repetición deben analizarse conjuntamente, no como factores aislados (Armstrong et al., 1993; Punnett & Wegman, 2004).

En un CDA, estas posturas pueden presentarse cuando el operario activa señales, pruebas direccionales, examina elementos visuales o manipula instrumentos ubicados en diferentes alturas. Por ello, el riesgo no debe afirmarse únicamente por la existencia de brazos elevados, sino por la frecuencia, duración, ángulo de elevación, posibilidad de descanso, diseño de herramientas y organización de la tarea.

Manipulación de herramientas y equipos

Los operadores utilizan herramientas ligeras (linternas, medidores, etc.) y pesadas (palancas, calibradores, dispositivos de prueba y extensiones). Tales tareas no siempre están en la vecindad de cargas pesadas, pero pueden requerir fuerza isométrica sostenida, agarre, precisión y movimientos repetitivos que dañan la mano, muñeca y antebrazo (Silverstein et al., 1987; Puentes-Lagos et al., 2017).

La gestión de lo mismo en el campo (ISO 11228-1:2021) necesitará ser examinada usando el peso, frecuencia, distancia, postura y condiciones de levantamiento (ISO, 2021). Si las herramientas son repetitivas, incómodas o mal ajustadas a la mano del trabajador, la evaluación también debe incluir análisis de agarre, diseño del mango, mantenimiento y participación del operador en la identificación de los problemas reales (Puentes-Lagos et al., 2017; Macdonald & Oakman, 2022).

Bipedestación prolongada

Las inspecciones de vehículos requieren que el operador permanezca de pie durante largos períodos de tiempo porque la inspección se realiza vehículo tras vehículo. Estar de pie durante mucho tiempo puede llevar a fatiga muscular, dolor lumbar y recuperación durante la jornada laboral, y las posturas estáticas deben considerarse junto con descansos, rotación,

superficie de apoyo y ritmo de trabajo (Karwowski & Marras, 1999; Macdonald & Oakman, 2022).

Análisis ergonómico mediante métodos observacionales

Dado que la revisión de la literatura integró estudios que utilizaron RULA, REBA, OWAS y NIOSH, es interesante ver cómo estos métodos clasifican tareas similares a las realizadas en el CDA.

Método RULA

El método RULA evalúa el riesgo en extremidades superiores, cuello y tronco. En una futura evaluación de campo en el CDA podría usarse para analizar tareas de inspección que involucren flexión del tronco, elevación de brazos, desviaciones de muñeca o uso repetido de herramientas manuales (McAtamney & Corlett, 1993).

Sin embargo, la monografía no presenta sus propias puntuaciones RULA porque no se realizó observación directa o medición de campo. Por lo tanto, cualquier estimación debe entenderse como una hipótesis técnica para futuras evaluaciones, no como un resultado definitivo del CDA.



Ilustración 5. RULA

Nota: Figura tomada de Diego-Mas, Jose Antonio. Evaluación postural mediante el método RULA. Ergonautas, Universidad Politécnica de Valencia, 2015.

Método REBA

REBA se utiliza ampliamente para evaluar posturas de todo el cuerpo en actividades dinámicas o variables. En el contexto de un CDA, puede ser útil para evaluar la inspección bajo el vehículo, el movimiento alrededor del coche y posturas combinadas de flexión y torsión. La aplicación futura se basa en observación directa, fotografías o video para seleccionar la postura crítica de manera justificada (Hignett & McAtamney, 2000).



Ilustración 6. REBA

Nota: Figura tomada de Diego-Mas, Jose Antonio. Evaluación postural mediante el método REBA. Ergonautas, Universidad Politécnica de Valencia, 2015.

Método OWAS

OWAS clasifica posturas de tronco, miembros superiores e inferiores, lo que permite priorizar condiciones que requieren corrección. En el CDA, su utilidad estaría en identificar posturas mantenidas o repetidas durante la inspección inferior, la revisión visual y las verificaciones mecánicas. Sin embargo, por su carácter general, debe complementarse con RULA, REBA o QEC cuando se requiera mayor detalle en cuello, muñeca o mano (Karhu et al., 1977; Cuautle-Gutiérrez et al., 2019).



Ilustración 7. OWAS

Nota: Tomado y adaptado de Diego-Mas, Jose Antonio. Evaluación postural mediante el método OWAS. Ergonautas, Universidad Politécnica de Valencia, 2015.

