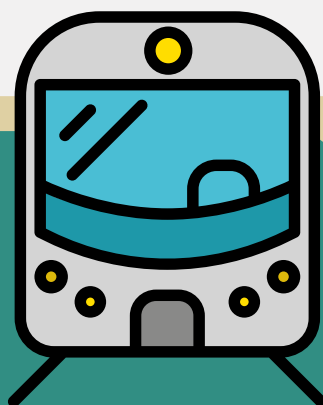


# Guía para el desarrollo de buenas prácticas de PRL en obras de ingeniería civil. Trabajos ferroviarios II

+ seguridad



Los contenidos de esta publicación han sido desarrollados en el marco del Proyecto AS-0034/2015 "Ampliación de la guía para el desarrollo de buenas prácticas de PRL en obras de ingeniería civil. Trabajos ferroviarios", con la financiación de la Fundación para la Prevención de Riesgos Laborales. (Convocatoria de asignación de recursos del ejercicio 2015).

Agradecemos la inestimable colaboración en el desarrollo del proyecto a:

- Comsa Corporación;
- TELICE;
- VÍAS;
- TECSA;
- Daniel Sánchez Polo;

y el resto de entidades que han cedido el material para la publicación de este manual sin cuya ayuda hubiera sido imposible la realización de la presente guía.

El contenido de dicha publicación es responsabilidad exclusiva de la entidad ejecutante y no refleja necesariamente la opinión de la Fundación para la Prevención de Riesgos Laborales.

# **Guía para el desarrollo de buenas prácticas de PRL en obras de ingeniería civil. Trabajos ferroviarios II**



# ÍNDICE

01	Introducción. Trabajos ferroviarios .....	6
02	Trabajos en altura .....	7
	2.1 Equipos para trabajos temporales en altura para obras ferroviarias.....	11
	2.2 Medidas preventivas para evitar el riesgo de caídas de personas a distinto nivel.....	13
	2.3 Medios de protección colectiva .....	17
	2.4 Medios de protección individual .....	18
	2.5 Normativa.....	21
03	Desprendimiento de cargas suspendidas.....	26
	3.1 Medios auxiliares para la movilización y almacenamiento de cargas .....	26
	3.2 Medidas preventivas para evitar el riesgo de caída de objetos y cargas desde altura..	27
	3.3 Medios de protección individual .....	31
	3.4 Normativa.....	31
04	Operaciones de soldadura oxiacetilénica/oxicorte, aluminotérmica y eléctrica .....	34
	4.1 Soldadura oxiacetilénica/oxicorte .....	34
	4.2 Soldadura aluminotérmica.....	35
	4.3 Soldadura eléctrica .....	39
	4.4 Recomendaciones generales de seguridad en los trabajos de soldadura. Conclusiones	41
05	Condiciones higiénicas .....	42
	5.1 Ruido .....	42
	a. Riesgo por exposición a ruido .....	45
	b. Medidas preventivas para evitar el riesgo por exposición al ruido .....	65
	c. Medios de protección individual .....	67
	d. Normativa .....	69
	5.2 Vibraciones .....	72
	a. Riesgo por exposición a vibraciones.....	74
	b. Medidas preventivas para evitar el riesgo por vibraciones .....	79
	c. Medios de protección individual .....	81
	d. Normativa .....	82
	5.3 Iluminación.....	85
	a. Riesgo debido a la iluminación.....	86
	b. Medidas preventivas para evitar el riesgo por inadecuada iluminación.....	87
	c. Medios de protección individual .....	89
	d. Normativa .....	90

5.4 Condiciones climatológicas adversas.....	91
a. Riesgo por exposición a condiciones climatológicas adversas .....	91
b. Medidas preventivas para evitar el riesgo por condiciones climatológicas adversas.....	96
c. Medios de protección colectiva .....	98
d. Medios de protección individual.....	98
e. Normativa.....	100
5.5 Exposición a agentes químicos.....	100
a. Riesgo por exposición a sustancias peligrosas.....	101
b. Medidas preventivas para evitar el riesgo por exposición a agentes químicos .....	114
c. Medios de protección individual .....	116
d. Normativa .....	117
Ergonomía .....	122
6.1 Descripción de las principales tareas en mantenimiento ferroviario .....	122
a. Sustitución de traviesas.....	123
b. Sustitución de carril .....	124
6.2 Equipos de trabajo utilizados.....	125
6.3 Factores de riesgo ergonómico.....	129
a. Sustitución de carril .....	130
6.4 Recomendaciones.....	132
a. Mejora de la manipulación manual de cargas .....	132
b. Reducción y mejora de las posturas forzadas .....	135
c. Disminución microtraumatismos y lesiones por movimientos repetitivos y por vibración .....	137
07 Bibliografía .....	139

La Fundación Laboral de la Construcción, en su afán por la reducción de la siniestralidad en el sector de la construcción, ha querido llevar a cabo la elaboración de esta "Guía de buenas prácticas para trabajadores del sector ferroviario (II)", continuando con la labor comenzada en años anteriores. En esta nueva guía se analizan de manera más detallada los riesgos generales asociados a cada una de las actividades que se llevan a cabo en los trabajos de instalación y mantenimiento de las vías ferroviarias, así como las medidas preventivas específicas a tener en cuenta para evitarlos, o en su caso minimizar los efectos negativos que pudieran generarse.

Siguiendo la línea de estudio ya comenzada, las actividades realizadas en obras ferroviarias que se analizan en esta guía se refieren tanto a trabajos de montaje de vía nueva como a labores de renovación o mantenimiento de vías en servicio, incluyendo las actuaciones que se realizan en el interior de túneles férreos.

En esta segunda fase del proyecto, se aborda el análisis de los riesgos enumerados en el primer documento y que no fueron tratados con detalle, es decir, riesgos tanto de seguridad –trabajos en altura y desprendimientos de cargas–, como de higiene –ruido, vibraciones, iluminación, condiciones termohigrométricas y agentes químicos– y ergonómicos.

La existencia de accidentes laborales y la aparición de enfermedades profesionales por la materialización de los riesgos anteriormente dichos, hacen necesario analizar la prevención de los riesgos laborales desde un punto no sólo técnico sino también organizativo, de forma que se planifiquen las actividades en función de su peligrosidad y minimizando al máximo la exposición de los trabajadores a dichos peligros.

Los trabajos ferroviarios que se han tenido en cuenta en la presente guía, se inician a partir de las actividades de transporte y descarga de materiales y de montaje y colocación de elementos: balasto, traviesas, carril, catenaria, subestaciones, señalizaciones, dispositivos de seguridad, etc.

Para cada uno de los riesgos a reseñar se relacionan las medidas preventivas, las protecciones de tipo colectivo, individual, organizativas, de coordinación y de vigilancia necesarias para evitar, eliminar, minimizar o controlar los riesgos asociados a los trabajos ferroviarios.

De igual modo, para los riesgos de naturaleza higiénica más importantes se valoran las metodologías de evaluación de los riesgos, incluyendo las estrategias de muestreo y la interpretación de los resultados comparados con los valores límites de referencia existentes, en cada caso.



## TRABAJOS EN ALTURA

02

7

La definición legal de trabajo en altura es aquel que se realiza a más de 2 metros de altura. Sin embargo, desde el punto de vista técnico, se considera trabajo en altura aquel en el que un trabajador puede caer a un nivel diferente del que se encuentra trabajando, por ejemplo, trabajos sobre escaleras, plataformas, o en cercanías a pozos, zanjas o agujeros, etc. El principal riesgo en este tipo de trabajos son las caídas a distinto nivel.

Se puede definir el riesgo de caída a distinto nivel como aquel accidente en el que el trabajador se precipita al vacío desde cierta altura.



Figura 1.  
Trabajos en altura. Fuente: COMSA

Generalmente, las lesiones producidas por este tipo de accidentes son de excepcional gravedad, incluso de tipo mortal en una gran cantidad de ocasiones. Por ello, es imprescindible impedir a toda costa situaciones que impliquen riesgo de caída a distinto nivel. La altura de caída es un factor que influye de manera decisiva en la gravedad de la lesión, pero no es el único factor a tener en cuenta. La postura del accidentado en el momento del impacto y la naturaleza de la superficie contra la que se golpea son también determinantes de las consecuencias finales.

Según el análisis de la Comisión Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo, Prevención en trabajos de conservación y explotación de infraestructuras, grupo de trabajo de Construcción (versión aprobada de 21 de mayo de 2015), la mayor parte de caídas a distinto nivel durante la realización de trabajos en

infraestructura ferroviaria se producen durante la utilización de algún equipo de trabajo temporal en altura (castilletes, escaleras de mano, etc.). No obstante, las caídas desde otros elementos (estructuras, taludes, etc.) también representan un porcentaje muy importante de estos accidentes.

Recomiendan que se tomen en consideración las siguientes acciones:

Realizar un estudio conjunto entre las partes implicadas en los trabajos sobre las caídas a distinto nivel centrado, principalmente, en:

- Los equipos de trabajo temporales en altura que se utilizan para cada tipo de operación o emplazamiento, evaluando su nivel de adaptación a los trabajos a realizar y buscando, si fuese necesario, alternativas o adaptaciones para mejorar las condiciones de seguridad durante estas tareas (siempre bajo los criterios del RD 1215/1997).
- Otros elementos desde donde las caídas en altura son más frecuentes, recopilando información sobre las características de los mismos y la forma en la que habitualmente se realizan los trabajos.

Como consecuencia de dicho estudio, adoptar, o modificar en su caso, los procedimientos, actividades informativas/ formativas, tecnologías y medios necesarios para eliminar o minimizar este riesgo. Si procede, fomentar en origen los equipos de trabajo temporales en altura más seguros, limitando, en su caso, el uso de las escaleras de mano a los casos estrictamente necesarios, y dando siempre prioridad a las protecciones colectivas sobre las individuales. Se podrían utilizar los pliegos de condiciones o, en su caso, los proyectos de obra, para establecer esta medida. Igualmente, a objeto de concretar estas medidas, se puede atender, en su caso, a las recomendaciones de la Unión Internacional de Ferrocarriles o a cualquier otro organismo de prestigio internacional en esta materia.

En el sector ferroviario existen algunas actividades donde este riesgo puede manifestarse de una manera más explícita, como son **los trabajos de montaje y mantenimiento de catenaria** con el empleo de plataformas elevadoras, y los trabajos desarrollados con maquinaria pesada durante el **acceso o en los descensos** de las mismas.

Por ejemplo, el montaje de ménsulas y aisladores se realiza sobre postes previamente colocados. Además de la subida al poste, su instalación se realiza mediante ferrocarriles o camiones biviales dotados de una plataforma de trabajo en altura.



Figura 2.  
Montaje de ménsula y aisladores.  
Fuente: COMSA





Otra de las situaciones donde podemos encontrar la manifestación de este riesgo, de forma más llamativa, es en los **trabajos situados en los pasos elevados o puentes** por donde transcurre la vía, y donde, en caso de no disponer la infraestructura de las protecciones colectivas adecuadas (redes o barandillas), el trabajador estará expuesto de forma permanente, sobre todo en los trabajos de mantenimiento de dicha vía.



Figura 3.  
Riesgo de caída en puentes o tramos metálico. Fuente: COMSA

Este riesgo alcanza una mayor relevancia, y por consiguiente, una mayor necesidad en la toma de medidas preventivas, en todas aquellas máquinas donde es preciso el **acceso de los operarios a zonas con altura**, y con escaso margen de movimientos en las plataformas de trabajo, como, por ejemplo, en el **acceso puntual al interior de la tolva** para evitar atascos en la descarga de balasto.



Figura 4.  
Trabajos en altura. Acceso a la tolva. Fuente: COMSA

De igual forma está presente este riesgo, durante la **carga, el transporte y la descarga de la maquinaria** en camiones a las zonas de trabajo, teniendo los operarios que acceder a la zona superior.



Figura 5.  
Riesgo de caída en altura durante el transporte de maquinaria. Fuente: FLC

También se evidencia este riesgo en las **operaciones de mantenimiento que se hacen en techos de maquinaria pesada**, en el **repostaje de combustible** de la misma cuando tiene el punto en los techos o en algunos trabajos que se hacen en los techos con pantógrafos.

Entre los factores que incrementan la posibilidad de llegar a producir un accidente por caída desde altura, podemos indicar los siguientes:

- Operaciones de ascenso o descenso a los postes de la catenaria, trabajos de revisión de señales, semáforos, etc., sin seguir las normas de seguridad correspondientes. Subir y bajar de la maquinaria ferroviaria de manera inadecuada (de espaldas a la misma y sin emplear los peldaños y asideros dispuestos al efecto en la máquina o con ésta en movimiento) o con las manos o calzados impregnados de grasa o barro.
- Posible presencia en las máquinas de personal no "autorizado".
- Inadecuado orden y limpieza (derrames de aceite o combustible) en la máquina, que comprometen su estabilidad.
- Trabajo en altura fuera de las plataformas protegidas sin el empleo del arnés de seguridad sujeto a un punto fijo.
- Inexistencia de protecciones colectivas o análogas, en los pasos superiores o puentes por donde circula la vía.

El riesgo de caída en altura, también puede manifestarse en aquellos trabajos que tienen que ver con la descarga de determinados materiales ferroviarios, que por su volumetría y forma de almacenamiento, pueden sobrepasar los 2 metros, obligando a los trabajadores a situarse a alturas superiores.



Figura 6.  
Acopio de traviesas.  
Fuente: COMSA

Uno de los ejemplos más identificativos sobre este supuesto lo podemos encontrar en las **zonas de acopio de material**, como ocurre con las **traviesas, parejas y carriles**, donde se han descargado un gran número de piezas, ordenadas de forma horizontal, pero que alcanzan una altura que precisa del establecimiento de medidas preventivas. Además, el problema se incrementa cuando estos acopios son traviesas bloque o parejas, ya que la zona de pisado del trabajador para acceder para amarrar la carga es muy pequeña.

Por último, indicar que en los trabajos en interior de túneles se producen situaciones en las que los trabajadores se encuentran expuestos al riesgo de caída a distinto nivel. Por ejemplo, aquellos que se ejecutan en las proximidades a los andenes de las estaciones, que habitualmente son utilizados como plataforma de almacenaje de material. Especial mención a las posibles caídas desde el borde del andén de la vía, que aunque no sean consideradas caídas en altura al no alcanzar los dos metros de desnivel, es un riesgo frecuente con consecuencias graves a veces.

Además, en el interior de los túneles, existen pozos y salidas de emergencia, que si no se encuentran protegidas por medio de protecciones colectivas, pueden ocasionar un accidente por caída a distinto nivel.

## 2.1 EQUIPOS PARA TRABAJOS TEMPORALES EN ALTURA PARA OBRAS FERROVIARIAS

Para la realización de trabajos temporales en altura en obras ferroviarias se suelen utilizar vehículos de vía (maquinaria equipada con diplotis o dresinas) dotados de plataforma elevadora con sistema hidráulico y que, normalmente, incorporan una cesta para su instalación en grúas. Preferiblemente se usan castilletes a cestas.

La dresina es un vehículo autopropulsado ligero y automotor, destinado a transportar el personal y material necesario para la conservación de las instalaciones ferroviarias. También se utiliza para facilitar los trabajos de inspección y mantenimiento de la catenaria ferroviaria, para lo que dispone de plataforma elevadora de personas o castillete.



Figura 7.  
Dresina. Fuente: FLC

Por su parte, la plataforma elevadora móvil de personas es una máquina móvil destinada a desplazar personas (y pequeñas herramientas) hasta una posición de trabajo, con una única y definida posición de entrada y salida de la plataforma. Está constituida como mínimo por una plataforma de trabajo con órganos de servicio, una estructura extensible y un chasis. Disponen de una cesta donde el operario maneja la máquina gracias a un panel de control, gestionando parámetros como la altura, el ángulo, la posición o la velocidad.

Existen plataformas sobre camión articuladas y telescópicas, autopropulsadas de tijera, autopropulsadas articuladas o telescópicas y plataformas especiales remolcables, entre otras.

Estos vehículos disponen de cuatro estabilizadores (dos anteriores y dos posteriores) que garantizan la estabilidad del conjunto del vehículo-plataforma dentro de las limitaciones establecidas por el fabricante.

El castillete sobre vehículo ferroviario es una plataforma situada sobre vagoneta automóvil dotada de movimientos vertical, lateral y de giro y provista de barandillas de seguridad.



Figura 8.  
Maquinaria para la elevación de  
personas. Fuente: COMSA



Los castilletes se desplazan lateralmente y disponen de limitador de sobrecargas y enclavamiento mecánico que impide el desplazamiento accidental durante la circulación del vehículo.

Para los trabajos en altura también se utilizan escaleras de mano o escaleras habilitadas a tal efecto, debiendo respetar las instrucciones de uso seguro marcadas.

## 2.2 MEDIDAS PREVENTIVAS PARA EVITAR EL RIESGO DE CAÍDAS DE PERSONAS A DISTINTO NIVEL

La principal recomendación respecto al riesgo de caídas de personas a distinto nivel es que hay que realizar los trabajos con seguridad, sobre todo cuando trabajamos con desniveles de más de 2 metros de altura.

Para ello se seguirán siempre las indicaciones de los planes de seguridad y salud, las instrucciones de los fabricantes en cuanto a uso de la maquinaria y los procedimientos de trabajo de la empresa.

Se tendrá en cuenta aspectos tales como mantener protegidas las zonas con riesgo de caída de altura junto a obras de fábrica, viaductos metálicos, etc. o evitar la circulación por desniveles pronunciados y, en caso de necesidad, prever la utilización de arneses asociados a líneas de vida o puntos fijos.

Así mismo, durante la ejecución de los macizos de postes y apoyos, se garantizará la protección de los huecos de excavación que deban permanecer abiertos mediante tapas provisionales o similares.

En caso de trabajar en las cercanías de un talud excesivamente inclinado se instalarán **protecciones colectivas de borde** y, cuando no sea posible, se utilizarán **arneses anticaídas** asociados a una línea de vida.

El ascenso y descenso de máquinas se debe realizar de frente a las mismas utilizando los peldaños y asideros, evitando saltar desde la cabina. Se deben limpiar los peldaños de las escalas periódicamente.

El acceso al interior de los vehículos o maquinaria de vía se encuentra definido, por la existencia de **escaleras fijas integradas en la máquina**, al igual que ocurre para aquellas zonas exteriores de acceso, debiendo acceder a la locomotora del tren de tolvas y a las tolvas en parado o a "velocidad de hombre".



Figura 9.  
Escaleras de acceso a tolvas.  
Fuente: COMSA

En ocasiones estas escaleras llegan a dar acceso a las zonas superiores de las máquinas (techos), no estando permitida su utilización cuando la máquina se encuentre en funcionamiento.

De igual forma, tampoco les estará permitido a los trabajadores realizar ninguna tarea en los techos mientras la máquina se encuentre en movimiento, salvo que existan protecciones colectivas (barandillas) que eviten la caída. En todo caso, estas **operaciones sobre techo se harán en parado y en una zona alejada del posible contacto con la catenaria.**

Las escaleras, deberán de ser rígidas y resistentes en todos sus elementos (asideros y peldaños), y deberán de mantenerse limpias de sustancias tales como grasas, agua, y barro, que puedan provocar que los trabajadores que las utilicen, resbalen o no agarren con la firmeza necesaria.

No se realizará ningún trabajo en altura cuando las condiciones atmosféricas puedan ser causa de algún accidente, sobre todo con rachas de viento fuertes.

Los trabajos en altura serán realizados utilizando equipos de trabajo específicos tipo PEMP o desde plataformas de trabajo dotadas de sistemas de protección colectiva. Para los trabajos de instalación de electrificación, señalización y comunicaciones se utilizarán grúas y/o ferrocarriles biviales dotados de una plataforma de trabajo en altura. En todo caso, la zona inferior se acotará y señalizará.

El manejo de estos equipos se realizará exclusivamente por personal autorizado y formado.

La maquinaria llevará un **mantenimiento periódico** debiendo ser revisada antes de su utilización, sobre todo en cuanto a los sistemas de elevación de personas. Así mismo, dispondrá de la declaración de conformidad y el marcado CE, estando el manual de instrucciones a disposición de los trabajadores.

Antes de iniciar el trabajo con plataformas se inspeccionará la zona de trabajo para detectar posibles obstáculos o líneas eléctricas que puedan interferir. Así mismo, se nivelará el vehículo en el terreno extendiendo los estabilizadores cuando disponga de ellos.

Las plataformas elevadoras donde accedan los trabajadores dispondrán de **protecciones colectivas integradas** como son las barandillas perimetrales. En este caso es **obligatorio, el empleo de arnés de seguridad en el interior** de la misma siempre que así lo aconseje el fabricante, volviéndose norma obligatoria su uso en todo los casos en los que se precise realizar trabajos fuera de dicha plataforma, o cuando se vea comprometida la estabilidad corporal del trabajador al tener parte del cuerpo fuera de ésta.



Figura 10.  
Castillete para trabajos en altura.  
Fuente: COMSA

El acceso a la plataforma se hará siempre por las escaleras dispuestas a tal fin, con el vehículo parado, la plataforma bajada y los mecanismos de elevación y desplazamiento en reposo y frenados.

La puerta de acceso o elemento de cierre perimetral de la plataforma permanecerá cerrada y enclavada mientras el operador se encuentre sobre la misma.

Se respetará en todo momento la carga máxima permitida de la máquina, que debe estar en lugar bien visible y que dependerá del alcance del brazo.

Del mismo modo, se seguirán las indicaciones del fabricante en cuanto al número máximo de personas que puedan acceder a ella.

Cuando se utilice castillete se debe anclar el arnés de seguridad a un punto seguro establecido previamente. Los desplazamientos de los castilletes se realizarán con los mecanismos de elevación, desplazamientos horizontales y extensiones en estado recogido.

**Se mantendrá siempre el cuerpo en el interior de la plataforma del castillete y no se subirá el operario a las barandillas.**

No podrán utilizarse tablones, banquetas u otros elementos para acceder o ampliar la zona de trabajo delimitada por la plataforma, salvo que sea necesario y se disponga de arnés de seguridad anclado a un punto seguro por encima de la posición de trabajo del operario.

**En el caso de utilizar cestas elevadoras será obligatorio el uso de arnés de seguridad** y se debe garantizar la estabilidad de la zona de apoyo de la plataforma elevadora o del camión cesta. La maquinaria de vía debe estar totalmente frenada, y cuando se encuentre en movimiento no podrá haber trabajadores en la plataforma. En el caso de estar en rampas se añadirán calzos. Nunca se saldrá de la cesta mientras ésta esté en alto.



Figura 11. Sistema anticaídas para trabajos en altura. Fuente: ["Guía práctica para la elección de equipos de protección individual y sistemas de anclaje para el trabajo en altura en construcción"](#) FLC

El arnés también se utilizará cuando el acceso a la parte superior de un poste se realice sin el empleo de la cesta sino de forma manual, por parte de los operarios, aun siendo de manera puntual.

Cuando se realicen maniobras complejas, el conductor se auxiliará de un señalista que se colocará guardando una distancia prudencial y de manera que sea en todo momento visible directamente por el conductor.

Respecto a otras medidas de seguridad a adoptar para evitar los riesgos o reducir las consecuencias negativas del uso de maquinaria:

- Se respetará en todo momento las indicaciones del fabricante en cuanto a la idoneidad de la maquinaria para cada trabajo específico, uso de los accesorios o implementos y cargas máximas permitidas.
- Se limitará el empleo de cada vehículo y maquinaria a los trabajos para los cuales se ha diseñado.
- Antes de poner en movimiento un vehículo o maquinaria habrá que cerciorarse de que no se encuentre ninguna persona dentro del área de operación.
- Se contará con los medios que permitan evitar una puesta en marcha no autorizada, normalmente será la llave de contacto y deberá retirarse cuando el equipo esté estacionado.
- Se seguirán los procedimientos de trabajo, sobre todo cuando marquen distancias de seguridad respecto de conducciones subterráneas, líneas eléctricas aéreas, etc.

La realización de las tareas de apilamiento de traviesas, carriles y parejas en las zonas de acopio son las más proclives a provocar situaciones peligrosas, por escasez de espacio para su almacenamiento o una mala organización en la distribución del material. Para evitar el riesgo de caída en altura debido al acopio de material lo ideal sería mecanizar estas maniobras evitando la presencia de trabajadores en altura.

Actualmente, existen algunos equipos de protección individual contra estas caídas en altura que deslizan por el carril.





Figura 12.  
Acopio en altura. Fuente: COMSA

En todo caso, se seguirán las siguientes recomendaciones:

- Se emplearán en la medida de lo posible sistemas que permitan la carga de las traviesas o parejas de forma que no tenga que acceder ningún trabajador para enganchar las cargas, ya sea usando bandejas hidráulicas de carga por parte de las retroexcavadoras o pinzas diseñadas a tal efecto.
- No acopiar material a más de 2 m de altura, siendo la altura máxima de apilamiento tal, que el desenganche y el enganche de las cargas se puedan efectuar en condiciones seguras.
- A tal efecto, se dispondrá de los medios de acceso adecuados como, por ejemplo, escaleras de mano, y se seguirá un procedimiento de trabajo seguro para evitar la caída desde altura.
- Asimismo, se mantendrá un espacio libre entre la coronación de las pilas y el alcance máximo de los ganchos o accesorios de elevación de los puentes grúas y demás aparatos elevadores que se empleen, con el fin de llevar a cabo las operaciones de enganche o desenganche de la carga de una manera correcta y segura, evitando que el trabajador realice movimientos que comprometan su estabilidad.

### 2.3 MEDIOS DE PROTECCIÓN COLECTIVA

La protección colectiva se puede definir como la técnica de seguridad diseñada para proteger a más de un trabajador frente a un riesgo en una determinada zona de trabajo o, en el caso de la construcción, en una zona de la obra.

Un sistema provisional de protección de borde debe estar constituido, al menos, por una barandilla principal, una barandilla intermedia, un plinto o rodapié y los postes o balaustres.

Todos los elementos mencionados deben ser resistentes y no pueden utilizarse como elementos las cuerdas, cintas y cadenas o elementos o materiales diseñados para otros usos, como los de señalización o balizamiento.

