

**GUÍA TÉCNICA PARA LA EVALUACIÓN DE CONDICIONES DE TRABAJO EN EL PROCESO DE
CALIFICACIÓN DE ENFERMEDADES MUSCULOESQUELÉTICAS DE PERSONAS TRABAJADORAS
DEL SECTOR FERROVIARIO**

**MODIFICA EL TÍTULO III. CALIFICACIÓN DE ENFERMEDADES PROFESIONALES DEL LIBRO III.
DENUNCIA, CALIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE INCAPACIDADES PERMANENTES, DEL
COMPENDIO DE NORMAS DEL SEGURO SOCIAL DE ACCIDENTES DEL TRABAJO Y
ENFERMEDADES PROFESIONALES DE LA LEY N°16.744**

La Superintendencia de Seguridad Social, en el uso de las atribuciones que le confieren los artículos 2°, 3°, 30 y 38 letra d) de la Ley N°16.395 y el artículo 12 de la Ley N°16.744, ha estimado pertinente modificar el Título III. Calificación de enfermedades profesionales del Libro III. Denuncia, calificación y evaluación de incapacidades permanentes, del Compendio de Normas del Seguro Social de Accidentes del Trabajo y Enfermedades Profesionales de la Ley N°16.744, con la finalidad de incorporar la “Guía Técnica para la Evaluación de Condiciones de Trabajo en el Proceso de Calificación de Enfermedades Musculoesqueléticas de Personas Trabajadoras del Sector Ferroviario”.

I. ASPECTOS GENERALES

La Guía Técnica para la Evaluación de Condiciones de Trabajo en el Proceso de Calificación de Enfermedades Musculoesqueléticas de Personas Trabajadoras del Sector Ferroviario, tiene como objetivo proporcionar un marco referencial para la correcta identificación de los factores de riesgo de patologías musculoesqueléticas, en los Estudios de Puesto de Trabajo de las personas trabajadoras que se desempeñan como maquinistas de ruta, que permita el análisis para una adecuada calificación del origen de estas enfermedades.

II. INTRODÚCENSE LAS SIGUIENTES MODIFICACIONES EN EL TÍTULO III. CALIFICACIÓN DE ENFERMEDADES PROFESIONALES, DEL LIBRO III. DENUNCIA, CALIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE INCAPACIDADES PERMANENTES:

1. Modifícase el párrafo final del número 3. Evaluaciones de condiciones de trabajo propias de patologías MEES, del Capítulo II. Normas especiales del proceso de calificación de las patologías musculoesqueléticas, de la Letra B. Protocolo de patologías musculoesqueléticas, de la siguiente manera:
 - a) Incorpórase entre las expresiones “Alimentación Escolar y Prescolar” y “, además”, el siguiente texto: “y en personas trabajadoras del sector ferroviario”.
 - b) Elimínase en la expresión “Musculoesqueléticas”, y en el Anexo N°39”, la “y”.
 - c) Agrégase entre las expresiones “Parvularia (PAP)” y “, respectivamente”, el siguiente texto:
“y en el Anexo N°41: “Guía Técnica para la Evaluación de Condiciones de Trabajo en el Proceso de Calificación de Enfermedades Musculoesqueléticas de Personas Trabajadoras del Sector Ferroviario”.
2. Incorpórase en la Letra H. Anexos, el Anexo N°41 “Guía Técnica para la Evaluación de Condiciones de Trabajo en el Proceso de Calificación de Enfermedades Musculoesqueléticas de Personas Trabajadoras del Sector Ferroviario”, que se adjunta a esta circular.

III. VIGENCIA

Las modificaciones introducidas por la presente circular entrarán en vigencia a partir de la fecha de su publicación.

ANDREA VERÓNICA SOTO ARAYA
SUPERINTENDENTA DE SEGURIDAD SOCIAL

DISTRIBUCIÓN:
(Adjunta 1 Anexo)
Mutualidades de empleadores
Instituto de Seguridad Laboral
Empresas con Administración Delegada

ANEXO N°41

GUÍA TÉCNICA PARA LA EVALUACIÓN DE CONDICIONES DE TRABAJO EN EL PROCESO DE CALIFICACIÓN DE ENFERMEDADES MUSCULOESQUELÉTICAS DE PERSONAS TRABAJADORAS DEL SECTOR FERROVIARIO

Índice

1.	Introducción	6
2.	Alcance	6
3.	Objetivo	7
a)	Objetivo general	7
b)	Objetivos específicos	7
4.	Antecedentes	7
5.	Tipos de trenes	7
a)	Componentes	7
b)	Trenes de carga	8
c)	Trenes de pasajeros	8
6.	Procesos críticos	9
a)	Movilización de trenes de carga	9
b)	Movilización de trenes de pasajeros	10
c)	Uso de tornamesa	10
7.	Exposición a vibración de cuerpo entero en trenes	12
8.	Puestos de trabajo analizados en esta Guía Técnica	13
9.	Aspectos críticos a considerar en la evaluación de condiciones de trabajo	14
a)	Antecedentes generales y del trabajo	14
b)	Jornada laboral de los trabajadores ferroviarios	15
c)	Perfil de cargo	16
Maquinista		16
Ayudante de maquinista		16
d)	Descripción del puesto de trabajo	16
Cabina de la locomotora		16
Panel de control de la locomotora		17
Conducción de la locomotora		18
e)	Elementos de protección personal	19
f)	Condiciones ambientales	19
10.	Análisis ergonómico del puesto de trabajo maquinista de tren	20
a)	Antecedentes preliminares	20
b)	Análisis ergonómico de maquinistas de trenes de pasajeros	20
Informe de evaluación postural maquinista tren de pasajeros BMU		20
Informe de evaluación postural maquinista Buscarril Talca - Constitución		26
Informe de evaluación postural maquinista tren de pasajeros servicio Alameda – Rancagua		33
c)	Conclusiones de los análisis ergonómicos de maquinistas de trenes de pasajeros	43
Análisis conjunto de resultados según Método REBA		43
Análisis conjunto de resultados según Norma ISO 11.226		43
Conclusión integrativa de Método REBA y Norma ISO 11.226		44
d)	Análisis ergonómico de maquinistas de trenes de carga	44

Informe de evaluación postural maquinista Locomotora diésel – eléctrica EMD	44
Informe de evaluación postural maquinista tren de carga diésel – eléctrica EMD (recorrido inverso).....	53
Informe de evaluación postural maquinista tren de carga recorrido Alameda – Requinoa.....	61
e) Conclusiones de los análisis ergonómicos de maquinistas de trenes de carga	72
Análisis conjunto de resultados según Método REBA	72
Análisis conjunto de resultados según Norma ISO 11.226	73
Conclusión integrativa de Método REBA y Norma ISO 11.226	73
11. Conclusiones Generales	74
a) Segmentos corporales con potencial afectación musculoesquelética	74
b) Factores de riesgo musculoesquelético que deben evaluarse	75
c) Consideraciones respecto de la exposición a vibraciones	75
d) Requisitos para asegurar la calidad técnica del Estudio de Puesto de Trabajo Musculoesquelético	76

1. Introducción

El sector ferroviario constituye un área estratégica para nuestro país, pues su capacidad de transporte permite asegurar la conectividad territorial, contribuyendo tanto a la movilización de pasajeros como a la cadena logística de carga. En este contexto, los trabajadores ferroviarios son una pieza fundamental para garantizar la operación segura y la continuidad del servicio.

Las tareas de los trabajadores ferroviarios combinan exigencias cognitivas, organizacionales, junto con la exposición a factores de riesgo biomecánicos, todo lo cual podría aumentar la probabilidad de presentar enfermedades musculoesqueléticas relacionadas directamente con el trabajo. La literatura científica internacional referente a maquinistas de locomotoras y personal de transporte urbano y ferroviario, documenta prevalencias relevantes de dolor lumbar, cervical y de hombro, particularmente en los maquinistas, destacando el efecto de la exposición a factores de riesgo ergonómico y factores organizacionales en la ocurrencia de trastornos musculoesqueléticos¹. En una revisión sistemática de la literatura se concluye que existe un riesgo de dos a cuatro veces mayor de presentar dolor cervical y lumbar en este grupo de trabajadores, relacionado con exposición a vibraciones, sedestación prolongada y cabinas no ergonómicas².

En el contexto nacional, la Superintendencia de Seguridad Social instruyó a los organismos administradores del Seguro de la Ley N°16.744 y las Empresas con Administración Delegada, un protocolo de calificación para enfermedades musculoesqueléticas, que contempla la aplicación de un Estudio de Puesto de Trabajo (EPT) para el levantamiento y registro de las condiciones de trabajo, y los criterios de calificación, para una correcta interpretación de la exposición a riesgos musculoesqueléticos. Sin embargo, las características de este trabajo, que se realiza sobre una locomotora en movimiento, la variabilidad de rutas, calidad de las vías férreas, sistema de turnos, entre otras, vuelven muy difícil gestionar el EPT en condiciones reales de trabajo. Por lo tanto, resulta de gran importancia contar con una guía técnica que facilite la información necesaria al momento de evaluar el riesgo ocupacional en el proceso de calificación del origen de las enfermedades musculoesqueléticas en personas trabajadoras del sector ferroviario.

La presente guía técnica es el resultado de un trabajo de largo aliento realizado por la Superintendencia de Seguridad Social, incluyendo reuniones de trabajo con representantes de las personas trabajadoras, empresas del rubro y visitas en terreno, cuyo propósito es constituirse en un documento de referencia para la correcta identificación y evaluación de los riesgos ocupacionales asociados a enfermedades musculoesqueléticas en personas trabajadoras del sector ferroviario.

2. Alcance

Los profesionales que ejecutan o realizan los Estudios de Puesto de Trabajo en terreno, prevencionistas de riesgo y otros profesionales pertenecientes a los organismos administradores del Seguro de la Ley N°16.744, así como para conocimiento de los empleadores y de los trabajadores del rubro, en particular, los integrantes del Comité Paritario de Higiene y Seguridad y dirigentes sindicales.

¹ Leder Horina, J., Blašković Zavada, J., Slavulj, M., & Budimir, D. (2025). Ergonomics Study of Musculoskeletal Disorders Among Tram Drivers. *Applied Sciences*, 15(15), 8348. <https://doi.org/10.3390/app15158348>

² Valencia, M., Valenzuela, S., León, ME., & Rivera, F. (2025). Factores de riesgo ocupacionales y enfermedades profesionales en maquinistas de trenes. Una revisión de la literatura. Serie Proyectos de Investigación e Innovación. Superintendencia de Seguridad Social. Santiago, Chile.

3. Objetivo

a) Objetivo general

Proporcionar un marco con los criterios técnicos mínimos exigibles para la correcta identificación de los factores de riesgo de patologías musculoesqueléticas y su documentación o registro en los Estudios de Puesto de Trabajo Musculoesquelético de las personas trabajadoras ferroviarias, que permita el análisis para una adecuada calificación de origen de estas patologías.

b) Objetivos específicos

- Caracterizar correctamente el puesto de trabajo en relación con la distribución de las tareas por día/semana/mes.
- Identificar tareas y operaciones críticas.
- Registrar en forma correcta y completa la exposición a factores de riesgo musculoesqueléticos para los distintos segmentos, en el Estudio de Puesto de Trabajo.
- Analizar adecuadamente los riesgos biomecánicos presentes en el rubro de trabajadores ferroviarios.

4. Antecedentes

Para la elaboración de esta guía técnica se consideró el estudio titulado “Factores de riesgo ocupacionales y enfermedades profesionales en maquinistas de trenes: una revisión bibliográfica”, realizado en el contexto de los Proyectos de Investigación e Innovación en Prevención de Accidentes y Enfermedades Profesionales, año 2024.

Además, se instaló una mesa de trabajo con dirigentes sindicales de empresas ferroviarias, para recopilar información sobre las condiciones de trabajo de su sector, durante parte del año 2024 y todo el 2025. Junto con esta información, se gestionaron visitas en terreno con las empresas ferroviarias y los dirigentes sindicales del sector, para conocer in situ las locomotoras y realizar distintos recorridos en ruta, verificando las condiciones reales de trabajo y la exposición a factores de riesgo, confeccionando informes de análisis ergonómico que se incorporan a la presente Guía Técnica.

Finalmente, el Instituto de Salud Pública, en el contexto de un proyecto de investigación sobre mediciones de vibración de cuerpo entero en condiciones reales de trabajo, realizó mediciones en terreno, información incorporada en esta Guía Técnica.

En el presente documento se abordan los factores de riesgo para patologías musculoesqueléticas de los maquinistas de trenes de pasajeros y de carga, el que podrá ser actualizado en el futuro, incorporando las modificaciones en las condiciones de trabajo verificadas actualmente.

5. Tipos de trenes

a) Componentes

La locomotora es la máquina autopulsada que circula sobre las vías férreas, cuya cabina interior es operada por el maquinista y el ayudante de maquinista. Es utilizada para traccionar los coches, carros o vagones de un tren.

Se conoce como automotor al equipo rodante autopulsado, compuesto por dos o más coches unidos entre sí por acoplamientos semipermanentes, que son comandados desde la cabina de la locomotora. Los automotores diésel y eléctricos se entienden como trenes indeformables, es decir, son una unidad compacta indivisible para efectos de la operación. Este tipo de trenes están destinados al transporte de pasajeros.

El tren es todo móvil que circula sobre las vías férreas, pudiendo ser una o más locomotoras acopladas en conjunto con uno o más carros o coches. Se distinguen trenes de carga y de pasajeros.

b) Trenes de carga

Los vagones o carros del tren de carga son de diversos tipos, según el tipo de carga que deban transportar.

Figura N°1. Vagones de tren de carga.

Furgón cerrado. Es un tipo de vagón completamente cerrado para proteger la carga (por ejemplo, artículos electrónicos o alimentos congelados).	
Góndola. Vagón de techo abierto y paredes laterales bajas, usado para transportar granel que no requiere protección como minerales, carbón, etc.	
Tolva. Semejante a la góndola, pero permite descargar automáticamente la carga por la parte inferior. Usado en transporte de productos agrícolas como maíz, trigo, etc.	
Carro tanque. Vagones cilíndricos cerrados, diseñados para el transporte de líquidos, gases u otros materiales a granel.	
Plataforma o Flatcar. Superficie plana y abierta para transportar materiales pesados o voluminosos como madera, contenedores, etc.	

c) Trenes de pasajeros

El servicio de tren de pasajeros en Chile es ofertado por la Empresa de Ferrocarriles del Estado (EFE). Como ya ha sido señalado, principalmente se trata de automotores.

Figura N°2. Trenes de pasajeros.



6. Procesos críticos

En el trabajo ferroviario, para efectos de esta Guía Técnica, se ha colocado énfasis en los procesos de movilización de los trenes, estos son: a) La movilización de trenes de carga, b) La movilización de trenes de pasajeros, c) El uso de tornamesa.

Existen otros procesos como, por ejemplo, las maniobras en patio y los trabajos en taller o maestranza. Estos no se incluyen en la presente Guía Técnica, pues las tareas involucradas en esos procesos ocurren en un espacio de trabajo fijo, siendo posible observar la ejecución de las tareas en tiempo real o su demostración en las condiciones de trabajo que existen. Por lo tanto, para realizar el EPT en dichas situaciones, las instrucciones entregadas por la Superintendencia de Seguridad Social en el Anexo N°14 son suficientes para levantar toda la información necesaria en el proceso de calificación del origen de las enfermedades musculoesqueléticas.

Las maniobras en patio, que como se señaló no serán analizadas en esta Guía Técnica, consisten en desenganchar y enganchar carros al convoy. El maquinista avanza o retrocede para ubicarse donde corresponda, recibiendo las instrucciones por otro trabajador que está en patio, que puede ser el ayudante de maquinista o el supervisor de patio. Este último, avisa al maquinista si está cerca para que se detenga. Manualmente, se asegura que los enganches estén alineados y avisa para que retroceda y se enganchen. Una vez que se acopla el enganche manual, el ayudante de maquinista debe conectar el enganche de aire (frenos). Está estrictamente prohibido realizar cualquier acción en patio cuando el tren está en movimiento, lo que incluye subirse o bajarse del tren.

a) Movilización de trenes de carga

En primer lugar, es necesario armar el tren con los vagones de carga, cantidad y tipo según el requerimiento de transporte del cliente. Habitualmente, el máximo de carros a traccionar es de 30, pues es el largo que permite desplazarse por las vías sin riesgo de accidente en un cruce de vías.

La tarea de enganche y desenganche de carros se le denomina maniobras, las que habitualmente se realiza previo a la partida o a la llegada a destino, aun cuando en situaciones particulares pueden requerirse maniobras en plena vía.

En segundo lugar, se debe revisar el tren, la carga, verificando que esté bien estibada, antes de partir a su destino.

Figura N°3. Tren de carga



En ruta, la velocidad de la locomotora depende de distintos factores, como la fuerza que debe ejercer la máquina para traccionar. Por ejemplo, en subida se debe acelerar al máximo, pero la velocidad no es máxima. En ocasiones se debe acelerar mucho para traccionar, pero a la vez, por las condiciones de la ruta, se debe frenar para evitar el descarrilamiento.

Hay diferencias en la conducción según el tonelaje que se transporte, pues mientras mayor peso se traccione, resulta más difícil el frenado. Cabe señalar que al acelerar la locomotora aumenta la vibración y el ruido.

En la vía hay semáforos cada cierto tramo del recorrido. Lo puede observar el maquinista, pero el ayudante de maquinista también va atento, pues en algunos tramos el maquinista no tiene total visibilidad de los semáforos y necesita ese apoyo. Si el semáforo está en rojo, deben detenerse, si está en verde pueden avanzar.

Habitualmente el tren va con 28 a 30 carros, lo que depende del requerimiento del cliente. La capacidad de tracción de la locomotora permite llevar más carros, pero está limitado por las condiciones de la vía férrea, dado que existen puntos de desvío, y si el tren fuera más largo, podría cruzarse con otro que venga en sentido contrario y colisionaría con la cola. Por esa razón el límite máximo de carros es de 30.

b) Movilización de trenes de pasajeros

Habitualmente, para el transporte de pasajeros se utiliza un automotor, que es un tren de coches ensamblados que no se modifican, está definido así de fábrica.

En la movilización de pasajeros, en primer lugar, el maquinista se presenta ante el inspector de línea. Luego debe revisar toda la locomotora antes de iniciar el viaje, lo que implica: i) Visualizar todo el tren, ii) Constatar que todos los instrumentos estén operativos y que no indiquen fallas, iii) Observar en forma muy detenida que todos los elementos de frenado funcionen correctamente, iv) Debe realizar pruebas del sistema de tracción y aceleración del tren, v) Retirar calza, la que se encuentra acuñada en la segunda rueda, primer boggy, lado derecho, pesa aproximadamente 7 kilos y su retiro requiere de una maniobra de inclinación muy discomfortable, por la posición en que se encuentra.

El tren se ubica frente al andén para recibir y dejar pasajeros, que es una especie de acera a lo largo de la vía férrea, de anchura variable y con la altura adecuada para un fácil acceso al tren.

En el transporte de pasajeros siempre se trabaja por el frente corto³. Hay locomotoras que pueden operarse por el frente corto o largo, pero tienen controles para ambos sentidos, por lo cual siempre el maquinista está en una posición que le permite la conducción del tren, si bien la conducción por el frente largo resulta inadecuada ergonómicamente, como se verá en los capítulos siguientes de esta Guía Técnica.

c) Uso de tornamesa

La tornamesa de ferrocarril es una plataforma giratoria que permite el cambio de orientación de locomotoras en ciertos puntos de la red ferroviaria, como estaciones terminales o en talleres, de una forma rápida y eficiente, evitando la implementación de maniobras complejas. La falta

³ Ver punto 9. Aspectos críticos a considerar en la evaluación de condiciones de trabajo, letra d) Descripción del puesto de trabajo

de suficientes tornamesas en la red ferroviaria, específicamente para trenes de carga, obliga a que muchas veces la conducción de las locomotoras se realice por el “frente largo”⁴.

Primero, deben desenganchar los carros de la locomotora del buscarril, para llevarlo hacia donde está la tornamesa. Luego, el ayudante de maquinista empuja la locomotora del buscarril unos metros, para dejar espacio a la locomotora, que debe ir en reversa para acercarse a la tornamesa.

Una vez que el buscarril está sobre la tornamesa, el ayudante de maquinista la gira, empujando con todo el peso del cuerpo. Por lo que se observa, este empuje es inicial, para sacar a la tornamesa de la inercia. Cuando ésta ha girado en 180°, el ayudante de maquinista frena la tornamesa, también ejerciendo fuerza con todo el peso del cuerpo.

La locomotora del buscarril sale de la tornamesa en reversa – se volteó, recordar que ingresó a la tornamesa en reversa – avanzando hacia donde quedaron los carros. Se enganchan y continúa retrocediendo hasta la vía principal.

Figura N°4. Uso de tornamesa.



⁴ Ver punto 9. Aspectos críticos a considerar en la evaluación de condiciones de trabajo, letra d) Descripción del puesto de trabajo



7. Exposición a vibración de cuerpo entero en trenes

Los trabajadores del rubro transporte ferroviario están expuestos a vibraciones de cuerpo entero (VCE), específicamente en los cargos de conducción de trenes de pasajeros y de carga. Aunque esto no es algo discutido por la evidencia científica, su evaluación resulta difícil pues las normativas técnicas y las condiciones del trabajo ferroviario en el mundo presentan diferencias, lo que no hace claramente homologable la exposición a vibraciones ocupacionales entre países.

Por ejemplo, un estudio realizado en Turquía, tomando como referencia la norma ISO 2631-1 y la Directiva de la Unión Europea UE 2002/44/CE, observó que en maquinistas de trenes suburbanos existe exposición a VCE por sobre los límites establecidos⁵; similar conclusión se encuentra en una revisión sistemática de la literatura realizada en el marco de los Proyectos de Investigación e Innovación del año 2025, de la Superintendencia de Seguridad Social, que incluye estudios realizados en Norteamérica y Europa principalmente⁶. Sin embargo, en Chile rige lo establecido en el D.S. N°594, de 1999, del Ministerio de Salud, además que las condiciones de trabajo ferroviario no son necesariamente comparables.

Por otra parte, no existe un procedimiento claro para las especificaciones técnicas sobre emisión de vibraciones en vehículos ferroviarios para su certificación en la compra e importación⁷. En consecuencia, la información que entregue el fabricante sobre emisión de vibraciones, si está disponible, no permite establecer un nivel de seguridad para este agente de riesgo.

La exposición prolongada a este agente de riesgo puede causar trastornos musculoesqueléticos y del sistema nervioso periférico, especialmente a nivel de columna lumbar. Por ello, la exposición a vibraciones ocupacionales por sí solo es un agente de riesgo que debe estar presente en el proceso de calificación de enfermedades profesionales.

La vigilancia médica y ambiental asociada a vibraciones es casi inexistente, por lo que resulta importante contar con algún estándar para establecer relación directa entre exposición a

⁵ Birlik, G. (2009). Occupational exposure to whole body vibration – Train drivers. *Industrial Health*, 47(1), 5 – 10.