Interpretación para CDA

La evidencia revisada permite anticipar que varias tareas de un CDA podrían requerir intervención ergonómica si se confirmaran posturas forzadas, repetición, fuerza y duración elevada mediante evaluación de campo. No obstante, el nivel exacto de riesgo solo puede establecerse aplicando los métodos correspondientes sobre tareas reales, con registro de duración, frecuencia, ángulos y condiciones de trabajo.

Relación entre las exigencias físicas del puesto y la salud musculoesquelética

Los TME están ampliamente documentados como consecuencia potencial de cargas físicas elevadas, repetitividad y posturas forzadas (da Costa & Vieira, 2010; Punnett & Wegman,

2004). En contextos análogos al CDA, como manufactura, procesos automotrices o trabajos con herramientas, la literatura permite identificar segmentos corporales vulnerables, pero no reemplaza una medición directa en trabajadores del CDA.

- Los segmentos corporales más afectados suelen ser:
- Región lumbar: por flexión y torsión repetitiva.
- Cuello: por inclinación sostenida.
- Hombros: por elevación del brazo.
- Muñeca y mano: por uso repetitivo de herramientas.

Punnett & Wegman (2004) argumentan que la combinación de repetitividad, fuerza y posturas forzadas aumenta la probabilidad de TME. En el entorno de un CDA, esta idea obliga a observar no solo la postura, sino también cuántas veces se repite, cuánto tiempo se mantiene, qué herramienta se usa y qué posibilidad real tiene el trabajador de recuperarse durante la jornada.

Factores ambientales y organizacionales

Otros factores que contribuyen a la carga ergonómica son:

Ritmo de trabajo

La demanda de atención vehicular puede generar presión temporal, disminuir pausas y aumentar repetitividad. Desde una mirada ergonómica integral, estos elementos deben considerarse como factores organizacionales que pueden modificar la exposición biomecánica real (Macdonald & Oakman, 2022).

Espacios reducidos

La distancia entre fosos, paredes y vehículos limita el rango de movimiento y obliga a adoptar posturas incómodas (Pheasant & Haslegrave, 2006).

Iluminación

Una iluminación insuficiente puede aumentar la exigencia visual y obligar al operador a inclinarse para observar detalles, lo cual incrementa la carga sobre cuello y espalda. Por ello, las condiciones ambientales deben valorarse junto con postura, precisión de la tarea y organización del puesto (Grandjean & Kroemer, 1997; Pheasant & Haslegrave, 2006).

Temperatura

Ambientes fríos o condiciones térmicas incómodas pueden afectar el confort, la movilidad y la percepción de esfuerzo. Aunque ISO 8996 se orienta a la estimación del metabolismo y el ambiente térmico, su inclusión recuerda que el análisis ergonómico no se limita a postura, sino que también considera el entorno físico de trabajo (ISO, 2004).

Recomendaciones ergonómicas

Con base en los hallazgos, se recomiendan las siguientes acciones para mejorar la ergonomía del puesto de trabajo en la línea de inspección del CDA:

Tabla 4. Recomendaciones

Actividad	Acción	Responsable	Indicador	Periodicidad
Rediseño físico del puesto	1. Implementar	Gerencia del CDA,	% de adecuaciones implementadas	Semestral
	plataformas	Coordinador SST y área de mantenimiento	respecto al total planificado.	
	ajustables en	.		
	altura para inspección inferior.			
	2. Adecuar			
	herramientas			
	telescópicas para			
	evitar flexión lumbar.			
	3. Optimizar el			
	espacio entre			
	vehículos para			
	permitir			
	movilidad segura.			
	4. Instalar			
	luminarias LED			
	en espacios donde			
	los vehículos			
	hacen sombras.			

Mejora de la organización del trabajo	1.	Establecer rotación de tareas para reducir repetitividad.	Jefe operativo, Coordinador SST y líderes de área.	% de trabajadores que rotan y % de cumplimiento de las pausas activas programadas.	Diariamente con consolidación mensual
	2.	Implementar pausas activas cada 60–90 minutos			
	3.	Ajustar ritmos laborales para evitar sobrecarga temporal.			
Capacitación y formación ergonómica	1.	Entrenamiento en mecánica corporal.	Coordinador SST y ARL.	% de trabajadores capacitados	Trimestral
	2.	Formación sobre uso correcto de herramientas.			
	3.	Programa de fortalecimiento muscular y estiramientos.			