Se recomienda que la altura de la protección de borde no sea inferior a 1 metro medido perpendicularmente a la superficie de trabajo (reglamentariamente se establece una altura mínima de 90 cm).

Los equipos de trabajo utilizados para la elevación de personas dispondrán de sistemas de seguridad y parada para casos de emergencia. Estos deben mantenerse en perfectas condiciones y habilitados siempre que se realicen operaciones que lo requieran, en función de las indicaciones del fabricante.

Otros medios de protección colectiva en las operaciones de mantenimiento ferroviario son el uso de una **iluminación autónoma**, sobre todo en condiciones de baja visibilidad y trabajo nocturno, el uso de equipos de comunicación y la señalización de los tajos.

En los trabajos ferroviarios se usan barandillas especiales, particularmente durante la ejecución de tareas en vía doble donde el gálibo entre ambas vías es suficiente para no interferir con las máquinas en el proceso de trabajo o explotación. Estas barandillas se unen al carril por el patín y separan físicamente una vía de otra, de modo que los trabajadores no crucen o circulen por la entrevía.

Las **vallas de balizamiento de gálibo cinemático** persiguen limitar las zonas de trabajo en las cuales hay restricciones de paso. Generalmente se usan para delimitar los trabajos dentro de la zona de seguridad de la vía y que determinan la necesidad o no de la presencia del piloto de seguridad o agente de la entidad ferroviaria. Se señalizan tanto los trabajos en la horizontal como en la vertical, por lo que es útil para la delimitación y señalización de los trabajos en altura.



**Figura 13.**  
Vallas de balizamiento de gálibo cinemático.  
Fuente: COMSA

La instalación de “malla naranja” no es siempre admitida por los organismos ferroviarios, ya que en caso de bajo mantenimiento, puede ser enganchado por una circulación ferroviaria y puede provocar daños a los trabajadores que están en su entorno. Por eso es preferible una valla de delimitación física que no tenga un mantenimiento tan constante.

Se ha de tener en cuenta que las mallas de material plástico carecen de la resistencia adecuada para ser utilizadas como protección de borde frente a las caídas en altura.

## 2.4 MEDIOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL

Los equipos de protección individual (EPI) son aquellos elementos de carácter individual portados por los trabajadores para evitar o minimizar el daño que pueda surgir como consecuencia de la materialización de un riesgo.

Según los principios de la acción preventiva, siempre se deben utilizar protecciones colectivas antes que las individuales.



Si se necesita alguna aclaración sobre cómo mantener los EPI, como usarlos, etc. se ha de consultar las instrucciones del fabricante o bien, solicitar información al superior para que entregue la ficha del equipo.

En el plan de seguridad y salud, plan de prevención, manuales de las máquinas, instrucciones de trabajo, etc. se indican los EPI que hay que usar en cada una de las operaciones o tareas, por lo que es indispensable consultar estos documentos.

Nunca se deben modificar las condiciones o características originales de los EPI, ya que entonces podrían perder su eficacia protectora.

En los trabajos ferroviarios que se realicen con riesgo de caída en altura se empleará el casco, sobre todo cuando se pueda sufrir un golpe al estar cerca de una maquinaria pesada, cuando se trabaje alrededor de las tolvas de balasto, además de en los trabajos en altura sobre cestas, plataformas o castilletes.

También se usarán botas de seguridad con suela antideslizante, de forma general en todos los trabajos ferroviarios y, de manera particular, en los trabajos en altura.

Por su parte, la ropa de alta visibilidad permite que en entornos con poca iluminación (túneles, trabajos nocturnos, etc.) se haga más visible al personal que la lleva. En los trabajos ferroviarios es obligatorio el uso de ropa de alta visibilidad y será de color amarillo o similar.



Figura 14.  
Ropa de alta visibilidad. Fuente: VÍAS

Por último, en los trabajos en altura se deberán utilizar equipos de protección contra las caídas desde altura. Dentro de la elección están los sistemas anticaídas compuestos por un arnés, un punto de anclaje seguro (elemento fijo o una línea de anclaje) y una conexión que dispone de un absorbedor de energía para unir el arnés a dicho punto de anclaje.

Los sistemas anticaídas están destinados a conseguir la parada segura del trabajador que se cae. Para ello:

- La altura recorrida por el cuerpo a consecuencia de la caída debe ser la mínima posible.
- El frenado de la caída tiene que producirse en las condiciones menos perjudiciales para el trabajador. Ha de asegurarse su mantenimiento en suspensión y sin daño hasta la llegada del auxilio.

En la selección del sistema anticaídas adecuado han de considerarse: sus características de diseño y de comportamiento en caso de caída, la presencia de obstáculos, la libertad de movimientos requerida por el trabajador para la ejecución de la tarea y la situación del punto de anclaje.



**Figura 15.**  
Casco y arnés de seguridad para trabajos ferroviarios en altura. Fuente: COMSA

Algunos de los principales sistemas anticaídas son: con absorbedor de energía, dispositivos anticaídas deslizando sobre línea de anclaje rígida o flexible, y dispositivo anticaídas retráctil.



**Figura 16.**  
Puntos de conexión sistema anticaídas. Fuente: ["Guía práctica para la elección de equipos de protección individual y sistemas de anclaje para el trabajo en altura en construcción"](#) FLC

Se utilizarán sistemas anticaídas con **arnés de seguridad de doble gancho o cabo**, de forma que el trabajador en todo momento se encuentre sujeto por al menos un punto, para trabajos con riesgo de caída en altura: renovaciones en estructuras sin barandilla, sustitución de traviesas en puentes metálicos, sustitución de barandillas en puentes, acceso a la tolva para desatasco de balasto, trabajos en postes para instalación y mantenimiento de catenaria... Estos sistemas anticaídas llevarán cinturón de posicionamiento cuando el trabajador deba permanecer colgado, por ejemplo, en los trabajos en los postes y apoyos.



Cuando no sea posible el uso de estos sistemas, se instalará una línea de vida con sistema anticaídas con retenedor, estando el trabajador permanentemente sujeto. Como ya se ha indicado existen en el mercado líneas de vía específicas sobre carriles.



Figura 17.  
Dispositivo de anclaje sobre carril.  
Fuente: [www.emarcelino.com](http://www.emarcelino.com)

La realización de trabajos verticales se deberá planificar y los operarios deben estar formados y equipados con los correspondientes equipos de protección individual complementados con la utilización de doble cuerda de seguridad y doble gancho unido al arnés y con la correcta longitud de la cuerda de sujeción del arnés, elección del elemento absorbedor de energía, empleo de casco con barbuquejo, etc.

De igual forma, se utilizarán sistemas o cinturones de sujeción anclados a puntos fijos de las estructuras para determinadas tareas tales como las comprobaciones o replanteos, si no existen protecciones colectivas. Un ejemplo, sería en los trabajos desde los postes.

## 2.5 NORMATIVA

El Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción, en su anexo IV. Disposiciones mínimas de seguridad y de salud que deberán aplicarse en las obras, establece:

Parte C: disposiciones mínimas específicas relativas a puestos de trabajo en las obras en el exterior de los locales.

### 3. Caídas de altura

Las plataformas, andamios y pasarelas, así como los desniveles, huecos y aberturas existentes en los pisos de las obras que supongan para los trabajadores un riesgo de caída de altura superior a 2 metros, se protegerán mediante barandillas u otro sistema de protección colectiva de seguridad equivalente. Las barandillas serán resistentes, tendrán una altura mínima de 90 centímetros y dispondrán de un reborde de protección, un pasamanos y una protección intermedia que impidan el paso o deslizamiento de los trabajadores.

Los trabajos en altura sólo podrán efectuarse, en principio, con la ayuda de equipos concebidos para tal fin o utilizando dispositivos de protección colectiva, tales como barandillas, plataformas o redes de seguridad. Si por la naturaleza del trabajo ello no fuera posible, deberá disponerse de medios de acceso seguros y utilizarse cinturones de seguridad con anclaje u otros medios de protección equivalente.

La estabilidad y solidez de los elementos de soporte y el buen estado de los medios de protección deberán verificarse previamente a su uso, posteriormente de forma periódica y cada vez que sus condiciones de seguridad puedan resultar afectadas por una modificación, período de no utilización o cualquier otra circunstancia.

El Real Decreto 2177/2004, de 12 de noviembre, por el que se modifica el Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, establece las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo, en materia de trabajos temporales en altura.

En el apartado 2. Disposiciones mínimas adicionales aplicables a determinados equipos de trabajo del anexo I: Disposiciones mínimas aplicables a los equipos de trabajo, se establece:

1. Disposiciones mínimas aplicables a los equipos de trabajo móviles, ya sean automotores o no.

- a. Los equipos de trabajo móviles con trabajadores transportados deberán adaptarse de manera que se reduzcan los riesgos para el trabajador o trabajadores durante el desplazamiento. Entre estos riesgos, deberán incluirse los de contacto de los trabajadores con ruedas y orugas y de aprisionamiento por las mismas.

(...)

- d. En los equipos de trabajo móviles con trabajadores transportados se deberán limitar, en las condiciones efectivas de uso, los riesgos provocados por una inclinación o por un vuelco del equipo de trabajo, mediante cualquiera de las siguientes medidas:

1. Una estructura de protección que impida que el equipo de trabajo se incline más de un cuarto de vuelta.
2. Una estructura que garantice un espacio suficiente alrededor del trabajador o trabajadores transportados cuando el equipo pueda inclinarse más de un cuarto de vuelta.
3. Cualquier otro dispositivo de alcance equivalente.

Estas estructuras de protección podrán formar parte integrante del equipo de trabajo. No se requerirán estas estructuras de protección cuando el equipo de trabajo se encuentre estabilizado durante su empleo o cuando el diseño haga imposible la inclinación o el vuelco del equipo de trabajo. Cuando en caso de inclinación o de vuelco exista para un trabajador transportado riesgo de aplastamiento entre partes del equipo de trabajo y el suelo, deberá instalarse un sistema de retención del trabajador o trabajadores transportados.

Así mismo, en el apartado 4 del anexo II se tratan las disposiciones relativas a la utilización de los equipos de trabajo para la realización de trabajos temporales en altura.

4. Disposiciones relativas a la utilización de los equipos de trabajo para la realización de trabajos temporales en altura.



## 1. Disposiciones generales.

1. Si, en aplicación de lo dispuesto en la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, en concreto, en sus artículos 15, 16 y 17, y en el artículo 3 de este real decreto, no pueden efectuarse trabajos temporales en altura de manera segura y en condiciones ergonómicas aceptables desde una superficie adecuada, se elegirán los equipos de trabajo más apropiados para garantizar y mantener unas condiciones de trabajo seguras, teniendo en cuenta, en particular, que deberá darse prioridad a las medidas de protección colectiva frente a las medidas de protección individual y que la elección no podrá subordinarse a criterios económicos. Las dimensiones de los equipos de trabajo deberán estar adaptadas a la naturaleza del trabajo y a las dificultades previsibles y deberán permitir una circulación sin peligro.

La elección del tipo más conveniente de medio de acceso a los puestos de trabajo temporal en altura deberá efectuarse en función de la frecuencia de circulación, la altura a la que se deba subir y la duración de la utilización. La elección efectuada deberá permitir la evacuación en caso de peligro inminente. El paso en ambas direcciones entre el medio de acceso y las plataformas, tableros o pasarelas no deberá aumentar el riesgo de caída.

2. La utilización de una escalera de mano como puesto de trabajo en altura deberá limitarse a las circunstancias en que, habida cuenta de lo dispuesto en el apartado 4.1.1, la utilización de otros equipos de trabajo más seguros no esté justificada por el bajo nivel de riesgo y por las características de los emplazamientos que el empresario no pueda modificar.

3. La utilización de las técnicas de acceso y de posicionamiento mediante cuerdas se limitará a circunstancias en las que la evaluación del riesgo indique que el trabajo puede ejecutarse de manera segura y en las que, además, la utilización de otro equipo de trabajo más seguro no esté justificada.

Teniendo en cuenta la evaluación del riesgo y, especialmente, en función de la duración del trabajo y de las exigencias de carácter ergonómico, deberá facilitarse un asiento provisto de los accesorios apropiados.

4. Dependiendo del tipo de equipo de trabajo elegido con arreglo a los apartados anteriores, se determinarán las medidas adecuadas para reducir al máximo los riesgos inherentes a este tipo de equipo para los trabajadores. En caso necesario, se deberá prever la instalación de unos dispositivos de protección contra caídas. Dichos dispositivos deberán tener una configuración y una resistencia adecuadas para prevenir o detener las caídas de altura y, en la medida de lo posible, evitar las lesiones de los trabajadores. Los dispositivos de protección colectiva contra caídas sólo podrán interrumpirse en los puntos de acceso a una escalera o a una escalera de mano.

5. Cuando el acceso al equipo de trabajo o la ejecución de una tarea particular exija la retirada temporal de un dispositivo de protección colectiva contra caídas, deberán preverse medidas compensatorias y eficaces de seguridad, que se especificarán en la planificación de la actividad preventiva. No podrá ejecutarse el trabajo sin la adopción previa de dichas medidas. Una vez concluido este trabajo particular, ya sea de forma definitiva o temporal, se volverán a colocar en su lugar los dispositivos de protección colectiva contra caídas.

6. Los trabajos temporales en altura sólo podrán efectuarse cuando las condiciones meteorológicas no pongan en peligro la salud y la seguridad de los trabajadores.

## 2. Disposiciones específicas sobre la utilización de escaleras de mano.

1. Las escaleras de mano se colocarán de forma que su estabilidad durante su utilización esté asegurada. Los puntos de apoyo de las escaleras de mano deberán asentarse sólidamente sobre un soporte de dimensiones adecuadas y estable, resistente e inmóvil, de forma que los travesaños queden en posición horizontal. Las escaleras suspendidas se fijarán de forma segura y, excepto las de cuerda, de manera que no puedan desplazarse y se eviten los movimientos de balanceo.
2. Se impedirá el deslizamiento de los pies de las escaleras de mano durante su utilización ya sea mediante la fijación de la parte superior o inferior de los largueros, ya sea mediante cualquier dispositivo antideslizante o cualquier otra solución de eficacia equivalente. Las escaleras de mano para fines de acceso deberán tener la longitud necesaria para sobresalir al menos un metro del plano de trabajo al que se accede. Las escaleras compuestas de varios elementos adaptables o extensibles deberán utilizarse de forma que la inmovilización recíproca de los distintos elementos esté asegurada. Las escaleras con ruedas deberán haberse inmovilizado antes de acceder a ellas. Las escaleras de mano simples se colocarán, en la medida de lo posible, formando un ángulo aproximado de 75 grados con la horizontal.
3. El ascenso, el descenso y los trabajos desde escaleras se efectuarán de frente a éstas. Las escaleras de mano deberán utilizarse de forma que los trabajadores puedan tener en todo momento un punto de apoyo y de sujeción seguros. Los trabajos a más de 3,5 metros de altura, desde el punto de operación al suelo, que requieran movimientos o esfuerzos peligrosos para la estabilidad del trabajador, sólo se efectuarán si se utiliza un equipo de protección individual anticaídas o se adoptan otras medidas de protección alternativas. El transporte a mano de una carga por una escalera de mano se hará de modo que ello no impida una sujeción segura. Se prohíbe el transporte y manipulación de cargas por o desde escaleras de mano cuando por su peso o dimensiones puedan comprometer la seguridad del trabajador. Las escaleras de mano no se utilizarán por dos o más personas simultáneamente.
4. No se emplearán escaleras de mano y, en particular, escaleras de más de cinco metros de longitud, sobre cuya resistencia no se tengan garantías. Queda prohibido el uso de escaleras de mano de construcción improvisada.
5. Las escaleras de mano se revisarán periódicamente. Se prohíbe la utilización de escaleras de madera pintadas, por la dificultad que ello supone para la detección de sus posibles defectos.

El **Convenio Colectivo General del sector de la Construcción** establece medidas respecto a equipos elevadores de personas.

### **Artículo 223. Normas específicas para plataformas elevadoras móviles de personal (PEMP).**

1. Las plataformas incluidas en este apartado tienen la consideración de aparatos de elevación de personas. Por lo tanto, les es de aplicación el Real Decreto 1644/2008, de 10 de octubre, por el que se establecen las normas para la comercialización y puesta en servicio de las máquinas, y les resulta exigible que dispongan del "marcado CE", declaración "CE" de conformidad y manual de instrucciones.
2. A aquellas plataformas que por su fecha de comercialización o de puesta en servicio por primera vez no les sea de aplicación el referido Real Decreto 1644/2008, de 10 de octubre, por el que se





establecen las normas para la comercialización y puesta en servicio de las máquinas, deberán estar puestas en conformidad, de acuerdo con lo establecido en el Real Decreto 1215/1997, 18 de julio, por el que se establecen las Disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización de los trabajadores de equipos de trabajo.

3. Por lo que refiere a la utilización de estos tipos de plataformas, se atenderá a lo dispuesto en el Real Decreto 1215/1997, 18 de julio, modificado por el Real Decreto 2177/2004, de 12 de noviembre.

4. Durante su utilización deberán cumplirse, entre otras, las siguientes normas:

- El personal operador debe estar cualificado y formado. No se permitirá la utilización y el acceso a personas carentes de autorización.
- No deben utilizarse en operaciones o en condiciones contraindicadas por el fabricante y se cumplirán las especificaciones establecidas por el mismo en cuanto a su uso y limitación de carga.
- Se debe reconocer previamente el terreno por donde debe desplazarse la plataforma asegurando que esté nivelado y sea estable.
- La plataforma no debe conducirse ni circular por pendientes superiores a las indicadas por el fabricante.
- No se deben cargar materiales de mayor volumen y peso de lo previsto por el fabricante. Las cargas deberán estar repartidas uniformemente por el piso de la plataforma.
- Debe verificarse la ausencia de líneas eléctricas aéreas en el entorno así como la presencia de elementos fijos que interfieran el desplazamiento espacial de la plataforma.
- Es preceptivo el uso de arnés anticaídas por parte de los trabajadores.

#### **Artículo 224. Normas específicas para cestas suspendidas mediante grúas.**

1. Este sistema de elevación de personas y realización de trabajos en altura sólo debe utilizarse excepcionalmente, cuando por el tipo de trabajos a ejecutar, la altura a la que se deba subir, la duración de la utilización, y las características o inaccesibilidad por otros medios hasta el emplazamiento, el estudio de seguridad, el plan de seguridad o la evaluación de riesgos determinen que no sea posible la elección de otros equipos más seguros y siempre que de la documentación técnica resulte que los trabajos pueden realizarse de forma segura.

2. Además de lo indicado en el apartado anterior, la utilización de estas cestas se limitará a circunstancias en las que la evaluación de riesgos indique que el trabajo puede ejecutarse de manera segura mediante la aplicación de los principios de prevención. Es decir, luego de que se hayan elegido los equipos y procedimientos de trabajo adecuados –teniendo en cuenta el estado del desarrollo tecnológico– y se haya formado e informado a los trabajadores.

3. Su elección no podrá subordinarse a criterios económicos.

Durante los trabajos de izado, desplazamiento y descenso de materiales (traviesas, carril...) se opera con cargas suspendidas que, en caso de no estar bien fijadas o no utilizarse los equipos y elementos adecuados, pueden caer, con las consecuencias que se derivan.

Los riesgos de caída de objetos se producirán, fundamentalmente, en las actividades de carga y descarga de materiales: balasto, traviesas, carril, etc. ya se realice de manera manual o mecánica.



Figura 18.  
Descarga de material. Fuente: VÍAS

Entre las actividades en las que se puede dar este riesgo, destacan, entre otras, la colocación de desvíos, la carga y descarga de traviesas desde el tren travesero hasta la banqueta de la vía, la descarga de carril, la sustitución de traviesas, la colocación del poste de catenaria y otros elementos de la misma, la colocación de canaleta de hormigón en la ejecución de instalaciones de comunicaciones ferroviarias, etc.

Se puede destacar entre estas últimas, el movimiento de traviesas, que al ser elementos tan pesados, son movidos por varios operarios y pueden caer sobre los miembros inferiores de éstos si no se realiza con los medios necesarios (pinza), y siguiendo una adecuada coordinación de movimientos.

### 3.1 MEDIOS AUXILIARES PARA LA MOVILIZACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE CARGAS

Para el movimiento de determinados materiales, y debido al volumen y peso que tienen, se emplean medios mecánicos (grúas, retroexcavadora bivial, pórticos de traviesas, camión autocargante, etc.), que mediante la utilización de utensilios adecuados a cada caso (como pueden ser plataformas traveseras, pulpos, cadenas, eslingas) permitirán su transporte y movimiento hasta el lugar definitivo donde se deseen posicionar.

- **Grúa autopropulsada y accesorios de elevación:** máquina que sirve para elevar y transportar material y elementos pesados suspendidos. Generalmente está formada por una estructura metálica con un brazo móvil del que cuelga un cable con un útil.



En función del tipo, tamaño y peso de la carga se utilizan diferentes tipos de componentes accesorios de elevación (eslingas, cables, cadenas, ganchos, etc.). Se trata de componentes o equipos de trabajo no unidos a la máquina y situados entre ésta y la carga o encima de la misma que permiten la presión de la citada carga.

- **Retroexcavadora biviales:** están adaptadas para la circulación por la vía, también conocidas como Vaiacares. Se utiliza para tareas de excavación desde la vía con gran agilidad de movimientos y para operaciones de elevación de cargas importantes. Para los trabajos elevación y desplazamiento de cargas en mantenimiento ferroviario se utiliza esta máquina con pinzas o bandejas.



Figura 19.  
Retroexcavadora bivial con pinza para la manipulación de carril. Fuente: COMSA

### 3.2 MEDIDAS PREVENTIVAS PARA EVITAR EL RIESGO DE CAÍDA DE OBJETOS Y CARGAS DESDE ALTURA

Como medidas preventivas a tener en cuenta en estas labores de movimiento e izado de materiales, se han de tener en cuenta las medidas de seguridad que se presentan a continuación.

Se cesará la actividad cuando las condiciones meteorológicas sean adversas (viento fuerte, tormenta, etc.) y puedan suponer un peligro para la seguridad de los trabajadores.

**No se permanecerá nunca bajo cargas suspendidas.**

Se deberá hacer una adecuada elección de los elementos de izado, (eslinga, cables, cadenas, ganchos) teniendo siempre presente el tipo de carga a levantar así como su peso máximo, comprobando las indicaciones reflejadas por los fabricantes en las etiquetas identificativas, para no sobrepasar los límites de seguridad establecidos.

Siempre que sea posible se realizará el **premontaje de las piezas** que componen las ménsulas y aisladores **antes del izado de los mismos.**

Para la carga y descarga de carriles, traviesas o parejas se utilizarán los utensilios adecuados en cada caso (pulpos, plataformas traveseras, pinzas, etc.).

Los tramos de parejas de vía o carriles, se izarán suspendidos por dos puntos, distanciados entre sí, de forma que la carga sea estable. El ángulo superior que formen las eslingas será menor de 90 grados.



Figura 20.  
Elevación de cargas suspendidas por dos puntos. Fuente: COMSA

Los ganchos de las máquinas y las eslingas deberán de disponer de **pestillo de seguridad**. También se revisará el estado de los elementos auxiliares, tales como pasadores, trinquetes, bridas, etc.

Los cabestrantes utilizados dispondrán de freno y capacidad de tiro suficiente para el trabajo a utilizar.

Se revisarán los aparejos, cables, eslingas, cuerdas a emplear durante la fase de movimiento de materiales, sustituyendo de manera inmediata aquellas en las que se observe de forma visual algún tipo de deficiencia o desgaste del material que las conforman.

El maquinista no iniciará ningún movimiento del brazo de la máquina hasta que el trabajador no se haya retirado del radio de acción del brazo, tanto al enganchar la pinza como al soltarla.

Se precisará de guiado mediante cuerdas de las cargas de gran volumen para evitar que el trabajador pueda verse afectado por el radio de acción de la carga, ante un movimiento imprevisto de la misma.

El gruista o maquinista llevará ayudantes para guiar las cargas.



Figura 21.  
Descarga de traviesas con ayuda guiada.  
Fuente: COMSA

No se trabajará en el entorno de la máquina si ésta está en movimiento.

Se coordinarán los trabajos para que puedan acceder al entorno de la carga una vez que se haya terminado la operación de movimiento de la carga.

Cuando existan líneas eléctricas aéreas, tanto en la catenaria como en la zona de acopios, se establecerán zonas de situación segura de las grúas y protocolo de carga y descarga, previendo distancias de seguridad.

Los acopios del material se realizarán en las mejores condiciones de seguridad:

- Las parejas o traviesas deben tener la mínima altura posible.
- En parejas de traviesas bloque, no acopiar hasta más de 2 metros de altura. **El enganche de los aparejos se realizará subidos en escalera o plataforma, nunca sobre las traviesas bloque.**
- **Las bobinas y materiales** de tendido eléctrico se colocarán en un lugar sin desnivel y con acceso adecuado. Se utilizarán dispositivos de calce o retención para evitar la pérdida de control de las bobinas.

Se respetarán las normas de uso de las escaleras y escalas que sobrepasarán un metro, estarán firmemente fijada o ancladas, con apoyos antideslizantes y el ascenso y descenso por las mismas se realizará de cara a la carga.

Todos los trabajadores deberán llevar ropa de trabajo adecuada, casco, guantes de protección para manipulación de materiales, botas de seguridad y chaleco reflectante.

Como medidas generales respecto al uso de maquinaria, se tendrán en cuenta las vistas en el apartado anterior. Como medidas particulares, respecto de la elevación de cargas:

- No se moverá la carga bruscamente.
- Se evitará en todo momento tanto la presencia de personal en el radio de acción de la máquina o equipo y de la carga, así como el abandono de la máquina con la carga suspendida, salvo en casos puntuales y por breves períodos de tiempo.

- No se engancharán cadenas ni eslingas a los dientes de la cuchara u otro elemento no destinado a tal efecto.