⁶ Valencia, M., Valenzuela, S., León, ME., & Rivera, F. (2025). Factores de riesgo ocupacionales y enfermedades profesionales en maquinistas de trenes. Una revisión de la literatura. Serie Proyectos de Investigación e Innovación. Superintendencia de Seguridad Social. Santiago, Chile.

⁷ Riesco García, E. (2020). *VALORACIÓN DE EFECTOS VIBRATORIOS SOBRE CONDUCTORES DE VEHÍCULOS FERROVIARIOS* (Doctoral dissertation). Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales (UPM), Universidad Politécnica de Madrid, Madrid.

vibraciones ocupacionales y enfermedades musculoesqueléticas y del sistema nervioso periférico. En el protocolo de calificación de enfermedades musculoesqueléticas, se ha establecido, en primer lugar, el análisis de la base de datos sobre vibraciones BaseVibra del Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST) de España⁸. No obstante, las condiciones de trabajo y el tipo de locomotoras contenidos en dicha base de datos no son comparables a Chile.

En este contexto, el Instituto de Salud Pública (ISP), con la estrecha colaboración de las empresas del rubro ferroviario y los sindicatos de trabajadores ferroviarios, realizó una serie de mediciones de VCE, comparando los resultados con los límites establecidos en el D.S. N°594 del Ministerio de Salud, y una propuesta de actualización de dicho Reglamento, que establece un límite único de 1,15 mt/seg² para los ejes X, Y y Z, normalizado a 8 horas⁹. Para trenes de pasajeros, las mediciones no superaron los límites establecidos. En el caso de los trenes de carga se presentó una situación similar, si bien presentan mayores niveles de vibración que los trenes de pasajeros, especialmente en el eje Z.

Cabe señalar que, si bien los valores de las mediciones de VCE realizadas por ISP se encontraron por debajo del límite establecido por el D.S. N°594, la muestra no es representativa del rubro ferroviario. Esto, sumado al hecho que la información contenida en BaseVibra del INSST de España no es homologable con la realidad nacional, es imprescindible que los organismos administradores de la Ley N°16.744 implementen un programa de vigilancia por exposición a vibraciones en el rubro ferroviario y, ante casos denunciados por enfermedades musculoesqueléticas y/o del sistema nervioso periférico presuntamente relacionados con exposición a vibraciones ocupacionales, procuren agotar las posibilidades de realizar la medición directa en condiciones reales de trabajo.

Considerar, finalmente, que la exposición a VCE bajo el límite permitido no es asimilable a establecer ausencia de riesgo. La ponderación de la exposición a este agente como riesgo ocupacional, debe hacerse sobre la base de demostrar exposición por sobre el 50% del límite permitido por la normativa y la antigüedad en el cargo con exposición al agente, medido en años.

8. Puestos de trabajo analizados en esta Guía Técnica

Se presenta el puesto de trabajo de maquinistas de trenes. Este cargo no es posible de evaluar en condiciones reales de trabajo al momento de realizar el EPT, por el hecho que se encuentra el tren en movimiento, comenzando el proceso en un lugar y terminando en otro distinto, por lo cual la logística para el profesional encargado resulta muy compleja.

Si bien es cierto que el ayudante de maquinista también desempeña sus funciones con el tren en movimiento, lo observado en la evaluación en terreno demostró que sus funciones no son de exigencia musculoesquelética, sino que mental principalmente, pues debe mantenerse alerta a las condiciones de la vía y el contacto a nivel central mediante radio o teléfono celular.

Se pudo constatar que, para cumplir de buena forma sus funciones, el uso de protectores auditivos no es adecuado, pues no puede usarlos para establecer comunicaciones a nivel central por radio o teléfono. Incluso se verificó que en ciertos tramos el ruido ambiente es

⁸ <https://herramientasprl.insst.es/higiene/exposicion-a-vibraciones> [Consultado el 09-12-2025]

⁹ Instituto de Salud Pública. (2025). *INFORME DE MEDICIONES DE RUIDO Y VIBRACIÓN DE CUERPO ENTERO EN UNA MUESTRA DE POBLACIÓN TRABAJADORA EN EL RUBRO DEL TRANSPORTE EN CHILE*. Instituto de Salud Pública. Santiago, Chile.

cualitativamente tan alto, que el uso de protectores auditivos impide la comunicación con el maquinista.

Las maniobras habitualmente se realizan en patio, previo a la salida del tren o una vez que llega a destino. Si bien es cierto, podría realizar maniobras en la ruta, esta tarea es posible de demostrar en patio, para efectos de realizar el Estudio de Puesto de Trabajo.

No han sido incluidos otros puestos de trabajo, como la tripulación de tren y los mecánicos, pues pueden demostrarse las condiciones reales de trabajo en patio.

9. Aspectos críticos a considerar en la evaluación de condiciones de trabajo

a) Antecedentes generales y del trabajo

La evaluación de condiciones de trabajo, para las patologías musculoesqueléticas de miembro superior y columna cervical en los trabajadores ferroviarios, se realiza aplicando el formato del Estudio de Puesto de Trabajo para patología musculoesquelética (EPT-ME), del segmento afectado que corresponda y, posteriormente, realizando la interpretación de esa información, por medio de la metodología de criterios de calificación contenida en el Anexo N°36 “Criterios de Calificación de enfermedades musculoesqueléticas de extremidad superior” del Compendio del Seguro de la Ley N°16.744.

Como se podrá apreciar en los capítulos siguientes de la presente Guía Técnica, las características de un puesto de trabajo en movimiento geográfico por jornadas largas, vuelven logísticamente muy complejo realizar el EPT-ME. Para hacer que esta evaluación de las condiciones de trabajo sea viable, puede aceptarse su ejecución en un ambiente simulado o demostrativo, como es en una locomotora de patio. Pero para ello es obligatorio considerar todos los elementos técnicos contenidos en esta Guía Técnica y complementar la información con entrevistas a la persona trabajadora afectada y al supervisor directo de la empresa, quien también podrá ser el prevencionista de riesgos o un representante del Comité Paritario de Higiene y Seguridad. Es recomendable involucrar a los dirigentes sindicales en el proceso.

Los antecedentes generales y del trabajo de los EPT-ME proporcionan información importante para la evaluación del puesto de trabajo y el estudio de la enfermedad, entre ella, la ocupación del trabajador y la antigüedad en ésta, así como los horarios de trabajo, los días de la semana trabajados, la existencia de turnos y su rotación, las horas extras, las pausas, entre otros. Estos antecedentes se deben registrar en el apartado del EPT-ME especialmente diseñado para estos efectos, el que se presenta en la siguiente imagen:

ESTUDIO DE PUESTO DE TRABAJO MACROLABOR MUÑECA MANO

ANTECEDENTES GENERALES

ENTIDAD EMPLEADORA

Razón Social

Contacto empresa

Dirección del Centro de Trabajo

Calle y N°

Comuna

Geolocalización

RUT empresa trab.

RUT emp principal

Ciudad

Región

Fecha Informe.

TRABAJADOR

Nombre y Apellidos

Ocupación

Antigüedad en Ocupación actual

RUT

ANTECEDENTES DEL TRABAJO

Jornada	Turnos	Hr. Ingreso	Hr. Salida	Hrs. Jornada	Hrs. Extras	Total Horas
	Día					
	Tarde					
	Noche					
	Especial					

Días laborales	L	M	M	J	V	S	D

Rotación de Turnos

Si/No

Tipo de Rotación

No

Texto libre

Horas extras (HE)

Si/No

N° de horas semanales

Si

Tiempo Total (min)

Pausa oficial (PO)

Si/No

N° de pausas y Duración

Si

Tiempo Total (min)

Pausas no oficiales (PNO)

Si

Pausa para comer (PC)

No

Si

Tiempo total (min)

TPIS

Texto libre

Rotación de puesto de trabajo

Si/No

Tipo de Rotación de Puesto de Trabajo

Si

Texto libre

Fija/Variable (Bono por producción, a trato, por hora)

Tipo de remuneración

Texto libre

Actividades extra-programáticas

Texto libre

PERÍODO DE NO EXPOSICIÓN
(vacaciones, licencia, permiso, trabajo con otras exigencias, etc.)

días/semanas/meses

Descripción

Texto libre

Texto libre

OTROS ASPECTOS

Extremidad a Evaluar

Derecha

¿Trabajador presente? (Si/No)

Si

Lateralidad del trabajador

Zurdo

¿Por qué no está presente?

Texto libre

Observaciones

Texto libre

DATOS DE EJECUCIÓN DEL ESTUDIO

Fecha visita empresa

Hora inicio

Hora término

Nombre del Profesional

Teléfono de contacto

Profesión

Rut

Correo electronico

Firma

b) Jornada laboral de los trabajadores ferroviarios

La jornada de estos trabajadores se rige por el Código del Trabajo, artículo 25 ter, según el cual, la jornada de trabajo no podrá superar las 180 horas mensuales, la jornada diaria no podrá superar las 7.5 horas continuas en el caso de transporte de pasajeros, ni las 9 horas continuas en el caso del transporte de carga; ambos períodos en un lapso de 24 horas. En el caso de trenes de pasajeros, el maquinista no podrá conducir más de 5 horas continuas.

Esta regla puede tener algunas variaciones que se ajustan a la norma, dependiendo de la empresa y la ruta a realizar, en cuyo caso se deberá registrar dicha variación en el informe de EPT.

Puede existir una pausa por retardo en la salida de la locomotora del taller, la que debe ser avisada para la adecuada coordinación del flujo ferroviario. Está prohibido comer en la cabina de la locomotora, por lo que no hay pausa por este concepto. Algunas cabinas tienen baño, pero lo puede utilizar el ayudante de maquinista y por un instante breve, nunca el maquinista.

c) Perfil de cargo

Maquinista

Es el trabajador encargado de la conducción del tren. Además, tiene el mando operativo de la seguridad del tren. Eventualmente, debe hacer maniobras según la carga, y le corresponde transportar carga o pasajeros.

Hay maquinistas de patio y de ruta. Los maquinistas de patio son los que fundamentalmente hacen maniobras. La función del maquinista en patio o en ruta depende de la empresa ferroviaria; algunas diferencian los cargos y en otras el mismo maquinista puede cumplir funciones tanto en patio como en ruta.

Debe revisar el tren antes de salir y al terminar su recorrido, el que consiste en revisar niveles de aceite, rodado, sistema de frenos y mangueras de aire.

El maquinista de pasajeros debe conducir locomotoras o automotores, velando por la seguridad de los pasajeros, tripulación y equipos, respetando la normativa ferroviaria.

Cuando al trabajador le corresponde realizar funciones como maquinista de patio, tarda 4 horas aproximadamente en realizar maniobras y va a dejar el tren a un destino corto. El maquinista de ruta, en cambio, realiza menos maniobras, tal vez una en el trayecto.

Para acceder al cargo de maquinista de tren se debe contar con cierta antigüedad en el rubro. Los trabajadores ingresan como ayudante de maquinista habitualmente. Se debe hacer un curso teórico de 3 meses, luego EFE exige el cumplimiento de horas de práctica con un maquinista de monitor por un lapso de 3 meses adicionales, luego una prueba teórica y práctica, tras lo cual EFE habilita a la persona trabajadora para manejar cierto tipo de locomotoras y en ciertos sectores.

Ayudante de maquinista

Obedece las instrucciones del Maquinista. Es corresponsable en la observación de señales y cumplimientos de instrucciones de movilización y del resguardo de la documentación del tren. Puede sustituir al Maquinista en la conducción del tren en caso de emergencia.

La revisión del tren se realiza en conjunto con el maquinista, pero si el tiempo es escaso, sólo lo realiza el ayudante de maquinista. La revisión de la locomotora se realiza en 15 minutos aproximadamente y el resto del equipo en unos 45 minutos, es decir, 1 hora en total. Generalmente se hace una vez por turno.

d) Descripción del puesto de trabajo

Cabina de la locomotora

El lugar de trabajo es la cabina de la locomotora. Existe una diferencia notoria entre la locomotora de pasajeros y la de carga, pues en la primera los controles están frente al maquinista, siendo la posición sentado mirando hacia adelante. En cambio, en la locomotora de carga, pueden presentarse posturas disergonómicas, que se indicarán a continuación.

Habitualmente, como máximo van 2 trabajadores en la cabina: el maquinista y el ayudante de maquinista

El tamaño de la cabina de la locomotora de carga es de 2x3 metros aproximadamente.

El asiento del maquinista tiene palancas que permiten rotar, mover hacia adelante y atrás, y reclinar el respaldo. Pueden atascarse al cambiar el asiento de posición, lo que depende de la adecuada mantención del mismo

Figura N°5. Asiento del maquinista de tren.



Panel de control de la locomotora

Vigilancia automática (sistema “hombre muerto”)

Es un sistema que previene accidentes ferroviarios en caso que el maquinista no se encuentre en condiciones de operar el tren por situaciones de emergencia como desmayo, pérdida de conciencia o abandono de la cabina por cualquier causa. Según sea el tipo de locomotora, el sistema se activa con el pie o con la mano.

En la activación con el pie, el maquinista debe presionar un pedal cada 30 segundos para iniciar una nueva secuencia; si no lo hace, en forma automática se activa el freno de emergencia.

En la activación con la mano, existe en el tablero de controles un botón que debe presionar cada 23 segundos como máximo para iniciar una nueva secuencia; de no hacerlo, se activa el freno de emergencia automáticamente.

Sistema de frenado y acelerado

Los automotores más modernos, es decir, en rodaje desde los últimos 5 años, utilizan frenado eléctrico prioritariamente y en forma secundaria el frenado neumático. Los automotores más antiguos priorizan el frenado neumático.

El frenado eléctrico funciona con fuerza electromotriz. Se le introduce corriente a un motor eléctrico por contrafuerza electromotriz, de modo que haga la fuerza de tracción en forma inversa (corriente inversa).

El frenado neumático lo tienen todos los trenes y funcionan en base a válvulas neumáticas, con zapatas o discos de frenos, similar a los automóviles. Tienen un frenado por aire, similar a los camiones.

La locomotora tiene una manilla de freno independiente y otra automática. La manilla automática frena todo el tren y la manilla independiente frena sólo la locomotora. En los trenes de pasajeros se manejan las manillas de freno por separado y en los más modernos se manejan con la misma palanca.

El acelerador es distinto al freno. En los trenes de carga es una palanca, pero en los trenes de pasajeros es un dispositivo parecido a un volante. En ambos casos tienen puntos de aceleración. Los trenes de pasajeros más nuevos tienen un joystick.

Uso de claxon

Para accionar el claxon o bocina, debe bajar una palanca, lo que implica un esfuerzo Borg 5¹⁰. En general, se observa que durante un recorrido se debe tocar muchas veces el claxon, en particular, cuando el tren pasa por cruces ferroviarios y cuando pasa por zonas pobladas, pues suele ocurrir que hay cruce de animales y personas por lugares no habilitados.

Conducción de la locomotora

Se denomina Frente a los extremos o caras delantera y trasera de la locomotora.

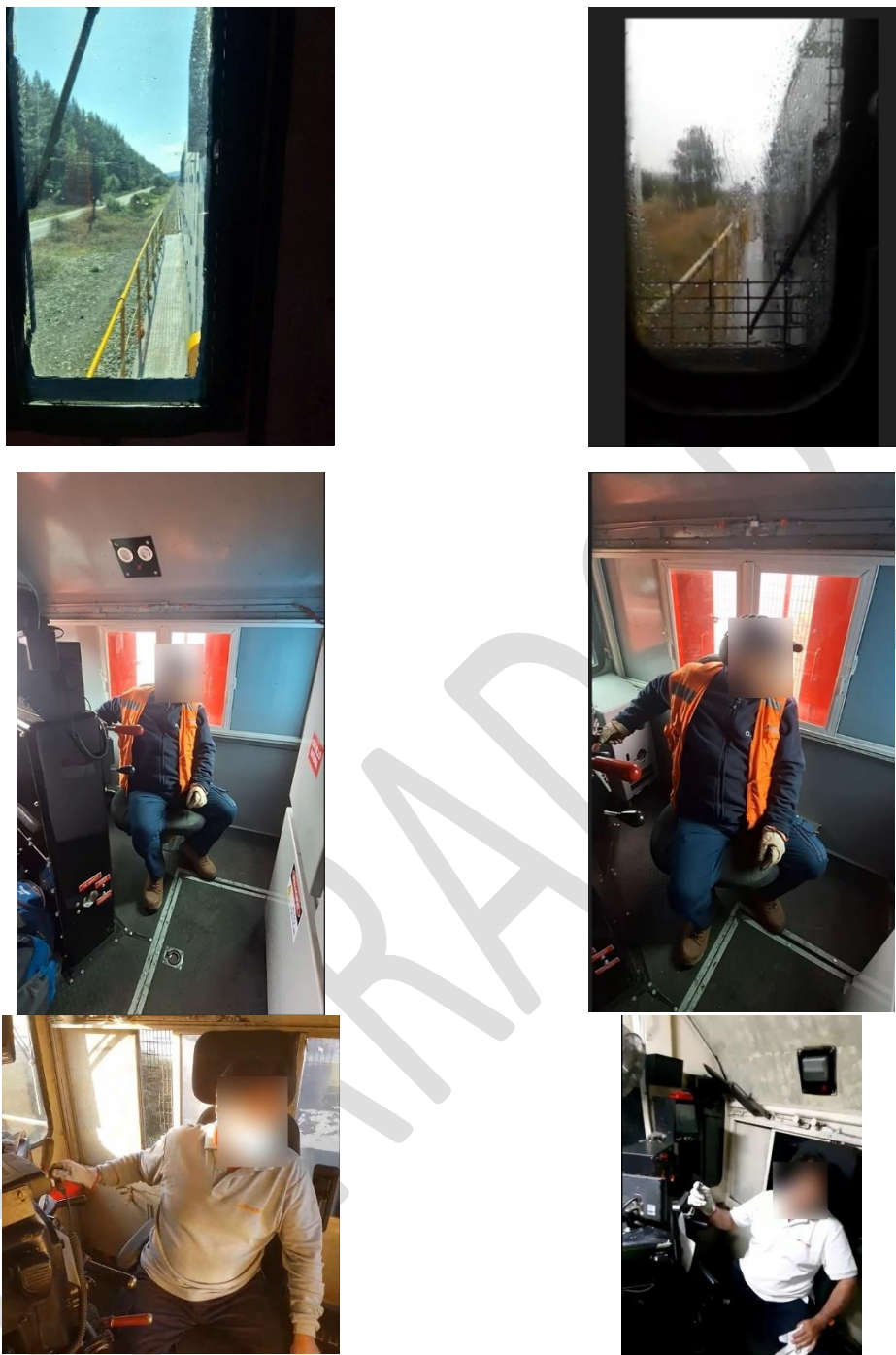
El tablero de comandos está ubicado de tal forma que la posición adecuada para conducir el tren es por el Frente Corto o Frente 1, pues el maquinista queda sentado recto mirando hacia el frente, teniendo los controles al alcance sin esfuerzo. En el caso de los trenes de pasajeros, siempre el maquinista tiene la visibilidad por el Frente Corto, pero los trenes de carga pueden tener visibilidad por el Frente Corto o por el Frente Largo.

En el caso del Frente Largo o Frente 2, el maquinista conduce la locomotora en reversa, lo que no está impedido por la normativa. El maquinista, para ver la vía férrea, debe mantener el cuerpo y la cabeza rotada, con el hombro en abducción mantenida sujetando el acelerador. En general, el maquinista cuando conduce el tren por el Frente Largo, tiene una visibilidad más limitada, porque hay elementos que bloquean la visual. Algunas locomotoras tienen incorporadas cámaras que buscan facilitar la visibilidad cuando conducen por el Frente Largo.

La conducción por el Frente Largo se debe al hecho que cuando los trenes llegan a destino, no se dispone de una plataforma tornamesa para girar la locomotora. De tal modo que, para regresar, se debe conducir en reversa.

¹⁰ Para esta estimación se consultó a los trabajadores directamente, dando las explicaciones de modo que no confundieran uso de fuerza con fatiga. Por otra parte, los profesionales de SUSESO verificaron el uso de fuerza que debían aplicar para hacer sonar el claxon, presentando concordancia con lo expresado por los trabajadores.

Figura N°6. Conducción del tren por frente largo.



e) Elementos de protección personal

Utilizan chaleco reflectante, protectores auditivos, zapatos de seguridad y guantes.

f) Condiciones ambientales

Las locomotoras de los trenes de carga, en general, no tienen adecuados sistemas de aire acondicionado y el cierre de las cabinas no es hermético, por lo cual falta protección respecto de la temperatura ambiente: en verano no se disipa el calor y en invierno ingresa frío y viento.

La visibilidad con la lluvia disminuye bastante. Las ventanas tienen limpiaparabrisas, pero de todos modos la visibilidad resulta limitada.

10. Análisis ergonómico del puesto de trabajo maquinista de tren

a) Antecedentes preliminares

A partir de la información obtenida durante ciclo de entrevistas del equipo técnico de la Intendencia de Seguridad y Salud en el Trabajo de la Superintendencia de Seguridad Social con trabajadores ferroviarios, e información documental complementaria de evaluaciones anteriores de puestos de trabajo entregada por estos mismos, se decidió llevar a cabo evaluaciones posturales, de acuerdo con la descripción del puesto de trabajo de maquinista y las dolencias manifestadas por los trabajadores.

La evaluación postural realizada a través de observación directa, comprendió la realización de un estudio de tiempos del puesto de trabajo del maquinista de tren, durante la conducción, registro fotográfico de tronco, extremidades superiores, incluyendo columna cervical, registro en video de las operaciones asociadas a la tarea propia del cargo; además de la obtención de información de forma verbal a partir de preguntas realizadas por el observador durante el desarrollo de la tarea.

La información obtenida desde las fuentes antes señaladas fue utilizada para aplicar las metodologías de evaluación postural REBA e ISO 11.226, ambas, herramientas normadas por el Protocolo de Vigilancia Ocupacional de Factores de Riesgo de Trastornos Musculoesqueléticos, del Ministerio de Salud, para la evaluación de factores de riesgo posturales.

Cabe señalar que en este análisis ergonómico se hizo una revisión integral de los factores y agentes de riesgo ocupacionales relacionados directamente con patologías musculoesqueléticas que afectan diversos segmentos corporales, que se encuentran especificadas en el protocolo de calificación de enfermedades profesionales del Compendio del Seguro Ley 16.744 o pueden deducirse del listado de enfermedades profesionales del D.S. N°109, de 1968, del Ministerio del Trabajo y Previsión Social. En el proceso de calificación de origen de enfermedad, debe tenerse en cuenta la denuncia de enfermedad profesional del trabajador (DIEP) y el segmento anatómico comprometido, según la información que la persona trabajadora aporte.

Se analizaron puestos de trabajo de maquinista en trenes de pasajeros y de carga, que se detallan a continuación.

b) Análisis ergonómico de maquinistas de trenes de pasajeros

Informe de evaluación postural maquinista tren de pasajeros BMU

Se analiza la tarea de conducción de tren de pasajeros en el trayecto entre las ciudades de Santiago y Talca.

Descripción de la tarea

La tarea de conducción se realiza en frente corto con el maquinista en posición sedente durante todo el trayecto de Santiago a Talca. El tiempo total de conducción en dicho trayecto fue de 3 horas y 31 minutos¹¹.