Sistemas de evaluación continua	1. Realizar evaluaciones RULA/REBA trimestrales.	Coordinador SST y área de talento humano.	Número de evaluaciones realizadas por tipos de formación.	Mensual
	2. Implementar un sistema de reporte temprano de dolor musculoesquelético.			

Nota. Elaboración propia

Discusión general

Al contrastar la revisión bibliográfica con lo observado, se identifica que las posiciones adquiridas durante las revisiones de vehículos en un CDA demanda atención ergonómica, particularmente debido a la combinación de flexión del tronco, inclinación cervical, estar de pie, uso repetido de herramientas, movimientos de muñecas, manos y una exposición acumulativa durante la jornada laboral (da Costa & Vieira, 2010; Punnett & Wegman, 2004). Sin embargo, no se debe asumir que el riesgo es alto sin medición de campo. La formulación correcta es que existe un riesgo biomecánico potencial que necesita ser evaluado.



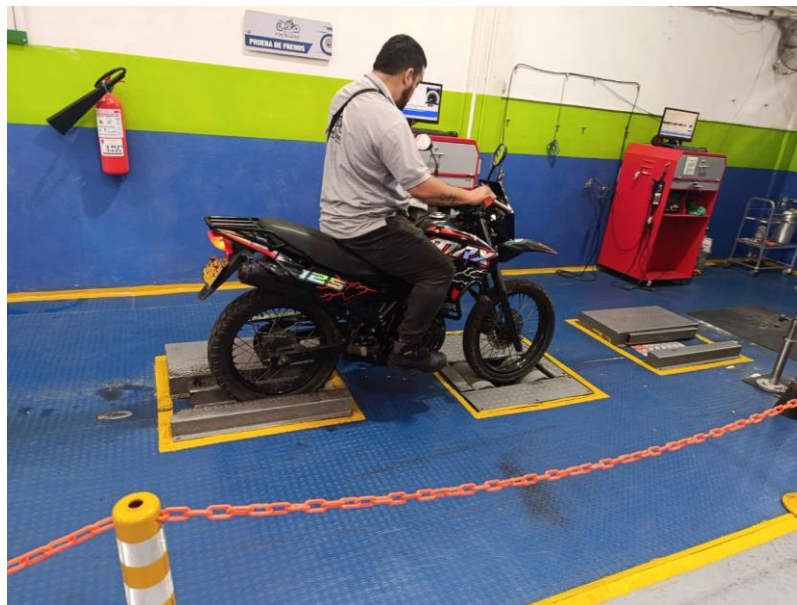
Fotografía 1. Flexión del tronco



Fotografía 2. Inclínación cervical



Fotografía 3. Estar de pie



Fotografía 4. Movimientos de muñecas, manos y una exposición acumulativa de trabajo

El

análisis

muestra que los métodos ergonómicos no son intercambiables. Cada herramienta responde a una pregunta diferente. RULA pregunta principalmente sobre las extremidades superiores; REBA

sobre todo el cuerpo; OWAS sobre clasificación de postura global; QEC sobre exposición de segmentos corporales; NIOSH sobre levantamiento manual. Por lo tanto, una revisión futura del CDA debería aplicar diferentes métodos según la tarea y no aplicar ninguna herramienta a toda la posición.

A un nivel crítico, el principal riesgo de que se escriba un trabajo así es quedarse en la descripción bibliográfica. Para evitar esto, la evidencia se organizó por patrones: sobrecarga lumbar, impacto en cuello y hombros, riesgo de muñeca/mano, estar de pie, herramientas, factores organizacionales y cultura preventiva.

También está claro que la ergonomía debe integrarse en la gestión organizacional. Una empresa puede capacitar al trabajador, pero si no altera herramientas, tiempos, descansos, iluminación, organización del flujo de inspección y monitoreo del malestar, la capacitación no es suficiente. Zerguine et al. (2023) revelan que la capacitación ergonómica es más efectiva cuando se combina con el rediseño del trabajo y la participación del usuario, lo que corresponde a la propuesta de intervención de esta monografía.