Figura 22.  
Acopio de material con vaiacar con  
bandeja hidráulica. Fuente: COMSA

Al igual que vehículos, maquinaria y equipos auxiliares de elevación, los accesorios deberán disponer de marcado CE, declaración CE de conformidad y manual de instrucciones. También estarán marcados con las características de uso seguro, por ejemplo, la carga nominal.

En ningún caso se superará la carga máxima de trabajo o de utilización de los accesorios de elevación.

#### ■ Ganchos

Irán provistos de un pestillo o lengüeta que impida la salida involuntaria de la eslinga o de la argolla.

Se controlará, durante el enganche de la carga, que los esfuerzos sean soportados por el asiento del gancho y no por el pico, que el dispositivo de seguridad contra el desenganche accidental está correcto y que ninguna fuerza externa intenta deformar la abertura del gancho.

Desechar cualquier gancho deformado o abierto.



Figura 23.  
Elementos de elevación. Ganchos.  
Fuente: COMSA



### ■ Eslingas

Están constituidas por fibras textiles, cables de acero o cadenas.

La eslinga no debe trabajar en ángulos mayores de 120° entre ramales (60° respecto a la vertical) para conservar su resistencia.

Como norma general, se utilizarán con un ángulo no mayor a los 90° entre ramales.

No se utilizarán eslingas rotas o defectuosas para colgar las cargas del gancho de la grúa. Además, se debe evitar el empleo de gazas elaboradas en la obra mediante cable y perrillos.

Cuando haya que mover una eslinga, aflojarla lo suficiente para desplazarla sin que roce contra la carga.

Se evitará que los accesorios de eslingado formen ángulos agudos o descansen sobre aristas vivas. A tal fin, es conveniente colocar escuadras de protección. En el caso de cables se recomienda que sus anillos terminales estén equipados con guardacabos.

### 3.3 MEDIOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL

Se empleará el casco en todos los trabajos con manipulación mecánica de cargas o en los que se pueda sufrir un golpe al estar cerca de una maquinaria pesada.

También se usarán guantes y botas de seguridad en todos los trabajos ferroviarios de carga, manipulación, transporte y descarga de materiales.

Por último, se llevará ropa de alta visibilidad en los trabajos en vía garantizando de esta forma la presencia de los trabajadores en las operaciones de carga y descarga.

### 3.4 NORMATIVA

El Real Decreto 2177/2004, de 12 de noviembre, por el que se modifica el **Real Decreto 1215/1997**, de 18 de julio, establece las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo para la elevación de cargas.

En el apartado 3. Disposiciones mínimas adicionales aplicables a equipos de trabajo **para elevación de cargas** del anexo I: Disposiciones mínimas aplicables a los equipos de trabajo, se establece:

a. Los equipos de trabajo para la elevación de cargas deberán estar instalados firmemente cuando se trate de equipos fijos, o disponer de los elementos o condiciones necesarias en los casos restantes, para garantizar su solidez y estabilidad durante el empleo, teniendo en cuenta, en particular, las cargas que deben levantarse y las tensiones inducidas en los puntos de suspensión o de fijación a las estructuras

En las máquinas para elevación de cargas deberá figurar una indicación claramente visible de su carga nominal y, en su caso, una placa de carga que estipule la carga nominal de cada configuración de la máquina.

b. Los accesorios de elevación deberán estar marcados de tal forma que se puedan identificar las características esenciales para un uso seguro.

Si el equipo de trabajo no está destinado a la elevación de trabajadores y existe posibilidad de confusión deberá fijarse una señalización adecuada de manera visible.

- c. Los equipos de trabajo instalados de forma permanente deberán instalarse de modo que se reduzca el riesgo de que la carga caiga en picado, se suelte o de desvíe involuntariamente de forma peligrosa o, por cualquier otro motivo, golpee a los trabajadores.
- d. Las máquinas para elevación o desplazamiento de trabajadores deberán poseer las características apropiadas para:
  1. Evitar, por medio de dispositivos apropiados, los riesgos de caída del habitáculo, cuando existan tales riesgos.
  2. Evitar los riesgos de caída del usuario fuera del habitáculo, cuando existan tales riesgos.
  3. Evitar los riesgos de aplastamiento, aprisionamiento o choque del usuario, en especial los debidos a un contacto fortuito con objetos.
  4. Garantizar la seguridad de los trabajadores que en caso de accidente queden bloqueados en el habitáculo y permitir su liberación.

Si por razones inherentes al lugar y al desnivel, los riesgos previstos en el párrafo 1 anterior no pueden evitarse por medio de ningún dispositivo de seguridad, deberá instalarse un cable con coeficiente de seguridad reforzado cuyo buen estado se comprobará todos los días de trabajo.

Así mismo, en el apartado 3 del anexo II se tratan las disposiciones relativas a la utilización de los equipos de trabajo para la elevación de cargas.

### 3. Condiciones de utilización de equipos de trabajo para la elevación de carga.

#### 1. Generalidades:

- a. Los equipos de trabajo desmontables o móviles que sirvan para la elevación de cargas deberán emplearse de forma que se pueda garantizar la estabilidad del equipo durante su empleo en las condiciones previsibles, teniendo en cuenta la naturaleza del suelo.
- b. La elevación de trabajadores sólo estará permitida mediante equipos de trabajo y accesorios previstos a tal efecto. No obstante, cuando con carácter excepcional hayan de utilizarse para tal fin equipos de trabajo no previstos para ello, deberán tomarse las medidas pertinentes para garantizar la seguridad de los trabajadores y disponer de una vigilancia adecuada. Durante la permanencia de trabajadores en equipos de trabajo destinados a levantar cargas, el puesto de mando deberá estar ocupado permanentemente. Los trabajadores elevados deberán disponer de un medio de comunicación seguro y deberá estar prevista su evacuación en caso de peligro.
- c. A menos de que fuera necesario para efectuar correctamente los trabajos, deberán tomarse medidas para evitar la presencia de trabajadores bajo las cargas suspendidas. No estará permitido el paso de las cargas por encima de lugares de trabajo no protegidos ocupados habitualmente por trabajadores. Si ello no fuera posible, por no poderse garantizar la correcta realización de los trabajos de otra manera, deberán definirse y aplicarse procedimientos adecuados.
- d. Los accesorios de elevación deberán seleccionarse en función de las cargas que se manipulen, de los puntos de presión, del dispositivo del enganche y de las condiciones atmosféricas, y teniendo





en cuenta la modalidad y la configuración del amarre. Los ensamblajes de accesorios de elevación deberán estar claramente marcados para permitir que el usuario conozca sus características, si no se desmontan tras el empleo.

e. Los accesorios de elevación deberán almacenarse de forma que no se estropeen o deterioren.

## 2. Equipos de trabajo para la elevación de cargas no guiadas

a. Si dos o más equipos de trabajo para la elevación de cargas no guiadas se instalan o se montan en un lugar de trabajo de manera que sus campos de acción se solapen, deberán adoptarse medidas adecuadas para evitar las colisiones entre las cargas o los elementos de los propios equipos.

b. Durante el empleo de un equipo de trabajo móvil para la elevación de cargas no guiadas, deberán adoptarse medidas para evitar su balanceo, vuelco y, en su caso, desplazamiento y deslizamiento. Deberá comprobarse la correcta realización de estas medidas.

c. Si el operador de un equipo de trabajo para la elevación de cargas no guiadas no puede observar el trayecto completo de la carga ni directamente ni mediante los dispositivos auxiliares que faciliten las informaciones útiles, deberá designarse un encargado de señales en comunicación con el operador para guiarle y deberán adoptarse medidas de organización para evitar colisiones de la carga que puedan poner en peligro a los trabajadores.

d. Los trabajos deberán organizarse de forma que mientras un trabajador esté colgando o descolgando una carga a mano, pueda realizar con toda seguridad esas operaciones, garantizando en particular que dicho trabajador conserve el control, directo o indirecto, de las mismas.

e. Todas las operaciones de levantamiento deberán estar correctamente planificadas, vigiladas adecuadamente y efectuadas con miras a proteger la seguridad de los trabajadores. En particular, cuando dos o más equipos de trabajo para la elevación de cargas no guiadas deban elevar simultáneamente una carga, deberá elaborarse y aplicarse un procedimiento con el fin de garantizar una buena coordinación de los operadores.

f. Si algún equipo de trabajo para la elevación de cargas no guiadas no puede mantener las cargas en caso de avería parcial o total de la alimentación de energía, deberán adoptarse medidas apropiadas para evitar que los trabajadores se expongan a los riesgos correspondientes. Las cargas suspendidas no deberán quedar sin vigilancia, salvo si es imposible el acceso a la zona de peligro y si la carga se ha colgado con toda seguridad y se mantiene de forma completamente segura.

g. El empleo al aire libre de equipos de trabajo para la elevación de cargas no guiadas deberá cesar cuando las condiciones meteorológicas se degraden hasta el punto de causar perjuicio a la seguridad de funcionamiento y provocar de esa manera que los trabajadores corran riesgos. Deberán adoptarse medidas adecuadas de protección, destinadas especialmente a impedir el vuelco del equipo de trabajo, para evitar riesgos a los trabajadores.

La soldadura en las operaciones ferroviarias se utiliza principalmente para la unión de los carriles tanto en el montaje de vía nueva, como en el mantenimiento y recarga de la existente. Previamente a la soldadura, en la mayoría de las ocasiones se hace necesario la realización de operaciones de ajuste y corte de los cupones de carril para obtener una superficie adecuada de unión y el precalentamiento de los carriles mediante equipos oxiacetilénicos. Los cupones largos se suelen soldar mediante soldadura aluminotérmica o eléctrica.

#### **4.1 SOLDADURA OXIACETILÉNICA/OXICORTE**

La soldadura por combustión de gases consiste en mezclar un gas combustible (acetileno, propano, butano) con otro comburente (oxígeno) en la cámara de un soplete y dirigida a la boquilla de éste, donde tendrá lugar la combustión.

Si el gas combustible que utilizamos es el acetileno y el gas comburente el oxígeno, se denomina oxiacetilénica.



**Figura 24.**  
Soldadura oxiacetilénica.  
Fuente: TECSA

Si se incrementa el aporte de oxígeno a la llama, se logran temperaturas más elevadas, con lo cual se puede realizar corte de materiales. Este sistema se denomina oxicorte.

Los principales riesgos derivados de la soldadura oxiacetilénica/oxicorte son:

- Incendio y/o explosión durante los procesos de encendido y apagado, por utilización incorrecta del soplete, montaje incorrecto o estar en mal estado, por retorno de la llama o por falta de orden o limpieza.
- Exposición a radiaciones infrarroja, ultravioleta y visible intensas y nocivas.
- Quemaduras por salpicaduras de metal incandescente y contactos con los objetos calientes que se están soldando.



- Proyección de partículas.
- Exposición a humos y gases tóxicos de soldadura, debido a los materiales soldados y a la propia llama, cuando no se dispone de sistemas de extracción localizada o ventilación suficiente.
- Explosión por un incorrecto almacenaje y manipulación de las botellas.

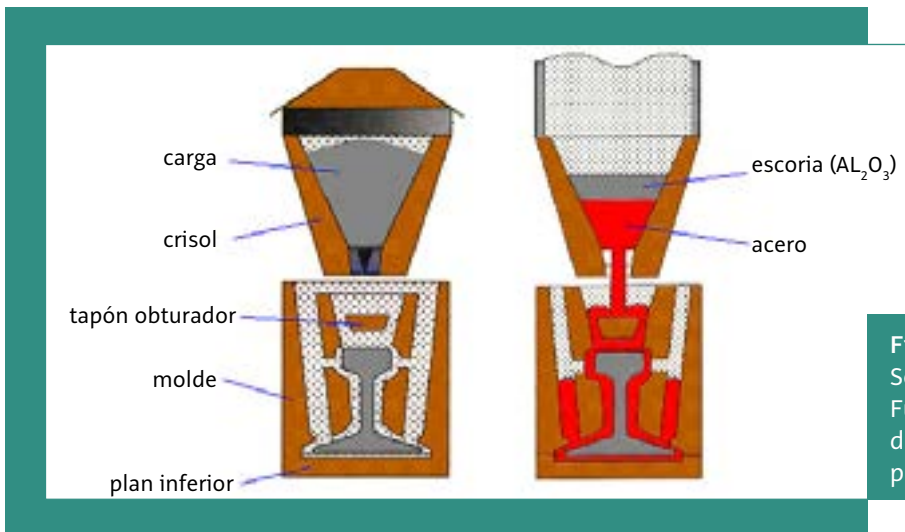
Las medidas preventivas frente a los riesgos de la soldadura oxiacetilénica/oxicorte serían:

- No se realizarán trabajos de soldadura ni corte próximos a sustancias inflamables o explosivos ni en locales donde se almacenen materiales inflamables o combustibles.
- Se evitará que las chispas producidas por el soplete alcancen o caigan sobre las botellas, mangueras o líquidos inflamables.
- No se dejará nunca el soplete encendido ni colgado de las botellas, ya que el incendio o la explosión serían inmediatas.
- Está prohibido fumar cuando se corte o suelde, así como cuando se manipulen mecheros y botellas. No se permitirán fuegos en el entorno de las botellas.
- Las botellas deben almacenarse lejos de fuentes de calor y protegidas de la acción del sol, en posición vertical y evitando el vuelco.
- Las botellas de gases licuados se acopiarán separadas (oxígeno, acetileno, butano, propano), con distinción expresa de lugares de almacenamiento para las ya agotadas y las llenas.
- Durante la manipulación, transporte y uso de las botellas se mantendrán en posición vertical, en carros portabotellas. Queda prohibido la utilización de las botellas de acetileno tumbadas o inclinadas, ya que la acetona pierde su capacidad de estabilizar el acetileno, al perder espesor la capa que protege del exterior. La capacidad de explosión es muy grande.
- Instalación de aparatos de seguridad (válvulas anti-retorno), en la salida de manorreductores y entrada a soplete.
- Se vigilará en todo momento el estado de mangueras y manómetros y de las válvulas anti-retroceso.
- Los grifos y los manorreductores de las botellas de oxígeno se mantendrán siempre limpios de grasas, aceites o combustible de cualquier tipo.
- Alejar materiales inflamables y disponer siempre de extintor en el tajo.
- En determinado trabajos, puede ser necesario disponer de apantallamientos para proteger las proyecciones y salpicaduras, en previsión de incendios.
- Se dispondrá de ropa de trabajo adecuada: mascarillas autofiltrantes para soldadura, gafas o pantalla facial, guantes de cuero de manga larga, polainas y calzado de seguridad con puntera y suela reforzada.

## 4.2 SOLDADURA ALUMINOTÉRMICA

Este tipo de soldadura se utiliza para la unión de carriles. Consiste en la obtención de un metal, de composición y dureza similares a los de los carriles, por reducción de sus óxidos por el aluminio.

Se realiza mediante un molde refractario o crisol colocado en los extremos de los carriles a unir, dentro del cual se produce una reacción química exotérmica en la que la reducción del óxido de hierro por el aluminio da como resultado un metal que, en estado de fusión, fluye sobre los carriles que se van a unir, fundiéndolos y formando una masa homogénea compacta. Este producto funde total o parcialmente los conductores a soldar proporcionando una conexión superior a cualquier unión mecánica (con pernos, pinzas, tornillos, etc.), respecto de sus propiedades mecánicas y eléctricas.



**Figura 25.**  
Soldadura aluminotérmica.  
Fuente: Procedimiento soldadura aluminotérmica en plena vía. COMSA

La ejecución de las soldaduras de este tipo se puede dividir en una serie de operaciones:

1. Preparación de los carriles. Supone el corte del tramo a unir, utilizando normalmente una máquina tronadora, y el desmontaje de fijaciones existentes en las traviesas que se encuentran a ambos lados de la soldadura (normalmente se desmontan unas tres traviesas a cada lado si el tramo es en recta y seis traviesas si es un tramo en curva). Asimismo, se realiza la retirada de suelas de caucho y cualquier otro material no metálico.
2. Cala, alineación y nivelación de los carriles. Para que la soldadura quede correcta se utilizan gatos mecánicos u otros elementos que permiten nivelar los carriles para que queden a la misma altura (se ajusta cala, flecha, inclinación y alineación).
3. Instalación de los moldes laterales. Se coloca el kit de soldadura, de un único uso. Para que el molde se mantenga en su posición se suelen utilizar mordazas especiales. Así mismo, se emplea arcilla refractaria especial o pasta Fusal en las ranuras existentes entre los moldes y carril para sellar las juntas y las posibles vías de fuga de la colada.
4. Preparación del crisol, que se coloca verticalmente y termina, en su parte inferior, en un cono con orificio taponado por el que saldrá la colada del molde. En el crisol se vierte la mezcla de aluminio, óxido férrico, carbono y reactivo inflamable, se tapa y se instala sobre el molde. También se coloca bajo el carril la cubeta de recogida de la escoria.
5. Precalentamiento de los carriles y del molde para evitar el choque térmico, mediante un soplete o un quemador de aire inducido-propano que suministre una presión de 3 bars.
6. Ejecución de la colada del metal de aportación. Tras el calentamiento anterior, se introduce en el crisol un elemento de ignición (por ejemplo, una bengala) que producirá la inflamación del reactivo y con ello la transformación del óxido férrico en acero. La colada funde el tapón del cono del crisol provocando su precipitación al interior del molde. La escoria, por densidad, queda en la parte superior y posteriormente es depositado en los bidones o recipientes habilitados.
7. Retirada de la cubeta para escoria rompiendo la rebaba de la escoria solidificada entre el molde y la cubeta. La escoria generada, por densidad, queda en la parte superior y posteriormente es depositada en dichas las cubetas.



8. Desmoldado de la soldadura. Una vez llenado el molde, se deja enfriar, se retira el crisol mediante el elemento auxiliar (horquilla) y se coloca sobre el carril una cizalla hidráulica o una tajadera para retirar la parte superior del molde y el metal sobrante.

9. Acabado de la soldadura. Normalmente se utiliza una esmeriladora para el perfilado de los carriles.



Figura 26.  
Soldadura aluminotérmica.  
Fuente: TECSA

Los riesgos más importantes derivados de la soldadura aluminotérmica son:

- Quemaduras por contacto por la existencia de materiales calientes tales como el molde y los conductores, ya que tras una soldadura y hasta que se realiza la siguiente, el molde y los conductores ya soldados pueden alcanzar temperaturas alrededor de los 400 °C.
- Quemaduras debidas a proyecciones de material desde el molde debidas a la intensidad de la reacción y a la presencia de cantidades elevadas de agua o disolventes orgánicos en el molde o en los conductores.
- Incendio o explosión debido a la proyección de material inflamado por la existencia de contaminantes en el molde, la existencia de materiales inflamables o explosivos al alcance de las proyecciones durante la reacción.
- Asociados a la operación de corte y esmerilado del carril se encuentran los riesgos de proyección de fragmentos o partículas por rotura del disco o por el corte, atrapamiento por el disco, abrasión y contactos eléctricos.
- Otros: caídas de personas a distinto nivel, al mismo nivel, arrollamiento, golpes o cortes por objetos o herramientas, proyección de fragmentos o partículas, sobreesfuerzos...

En cuanto a las recomendaciones de seguridad se encuentran:

- Se respetará el procedimiento indicado para la realización de este tipo de soldadura.
- Se comprobará el estado del molde y del crisol, eliminando cualquier impureza o humedad detectada. Se mantendrá la carga de soldadura seca para lo que se realizará un calentamiento del molde previo a la realización de la primera de las soldaduras.
- Se garantizará que las pinzas cierran el molde correctamente de manera que no puedan producirse fugas de material fundido, y que los conductores quedan bien sujetos al mismo.

- Se colocarán el número de tabletas o cargas en polvo indicadas en la tolva del molde, según especificaciones del fabricante.
- Alejarse en el momento de la reacción. La ignición del material de aportación se ha de realizar guardando la mayor distancia de seguridad a la boca, una vez cerrada la tapa. La retirada del crisol y los moldes se realizará una vez transcurrido el tiempo necesario de enfriamiento.
- Se evitará que la escoria y restos de soldadura entren en contacto con agua, pueden provocar explosiones. También se mantendrá lejos de espacios con vegetación.
- El almacenaje del material de soldadura se realizará en espacios cubiertos, con buena ventilación y lejos de materiales inflamables y bengalas.
- Es imprescindible que se compruebe la caducidad del material de soldadura antes de su utilización.
- Se utilizará un kit de soldadura nuevo para cada trabajo. No reutilizar los sobrantes de anteriores actuaciones.
- Se realizará un correcto almacenamiento de las botellas, colocando por separado las de combustible de las de comburente, las llenas de las vacías. Las botellas de mantendrán y transportarán en posición vertical, sujetas con cadenas de seguridad.
- Se controlará la presión de las botellas, que no deberá ser inferior a 2,5 bars.
- Se utilizarán mangueras dotadas de válvulas anti-retorno al inicio y final de su recorrido.
- Se cumplirán las instrucciones de fabricante sobre el mantenimiento de válvulas, grifos y mangueras del equipo, sobre todo lo que refiere a fugas.
- Se debe evitar que las mangueras atraviesen zonas de paso o se apoyen sobre objetos caliente, charcos, bordes afilados o ángulos vivos que puedan dañarlas, evitando la formación de bucles o cocas.
- Se cerrarán los grifos de las botellas después de cada sesión de trabajo y una vez consumido el contenido de la misma., descargando posteriormente el manorreductor, las mangueras y el soplete.
- El soplete, independientemente de que esté apagado, no debe colgarse nunca en las botellas.
- No se dejarán los recipientes de combustible cerca de los focos de ignición,
- En trabajos de soldadura en recintos cerrados se ha de garantizar una correcta ventilación, siendo necesaria la aspiración de gases, vapores y humos. Cuando no sea posible se utilizarán equipos de respiración autónomos.
- En las operaciones de corte se tendrá en cuenta las medidas respecto al uso de herramientas de corte: sujeción firme del disco, habilitación de los dispositivos de protección del disco, mantenimiento correcto de los mismos y sustitución de los que estén gastados o deteriorados, utilización de pantallas faciales, entre otros.
- Respecto a la esmeriladora, se protegerá correctamente la piedra del esmeril, y se sustituirá la muela cuando se alcance el límite de seguridad.



Figura 27.  
Esmerilado de carriles.  
Fuente: COMSA



- Los residuos procedentes de la soldadura se depositarán en lugares adecuados donde no puedan provocar un incendio. Se mantendrán alejados materiales inflamables y se dispondrá de extintor en el tajo.
- Se dispondrá de ropa de trabajo adecuada: mascarillas autofiltrantes para soldadura, guantes de cuero de manga larga, polainas y calzado de seguridad con puntera y suela reforzada. Además, en las operaciones de corte y picado de escoria, gafas o pantalla facial.

### 4.3 SOLDADURA ELÉCTRICA

La soldadura eléctrica se emplea sobre todo en los recargues de carril para reparar desperfectos accidentales locales o arreglar la degradación de los carriles como consecuencia del uso, aunque también se puede utilizar para la unión de los mismos.

El arco eléctrico constituye una fuente térmica que se conserva siempre neutra evitando los inconvenientes de la soldadura por gases.

Normalmente, la soldadura se realiza con electrodos recubiertos con un fundente que facilita la estabilidad del arco y con ello, mejora la calidad de la soldadura. El revestimiento de fundente ocasiona una corriente superficial de escoria y una protección gaseosa, aislando el material del oxígeno y nitrógeno del aire.

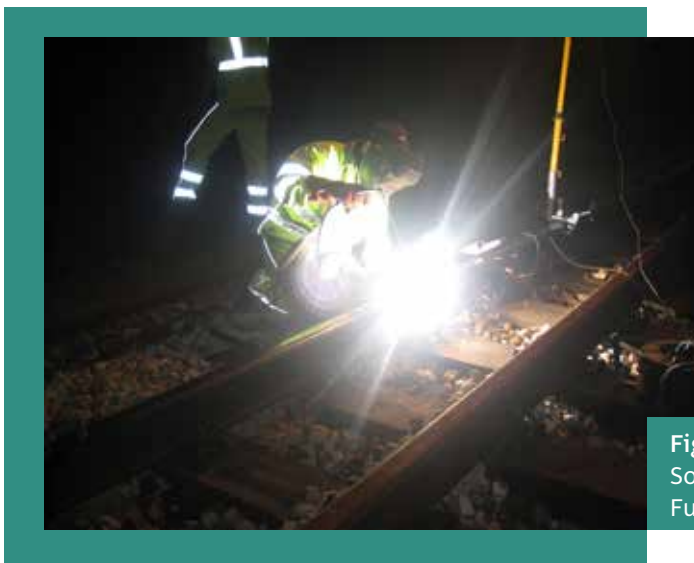


Figura 28.  
Soldadura eléctrica con electrodo.  
Fuente: COMSA

El proceso de soldadura eléctrica por chisporroteo consiste en soldar mediante la circulación de corriente de alta intensidad entre los extremos del carril, que genera un chisporroteo y un calentamiento del mismo el cual se une cuando se ha alcanzado la temperatura idónea para la soldadura. El cabezal de soldadura dispone de mordazas refrigeradas con agua que sujetan los extremos del carril, los alinea y transmite la corriente eléctrica y, mediante un desbarbador mecánico, eliminan la rebaba del cordón de soldadura.

Para este tipo de soldadura se suele utilizar una máquina que puede ser autopropulsada, bivial o montarse sobre vagón.



Figura 29.  
Tren de soldadura eléctrica de  
carril. Fuente: VÍAS

Los principales riesgos derivados de la soldadura eléctrica son:

- Contacto eléctrico que puede originar quemaduras, electrocución, etc.
- Incendios y explosiones
- Otros: caídas de personas a distinto nivel, al mismo nivel, golpes o cortes por objetos o herramientas, proyección de fragmentos o partículas, sobreesfuerzos...