Durante todo el tiempo que se realiza la tarea de conducción, se llevan a cabo principalmente 2 operaciones manuales de controles que se encuentran frente al asiento del maquinista:

- Control de velocidad del tren mediante accionamiento de control de aceleración con extremidad superior derecha (Ver Figura N° 7).
Esta operación se encuentra determinada por la detención y puesta en marcha en estaciones terminales e intermedias, disminución y aumento de velocidad por curvas

¹¹ El recorrido completo termina en Chillán, lo que significa 1 hora más aproximadamente.

puentes, túneles, cruces y alertas en la vía informadas por la ayudante de maquinista, provenientes de la central “control de vía”.

- Activación del Claxon realizada con extremidad superior izquierda (Ver Figura N° 8).
El Claxon es activado ante las mismas situaciones señaladas en la operación de control de velocidad del tren.

Figura N° 7. Control de velocidad del tren.



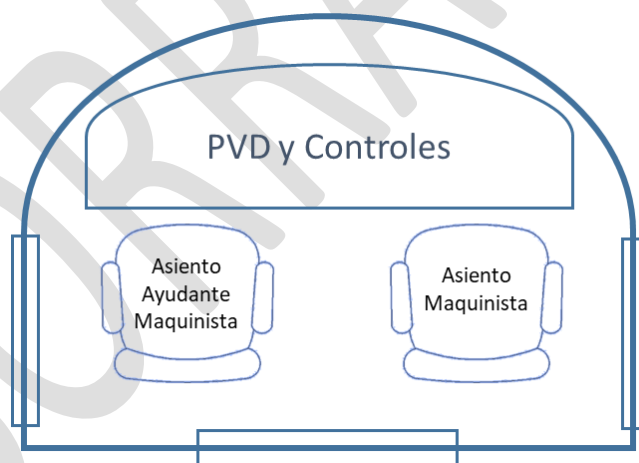
Figura N° 8. Activación de Claxon.



Se registran 7 paradas en estaciones intermedias de duración entre 1 a 5 minutos, en las cuales el maquinista mantiene su posición sedente, sin operación manual de los controles.

En términos de atención visual, la mayor parte del tiempo la vista se mantiene hacia adelante observando la vía férrea, alternándose con el control visual de la información de funcionamiento del tren entregada en las pantallas de visualización de datos (PVD) al frente del panel de operación, las cuales poseen interfaces con buen contraste entre colores.

Figura N° 9: Lay-out Cabina Tren BMU



Durante 2 horas de la jornada existen maniobras de cambio de vías y posicionamiento del tren que no fueron observadas ni analizadas desde el punto de vista postural.

Condiciones del equipo y el entorno

El tren de pasajeros es un equipo moderno con la mayoría de los sistemas que opera e interactúan con el maquinista funcionando de forma óptima. Circula por una línea férrea en buenas condiciones sin pendientes pronunciadas.

Las butacas del maquinista y ayudante de maquinista son regulables en altura, profundidad e inclinación, amortiguadas y acolchadas, brindando apoyo lumbar y dorsal.

Gran parte del recorrido observado fue nocturno, con buena visibilidad (180 metros aproximadamente). Sin embargo, la visibilidad se ve reducida en muchas ocasiones por la niebla diurna, logrando ver sólo 5 metros por delante del tren.

Análisis postural

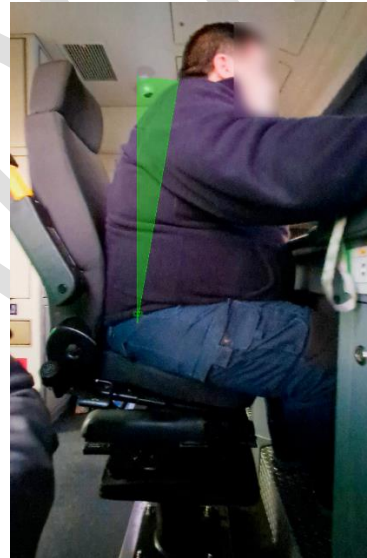
Descripción de posturas adoptadas

- **Cuello:** Al momento de visualizar información desde PVD se observa leve flexión de cuello menor a 20° con torsión hacia la izquierda. En ocasiones dicha postura se mantiene por más de 4 segundos (Ver Figura N° 10).
- **Piernas:** En posición sedente, existe flexión sostenida de ambas rodillas sin mayor restricción postural, variando entre 100° y 120° aproximadamente durante el desarrollo de la tarea, pues el sistema de “hombre muerto” se activa presionando una pedalera que abarca la distancia entre ambos pies (Ver Figura N° 10).
- **Tronco:** Siempre en postura simétrica. Cuando la conducción requiere mayor agudeza visual por condiciones sub-óptimas de visibilidad o se requiere elevar la atención para detectar algún objeto en la vía o aledaño a esta, el maquinista debe flexionar su tronco en 15° aproximadamente, respecto de su postura neutral o de referencia, perdiendo apoyo dorsal con protracción cervical¹² (Ver Figura N° 11).

Figura N° 10. Visualización PVD



Figura N° 11: Inclinación de tronco



- **Hombros:** Durante la operación de control de velocidad realizada con la extremidad derecha, el hombro se mantiene en posición sostenida de flexión y abducción combinada en 52° y 20° respectivamente, esta última, respecto de su angulación de referencia, existiendo apoyo de la extremidad en la zona del antebrazo en el panel de controles. Existe leve variación en el ángulo de flexión de hombro cuando se acelera (antebrazo se desplaza hacia adelante) o desacelera (antebrazo se desplaza hacia atrás) (Ver Figura N° 12). En tanto, durante la operación de accionamiento del claxon, de igual manera el hombro izquierdo se mantiene en posición sostenida de flexión y abducción combinada en 50° y 12° respectivamente, esta última, respecto de su angulación de referencia, existiendo apoyo de la extremidad en la zona del antebrazo en el panel de controles.
- **Codos:** Ambos codos se mantienen sostenidamente en flexión con los antebrazos apoyados en el panel de controles, en una angulación de 93° para el codo derecho y 90° para el codo izquierdo. Existe leve variación en la angulación de flexión de codo derecho cuando se acelera (antebrazo se desplaza hacia adelante) o desacelera (antebrazo se desplaza hacia atrás).
- **Antebrazo y Muñecas:** Durante la operación de control de velocidad realizada con la extremidad derecha, la muñeca se mantiene sin lateralización, flexión, extensión, antebrazo sin pronación o supinación, toda vez que la aceleración y desaceleración se

¹² Protracción cervical o anteropulsión: Cuello proyectado hacia adelante.

logran desplazando el antebrazo hacia adelante y hacia atrás, respectivamente. Sólo en ocasiones aisladas, la aceleración máxima del tren es realizada con lateralización cubital de la muñeca (Ver figura N° 13).

El antebrazo izquierdo se mantiene sostenidamente en pronación de hasta 90° con la mano sobre el joystick del claxon y muñeca en extensión que varía entre los 20° en posición de reposo y 10° en flexión aproximadamente cuando es activado.

Figura N° 12.
Flexión hombro Derecho



Figura N° 13
Aceleración con lateralización muñeca



- **Manos y dedos:** Para la operación de aceleración con la mano derecha se utiliza agarre palmar con pulgar extendido de manera sostenida con uso de fuerza débil (Ver Figura N°14).
- En tanto, para la operación del claxon con la mano izquierda, se utiliza agarre palmar tipo joystick, con uso de fuerza débil a moderado ejercida por los dedos (Ver Figura N°15).

Figura N° 14. Agarre mano derecha.

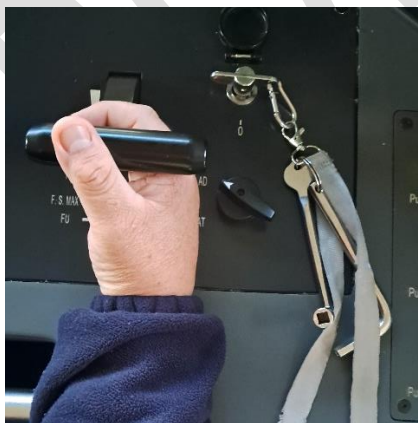
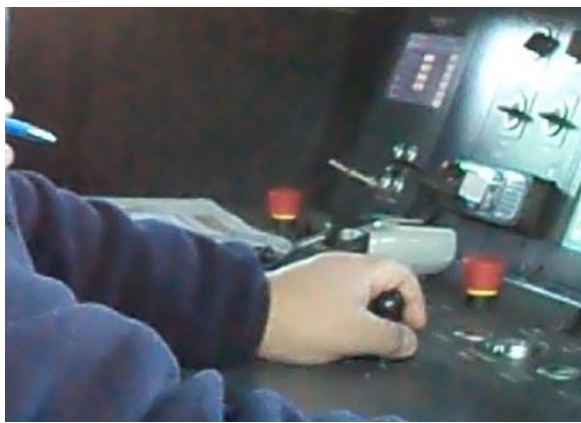


Figura N° 15. Agarre mano izquierda.



La posición sostenida señalada para para los distintos segmentos de ambas extremidades superiores puede extenderse por hasta 50 minutos con leves variaciones de postura. Sólo durante las detenciones no existe operación manual de controles y claxon, pausando el trabajo de ambas extremidades distales, con mantención de la posición sostenida descrita para hombros y codos.

Grupo A: Análisis de cuello, piernas y tronco.

- Para el segmento cuello se obtuvo una puntuación de 2 dada por una flexión menor a 20° y la torsión hacia la izquierda para observar las PVD.
- En cuanto a ambas piernas, se obtuvo un puntaje de 1 por la posición sedente, sin necesidad de corrección por la amplitud de la flexión de ambas rodillas.
- El segmento tronco obtuvo una puntuación de 2 por observarse flexión menor a 20° sin torsión ni inclinación lateral.
- El factor Carga/Fuerza fue evaluado con el puntaje mínimo igual a 0.

De la ponderación integrada por los puntajes de los segmentos antes señalados, se obtuvo un resultado de 3.

Grupo B: Análisis de brazo, antebrazo y muñeca de extremidad derecha.

- El segmento antebrazo obtuvo un puntaje de 2 por operar en una angulación menor a 60°.
- La muñeca derecha obtuvo un puntaje de 2 por posicionarse en flexión o extensión menor a 15° pero con desviación lateral ocasional.
- El brazo derecho se ubica en el rango de postura flexionada entre 45° y 90°, con abducción combinada, pero con apoyo en el antebrazo, obteniendo un puntaje de 3
- En cuanto al agarre del control del acelerador, se obtuvo el menor puntaje igual a 0, por consistir en buen agarre palmar con buen uso de la fuerza.

De la ponderación integrada por los puntajes de los segmentos antes señalados, se obtuvo un resultado de 5.

Grupo B: Análisis de brazo, antebrazo y muñeca de extremidad izquierda.

- El segmento antebrazo obtuvo un puntaje de 2 por operar en una angulación menor a 60°.
- La muñeca izquierda obtuvo un puntaje de 3 por posicionarse en extensión mayor a 15° con el antebrazo en pronación.
- El brazo izquierdo se ubica en el rango de postura flexionada entre 45° y 90°, con abducción combinada, pero con apoyo en el antebrazo, obteniendo un puntaje de 3
- En cuanto al agarre del claxon, se obtuvo el menor puntaje igual a 1, por consistir en agarre palmar tipo joystick aceptable.

De la ponderación integrada por los puntajes de los segmentos antes señalados, se obtuvo un resultado de 6.

La ponderación total para los segmentos corporales del lado derecho resultó con un valor 5, considerando que varios de estos segmentos permanecen en postura estáticas como factor agravante. Misma situación ocurre para los segmentos corporales del lado izquierdo, que resultó en un valor de 6. **Ambos resultados se encuentran en un nivel de acción "Necesario".**

Postura de tronco.

Las características posturales evaluadas para este segmento se presentan todas en condiciones aceptables, por falta de asimetría, flexión menor a 20° respecto de la postura de referencia y posición sedente con postura convexa de la columna lumbar.

Postura de cabeza.

Las características posturales de inclinación y flexión se presentan en condiciones aceptables, ambas con angulaciones menores a 25° respecto de la postura de referencia.

En tanto, se presenta asimetría de cuello dada la rotación axial (hacia la izquierda) al observar PVD, resultando en una condición “No recomendada”.

Posturas de hombro y brazo.

Tanto para hombros y brazos de ambos lados del cuerpo (derecho e izquierdo), se presentan todas las características posturales evaluadas en condiciones aceptables, sin posturas forzadas de brazos, elevación de los mismos por debajo de los 20° y sin hombros elevados.

Posturas de codos, antebrazos y muñecas.

Para segmentos del lado derecho del cuerpo, las características posturales se presentan todas en condiciones aceptables, sin flexión extrema de codo (angulación resultante menor a 150°), prono/supinación de antebrazo o postura extrema de muñeca (lateralización cubital menor a 30°).

Para segmentos del lado izquierdo del cuerpo, las características posturales de flexión extrema de codo y postura extrema de muñeca (extensión), se presentan en condiciones aceptables por ángulos resultantes menores a 150° y 90°, respectivamente. No obstante, se presenta pronación extrema (90°) de antebrazo, catalogada como una condición “No recomendada”.

Dada la escasa posibilidad de registro fotográfico detallado de posturas asociadas a extremidades inferiores, no fue posible evaluar dicho segmento con el Método ISO 11.226.

Conclusiones del informe

La tarea de conducción de tren BMU implica una exposición prolongada a posturas estáticas, particularmente en tronco, cuello y extremidades superiores, debido al carácter continuo del trayecto y a que el maquinista permanece sentado durante la totalidad de la operación observada (más de 3,5 horas continuas), por lo que constituye un factor crítico, especialmente en métodos requeridos por el Protocolo TMERT y no puede ser soslayado.

Las posturas observadas en cuello, tronco y piernas son mayormente aceptables según el Método ISO 11.226, excepto por la rotación axial sostenida del cuello durante la lectura de PVD, la cual constituye una condición “No recomendada” según la Norma.

Por tanto, obligatoriamente se debe incluir en la evaluación la identificación de rotaciones cervicales sostenidas y su duración, dado que este factor puede contribuir al riesgo de trastornos musculoesqueléticos cervicales, aun cuando la flexión no supere los límites aceptables. Cabe señalar que, según información complementaria obtenida durante la observación, se identificaron modelos de trenes de mayor antigüedad (UT y UTS) con espejos retrovisores que deben mirarse en cada curva que toma el tren, adoptando posturas en angulaciones extremas en la rotación axial de cuello.

Asimismo, en la información complementaria recopilada durante la observación, se identificaron asientos de otros modelos de tren, sin sistema de ajuste a la antropometría del

trabajador y posición de conducción, obligándoles a conducir con el tronco y cuello girados por más de 300 km, por lo que la evaluación de riesgo debe incluir la identificación de giros de tronco sostenidos y su duración.

Las extremidades superiores presentan demandas diferenciadas entre ambos lados del cuerpo, propias de la operación bimodal de aceleración (derecha) y claxon (izquierda).

Los resultados del Método establecido en la Norma ISO 11.226 también muestran que el antebrazo izquierdo opera en pronación extrema (90°), clasificada como “No recomendada”, lo que coincide con el puntaje elevado obtenido en REBA para ese mismo segmento. Esto releva la necesidad de identificar rangos articulares extremos en la evaluación, aunque no excedan límites de flexión o extensión, ya que pueden constituir factores de riesgo en tareas estáticas prolongadas.

El método REBA clasifica ambas extremidades en nivel de acción “Necesario”, con puntajes de 5 (derecha) y 6 (izquierda) por posturas mantenidas, uso repetido y presencia de desviaciones articulares en muñeca y hombro, aun cuando la fuerza ejercida es mínima. Dado que el diseño del puesto de trabajo genera exposiciones distintas según lateralidad, es un elemento a considerar en la evaluación del riesgo.

El asiento del maquinista resulta ergonómicamente adecuado y adaptable al trabajador, con apoyo lumbar, regulación y amortiguación. Sin embargo, la evaluación demuestra que existe flexión de tronco en situaciones de visibilidad sub-óptima, acompañada de protracción cervical, lo cual aumenta la carga biomecánica sobre la columna. Por tanto, se recomienda reportar en el EPT las condiciones operacionales del entorno (visibilidad, interacción con PVD, iluminación y tensiones atencionales), pues estas influyen en la postura aun cuando el equipamiento sea ergonómicamente adecuado.

En ambos métodos se observa que las posturas estáticas sostenidas por periodos de hasta 50 minutos generan agravamiento del nivel de riesgo, incluso cuando la amplitud articular se mantiene mayormente dentro de rangos aceptables. Esto implica colocar énfasis en la dimensión temporal (duración y frecuencia), coherente con los principios del Protocolo TMERT.

La evaluación permite concluir que las operaciones manuales del acelerador y claxon implican posturas forzadas moderadas, con soporte parcial en antebrazos, pero con participación sostenida de hombro, codo y muñeca, no excluyendo riesgo para el desarrollo de trastornos musculoesqueléticos, lo que debe ser relevado, toda vez que el uso de fuerza no es significativa.

Finalmente, la combinación de resultados REBA e ISO 11.226 dan cuenta de que, aunque el puesto cuenta con elementos ergonómicos adecuados, persisten factores de riesgo musculoesquelético derivados principalmente de posturas mantenidas, rotación cervical sostenida y pronación extrema de antebrazos que debieran ser considerados en el proceso de calificación de enfermedades musculoesqueléticas para maquinistas.

[Informe de evaluación postural maquinista Buscarril Talca - Constitución](#)

Se analiza la tarea de conducción de tren Buscarril pasajeros en el trayecto entre las ciudades de Talca y Constitución.

[Descripción de la tarea](#)

La tarea de conducción se realiza en frente corto con el maquinista en posición sedente durante todo el trayecto de Talca a Constitución. El tiempo total de conducción en dicho trayecto es de 3 horas y 20 minutos.

Durante todo el tiempo que se realiza la tarea de conducción, se llevan a cabo principalmente 2 operaciones manuales de controles que se encuentran frente al asiento del maquinista y 2 operaciones realizadas con las extremidades inferiores:

- Control de velocidad del tren mediante accionamiento de pedal de aceleración con extremidad inferior derecha.
Esta operación se encuentra determinada por la detención y puesta en marcha en estaciones terminales e intermedias, disminución y aumento de velocidad por curvas puentes, túneles, cruces y alertas en la vía informadas por sistema de radio desde la central que controla la vía.
- Control de frenado del tren mediante accionamiento de control manual de frenado con extremidad inferior derecha (Ver Figura N° 16).
Este control es activado ante las mismas situaciones señaladas en la operación anterior.
- Activación del Claxon realizada con extremidad superior izquierda (Ver Figura N° 16).
El Claxon es activado ante las mismas situaciones señaladas en la operación de control de velocidad del tren.
- Activación del pedal del sistema de “hombre muerto” ubicado bajo el panel de controles.
El pedal se activa presionándolo siempre con el pie izquierdo cada 15 a 20 segundos.

Se registran 9 paradas en estaciones intermedias y 1 por cambio de vía, con una duración entre 30 segundos y 3.5 minutos, en las cuales el maquinista mantiene su posición sedente, sin operación manual de los controles, con excepción de una estación donde el tiempo de detención es de 10 minutos y el maquinista desciende del Buscarril.

En términos de atención visual, se mantiene la vista por la mayor parte del tiempo hacia adelante observando la vía férrea, alternándose con el control visual de la información entregada por una pantalla de visualización de datos (PVD) ubicada diagonalmente a la izquierda respecto de la posición de conducción e indicadores principalmente análogos ubicados en el plano vertical donde también se ubican los controles manuales (Ver Figura N°17).

Figura N° 16. Operaciones manuales



Figura N° 17. Disposición PVD e indicadores.



Dado que no cuenta con ayudante de maquinista, la comunicación con la central que controla la vía la realiza el mismo maquinista con equipo de radio ubicado al costado izquierdo de este.

Durante aproximadamente 1 hora de la jornada existen maniobras de giro, posicionamiento del tren, que no fueron observadas ni analizadas desde el punto de vista postural para el puesto de trabajo de maquinista.

Condiciones del equipo y el entorno

El tren de pasajeros es un equipo antiguo con algunos sistemas operando de forma sub-óptima reparados por la empresa, adulterando algunos aspectos de diseño, como las mangueras instaladas en parte del espacio destinado para el posicionamiento de las piernas del maquinista ubicado bajo el panel de controles, reduciendo el espacio y capacidad de movilidad de las extremidades inferiores (Ver Figura N°18).

En tanto, el diseño original del Buscarril también presenta problemas, existiendo restricción postural en el lado derecho del espacio destinado al maquinista, limitada por la misma estructura de la cabina.

Dada la falta de hermeticidad de la cabina, el maquinista manifiesta exponerse a condiciones de discomfort térmico por calor o frío dependiendo la estación del año, constituyendo este último un factor agravante asociado a trastornos musculoesqueléticos.

La línea férrea se encuentra condiciones aceptables, con algunas deformaciones en la linealidad de los rieles, sin observarse pendientes pronunciadas.

La butaca del maquinista no es regulable en altura, profundidad o inclinación, no cuenta con sistema de amortiguación. Además, su base no se encuentra afianzada a ninguna estructura fija, oscilando en múltiples direcciones con los movimientos del tren, desplazando constantemente el centro de masa del trabajador, quien intenta mantener una postura erguida de su espalda durante la tarea. No obstante, la butaca brinda apoyo lumbar y dorsal con asiento y respaldo acolchado (Ver Figura N°19).

Gran parte del recorrido observado fue diurno con mala visibilidad durante al menos un tercio del recorrido (Ver figura N°17), mejorando con el pasar del tiempo durante la mañana.

Figura N° 18. Espacio para las piernas.



Figura N° 19. Butaca maquinista.



Análisis Postural

Descripción de posturas adoptadas

- **Cuello:** Al momento de visualizar información desde PVD se observa giro de cuello hacia la izquierda, postura no mantenida por más de 4 segundos. Además, se observa giro hacia la derecha al observar espejo retrovisor por períodos menores a 4 segundos.

- **Piernas:** En posición sedente, existe flexión sostenida de ambas rodillas con fuerte restricción postural, manteniéndose durante gran parte de la tarea en flexión menor a 40° , con leve variación en la rodilla izquierda, pues el sistema de “hombre muerto” se activa presionando un pedal con el pie izquierdo.
Con el pie derecho sin apoyo del talón y el tobillo en flexión, presiona de manera sostenida y en un rango variable el pedal del acelerador. Dada las restricciones de espacio de la cabina, no fue posible observar el rango angular en el que se distribuye el movimiento del tobillo.
- **Tronco:** Se mantiene durante toda la tarea de conducción en postura asimétrica de tronco con lateralización hacia la izquierda producto de la restricción postural existente en el lado derecho del espacio destinado al maquinista, limitada por la misma estructura de la cabina y agudizada por la búsqueda de apoyo con el antebrazo izquierdo que debe realizar para compensar el equilibrio y mantener una postura erguida del tronco ante los movimientos oscilantes del tren, con un asiento suelto sin afianzamiento al piso (Ver Figura N°20). Además, se observa una leve flexión.

Figura N° 20. Lateralización de tronco.