La literatura también indica que rediseñar el lugar de trabajo, implementar ayudas técnicas, mejorar el entorno visual y capacitar en ergonomía pueden reducir el malestar y mejorar el rendimiento cuando se articulan con la participación de los trabajadores y el seguimiento organizacional (Zerguine et al., 2023; Arkouli et al., 2024). Esto resalta la necesidad de una intervención integral en las condiciones de trabajo en el CDA.

Finalmente, la literatura reciente sobre la industria automotriz, la captura de movimiento, los sensores y el diseño centrado en el trabajador sugiere que la ergonomía del futuro será más objetiva, participativa y personalizada. Para el CDA, esto abre la posibilidad de pasar de listas de

verificación generales a sistemas de evaluación más precisos, con monitoreo antes y después de los cambios implementados.

Propuesta de intervención ergonómica

La propuesta de intervención se organiza bajo una lógica de jerarquía de controles: primero se priorizan cambios en el diseño del puesto y herramientas; luego controles administrativos como pausas, rotación y organización del flujo; posteriormente formación, participación y seguimiento. La recomendación no es depender exclusivamente de pausas activas, porque estas ayudan, pero no eliminan la causa del riesgo si el puesto continúa mal diseñado.

Tabla 5. Propuesta de intervención ergonómica para el puesto de inspección vehicular

Riesgo	Control recomendado	Tipo de control	Resultado esperado
Flexión y rotación de tronco en inspección inferior	Rediseñar accesos visuales, revisar alturas de trabajo, usar ayudas visuales o espejos técnicos cuando aplique.	Ingeniería	Reducción de carga lumbar y posturas extremas.
Uso repetitivo de herramientas y agarres sostenidos	Seleccionar herramientas con mangos adecuados, bajo peso, buen mantenimiento y superficie antideslizante.	Ingeniería	Menor fatiga de mano, muñeca y antebrazo.
Bipedestación prolongada y desplazamientos	Programar alternancia de tareas, pausas de recuperación y o	Administrativ	Menor fatiga general y molestias en miembros inferiores.

	organización del flujo de inspección.		
Presión por tiempos de atención	Revisar carga de trabajo, tiempos estándar y participación del inspector en identificación de cuellos de botella.	Organizacional	Menor estrés, menor repetitividad sin recuperación y mayor control del trabajo.
Baja cultura ergonómica	Implementar capacitación práctica en ergonomía, reporte temprano de síntomas y uso seguro de herramientas.	Formación	Mayor conciencia preventiva y detección temprana de molestias.
Ausencia de seguimiento	Incluir indicadores ergonómicos dentro del SG-SST y revisar resultados trimestralmente.	Gestión	Mejora continua y trazabilidad de controles.

Nota. Elaboración propia con base en Macdonald & Oakman (2022), Ardila-Jaimes & Rodríguez-Amaya (2018), Arkouli et al. (2024) y Cuautle-Gutiérrez et al. (2019).

Plan básico de implementación

Fase 1. Diagnóstico aplicado: realizar observación directa, registro en video o fotografías controladas, aplicación de RULA, REBA u OWAS según tarea, y Cuestionario Nórdico para síntomas musculoesqueléticos. Esta fase debe ejecutarse con consentimiento informado y manejo ético de la información.

Fase 2. Priorización: seleccionar tareas críticas según severidad, frecuencia, duración, número de trabajadores expuestos y posibilidad de intervención. Las tareas con flexión lumbar sostenida, repetitividad de muñeca/mano y bipedestación prolongada deben priorizarse.

Fase 3. Diseño de controles: formular controles de ingeniería, administrativos y de formación. Los controles deben discutirse con inspectores y supervisores, evitando soluciones que reduzcan un riesgo, pero aumenten otro.

Fase 4. Implementación piloto: aplicar cambios en una línea o grupo de tareas, medir aceptación de los trabajadores y verificar si los controles son viables en la operación real.

Fase 5. Seguimiento: comparar resultados antes y después mediante indicadores, reportes de molestias, ausentismo, observación postural y cumplimiento de pausas o rotación.