Algunas de las medidas de seguridad a tomar:

- Se aislarán los cables y comprobará periódicamente el estado de terminales, empalmes e interruptores.
- Se verificará que las mangueras eléctricas están empalmadas mediante conexiones estancas de intemperie. Se evitarán las conexiones directas protegidas a base de cinta aislante.
- El cable de la masa se debe conectar sobre la pieza a soldar o la más cerca posible, usando las grapas adecuadas. El equipo siempre tiene que estar conectado a tierra.
- Se desconectará el grupo de soldadura cada vez que se hagan pausas de comprobación.
- Antes de comenzar los trabajos se comprobará el aislamiento de las pinzas portaelectrodos y los bornes de conexión.
- La pinza del soldador no se depositará sobre el suelo sino que se utilizará un portapinzas.
- Para evitar posibles lesiones oculares, en ningún momento se mirará de forma directa al arco voltaico.
- Se mantendrá el orden y limpieza en los tajos.
- No se realizarán trabajos de soldadura eléctrica en condiciones atmosféricas desfavorables (lluvia, viento fuerte, tormenta...) o en lugares encharcados o con presencia de agua.
- Se dispondrá de ropa de trabajo adecuada: mascarillas autofiltrantes para soldadura, gafas o pantalla facial, guantes de cuero de manga larga, polainas y calzado de seguridad con puntera y suela reforzada.





#### 4.4 RECOMENDACIONES GENERALES DE SEGURIDAD EN LOS TRABAJOS DE SOLDADURA. CONCLUSIONES

La elección del tipo de soldadura vendrá dado por el tipo de trabajo a realizar. Siempre se han de utilizar los equipos adecuados a dicha soldadura.

El mantenimiento de los equipos de soldadura (cables, electrodos, mangueras, grifos, sopletes, válvulas...) es fundamental para evitar posibles accidentes derivados de fugas, explosiones, incendios, descargas eléctricas, etc. en función del tipo de soldadura.

El almacenamiento de los equipos, sobre todo cuando se utilizan botellas de combustible y/o comburente, debe realizarse siguiendo las medidas de seguridad, de forma que no generen riesgos asociados a una posible combustión accidental de los mismos por estar cercanos a fuentes de ignición, materiales incompatibles o por exposición a radiaciones solares.



Figura 30.  
Botellas de acetileno para soldadura. Fuente: COMSA

Una ventilación adecuada del área de soldadura y, en su caso, la extracción localizada de los humos y vapores, evitarán posibles accidentes derivados de la acumulación de gases tóxicos, como puede ser la explosión e incendio, la asfixia o la intoxicación de los trabajadores.

Siempre se ha de garantizar una correcta iluminación en el lugar de trabajo.

**Se utilizarán los equipos de protección personales adecuados a las tareas a realizar.** Entre ellos destacan las gafas o pantallas faciales para proteger de posibles proyecciones y radiaciones durante las operaciones de soldadura oxiacetilénica, eléctrica y oxicorte, mandiles, guantes de manga larga y polainas de cuero, todo ello para proteger de las quemaduras y proyecciones. Además se llevarán botas de seguridad con puntera y suela reforzada y chaleco de alta visibilidad.

Por último, las zonas de soldadura, ya sean en interior o exterior, deberán estar dotadas de **extintores portátiles frente al tipo de fuego posible**. Sobre todo, se tendrá en cuenta esta recomendación cuando los trabajos se realicen en la cercanía de zonas con vegetación o boscosa.

## 5.1 RUIDO

La exposición al ruido es uno de los riesgos laborales que nos encontramos a diario en sector de la construcción, sobre todo por el empleo de maquinaria para la realización de los trabajos.

El sonido es un fenómeno vibratorio que, a partir de una perturbación inicial se propaga en un medio elástico bajo la forma de una variación periódica de presión sobre la presión atmosférica, y que puede ser percibido por el oído.

El ruido se define como un sonido no deseado, molesto, inútil y desagradable al que lo escucha. De esta definición se deriva que la apreciación del ruido tiene una connotación subjetiva que va a depender de la sensibilidad de las personas, del entorno y de las características del ruido (tiempo de duración, intensidad...).

Los ruidos se clasifican, según la forma de presentación temporal, en:

- Estable o continuo: se mantiene un nivel constante a lo largo del tiempo, es decir, la diferencia entre los valores máximo y mínimo de nivel de presión acústica es inferior a 5 dB. Un ejemplo sería el ruido producido por un ventilador, un compresor o un martillo neumático.
- Periódico o intermitente: el nivel varía de forma periódica en grados bien definidos y de una duración relativamente larga, siendo la diferencia entre los valores máximo y mínimo de nivel de presión sonora superior o igual a 5dB. Por ejemplo, el ruido de una sierra de cinta o máquina/herramienta en la que se distinguen claramente las fases del ruido correspondientes al funcionamiento en vacío y durante el trabajo.
- Aleatorio o variable: el nivel sonoro varía de forma continua en el tiempo sin seguir ningún patrón definido y la diferencia entre los valores máximo y mínimo de nivel de presión sonora superior o igual a 5dB. Por ejemplo, los trabajos con maquinaria de movimiento de tierras.
- De impacto o impulso: el nivel presenta picos de alta intensidad y muy corta duración. Un ejemplo sería el ruido de amartillamiento o escapes de aire comprimido.

Desde el punto de vista físico, el ruido se caracteriza por las siguientes propiedades:

- **Frecuencia:** es el número de veces que la onda sonora adquiere el mismo valor por unidad de tiempo, es decir, el número de veces por segundo en que se produce la variación de la presión acústica. Se mide en Hertzios (Hz). Nos indica el tono del sonido; la frecuencia de los sonidos se percibe como tonos graves cuando son bajas frecuencias o agudos ante altas frecuencias. El oído humano es capaz de percibir sonidos de frecuencias comprendidos entre 20 y 20.000 Hz. Las frecuencias conversacionales están en torno a los 50-4.000 Hz.

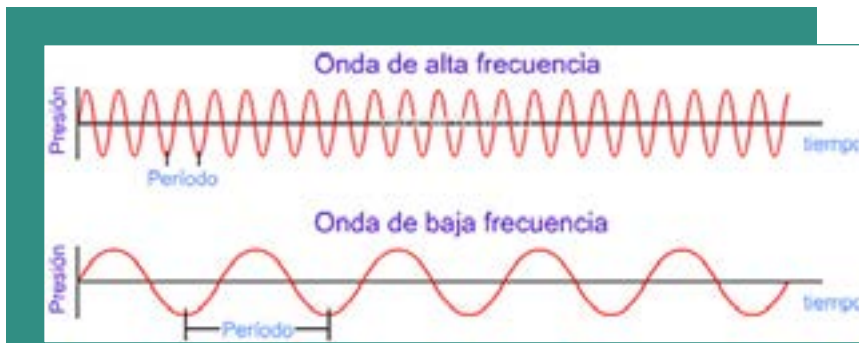


Figura 31.  
Frecuencia del sonido. Fuente: [cienciasecu.blogspot.com](http://cienciasecu.blogspot.com)

- **Periodo:** tiempo que se tarda en recorrer una oscilación completa. Se mide en segundos.

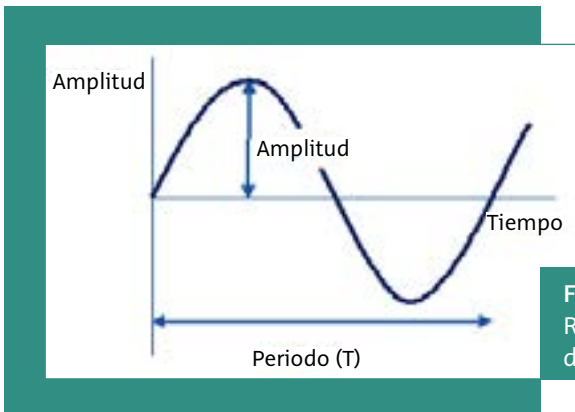
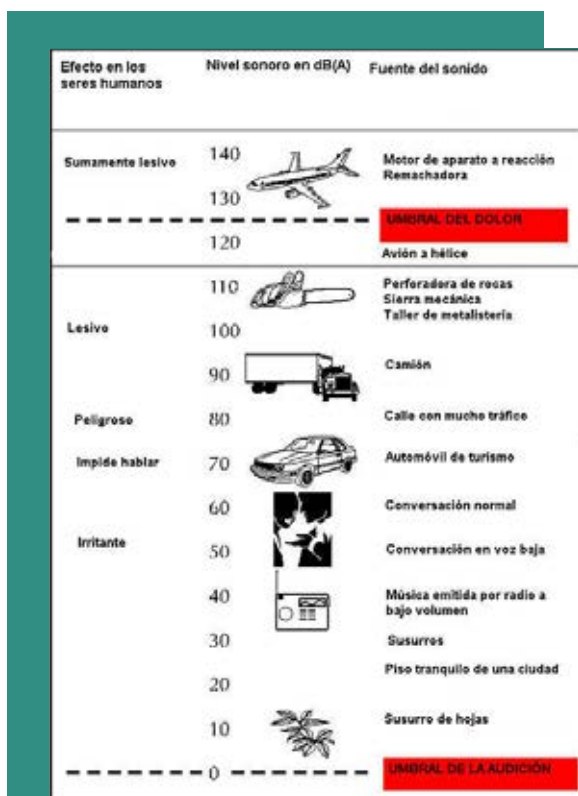


Figura 32.  
Representación de las propiedades del sonido. Fuente: FLC

- **Amplitud:** es la máxima distancia entre un punto del medio en que se propaga la onda y su posición de equilibrio. Al aumentar esta distancia, la onda golpea el tímpano con una mayor fuerza percibiendo el oído un sonido más fuerte.
- **Nivel de presión acústica:** relacionada con la amplitud, es la intensidad con la que se produce la variación de la presión del aire por el desplazamiento del sonido o el nivel de variación de presión del sonido. Se utiliza como unidad de medición el decibelio (dB). El oído humano es capaz de percibir entre 0 dB (umbral de audición) y 140 dB (umbral de dolor).

Un aspecto importante a tener en cuenta es que la medición de ruido sigue una escala logarítmica; lo que supone que el ruido resultante de la exposición a dos fuentes distintas no es la suma de ambas sino que sería una subida de 2 a 3 dB. Por eso, cuando hablamos de altos niveles de ruido (por encima de 85 dB) hablar de un decibelio más o menos significa una enorme diferencia de nivel de ruido y, por lo mismo, cuando decimos que se atenúa o disminuye el nivel de decibelios, por pocos que sean, supone una bajada importante de ruido.



**Figura 33.**  
Efectos del ruido en lo seres humanos.  
Fuente: Organización Internacional del Trabajo (OIT).

La exposición al ruido en el trabajo puede tener efectos negativos sobre la salud de los trabajadores siendo varios los factores condicionantes que determinan el grado de nocividad del mismo: tipo de ruido, distancia del trabajador a la fuente o foco, nivel de intensidad, tiempo de exposición o las características personales del individuo (edad, dolencias previas...). Cuanto mayor sea el nivel del ruido y la duración de la exposición, mayor es el riesgo de sufrir daños.

Entre las afecciones negativas de los trabajadores originadas por la exposición a ruido se encuentran:

- Trastornos psicológicos: irritabilidad, trastornos del sueño, desinterés...
- Trastornos fisiológicos: pérdida de audición e incluso sordera, aumento de presión sanguínea, trastornos digestivos, modificaciones endocrinas...
- Interferencias conversacionales y enmascaramiento de advertencias.

Uno de los principales problemas de la exposición al ruido es que, a no ser que se deba a un ruido de impacto con un nivel sonoro muy alto que produzca una lesión grave (por ejemplo, una explosión), la exposición produce una pérdida progresiva de audición a lo largo del tiempo y no es siempre fácil de reconocer. La mayoría de los casos, cuando no se realiza una revisión periódica de la audición, se detectan cuando el oído ha quedado dañado permanentemente.

Para medir los niveles de ruido se utilizan como equipos de medida los sonómetros, sonómetros integradores y los dosímetros.



El sonómetro mide de forma directa el nivel de presión sonora de un ruido instantáneo (sonómetro convencional) o promediado en el tiempo (sonómetro integrador), es decir, realiza una ponderación en el tiempo de los distintos niveles de ruido. Presenta la lectura en decibelios (dB).



Figura 34.  
Instrumentos de medición del ruido.  
Fuente: [workconsulting.blogspot.com](http://workconsulting.blogspot.com)

Por su parte, el dosímetro mide la exposición o dosis acumulada en el tiempo, en porcentaje, respecto a la dosis máxima que se considera admisible, a lo largo de la jornada laboral o de un determinado número de ciclos de trabajo.

#### a. Riesgo por exposición al ruido

Los trabajos ferroviarios, sobre todo los propios de vía como son el bateo o el desguarnecido, normalmente generan altos niveles de ruido que supone un riesgo importante para los trabajadores expuestos.

La presencia de ruido **disminuye la capacidad de alerta del individuo** frente a otro tipo de riesgos tales como el arrollamiento, la caída a distinto nivel o el corte con máquinas, los cuales pueden materializarse en accidentes de trabajo.

Además, en trabajos de renovación con circulación, **es necesario estar atentos al paso de circulaciones externas, limitando el uso de protectores auditivos** que impedirían oír el aviso de retirada del piloto.

Teniendo en cuenta los principios de acción preventiva el riesgo debe intentar eliminarse en primer lugar en la fuente o foco, en segundo lugar, sobre el medio y, únicamente cuando las medidas anteriores no hayan sido posibles o suficientes, se actuará sobre el receptor, el trabajador.

Sin embargo, la naturaleza de las máquinas y los materiales utilizados en estos trabajos y de los procesos que se ejecutan en el exterior y que obligan al choque del material, hace imposible intervenir en el proceso para disminuir los niveles de ruido. Por lo tanto, básicamente se puede luchar contra este riesgo con dos medios: la organización de los trabajos y la protección del trabajador expuesto.

Para realizar correctamente las mediciones, en primer lugar es necesario hacer una **visita previa a la obra** ferroviaria tomando datos relativos al proceso a realizar, tareas y tiempo de cada una, maquinaria a emplear, fuentes de ruido existentes (sobre todo, si existe circulación), número de trabajadores expuestos, etc. Estos datos permiten definir ciclos de trabajo durante una jornada normal y con ello planificar las estrategias de medida, que estarán dirigidas a medir ruido en la tarea, en el puesto de trabajo o en la jornada completa.

De igual modo se ha de analizar el tipo de ruido que va a existir en el proceso, si es un ruido estable, periódico, aleatorio o de impacto, o una mezcla de los mismos. Por ejemplo, la operación de bateo o el paso de trenes se consideraría un ruido aleatorio si no hay una frecuencia conocida; por su parte, en la colocación de carriles y traviesas existe ruido de impacto (operaciones de corte de carril, apriete de carril...).

El tipo de ruido junto con la descripción de los ciclos de trabajo y la estrategia de medida serán los que indiquen la metodología de evaluación del ruido, y con ello, el tipo de mediciones a realizar y el equipo de medición a utilizar. En todo caso, debe establecerse una metodología que permita obtener tanto el nivel diario equivalente como el nivel de pico.

### I. Estrategias de medición

Existen principalmente tres metodologías de evaluación que se basan en la posibilidad y/o facilidad de definir ciclos de trabajo.

La primera de ellas se basa en la **evaluación de tareas u operaciones** bien definidas y concretas durante un tiempo de trabajo determinado conocido. Implica que el trabajo que se realice sea similar y el nivel de ruido repetible y representativo de la tarea.

La segunda estrategia se basa en el **puesto de trabajo o función** y se utiliza cuando no es posible describir patrones de trabajo y dividirlos en tareas u operaciones concretas; en este caso se realizan mediciones aleatorias entre los diferentes trabajadores que ocupan el mismo puesto de trabajo o equivalente o exposiciones similares a ruido (grupo homogéneo de exposición GHE). No es apropiado cuando hay episodios de ruido muy intensos y de corta duración.

Por último, se encuentra el método basado en **la jornada completa**, incluyendo tanto exposiciones elevadas al ruido como períodos de menor nivel. Se utiliza cuando no es fácil o no se necesita describir el patrón exacto de trabajo y la medición debe cubrir la totalidad de la jornada o bien, cuando no es posible, los períodos más significativos de ruido.

La elección de la estrategia de medición implica planificar las mediciones en cuanto al tiempo de duración, los días o jornadas y el período de trabajo dentro de la jornada, los trabajadores objeto de medición y los instrumentos a emplear.

En la siguiente tabla, tomada de la NTP 951: Estrategias de medición y valoración de la exposición a ruido (II): tipos de estrategias, del Insht, se resumen las características de los tipos de trabajo a los que se adapta cada estrategia y la aplicabilidad de la misma.



PATRÓN DE TRABAJO		ESTRATEGIA DE MEDICIÓN		
		Basada en la tarea	Basada en el puesto de trabajo (función)	Mediciones de la jornada completa
Puesto fijo	Tarea sencilla o única operación	Recomendada	-	-
Puesto fijo	Tarea compleja o varias operaciones	Recomendada	Aplicable	Aplicable
Puesto móvil	Patrón de trabajo definido y con pocas tareas	Recomendada	Aplicable	Aplicable
Puesto móvil	Trabajo definido con muchas tareas o con un patrón de trabajo complejo	Aplicable	Aplicable	Recomendada
Puesto móvil	Patrón de trabajo impredecible	-	Aplicable	Recomendada
Puesto fijo o móvil	Tarea compuesta de muchas operaciones cuyo duración es impredecible	-	Recomendada	Aplicable
Puesto fijo o móvil	Sin tareas asignadas, trabajo con unos objetivos a conseguir	-	Recomendada	Aplicable

**Tabla 1.** Selección de la estrategia de medición según el patrón de trabajo. Fuente: Tabla 4 de la NTP 951. Estrategias de medición y valoración de la exposición a ruido (II): tipos de estrategias. Insht

## II. Elección de los instrumentos para la medición

Como se ha comentado, se podrá utilizar el sonómetro integrador tipo 1 o 2 para medir el nivel de presión acústico continuo equivalente de cualquier tipo de ruido; por su parte, el dosímetro podrá emplearse para medir la dosis o cantidad de ruido recibida por un trabajador de cualquier tipo de ruido.

Como norma general, cuando se quiere medir un trabajo expuesto a ruido prolongado a lo largo de la jornada laboral y cuyas funciones requieran movilidad se suele utilizar el dosímetro; por el contrario, para mediciones más puntuales, por ejemplo un ruido de impacto, se utiliza el sonómetro. A pesar de esto, el uso de dosímetros personales suele combinarse con el del sonómetro integrador como comprobación de la coherencia de los resultados.

Si el **ruido es estable** en la totalidad o parte de la jornada no es necesario realizar la medición durante todo el período. En estos casos se aconseja el uso de un sonómetro integrador-promediador realizando como mínimo tres mediciones de corta duración a lo largo de la jornada, obteniéndose el nivel equivalente del período de exposición utilizando directamente la media aritmética. Si es un sonómetro normal, al menos se realizará un mínimo de cinco mediciones de una duración mínima de 15 segundos cada una y se utilizará la media aritmética.

Si se trata de un **ruido periódico** se recomienda el uso de dosímetro personal, aunque también podría utilizarse un sonómetro integrador-promediador, en cuyo caso se realizarán varias mediciones cubriendo cada una de ellas varios períodos o ciclos, y utilizando el valor medio de los niveles equivalentes obtenidos (lo normal es realizar entre 3 y 5 mediciones que cubran al menos 3 ciclos bien definidos y

con una duración mínima de 5 minutos cada una). Se podrá limitar a tres mediciones cuando el rango entre los valores máximo y mínimo del nivel equivalente sea inferior o igual 2dB; en caso contrario se realizarán como mínimo cinco mediciones.

Ante un **ruido aleatorio** se puede utilizar tanto sonómetro integrador como dosímetro personal, aunque se recomienda el uso de éste último. Existen dos métodos de cálculo: por un lado, está el método directo teniendo que abarcar la medición la totalidad del intervalo de tiempo considerado; y, por otro, el método de muestreo según el cual se realizan varias mediciones, de forma aleatoria, durante el intervalo de tiempo considerado.

Por último, si se trata de un **ruido de impacto**, el objetivo de la medición es obtener valores del nivel pico de ruido que en ningún caso podrá superar los 140 dBA. En este caso, se utilizará el sonómetro integrador-promediador.

Por ello, los instrumentos utilizados en las dos primeras estrategias suelen ser los sonómetros integradores-promediadores, siendo los dosímetros más comúnmente empleados en la última.

- **Sonómetro**

El sonómetro aporta directamente los datos del nivel sonoro equivalente para un tiempo determinado (LAeq,T).

La medición del nivel sonoro mediante sonómetro, siempre que sea posible, se hará en ausencia del trabajador para evitar su afectación así como el apantallamiento del ruido con su propio cuerpo. Para una toma correcta de los datos se coloca el micrófono a la altura donde se encontraría el oído o entre 10 y 40 cm de distancia del mismo cuando el trabajador esté presente, manteniéndolo separado del cuerpo del operario. Cuando no es posible que el micrófono se sitúe a una distancia menor de 40 cm se aconseja el uso de un dosímetro personal.

Normalmente, se toman varias muestras directamente de cada puesto, utilizando para los cálculos la media aritmética.

- **Dosímetro personal**

El dosímetro aporta datos del % dosis a la que está expuesto el trabajador durante un tiempo definido. Para realizar correctamente la medición de ruido con un dosímetro se le instalará al operario el instrumento, colocando el micrófono a la altura del pabellón auricular, a unos 10 centímetros del mismo y unos 4 centímetros por encima del hombro, ajustando el cable de forma que no reciba interferencias mecánicas ni de la vestimenta. Se mantendrá en funcionamiento durante un tiempo T que sea representativo de toda la jornada laboral, dando por hecho que el resto de la jornada está sometido al mismo nivel de ruido.

### III. Expresiones para el cálculo de los niveles equivalentes de exposición

El cálculo del **nivel equivalente** dependerá del tipo de estrategia. Así para el cálculo del nivel equivalente de **tareas u operaciones**, se calcula el nivel de cada una de ellas utilizando la siguiente fórmula:

$$LA_{eq,T,m} = 10 \log \left[ \frac{1}{N} (\sum_{n=1}^N 10^{0,1LA_{eq,tmn}}) \right] \quad (1)$$

donde, N el número de muestras tomadas.





El nivel diario equivalente sería:

$$LAeq,d = 10 \log \left[ \sum_{m=1}^M \left( \frac{T_m}{T} \right) \times 10^{0,1LAeq,tm} \right] \quad (2)$$

donde, m son el total de las tareas, T una jornada que se entiende de 8 horas.

Si es la exposición por un grupo homogéneo de exposición (GHE) o una jornada completa, para calcular el nivel equivalente se emplea:

$$LAeq,T = 10 \log \left( \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N 10^{0,1LAeq,T,n} \right) \quad (3)$$

donde, LAeq,T,n es el nivel equivalente de la muestra n, y N el número de muestras tomadas.

El nivel diario equivalente sería:

$$LAeq,d = LAeq,T + 10 \log \left( \frac{T}{8} \right) \quad (4)$$

Cuando la exposición al ruido varíe de forma sistemática entre diferentes jornadas, se aconseja tomar como referencia el período semanal. Para ello se utiliza la siguiente expresión:

$$LAeq,s = 10 \log \frac{1}{5} \sum_{i=1}^m 10^{0,1LAeq,di} \quad (5)$$

donde, m es el número de días a la semana de exposición del trabajador al ruido, y LAeq,di es el nivel de exposición diario equivalente correspondiente al día i.

Cuando los datos son obtenidos mediante dosímetro (que aporta información sobre el % de la dosis de exposición) hay que convertirlos en nivel de ruido equivalente mediante la utilización de un gráfico o la aplicación de la siguiente fórmula:

$$LAeq,d = 90 + 10 \log \left( \frac{\%D8}{100} \right) \quad (6)$$

Se debe utilizar datos de medición de 8 horas, por lo que si la medición es de un tiempo menor hay que convertir el porcentaje obtenido utilizando la siguiente fórmula:

$$\%D8 = D\% \left( \frac{8}{T} \right) \quad (7)$$

donde D8 es el porcentaje de dosis en 8 horas y T el tiempo real de medición.

#### IV. Cálculo de la incertidumbre de los resultados

Para la evaluación de la exposición al ruido se debe trabajar con intervalos de niveles de ruido que incluyan la medición obtenida y la incertidumbre de la medición, relacionada con las incertidumbres debidas a los instrumentos de medición, a la forma y en las condiciones en que se ha medido, las variaciones temporales de las condiciones de trabajo, etc.

El cálculo de la incertidumbre también depende de la estrategia de medición.

La incertidumbre asociada a la **medición basada en la tarea u operación** viene dada por la expresión:

$$u^2 = \sum_{m=1}^m [c_{1a,m}^2 (u_{1a,m}^2 + u_{2,m}^2 + u_3^2) + (c_{1b,m} u_{1b,m})^2] \quad (8)$$

donde:

$u_{1a,m}$  es la incertidumbre estándar debida al muestreo de la tarea m. Se calcula como:

$$u_{1a,m} = \sqrt{\frac{1}{N(N-1)} \left[ \sum_{n=1}^N (L_{Aeq,Tmn} - \overline{L_{Aeq,Tm}})^2 \right]} \quad (9)$$

siendo N el número de mediciones de la tarea

$u_{1b,m}$  es la incertidumbre estándar debida a la estimación de la duración de la tarea m. Se calcula:

$$u_{1b,m} = \sqrt{\frac{1}{J(J-1)} \left[ \sum_{j=1}^J (T_{m,j} - T_m)^2 \right]} \quad (10)$$

siendo J el número de observaciones de la duración de la tarea.

$u_{2,m}$  es la incertidumbre estándar debida al instrumento de medición usado para la tarea m. Viene dado por la tabla 2.

TIPO DE INSTRUMENTO	INCERTIDUMBRE ESTÁNDAR (u)
Sonómetro clase 1	0,7 dB
Dosímetro personal	1,5 dB
Sonómetro clase 2	1,5 dB

Tabla 2. Incertidumbre estándar de los instrumentos de medida.  
Fuente: Tabla 2 de la NTP 950. Insht

En los casos de la estrategia de muestreo basada en el puesto de trabajo o GHE y la basada en la jornada completa el coeficiente  $u_2$  tiene un valor de 1.