- **Hombros:** Durante la operación de control de frenado realizada con la extremidad derecha, el hombro se mantiene en posición sostenida de flexión y leve abducción combinada en 60° y 19° de angulación respectivamente, esta última, respecto de su angulación de referencia, no existiendo apoyo de la extremidad en la zona del brazo y antebrazo. Esta postura está fuertemente determinada por la limitación que ofrece la estructura del lado derecho de la cabina.
En tanto, durante la operación de accionamiento del claxon, de igual manera el hombro izquierdo se mantiene en posición sostenida de flexión y abducción combinada en ángulos de 40° y 54° respectivamente, esta última, respecto de su ángulo de referencia, existiendo apoyo de la extremidad en la zona del antebrazo en la estructura lateral izquierda (cubierta de motor).
- **Codos:** Ambos codos se mantienen sostenidamente en flexión, en un ángulo de 31° para el codo derecho y 70° para el codo izquierdo.
Mientras la extremidad izquierda cuenta con apoyo en codo, antebrazo y mano, la extremidad derecha sólo se apoya en la mano que opera el control de frenado, todo el resto de los segmentos se mantienen sin apoyo.

- **Antebrazo y Muñecas:** Durante la operación de control de frenado realizada con la extremidad derecha, el antebrazo se mantiene en pronación sostenida de hasta 90° con la mano agarrando la palanca de freno; la muñeca se mantiene en lateralización cubital en un ángulo de 24° con variación de esta en un rango no registrado en la observación, dependiendo de la acción de aumento o reducción la acción de frenado, sin flexión o extensión observable (Ver Figura N° 21).

El antebrazo izquierdo se mantiene sostenidamente en pronación de hasta 90° con la mano sobre el claxon y muñeca en lateralización cubital de 17° que varía levemente cuando el claxon es accionado (Ver Figura N° 22).

Figura N° 21. Extremidad derecha.



Figura N° 22. Extremidad izquierda.



- **Manos y dedos:** Para la operación de frenado con la mano derecha se utiliza agarre palmar cilíndrico de manera sostenida con uso de fuerza débil a moderada (Ver Figura N° 21). En tanto, para la operación del claxon con la mano izquierda, se utiliza agarre palmar tipo esférico, también sostenido, con uso de fuerza débil.

La posición sostenida señalada para para los distintos segmentos de ambas extremidades superiores puede extenderse por hasta 32 minutos con leves variaciones de postura. Sólo durante las detenciones no existe operación manual de control de freno y claxon, pausando el trabajo de ambas extremidades distales, con mantención de la posición sostenida descrita para hombros, codos y extremidades inferiores.

[Resultados del Método R.E.B.A.](#)

Grupo A: Análisis de cuello, piernas y tronco de ambos lados del cuerpo.

- Para el segmento cuello se obtuvo una puntuación de 2, dada por una flexión menor a 20° y la torsión hacia la izquierda y derecha para observar las PVD y espejo retrovisor, respectivamente.
- En cuanto a ambas piernas, se obtuvo un puntaje de 3 por la posición sentada inestable, causada por las condiciones de la butaca, además de encontrarse ambas rodillas en flexión entre 30° y 60°.
- El segmento tronco obtuvo una puntuación de 3, por observarse flexión menor a 20° con inclinación lateral hacia la izquierda.
- El factor Carga/Fuerza fue evaluado con el puntaje mínimo igual a 0.

De la ponderación integrada por los puntajes de los segmentos antes señalados, se obtuvo un resultado de 6.

Grupo B: Análisis de brazo, antebrazo y muñeca de extremidad derecha.

- El segmento antebrazo obtuvo un puntaje de 2 por accionar en una angulación menor a 60°.
- La muñeca derecha obtuvo un puntaje de 2 por posicionarse sin flexión, pero con el antebrazo en pronación y lateralización cubital de la muñeca.
- El brazo derecho se ubica en el rango de postura flexionada entre 45° y 90°, con abducción combinada, obteniendo un puntaje de 4.
- En cuanto al agarre del control de frenado, se obtuvo el menor puntaje igual a 0, por consistir en buen agarre palmar cilíndrico con uso de la fuerza débil a moderado.

De la ponderación integrada por los puntajes de los segmentos antes señalados, se obtuvo un resultado de 6.

Grupo B: Análisis de brazo, antebrazo y muñeca de extremidad izquierda.

- El segmento antebrazo obtuvo un puntaje de 1 por accionar en un rango articular entre 60° y 100°.
- La muñeca izquierda obtuvo un puntaje de 2 por adopción de postura con torsión, incidida por el antebrazo en pronación y además con lateralización cubital.
- El brazo izquierdo se ubica en el rango de postura flexionada entre 20° y 45°, con abducción combinada, pero con apoyo en el antebrazo, obteniendo un puntaje de 2.
- En cuanto al agarre del claxon, se obtuvo el menor puntaje igual a 1, por consistir en un buen agarre palmar esférico con uso de fuerza percibido como débil.

De la ponderación integrada por los puntajes de los segmentos antes señalados, se obtuvo un resultado de 2.

La ponderación total para los segmentos corporales del lado derecho resultó con un valor 9, considerando que varios de estos segmentos permanecen en postura estáticas como factor agravante. Misma situación ocurre para los segmentos corporales del lado izquierdo, que resultó en un valor de 7. **Estos resultados, fijan el lado derecho del cuerpo en un nivel de acción “Necesario Pronto” y el lado izquierdo del cuerpo en un nivel de acción “Necesario”.**

Resultados del Método ISO 11.226.

Postura de tronco.

Se observa asimetría de tronco categorizada como característica postural “No recomendada”, **determinada mayormente por la relación entre las condiciones de la butaca, posición de los pedales, restricción del espacio para ubicación de las piernas y posición de controles manuales, como se describió anteriormente.**

En tanto, las otras características posturales evaluadas para este segmento se presentan en condiciones aceptables, por flexión menor a 20° respecto de la postura de referencia y posición sedente con postura convexa de la columna lumbar.

Postura de cabeza.

Las características posturales de inclinación y flexión se presentan en condiciones aceptables, ambas con angulaciones menores a 25° respecto de la postura de referencia.

En tanto, se presenta asimetría de cuello dada la rotación axial hacia la izquierda al observar PVD y hacia la derecha para observar el espejo retrovisor, resultando en una condición “No recomendada”.

Posturas de hombro y brazo.

Se presenta postura forzada “No recomendada” sólo para el brazo derecho.

Tanto en hombros y brazos de ambos lados del cuerpo (derecho e izquierdo), se presentan las características posturales de elevación de brazo y hombro levantado en condiciones aceptables por elevación de brazo derecho por debajo de los 20° y de brazo izquierdo en un rango articular entre 20° y 60°, pero con apoyo del codo y antebrazo que disminuye significativamente la carga biomecánica del hombro y sin hombros elevados.

Posturas de codos, antebrazos y muñecas.

Para segmentos de ambos lados del cuerpo, las características posturales se presentan todas en condiciones aceptables, sin flexión extrema de codo (ángulo resultante menor a 150°), prono/supinación de antebrazo o postura extrema de muñeca (lateralización cubital menor a 30°).

Para segmentos de ambos lados del cuerpo, las características posturales de flexión extrema de codo y postura extrema de muñeca (lateralización cubital), se presentan en condiciones aceptables por ángulos resultantes menores a 150° y 30°, respectivamente. No obstante, se presenta pronación extrema (90°) de ambos antebrazos, catalogada como una condición “No recomendada”.

Posturas de extremidad inferior.

Se presenta característica postural “No recomendada” para ambas rodillas por flexión menor a los 90°, llegando a un ángulo extremo de 40°.

Dada la escasa posibilidad de registro fotográfico detallado de posturas asociadas a ambos tobillos, no fue posible evaluar dicho segmento con el Método ISO 11.226.

Conclusiones del informe

La tarea de conducción en el Buscarril expone al maquinista a posturas sostenidas riesgosas con restricciones significativas para los segmentos de tronco y extremidades inferiores, debido a limitaciones estructurales del equipo, diseño antiguo y modificado de la cabina, entre otras condiciones sub-óptimas del entorno físico.

El diseño y condición del asiento constituye uno de los determinantes centrales de la carga musculoesquelética del maquinista. La butaca del Buscarril carece de regulación, no está afianzada al piso, oscila con los movimientos del tren y obliga al trabajador a activar compensaciones continuas para mantener equilibrio y postura erguida. Este aspecto influye simultáneamente en tronco, cuello y extremidades inferiores.

La postura del tronco presenta asimetría sostenida, determinada por la estructura de la cabina, la falta de regulación del asiento y la necesidad de compensar la inestabilidad de la butaca. La combinación de lateralización de tronco, flexión leve y oscilaciones constantes debidas al asiento no afianzado genera un escenario que favorece la aparición de trastornos musculoesqueléticos lumbares, por lo cual es recomendable la identificación de asimetrías de tronco, especialmente cuando son impuestas por el diseño del puesto e involucran compensaciones biomecánicas sostenidas.

Las extremidades inferiores presentan condiciones posturales particularmente desfavorables, dadas principalmente por el espacio reducido ante la presencia de obstáculos (mangueras, estructura de cabina). La postura de rodillas en flexión menor a 40° y la imposibilidad de apoyar el pie derecho durante la operación del acelerador constituyen condiciones “No recomendadas” según ISO 11.226, por lo que es recomendable considerar en la evaluación de

riesgo las angulaciones extremas de rodilla y limitaciones de espacio funcional, elementos especialmente relevantes en maquinaria antigua.

El cuello presenta rotaciones repetidas hacia ambos lados, aunque de corta duración, para observar tanto la pantalla de visualización de datos como los espejos retrovisores. Dado que ISO 11.226 clasifica estas rotaciones como “No recomendadas” cuando se presentan de forma reiterada o sostenida, se debe consignar en la evaluación de riesgo los requerimientos visuales asociados a rotaciones cervicales, dado que los dispositivos de información en cabinas antiguas suelen estar ubicados en posiciones no alineadas con el campo visual primario.

Las extremidades superiores presentan demandas asimétricas y condiciones de agarre que combinan fuerza débil a moderada con posturas forzadas, especialmente en el lado derecho, donde el control de frenado requiere flexión de hombro cercana a 60°, abducción, pronación extrema y desviación cubital de muñeca. Estas condiciones resultaron en puntuaciones elevadas en REBA (9 para lado derecho) y se clasificaron como “No recomendadas” en ISO 11.226. Por ello, la evaluación de riesgo debe considerar la identificación de posturas de hombro ante restricciones estructurales, así como posturas extremas de antebrazo y muñeca en operaciones manuales.

Los resultados combinados de REBA e ISO 11.226 muestran que existen múltiples factores de riesgo en niveles que requieren intervención, especialmente en tronco, extremidad superior derecha y extremidades inferiores. Estos niveles de riesgo son atribuibles principalmente a restricciones de espacio, diseño desactualizado del puesto, dispositivos de control mal ubicados y asiento deficiente.

El conjunto de elementos analizados indica que la evaluación del puesto de maquinista del Buscarril en el contexto de calificación de enfermedades musculoesqueléticas, no puede limitarse a analizar sólo amplitudes angulares, sino que debe integrar:

- Condición y estabilidad del asiento,
- Restricciones de espacio,
- Demanda visual y su alineación,
- Asimetría postural, y
- Duración de la postura estática.

Informe de evaluación postural maquinista tren de pasajeros servicio Alameda – Rancagua

Se analiza la tarea de conducción de tren de pasajeros en el trayecto entre las ciudades de Santiago (Alameda) y Rancagua.

Descripción de la tarea

Es una actividad fundamentalmente sedentaria que requiere un alto nivel de vigilancia cognitiva (atención sostenida), combina la monitorización visual continua con la ejecución manual de controles precisos.

En efecto, la tarea de conducción se desarrolla íntegramente en posición sedente durante un trayecto de 1 hora y 10 minutos. Durante las paradas en estaciones intermedias (9 detenciones de entre 30 y 60 segundos) y en estaciones terminales (detenciones superiores a un minuto), el trabajador permanece en su asiento, manteniendo una postura estática sin ejecución de mandos manuales.

La operación se concentra en tres acciones principales que requieren coordinación sensorio-motora:

Control Manual (Mano Derecha): El trabajador mantiene la mano derecha sobre un mando lateral. Esta acción requiere sensibilidad táctil y ajustes finos, manteniendo el brazo en una posición semiestática de alcance. Lo anterior, se evidencia en la operación del Control de velocidad (Ver Figura N°23).

Figura N° 23. Operación palanca de control de velocidad



Y en la operación de Claxon, en donde existe una ejecución bimanual – extremidad derecha o izquierda según necesidad – ante alertas de la vía, cruces o instrucciones recibidas por la Central de Control de Vía (Ver Figura N°24 y N°25).

Figura N°24.
Operación Claxon extremidad derecha



Figura N°25.
Operación Claxon extremidad izquierda



Operación de pedal de hombre muerto: El pedal del hombre muerto es un sistema de seguridad que obliga al maquinista a interactuar continuamente con él (pisándolo y soltándolo en una secuencia) para confirmar que está consciente y alerta; si no se cumplen los ciclos (pisa 30 segundos, suelta 3 segundos, etc.), el tren activa las alarmas y finalmente, el frenado de emergencia para prevenir accidentes por desvanecimientos o incapacidad del conductor (Ver Figura N°26).

Figura N°26. Operación pedal hombre muerto



Monitoreo Visual (Cabeza y Cuello). El conductor mantiene la atención dividida entre:

El entorno exterior (vía, señales, obstáculos) a través de ventana y la interfaz hombre-máquina, constituida por las pantallas digitales y manómetros analógicos del panel frontal.

En efecto, la mayor parte del tiempo, el maquinista está pendiente de las vías férreas y lo que ocurra en su entorno. Para ello adopta una postura de inclinación hacia adelante para poder visualizar correctamente la ruta, alternándose con el control visual de las pantallas de visualización de datos (PVD) (Ver Figura N°26).

Figura N°26. Visualización vía férrea



Condiciones del equipo y el entorno

El tren evaluado corresponde a automotor de propulsión eléctrica, año 2022, utilizado en el servicio Rancagua – Estación Central, con capacidad de alcanzar velocidades de hasta 140 km/hr.

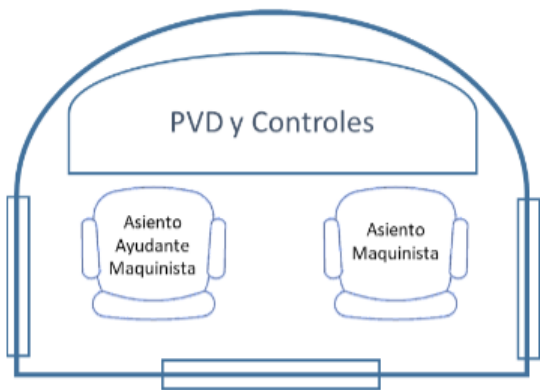
La cabina de conducción presenta frente corto, con controles dispuestos de manera frontal y perpendicular al asiento del maquinista. El asiento es regulable en altura, profundidad e inclinación, acolchado y con apoyo lumbar y dorsal disponible.

Durante la evaluación, se identificaron las siguientes condiciones ambientales y de entorno:

- Presencia de ruido operacional.
- Visibilidad reducida debido a la lluvia.
- Si bien cuenta con apoyo lumbar y dorsal, no lo utiliza.

- Espacio reducido en la cabina. El tablero de controles posee poco espacio para posicionar las piernas, causando incomodidad y postura forzada, pues las piernas colisionan con la superficie del tablero.

Figura N°27. Lay-Out cabina de tren



Análisis Postural

Descripción de posturas adoptadas

Postura 1. (Ver Figura N°26)

El trabajador visualiza de frente la vía férrea, manteniendo una postura sedente sin apoyar la espalda en el respaldo del asiento, con una inclinación anterior del tronco y flexión de cuello para visualizar y operar los controles bajos.

Postura 2. (Ver Figura N°24)

El trabajador se encuentra en labor de conducción del tren, operación de mando de control, palanca de velocidad.

Resultados del Método R.E.B.A.

Postura 1.

Grupo A: Análisis para tronco, cuello y piernas

- Tronco: Existe una flexión del tronco prominente (separado del respaldo) entre 20° y 60°. Ajuste: No se observa torsión evidente, pero sí inclinación al frente. Puntuación 3.
- Cuello: Flexión superior a 20° (mirada hacia abajo para ver los controles). Puntuación 2.
- Piernas: Sentado con peso distribuido en ambas piernas y pies apoyados. Puntuación 1.

Cálculo Grupo A: Puntuación de Postura (Tronco 3 + Cuello 2 + Piernas 1) = 4

Puntuación de Carga/Fuerza: Carga < 5 Kg (operación de controles ligeros) = 0.

Total Grupo A: 4

Grupo B

Hombro y Brazo:

Lado derecho: Flexión de hombro para alcanzar los controles lejanos. Parece estar entre los 45° y 90°. El hombro parece estar ligeramente elevado/abducido por la posición del codo. Puntuación: 3 (+1 por hombro elevado) = 4.

Antebrazos:

Lado derecho: Extensión casi completa (ángulo > 100°). Puntuación: 2.

Muñecas:

Lado derecho: Neutro o ligera flexión/extensión para agarrar la palanca. Puntuación: 1.

Total Grupo B: 5**Resultado y Nivel de Acción:**

Intersección Tabla C (Grupo A = 4, Grupo B = 5). Puntuación C = 6. Puntuación de Actividad: Se añade +1 porque la postura es estática (mantenida por más de 1 minuto sin apoyar la espalda).

Puntuación REBA final: 7**Postura 2: Visualización de la vía férrea****Grupo A: Análisis para tronco, cuello y piernas**

- Tronco: En la imagen se aprecia claramente que el trabajador no está apoyando la espalda en el respaldo del asiento. Existe una separación evidente entre la zona lumbar/dorsal y la silla. Se observa una flexión del tronco hacia adelante, estimado entre 20° y 60°. Puntuación 3.
- Cuello: Flexión moderada, estimada entre 0° y 20°, con la mirada dirigida hacia los controles o monitores inferiores. Puntuación 1.
- Piernas: Sentado con los pies apoyados y el peso distribuido simétricamente. Puntuación 1.

Cálculo Grupo A: Puntuación de Postura (Tronco 3 + Cuello 1 + Piernas 1) = 5.

Puntuación de Carga/Fuerza: Carga < 5 Kg (operación de controles ligeros) = 0.

Total Grupo A: 5. La puntuación es alta debido a la flexión del tronco sin apoyo en el respaldo.

Grupo B**- Brazos (Hombro):**

Lado derecho: El trabajador extiende el brazo hacia adelante para alcanzar el panel de mandos. No está vertical pero tampoco está completamente horizontal. Flexión estimada entre 20° y 45°. Puntuación 2. Ajustes: Hombro elevado (+1), Abducción (+1), no hay apoyo, el brazo está "en el aire" (sostenido por la gravedad). **Puntuación: 2 + 1 Elevación + 1 Abducción = 4**

Lado izquierdo: Flexión < 20°, cercano al cuerpo. **Puntuación: 1.**

- Antebrazos:

Lado derecho: El codo está flexionado para permitir que la mano llegue al control. Flexión entre 60° y 100°. **Puntuación: 1.**

Lado izquierdo: Flexión entre 60° y 100°. **Puntuación: 1.**

- Muñecas:

Lado derecho: La mano está posada sobre la palanca. Ángulo en una posición relativamente neutra o una ligera extensión funcional (0° - 15°). Ajuste: Desviación/Torsión (+1). **Puntuación: 1 + 1 Desviación = 2.**

Lado izquierdo: Postura neutra. **Puntuación 1.**

Total Grupo B:

- Lado derecho: Puntuación 4 (brazo sin apoyo, abducido y con el hombro elevado).
- Lado izquierdo: Puntuación 3.

Resultado y Nivel de Acción:

Al cruzar los datos de las tablas REBA y añadir el Puntaje de Acoplamiento (0) y Puntaje de Actividad (+1) (debido a que la postura es mantenida o estática por periodos de tiempo), se obtuvieron los siguientes resultados:

Lado	Puntuación C(A+B)	Acoplamiento	Actividad	Puntaje REBA	Nivel de Riesgo
Derecho	6	0	+1	7	Medio Alto
Izquierdo	4	0	+1	5	Medio

Resultados del Método ISO 11.226

Objetivo

Evaluar los factores de riesgo biomecánico asociados a la carga postural estática del trabajador identificado en la imagen, determinando la aceptabilidad de los ángulos articulares y el mantenimiento de la postura según los algoritmos de la Norma ISO 11.226.

Postura 1

Condición de Análisis: Postura estática sedente mantenida (frecuencia alta, duración larga). Premisa Fundamental: La norma penaliza severamente las posturas mantenidas sin soporte corporal externo.

Tronco (Región Lumbar y Dorsal)

Postura: Se observa una flexión anterior del tronco significativa. El ángulo formado entre el eje del torso y la vertical supera el umbral de confort de la norma (estimado > 20°).

Factor Crítico: La norma establece que cualquier grado de flexión del tronco requiere obligatoriamente un soporte completo del torso (uso del respaldo) para ser considerada aceptable. En la imagen, existe una separación total entre la espalda del trabajador y el respaldo del asiento.

Evaluación ISO 11.226: POSTURA NO RECOMENDADA. Por existir una flexión excesiva combinada con ausencia de soporte externo, generando carga estática continua.

Cabeza y Cuello (Región Cervical)

Postura: La línea de visión dirigida hacia los controles inferiores obliga a una flexión cervical pronunciada. El ángulo de inclinación de la cabeza supera el límite crítico de 25°.

Factor Crítico: La norma penaliza severamente las flexiones cervicales profundas mantenidas en el tiempo sin un soporte para la cabeza o sin periodos de recuperación, debido a la alta tensión en la musculatura posterior del cuello.

Evaluación ISO 11.226: POSTURA NO RECOMENDADA. Debido a la flexión severa mantenida estáticamente para la visualización de las vías.

Extremidades Superiores Extremidad Derecha (Lado Activo)

- Hombro

Postura: El brazo se encuentra en flexión y ligera abducción para alcanzar el panel de control. Aunque el ángulo de flexión del hombro podría considerarse moderado (zona amarilla), la condición crítica es la falta de apoyo.

Factor Crítico: La norma determina que mantener el brazo "en el aire" (sin apoyo en la mesa o reposabrazos) reduce drásticamente el tiempo máximo aceptable de la postura. Al ser una tarea de conducción continua, se excede la capacidad de recuperación muscular.

Evaluación ISO 11.226: POSTURA NO RECOMENDADA, debido a que mantiene el brazo "en el aire" sin usar apoyabrazos.

- Codo

Postura: El codo presenta un ángulo de extensión obtuso (estimado en 110° a 130°) para alcanzar los mandos.

Factor Crítico: La norma considera "No Recomendado" la extensión completa (bloqueo articular a 180°) o la flexión extrema. El rango observado se encuentra dentro de los límites de movilidad funcional aceptable.

Evaluación ISO 11.226: ACEPTABLE (Condicional). Aunque el ángulo del codo es aceptable según la Norma, la falta de apoyo del antebrazo (evaluada en la sección de Hombro) sigue siendo el factor limitante. Sin embargo, particularmente, el codo no está en riesgo crítico

- Antebrazo

Postura: El antebrazo derecho se encuentra en pronación casi completa para interactuar con el panel horizontal.