Indicadores de seguimiento

Tabla 6. Indicadores de seguimiento para la gestión ergonómica en el CDA

Indicador	Forma de medición	Periodicidad	Meta sugerida
Porcentaje de tareas evaluadas ergonómicamente	Número de tareas evaluadas / total de tareas críticas x 100	Trimestral	≥ 80 % de tareas críticas evaluadas.
Reporte de molestias musculoesqueléticas	Número de reportes por segmento corporal y periodo	Mensual	Identificar tendencia y actuar tempranamente.
Cumplimiento de pausas o alternancia	Pausas realizadas / pausas programadas x 100	Mensual	≥ 90 % de cumplimiento.
Acciones correctivas cerradas	Acciones implementadas / acciones formuladas x 100	Trimestral	≥ 85 % de cierre.
Capacitación ergonómica	Trabajadores capacitados / total de inspectores x 100	Semestral	100 % del personal operativo.
Reevaluación post-intervención	Comparación de puntuaciones o hallazgos antes/después	Semestral	Evidencia de reducción del riesgo o mejora del control.

Nota. Elaboración propia alineada con el ciclo de mejora continua del SG-SST.

Conclusiones

1. La revisión de la literatura indicó que la posición de inspección en un CDA expone a los operarios a serias exigencias ergonómicas y biomecánicas como flexión y rotación del tronco, inclinación cervical, posturas en cuclillas o semi-flexionadas, estar de pie por períodos prolongados, agarres sostenidos, uso repetitivo de herramientas y movimientos constantes, factores que incrementan el riesgo de desarrollar trastornos musculoesqueléticos. La evidencia consultada, aunque no sea propiamente de los CDA'S, demuestra que estas condiciones pueden afectar principalmente la columna vertebral, los miembros superiores e inferiores, teniendo un impacto negativo en la salud el bienestar, desempeño laboral de los trabajadores y la productividad de la empresa.
2. Al revisar la bibliografía se pudo constatar que las demandas varían según la actividad realizada, como la inspección inferior del vehículo, la revisión visual, la verificación de componentes mecánicos o el registro de información comprometiendo diferentes segmentos corporales como lo son la región lumbar, el cuello, los hombros, las muñecas, las manos, las rodillas y las extremidades inferiores. Esto no es un diagnóstico clínico ni una medición directa, sino más bien una alerta técnica que es relevante para la evaluación ergonómica en el campo.
3. La evidencia científica más importante proviene de la industria automotriz, la manufactura, la evaluación postural, los trastornos musculoesqueléticos, la cultura ergonómica y los estudios de rediseño de tareas. Estas fuentes permiten que el CDA sea analizado desde contextos similares y que no se transfieran mecánicamente hallazgos de sectores no equivalentes. Así mismo, el análisis comparativo de la literatura permitió identificar la importancia de integrar aspectos biomecánicos, organizacionales y preventivos donde se comprende de manera completa los riesgos del puesto de trabajo, esto abre un camino para orientar futuras investigaciones y fortalecer las estrategias de prevención desde la Seguridad y Salud en el Trabajo.

4. Ningún enfoque ergonómico es suficiente para evaluar completamente la posición de inspección. Para futuros estudios, se recomienda usar REBA y RULA como base y combinarlos con OWAS, QEC, registros fotográficos o de video, y NIOSH cuando la carga sea altamente manual.
5. La comparación de los métodos mencionados permite establecer que estos evalúan diferentes dimensiones del riesgo ergonómico y que su aplicabilidad depende de las características específicas de las tareas de inspección vehicular; en donde RULA y REBA son adecuados para valorar las posturas y movimientos del cuerpo, OWAS ayuda a la identificación de posturas de trabajo mantenidas, QEC este incorpora la percepción de la exposición y NIOSH es útil para analizar actividades que implican manipulación manual de cargas.
6. Invertir en ergonomía en un CDA es una decisión estratégica porque protege la salud musculoesquelética del inspector, mejora la calidad de la inspección, reduce la fatiga y el ausentismo, fortalece el cumplimiento del SG-SST y contribuye a la sostenibilidad operativa del servicio.

Referencias

Ardila-Jaimes, C. P., & Rodríguez-Amaya, R. M. (2018). Validación de un cuestionario de cultura ergonómica en centros de trabajo CCE-T. *Investigaciones Andina*, 20(37), 115-136.

Arkouli, Z., Michalos, G., Kokotinis, G., & Makris, S. (2024). Worker-centered evaluation and redesign of manufacturing tasks for ergonomics improvement using axiomatic design principles. *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*, 55, 188-209.