$u_3$  es la incertidumbre estándar debida a la posición del micrófono en la operación m. Según la NTP 950: estrategias de medición y valoración de la exposición al ruido (I): incertidumbre de la medición, del Insht, y basándose en la Norma UNE EN ISO 9612:2009, se considera que esta incertidumbre estándar es de 1,0 dB.

$C_{1a,m}$  y  $C_{1b,m}$  son coeficientes de sensibilidad. Sus valores vienen dados por las expresiones:

$$C_{1a,m} = \frac{T_m}{8} 10^{0,1(L_{Aeq,Tm} - L_{Aeq,d})} \quad (11)$$

$$C_{1b,m} = 4,34 \times \frac{C_{1a,m}}{T_m} \quad (12)$$

$T_m$  es el valor medio de los valores obtenidos del tiempo de duración de la operación m.

Una vez calculada la incertidumbre estándar combinada, u, se debe obtener la incertidumbre expandida U que aporta el intervalo dentro del cual se encuentra el valor de la medida con un determinado nivel de confianza. Para ello, se multiplica la incertidumbre estándar combinada, u, por un factor de cobertura, k:

$$U = k \cdot u \quad (13)$$

K, es función del nivel de confianza que se quiera asumir, normalmente del 95%, y que su valor depende de si se trabaja con un intervalo de confianza unilateral o un intervalo de confianza bilateral simétrico.

NIVEL DE CONFIANZA	k	
	INTERVALO BILATERAL SIMÉTRICO	INTERVALO UNILATERAL
90	1,645	1,2816
95	1,96	1,645
95,45	2	-
97,5	-	1,96

Tabla 3. Valores del factor de cobertura, k, para una distribución normal y en función del intervalo. Fuente: Tabla 1 de la NTP 950. Insht

Finalmente, el valor del nivel diario equivalente, en función de si se trata de un intervalo unilateral o bilateral simétrico, vendría dado por las expresiones:

$$L_{Aeq,d} + U \quad (14) \text{ o } L_{Aeq,d} \pm U \quad (15)$$

La incertidumbre asociada a la medición basada en el puesto de trabajo o GHE viene dada por la expresión:

$$u^2 = c_1^2 u_1^2 + c_2^2 (u_2^2 + u_3^2) \quad (16)$$

El valor  $c_{1u1}$  es función del número de mediciones  $N$  llevadas a cabo durante el muestreo y de la incertidumbre estándar  $u_1$  asociada a los valores de nivel equivalente obtenidos, que se calcula a partir de la fórmula:

$$u_1 = \sqrt{\frac{1}{N-1} \left[ \sum_{n=1}^N (L_{Aeq,T,n} - \overline{L_{Aeq,T}})^2 \right]} \quad (17)$$

donde  $\overline{L_{Aeq,T}}$  es la media aritmética de las  $N$  muestras de nivel de presión sonora equivalente realizadas. Este dato se introduce en la tabla y junto con el dato  $N$  se obtiene el valor del factor  $c_{1u1}$ .

La contribución a la incertidumbre del muestreo durante el tiempo de trabajo se obtiene de la tabla 4.

INCERTIDUMBRE ESTÁNDAR ( $u_1$ ) EN dB												
N	0,5	1	1,5	2,	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6
3	0,6	1,6	3,1	5,2	8,0	11,5	15,7	20,6	26,1	32,2	39,0	46,5
4	0,4	0,9	1,6	2,5	3,6	5,0	6,7	8,6	10,9	13,4	16,1	19,2
5	0,3	0,7	1,2	1,7	2,4	3,3	4,4	5,6	6,9	8,5	10,0	12,1
6	0,3	0,6	0,9	1,4	1,9	2,6	3,3	4,2	5,2	6,3	7,6	8,9
7	0,2	0,5	0,8	1,2	1,6	2,2	2,8	3,5	4,3	5,1	6,1	7,2
8	0,2	0,5	0,7	1,1	1,4	1,9	2,4	3,0	3,6	4,4	5,2	6,1
9	0,2	0,4	0,7	1,0	1,3	1,7	2,1	2,6	3,2	3,9	4,6	5,4
10	0,2	0,4	0,6	0,9	1,2	1,5	1,9	2,4	2,9	3,5	4,1	4,8
12	0,2	0,3	0,5	0,8	1,0	1,3	1,7	2,0	2,5	2,9	3,5	4,0
14	0,1	0,3	0,5	0,7	0,9	1,2	1,5	1,8	2,2	2,6	3,0	3,5
16	0,1	0,3	0,5	0,6	0,8	1,1	1,3	1,6	2,0	2,3	2,7	3,2
18	0,1	0,3	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,5	1,8	2,1	2,5	2,9
20	0,1	0,3	0,4	0,5	0,7	0,9	1,1	1,4	1,7	2,0	2,3	2,6
25	0,1	0,2	0,3	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,7	2,0	2,3
30	0,1	0,2	0,3	0,4	0,6	0,7	0,9	1,1	1,3	1,5	1,7	2,0

Tabla 4. Valores del factor  $c_{1u1}$ . Fuente: Tabla 3 de la NTP 951.Insht

Si el valor del factor  $c_{1u1}$  es superior a 3,5 dB se debe revisar el plan de medición aumentando el número de mediciones o modificando los GEH definidos para reducir la incertidumbre.

Los valores de  $u_2$  y  $u_3$  se obtienen igual que en la estrategia basada en tareas y el valor de  $c_2$  vale la unidad.

La incertidumbre asociada a la **medición basada en la jornada completa** de trabajo se calcula del mismo modo que la basada en el puesto de trabajo o GHE, utilizando las expresiones (13) y (14). En este caso se trata el día completo como una única tarea u operación con un tiempo de 8 horas diarias.

En la página del Inhst se pueden encontrar calculadoras para determinar la incertidumbre asociada a las mediciones de ruido: <http://calculadores.insht.es:86/Incertidumbredelruido/Introducci%C3%B3n.aspx>



## V. Interpretación de los resultados

Los datos obtenidos en la medición serán comparados con los límites o niveles establecidos en el Real Decreto 286/2006, de exposición al ruido, lo que permitirá establecer las medidas preventivas a adoptar.

	NIVEL SONORO CONTINUO EQUIVALENTE A (LAeq)	NIVEL PICO
Valores límite de exposición	87 dB(A)	140 dB(C)
Valor superior que da lugar a una acción	85 dB(A)	137 dB(C)
Valor inferior que da lugar a una acción	80 dB(A)	135 dB(C)

Tabla 5. Límites sonoros establecidos en el Real decreto 286/2006

Cuando el intervalo obtenido comprenda los valores de referencia se puede entender que la exposición vulnera esos valores o bien se puede realizar alguna medición más o mejorar la calidad de las mismas para bajar el valor de incertidumbre y con ello acotar el intervalo de nivel de ruido.

Finalmente, al determinar la exposición real del trabajador al ruido se ha de tener en cuenta la atenuación derivada de los protectores auditivos individuales utilizados, por lo que será necesario hacer un reajuste de los niveles restando la atenuación según la información del fabricante.

## VI. Elección del número de mediciones y tiempo de duración

Elegida la estrategia de medición, hay que determinar tanto el número de mediciones como el momento en el que se van a realizar, con el fin de que realmente sea representativo. Para la elección del número de mediciones y tiempo de duración de cada una de ellas se puede acudir a las indicaciones de la NTP 451: "Estrategias de medición y valoración de la exposición a ruido (II): tipos de estrategias".

- Según esta NTP, para la **estrategia basada en la tarea u operación**, se recomienda que se repita la medición al menos tres veces para cada operación. Si los resultados difieren 3dB o más se han de realizar otras 3 o más mediciones, subdividir la operación o tarea en varias más detalladas o realizar nuevas mediciones alargando el tiempo de cada una de ellas.

Habrá que tener en cuenta que si la operación o tarea dura menos de 5 minutos se debe medir durante todo el tiempo; si por el contrario durase más de 5 minutos, como mínimo se han de medir 5 minutos; cuando se trate de ruidos cíclicos, las mediciones deben abarcar al menos tres ciclos enteros bien definidos, con no menos de 5 minutos de tiempo de duración; en ruidos estables los tiempos de medición pueden reducirse.

En este caso, se mide el nivel equivalente de cada uno de los ciclos, operaciones o tareas referidos, aplicando posteriormente la formula (1) para el cálculo del nivel equivalente o la (2) si es diario.

- Para la **estrategia basada en el puesto de trabajo o GHE**, se establece que se debe llevar a cabo un muestreo entre grupos homogéneos de exposición, es decir, un conjunto de trabajadores cuya exposición debería ser similar.

Se deben realizar, como mínimo 5 mediciones y la duración del muestro estará en función del número de trabajadores que pertenezcan a ese grupo homogéneo definido.

La siguiente tabla define la duración mínima de las mediciones:

NÚMERO DE TRABAJADORES DEL GRUPO HOMOGÉNEO (GHE)	DURACIÓN MÍNIMA ACUMULADA DE LAS MEDICIONES (HORAS)
$G \leq 5$	5
$5 < G \leq 15$	$5 + (G-5)/2$
$15 < G \leq 40$	$10 + (G-15)/4$
$G > 40$	17 o subdividir el grupo

**Tabla 6.** Duración mínima del muestreo en función del nº de trabajadores del GHE.  
Fuente: Tabla 1 de la NTP 951. Insht

- Por último, está la opción de realizar una **medición de la jornada completa** donde la medición debe extenderse a la totalidad de la jornada. Se suele realizar con dosímetro personal y el valor obtenido es la media de los niveles a los que se encuentra expuesto el trabajador durante toda la jornada.

Se recomienda tomar tres mediciones de jornadas completas y, si los resultados difieren en 3 dB o más es necesario realizar más mediciones hasta que la diferencia entre los valores esté por debajo de 3.

## VII. Ejemplos de cálculo de nivel de exposición

A continuación se exponen unos sencillos ejemplos demostrativos de la aplicación de estas metodologías de muestreo y cálculo de niveles de exposición (no se basan en ningún estudio real).

### ■ Ejemplo 1. Estrategia basada en la tarea u operación

Se supone un trabajador que se dedica las 8 horas diarias al mantenimiento ferroviario, en particular al extendido de balasto, haciendo un descanso de media hora.

Se definen ciclos de trabajo de 45 minutos en tres operaciones o tareas distribuidas de la siguiente forma:

- Preparación del material: 20 minutos.
- Extendido de balasto: 20 minutos.
- Bateo del balasto: 5 minutos.

Mediante la consulta de los trabajadores y una determinación *in situ*, se establecen con más detalle los tiempos de duración de cada tarea.

TAREA	TIEMPO (MINUTOS)		
Preparación del material	21	20	18
Extendido de balasto	22	22	21
Bateo del balasto	5	6	5



Se calcula que con estos tiempos cada trabajador realiza aproximadamente 10 ciclos completos y definidos de las tres tareas en las 7,5 horas de trabajo efectivo diario, dentro de una jornada de 8 horas.

El siguiente cuadro muestra los tiempos acumulados en horas así como la media aritmética de la duración de cada tarea:

TAREA	TIEMPO (HORA)*			Tm (h)
Preparación del material	3.5	3.3	3	3.3
Extendido de balasto	3.7	3.7	3.5	3.6
Bateo del balasto	0.83	1.00	0.83	0.9

\*Se calcula: (tiempo de la tarea en minutos x nº ciclos) / 60

Realizada la medición de ruido con dosímetro personal, se obtienen los siguientes datos:

TAREA	LAeq,T (dBA)		
Preparación del material	79	78	80
Extendido de balasto	85	83	86
Bateo del balasto	98	102	103

Siguiendo las indicaciones de la NTP 951: Estrategias de medición y valoración de la exposición a ruido (II): tipos de estrategias, para las dos primeras tareas se hacen 3 mediciones de 7 minutos cada una de forma que sea una muestra representativa y supere un mínimo de 5 minutos de medición cada una de las muestras.

En el caso del bateo de balasto, dado que la actividad dura 5 minutos, inicialmente se hacen 3 mediciones durante la totalidad del período (los 5 minutos). Si bien, dado que la diferencia entre los niveles obtenidos en las diferentes mediciones es superior a 3dB, se hacen otras tres nuevas mediciones hasta rebajar esta diferencia, obteniendo los siguientes datos:

TAREA	LAeq,T (dBA)		
Bateo del balasto	99	100	103

Para calcular el nivel equivalente de cada actividad se utiliza la expresión (1):

- Preparación del material

$$LAeq,T_1 = 10 \log_{\frac{1}{3}}(10^{0,1 \times 79} + 10^{0,1 \times 78} + 10^{0,1 \times 80}) = 79,1 \text{ dBA} \sim 79 \text{ dBA}$$

- Extendido de balasto

$$LAeq,T_2 = 10 \log_{\frac{1}{3}}(10^{0,1 \times 85} + 10^{0,1 \times 83} + 10^{0,1 \times 86}) = 84,8 \text{ dBA} \sim 85 \text{ dBA}$$

- Bateo del balasto:

$$LAeq, T_3 = 10 \log \frac{1}{6} (10^{0,1 \times 98} + 10^{0,1 \times 102} + 10^{0,1 \times 103} + 10^{0,1 \times 99} + 10^{0,1 \times 100} + 10^{0,1 \times 103}) = 101,2 \text{ dBA} \sim 101 \text{ dBA}$$

TAREA	LAeq,T (dBA)
Preparación del material	79
Extendido de balasto	85
Bateo del balasto	101

El nivel equivalente diario sería, según la expresión (2):

$$LAeq, d = 10 \log \left[ \left( \frac{3,3}{8} \times 10^{0,1 \times 79} \right) + \left( \frac{3,6}{8} \times 10^{0,1 \times 85} \right) + \left( \frac{0,9}{8} \times 10^{0,1 \times 101} \right) \right] = 92 \text{ dBA}$$

Respecto al cálculo de la incertidumbre, en primer lugar se calculan los coeficientes de sensibilidad según las ecuaciones (11) y (12):

- Preparación del material

$$c_{1a,1} = \frac{3,3}{8} 10^{0,1 \times (79-92)} = 0,02$$

$$c_{1b,1} = 4,34 \times \left( \frac{0,02}{3,3} \right) = 0,03$$

- Extendido de balasto

$$c_{1a,2} = \frac{3,6}{8} 10^{0,1 \times (85-92)} = 0,09$$

$$c_{1b,2} = 4,34 \times \left( \frac{0,09}{3,6} \right) = 0,11$$

- Bateo del balasto

$$c_{1a,3} = \frac{0,9}{8} 10^{0,1 \times (101-92)} = 0,89$$

$$c_{1b,3} = 4,34 \times \left( \frac{0,89}{0,9} \right) = 4,31$$





TAREA	C <sub>1a</sub>	C <sub>1b</sub>
Preparación del material	0,02	0,03
Extendido de balasto	0,09	0,11
Bateo del balasto	0,89	4,31

Se calcula la incertidumbre estándar de cada tarea según las expresiones (9) y (10):

- Preparación del material

Incertidumbre debida al muestreo de la tarea

$$u_{1a,1} = \sqrt{\frac{1}{3(3-1)} [(79 - 79)^2 + (78 - 79)^2 + (80 - 79)^2]} = \sqrt{\frac{1}{3 \times 2} [(0)^2 + (-1)^2 + (1)^2]}$$

$$u_{1a,1} = 0,58$$

Incertidumbre debida a la duración de la tarea

$$u_{1b,1} = \sqrt{\frac{1}{3(3-1)} [(3,5 - 3,3)^2 + (3,3 - 3,3)^2 + (3 - 3,3)^2]} = \sqrt{\frac{1}{3 \times 2} [(0,2)^2 + (0)^2 + (-0,3)^2]}$$

$$u_{1b,1} = \sqrt{\frac{0,13}{3 \times 2}} = 0,15$$

- Extendido de balasto

Incertidumbre debida al muestreo de la tarea

$$u_{1a,2} = \sqrt{\frac{1}{3(3-1)} [(85 - 84,6)^2 + (83 - 84,6)^2 + (86 - 84,6)^2]} = \sqrt{\frac{1}{3 \times 2} [(0,4)^2 + (-1,6)^2 + (1,4)^2]}$$

$$u_{1a,2} = 0,88$$

Incertidumbre debida a la duración de la tarea

$$u_{1b,2} = \sqrt{\frac{1}{3(3-1)} [(3,7 - 3,6)^2 + (3,7 - 3,6)^2 + (3,5 - 3,6)^2]} = \sqrt{\frac{1}{3 \times 2} [(0,1)^2 + (0,1)^2 + (-0,1)^2]}$$

$$u_{1b,2} = \sqrt{\frac{0,03}{3 \times 2}} = 0,07$$

- Bateo del balasto:  
Incertidumbre debida al muestreo de la tarea

$$u_{1a,3} = \sqrt{\frac{1}{6(6-1)} [(98 - 100,8)^2 + (102 - 100,8)^2 + (103 - 100,8)^2 + (...)] =}$$

$$u_{1a,3} = \sqrt{\frac{1}{30} [(-2,8)^2 + (1,2)^2 + (2,2)^2 + (-1,8)^2 + (-0,8)^2 + (2,2)^2]} = 0,87$$

Incertidumbre debida a la duración de la tarea

$$u_{1b,3} = \sqrt{\frac{1}{3(3-1)} [(0,8 - 0,9)^2 + (1 - 0,9)^2 + (0,8 - 0,9)^2]} = \sqrt{\frac{1}{3 \times 2} [(-0,1)^2 + (0,1)^2 + (-0,1)^2]}$$

$$u_{1b,1} = 0,07$$

TAREA	$u_{1a}$	$u_{1b}$
Preparación del material	0,58	0,15
Extendido de balasto	0,88	0,07
Bateo del balasto	0,87	0,07

Los valores de incertidumbre combinada estándar debidas al instrumento de medición  $u_2$  y a la posición del micrófono  $u_3$  serán:

- Al utilizarse un dosímetro, según la tabla 2, el valor de  $u_2 = 1,5$  dB
- Siguiendo la norma UNE EN ISO 9612:2009, el valor de  $u_3 = 1,0$  dB

Por tanto, la incertidumbre combinada estándar  $u$ , según la ecuación (8):

$$u^2 = \sum_{m=1}^m [c_{1a,m}^2 (u_{1a,m}^2 + u_{2,m}^2 + u_{3,m}^2) + (c_{1b,m} u_{1b,m})^2]$$

TAREA	$u_{1a}^2 + u_2^2 + u_3^2$	$c_{1a}^2 * (u_{1a}^2 + u_2^2 + u_3^2)$	$(c_{1b} * u_{1b})^2$	**
Preparación del material*	3,59	0,0015	0,0045	0,0015
Extendido de balasto	4,02	0,03	0,008	0,03
Bateo del balasto	4,01	3,17	0,30	3,26

\*Ejemplo:  $u_{1a1}^2 + u_2^2 + u_3^2 = 0,58^2 + 1,5^2 + 1^2$ ;  $c_{1a1}^2 * (u_{1a1}^2 + u_2^2 + u_3^2) = 0,02^2 * 3,59$ ;  $c_{1b1} * u_{1b1} = 0,03 * 0,15$

\*\*  $[c_{1a,m}^2 (u_{1a,m}^2 + u_{2,m}^2 + u_{3,m}^2) + (c_{1b,m} u_{1b,m})^2]$

$$u^2 = 0,0015 + 0,03 + 3,26 = 3,29, \text{ siendo } u = 1,8$$



Por tanto, el nivel equivalente diario y la incertidumbre expandida para un nivel de confianza del 95% será (expresión (13)):

$$U = 1,645 \cdot 1,8 = 2,96 \text{ (para un intervalo de cobertura unilateral)}$$

$$LA_{eq,d} = 92 + 3 \text{ dBA}$$

$$U = 1,96 \cdot 1,8 = 3,53 \text{ (para un intervalo de cobertura bilateral simétrico)}$$

$$LA_{eq,d} = 90 \pm 3,5 \text{ dBA}$$

Comparando los resultados obtenidos con los valores de referencia del Real Decreto 286/2006 se concluye que el nivel de exposición diario equivalente oscilaría entre 92 y 95 dBA en el primer caso y entre 86 y 94 en el segundo, por lo que, en cualquier caso, se supera el valor límite de exposición y es necesario tomar medidas para la disminución de los niveles de ruido a los que se exponen los trabajadores.

### ■ Ejemplo 2. Estrategia basada en el puesto de trabajo

Se suponen varios trabajadores que se encargan de diferentes operaciones de mantenimiento a lo largo del día (limpieza y desbroce, limpieza de drenajes y cunetas, acondicionamiento de vías, etc.), trabajos en las que están expuestos a diferentes ruidos pero que por la variedad de la actividad no se puede definir tareas u operaciones concretas en tiempos definidos. El número de trabajadores afectados que pueden formar un grupo homogéneo se estima en 17. La jornada se reparte en 6 horas efectivas de trabajo en dos turnos, uno de mañana de 8 a 14 h y otro de tarde de 14 a 20 h.

Aplicando la tabla 5, la duración mínima de las mediciones sería:

$$G=17 \Rightarrow 10 + \frac{17-15}{4} = 10,5 \text{ horas}$$

Debido al número de trabajadores expuestos y a la información obtenida durante el análisis y estudio de los puestos, se necesita cubrir al menos 10,5 horas de trabajo. Para dar cobertura a este tiempo de medición se podría concretar en un mínimo de 7 muestreos de 1,5 horas cada uno (serían 10,5 horas totales de muestreo). Si bien, con el objetivo de dar una mayor cobertura y conseguir unos resultados más rigurosos, se decide la realización de 8 muestras de 1,5 horas cada una, con un tiempo total de medida de 12 horas.

A continuación se divide la jornada laboral en períodos de 1,5 horas (de 8 a 9.30, de 9.30 a 11, de 11 a 12.30, etc.), se eligen los trabajadores objeto de medición y los días:

- Día 1. Medición de 2 trabajadores en horario de 11 a 12.30 h
- Día 1. Medición de 2 trabajadores en horario de 15.30 a 17 h
- Día 2. Medición de 2 trabajadores en horario de 9.30 a 11
- Día 2. Medición de 2 trabajadores en horario de 18.30 a 20

Tomadas las mediciones, los resultados obtenidos han sido: 90, 87, 83, 85, 85, 89,84, 86.

Aplicando la ecuación (4):

$$LA_{eq,T} = 10 \log \left[ \frac{1}{8} \times (10^{0,1 \times 90} + 10^{0,1 \times 87} + 10^{0,1 \times 83} + 10^{0,1 \times 85} + 10^{0,1 \times 89} (\dots)) \right] =$$

$$LA_{eq,T} = 86,7 \text{ dBA}$$

Para ajustar a las 6 horas de exposición, el nivel equivalente diario sería:

$$LA_{eq,d} = 86,7 + 10 \log\left(\frac{6}{8}\right) = 85,4 \sim 85 \text{ dBA}$$

Respecto al cálculo de la incertidumbre combinada estándar,  $u$ , aplicando las ecuaciones (16) y (17) se obtendrían valores de:

$$u_1 = \sqrt{\frac{1}{8-1} [(90 - 86,1)^2 + (87 - 86,1)^2 + (...)]} =$$

$$\sqrt{\frac{1}{7} [(3,9)^2 + (0,9)^2 + (-3,1)^2 + (...)]}$$

$u_1 = 2,3$ , dato que llevado a la tabla 4 del presente documento, para un  $N = 8$  mediciones, se obtiene un valor de  $c_1 * u_1 \sim 1,3$  y,  $c_1 = 0,57$

$$u_2 = 1,5; u_3 = 1; c_2 = 1$$

La incertidumbre combinada estándar será:

$$u^2 = 0,57^2 * 2,3^2 + 1^2 (1,5^2 + 1^2) = 4,97$$

$$u = 2,2$$

Por tanto, el nivel equivalente diario y la incertidumbre expandida para un nivel de confianza del 95% será (expresión (13)):

$$U = 1,645 * 2,2 = 3,619 \text{ (para un intervalo de cobertura unilateral)}$$

$$LA_{eq,d} = 85 + 3,6 \text{ dBA}$$

$$U = 1,96 * 2,2 = 4,312 \text{ (para un intervalo de cobertura bilateral simétrico)}$$

$$LA_{eq,d} = 85 \pm 4,3 \text{ dBA}$$

Comparando los resultados obtenidos con los valores de referencia del Real Decreto 286/2006 se concluye que, en el primer caso, el nivel de exposición diario equivalente oscilaría entre 85 y 89 dBA, por lo que se considera que se supera el valor superior de exposición que da lugar a una acción. En el segundo caso, oscilaría entre los 81 y 89 y, siguiendo la filosofía de la normativa sobre prevención, se ha de considerar que igualmente se supera el valor superior de exposición y por tanto, hay que tomar medidas para reducir la exposición de los trabajadores al ruido.

### ■ Ejemplo 3. Estrategia basada en la medición de la jornada completa

El cálculo del nivel equivalente  $LA_{eq,T}$ , del nivel diario equivalente  $LA_{eq,d}$  y de las incertidumbres se realiza igual que en el caso de la estrategia basada en puestos de trabajo o GHE. Como comentario, decir que cuando la jornada de trabajo efectiva sea de 8 horas ambos niveles de ruido coincidirán.



### VIII. Elección del momento de medición

Aunque en la mayoría de los casos la determinación del momento de medición viene dada por el análisis previo de la actividad, se ha querido dar como referencia un método que publicó el Insht en su NTP 270 sobre evaluación de la exposición al ruido. Incluye una tabla de números aleatorios en el que se indica tanto el día como la hora real en las que deben llevarse a cabo.

Para utilizarla se debe elegir arbitrariamente una posición de partida que será un día cualquiera de cualquiera de las columnas. Elegida la posición nos indica el día y la hora en la que hacer la primera medición.

Por ejemplo, supongamos que elegimos la primera columna, la fila octava. La primera medición se haría el viernes en la 5ª hora laboral, es decir, si la jornada comienza a las 8 h de la mañana sería la medición a las 12 h y si la jornada comienza a las 15 horas se realizaría a las 19 h. La siguiente medición se realizaría el día indicado en la posición sucesiva, es decir, en la fila novena. Por tanto, sería a las 5 horas del comienzo de la jornada laboral del miércoles siguiente. Y así sucesivamente hasta que se realicen tantas mediciones como sean necesarias.