Factor Crítico: La norma penaliza las rotaciones articulares llevadas al extremo del rango de movimiento de forma estática.

Evaluación ISO 11.226: No Recomendado. Mantener la pronación completa de forma estática genera tensión en la zona, la norma sugiere posiciones neutras o rotaciones intermedias.

- Muñeca

Postura: Flexión/Extensión. Neutra (0° a 10°)

Desviación: Se aprecia una ligera desviación cubital.

Factor Crítico: Flexión/Extensión. Aceptable

Desviación: La norma establece que desviaciones laterales mayores a 10° requieren tiempos de recuperación inmediatos. En la imagen, la desviación estaría al límite (10° a 15°) debido a la posición del codo alejado del cuerpo.

Evaluación ISO 11226: Observación (Riesgo Latente).

Postura 2

- Tronco (Región Lumbar y Dorsal):

Postura: Flexión del tronco > 20° sin utilizar el respaldo del asiento.

Factor crítico: La Norma requiere soporte completo del tronco para cualquier flexión > 20°

Evaluación ISO 11226: POSTURA NO RECOMENDADA.

- Cabeza y Cuello (Región Cervical):

Postura: Flexión cervical moderada, estimada 25°.

Factor crítico: Flexiones en 25° se consideran generalmente aceptables si no son mantenidas por periodos extremadamente largos sin recuperación.

Evaluación ISO 11226: ACEPTABLE (con vigilancia).

Extremidad Superior Derecha (Lado Activo):

- **Hombro:**

Flexión: El brazo se proyecta hacia adelante para alcanzar el panel (20° a 45°).

Elevación: Se observa el hombro derecho levantado (ascendido) en comparación con el izquierdo, signo de contracción sostenida del trapecio superior.

Apoyo: Ausente. El codo no contacta con el reposabrazos.

Factor crítico: La flexión está en "zona amarilla" (20° a 60°), lo que obliga a evaluar el tiempo. La norma establece que, para tiempos de mantenimiento largos, el soporte del brazo es obligatorio.

Elevación: La norma clasifica la elevación del hombro como una postura intrínsecamente "No Recomendada" si es estática.

Evaluación ISO 11226: NO RECOMENDADO. Causa: Elevación del hombro + Falta de apoyo del brazo.

- **Codo:**

Postura: El brazo está muy extendido para llegar al control. Extensión obtusa, estimada entre 100° y 130°.

Factor crítico: La Norma penaliza la extensión completa (bloqueo) o la flexión extrema. El ángulo observado se encuentra en un rango medio-alto funcional. Aunque el ángulo del codo en sí no viola la Norma, la posición extendida aumenta el "brazo de palanca" (torque) sobre el hombro.

Evaluación ISO 11226: ACEPTABLE (CONDICIONADO). Causa: El ángulo articular por sí solo cumple la norma, pero contribuye a la fatiga del hombro.

- **Antebrazo:**

Postura: La mano está plana sobre el panel horizontal. Esto fuerza al antebrazo a una rotación interna casi total. Pronación severa o completa (>60°).

Factor Crítico: La norma considera las rotaciones extremas (cerca del límite articular) como posturas de riesgo si se mantienen estáticamente. Al ser la posición base de conducción, la pronación es continua.

Evaluación ISO 11226: NO RECOMENDADO. Causa: Mantenimiento estático de la pronación extrema sin alternancia.

- **Muñeca y Mano:**

Postura: Se mantiene neutra (0° a 10°). Debido a que el brazo viene desde el centro hacia un control lateral derecho, la muñeca realiza una Desviación Cubital para alinear el agarre.

Factor crítico: La Norma establece un límite estricto. Desviaciones laterales >10° son "No Recomendadas" sin pausas de recuperación. La combinación de Pronación (antebrazo) + Desviación Cubital (muñeca) comprime el espacio del túnel carpiano.

Evaluación ISO 11226: NO RECOMENDADO / RIESGO ALTO. Causa: Desviación cubital estática combinada con pronación.

- **Extremidad inferior:**

Postura sedente con control de pedales (accionamiento de pedal de "hombre muerto" o simplemente reposo).

- **Rodilla y Pierna**

Postura: El trabajador está sentado con los muslos apoyados sobre el asiento. La pierna cae verticalmente o ligeramente adelantada. Ángulo de rodilla entre 90° y 110°.

Factor Crítico: La Norma considera aceptable un ángulo de rodilla entre aproximadamente 90° y 135° en sedestación. Se penalizan ángulos agudos (<60°, pies metidos debajo de la silla) o extensión completa sin soporte. La norma advierte sobre la presión en la zona poplítea (detrás de la rodilla) si el asiento es demasiado profundo.

Evaluación ISO 11226: ACEPTABLE / CONFORME. El ángulo es neutro y fisiológico. No hay tensión en los isquiotibiales ni en el cuádriceps.

- **Tobillo y Pie:**

Postura: Estable pies están apoyados. En conducción ferroviaria, es estándar que exista un reposapiés o un pedal de vigilancia.

Factor crítico: La Norma dicta que, en postura sentada, los pies deben tener contacto firme con el suelo o un reposapiés. Pies "colgando" son inaceptables. Dado que la rodilla no está elevada, se asume contacto. Debe estar cerca de los 90° si el conductor usa un pedal inclinado, el ángulo puede variar (100° a 110°), lo cual sigue siendo aceptable.

Evaluación ISO 11226: ACEPTABLE / CONFORME. Existe soporte de peso. No se evidencia dorsiflexión forzada ni flexión plantar extrema.

Nota: La extremidad izquierda se encuentra dentro de los rangos aceptables.

Conclusiones del informe

Postura 1 – REBA

El análisis postural del puesto de conducción arroja una Puntuación REBA Global de 7, lo que clasifica la tarea en un Nivel de Riesgo Medio. Esto indica que la intervención es necesaria para evitar lesiones a mediano plazo.

La conclusión se sustenta en los siguientes pilares biomecánicos observados:

- Ineficiencia Postural (El problema central): El trabajador ha adoptado una postura de "anticipación" o vigilancia excesiva, separando la espalda totalmente del respaldo. Esto convierte al tronco en una palanca de primer género cargada anteriormente. La musculatura paravertebral lumbar y dorsal está sometida a una contracción estática continua para evitar que el cuerpo caiga hacia adelante, lo que es la causa principal de la fatiga, en lugar de descansar esa carga en la estructura de la silla.
- Asimetría Funcional: Existe una clara disociación entre ambos lados del cuerpo. Mientras el lado izquierdo reposa, el lado derecho asume toda la carga dinámica y de alcance. La combinación de la flexión del tronco (hacia adelante) con la flexión del hombro derecho (para alcanzar el panel) genera un momento de fuerza que sobrecarga en el cuello y hombro principalmente.

Postura 1 – ISO 11.226

El puesto de trabajo, en las condiciones posturales observadas, NO CUMPLE con lo establecido por la Norma ISO 11.226.

Mientras que el diseño físico de la cabina podría permitir una postura correcta, la interacción real trabajador-máquina es deficiente. Según los estándares de la ISO 11.226, la situación actual se clasifica como "Postura No Recomendada", lo que exige la implementación inmediata de medidas correctivas (ajuste de asiento y formación postural) para evitar daños musculoesqueléticos y lograr el cumplimiento normativa

En este caso, el puesto falla en 3 criterios críticos simultáneos:

- Postura del Tronco (Crítico): La Norma prohíbe explícitamente posturas con inclinación del torso ($>20^\circ$) sin el uso de soporte completo de espalda. El trabajador incumple este requisito al no usar el respaldo.
- Postura del Cuello: La flexión estática profunda ($>25^\circ$) mantenida sin pausas de recuperación sobrepasa los límites de aceptabilidad de la norma.
- Postura de Extremidad Superior: La norma exige soporte (apoyabrazos) para tareas que requieran elevar el brazo o mantenerlo extendido por periodos largos. La suspensión del brazo derecho "en el aire" es una no conformidad directa.

Postura 2 – REBA

El análisis postural del puesto de conducción arroja una Puntuación REBA Global de 7, lo que clasifica la tarea en un Nivel de Riesgo Medio. Esto indica que la intervención es necesaria para evitar lesiones a mediano plazo.

La conclusión se sustenta en los mismos pilares biomecánicos descritos en postura 1: Ineficiencia Postural y Asimetría Funcional.

Postura 2 – ISO 11.226

Tras la aplicación de la Norma ISO 11.226, se determinó que la postura adoptada por el trabajador NO CUMPLE con los requisitos mínimos de aceptabilidad biomecánica.

Fundamentación del Incumplimiento. La norma clasifica las posturas como "Aceptables", "Necesita Medidas" o "No Recomendadas". El puesto evaluado cae en la categoría de "No Recomendado" debido a la presencia de factores de riesgos que afectan a los principios de soporte estático:

- Aunque existen segmentos en zona de confort (piernas y brazo izquierdo), la evaluación ergonómica no se promedia; se rige por el principio del "eslabón más débil". La presencia de una postura crítica en el cuello y una postura de alto riesgo en el tronco y brazo derecho comprometen la salud musculoesquelética general del trabajador.
- El factor crítico no es la operación manual, sino la incompatibilidad visual. La necesidad de mirar hacia atrás/derecha obliga a una torsión de la cadena cinética (cuello y tronco) que excede los límites fisiológicos para el trabajo estático. El hecho de que el brazo izquierdo descansa en la pierna ayuda a estabilizar el cuerpo, pero no mitiga el riesgo cervical.

Ahora bien, considerando el resultado de ambas metodologías, es preciso considerar que:

El puesto de trabajo ha arrojado resultados consistentes bajo ambas metodologías aplicadas, confirmando la existencia de un riesgo biomecánico latente que requiere corrección inmediata.

Método REBA: Puntuación global de 7 (Nivel de Riesgo Medio). Esto indica que la carga postural ha superado los límites de confort y seguridad a largo plazo.

Norma ISO 11.226: Dictamen de NO CONFORMIDAD ("Postura No Recomendada"). El puesto falla en criterios críticos de soporte corporal, lo que invalida ergonómicamente la postura actual.

Por lo tanto, el puesto se encuentra en una situación de Ineficiencia Ergonómica Activa. No es el diseño de la máquina el que falla, sino la interacción biomecánica del usuario con ella.

c) Conclusiones de los análisis ergonómicos de maquinistas de trenes de pasajeros

Análisis conjunto de resultados según Método REBA

El análisis comparado de los tres puestos de maquinista evaluados mediante el Método REBA muestra de forma consistente niveles de riesgo que requieren intervención, situándose los puntajes globales en rangos **Medio, Medio Alto y Necesario/Necesario Pronto**, dependiendo del modelo de tren y del diseño específico del puesto de trabajo.

De manera transversal, los segmentos corporales más comprometidos corresponden a tronco, cuello y extremidades superiores, particularmente del lado derecho, asociado a la tarea principal del manejo de los controles de conducción. En los tres casos, los puntajes REBA se ven incrementados no por la magnitud de la fuerza aplicada – que se mantiene baja o moderada – sino por la combinación de posturas mantenidas, ausencia o subutilización de apoyos, asimetrías funcionales y carácter estático de la tarea.

El Método REBA identifica como factores de riesgo postural comunes lo siguiente:

- Flexión sostenida de tronco, en ocasiones sin apoyo dorsal efectivo.
- Posturas de alcance mantenido del hombro derecho, con flexión y/o abducción.
- Pronación de antebrazo y desviaciones de muñeca asociadas a palancas, joysticks o controles laterales.
- Posturas estáticas mantenidas por períodos prolongados (entre 30 y 50 minutos), que elevan el nivel de acción, aun cuando los ángulos articulares individuales no sean extremos.

En este contexto, REBA evidencia que el puesto de maquinista de tren de pasajeros presenta una **carga acumulativa relevante**, que justifica la necesidad de intervenciones correctivas y preventivas, especialmente orientadas a la reducción de posturas mantenidas, mejora del soporte corporal y ajuste funcional del puesto de trabajo.

Análisis conjunto de resultados según Norma ISO 11.226

La aplicación de la Norma ISO 11.226 en los tres puestos evaluados evidencia un patrón reiterado de incumplimientos parciales o totales, respecto de los criterios de aceptabilidad para posturas de trabajo estáticas, aun en contextos donde el equipamiento es moderno e incorpora elementos ergonómicos.

En los tres análisis se identifican condiciones **“No Recomendadas”**, destacando como elementos críticos lo siguiente:

- Rotaciones axiales del cuello, asociadas a la ubicación de pantallas, indicadores y espejos retrovisores fuera del campo visual primario.
- Flexión de tronco sin soporte completo, particularmente en situaciones de vigilancia visual intensificada o por hábitos posturales consolidados.
- Pronación extrema del antebrazo, especialmente en extremidades superiores que operan controles manuales de forma sostenida.
- Asimetrías posturales impuestas por el diseño del puesto de trabajo o por restricciones estructurales, más evidentes en el equipo móvil antiguo (Buscarril).

La Norma ISO 11.226 confirma que, conforme al principio del “eslabón más débil”, la presencia de una sola postura crítica sostenida es suficiente para clasificar el puesto como **No recomendado**, aun cuando otros segmentos corporales se mantengan dentro de rangos aceptables. Asimismo, los resultados destacan la importancia del soporte corporal efectivo (respaldo, apoyabrazos, estabilidad del asiento) como condición indispensable para la aceptabilidad de posturas con flexiones moderadas mantenidas en el tiempo.

En síntesis, la Norma ISO 11.226 demuestra que los puestos evaluados **no cumplen plenamente con los criterios de aceptabilidad biomecánica**, principalmente por la combinación de posturas estáticas, rotaciones cervicales y falta de soporte continuo.

Conclusión integrativa de Método REBA y Norma ISO 11.226

La integración de los resultados obtenidos mediante los métodos REBA e ISO 11.226 permite concluir de manera consistente que el puesto de trabajo de maquinista de trenes de pasajeros presenta un patrón ergonómico común de riesgo musculoesquelético, independiente del tipo de locomotora, antigüedad del tren o duración del trayecto.

Ambos métodos convergen en identificar que el factor crítico principal no es la carga física ni la fuerza aplicada, sino la **exposición prolongada a posturas estáticas, la asimetría funcional, la rotación cervical reiterada y la inadecuada interacción entre el trabajador y el diseño real del puesto, más que el diseño teórico del equipamiento.**

Mientras REBA evidencia niveles de riesgo que requieren acción por la combinación de posturas mantenidas y uso repetido de segmentos corporales, la Norma ISO 11.226 refuerza que dichas posturas no son aceptables desde el punto de vista del trabajo estático, especialmente cuando no existe soporte corporal suficiente o cuando se sobrepasan rangos articulares funcionales por tiempo prolongado.

En conjunto, los tres análisis demuestran que:

- La dimensión temporal (duración y frecuencia de la postura) es determinante en la carga biomecánica.
- La asimetría postural y las demandas diferenciadas por lado del cuerpo deben ser evaluadas de manera específica.
- El diseño del asiento, la disposición de controles y la alineación visual son elementos estructurales clave en la génesis del riesgo.
- La evaluación ergonómica del puesto de maquinista no puede limitarse a rangos angulares aislados, sino que debe integrar soporte, estabilidad, restricciones espaciales y exigencias visuales.

Por lo tanto, los resultados integrados respaldan técnicamente que el puesto de maquinista de trenes de pasajeros **presenta condiciones ergonómicas que pueden contribuir al desarrollo de trastornos musculoesqueléticos.**

d) Análisis ergonómico de maquinistas de trenes de carga

Informe de evaluación postural maquinista Locomotora diésel – eléctrica EMD

Se analiza la tarea de conducción de locomotora diésel – eléctrica con carga de ácido sulfúrico en el trayecto Los Lirios (VI Región) – Terquim (San Antonio, V Región).

Descripción de la Tarea

La tarea de conducción se realiza en frente largo, con el maquinista en posición sedente durante todo el trayecto, con el cuello girado hacia la izquierda la mayor parte del tiempo, para poder visualizar la vía férrea a través de una ventana de reducido tamaño, pues la posición del asiento y panel de controles se encuentran en perpendicular al plano de visión requerido para la conducción, incluso algunos controles, como el de aceleración, se encuentran en el plano diagonal contrario al plano de visión requerido para la tarea. El campo visual esta reducido por el largo de la locomotora, pudiendo observar solo parte de la vía férrea, problema que se agudiza en las curvas (Ver Figuras N° 28, 29 y 32).

Sobre el panel de controles que opera el maquinista existe una pantalla conectada a una cámara, situada en la parte frontal de la locomotora que proyecta la línea férrea. Sin embargo, ésta presenta serias dificultades, al reducir notablemente el campo visual primario que debiera tener el maquinista en dirección del sentido de conducción, además posee un retraso temporal entre la situación de la vía férrea en tiempo real y la imagen proyectada, lo que impide al maquinista reaccionar oportunamente ante las distintas eventualidades conocidas o no conocidas (cruces, curvas, puentes, cambios de vía, trabajos de reparación o mantención de la vía, personas, animales u objetos en la vía que requieran detención de emergencia, etc.).

En ocasiones, alterna la atención visual con los paneles de información, en su mayoría análogos, situados en el panel de controles de la locomotora.

El tiempo total de conducción en dicho trayecto es de 4 horas y 20 minutos.

Durante el tiempo en que se realiza la tarea de conducción, se llevan a cabo principalmente 4 operaciones manuales de controles:

- Control de velocidad del tren mediante accionamiento de control de aceleración con extremidad superior derecha (Ver Figura N° 30).
- Control de frenado del tren mediante accionamiento de control manual de frenado neumático con extremidad superior izquierda (Ver Figura N° 31).
- Control de frenado del tren mediante accionamiento de control manual de frenado dinámico (eléctrico) con extremidad superior izquierda.

Al inicio del recorrido, la locomotora sufre desperfecto eléctrico que deja fuera de operación este sistema de frenado, haciendo que el maquinista deba utilizar sólo el control de frenado neumático (con mayor frecuencia), por lo que no fue posible observar este sistema de frenado.

- Activación del Claxon realizada principalmente con la extremidad superior derecha (Ver Figura N° 29) y ocasionalmente con la extremidad superior izquierda.

Todas estas operaciones se encuentran determinadas por la puesta en marcha y detención en estaciones terminales, cambios de vía, disminución y aumento de velocidad por tránsito a través de zonas urbanas por donde pasa la vía, curvas puentes, túneles, cruces, pendientes y alertas en la vía informadas por el ayudante de maquinista, provenientes de la central que controla la vía.

Se registran sólo 2 detenciones por cambios de vía, con una duración promedio de 5 minutos, en las cuales el maquinista mantiene su posición sedente y la operación manual de los controles.

Durante aproximadamente media hora de la jornada existen maniobras de giro posicionamiento del tren en la estación terminal que no fueron observadas ni analizadas desde el punto de vista postural para el puesto de trabajo de maquinista.

Figura N° 28. Campo visual del Maquinista en frente largo.



Figura N° 29. Postura de conducción. Vista general



Figura N° 30. Control de aceleración.



Figura N° 31. Frenado neumático.



Condiciones del equipo y el entorno:

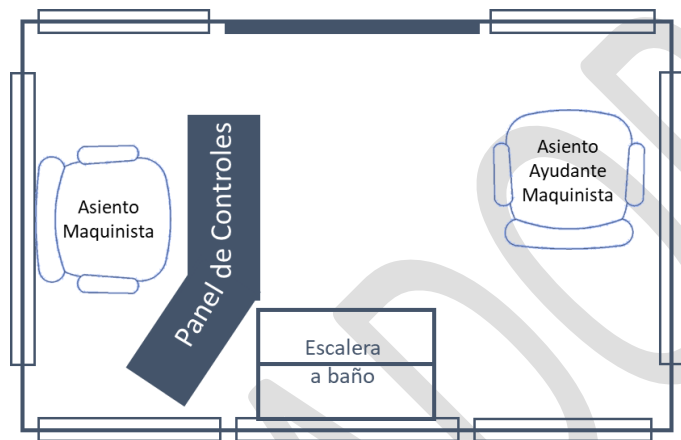
El tren de carga es un equipo antiguo que genera exposición a vibraciones. Durante el recorrido, presenta desperfecto eléctrico que el maquinista debe compensar con uso diferenciado de los controles de frenado operativos.

La butaca del maquinista presenta dificultades en su regulación para adaptarse a la antropometría de este, en interacción con los controles que debe operar. Además, se encuentra levemente inclinada hacia adelante, haciendo que deba apoyarse con mayor fuerza en los pies para no resbalarse del asiento. No obstante, cuenta con apoyabrazos que es utilizado principalmente en la operación de control de velocidad con la extremidad superior derecha, a diferencia del apoyabrazos izquierdo, que no es utilizado por representar un obstáculo en la posición que debe adoptar la extremidad izquierda para operar la palanca inferior del sistema de freno neumático.

Gran parte del recorrido observado fue nocturno con buena visibilidad. Sin embargo, la visibilidad se ve reducida en muchas ocasiones por la niebla diurna, logrando ver sólo 3 metros por delante del frente de la locomotora en frente largo.

Dada la falta de hermeticidad de la cabina, tanto el maquinista como el ayudante de maquinista manifiestan exponerse a condiciones de discomfort térmico por calor o frío dependiendo la estación del año, constituyendo este último un factor agravante asociado a trastornos musculoesqueléticos. Además, favorece el ingreso de ruido a la cabina.

Figura N° 32. Lay-out cabina locomotora EMD.



Análisis Postural

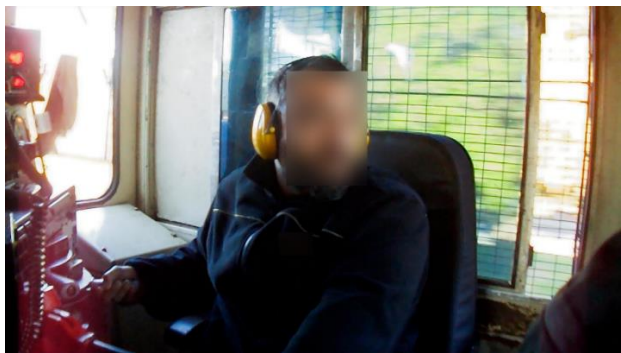
Descripción de posturas adoptadas

- **Cuello:**

Se observa postura sostenida de cuello con giro a la izquierda durante la mayor parte del tiempo de desarrollo de la tarea. Esta postura es adoptada para poder visualizar, a través de una ventana de reducido tamaño, la vía férrea en el sentido de la conducción, pues la posición del asiento y panel de controles se encuentran en perpendicular al plano de visión requerido para la conducción en frente largo, incluso algunos controles, como el de aceleración, se encuentran en el plano diagonal contrario al plano de visión requerido para la tarea.

El riesgo postural para este segmento se ve agudizado dependiendo del uso de controles con la extremidad derecha, extremando la angulación en el giro del cuello cuando debe operar el control de aceleración que se encuentra a mayor distancia dentro de la zona de alcance manual, manteniendo la visión en dirección del sentido de la conducción en frente largo (Ver Figura N° 33), respecto de la operación de activación del claxon, que presenta de base un riesgo significativo para el segmento cuello (Ver Figura N° 29).

Figura N° 33. Giro cuello en desaceleración.