<https://doi.org/10.1016/j.cirpj.2024.10.001>

Armstrong, T. J., Buckle, P., Fine, L. J., Hagberg, M., Jonsson, B., Kilbom, A., Kuorinka, I. A., Silverstein, B. A., Sjøgaard, G., & Viikari-Juntura, E. R. A. (1993). A conceptual model

for work-related neck and upper-limb musculoskeletal disorders. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*, 19(2), 73-84.

Bernard, B. P. (Ed.). (1997). *Musculoskeletal disorders and workplace factors: A critical review*. National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH).

Bonakdar, A., Riahi, N., Shakourisalim, M., Miller, L., Tavakoli, M., Rouhani, H., & Golabchi, A. (2025). Validation of markerless vision-based motion capture for ergonomics risk assessment. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 107, 103734.

<https://doi.org/10.1016/j.ergon.2025.103734>

Booth, A., Sutton, A., & Papaioannou, D. (2016). *Systematic approaches to a successful literature review*. SAGE.

Colombia. Asamblea Nacional Constituyente. (1991). *Constitución Política de Colombia*.

Congreso de Colombia. (1979). Ley 9 de 1979. Por la cual se dictan medidas sanitarias.

Cuautle-Gutiérrez, L., Escobedo-Portillo, M. T., Uribe-Pacheco, L. A., & García-Tepox, J. D. (2019). Measuring back injury risk in Mexican workers of an automotive company. *Revista Ciencias de la Salud*, 17(2), 175-187.

<https://doi.org/10.12804/revistas.urosario.edu.co/revsalud/a.7921>

da Costa, B. R., & Vieira, E. R. (2010). Risk factors for work-related musculoskeletal disorders: A systematic review of recent longitudinal studies. *American Journal of Industrial Medicine*, 53(3), 285-323. <https://doi.org/10.1002/ajim.20750>

Diego-Mas, J. A. (2015). Evaluación postural mediante el método RULA. Ergonautas, Universidad Politécnica de Valencia. <https://www.ergonautas.upv.es/metodos/rula/rula-ayuda.php>

Diego-Mas, J. A. (2015). Evaluación postural mediante el método REBA. Ergonautas, Universidad Politécnica de Valencia. <https://www.ergonautas.upv.es/metodos/reba/reba-ayuda.php>

Diego-Mas, J. A. (2015). Evaluación postural mediante el método OWAS. Ergonautas, Universidad Politécnica de Valencia. <https://www.ergonautas.upv.es/metodos/owas/owas-ayuda.php>

González-Alonso, J., Simón-Martínez, C., Antón-Rodríguez, M., González-Ortega, D., Díaz-Pernas, F. J., & Martínez-Zarzuela, M. (2024). Development of an end-to-end hardware and software pipeline for affordable and feasible ergonomics assessment in the automotive industry. Safety Science, 173, 106431. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2024.106431>

Grandjean, E., & Kroemer, K. H. E. (1997). Fitting the task to the human: A textbook of occupational ergonomics (5th ed.). Taylor & Francis.

GTC 45. (2012). Guía para la identificación de los peligros y la valoración de los riesgos en seguridad y salud ocupacional. ICONTEC.

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)

International Ergonomics Association. (s. f.). What is ergonomics?
<https://iea.cc/about/what-is-ergonomics/>

- ISO. (2000). ISO 11226: Ergonomics - Evaluation of static working postures. International Organization for Standardization.
- ISO. (2004). ISO 8996: Ergonomics of the thermal environment - Determination of metabolic rate. International Organization for Standardization.
- ISO. (2021). ISO 11228-1: Ergonomics - Manual handling - Part 1: Lifting, lowering and carrying. International Organization for Standardization.
- Karhu, O., Kansil, P., & Kuorinka, I. (1977). Correcting working postures in industry: A practical method for analysis. *Applied Ergonomics*, 8(4), 199-201.
- Karwowski, W., & Marras, W. S. (Eds.). (1999). *The occupational ergonomics handbook*. CRC Press.
- Kilbom, A. (1994). Repetitive work of the upper extremity: Part I - Guidelines for the practitioner. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 14(1-2), 51-57.
- Macdonald, W., & Oakman, J. (2022). The problem with 'ergonomics injuries': What can ergonomists do? *Applied Ergonomics*, 103, 103774.
<https://doi.org/10.1016/j.apergo.2022.103774>
- Maradei, F., Ardila, C. P., & Sanabria, S. J. (2019). Síntomas musculoesqueléticos en las actividades de cosecha de mora de castilla de Piedecuesta, Colombia. *Hacia la Promoción de la Salud*, 24(2), 91-106. <https://doi.org/10.17151/hpsal.2019.24.2.8>
- Mayr, T., Marinescu, S., Rusu, C.-A., Ackermann, T., Reimann, P., Schulz, R., & Riedel, O. (2024). Application of machine learning for ergonomic workplace assessments in assembly