VIERNES	3ª	JUEVES	3ª	VIERNES	4ª	MARTES	6ª	VIERNES	7ª
LUNES	6ª	MARTES	8ª	MARTES	1ª	MARTES	8ª	MIÉRCOLES	8ª
MIÉRCOLES	2ª	LUNES	8ª	LUNES	6ª	LUNES	3ª	MARTES	2ª
LUNES	8ª	JUEVES	5ª	LUNES	1ª	MARTES	5ª	MARTES	3ª
LUNES	4ª	LUNES	1ª	LUNES	1ª	VIERNES	7ª	LUNES	1ª
VIERNES	7ª	MARTES	6ª	LUNES	7ª	JUEVES	8ª	JUEVES	8ª
LUNES	8ª	MIÉRCOLES	7ª	MIÉRCOLES	6ª	MARTES	6ª	VIERNES	5ª
VIERNES	5ª	LUNES	4ª	MARTES	3ª	MARTES	8ª	MARTES	8ª
MIÉRCOLES	5ª	LUNES	2ª	MARTES	8ª	MARTES	6ª	MARTES	7ª
VIERNES	3ª	JUEVES	4ª	LUNES	6ª	MARTES	6ª	VIERNES	2ª
MIÉRCOLES	4ª	MARTES	3ª	MARTES	8ª	JUEVES	1ª	MIÉRCOLES	1ª
MIÉRCOLES	7ª	JUEVES	3ª	VIERNES	4ª	LUNES	1ª	VIERNES	2ª
MARTES	4ª	MARTES	8ª	LUNES	4ª	VIERNES	6ª	MIÉRCOLES	2ª
LUNES	3ª	MARTES	7ª	JUEVES	4ª	MARTES	5ª	MIÉRCOLES	1ª
MARTES	1ª	VIERNES	8ª	MARTES	6ª	LUNES	5ª	MÉRCOLES	4ª
MIÉRCOLES	6ª	MIÉRCOLES	1ª	JUEVES	6ª	MIÉRCOLES	1ª	MIÉRCOLES	2ª
VIERNES	6ª	MIÉRCOLES	3ª	MARTES	1ª	MIÉRCOLES	7ª	MARTES	7ª
LUNES	7ª	JUEVES	3ª	LUNES	1ª	MIÉRCOLES	7ª	VIERNES	7ª
LUNES	3ª	VIERNES	4ª	MARTES	4ª	MIÉRCOLES	1ª	LUNES	3ª
MARTES	3ª	MIÉRCOLES	3ª	MIÉRCOLES	6ª	MARTES	2ª	MARTES	1ª
MARTES	1ª	MIÉRCOLES	6ª	MIÉRCOLES	3ª	MIÉRCOLES	1ª	MIÉRCOLES	7ª
MIÉRCOLES	2ª	LUNES	1ª	MIÉRCOLES	8ª	MARTES	6ª	LUNES	6ª
MIÉRCOLES	6ª	MARTES	3ª	LUNES	3ª	LUNES	5ª	LUNES	3ª
MARTES	7ª	MARTES	1ª	LUNES	3ª	VIERNES	1ª	MIÉRCOLES	1ª

Tabla 7. Números aleatorios para la medición de ruido Fuente: tabla 1 de la NTP 270. Insht

LUNES	5 <sup>a</sup>	MIÉRCOLES	2 <sup>a</sup>	MARTES	5 <sup>a</sup>	JUEVES	2 <sup>a</sup>	MIÉRCOLES	4 <sup>a</sup>
MIÉRCOLES	2 <sup>a</sup>	MARTES	5 <sup>a</sup>	MARTES	3 <sup>a</sup>	LUNES	5 <sup>a</sup>	MARTES	6 <sup>a</sup>
LUNES	5 <sup>a</sup>	VIERNES	5 <sup>a</sup>	MIÉRCOLES	2 <sup>a</sup>	MARTES	3 <sup>a</sup>	MARTES	6 <sup>a</sup>
LUNES	8 <sup>a</sup>	LUNES	7 <sup>a</sup>	LUNES	7 <sup>a</sup>	VIERNES	2 <sup>a</sup>	MIÉRCOLES	7 <sup>a</sup>
MARTES	1 <sup>a</sup>	LUNES	7 <sup>a</sup>	MIÉRCOLES	5 <sup>a</sup>	LUNES	6 <sup>a</sup>	JUEVES	4 <sup>a</sup>
MARTES	8 <sup>a</sup>	VIERNES	2 <sup>a</sup>	MIÉRCOLES	3 <sup>a</sup>	MIÉRCOLES	8 <sup>a</sup>	MARTES	2 <sup>a</sup>

Tabla 7 (cont.). Números aleatorios para la medición de ruido Fuente: tabla 1 de la NTP 270. Insht

### IX. Atenuación

La atenuación es la disminución de la intensidad del nivel de presión sonora que recibe el trabajador y que viene originada por la utilización de protectores auditivos cuando se alcanzan o superan los valores superior e inferior de exposición que dan lugar a una acción.

Cuando se calcula el nivel diario equivalente de ruido al que se encuentran expuestos los trabajadores y se compara con los valores de referencia establecidos en el Real Decreto 286/2006, se debe tener en cuenta la atenuación correspondiente a los protectores auditivos, ya que, en determinadas ocasiones es posible que no se estén superando realmente los niveles que dan lugar a acciones preventivas por la disminución del nivel que ya produce el protector utilizado. Es decir, se trata de contrastar los valores de ruido real en el canal auditivo del trabajador y no el ruido ambiental.

Existen varios métodos para calcular la atenuación acústica de los protectores auditivos.

Por un lado está el **método de las bandas de octava**. Es el método más fiable, pero requiere conocer los niveles de presión sonora de un ruido ambiental en las bandas de octava, por lo que hay que tenerlo en cuenta a la hora de seleccionar el tipo de instrumento y a la hora de hacer las mediciones. Los datos de protección asumida para frecuencia se consultan en los manuales de instrucciones del fabricante.

Para conocer el valor de nivel de presión sonora efectivo ponderado A ( $L'_A$ ) se utiliza la siguiente expresión:

$$L'_A = 10 \log \sum_{f=63 \text{ Hz}}^{f=8000 \text{ Hz}} 10^{0,1(L_f + A_f - APV_f)} \quad (18)$$

Donde:

$A_f$  es la ponderación A en cada octava

$L_f$  el nivel de presión sonora por octava sin ponderar

$APV_f$  es la protección asumida de un protector auditivo, por banda de octava, que se obtiene de restar al valor medio de atenuación por banda de octava ( $m_f$ ) en diferentes ensayos de laboratorio, la desviación típica ( $\sigma$ ) obtenida en dichos ensayos:

$$APV_f = m_f - \sigma$$



El valor de  $APV_f$  así obtenido es la atenuación que se obtendrá con una probabilidad del 84% que, salvo que se indique lo contrario, es el que habitualmente se utiliza. Esta eficacia se puede aumentar utilizando los datos de la siguiente tabla:

EFICACIA DE PROTECCIÓN (%)	PROTECCIÓN ASUMIDA (dB)
75	$APV_f = m_f - 0,67\sigma$
80	$APV_f = m_f - 0,84\sigma$
84	$APV_f = m_f - 1,00\sigma$
85	$APV_f = m_f - 1,04\sigma$
90	$APV_f = m_f - 1,28\sigma$
95	$APV_f = m_f - 1,64\sigma$
99,5	$APV_f = m_f - 2,58\sigma$

**Tabla 8.** Porcentaje de protección y protección asumida de un protector auditivo. Fuente: tabla 1 de la NTP 638. Insht

Los datos de atenuación media ( $m_f$ ) y desviación estándar ( $\sigma$ ), así como  $APV_f$  vienen dados por el fabricante en el manual de instrucciones de los protectores auditivos.

Frecuencia (HZ)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Atenuación media ( $m_f$ ) (dB)	20,3	21,1	22,1	21,3	24,9	28,0	27,7	34,9
Desviación estándar ( $S_f$ ) (dB)	8,8	6,5	7,4	5,8	7,3	4,4	5,1	6,4
Protección asumida (APV) (dB)	11,5	14,6	14,7	15,5	17,6	23,6	22,6	28,5

SNR=21dB      H=23      M=18      L=16

**Tabla 9.** Ejemplo de tabla de atenuación de fabricante. Fuente: Tapones de protector auditivo de 3M

Otro método sería el **H, M y L** que es menos preciso y requiere conocer los valores de presión acústica ponderados A y C (se requiere un instrumento que aporte estos valores ponderados). También es necesario conocer los valores H, M y L del protector auditivo, datos facilitados por los fabricantes en los manuales de instrucciones de los mismos. Existe una variante que es el método de comprobación HML o HML simplificado cuando no se dispone del espectro de frecuencias del ruido ni del valor del nivel de presión acústica pico,  $L_c$ .

Por último se encuentra el **método del SNR** (índice de reducción único) que, aun siendo el menos preciso, es el más utilizado debido a sus menores requerimientos técnicos tanto en el tipo de instrumentación a utilizar, como a la hora de realizar los cálculos. Se precisa tener información sobre el nivel de presión sonora ponderado C y el parámetro SNR del protector auditivo que facilita el fabricante.

El nivel de presión sonora efectivo ponderado A,  $L'_A$  se calcula como  $L'_A = L_c - \text{SNR}$  (19).

$L_c$  es un dato que se puede obtener de dos formas:

- A través de los datos del nivel de presión sonora por banda de octava del ruido ambiental. Para ello, se suele utilizar un sonómetro que tenga este tipo de medición por bandas de octava y mediante la ponderación en C obtener el valor de  $L_c$ .
- Lo más común, obtenerlo directamente del sonómetro que debe estar calibrado en la escala C.

Al valor de  $L_c$  se le resta el dato de SNR que indica el fabricante para el protector auditivo y se obtiene un nivel de presión sonora efectivo  $L_A$ .

Ejemplo: los operarios que trabajan en los laterales de las vías mientras se hace el desguarnecido utilizan los protectores auditivos modelo 3M Peltor con los siguientes datos de atenuación auditiva facilitados por el fabricante:

Frecuencia (HZ)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Atenuación media (mf) (dB)	17,40	17,40	24,70	34,70	41,40	39,30	47,50	42,80
Desviación estándar (Sf) (dB)	2,10	2,10	2,60	2,00	2,10	1,50	4,50	2,60
Protección asumida (APV) (dB)	15,30	15,30	22,10	32,70	39,30	37,80	43,00	40,20

SNR=35 dB    H=40    M=32    L=23

Con un sonómetro integrador clase 2, tras las mediciones se han obtenido los siguientes datos de frecuencia por banda de octava:

Frecuencia (HZ)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Lf	100	95	98	98	97	102	101	100

Según el método de cálculo de bandas de octava:

Frecuencia (HZ)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	*
Lf	100	95	98	98	97	102	98	100	Lf= 108 dB
Ponderación A**	-26,2	-16,1	-8,6	-3,2	0	1,2	1	-1,1	
$L_A$	73,8	78,9	89,4	94,8	97	103,2	99	98,9	$L_A = 107$ dBA
APVf	15,30	15,30	22,10	32,70	39,30	37,80	43,00	40,20	
$L'_A$	58,5	63,6	67,3	62,1	57,7	65,4	56	58,7	$L'_A = 72$ dBA

\*Lf,  $L_A$  y  $L'_A$  que son los niveles de presión sonora lineales de frecuencia, A y el efectivo ponderado en A, respectivamente, se calculan mediante la aplicación de la ecuación:  $L = 10 \log \sum_{n=1}^N 10^{0,1L_n}$  (20)

\*\*La ponderación A se obtiene de las curvas de Fletcher y Munson.





Por su parte, aplicando el método SNR:

Frecuencia (HZ)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Lf	100	95	98	98	97	102	98	100	Lf*= 108
Ponderación A**	-0,8	-0,2	0,0	0,0	0	-0,2	-0,8	-3	
Lc	99,2	94,8	98	98	97	101,8	97,2	97	Lc*= 107

\*Lf, Lc' que son los niveles de presión sonora lineales de frecuencia y C, respectivamente, se calculan mediante la aplicación de la ecuación:  $L = 10 \log \sum_{n=1}^N 10^{0,1L_n}$  (20)

\*\*La ponderación C se obtiene de las curvas de Fletcher y Munson.

Como la atenuación prevista es de 35 dB

$$L'A = 107 - 35 = 72 \text{ dB}$$

Comparando uno y otro método se puede observar que, en ambos casos los resultados obtenidos son los mismos. Si bien, remarcar que el método de bandas de octava es más efectivo y realiza un análisis más detallado del ruido, a pesar de que los resultados hayan coincidido en el ejemplo.

Para concluir se ha de tener en cuenta que hay **diferentes aspectos de índole práctica en el empleo de los protectores auditivos que les restan eficacia**, como pueden ser el tiempo real de uso respecto al de exposición o la correcta utilización de los mismos (estado, colocación, limpieza, adaptación, desgaste...). Por ello, diferentes bibliografías recomiendan reducir la atenuación proporcionada por el fabricante, considerando por ejemplo un nivel de ruido final atenuado 4 dB superior al calculado.

Teniendo en cuenta lo anterior, el nivel final de ruido al que se expone el trabajador será de **77 dB**; esto significa que el protector auditivo elegido es adecuado ya que proporciona una atenuación adecuada al ruido ambiental existente siempre que se use durante la totalidad del tiempo de exposición, en condiciones adecuadas y con un buen estado del EPI.

Es importante significar que **el trabajador debe tener puesto el protector auditivo en todo momento**, ya que si lo deja de utilizar aunque sea durante un corto espacio de tiempo de su jornada laboral, la exposición al ruido se eleva considerablemente y la protección de estos equipos de protección individual se vuelve ineficaz.

El Insht tiene disponible en una aplicación que permite el cálculo de la atenuación de los protectores auditivos según los diferentes métodos existentes: <http://calculadores.insht.es:86/Atenuaci%C3%B3n%20de%20protectoresauditivos/Introducci%C3%B3n.aspx>

## b. Medidas preventivas para evitar el riesgo por exposición al ruido

Como medida principal de prevención, además de ser una obligación legal, se encuentra la no exposición de los trabajadores a ruidos que superen los valores límite de exposición, por lo que la evaluación de riesgos de las tareas y/o puestos con exposición a este agente higiénico así como el desarrollo de programas de medidas técnicas de eliminación de ruido son actuaciones fundamentales.

Debido a que muchos trabajos no pueden ser mecanizados completamente y la existencia de trabajadores en las proximidades o en las propias operaciones supone una exposición real, se hace prioritario tomar decisiones sobre la **organización del trabajo**, medida mediante la cual se pretende minimizar

el nivel de riesgo al que está expuesto el trabajador diariamente. Se basa en la rotación de puestos de forma que las tareas con mayor exposición las puedan realizar varios trabajadores durante la jornada laboral. De esta forma, se mantiene el ritmo normal de operación pero se limita el tiempo de exposición al ruido de cada trabajador, disminuyendo las consecuencias negativas.

En la medida de lo posible, se mantendrán a los operarios no involucrados en los trabajos, lo más alejados posibles de los tajos y equipos para evitar o reducir la exposición al ruido, por ejemplo, cuando se trabaje con grupos electrógenos.

Otra medida sería la realización de **pausas en lugares** sin ruido disminuyendo de esta forma la exposición y el riesgo, ya que algunos estudios determinan que el ruido es menos nocivo si se no se recibe de forma continuada durante toda la jornada.

En la siguiente tabla se resume las actuaciones que han de realizarse en función de los niveles de exposición de ruido, según el Real Decreto 286/2006, sobre ruido.

	NIVELES DE RUIDO (NIVEL EQUIVALENTE DIARIO/ NIVEL PICO)		
	80 ≤ LAeq,d < 85 dB(A) 135 ≤ Lpico < 137 dB(C)	85 ≤ LAeq,d < 87 dB(A) 137 ≤ Lpico < 140 dB(C)	LAeq,d ≥ 87 dB(A) Lpico ≥ 140 dB(C)
Evaluación periódica del ruido	Cada 3 años	Cada año	Cada año
Información y formación de los trabajadores	Obligatorio	Obligatorio	Obligatorio
Reconocimiento médico	Cada 5 años	Cada 3 años	Cada año
Uso de protectores auditivos	Puesta a disposición por la empresa. Uso voluntario de los trabajadores	Uso obligatorio por parte de los trabajadores	Uso obligatorio por parte de los trabajadores
Desarrollo de programas de medidas técnicas	No necesario. (Recomendable)	Obligatorio	Obligatorio

Tabla 10. Actuaciones en función del nivel de ruido

Se han de realizar evaluaciones de riesgo de ruido en todos aquellos puestos de trabajo con exposición, tomando medidas tanto del nivel de presión sonora equivalente ( $LA_{eq}$ ) como del nivel de presión sonora ponderado C ( $L_C$ ) para el posterior cálculo del nivel de exposición diario equivalente ( $LA_{eq,d}$ ) y la atenuación de los protectores auditivos, respectivamente.

Las mediciones se han de llevar a cabo tanto en el interior de la maquinaria como en el exterior. En el interior se tendrán en cuenta las condiciones con la cabina cerrada que es la forma en la que se debe trabajar. Respecto al exterior, se debe prestar especial atención a los trabajadores de a pie que acompañan a la bateadora, pero sobre todo a la desguarnecedora.

El ruido también puede ser tratado en su origen mediante la elección de máquinas con bajo nivel de emisión de ruido y el mantenimiento adecuado de las mismas.

Como medidas para los operarios de maquinaria, destacar el llevar a cabo un mantenimiento preventivo adecuado de la misma que reduzca ruidos derivados de un mal estado de la máquina o trabajar con la puerta de la cabina y ventanillas cerradas.



De igual forma, se seguirán las indicaciones previstas por los fabricantes en los libros de instrucciones y mantenimiento de la maquinaria. Normalmente en los mismos se informa de la potencia acústica que emite la máquina cuando se alcanzan o superan los 70 dBA y se dan indicaciones de distancias de seguridad a mantener mientras se opera con maquinaria en movimiento o parada, distancias que permiten atenuar el ruido.

Por lo general, **las cabinas de la maquinaria suelen estar insonorizadas** por lo que en el interior el ruido suele quedar reducido por debajo del nivel inferior de exposición; si bien, cuando se superasen estos niveles en las mediciones, se han de adoptar medidas preventivas sobre estos trabajadores, haciéndose obligatorio el empleo de protectores auditivos.

No hay que olvidar hacer una mención a los trabajos de mantenimiento ferroviario en el interior de túneles donde el ruido, en determinadas ocasiones se puede magnificar y además pueden aparecer reverberaciones por lo que el control de los niveles de ruido debe ser mayor.

Por último, pero no por ello menos importantes, se encuentran otras medidas esenciales como son la formación e información de los trabajadores o los reconocimientos médicos periódicos.

### c. Medios de protección individual

Se usará protección auditiva en caso de trabajos ruidosos, como son el desguarnecido, trabajos con maquinaria pesada, uso de maquinaria ligera de vía, etc. También en trabajos en el interior de túneles. Hay que recordar que los protectores auditivos atenúan todos los ruidos incluidos los que producen las circulaciones ferroviarias. Solo se utilizarán en el caso de que no existan circulaciones ferroviarias en ese momento.

Los protectores auditivos deben cumplir con los requisitos establecidos en el Real Decreto 773/1997, relativo a la utilización de EPI y en el Real Decreto 1407/1992, respecto a la certificación y marcado CE en la comercialización de los EPI.

Según se ha visto, la normativa establece que la entrega de estos protectores será obligatoria para el empresario cuando se superen niveles de ruido igual o superiores a 80 dB (A) –nivel de exposición diario equivalente– o a 135 dB (C) –nivel pico–.

El uso de los protectores auditivos facilitados será obligatorio para los trabajadores cuando la exposición a ruido alcance niveles iguales o superiores a 85 dB (A) o a 137 dB (C). Deberán llevarse mientras dure la exposición al ruido ya que su retirada, aunque sea poco tiempo, reduce notablemente la protección.



Figura 35.  
Uso de protectores auditivos.  
Fuente: COMSA

Los **protectores auditivos** se deben utilizar de forma individualizada y personalizada y se ha de garantizar su buen estado de conservación mediante unas normas de uso, almacenamiento y mantenimiento correctas que estén acorde a las instrucciones del fabricante. Se han de sustituir aquellos que se encuentren en mal estado, hayan alcanzado el plazo de utilización (vida útil) o cuya capacidad de atenuación se vea mermada. Así mismo, se ha de prestar atención en los protectores de un solo uso y los reutilizables, así como aquellas partes de los protectores que estén en contacto con la piel y tengan que ser sustituidas frecuentemente, para garantizar la higiene personal.

Los protectores auditivos existentes son los tapones, orejeras y cascos antiruido, y dentro de éstos se diferencian dos categorías: los pasivos y los no pasivos. Los pasivos son aquellos que poseen una respuesta acústica que depende de su diseño y de las características de los materiales utilizados, mostrando una atenuación constante ante una variación del nivel de ruido, si no se modifica la frecuencia o el espectro de ruido. Por su parte, los no pasivos son aquellos que incorporan algún sistema electrónico o elemento mecánico que les permite un comportamiento más específico de forma que aumentarán o reducirán la atenuación en función del nivel de ruido.

La elección del tipo de equipo de protección auditivo para este tipo de trabajos se recomienda que se haga teniendo en cuenta la atenuación del ruido en frecuencias donde la voz humana no esté limitada, como es el caso de los **casco de protección atenuantes de ruido u orejeras dependientes de nivel**, cuya atenuación varía al cambiar el nivel de ruido presente en el puesto de trabajo. Como caso concreto, tener en cuenta que, cuando se están haciendo los trabajos de desguarnecido, el ayudante que está en la entrevía no debe utilizar protector auditivo para no aislarse del medio. Para protegerlo, se turnará con el ayudante que se encuentra al otro lado.

En algunas otras tareas, sobre todo cuando existe circulación ferroviaria es complicado elegir un protector adecuado e incluso puede estar contraindicado su uso como por ejemplo, los operarios de a pie que trabajan en la entrevía más próxima a las vías con circulación de trenes. Actualmente, existe tecnología que ha desarrollado un **sistema de aviso por medio de dispositivo o brazaete** que se acopla en el brazo y emite una vibración que avisa del inminente paso del convoy ferroviario.



#### d. Normativa

En la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales (LPRL), en su artículo 16 y en el capítulo II, sección 1ª del **Real Decreto 39/1997**, de 17 de enero, Reglamento de los Servicios de Prevención, se establece que el empresario deberá realizar una evaluación basada en la medición de los niveles de ruido a que estén expuestos los trabajadores.

El Real Decreto 286/2006, de 10 de marzo, tiene por objeto, en el marco de la LPRL, establecer las disposiciones mínimas para la protección de los trabajadores contra los riesgos para su seguridad y su salud derivados o que puedan derivarse de la exposición al ruido, en particular los riesgos para la audición.

Las disposiciones de este real decreto se deben aplicar a las actividades en las que los trabajadores estén o puedan estar expuestos a riesgos derivados del ruido como consecuencia de su trabajo.

Los conceptos básicos que se indican en esta normativa son:

- La responsabilidad en la evaluación y gestión del ruido como riesgo laboral recae en el empresario.
- El principio básico para la protección de los trabajadores debe ser la eliminación del riesgo en el origen o reducirlo al nivel más bajo posible, cumpliendo el artículo 15 de la LPRL.
- La evaluación de riesgos debe estar basada en la medición de la exposición, excepto en aquellos casos en los que la directa apreciación profesional acreditada permita llegar a una conclusión sin necesidad de la misma. Se realizarán revisiones periódicas de la evaluación de riesgos, en función del nivel de ruido.
- Los trabajadores con exposición al ruido serán objeto de revisiones médicas periódicas con control audiométrico.
- Se deben determinar criterios de información, formación, consulta y participación de los trabajadores.

Así, en su **artículo 4**, dispone que:

1. Los riesgos derivados de la exposición al ruido deberán **eliminarse en su origen o reducirse al nivel más bajo posible**, teniendo en cuenta los avances técnicos y la disponibilidad de medidas de control del riesgo en su origen.

La reducción de estos riesgos se basará en los principios generales de prevención establecidos en el artículo 15 de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, y tendrá en consideración especialmente:

- a) otros métodos de trabajo que reduzcan;
- b) la necesidad de exponerse al ruido; la elección de equipos de trabajo adecuados que generen el menor nivel posible de ruido, habida cuenta del trabajo al que están destinados, incluida la posibilidad de proporcionar a los trabajadores equipos de trabajo que se ajusten a lo dispuesto en la normativa sobre comercialización de dichos equipos cuyo objetivo o resultado sea limitar la exposición al ruido;
- c) la concepción y disposición de los lugares y puestos de trabajo;
- d) la información y formación adecuadas para enseñar a los trabajadores a utilizar correctamente el equipo de trabajo con vistas a reducir al mínimo su exposición al ruido;
- e) la reducción técnica del ruido:

1. reducción del ruido aéreo, por ejemplo, por medio de pantallas, cerramientos, recubrimientos con material acústicamente absorbente;

2. reducción del ruido transmitido por cuerpos sólidos, por ejemplo mediante amortiguamiento o aislamiento;

f) programas apropiados de mantenimiento de los equipos de trabajo, del lugar de trabajo y de los puestos de trabajo;

g) la reducción del ruido mediante la organización del trabajo:

1. limitación de la duración e intensidad de la exposición;

2. ordenación adecuada del tiempo de trabajo.

2. Sobre la base de la evaluación del riesgo mencionada en el artículo 6, cuando se sobrepasen los valores superiores de exposición que dan lugar a una acción, el empresario establecerá y ejecutará un **programa de medidas técnicas y/o de organización** que deberán integrarse en la planificación de la actividad preventiva de la empresa, destinado a reducir la exposición al ruido, teniendo en cuenta en particular las medidas mencionadas en el apartado 1.