- **Tronco:**

Se mantiene durante toda la tarea de conducción en postura erguida, sin flexión observable, con apoyo lumbar y dorsal en asiento y respaldo, presumiblemente por la presión contra la butaca que debe ejercer sostenidamente utilizando como soporte constante sus extremidades inferiores, al percibir resbalarse de esta, debido a la leve inclinación del asiento hacia adelante.

Se presenta asimetría lateral con tronco inclinado a la izquierda y giro del mismo a modo de compensación postural cuando se mantiene por períodos considerables de tiempo en operación de desaceleración con brazo derecho en extensión y abducción combinadas con requerimientos visuales en plano contrapuesto a la operación manual (Ver Figura N° 35).

- **Hombros:** Durante la operación de control de aceleración realizada con la extremidad derecha, el hombro se mantiene en posición de abducción y extensión combinada llegando a angulaciones extremas de 64° en el caso de la abducción y 23° de extensión, respecto de los ángulos posturales de referencia. La operación, en esta combinación postural extrema, se mantiene por hasta 7 minutos y está fuertemente determinada por la conducción en frente largo (Ver Figuras N° 34 y 35).

La otra operación realizada con la extremidad derecha es la activación del claxon con el hombro en flexión y abducción de hasta 92° y 24°, respectivamente, sostenida entre 1 a 2 minutos, dependiendo si el tramo de la vía es en zona urbana o rural (Ver Figura N° 29).

Figura N° 34. Control de aceleración 1.

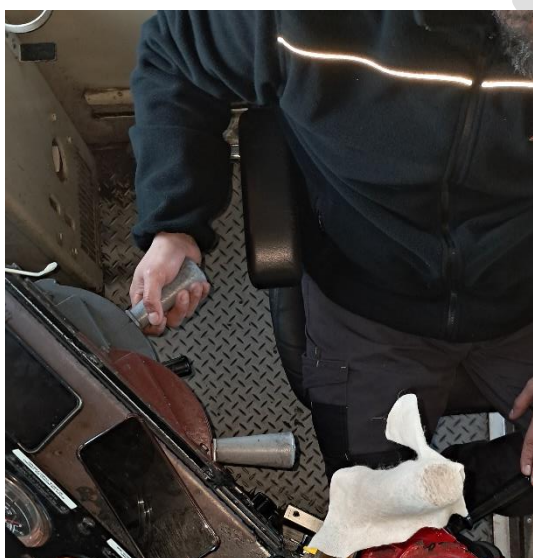


Figura N° 35. Control de aceleración 2.



En tanto, durante la operación de control del freno neumático realizada con la extremidad izquierda en períodos que duran aproximadamente 2 minutos, el hombro adopta postura en flexión y aducción combinada y sostenida de 62° y 47 ° respectivamente, este último valor, respecto de la angulación de referencia en postura neutral del maquinista. No existe apoyo de ningún segmento de la extremidad superior izquierda.

Ocasionalmente, cuando la conducción requiere control combinado de acelerador y claxon, este último es activado con la extremidad superior izquierda con el hombro en postura combinada de flexión en 110° aproximadamente y aducción en 33° aproximadamente. Ver Figura N° 39.

Figura N° 39. Activación claxon con extremidad izquierda



- **Codos:**

El codo derecho se mantiene siempre en flexión, llegando a un ángulo sobre los 100° en la operación de control de velocidad por hasta 7 minutos y 70° en la operación de activación de claxon por hasta 2 minutos, En ambas situaciones sin apoyo del antebrazo (Ver Figuras N° 29, 34 y 35).

En cuanto a la operación de control de frenado neumático y activación ocasional de claxon realizadas con la extremidad superior izquierda, no se observa flexión o rotación lateral de codo.

- **Antebrazo y Muñecas:**

Durante la operación de control de velocidad realizada con la extremidad derecha, el antebrazo alterna en posición de pronación sostenida de hasta 90° y supinación de hasta 45°, dependiendo del agarre de la palanca del acelerador. En pronación existe postura combinada con extensión de muñeca, la cual llega a un rango articular de hasta 18° (Ver Figuras N° 40 y 41).

Para la operación de activación de claxon realizada tanto con la extremidad superior derecha (Ver Figura N° 29) como izquierda (Ver Figura N° 39), no se observan posturas de pronación, supinación de antebrazo, flexión, extensión o lateralización de la muñeca.

Sin perjuicio de lo anterior, durante la operación de frenado neumático, el antebrazo izquierdo se mantiene sostenidamente en pronación de hasta 90° con la mano agarrando la palanca de freno y muñeca en lateralización cubital de hasta 22°.

- **Manos y dedos:**

Para la operación de control de velocidad realizada con la mano derecha y la operación de activación de claxon realizada con la mano derecha y ocasionalmente con la izquierda, se utiliza agarre palmar cilíndrico de manera sostenida sin apoyo del antebrazo con uso de fuerza moderada. Específicamente en la operación de control de velocidad existe alternancia de agarre palmar cilíndrico en pronación y agarre de pinza en supinación de la palanca del acelerador (Ver Figuras N° 40 y 41).

Figura N° 40. Agarre acelerador en pronación



Figura N° 41. Agarre acelerador en supinación

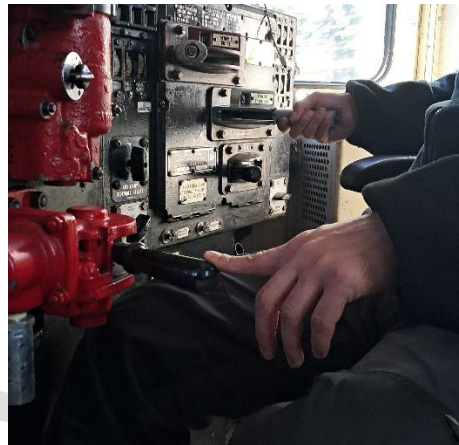


La operación de la palanca de frenado neumático con la mano izquierda se realiza principalmente con agarre palmar cilíndrico sostenido con uso de fuerza moderada, alternando eventualmente con empuje de la palanca con el dedo índice con uso de fuerza moderado + (Borg = 4). La operación dura alrededor de 2 minutos continuos cada vez que sucede (Ver Figuras N° 42 y 43).

Figura N° 42. Agarre palmar freno.



Figura N° 43. Empuje palanca freno con dedo.



Se observa que el maquinista constantemente debe adoptar posturas compensatorias ante la fatiga producida por las posturas forzadas y sostenidas descritas, lo que evidencia una significativa carga biomecánica combinada para los distintos segmentos corporales analizados.

Dadas las limitaciones de espacio al interior de la cabina durante la observación, no fue posible registrar imágenes de extremidades inferiores durante el desarrollo de la tarea, no siendo evaluado dicho segmento.

Resultados del Método R.E.B.A.

Grupo A: Análisis de cuello, piernas y tronco de ambos lados del cuerpo.

- Para el segmento cuello se obtuvo una puntuación de 2 dada por una flexión menor a 20° y la torsión hacia la izquierda para observar la vía férrea conduciendo en frente largo.
- En cuanto a ambas piernas, se obtuvo un puntaje de 2 por la postura inestable de soporte del peso del cuerpo sentado e inclinado hacia adelante por la condición del asiento.
- El segmento tronco obtuvo una puntuación de 2 por observarse torsión e inclinación lateral en postura erguida, dado el problema de contraposición entre los planos de requerimiento visual de la vía y panel de controles para las distintas operaciones.
- El factor Carga/Fuerza fue evaluado con el puntaje mínimo igual a 0.

De la ponderación integrada por los puntajes de los segmentos antes señalados, se obtuvo un resultado de 4.

Grupo B: Análisis de brazo, antebrazo y muñeca de extremidad derecha.

- El segmento antebrazo obtuvo un puntaje de 2 por accionar en una angulación mayor a 100°.
- La muñeca derecha obtuvo un puntaje de 2 dada la extensión mayor a 15° y el antebrazo con prono-supinación alternada.

- El brazo derecho presenta flexión mayor a 90° con abducción combinada, obteniendo un puntaje de 5.
- En cuanto al agarre del control de frenado, se obtuvo un puntaje de 2 (malo), por la presencia de agarre en pinza con supinación.

De la ponderación integrada por los puntajes de los segmentos antes señalados, se obtuvo un resultado de 10.

Grupo B: Análisis de brazo, antebrazo y muñeca de extremidad izquierda.

- El segmento antebrazo obtuvo un puntaje de 2 por accionar en un ángulo menor a 60°.
- La muñeca izquierda obtuvo un puntaje de 2 por adopción de postura con torsión, incidida por el antebrazo en pronación y además con lateralización cubital.
- El brazo izquierdo se ubica en el rango de postura flexionada entre 45° y 90° con abducción combinada sin apoyo, obteniendo un puntaje de 3.
- En cuanto al agarre del freno neumático, se obtuvo un puntaje de 3 (inaceptable) dada la falta de agarre manual cuando se empuja el freno neumático con el dedo índice.

De la ponderación integrada por los puntajes de los segmentos antes señalados, se obtuvo un resultado de 8.

La ponderación total para los segmentos corporales del lado derecho resultó con un valor 10, considerando que varios de estos segmentos permanecen en postura estáticas como factor agravante. Misma situación ocurre para los segmentos corporales del lado izquierdo, que resultó en un valor de 9. **Estos resultados, fijan ambos lados del cuerpo en un nivel de acción “Necesario Pronto”.**

Resultados del Método ISO 11.226.

Postura de tronco.

Se observa asimetría de tronco categorizada como característica postural “No recomendada”, **determinada mayormente su lateralización a la izquierda y giro del mismo a modo de compensación postural cuando se mantiene por períodos considerables de tiempo en operación de desaceleración con brazo derecho en extensión y abducción combinadas con requerimientos visuales en plano contrapuesto a la operación manual.**

En tanto, las otras características posturales evaluadas para este segmento se presentan en condiciones aceptables, por flexión menor a 20° respecto de la postura de referencia y posición sedente con postura convexa de la columna lumbar.

Postura de cabeza.

Las características posturales de inclinación y flexión se presentan en condiciones aceptables, ambas con angulaciones menores a 25° respecto de la postura de referencia.

En tanto, se presenta asimetría de cuello dada la rotación axial hacia la izquierda sostenida durante la mayor parte del tiempo de desarrollo de la tarea de conducción. Esta postura es adoptada para poder visualizar, a través de una ventana de reducido tamaño, la vía férrea en el sentido de la conducción, pues la posición del asiento y panel de controles se encuentran en perpendicular al plano de visión requerido para la conducción en frente largo, incluso algunos controles, como el de aceleración, se encuentran en el plano diagonal contrario al plano de visión requerido para la tarea.

Posturas de hombro y brazo.

Se presenta postura forzada “No recomendada” para hombros y brazos de ambos lados del cuerpo, dada principalmente por la retroflexión de hombro derecho en la operación de control de velocidad y la aducción de brazo izquierdo en operaciones de frenado neumático y activación de claxon.

La elevación del brazo derecho también se presenta como “No recomendada” por operar el acelerador (control de velocidad) en abducción mayor a 60° por aproximadamente 7 minutos sostenidamente.

Tanto en hombros y brazos de ambos lados del cuerpo (derecho e izquierdo), se presenta la característica postural de hombro levantado en condiciones aceptables.

Posturas de codos, antebrazos y muñecas.

Para segmentos de ambos lados del cuerpo, las características posturales asociadas a posturas extremas de codos y muñecas, se presentan todas en condiciones aceptables.

No obstante, tanto para el antebrazo derecho como izquierdo, la característica de postura extrema de dicho segmento, resulta en condición “No aceptable”, debido a pronación bilateral de 90°.

Posturas de extremidad inferior.

Dada la escasa posibilidad de registro fotográfico detallado de posturas asociadas a extremidades inferiores, no fue posible evaluar dicho segmento con el Método ISO 11.226.

Conclusiones del informe

La tarea evaluada presenta una exposición sostenida a posturas forzadas, asimétricas y estáticas, determinadas principalmente por la conducción en modalidad de frente largo, lo que obliga al trabajador a mantener el cuello en rotación axial izquierda durante la mayor parte del tiempo. Esta condición constituye un factor de riesgo cervical, dependiente del diseño del puesto y del sistema de conducción.

La oposición entre el plano visual requerido para la conducción y el plano de operación de los controles genera compensaciones posturales simultáneas de cuello, tronco y extremidades superiores, especialmente durante las operaciones de aceleración y frenado, cuya duración es considerable. Por lo tanto, debe incorporarse el análisis de conflictos entre requerimientos visuales y manuales, ya que estos son determinantes en la carga biomecánica observada en este puesto de trabajo.

Si bien el tronco del maquinista se mantiene mayoritariamente en postura erguida, presenta asimetría lateral y torsión sostenida, utilizadas como mecanismos compensatorios frente a la ubicación de controles y a la rotación cervical mantenida. Según ISO 11.226, estas características corresponden a posturas “No recomendadas”, por lo que debe incorporarse en la evaluación de riesgo la asimetría de tronco en postura sedente prolongada como factores a evaluar en el proceso de calificación de patologías lumbares.

Las extremidades superiores, particularmente el lado derecho, concentran una elevada carga biomecánica, evidenciada por posturas combinadas de flexión, extensión y abducción de hombro que alcanzan rangos extremos (hasta 92° de flexión y 64° de abducción), mantenidas por períodos prolongados. Estos hallazgos explican los puntajes elevados obtenidos en REBA (nivel de acción “Necesario pronto”) y las clasificaciones “No recomendadas” en ISO 11.226. Por lo tanto, resulta crítico identificar elevaciones de brazo sostenidas superiores a 60°, especialmente cuando están asociadas a controles de uso frecuente.

La operación de los sistemas de frenado y aceleración exige agarres palmares cilíndricos sostenidos, alternados con agarres de pinza y empujes digitales con fuerza moderada, lo que incrementa la carga sobre antebrazo, muñeca y mano, especialmente en condiciones de pronación extrema de 90°. Dado que la evaluación del tipo de agarre, uso de fuerza y postura extrema de antebrazo, resultaron ser factores “No aceptables” según ISO 11.226, deben evaluarse dirigidamente como factores de riesgo para trastornos en extremidad superior distal.

La butaca del maquinista constituye un factor agravante transversal del riesgo musculoesquelético, debido a su limitada regulación y a su inclinación hacia adelante, lo que obliga al trabajador a utilizar las extremidades inferiores como soporte constante para evitar el deslizamiento. Aunque las extremidades inferiores no pudieron ser evaluadas en detalle, la evidencia observacional indica que el sistema de asiento influye negativamente en la estabilidad postural global.

La exposición a vibraciones de cuerpo entero, el discomfort térmico y el ruido ingresan como factores coadyuvantes que potencian la carga biomecánica, especialmente en un contexto de posturas estáticas prolongadas.

Informe de evaluación postural maquinista tren de carga diésel – eléctrica EMD (recorrido inverso)

Se analiza la tarea de conducción de tren de carga en el trayecto Terquim (San Antonio, V Región) – Los Lirios (VI Región). Se diferencia del recorrido anterior por el hecho que los carros tanque van vacíos y el trayecto es en bajada, dado que se dirige a la zona costera de la V Región.

Descripción de la tarea

La tarea de conducción se lleva a cabo en la modalidad de frente corto. En el servicio evaluado, se realizó el traslado de una composición de 26 carros vacíos para transporte de ácido sulfúrico (carro tanque), con una duración total de trayecto de 4 horas.

El maquinista desempeña sus funciones en posición sedente estática. Durante el ciclo de conducción, la interacción con el panel de control (velocímetro, claxon, manómetros y dispositivos periféricos) requiere desplazamientos multidireccionales de los miembros superiores. Asimismo, el trayecto se torna monótono, a pesar de que presenta curvas, y tramos en el que las vías no se encuentran en muy buenas condiciones.

Se ha identificado la adopción de posturas forzadas, caracterizadas por la inclinación persistente de cuello y tronco. Estas posturas las mantiene mientras visualiza la vía y el entorno, a pesar de la configuración de frente corto. Asimismo, destaca la alta demanda biomecánica derivada del accionamiento del dispositivo de seguridad "hombre muerto", el cual exige una presión constante por parte del trabajador para evitar el frenado de emergencia automático de la locomotora.

La tarea implica una alta carga atencional y vigilancia crítica. El trabajador debe procesar simultáneamente múltiples variables del entorno, tales como:

- Condiciones externas: Factores climáticos, estado de la infraestructura ferroviaria y señalización (semáforos).
- Seguridad vial: Supervisión de cruces (autorizados, no autorizados y con/sin guardavías) y detección de obstáculos (vehículos, peatones o animales).
- Monitoreo del equipo: Control del estado técnico de los vagones y parámetros de la locomotora.

- Comunicaciones: Gestión de instrucciones operativas mediante radiofrecuencia y telefonía móvil, medios esenciales para la seguridad del tráfico ferroviario.

Figura N°44. Operando palanca de aceleración Figura N°45. Operación de Claxon



Figura N°46. Campo visual del tripulante de línea al conducir en frente corto



Condiciones del equipo y el entorno

El tren evaluado corresponde a una locomotora tipo diésel – eléctrica (EMD), trenes de carga, compuestos por locomotoras y carros, que varían de acuerdo a la carga transportada (en este caso carros tanque). El peso de la locomotora con carga es de 785 toneladas. La locomotora es del año 1966, refaccionada (sólo el motor). Es utilizada en el servicio de transporte de carga Terquim – Los Lirios. La velocidad máxima en ruta es de 60 km/hr.

Las características de la cabina de conducción son similares a las presentadas en la descripción anterior, la diferencia principal es que, en este caso, los carros tanque vienen sin carga de ácido sulfúrico.

Se presentan las siguientes condiciones ambientales y de entorno:

- Presencia de ruido y vibración.
- Visibilidad buena.
- Asiento regulable en altura, profundidad e inclinación, con amortiguación y acolchonado que no se encuentra en buen estado.

El Lay-out de la cabina del tren es el mismo presentado en la descripción anterior.

Análisis Postural

Descripción de posturas adoptadas

Postura 1: Visualización de la carga por frente largo

En esta postura, el trabajador se mantiene sentado con espalda apoyada en respaldo del asiento, perpendicular a la ventanilla de frente largo y con rotación de cuello hacia la izquierda (Ver Figura N°47).

Figura N°47. Visualización de carga por frente largo



Postura 2. Conducción de la locomotora, con visualización por frente corto

En esta postura, se observa al trabajador ubicado de frente a la ventanilla por la cual observa la vía férrea, con controles operados principalmente con la extremidad superior izquierda y tendencia a no apoyar espalda en el respaldo del asiento (Ver Figura N°48)

Figura N°48. Conducción de la locomotora



Resultados del Método R.E.B.A.

Postura 1: Visualización de la carga por frente largo

Grupo A: Tronco, Cuello y Piernas. En esta postura, el factor más crítico es la torsión del tronco y el cuello hacia la izquierda para la visión operativa, es decir para visualizar a través de la ventana las vías y las condiciones del entorno, lo que hace que dicho lado sea el lado más cargado y desfavorable.

- Tronco (Puntuación: 3): Flexión ligera hacia adelante (estimada entre 0 y 20°) en posición sentada. Se ajusta +1 por tronco girado

- Cuello (Puntuación: 2): Flexión (0°-20°) +1 (Cuello girado)
- Piernas (Puntuación: 1): El trabajador está sentado con los pies apoyados, lo que ofrece una base estable y descarga de peso.

Grupo B: Brazos, Antebrazos y Muñecas

Lado Derecho

- Brazo (Puntuación: 1): Flexión 20°-45° (Codo cerca del cuerpo, probablemente apoyado) -1 (Brazo apoyado).
- Antebrazo (Puntuación: 1): Flexión 60°- 100°
- Muñeca (Puntuación: 1): Desviación 0°- 15° (Posición más neutral o de reposo)

Lado Izquierdo

- Brazo (Puntuación: 2): Flexión 20°- 45° (Codo cerca del cuerpo) -1 (El antebrazo parece apoyado o el brazo está cerca del cuerpo)
- Antebrazo (Puntuación: 1): Flexión 60°- 100°
- Muñeca (Puntuación: 2): Desviación 0°- 15° +1 (Giro de muñeca fuera del eje central para agarrar el mando)

Determinación de la Puntuación Final (Utilizando el Lado Más Desfavorable)

En el método REBA, el riesgo se determina por la postura más exigente, que en este caso es el lado izquierdo

Puntuación REBA Final 5, es necesaria la actuación

El riesgo global es Medio (Puntuación 5), impulsado principalmente por la asimetría postural necesaria para operar y observar.

Postura 2: Conducción de la locomotora, con visualización por frente corto

Grupo A: Tronco, Cuello y Piernas

- Tronco (Puntuación: 3): El trabajador está sentado, pero se observa una flexión anterior (aproximadamente 20°) y, lo más crítico, una torsión lateral evidente para mirar por la ventana.
- Cuello (Puntuación: 3): Existe una flexión moderada, pero se suma una torsión/inclinación lateral extrema (más de 45°) para mantener la visibilidad exterior.
- Piernas (Puntuación: 1): El trabajador está sentado con los pies apoyados, lo que proporciona una base estable

Grupo B: Brazos, Antebrazos y Muñecas

- Brazo (Puntuación: 4): El brazo izquierdo está flexionado y elevado (entre 45° y 90°). Además, se observa que el hombro está elevado/abducido para alcanzar el mando superior.
- Antebrazo (Puntuación: 1): El ángulo de flexión está en el rango de 60° a 100°.
- Muñeca (Puntuación: 2): Se observa una desviación o flexión de la muñeca para sujetar la palanca/mando.

Puntuación Final y Nivel de Acción

Puntuación REBA Final: 9

Nivel de Riesgo: Alto

Acción: Es necesaria la actuación cuanto antes y un estudio más detallado.

Resultados del Método ISO 11.226

Objetivo:

Evaluar los factores de riesgo biomecánico asociados a la carga postural estática del trabajador identificado en la imagen, determinando la aceptabilidad de los ángulos articulares y el mantenimiento de la postura según los algoritmos de la norma ISO 11.226.

Postura 1

Análisis por segmentos corporales:

- **Cabeza y cuello:**

Observación: El operador mantiene la cabeza rotada hacia la izquierda (aproximadamente 45 - 60°) para mirar por la ventana lateral, mientras su torso intenta mantenerse alineado con los controles.

Evaluación ISO 11.226: Rotación > 20° mantenida es Inaceptable.

Resultado: NO RECOMENDADO. La tensión se concentra en el músculo esternocleidomastoideo derecho y los escalenos.

Observación: Trabajador utilizando el respaldo de la silla. Sin embargo, la postura de los brazos fuerza una desviación. Torsión Axial: El pecho gira levemente a la izquierda. Inclínación Lateral, al tener que alcanzar una palanca "arriba" con la derecha y un botón "abajo" con la izquierda, la columna se curva lateralmente.

Evaluación ISO 11.226: La Norma penaliza severamente la combinación de Torsión + Inclínación Lateral. Aunque tenga respaldo, la columna está "trabada" en una posición asimétrica.

Resultado: RIESGO ALTO.

Extremidad Superior Derecha (Palanca Frontal)

Observación: Brazo extendido hacia adelante.

- **Brazo**

Observación: Flexión (elevación frontal) estimada en 45° + Abducción ligera (separación lateral) + Protracción¹³. No hay apoyo del brazo.