and logistics to identify potential use cases for exoskeleton. *Procedia CIRP*, 130, 625-630.

<https://doi.org/10.1016/j.procir.2024.10.139>

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)

Ministerio de Transporte. (2022). Resolución 20223040045295 de 2022. Resolución Única Compilatoria en materia de tránsito. Colombia.

Ministerio del Trabajo. (2015). Decreto 1072 de 2015. Decreto Único Reglamentario del Sector Trabajo. Colombia.

Ministerio del Trabajo. (2019). Resolución 0312 de 2019. Por la cual se definen los Estándares Mínimos del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo. Colombia.

Organización Internacional del Trabajo. (1981). Convenio sobre seguridad y salud de los trabajadores, 1981 (núm. 155).

Organización Internacional del Trabajo. (2006). Convenio sobre el marco promocional para la seguridad y salud en el trabajo, 2006 (núm. 187).

Oviedo-Trespalcios, O., Martínez-Buelvas, L. P., Hernández-Kligman, J. D., & Escobar-Osorio, J. A. (2016). Work conditions assessment in manufacturing organizations in the Colombian Caribbean region. *Revista Facultad de Ingeniería, Universidad de Antioquia*, 81, 73-80. <https://doi.org/10.17533/udea.redin.n81a10>

Pheasant, S., & Haslegrave, C. M. (2006). *Bodyspace: Anthropometry, ergonomics and the design of work* (3rd ed.). CRC Press.

Puentes-Lagos, D. E., Mojica, H. R., & Arango-Vásquez, M. A. (2017). Diseño de herramientas precisas usadas con las manos: seguimiento ocular y otras técnicas de usabilidad. *Bitácora Urbano Territorial*, 27(spe4), 77-87. <https://doi.org/10.15446/bitacora.v27n4Esp.62423>

Punnett, L., & Wegman, D. H. (2004). Work-related musculoskeletal disorders: The epidemiologic evidence and the debate. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 14(1), 13-23. <https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2003.09.015>

Silverstein, B. A., Fine, L. J., & Armstrong, T. J. (1987). Occupational factors and carpal tunnel syndrome. *American Journal of Industrial Medicine*, 11(3), 343-358. <https://doi.org/10.1002/ajim.4700110310>

Tirloni, A. S., Reis, D. C., Ramos, E., & Moro, A. R. P. (2017). Association of bodily discomfort with occupational risk factors in poultry slaughterhouse workers. *DYNA*, 84(202), 49-54. <https://doi.org/10.15446/dyna.v84n202.62168>

Torraco, R. J. (2016). Writing integrative literature reviews: Using the past and present to explore the future. *Human Resource Development Review*, 15(4), 404-428. <https://doi.org/10.1177/1534484316671606>

Vicente, I., Godina, R., & Gabriel, A. T. (2024). Applications and future perspectives of integrating Lean Six Sigma and ergonomics. *Safety Science*, 172, 106418. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2024.106418>

Vieira, E. R., & Kumar, S. (2004). Working postures: A literature review. *Journal of Occupational Rehabilitation*, 14(2), 143-159. <https://doi.org/10.1023/B:JOOR.0000018330.46029.05>

Waters, T. R., Putz-Anderson, V., Garg, A., & Fine, L. J. (1993). Revised NIOSH equation for the design and evaluation of manual lifting tasks. *Ergonomics*, 36(7), 749-776.

<https://doi.org/10.1080/00140139308967940>

Zerguine, H., Healy, G. N., Goode, A. D., Zischke, J., Abbott, A., Gunning, L., & Johnston, V. (2023). Online office ergonomics training programs: A scoping review examining design and user-related outcomes. *Safety Science*, 158, 106000.

<https://doi.org/10.1016/j.ssci.2022.106000>