3. Sobre la base de la evaluación del riesgo mencionada en el artículo 6, los lugares de trabajo en que los trabajadores puedan verse expuestos a niveles de ruido que sobrepasen los valores superiores de exposición que dan lugar a una acción, serán objeto de una **señalización apropiada** (...).

En su artículo 5, establece los valores límites de exposición y valores de exposición que dan lugar a una acción.

1. A los efectos de este real decreto, los valores límite de exposición y los valores de exposición que dan lugar a una acción, referidos a los niveles de exposición diaria y a los niveles de pico, se fijan en:

a) Valores límite de exposición:  $L_{Aeq,d} = 87$  dB(A) y  $L_{pico} = 140$  dB (C), respectivamente;

b) Valores superiores de exposición que dan lugar a una acción:  $L_{Aeq,d} = 85$  dB(A) y  $L_{pico} = 137$  dB (C), respectivamente;

c) Valores inferiores de exposición que dan lugar a una acción:  $L_{Aeq,d} = 80$  dB(A) y  $L_{pico} = 135$  dB (C), respectivamente.

2. Al aplicar los valores límite de exposición, en la determinación de la exposición real del trabajador al ruido, se tendrá en cuenta la atenuación que procuran los protectores auditivos individuales utilizados por los trabajadores. Para los valores de exposición que dan lugar a una acción no se tendrán en cuenta los efectos producidos por dichos protectores.

(...)

Respecto a la evaluación del riesgo por exposición al ruido, en el **artículo 6** dispone:

1. El empresario deberá realizar una **evaluación** basada en la medición de los niveles de ruido a que estén expuestos los trabajadores, en el marco de lo dispuesto en el artículo 16 de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, y del capítulo II, sección 1.<sup>ª</sup> del Real Decreto 39/1997, de 17 de enero. La medición no será necesaria en los casos en que la directa apreciación profesional acreditada permita llegar a una conclusión sin necesidad de la misma.

(...)



2. Los métodos e instrumentos que se utilicen deberán permitir la determinación del **nivel de exposición diario equivalente** (LAeq,d), del **nivel de pico** (Lpico) y del **nivel de exposición semanal equivalente** (LAeq,s), y decidir en cada caso si se han superado los valores establecidos en el artículo 5, teniendo en cuenta, si se trata de la comprobación de los valores límite de exposición, la atenuación procurada por los protectores auditivos. Para ello, dichos métodos e instrumentos deberán adecuarse a las condiciones existentes, teniendo en cuenta, en particular, las características del ruido que se vaya a medir, la duración de la exposición, los factores ambientales y las características de los instrumentos de medición.

(...)

4. La evaluación y la medición mencionadas en el apartado 1 se programarán y efectuarán a intervalos apropiados de conformidad con el artículo 6 del Real Decreto 39/1997, de 17 de enero y, como mínimo, **cada año** en los puestos de trabajo en los que se sobrepasen los valores superiores de exposición que dan lugar a una acción, **o cada tres años** cuando se sobrepasen los valores inferiores de exposición que dan lugar a una acción.

(...)

En el **Artículo 8.1**. Limitación de exposición, se indica que en ningún caso la exposición del trabajador, determinada con arreglo al artículo 5.2, deberá superar los valores límite de exposición.

Respecto a la vigilancia de la salud se establece, en el **artículo 11.2** que los trabajadores cuya exposición al ruido supere los valores superiores de exposición que dan lugar a una acción tendrán derecho a que un médico, u otra persona debidamente cualificada bajo la responsabilidad de un médico, a través de la organización preventiva que haya adoptado la empresa, lleve a cabo controles de su función auditiva. También tendrán derecho al control audiométrico preventivo los trabajadores cuya exposición supere los valores inferiores de exposición que dan lugar a una acción cuando la evaluación y la medición previstas en el artículo 6.1 indiquen que existe riesgo para su salud.

Dichos controles audiométricos se realizarán en la forma establecida en los protocolos específicos a que hace referencia el artículo 37.3.c) del Real Decreto 39/1997 y su finalidad será el diagnóstico precoz de cualquier pérdida de audición debida al ruido y la preservación de la función auditiva. Su **periodicidad** será como mínimo, **cada tres años** en los puestos de trabajo en los que se sobrepasen los valores superiores de exposición que dan lugar a una acción, **o cada cinco años** cuando se sobrepasen los valores inferiores de exposición que dan lugar a una acción.

En lo relativo a la selección de los protectores auditivos deben tenerse en cuenta las especificaciones recogidas en el **Real Decreto 773/1997**, sobre la utilización de los equipos de protección individual.

Por último, hablar de la **Orden ITC/2845/2007**, de 25 de septiembre, que establece los requisitos que deben cumplir los equipos de medición de ruidos. Así existe la norma UNE-EN 61672:2005 para los sonómetros y sonómetros integradores; la norma UNE-EN 60942:2005 para los calibradores acústicos; la norma UNE-EN 61252/A1:2003 para los dosímetros.

## 5.2 VIBRACIONES

La exposición a vibraciones en el sector de la construcción, al igual que el ruido, es un riesgo bastante común debido al continuo uso de maquinaria en la realización de los trabajos.

Las vibraciones son movimientos oscilatorios que efectúa una partícula o cuerpo sólido respecto a una posición de referencia, pudiendo ser este movimiento regular o aleatorio en dirección, frecuencia y/o intensidad.

Según la Organización Internacional del Trabajo (OIT), se entiende por vibración: "todo movimiento transmitido al cuerpo humano por estructuras (suelo, empuñaduras, asientos, etc.) sólida capaz de producir un efecto nocivo o cualquier tipo de molestia sobre el trabajador".

Se pueden diferenciar dos tipos de vibraciones mecánicas:

- **Vibraciones globales o transmitidas al cuerpo completo:** son aquellas que se producen cuando gran parte del peso del cuerpo humano descansa sobre la superficie vibrante. Se transmiten normalmente a través de los asientos de las máquinas o de los pies. Las vibraciones de cuerpo entero pueden producir trastornos respiratorios, músculo-esqueléticos, sensoriales, cardiovasculares, efectos sobre el sistema nervioso, sobre el sistema circulatorio o sobre el sistema digestivo.
- **Vibraciones locales transmitidas al sistema mano-brazo:** son aquellas que transmiten su energía al cuerpo humano a través del sistema mano-brazo y se transmiten normalmente a través de la empuñadura o agarre de los equipos de trabajo mecánicos. Las vibraciones mano-brazo pueden causar trastornos vasculares, nerviosos, musculares, óseos y articulares de las extremidades superiores como por ejemplo, el síndrome del túnel carpiano o el síndrome de Raynaud.



Figura 36.  
Vibraciones mano-brazo. Fuente: [Manual de Ergonomía en la Construcción, FLC](#)





Desde el punto de vista físico, las vibraciones se caracterizan por las siguientes propiedades:

- **Frecuencia:** es el número de veces que se realiza el ciclo completo de oscilación por segundo. Se mide en Hertzios (Hz). Las vibraciones con frecuencias muy bajas pueden causar mareos inducidos por el movimiento. En el caso de frecuencias bajas, originadas principalmente por maquinaria, las oscilaciones se propagan por todo el cuerpo con independencia del punto de entrada, originando efectos sobre todo el organismo. Por su parte, las vibraciones transmitidas con alta frecuencia no se transmiten de forma generalizada, localizándose los efectos en un área cercana al punto de entrada; son las denominadas “mano-brazo”.

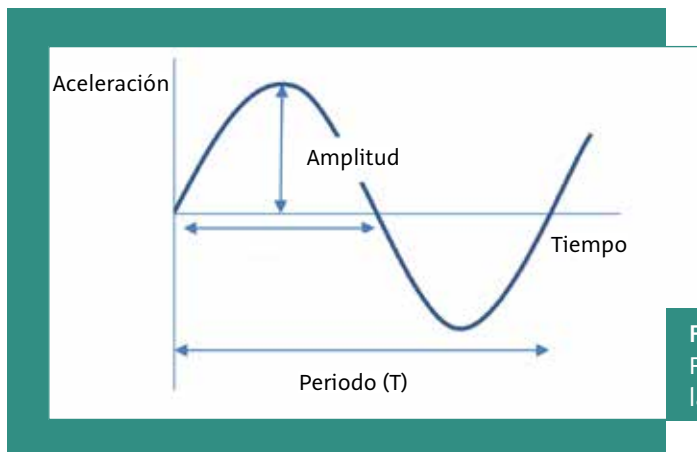


Figura 37. Representación de las propiedades de las vibraciones. Fuente: FLC

- **Amplitud:** es la distancia entre la posición de la partícula que vibra y su posición de reposo. Se trata de una magnitud que indica la importancia de la vibración pues cuanto mayor es su valor, mayor es el efecto negativo sobre la salud o confort. Puede cuantificarse en función de su desplazamiento (m), su velocidad (m/s) o su aceleración (m/s<sup>2</sup>), siendo ésta última la más utilizada.
- **Dirección:** La vibración a la que está sometida una persona puede producirse en tres direcciones lineales y tres rotacionales. Para un correcto uso de esta magnitud interesa relacionar las diferentes direcciones a unos ejes ortogonales ligados al cuerpo humano.

Los efectos de las vibraciones en el ser humano varían en función de si se transmiten a todo el cuerpo o si es mano-brazo. Igualmente, dependerá del tiempo de exposición, de la intensidad de esa exposición y de factores tales como el tipo de trabajo que se realice, la postura de los miembros expuestos, condiciones ambientales e incluso del estado físico del trabajador.

Para medir vibraciones se utilizan como equipo de medida el vibrómetro, que mide aceleraciones complejas y, a través de una serie de ponderaciones, las transforman en un valor.



Figura 38.  
Ejemplos de vibrómetros.  
Fuente: [www.pce-instruments.com](http://www.pce-instruments.com)

Uno de los principales problemas en lo que respecta a la prevención laboral de la exposición a las vibraciones reside en el escaso conocimiento que, hasta hace poco tiempo, se tenía sobre las consecuencias negativas de las vibraciones sobre la salud de los trabajadores, por lo que no se solían poner medios de prevención y/o protección. Si bien, esta tendencia ha ido cambiando en los últimos años con la puesta en marcha de estudios epidemiológicos y evaluaciones de los aspectos ergonómicos de los puestos de trabajo. Se ha de tener en cuenta que este riesgo puede ser tratado desde el campo de la ergonomía, si las consecuencias se traducen en disconfort del trabajador o desde la higiene industrial, si la exposición origina la aparición de enfermedades profesionales.

#### a. Riesgo por exposición a vibraciones

El riesgo de exposición a vibraciones de cuerpo entero está presente tanto en los trabajos desarrollados durante el montaje de vía nueva y en la renovación de vía, como en la conducción de maquinaria ferroviaria pesada. Principalmente se sufre este riesgo en los asientos de los maquinistas de locomotoras, bateadora y desgarnecedora.

De igual modo, sufren vibraciones mano-brazo los trabajadores que habitualmente emplean maquinaria y/o herramientas manuales portátiles tales como bateadoras manuales (llamadas Jackson o patos), tronzadoras, clavadoras, etc., en especial los denominados mosquitos, que son pistolas para clavar o desclavar los tirafondos de la vía.

La determinación de la magnitud de la vibración a la que está expuesto el trabajador se lleva a cabo mediante la realización de una evaluación de riesgos, tal y como se indica en el artículo 16 de la LPRL.

Inicialmente se deben identificar cada una de las máquinas que se utilizan durante la jornada determinando el valor del nivel de vibraciones. Durante esta observación se recogerá información sobre otros factores que pueden potenciar los efectos negativos de las vibraciones tales como la humedad, el frío, las posiciones forzadas, etc.

#### I. Estrategias de medición

El valor del nivel de vibraciones o aceleración eficaz se puede obtener bien por estimación bien por medición. Generalmente se realizará una primera valoración por estimación y si no es concluyente se realiza la medición.

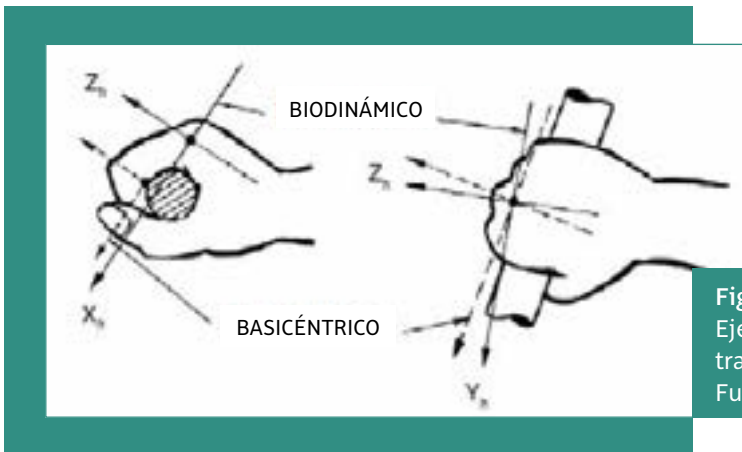
En el caso de la estimación, puede basarse en los valores de emisión declarados por el fabricante en el manual de instrucciones del equipo, en la observación de las prácticas de trabajo específicas o en



otras fuentes tales como publicaciones técnicas, organismos oficiales, etc. En este sentido, el Insht ha desarrollado una base de datos de vibraciones denominada "BASEVIBRA" con valores de exposición para determinadas máquinas, medidas en situaciones reales de trabajo que permiten estimar la exposición diaria. <http://vibraciones.insht.es>. Otras fuentes de consulta serían: <http://vibration.arbetslivsinstitutet.se/eng/> y [http://www.las-bb.de/karla/index\\_.htm](http://www.las-bb.de/karla/index_.htm)

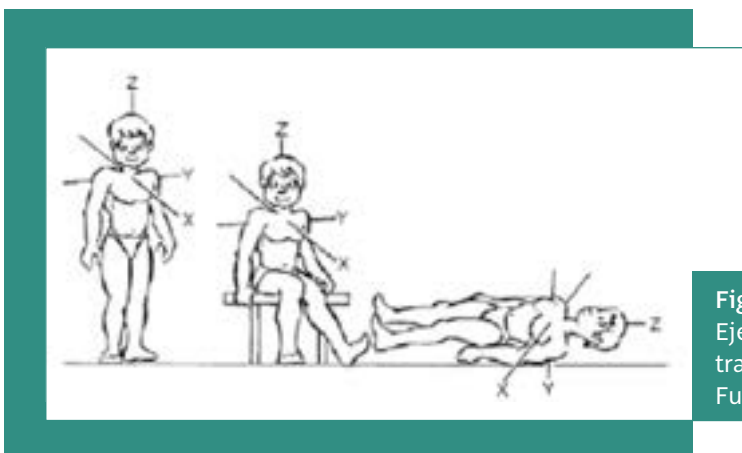
Por su parte, la medición se llevará a cabo aplicando normas técnicas con metodologías diferentes en función de si se miden vibraciones mano-brazo o cuerpo entero.

La medición de las **vibraciones transmitidas al sistema mano-brazo** se basa en el cálculo del valor de exposición diaria, normalizado para un período de referencia de ocho horas,  $A(8)$ , expresado como la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados (valor total) de los valores eficaces de aceleración ponderada en frecuencia, determinados según los ejes ortogonales  $a_{hwz}$ ,  $a_{hwy}$  y  $a_{hwz}$ , tal como se establece en la norma UNE-EN ISO 5349.



**Figura 39.**  
Ejes de referencia para las vibraciones transmitidas al sistema mano-brazo.  
Fuente: figura 2 de la NTP 839. Insht

La medición de las **vibraciones de cuerpo entero** se basa en el cálculo del valor de exposición diaria,  $A(8)$ , expresado como la aceleración continua equivalente para un período de ocho horas, calculada como el mayor de los valores eficaces de las aceleraciones ponderadas en frecuencia, determinadas según los ejes ortogonales  $1,4_{awx}$ ,  $1,4_{awy}$  y  $1,4_{awz}$ , para un trabajador sentado o de pie, tal como se establece en la norma UNE-EN ISO 2631.



**Figura 40.**  
Ejes de referencia para las vibraciones transmitidas a todo el cuerpo.  
Fuente: figura 1 de la NTP 839. Insht

En ambos casos, siempre que sea posible, se recomienda tomar una serie de muestras (al menos tres), en diferentes momentos de la jornada, y promediarlas para obtener una medida representativa de las condiciones de exposición reales.

La duración mínima de cada una de las mediciones estará condicionada por el tipo de operación y el tiempo de exposición.

Cuando se miden operaciones con funcionamiento continuado en el tiempo de los equipos o maquinaria, se pueden hacer mediciones largas que ocupen todo o gran parte del tiempo de exposición proporcionando valores representativos.

Cuando se realizan operaciones en las que el uso de la máquina o equipo de trabajo es corto y discontinuo pero sin que se llegue a haber una separación entre el trabajador y la máquina o el equipo (por ejemplo, el uso del bateadora manual en la que el trabajador para pero no suelta el aparato) se recomienda realizar mediciones largas que incluyan tanto el tiempo de trabajo real como los descansos, ya que suponen una tarea conjunta.

Cuando se realizan trabajos en las que el uso de la máquina o equipo de trabajo es corto y discontinuo pero además incluyen pausas en las que el trabajador pierde el contacto con el aparato (por ejemplo, el uso de la clavadora o del taladro) se recomienda la realización de mediciones cortas que incluyan exclusivamente el tiempo de actividad.

Por lo general, se recomienda que el tiempo total de medición no sea inferior a un minuto y que se desechen por ser poco fiables las mediciones de duración inferior a 8 segundos. Cuando no sea posible llevar a cabo las mediciones fiables, se pueden simular procedimientos de trabajo que garanticen tiempos de medición adecuados. También se recomienda tomar más muestras de corta duración que una sola muestra de larga duración.

## II. Instrumento para la medición

Como se ha comentado al inicio de este apartado, para la medición de las vibraciones se utilizan los vibrómetros que disponen de un acelerómetro o transductor que mide la aceleración cuando se pone en contacto con la superficie o elemento que vibra, un integrador de la señal y un sistema de lectura.



Figura 40.  
Vibrómetro.  
Fuente: [www.pce-instruments.com](http://www.pce-instruments.com)



El vibrómetro debe colocarse rígidamente en una zona de contacto entre el organismo y el elemento que transmite las vibraciones de forma que interfiera lo menos posible en la tarea del trabajador y debe recoger datos de las tres direcciones en las que se transmiten las vibraciones.

En maquinaria y/o vehículos, como la desguarnecedora, donde las vibraciones transmitidas son de cuerpo completo, el aparato se colocaría en el asiento, en el respaldo y en los pies. Existen varias opciones: el uso de un único acelerómetro tomando datos sucesivos en las tres ubicaciones; el empleo de tres acelerómetros de manera simultánea, cada uno en una de las ubicaciones señaladas; y, la utilización de un dispositivo o elemento diseñado para recoger a los tres acelerómetros facilitando la medida.

En el caso de equipos de trabajo portátiles o herramientas manuales, como las bateadoras manuales o las clavadoras, donde las vibraciones transmitidas son mano-brazo, se colocaría en la interfaz mano-equipo de ambas manos, más o menos en el centro de la zona de agarre. En este caso se puede optar por utilizar un bloque de tres sensores en los distintos ejes de vibración o ir situando el mismo acelerómetro en los tres ejes a medir.

Algunos instrumentos de medición que hay en el mercado permiten obtener el análisis espectral de la vibración, es decir, la aceleración medida en cada una de las bandas de tercio de octava.

El vibrómetro debe calibrarse antes y después de cada secuencia de medición.

### III. Expresiones para el cálculo del valor de exposición diaria

A continuación se muestran las ecuaciones matemáticas utilizadas para el cálculo del parámetro **A(8)** que es **valor de exposición diaria o aceleración equivalente diaria**, normalizado para un período de ocho horas, que se ha de comparar con los valores de referencia de la normativa.

En el caso de la evaluación de las **vibraciones mano-brazo**, el valor de exposición diaria **A(8)**, se calcula:

- Una única fuente de vibración:

$$A(8) = a_{hv} \sqrt{\frac{T_e}{8}} \quad (1)$$

siendo  $T_e$  el tiempo de exposición y  $\sqrt{a_{hwx}^2 + a_{hwy}^2 + a_{hwz}^2}$  (2)

donde  $a_{hwx}$ ,  $a_{hwy}$  y  $a_{hwz}$  son las aceleraciones ponderadas en frecuencia en cada uno de los ejes.

- Varias fuentes de vibración:

$$A(8) = \sqrt{\sum_{i=1}^n A(8)_i^2} \quad (3)$$

o lo que es lo mismo

$$A(8) = \sqrt{1/8 \sum_{i=1}^n a_{hvi}^2 T_i} \quad (4)$$

donde  $a_{hvi}$  es la magnitud de las vibraciones de la operación  $i$ ,  $n$  el número de fuentes de emisión y  $T_i$  la duración de la operación  $i$ .

En el caso de la evaluación de las **vibraciones cuerpo completo**, el valor de exposición diaria  $A(8)$  será el máximo de los valores de las exposiciones diarias en cada eje que se calculan:

- Una única fuente de vibración

$$A_x(8) = 1,4 a_{wx} \sqrt{\frac{T_e}{8}} \quad (5)$$

$$A_y(8) = 1,4 a_{wy} \sqrt{\frac{T_e}{8}} \quad (6)$$

$$A_z(8) = a_{wz} \sqrt{\frac{T_e}{8}} \quad (7)$$

- Varias fuentes de vibración

$$A_x(8) = \sqrt{\sum_{i=1}^n A_x(8)_i^2} \quad (8)$$

$$A_y(8) = \sqrt{\sum_{i=1}^n A_y(8)_i^2} \quad (9)$$

$$A_z(8) = \sqrt{\sum_{i=1}^n A_z(8)_i^2} \quad (10)$$

En ambos casos, calculados los  $A(8)$  de cada eje se toma el valor máximo de ellos como valor de la exposición diaria.

En la página del Inhst se pueden encontrar calculadoras para determinar la incertidumbre asociada a las mediciones de vibraciones: <http://calculadores.insht.es:86/Vibracionesmec%C3%A1nicas/Introducci%C3%B3n.aspx>



#### IV. Interpretación de los resultados

El valor obtenido se compara con los niveles de referencia especificados en el Real Decreto 1311/2005, para el valor límite y el valor que da lugar a una acción:

<b>Vibraciones mano-brazo</b>	Valor que da lugar a una acción	2,5 m/s <sup>2</sup>
	Valor límite	5 m/s <sup>2</sup>
<b>Vibraciones cuerpo entero</b>	Valor que da lugar a una acción	0,5 m/s <sup>2</sup>
	Valor límite	1,15 m/s <sup>2</sup>

Tabla 11. Valores de exposición diaria normalizado para un período de referencia de ocho horas

Presentándose tres posibles situaciones:

VALOR A(8)	Actuaciones
A(8) < valor que da lugar a una acción	No se supera el valor de la exposición que da lugar a una acción por lo que, salvo situaciones de especial sensibilidad, no será necesario tomar medidas excepcionales. Se facilitará formación e información y se tenderá a reducir la exposición al mínimo posible.
valor que da lugar a una acción > A(8) < valor límite	Se hace necesario adoptar medidas técnicas y/u organizacionales destinadas a reducir al mínimo la exposición a las vibraciones mecánicas y a realizar un seguimiento periódico de la salud de los trabajadores.
A(8) > valor límite	Se hace obligatorio adoptar medidas inmediatas para que los trabajadores no estén expuestos a esos niveles de vibraciones. Se implantarán programas de vigilancia periódica de la salud.

Tabla 12. Actuaciones en función del nivel de vibraciones

#### b. Medidas preventivas para evitar el riesgo por vibraciones

Para proteger a los trabajadores del riesgo de vibraciones es necesario reducir la exposición a este agente físico, bien mediante la disminución de la magnitud de la aceleración transmitida, bien mediante la limitación del tiempo de exposición.

Siguiendo los principios preventivos descritos en el artículo 15 de la LPRL, en primer lugar se deben tomar medidas de prevención para **evitar la exposición** de los trabajadores a las vibraciones por lo que se debe intentar mecanizar al máximo posible aquellas actividades que lo permitan. La **elección de máquinas** y herramientas con bajo nivel de emisión y la instalación de **equipos auxiliares y sistemas de amortiguación** tales como asientos ergonómicos y antivibratorios o amortiguadores de caucho entre la empuñadora y la mano de los equipos portátiles son medidas para controlar el riesgo en el origen.

Una vez minimizada la exposición, se debe **evaluar el riesgo** utilizando complementariamente los métodos existentes: en primer lugar la estimación de la magnitud y, cuando los resultados no permitan hacer una valoración concluyente, recurrir a la medición. Los diferentes métodos se utilizarán en función del tipo de vibración.

Una vez determinada la exposición real se deben definir programas de medidas técnicas de eliminación de las vibraciones. Uno de estos programas debe incluir **medidas organizativas** para limitar la exposición del trabajador a las vibraciones. Mediante el establecimiento de turnos de trabajo y la rotación de

puestos de las tareas con mayor exposición, se reduce el tiempo en que cada trabajador está expuesto a este riesgo durante su jornada laboral y con ello se minimizan las consecuencias negativas sobre su salud.

Así mismo, se deben establecer pausas o tiempos de recuperación ya que la tolerancia humana a las vibraciones disminuye al aumentar el tiempo de exposición.

Un ejemplo de estas medidas sería la de optar por el uso de máquinas bateadoras con niveles de vibración (cuerpo entero) nulos o bajos, en vez de bateadoras manuales. En caso de no ser posible, limitar el empleo de las bateadoras manuales a no más de una hora diaria ya que la exposición a vibraciones mano-brazo es muy elevada.



Figura 43.  
Priorización de bateadoras frente  
al bateo manual. Fuente: TECSA





Un ejemplo de bateo mecanizado sin uso de máquinas bateadoras como tal sería el empleo de un grupo de bateo acoplado a una vaiacar o retroexcavadora bival.



Figura 44.  
Grupo de bateo. Fuente: VÍAS

Otra línea de trabajo debería estar orientado a garantizar un **mantenimiento preventivo adecuado** de la maquinaria y herramientas de forma que se reduzcan vibraciones derivadas de un mal estado de la misma. En el caso de la maquinaria se incluirán actuaciones encaminadas a mantener en buenas condiciones las amortiguaciones. En el caso de las herramientas manuales, se sustituirán las piezas desgastadas que provocan incremento de los valores de vibración.