Evaluación ISO 11.226: La Norma clasifica como Inaceptable cualquier flexión >20° mantenida sin soporte externo. Al no apoyar el codo, el músculo deltoides (porción anterior) y el trapecio superior deben sostener el peso de todo el brazo.

Resultado: Riesgo CRÍTICO. Fatiga acelerada y riesgo de tendinopatía del supraespinoso.

Codo y Antebrazo

- **Codo:**

Observación: Extensión significativa (ángulo obtuso >120°), está lejos de la zona de fuerza óptima de 90°.

- **Antebrazo:**

Observación: En Pronación para tomar la palanca horizontal.

Evaluación ISO 11.226: Trabajar con el codo extendido reduce la ventaja mecánica. La pronación mantenida tensa los músculos de la zona externa del codo.

¹³ El hombro se proyecta hacia adelante para el alcance.

Resultado: Riesgo ALTO.

- **Mano y Muñeca (Factor Guantes)**

Observación: Desviación Cubital. El uso de guantes gruesos reduce la sensibilidad y aumenta el diámetro del agarre.

Resultado: Riesgo CRÍTICO.

Extremidad Superior Izquierda (Botón Inferior)

Observación: El brazo cae y se dirige hacia atrás/abajo para accionar un control en la base del asiento.

- **Brazo:**

Observación: Extensión (brazo hacia atrás) + Depresión (hombro bajado a la fuerza) + Rotación Interna.

Evaluación ISO 11.226: La extensión hacia atrás (>20°) es una postura penalizada si se fuerza el rango articular. Lo crítico aquí es la asimetría: El hombro izquierdo "tira" hacia abajo mientras el derecho "tira" hacia arriba. Esto desestabiliza la columna dorsal.

Resultado: Riesgo MODERADO. El riesgo es más postural para la espalda que muscular para el hombro mismo.

- **Codo y Antebrazo**

Observación: Extensión casi completa hacia el suelo/costado.

Evaluación ISO 11.226: Postura dictada por la gravedad. No requiere esfuerzo muscular para sostenerse, pero sí para la precisión del dedo.

Resultado: Riesgo BAJO.

- **Mano y Muñeca**

Observación: Desviación Radial/Pronación Forzada, Extensión dorsal

Evaluación ISO 11.226: Posturas de extensión de muñeca combinadas con pronación son clasificadas como No Recomendadas si se ejerce fuerza.

Resultado: Riesgo MODERADO.

- **Extremidad Inferior**

Observación: Las piernas se encuentran dentro de los ángulos de confort fisiológico definidos por la Norma. Cadera: Ángulos entre 95° y 110° (Rango óptimo: 90°- 120°). Rodillas: Ángulos entre 90° y 110° (Sin flexión aguda ni extensión forzada). Pies: Apoyados (asumiendo contacto con suelo/reposapiés).

Resultado: Aceptable

Postura 2

- **Cabeza y cuello:**

Observación: Se observa una rotación axial severa de la cabeza hacia el lado derecho (aproximadamente > 45°) combinada con una ligera extensión (inclinación hacia atrás) para mirar por la ventana superior.

Evaluación ISO 11.226: La Norma establece que una rotación del cuello > 45° no es recomendada bajo ninguna circunstancia debido al alto riesgo de compresión nerviosa y tensión muscular. La extensión del cuello sin soporte externo tampoco es recomendada.

Resultado: Riesgo Alto (Postura No Recomendada).

- **Tronco (Columna Vertebral)**

Observación: El tronco presenta una torsión/rotación hacia la derecha para acompañar la mirada. El trabajador ha perdido contacto total con el respaldo del asiento, inclinándose ligeramente hacia adelante (flexión) y lateralmente.

Evaluación ISO 11.226: La rotación del tronco (torsión) combinada con flexión aumenta significativamente la presión intradiscal en la zona lumbar. Si la torsión supera los 20°, se requiere un tiempo de recuperación inmediato o soporte.

Resultado: Riesgo Moderado a Alto (dependiendo del tiempo de mantenimiento). La falta de uso del respaldo agrava la carga lumbar.

- **Hombros y Brazos (Extremidad Superior izquierda)**

Observación: Flexión: El brazo está desplazado hacia adelante (aproximadamente 30° - 40°) para alcanzar el mando. Abducción (Separación): Existe una separación del brazo respecto al tronco (aproximadamente 20° - 30°), necesaria para librar el volumen del torso y alcanzar la palanca lateral. Elevación: Se percibe una ligera elevación del hombro, probablemente por la tensión de mantener el brazo en el aire sin apoyo efectivo.

Evaluación ISO 11.226: La Norma indica que mantener una abducción o flexión >20° sin apoyo del antebrazo es una postura no recomendada si se sostiene por más de un corto periodo.

Resultado del Riesgo: POSTURA NO RECOMENDADA

- **Codo y Antebrazo:**

Observación: Flexión de Codo: El ángulo es obtuso (abierto), aproximadamente entre 100° y 110°. Pronación: El antebrazo está pronado para sujetar el mando. Apoyo: Ausente. El codo y el antebrazo están "flotando". No hay contacto con un reposabrazos que descargue el peso de la extremidad.

Evaluación ISO 11.226: La falta de soporte completo para el antebrazo mientras se realiza una tarea de precisión o agarre continuo contraviene las recomendaciones para tareas estáticas.

Resultado del Riesgo: RIESGO MODERADO

- **Mano y Muñeca:**

Observación: Agarre: Prensión sobre la palanca. El uso de guantes gruesos reduce la sensibilidad táctil, lo que biomecánicamente suele obligar al trabajador a aplicar más fuerza de agarre de la necesaria. Desviación de Muñeca: Debido a la altura de la palanca y la posición del codo, se observa una desviación cubital combinada con una ligera extensión.

Evaluación ISO 11.226: Las posturas extremas de la muñeca (desviaciones >15 - 20°) combinadas con fuerza de agarre son clasificadas como de alto riesgo.

Resultado: Riesgo Alto (por combinación con agarre).

- **Extremidades Inferiores**

Postura Observada: Posición sedente. Aunque no se ven los pies, la postura de las piernas parece estable.

Evaluación: Riesgo Bajo, asumiendo que los pies tienen apoyo firme en el suelo.

[Conclusiones del informe](#)

Postura 1 – REBA

Comparativamente la postura adoptada por el trabajador afecta principalmente al lado izquierdo, al adoptar una postura de inclinación o torsión de tronco y cuello, generando tensión en dicha zona.

Postura 1 – ISO 11.226

El riesgo ergonómico se clasifica como Alto, debido a la mantención de la postura adoptada al operar el claxon. Es una postura desfavorable tanto para tronco y cuello ya que crea una alta carga estática en la columna vertebral y músculos de la espalda y el cuello. Como así también para el segmento hombro-brazo, ya que incrementa la tensión en el hombro y la parte superior de la espalda mientras se manipula el control.

Postura 2 – REBA

La postura se clasifica como NO CONFORME (Crítica).

La acumulación de factores de riesgo supera los límites de recuperación fisiológica. No existe un solo segmento del tren superior que trabaje en zona de confort. La interacción entre la fuerza requerida (aumentada por los guantes) y la postura forzada (torsión + alcances extremos) crea un riesgo inminente de trastorno musculoesquelético

Postura 2 – ISO 11.226

"POSTURA NO RECOMENDADA"

Tras aplicar la Norma ISO 11.226 a la postura observada en la imagen, se concluye que el puesto de trabajo NO CUMPLE con los criterios de aceptación ergonómica.

La situación se clasifica como de Riesgo Biomecánico Alto, debido a la acumulación de múltiples factores de estrés en una tarea estática y simultánea.

El trabajador está obligado a mantener una línea de visión posterior extrema mientras mantiene una línea de acción manual fija anterior (brazo izquierdo al frente/izquierda). Esto genera una torsión de la columna vertebral, bloqueando la capacidad del cuerpo para usar el respaldo del asiento y transfiriendo toda la carga a la musculatura estabilizadora, la cual se fatiga rápidamente.

La manipulación constante de los controles (palancas) impone una carga estática considerable en la extremidad superior. Esto se debe a:

- Alcances variables: Exigen posturas viciosas y forzadas en las articulaciones del hombro, brazo y antebrazo.
- Carga Estática Sostenida: La sujeción y operación continua de las palancas incrementa el esfuerzo isométrico de la musculatura.

La modalidad de conducción utilizada determina el nivel de exigencia postural del eje axial, según se realice por Frente Largo o Corto. Ambas configuraciones exigen la adopción de posturas forzadas de cuello y tronco. Esto es esencialmente para lograr la visión general de las vías o para monitorear los vagones, resultando en giros y/o extensiones cervicales y dorsales prolongadas.

La carga física se ve agravada por factores de estrés cognitivo y atención que conllevan a una tensión permanente del operador:

- Alerta Permanente: La necesidad de estar atento a las condiciones del tráfico, llevar el recuento de paradas y novedades, y mantener una constante comunicación con el ayudante de maquinista.

- Consecuencia: Estos factores cognitivos inducen un estado de alerta permanente que se traduce en un aumento del tono muscular (tensión) en el cuerpo (principalmente cuello y hombros), lo que intensifica la carga postural estática y el riesgo de fatiga.

Informe de evaluación postural maquinista tren de carga recorrido Alameda – Requinoa
Se analiza la tarea de conducción de tren de carga en el recorrido entre los terminales Alameda (Santiago, Región Metropolitana) y Requinoa (VI Región).

Descripción de la tarea

La operación se realiza bajo la modalidad de frente largo, con una carga de 40 carros vacíos. El trayecto tiene una duración ininterrumpida de 1 hora y 45 minutos.

El maquinista desempeña su labor en posición sedente estática. Debido a la orientación de la locomotora, el operador debe mantener de forma sostenida una postura forzada caracterizada por la rotación cervical (cuello girado hacia la izquierda) para asegurar la visibilidad de la vía a través de la ventanilla.

La tarea requiere una manipulación frecuente de controles (velocímetro, claxon, manómetros) situados en planos frontales y perpendiculares. Se destaca la alta demanda biomecánica que implica el accionamiento constante del dispositivo de seguridad "hombre muerto", cuya presión continua es crítica para evitar la detención automática de la máquina

Por otra parte, el trabajador debe procesar simultáneamente múltiples variables del entorno, tales como:

- Condiciones externas: Factores climáticos, estado de la infraestructura ferroviaria y señalización (semáforos).
- Seguridad vial: Supervisión de cruces (autorizados, no autorizados y con/sin guardavías) y detección de obstáculos (vehículos, peatones o animales).
- Monitoreo del equipo: Control del estado técnico de los vagones y parámetros de la locomotora.
- Comunicaciones: Gestión de instrucciones operativas mediante radiofrecuencia y telefonía móvil, medios esenciales para la seguridad del tráfico ferroviario.

Figura N°49. Campo visual del tripulante de línea al conducir en frente largo



Figura N°50. Botón "Hombre muerto"



Figura N°51. Conducción en frente largo



Condiciones del equipo y el entorno

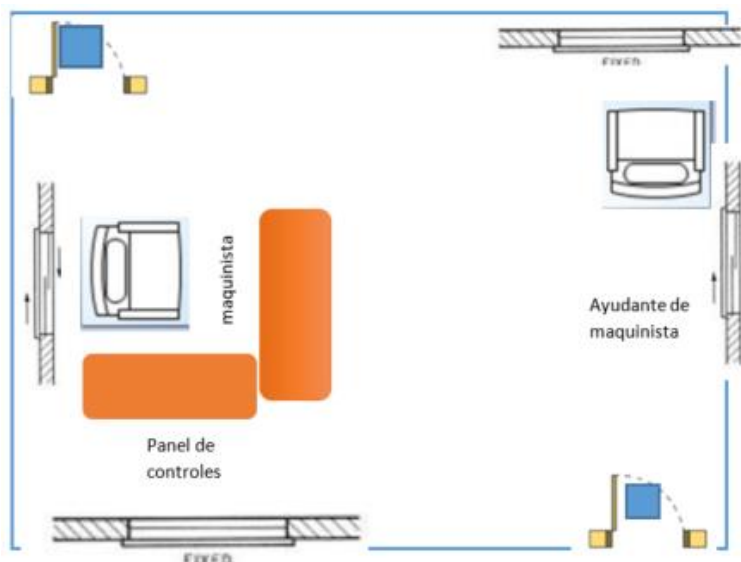
El tren evaluado corresponde a una locomotora diésel – eléctrica, tren de carga compuesto, en este caso, por 40 carros tanque vacíos, siendo el peso de la locomotora con carga de 900 toneladas. Esta locomotora es del año 1980, existiendo otras más antiguas refaccionadas.

La cabina de conducción presenta frente largo, con controles dispuestos en forma perpendicular a la visual de la ventanilla y hacia atrás. Las condiciones del asiento son aceptables, puede regular la altura, profundidad e inclinación, superficies acolchadas, brindando buen apoyo lumbar y dorsal.

Durante la evaluación, se identificaron las siguientes condiciones ambientales y de entorno:

- Presencia de ruido operacional.
- Visibilidad reducida debido a la lluvia
- Espacio reducido de la cabina

Figura N°52. Lay-out cabina de locomotora



Análisis Postural

Descripción de posturas adoptadas

Postura 1

Operación de controles en cabina de locomotora. El trabajador permanece sentado, con el tronco rotado y el cuello girado para mantener la visibilidad, mientras opera palanca con el miembro superior derecho.

Figura N°53. Imagen de postura 1



Postura 2

Operación de controles en cabina de locomotora. El trabajador permanece sentado, con el tronco rotado y el cuello girado para mantener la visibilidad, mientras opera una palanca con el miembro superior derecho.

Figura N°54. Imagen de postura 2



Resultados del Método R.E.B.A.

Postura 1

Grupo A: Tronco, Cuello y Piernas

- Tronco (puntuación 2): El trabajador está sentado. Existe una ligera flexión del tronco (entre 0° y 20°) hacia adelante para alcanzar los mandos. El respaldo parece proveer soporte, pero la postura activa lo separa ligeramente.
- Cuello (puntuación 3): El cuello presenta una rotación mayor a 20° hacia la derecha para seguir la línea de visión. La torsión añade +1.
- Piernas: El trabajador se encuentra en posición sentado. Ambos pies se encuentran en una superficie estable.

Aunque existe una flexión de rodillas cercana al estar en posición sentado, no se aplica el incremento por flexión que se daría en bipedestación.

Puntuación Total Grupo A: 4

Grupo B: Brazos, Antebrazos y Muñecas

Lado derecho:

- **Hombro y brazo:**
El brazo derecho presenta una flexión anterior para alcanzar el mando, (rango de entre 45° a 90°), no se encuentra en abducción y no cuenta con apoyo al operar el control.
Se observa una elevación del hombro producto de la compensación postural forzada al no contar con apoyabrazo para operar el mando.
- **Antebrazo:**
La flexión del codo se encuentra en el rango óptimo de confort, entre 60° y 100°
- **Muñeca:**
La muñeca se encuentra en una posición neutra (flexión/extensión menor a 15°) mientras sujeta el mando.
Existe una ligera desviación cubital o torsión para adaptarse a la forma de la palanca de control.
El mando permite un "agarre de fuerza" bueno y seguro, lo cual no añade penalización.

Se asume que el movimiento de la palanca es suave y requiere menos de 5 kg de fuerza intermitente

Lado izquierdo:

- **Hombro y brazo:**
El brazo cuelga de forma natural y relajada, prácticamente paralelo al tronco. Se encuentra en el rango de 0° a 20° de flexión/extensión. Asimismo, cuenta con un apoyo indirecto (el antebrazo descansa sobre la pierna), lo que reduce la carga por gravedad sobre el hombro.
- **Antebrazo:**
El antebrazo está apoyado sobre el muslo izquierdo. El ángulo de flexión del codo es abierto, estimándose ligeramente por encima de los 100° debido a la posición relajada de la mano hacia la rodilla.
- **Muñeca:**
La muñeca se encuentra en una posición neutra, descansando sobre la rodilla sin flexiones o extensiones forzadas. No se observa desviación cubital/radial ni torsión.

Resultado y Nivel de acción

Al cruzar los datos de las tablas REBA y añadir el Puntaje de Acoplamiento (0) y Puntaje de Actividad (+1) (debido a que la postura es mantenida o estática por periodos de tiempo), se obtuvieron los siguientes resultados:

Lado	Puntuación C (A+B)	Acoplamiento	Actividad	Puntaje REBA	Nivel de Riesgo
Derecho	8	0	+1 estática	9	ALTO
Izquierdo	2	0	+1 estática	3	BAJO

Postura 2

Evaluación del Grupo A: Tronco, Cuello y Piernas

Este grupo evalúa los segmentos que constituyen el eje central del cuerpo y su base de sustentación.

- **Tronco** (Puntuación: 3): Se observa una flexión anterior del tronco estimada en el rango de entre 0° y 20° para alcanzar los controles. Se añade +1 punto por la torsión lateral del tronco necesaria para operar los mandos derechos mientras mantiene la atención visual hacia la ventana lateral.
- **Cuello** (Puntuación: 3): Crítico. El trabajador mantiene la cabeza rotada hacia la derecha más de 20° para mirar por la ventana lateral. Se añade +1 punto por la rotación hacia la derecha para la observación externa de la vía.
- **Piernas** (Puntuación: 1): Postura sedente con peso distribuido equilibradamente.

Carga / Fuerza (Puntuación: 0): La fuerza requerida para mover las palancas es baja (5 kg) y no hay cambios bruscos. (+0).

Puntuación Total Grupo A : 5

Grupo B: Brazos, Antebrazos y Muñecas

Lado derecho:

- **Hombro y brazo:**
Crítico. El brazo está extendido hacia adelante (flexión mayor a 45°) y separado del cuerpo (abducción). El hombro está elevado por falta de apoyo.
- **Antebrazo:**
El ángulo del codo se mantiene funcional, dentro del rango de confort fisiológico del método REBA (60° a 100°).
- **Muñeca:**
La muñeca está en una posición relativamente neutra o con una ligera extensión 0° a 15° para operar el mando. Se observa una desviación cubital o radial para el agarre del mando.

Lado izquierdo:

- **Hombro y brazo:**
El brazo cae verticalmente desde el hombro, alineado con la gravedad. El ángulo es <20°. No hay abducción y cuenta con soporte (a través del antebrazo en la pierna).
- **Antebrazo:**
El brazo cuenta con soporte (a través del antebrazo en la pierna), mantiene un ángulo natural de reposo sobre el muslo.
- **Muñeca:**
La muñeca descansa en posición neutra sobre el muslo. No hay flexión ni extensión forzada.

Tipo de Agarre: El trabajador sostiene una palanca diseñada para la mano. Sin embargo, la postura del brazo forzada impide un agarre de fuerza óptimo y seguro. Se considera un agarre "Regular" (Mano sujeta, pero postura no ideal). Se adiciona+1

Resultado y Nivel de Acción

Al cruzar los datos de las tablas REBA y añadir el Puntaje de Acoplamiento (0) y Puntaje de Actividad (+1) (debido a que la postura es mantenida o estática por periodos de tiempo), se obtuvieron los siguientes resultados:

Lado	Puntuación C (A+B)	Acoplamiento	Actividad	Puntaje REBA	Nivel de Riesgo
Derecho	8	0	+1	9	ALTO Se requiere una intervención ergonómica inmediata.
Izquierdo	4	0	+1	5	MEDIO Es necesaria una actuación ergonómica.

Objetivo

Evaluar los factores de riesgo biomecánico asociados a la carga postural estática del trabajador identificado en la imagen, determinando la aceptabilidad de los ángulos articulares y el mantenimiento de la postura según los algoritmos de la Norma ISO 11.226.

Postura 1

Análisis por Segmentos Corporales (Criterios ISO 11.226)

- **Cabeza y Cuello (Segmento Crítico)**

Observación: El trabajador mantiene la cabeza rotada hacia su izquierda (mirando hacia la ventana), mientras su torso intenta mantenerse frontal para alcanzar el mando. Postura: Rotación axial extrema ($>45^\circ$) con posible inclinación lateral.

Evaluación ISO 11.226: La Norma clasifica como inaceptable cualquier rotación mantenida superior a 20° sin soporte. En este caso, el ángulo se acerca al límite articular (aproximadamente $60 - 70^\circ$).

Resultado: NO RECOMENDADO. Es el punto de mayor estrés. Esta postura bloquea el flujo sanguíneo vertebral y tensa al máximo el músculo trapecio derecho y el esternocleidomastoideo.

- **Tronco:**

Observación: El torso está despegado del respaldo. La parte superior del tronco gira levemente a la izquierda (siguiendo la cabeza), mientras la pelvis está fija. Postura: Flexión anterior leve (inclinado hacia adelante) + Torsión axial.

Evaluación ISO 11.226: La falta de soporte lumbar (espalda al aire) combinada con la torsión clasifica la postura como de alto riesgo si se mantiene por más de 1 minuto.

Resultado: CONDICIONAL / RIESGO ALTO. La columna lumbar está soportando la carga vertical y de torsión sin ayuda del respaldo de la silla.

- **Extremidad Superior Derecha (Operativa)**

Observación: El brazo derecho se extiende hacia el frente para alcanzar el mando. Al estar el cuerpo girado levemente a la izquierda (para mirar afuera), el brazo derecho debe hacer una aducción horizontal (cruzar la línea media) o estirarse más para alcanzar el control.

- **Hombro:**

Observación: Flexión (elevación frontal) pronunciada, estimada entre 45° y 60° . Además, existe una protracción escapular¹⁴.

Evaluación ISO 11.226: La Norma establece que una flexión $> 20^\circ$ sin apoyo del brazo es inaceptable si se mantiene en el tiempo. En este caso la flexión es mayor es pronunciada. Al alejar la mano del cuerpo, el "momento de fuerza" (torque) en la articulación del hombro se multiplica.

Resultado: NO RECOMENDADO (Riesgo Alto). El deltoides anterior y el trapecio están bajo máxima tensión estática.

- **Codo y Antebrazo:**

Observación: Postura en extensión significativa. El ángulo del codo es abierto, superior a los $130^\circ - 140^\circ$.

¹⁴ Significa que el hombro se proyecta hacia adelante para ganar alcance.

Evaluación ISO 11.226: Aunque no llega a la hiperextensión (bloqueo), trabajar con el codo tan estirado reduce la capacidad de fuerza y precisión. Biomecánicamente, cuanto más extendido está el codo, más peso efectivo debe soportar el hombro.

Resultado: Condicional / Riesgo Moderado. El riesgo aquí no es articular para el codo en sí, sino que esta extensión empeora la carga del hombro.

- **Muñeca:**

Observación: Se observa una desviación cubital para alinear la mano con el mando vertical, compensando la posición del brazo que viene desde lejos.

Evaluación 11.226: Posiciones extremas de la articulación de la muñeca combinadas con fuerza de agarre son factores de riesgo para trastornos como el síndrome del túnel carpiano.

Resultado: Precaución.

Extremidad Superior Izquierda:

- **Hombro:**

Observación: Postura neutra, con leve rotación interna para colocar la mano sobre la pierna.

Evaluación ISO 11.226: Los músculos elevadores (trapecio) están relajados. La gravedad actúa a favor.

Resultado: Aceptable.

- **Codo y Antebrazo:**

Observación: Flexión de codo relajada (aprox. 90-100°).

Evaluación ISO 11.226: El antebrazo tiene soporte total sobre el muslo. Esto rompe la cadena de tensión estática.

Resultado: Aceptable.

- **Muñeca:**

Observación: La mano descansa sobre la rodilla/muslo en una posición funcional (ligera extensión).

Resultado: Aceptable.

Postura 2

Análisis por Segmentos Corporales (Criterios ISO 11.226)

La norma evalúa los ángulos articulares para determinar si una postura es "Aceptable", "Aceptable condicionalmente" (requiere medidas correctivas a largo plazo) o "No recomendada" (requiere acción inmediata).

- **Cabeza y Cuello (Segmento Crítico)**

Observación: El trabajador mantiene la cabeza girada hacia su derecha, para obtener visibilidad a través de la ventana.

Postura Identificada: Rotación axial de la cabeza (torsión) y ligera extensión.

Evaluación ISO 11.226: La norma establece que una rotación axial > 20° o una flexión/extensión extrema no es aceptable para posturas estáticas sin soporte completo. En la imagen, la rotación supera visiblemente los 45°.

Resultado: NO RECOMENDADO.

- **Tronco (Columna Dorso lumbar)**

Observación: El trabajador está sentado, pero su torso no está alineado con el respaldo de la silla. Existe una torsión hacia la derecha para acompañar el movimiento del cuello.

Postura Identificada: Rotación axial del tronco (torsión) e inclinación lateral. El respaldo no se está utilizando efectivamente para soporte lumbar en esta posición.

Evaluación ISO 11.226: La torsión del tronco $> 20^\circ$ se clasifica como "No Recomendada".

Incluso si fuera $< 20^\circ$, la falta de uso del respaldo mientras se está sentado requiere una evaluación de tiempo de mantenimiento (Paso 2 de la Norma).

Resultado: CONDICIONAL / RIESGO ALTO. La pérdida de contacto con el respaldo elimina el soporte lumbar, aumentando la carga en la zona baja de la espalda.

Miembros Superiores (lado Derecho)

- Brazo:

Observación: Flexión (30° a 45° y ligera abducción) debido a la rotación del tronco.

Evaluación ISO 11.226: La Norma indica que si la flexión/abducción está entre 20° y 60° , se requiere apoyo total del brazo para ser aceptable por periodos largos. Al no apoyar el brazo, el peso es sostenido por la musculatura del deltoides y trapecio superior.

Resultado: No Recomendado (Riesgo de fatiga muscular rápida).

- Codo y Antebrazo:

Observación: Extensión parcial. El ángulo del codo está abierto (obtuso), con un ángulo superior a los 90° para alcanzar la palanca.

Evaluación ISO 11.226: La Norma penaliza la extensión completa (bloqueo articular) o la flexión extrema. Un ángulo de $100 - 120^\circ$ es mecánicamente eficiente y está dentro de rango confortable.

Pronación/Supinación: La mano está en posición neutra o ligera pronación para tomar la palanca.

Resultado: Condicional (El ángulo es bueno, pero la falta de apoyo lo convierte en un punto de tensión).

- Muñeca y Mano:

Observación: Agarre cilíndrico o de fuerza sobre la palanca.

Evaluación ISO 11.226: Desviación: Al operar una palanca vertical/diagonal desde una posición sentada y girada, es muy probable que exista una desviación cubital. La Norma considera riesgo si la desviación supera los $10 - 15^\circ$.

Resultado: Riesgo Moderado.

- Extremidad Inferior (Segmento Piernas)

Observación: El trabajador se encuentra en posición sedente con soporte podal completo.

Evaluación ISO 11.226: La Norma evalúa la suficiencia del apoyo y la posición de las articulaciones de la cadera, rodilla y tobillo.

Resultado: Se considera "Aceptable".

- Brazo (Lado Izquierdo)

Observación: Postura Neutra. El brazo cae verticalmente alineado con la gravedad, sin elevación ni abducción forzada.

Evaluación ISO 11.226: Flexión/Abducción $< 20^\circ$. Hombros relajados (sin elevación escapular).

Resultado: Aceptable (Zona de confort).

- Codo / Antebrazo

Observación: Flexión aproximada de 90° a 100°. El antebrazo descansa plenamente sobre el muslo izquierdo.

Evaluación ISO 11.226: El muslo actúa como superficie de soporte externa. Esto elimina la carga estática en el bíceps y hombro.

Resultado: Aceptable (Cumple el criterio de soporte corporal).

- **Muñeca y Mano**

Observación: Relajada, ligera flexión natural debido a la gravedad, apoyada sobre la pierna.

Resultado: Aceptable (Recuperación muscular).

Conclusiones del informe

Postura 1 – REBA

El puesto de trabajo presenta un Riesgo Ergonómico ALTO (Puntuación REBA: 10). Esto significa que de mantenerse la situación actual considerando turnos de trabajo prolongados puede llegar a enfermar al trabajador.

El análisis biomecánico revela una combinación de tres factores que actúan simultáneamente sobre el lado derecho del cuerpo:

- Carga Estática (Gravedad): Al no existir apoyabrazos, la musculatura del hombro (trapecio y deltoides) debe contraerse permanentemente para sostener el peso del brazo en el aire. No hay fase de relajación muscular mientras se opera.
- Palanca Desfavorable (Postura): La flexión (>45°) y la abducción (codo separado) aumentan el brazo de momento. Biomecánicamente, el hombro está soportando una carga equivalente a sostener un objeto pesado, aunque la mano solo sostenga una palanca ligera.
- Torsión Cervical: El cuello girado bloquea la circulación sanguínea óptima hacia la zona que ya está tensa por el esfuerzo del hombro, acelerando la fatiga.

Ahora bien, respecto del resultado de la evaluación del lado izquierdo que presenta una biomecánica completamente distinta, podemos evidenciar que el nivel de riesgo es BAJO debido al apoyo del brazo sobre el muslo.

Postura 1 – ISO 11.226

Jerarquía de los riesgos identificados

RIESGO CRÍTICO (Prioridad Inmediata). Segmento: Cabeza y Cuello. Rotación axial severa (>45°) sostenida hacia la izquierda. Segmento: Extremidad Superior Derecha (Hombro). Hallazgo: Flexión de hombro con codo extendido (>130°) sin apoyo.

RIESGO ALTO (Prioridad Media). Segmento: Tronco. Torsión axial sin contacto con el respaldo.

RIESGO BAJO (Zona Segura). Segmentos: Brazo Izquierdo y Piernas. Posturas de reposo y estabilización pasiva.

Consideraciones finales del análisis postural

La postura analizada se clasifica como NO RECOMENDADA (No Conforme). La combinación de una rotación cervical extrema hacia un lado y una extensión forzada del brazo hacia el lado opuesto genera un estrés mecánico cruzado que atraviesa toda la columna vertebral.

El cuerpo del trabajador se ve obligado a estirarse en direcciones opuestas simultáneamente. Esto rompe la alineación natural del eje corporal. Además, al estar el mando lejos, el trabajador no puede pegar el codo al cuerpo, perdiendo fuerza y precisión.

Postura 2 – REBA

El lado izquierdo demuestra que el cuerpo del trabajador busca naturalmente el apoyo para aliviar tensión. El riesgo residual de este lado (Nivel 5) es estructural (columna/cuello), mientras que el riesgo extremo del lado derecho (Nivel 9) es funcional.

Postura 2 – ISO 11.226

Jerarquía de los riesgos identificados

RIESGO CRÍTICO (Prioridad Inmediata): Segmento: Cabeza y Cuello. Rotación axial severa (>45°) sostenida estáticamente.

RIESGO ALTO (Prioridad Media) Segmento: Tronco (Zona Lumbar). Torsión axial para acompañar la mirada, combinada con la pérdida de contacto con el respaldo de la silla.

RIESGO MODERADO (Atención Preventiva): Segmento: Extremidad Superior Derecha. Hombro en flexión sin apoyo (trabajo "en el aire") para operar el mando.

RIESGO BAJO (Zona Segura): Segmentos: Extremidad Superior Izquierda y Piernas. El brazo izquierdo actúa correctamente como punto de apoyo y estabilización, y las piernas mantienen una postura sedente estable.

Consideraciones finales del análisis postural

La postura adoptada por el trabajador se clasifica como NO RECOMENDADA (No Conforme) según los criterios de la Norma ISO 11.226.

Aunque existen segmentos en zona de confort (piernas y brazo izquierdo), la evaluación ergonómica no se promedia; se rige por el principio del "eslabón más débil". La presencia de una postura crítica en el cuello y una postura de alto riesgo en el tronco y brazo derecho comprometen la salud musculoesquelética general del trabajador.

El factor crítico no es la operación manual, sino la incompatibilidad visual. La necesidad de mirar hacia atrás/derecha obliga a una torsión de la cadena cinética (cuello y tronco) que excede los límites fisiológicos para el trabajo estático. El hecho de que el brazo izquierdo descansa en la pierna ayuda a estabilizar el cuerpo, pero no mitiga el riesgo cervical.

Considerando un análisis integrativo de ambas metodologías, es posible señalar:

Contexto operacional y carga postural

La tarea de conducción de trenes de carga se caracteriza por la necesidad de mantener posturas estáticas y forzadas de forma prolongada, lo que constituye un riesgo significativo de desarrollar Trastornos Musculoesqueléticos (TME).

Impacto en la Extremidad Superior

La manipulación constante de los controles (palancas) impone una carga estática considerable en la extremidad superior. Esto se debe a:

- Alcances variables: Exigen posturas viciosas y forzadas en las articulaciones del hombro, brazo y antebrazo.

- Carga Estática Sostenida: La sujeción y operación continua de las palancas incrementa el esfuerzo isométrico de la musculatura.

Impacto en Cuello y Tronco (Configuración de Conducción)

La modalidad de conducción utilizada determina el nivel de exigencia postural del eje axial (Frente Largo o Corto), pues ambas configuraciones exigen la adopción de posturas forzadas de cuello y tronco. Esto es esencialmente para lograr la visión general de las vías o para monitorear los vagones, resultando en giros y/o extensiones cervicales y dorsales prolongadas.

Factores adicionales y tensión psicológica

La carga física se ve agravada por factores de estrés cognitivo y atención que conllevan a una tensión permanente del operador:

- Alerta Permanente: La necesidad de estar atento a las condiciones del tráfico, llevar el recuento de paradas y novedades, y mantener una constante comunicación con el ayudante de maquinista.
- Consecuencia: Estos factores cognitivos inducen un estado de alerta permanente que se traduce en un aumento del tono muscular (tensión) en el cuerpo (principalmente cuello y hombros), lo que intensifica la carga postural estática y el riesgo de fatiga.

e) Conclusiones de los análisis ergonómicos de maquinistas de trenes de carga

Análisis conjunto de resultados según Método REBA

El análisis comparado de los puestos de trabajo de maquinistas de trenes de carga evaluados mediante el método REBA, evidencia de forma consistente **niveles de riesgo elevados**, con puntajes finales que se sitúan en rangos **ALTO** y **Necesario Pronto**, especialmente en las extremidades superiores y en el eje cuello–tronco.

De manera transversal, los resultados REBA muestran que el **principal determinante del riesgo** no corresponde a la magnitud de la fuerza aplicada, sino a la **combinación de posturas forzadas, asimétricas y sostenidas**, propias de la conducción en modalidad de **frente largo**, característica predominante en la operación de trenes de carga.

Los segmentos corporales que concentran los mayores puntajes REBA son:

- **Cuello**, por rotaciones axiales sostenidas superiores a 20° y frecuentemente superiores a 45°.
- **Hombro y brazo derecho**, por flexión, abducción o extensión combinada sin apoyo, mantenida durante varios minutos continuos.
- **Tronco**, por torsión e inclinación lateral sostenidas, generalmente sin apoyo efectivo del respaldo.

El método REBA identifica además un patrón claro de **asimetría funcional**, donde el lado derecho del cuerpo asume mayores cargas biomecánicas debido a la operación del acelerador, claxon u otros mandos principales, mientras el lado izquierdo actúa parcialmente como estabilizador o punto de apoyo, reduciendo su nivel relativo de riesgo.

En síntesis, REBA confirma que los puestos de maquinista de trenes de carga presentan **riesgo ergonómico alto**, que requiere intervención, particularmente por la **duración prolongada de las posturas**, la ausencia de pausas efectivas y la repetición de patrones posturales desfavorables a lo largo de jornadas extensas.

Análisis conjunto de resultados según Norma ISO 11.226

La aplicación de la Norma ISO 11.226 en los tres informes analizados muestra un **incumplimiento reiterado de los criterios de aceptabilidad postural**, clasificando las posturas observadas como “**No recomendadas**” o “**Condicionales / Riesgo Alto**” en los segmentos corporales críticos.

El análisis conjunto permite identificar como **factores estructurales de no conformidad** los siguientes:

- **Rotación cervical extrema y sostenida**, directamente asociada a la necesidad de visualizar la vía férrea a través de ventanillas de reducido tamaño por frente largo, y a la disposición perpendicular entre el plano visual requerido y el plano de los controles.
- **Torsión de tronco en postura sedente**, frecuentemente sin contacto continuo con el respaldo, lo que elimina el soporte lumbar y aumenta la carga compresiva y torsional sobre la columna.
- **Elevación y abducción de hombros sin apoyo**, especialmente en extremidad superior derecha, mantenidas por periodos que superan ampliamente los umbrales temporales aceptables definidos por la norma.
- **Pronación extrema de antebrazos**, en algunos casos bilateral, sostenida durante la operación de controles de aceleración y frenado.

La Norma ISO 11.226 es consistente en evidenciar que, aun cuando ciertos segmentos (por ejemplo, extremidades inferiores o brazo no dominante) se mantengan dentro de rangos aceptables, la presencia de **una sola postura crítica sostenida** es suficiente para clasificar el puesto como **No conforme**.

En consecuencia, ISO 11.226 confirma que los puestos de trabajo de maquinistas de trenes de carga, tal como están configurados y utilizados, **no cumplen con los criterios de aceptabilidad biomecánica**, siendo la rotación cervical sostenida el factor más crítico y transversal.

Conclusión integrativa de Método REBA y Norma ISO 11.226

La integración de los resultados obtenidos mediante los métodos REBA e ISO 11.226 permite concluir de manera fehaciente que el **puesto de maquinista de trenes de carga presenta un patrón ergonómico estructuralmente desfavorable**, caracterizado por una elevada carga biomecánica acumulativa y un riesgo significativo de desarrollo de trastornos musculoesqueléticos.

Ambos métodos convergen en señalar que el **factor central de riesgo** no es la fuerza aplicada ni la exigencia puntual de los controles, sino la **exposición prolongada a posturas estáticas, asimétricas y forzadas**, impuestas por:

- La conducción en **frente largo**.
- La contradicción entre el plano visual requerido para la tarea y la disposición de los mandos.
- El diseño de cabinas antiguas o con limitaciones de ajuste efectivo.
- Jornadas extensas, ausencia de pausas y alta demanda de vigilancia.

REBA aporta evidencia cuantitativa de niveles de riesgo que requieren acción, mientras que ISO 11.226 refuerza cualitativamente que dichas posturas **no son aceptables desde el punto de vista del trabajo estático**, especialmente cuando se mantienen por periodos prolongados sin soporte adecuado.

En conjunto, las evaluaciones ergonómicas demuestran que:

- La **rotación cervical sostenida** constituye un criterio crítico y diferenciador del trabajo de maquinista de carga.
- La **asimetría postural funcional** es un elemento estructural del puesto y no una conducta individual.
- La **dimensión temporal** (duración continua de la postura) es determinante en la carga biomecánica.
- El riesgo musculoesquelético observado está **directamente vinculado al diseño y organización del trabajo**, más que a la conducta del trabajador.

Por lo tanto, los resultados integrados permiten concluir que el puesto de trabajo de maquinista de trenes de carga **presenta condiciones ergonómicas de alto riesgo**, debiendo ser adecuadamente ponderados en el protocolo de calificación de enfermedades musculoesqueléticas.

11. Conclusiones Generales

De acuerdo con los antecedentes técnicos, metodológicos y contextuales desarrollados en la presente Guía Técnica, se concluye que el puesto de trabajo de maquinista de trenes, tanto de pasajeros como de carga, presenta características estructurales y operacionales que implican una exposición relevante a factores de riesgo musculoesquelético, los cuales deben ser evaluados de manera específica en el proceso de calificación de enfermedades musculoesqueléticas.

a) Segmentos corporales con potencial afectación musculoesquelética

Del análisis integrado de los puestos de trabajo evaluados en esta Guía Técnica, se establece que los **segmentos corporales que principalmente pueden verse afectados** por enfermedades musculoesqueléticas de origen profesional corresponden a:

- **Región cervical**, debido a la exposición reiterada y, en muchos casos, sostenida a rotaciones axiales y posturas forzadas del cuello, asociadas a los requerimientos visuales de la conducción ferroviaria, la disposición de ventanas, espejos retrovisores y pantallas de visualización de datos.
- **Región dorsolumbar**, particularmente en contextos de sedestación prolongada, asimetrías posturales del tronco, torsiones sostenidas y utilización parcial o inefectiva del respaldo del asiento.
- **Extremidades superiores**, incluyendo hombros, brazos, antebrazos, muñecas y manos, especialmente del lado dominante, producto de la operación manual sostenida de controles de aceleración, frenado, claxon y otros dispositivos, en combinación con posturas forzadas, elevaciones de brazo, pronación extrema de antebrazo y distintos tipos de agarre.
- **Extremidades inferiores**, en aquellos casos en que el diseño de la cabina presenta restricciones de espacio, limitaciones de apoyo plantar, angulaciones extremas de rodilla o necesidad de compensaciones posturales para mantener la estabilidad corporal durante la conducción.

Los segmentos señalados se encuentran comprendidos dentro de los ámbitos anatómicos y funcionales considerados en el Compendio del Seguro de la Ley N°16.744 y en el listado de enfermedades profesionales establecido en el D.S. N°109, por lo que su evaluación resulta obligatoria en el proceso de calificación.

b) Factores de riesgo musculoesquelético que deben evaluarse

Conforme a los antecedentes desarrollados en la presente Guía Técnica, se establece que en el caso de las personas trabajadoras que se desempeñan como maquinistas de trenes, los siguientes **factores de riesgo musculoesquelético deben ser estudiados de manera específica y sistemática** en el Estudio de Puesto de Trabajo:

- **Exposición a posturas estáticas prolongadas**, considerando la duración continua de la postura y la frecuencia de repetición, dado que la dimensión temporal constituye un factor determinante de la carga biomecánica.
- **Asimetrías posturales sostenidas** de cuello y tronco, especialmente aquellas impuestas por el diseño del puesto de trabajo, el tipo de frente de conducción y la disposición de los controles y elementos visuales.
- **Posturas forzadas de extremidades superiores**, incluyendo elevaciones de brazo, abducciones, extensiones y retroflexiones mantenidas, así como pronación extrema de antebrazo.
- **Tipo de agarre y uso de fuerza**, incorporando la evaluación de agarres palmares cilíndricos sostenidos, agarres de pinza y empujes digitales, aun cuando el nivel de fuerza sea clasificado como bajo o moderado.

Por otra parte, también deben ser estudiados los siguientes factores asociados:

- **Condiciones del sistema de asiento**, tales como estabilidad, regulación, amortiguación, inclinación y su adecuación a la antropometría del trabajador, considerando su influencia directa en la postura global.
- **Restricciones de espacio y diseño de cabina**, particularmente en material rodante antiguo o modificado (refaccionado).
- **Factores organizacionales y operacionales**, tales como jornada laboral, turnos, ausencia de pausas, duración del trayecto, exigencias de vigilancia y condiciones ambientales, los cuales deben ser considerados como factores agravantes de la carga musculoesquelética.

c) Consideraciones respecto de la exposición a vibraciones

En relación con la exposición a **vibraciones de cuerpo entero**, se establece que el hecho de que los niveles medidos se encuentren por debajo de los límites establecidos en el D.S. N°594 u otros parámetros de referencia internacional **no permite descartar la existencia de riesgo musculoesquelético asociado**.

Dado el **carácter acumulativo de la exposición a vibraciones**, resulta obligatorio considerar la **antigüedad del trabajador en el cargo**, expresada en años de exposición efectiva, como un elemento central en la evaluación del riesgo ocupacional. Podrá considerarse que no existe relación directa entre una enfermedad musculoesquelética en estudio y la exposición a vibraciones, cuando exista evidencia de que dicha exposición se encuentra por debajo del 50% del límite permitido por la normativa y con una antigüedad en el cargo con exposición a este agente que sea insuficiente, medido en años.

En aquellos casos en que existan dudas razonables respecto de la magnitud de la exposición, o cuando se evalúen denuncias por enfermedades presuntamente relacionadas con vibraciones, deberá realizarse la **medición directa en terreno**, en condiciones reales de trabajo, de acuerdo con la metodología definida por el **Instituto de Salud Pública**, a fin de asegurar una adecuada ponderación de este agente en el proceso de calificación.

d) Requisitos para asegurar la calidad técnica del Estudio de Puesto de Trabajo Musculoesquelético

De acuerdo con los elementos técnicos y contextuales desarrollados en la presente Guía Técnica, se concluye que las **especificaciones técnicas actualmente definidas por la Superintendencia de Seguridad Social para la realización del Estudio de Puesto de Trabajo (EPT)** resultan insuficientes por sí solas, sin la aplicación de los criterios complementarios desarrollados en esta Guía Técnica, para realizar una caracterización completa y adecuada de la exposición a riesgos musculoesqueléticos en el puesto de maquinista ferroviario.

En consecuencia, y con el objeto de asegurar la calidad técnica del EPT y la correcta aplicación de los criterios de calificación establecidos por SUSESO, deberá cumplirse, como mínimo, con los siguientes requisitos:

- **El trabajador afectado deberá estar presente durante la visita a terreno**, permitiendo la observación directa de su interacción con el puesto de trabajo.
- **Deberá realizarse una entrevista detallada al trabajador**, orientada a la descripción exhaustiva de su puesto de trabajo, tareas críticas e historia ocupacional, si procede.
- **Deberá realizarse una entrevista al supervisor directo del trabajador, al prevencionista de riesgos de la empresa o a un representante del Comité Paritario de Higiene y Seguridad**, con el fin de complementar y validar la información levantada.
- **Podrá realizarse una demostración de las tareas del puesto de trabajo con locomotora en patio**, siempre que dicha demostración considere los elementos técnicos descritos en la presente Guía Técnica, incluyendo los factores de riesgo postura forzada, repetitividad y uso de fuerza. Otros elementos como los requerimientos visuales, operacionales y ambientales, podrán ser reconstruidos, considerando la demostración del puesto de trabajo y las entrevistas, procurando que la información sea coherente y consistente con lo detallado en esta Guía Técnica.
- En el caso de requerir medición de vibraciones, obligatoriamente se deberá realizar en condiciones reales de trabajo. No tiene validez alguna realizar la medición en la demostración con locomotora de patio.

El cumplimiento de estos requisitos constituye una condición necesaria para garantizar la validez técnica del Estudio de Puesto de Trabajo y la adecuada evaluación del riesgo musculoesquelético en el proceso de calificación de enfermedades profesionales del sector ferroviario.