De igual forma, se seguirán las indicaciones previstas por los fabricantes en los libros de instrucciones y mantenimiento de la maquinaria y herramientas de trabajo. Normalmente en los mismos se informa del nivel de vibraciones que emite la máquina, sobre todo cuando superen valores de  $2,5 \text{ m/s}^2$  en vibraciones mano-brazo y de  $0,5 \text{ m/s}^2$  si son de cuerpo entero, y se dan recomendaciones para conservar los niveles de vibración indicados.

Respecto a las vibraciones mano-brazo conviene saber que el frío y la humedad agravan los efectos negativos de las vibraciones por lo que se intentará en todo momento mantener las manos y brazos calientes mediante el empleo de guantes y ropa adecuada a las condiciones climatológicas y, siempre que sea posible, calentando las empuñaduras de los equipos vibratorios.

Por último, mencionar otras de las medidas esenciales como son la formación e información de los trabajadores sobre las actividades con el riesgo de vibraciones o la realización de reconocimientos médicos periódicos para prevenir los daños y conocer el estado de afectación en cada caso.

### c. Medios de protección individual

Existen una serie de equipos de protección individual que se pueden utilizar frente a la exposición a vibraciones, de forma complementaria al resto de medidas de prevención y protección. Entre ellos, se encuentran los cinturones o fajas antivibración y las muñequeras antivibración.

Respecto a los **guantes antivibratorios** –guantes suelen llevar refuerzo en la palma de la mano y en las muñequeras– no hay estudios concluyentes de la efectividad de los mismos para este tipo de riesgo ya que en principio protegen de las frecuencias de vibraciones menos inocuas. Sin embargo, cuando se trabaja con herramientas portátiles con emisión de niveles altos de vibraciones mano-brazo en ambientes fríos, se recomienda el uso de los guantes de protección, ya que el frío puede agravar los efectos negativos derivados de la exposición a este riesgo.



**Figura 45.**  
Guantes y fundas antivibratorios.  
Fuente: “Manual de Ergonomía en la Construcción”, FLC

Los EPI deben cumplir con los requisitos establecidos en el Real Decreto 773/1997, relativo a la utilización de EPI y en el Real Decreto 1407/1992, respecto a la certificación y marcado CE en la comercialización de los EPI.

Recordar que las protecciones individuales se deben utilizar de forma individualizada y personalizada y se ha de garantizar su buen estado de conservación mediante unas normas de uso, almacenamiento y mantenimiento correctas que estén acordes a las instrucciones del fabricante. Se han de sustituir aquellos que se encuentren en mal estado o hayan alcanzado el plazo de utilización (vida útil).

#### **d. Normativa**

Al igual que en el caso del ruido, en el artículo 16 de la **Ley 31/1995**, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales (LPRL) y en el capítulo II, sección 1ª del **Real Decreto 39/1997**, de 17 de enero, Reglamento de los Servicios de Prevención, se establece que el empresario deberá realizar una evaluación de los riesgos derivados de la exposición a las vibraciones mecánicas.

El **Real Decreto 1311/2005**, de 4 de noviembre y su modificación, el **Real Decreto 330/2009**, tiene por objeto, en el marco de la LPRL, establecer las disposiciones mínimas para la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores frente a los riesgos derivados o que puedan derivarse de la exposición a vibraciones mecánicas.

Las disposiciones de este real decreto se deben aplicar a las actividades en las que los trabajadores estén o puedan estar expuestos a riesgos derivados de vibraciones mecánicas como consecuencia de su trabajo.

Los conceptos básicos que se indican en esta normativa son:

- La responsabilidad en la evaluación y gestión de las vibraciones mecánicas como riesgo laboral recae en el empresario.
- El principio básico para la protección de los trabajadores debe ser la eliminación del riesgo en el origen o reducirlo al nivel más bajo posible, cumpliendo el artículo 15 de la LPRL.
- En el caso de las vibraciones, la evaluación de riesgos podrá basarse en la medición de las vibraciones o en la estimación del mismo a través de la información del fabricante y/o de otras fuentes.



- Los trabajadores con exposición a vibraciones serán objeto de revisiones médicas periódicas.
- Se deben determinar criterios de información, formación, consulta y participación de los trabajadores.

En su artículo 3, establece los valores límites de exposición y valores de exposición que dan lugar a una acción.

1. Para la vibración transmitida al sistema mano-brazo:

- a) El valor límite de exposición diaria normalizado para un período de referencia de ocho horas se fija en  $5 \text{ m/s}^2$ .
- b) El valor de exposición diaria normalizado para un período de referencia de ocho horas que da lugar a una acción se fija en  $2,5 \text{ m/s}^2$ .

La exposición del trabajador a la vibración transmitida al sistema mano-brazo se evaluará o medirá con arreglo a lo dispuesto en el apartado A.1 del anexo.

2. Para la vibración transmitida al cuerpo entero:

- a) El valor límite de exposición diaria normalizado para un período de referencia de ocho horas se fija en  $1,15 \text{ m/s}^2$ .
- b) El valor de exposición diaria normalizado para un período de referencia de ocho horas que da lugar a una acción se fija en  $0,5 \text{ m/s}^2$ .

La exposición del trabajador a la vibración transmitida al cuerpo entero se evaluará o medirá con arreglo a lo dispuesto en el apartado B.1 del anexo.

3. Cuando la exposición de los trabajadores a las vibraciones mecánicas sea de forma habitual inferior a los valores de exposición diaria establecidos en el apartado 1.b) y en el apartado 2.b), pero **varíe sustancialmente de un período de trabajo al siguiente** y pueda **sobrepasar ocasionalmente el valor límite correspondiente**, el cálculo del valor medio de exposición a las vibraciones podrá hacerse **sobre la base de un período de referencia de 40 horas**, en lugar de ocho horas, siempre que pueda justificarse que los riesgos resultantes del régimen de exposición al que está sometido el trabajador son inferiores a los que resultarían de la exposición al valor límite de exposición diaria.

Dicha circunstancia deberá razonarse por el empresario, ser previamente consultada con los trabajadores y/o sus representantes, constar de forma fehaciente en la evaluación de riesgos laborales y comunicarse a la autoridad laboral mediante el envío a esta de la parte de la evaluación de riesgos donde se justifica la excepción, para que esta pueda comprobar que se dan las condiciones motivadoras de la utilización de este procedimiento.

Respecto a la evaluación del riesgo por exposición a vibraciones mecánicas, en el artículo 4 dispone que:

1. El empresario deberá realizar una **evaluación** y, en caso necesario, la **medición** de los niveles de vibraciones mecánicas a que estén expuestos los trabajadores, (...).
2. Para evaluar el nivel de exposición a la vibración mecánica, podrá recurrirse a la observación de los métodos de trabajo concretos y remitirse a la información apropiada sobre la magnitud probable de la vibración del equipo o del tipo de equipo utilizado en las condiciones concretas de utilización, incluida la información facilitada por el fabricante. Esta operación es diferente de la medición, que precisa del uso de aparatos específicos y de una metodología adecuada.

El empresario deberá justificar, en su caso, que la naturaleza y el alcance de los riesgos relacionados con las vibraciones mecánicas hacen innecesaria una evaluación más detallada de estos.

3. La evaluación y la medición mencionadas en el apartado 1 se programarán y efectuarán a intervalos establecidos de conformidad con el artículo 6.2 del Reglamento de los servicios de prevención (...).

El artículo 5. Disposiciones encaminadas a **evitar o a reducir la exposición**, determina:

1. Teniendo en cuenta los avances técnicos y la disponibilidad de medidas de control del riesgo en su origen, los riesgos derivados de la exposición a vibraciones mecánicas deberán eliminarse en su origen o reducirse al nivel más bajo posible.

La reducción de estos riesgos se basará en los principios de la acción preventiva establecidos en el artículo 15 de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre.

2. Sobre la base de la evaluación de los riesgos mencionada en el artículo 4, cuando se rebasen los valores establecidos en el apartado 1.b) y en el apartado 2.b) del artículo 3, el empresario establecerá y ejecutará un **programa de medidas técnicas y/o de organización** destinado a reducir al mínimo la exposición a las vibraciones mecánicas y los riesgos que se derivan de ésta, tomando en consideración, especialmente:

- a) Otros métodos de trabajo que reduzcan la necesidad de exponerse a vibraciones mecánicas.
- b) La elección del equipo de trabajo adecuado, bien diseñado desde el punto de vista ergonómico y generador del menor nivel de vibraciones posible, habida cuenta del trabajo al que está destinado.
- c) El suministro de equipo auxiliar que reduzca los riesgos de lesión por vibraciones, por ejemplo, asientos, amortiguadores u otros sistemas que atenúen eficazmente las vibraciones transmitidas al cuerpo entero y asas, mangos o cubiertas que reduzcan las vibraciones transmitidas al sistema mano-brazo.
- d) Programas apropiados de mantenimiento de los equipos de trabajo, del lugar de trabajo y de los puestos de trabajo.
- e) La concepción y disposición de los lugares y puestos de trabajo.
- f) La información y formación adecuadas a los trabajadores sobre el manejo correcto y en forma segura del equipo de trabajo, para así reducir al mínimo la exposición a vibraciones mecánicas.
- g) La limitación de la duración e intensidad de la exposición.
- h) Una ordenación adecuada del tiempo de trabajo.
- i) La aplicación de las medidas necesarias para proteger del frío y de la humedad a los trabajadores expuestos, incluyendo el suministro de ropa adecuada.

3. Los trabajadores **no deberán estar expuestos en ningún caso a valores superiores al valor límite de exposición**. Si, a pesar de las medidas adoptadas por el empresario en aplicación de lo dispuesto en este Real Decreto, se superase el valor límite de exposición, el empresario tomará de inmediato medidas para reducir la exposición a niveles inferiores a dicho valor límite. Asimismo, determinará las causas por las que se ha superado el valor límite de exposición y modificará, en consecuencia, las medidas de protección y prevención, para evitar que se vuelva a sobrepasar.

Respecto a la vigilancia de la salud se establece, en el **artículo 8.1**, que cuando la evaluación de riesgos prevista en el artículo 4.1 ponga de manifiesto la existencia de un riesgo para la salud de los trabajadores, el empresario deberá llevar a cabo una vigilancia de la salud de dichos trabajadores, de conformidad con lo dispuesto en este artículo, en el artículo 22 de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, y en el artículo 37.3 del Reglamento de los servicios de prevención, aprobado por el Real Decreto 39/1997, de 17 de enero.



La vigilancia de la salud, cuyos resultados se tendrán en cuenta al aplicar medidas preventivas en un lugar de trabajo concreto, tendrá como objetivo la prevención y el diagnóstico precoz de cualquier daño para la salud como consecuencia de la exposición a vibraciones mecánicas.

Dicha vigilancia será apropiada cuando:

- La exposición del trabajador a las vibraciones sea tal que pueda establecerse una relación entre dicha exposición y una enfermedad determinada o un efecto nocivo para la salud.
- Haya probabilidades de contraer dicha enfermedad o padecer el efecto nocivo en las condiciones laborales concretas del trabajador.
- Existan técnicas probadas para detectar la enfermedad o el efecto nocivo para la salud.

En cualquier caso, todo trabajador expuesto a niveles de vibraciones mecánicas superiores a los valores establecidos en el apartado 1.b) y en el apartado 2.b) del artículo 3 tendrá derecho a una vigilancia de la salud apropiada.

En aquellos casos señalados en el artículo 3.3 y en el artículo 5.4, en que no pueda garantizarse el respeto del valor límite de exposición, el trabajador tendrá derecho a una vigilancia de la salud reforzada, que podrá incluir un aumento de su periodicidad.

(...)

### 5.3 ILUMINACIÓN

La iluminación es un factor básico e indispensable para el buen desarrollo de la actividad en condiciones adecuadas de seguridad, ya que permite al trabajador ver sin dificultad las tareas a realizar, las operaciones que se realizan alrededor y las zonas de tránsito y circulación. En el caso de las operaciones de mantenimiento ferroviario se convierte en un aspecto higiénico especialmente importante cuando se realizan en horario nocturno o en el interior de túneles.



Figura 46.  
Espectro visible.  
Fuente: Wikipedia

Es evidente que una deficiente iluminación, además de los problemas de salud que pueden ocasionar tales como la fatiga visual, problemas oculares (sequedad, picor, escozor...), dolor de cabeza, cansancio, estrés, etc., también puede aumentar la posibilidad de que las personas cometan errores y sufran accidentes laborales.

En este sentido, la NTP 211. Iluminación en el puesto de trabajo, del Insht, establece que “la iluminación correcta es la que permite distinguir las formas, los colores, los objetos en movimientos y apreciar los relieves, y que todo ello, además, se haga fácilmente y sin fatiga, es decir, que asegure el confort visual permanentemente”.

Por tanto, se hace necesario realizar un estudio completo del nivel de iluminación en los diferentes puestos de trabajo, analizando tanto el foco o fuente de la iluminación (sea natural o artificial), el medio en el que se va a propagar (si existe o no barreras naturales o artificiales y la capacidad de ponerlas) y en el trabajador.

#### a. Riesgo debido a la iluminación

En los trabajos ferroviarios pueden encontrarse fundamentalmente, dos situaciones en las que la **iluminación puede ser deficiente: en los trabajos nocturnos** (muy comunes, pues se aprovecha esta franja horaria en que disminuyen las circulaciones para actuar sobre la vía, especialmente en labores de mantenimiento) y **los trabajos en el interior de túneles**.



Figura 47.  
Trabajos nocturnos.  
Fuente: COMSA

En los **trabajos diurnos** el principal riesgo que se puede presentar es el de los **deslumbramientos**, sobre todo en la horas de mayor intensidad lumínica y, cuando el ángulo de incisión de los rayos solares sobre el terreno produce la reflexión en ángulo de 90 grados. En estos casos se reduce notablemente la visibilidad y aumentan los problemas derivados de la fatiga visual y del cansancio por el mayor esfuerzo realizado.

A parte, es importante no olvidar que la falta de una buena iluminación obliga en ocasiones a adoptar posturas inadecuadas desde el punto de vista ergonómico.

La necesidad de conocer los niveles de iluminación existentes en cada momento y, basándose en el artículo 16 de la LPRL que obliga al empresario a gestionar todas aquellas actividades que puedan derivar en un riesgo para la seguridad y salud de los trabajadores, conlleva a la realización de evaluaciones de riesgo en los diferentes puestos de trabajo en los que se intuya que pueda haber una deficiencia o exceso de intensidad lumínica.



Por tanto, se han de identificar todos aquellos puestos en los que se deban realizar mediciones y tomar muestras en diferentes localizaciones y horas del día.

El instrumento de medición del nivel de iluminación es el luxómetro, convirtiendo la energía luminosa en una señal eléctrica, que se amplifica y permite una lectura fácil y rápida en una escala de lux calibrada. El luxómetro debe estar correctamente calibrado y se recomienda comprobar que el aparato marca el valor de cero cuando está cubierto el sensor.



Figura 48.  
Luxómetro. Fuente: [www.pce-instruments.com](http://www.pce-instruments.com)

Las mediciones deben llevarse a cabo justo en la zona donde se ejecuten las tareas, a la altura donde se encontraría la vista del trabajador y en las condiciones de trabajo más reales: con los equipos, maquinaria, personal, etc. que normalmente está en el lugar. Cuando se trate de una zona de uso general, el Real Decreto 486/1997, sobre lugares de trabajo, indica que se han de tomar a unos 85 cm del suelo y en las vías de circulación, a nivel del suelo.

El valor que se mida debe mantenerse durante algunos segundos, por ello es recomendable esperar al menos cinco minutos desde que se expone a la luz para realizar la lectura.

Los datos obtenidos mediante la lectura directa del luxómetro deben compararse con los valores de referencia, como por ejemplo, los establecidos en la Guía técnica del Inht del Real Decreto 486/1997, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo. Como norma general, en las zonas de paso o de circulación se debe garantizar un nivel mínimo de 50 luxes; para los trabajos en vía con cierta exigencia visual moderadas, un mínimo de 200 luxes; y para trabajos de corte y otros de precisión, el valor de referencia será de 500 luxes.

#### **b. Medidas preventivas para evitar el riesgo por inadecuada iluminación**

En primer lugar, se ha de priorizar el uso de luz natural siempre que sea posible y, cuando no sea suficiente, acompañarla de iluminación artificial auxiliar. Es necesario garantizar una iluminación colectiva adecuada en los lugares de trabajo, especialmente cuando se realizan en horario nocturno y en los trabajos en el interior de túneles.

Esta iluminación debe ser lo más homogénea y uniforme posible con el fin de garantizar visibilidad en todos los lugares de la obra, y evitar los deslumbramientos y otros fenómenos que perjudiquen la percepción de los contrastes, la profundidad o la distancia entre la zona de trabajo y los objetos o elementos del tajo.

En los trabajos nocturnos y en el interior de túneles se requiere la utilización de iluminación artificial. Ésta ha de adecuarse en número, distribución y potencia de las fuentes luminosas a las exigencias visuales de las tareas que se realizan y del lugar donde se realiza.



Figura 49.  
Iluminación artificial en el interior de túnel. Fuente: COMSA

Normalmente la maquinaria ferroviaria para el mantenimiento de las instalaciones suele incluir una buena iluminación, si bien, una **buena práctica sería solicitar al fabricante o distribuidor la instalación de iluminación general en el exterior de la maquinaria** con el objetivo de mantener unos niveles de iluminación adecuados tanto para los conductores/maquinistas como para los trabajadores que están a su alrededor. Esta iluminación suplementaria generalmente no viene incluida en la máquina por defecto.

De igual forma, aprovechar las diferentes máquinas del tajo (trenes de trabajo) para colocar luces que iluminen las operaciones, que como suele ser una actividad lineal y va avanzando, se garantiza luz donde se necesite.



Figura 50.  
Trenes de trabajo con iluminación incorporada. Fuente: COMSA





Por otro lado, se suelen colocar **grupos electrógenos y focos halógenos** que aportan la iluminación necesaria; en la actualidad existen puntos de luz de led con batería que son más cómodos ya que se elimina el cableado.



**Figura 51.**  
Focos para condiciones de iluminación inadecuada. Fuente: COMSA

Para evitar los deslumbramientos mencionados los operarios de la maquinaria (maquinistas) se deberán **habilitar cortinillas y/o parasoles**.

Otra medida de prevención en este tipo de trabajos se encuentra la dotación a los trabajadores de **linternas personales**. Han de ser fácilmente portables por lo que, normalmente, se utilizan sistemas de linterna o alumbrado acoplables a los cascos o la cabeza. Este tipo de sistemas se recomiendan cuando los niveles de iluminación general no sean suficientes.

Además, cabe recordar que los lugares de trabajo deben disponer de un alumbrado de emergencia y de evacuación con el fin de asegurar unos niveles mínimos de iluminación y, por tanto, de seguridad, en el caso de fallo en el sistema de iluminación normal y de cualquier situación de emergencia (incendio, inundación, explosión...).

### **c. Medios de protección individual**

Otra prenda de protección individual sería el uso de **ropa o chaleco de alta visibilidad** ya que permite identificar con más facilidad la presencia de los trabajadores. Es muy importante hacerse ver en el tajo. Es interesante conocer la existencia de **chalecos reflectantes ignífugos** para trabajos en vía de soldadura y operaciones de corte.



Figura 52.  
Ropa de alta visibilidad para trabajos con iluminación insuficiente. Fuente: COMSA

Por último, mencionar que en determinados casos se podrá recomendar, aunque no sea un equipo de protección individual como tal, el uso de **gafas solares** para evitar posibles deslumbramientos, sobre todo para operarios de la maquinaria (conductores) y cuando se trabaja en las horas donde el sol se refleja con mayor intensidad.

#### d. Normativa

La única referencia que podemos encontrar en la normativa española de prevención sobre niveles mínimos de iluminación en el trabajo en obras de construcción está incluida en el **Real Decreto 1627/1997, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud en obras de construcción**, donde se dan unas recomendaciones preventivas muy someras, sin establecer límites numéricos concretos.

Así en el **apartado 9, sobre iluminación**, del anexo IV, se establece que:

- a. Los lugares de trabajo, los locales y las vías de circulación en la obra deberán disponer, en la medida de lo posible, de suficiente luz natural y tener una iluminación artificial adecuada y suficiente durante la noche y cuando no sea suficiente la luz natural. En su caso, se utilizarán puntos de iluminación portátiles con protección antichoques. El color utilizado para la iluminación artificial no podrá alterar o influir en la percepción de las señales o paneles de señalización.
- b. Las instalaciones de iluminación de los locales, de los puestos de trabajo y de las vías de circulación deberán estar colocadas de tal manera que el tipo de iluminación previsto no suponga riesgo de accidente para los trabajadores.
- c. Los locales, los lugares de trabajo y las vías de circulación en los que los trabajadores estén particularmente expuestos a riesgos en caso de avería de la iluminación artificial deberán poseer una iluminación de seguridad de intensidad suficiente.

Para encontrar alguna referencia normativa donde se definan los niveles de iluminación se ha de recurrir a normas de referencia no vinculantes como son las normas "UNE 72163:84. Niveles de iluminación. Asignación a tareas visuales" y la norma "UNE 72112:85. Tareas Visuales. Clasificación". La iluminación de los lugares de trabajo ha de ser tal que los trabajadores puedan desarrollar su actividad en unas condiciones de visibilidad adecuadas para su seguridad y su salud.



## 5.4 CONDICIONES CLIMATOLÓGICAS ADVERSAS

Los factores climáticos adquieren una gran importancia en el sector de la construcción, en lo que a prevención de riesgos laborales se refiere, ya que los trabajos se ejecutan al aire libre, en la mayor parte de los casos, al igual que ocurre en los trabajos de construcción y mantenimiento de vías férreas. Estos factores pueden ser de diferente índole, destacando fundamentalmente los que tienen que ver con la exposición al sol, al frío, a las radiaciones o a la exposición a condiciones climatológicas adversas.

El trabajo en vía se desarrolla en su mayor parte a la intemperie, lo cual hace que las condiciones climatológicas influyan en algunos casos de manera radical sobre la seguridad de los trabajadores.



Figura 53.  
Condiciones climatológicas adversas.  
Niebla. Fuente: COMSA

Aunque sus consecuencias son inevitables, los fenómenos meteorológicos adversos pueden ser previstos con antelación suficiente, por lo que también podrán anticiparse medidas destinadas a paliar los efectos que la exposición a esas condiciones pueden tener sobre los trabajadores y el desarrollo general de la obra.

### a. Riesgo por exposición a condiciones climatológicas adversas

Las altas y bajas temperaturas, las radiaciones solares, el viento, la lluvia, la nieve y el granizo, las tormentas o la niebla, son fenómenos climatológicos que dan lugar a riesgos importantes en los trabajos de construcción y mantenimiento ferroviario. Las consecuencias van a depender tanto del tiempo de exposición como de la intensidad de los factores.

#### ■ Calor

La exposición al sol, puede suponer un grave riesgo, sobre todo en ciertas épocas del año. Las temperaturas extremas asociadas a una elevada humedad relativa, a una actividad física intensa, al desarrollo de tareas que desprenden calor (corte de carril, soldadura, etc.), a elementos metálicos que tienen altas temperaturas o al empleo de un vestuario que no permita o dificulte la transpiración, provocan un aumento de la temperatura interna del cuerpo.

Para evaluar este riesgo puede utilizarse el **índice de sensación térmica por calor**<sup>1</sup> como una referencia orientativa para determinar cuándo es necesario adoptar precauciones adicionales en el lugar de trabajo para la prevención de accidentes derivados de las altas temperaturas, especialmente durante las olas de calor.

En la siguientes tablas se muestra una posible aproximación al cálculo de los valores de sensación térmica por calor y los efectos en función del índice calculado.

		TABLA DE VALORES DE SENSACIONES TÉRMICAS POR CALOR																	
		Temperatura del aire en grados Celsius (C)																	
		27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44
HUMEDAD RELATIVA (%)	45	27	28	29	30	32	33	35	37	39	41	43	46	49	51	54	57	61	64
	50	27	28	29	31	33	34	36	38	41	43	46	49	52	55	58	62		
	55	28	29	30	32	34	36	38	40	43	46	48	52	55	59	62			
	60	28	29	31	33	35	37	40	42	45	48	51	55	59	63				
	65	28	30	32	34	36	39	41	44	48	51	55	59	63					
	70	29	31	33	35	38	40	43	47	50	54	58	63						
	75	29	31	34	36	39	42	46	49	53	58	62							
	80	30	32	35	38	41	44	48	52	57	61								
	85	30	33	36	39	43	47	51	55	60	65								
	90	31	34	37	41	45	49	54	58	64									
	95	31	35	38	42	47	51	57	62										
100	32	36	40	44	49	54	60												

NIVEL DE RIESGO	ÍNDICE DE CALOR	EFFECTOS
Precaución	27 a 32	Posible fatiga por exposición prolongada o actividad física.
Precaución extrema	33 a 40	Insolación, golpe de calor, calambres. Posibles por exposición prolongada o actividad física.
Peligro	41 a 53	Insolación, golpe de calor, calambres. Muy posibles por exposición prolongada o actividad física.
Peligro extremo	54 ó más	Golpe de calor, insolación inminente.

Tabla 13. Fuente: Buenas prácticas para la prevención de los riesgos laborales de los trabajadores expuestos a condiciones climatológicas adversas, (FLC)

Cuando el cuerpo se expone al calor se activan diferentes mecanismos de defensa para contrarrestar el aumento de calor corporal y mantener la temperatura constante: vasodilatación superficial, sudoración y aumento de la frecuencia respiratoria. En el caso de que estos mecanismos no sean suficientes, pueden aparecer diferentes daños en la salud de los trabajadores como apatía y somnolencia, pérdida de la capacidad de atención, percepción y concentración, fatiga, etc.

<sup>1</sup>Para más información consultar la guía "Buenas prácticas para la prevención de los riesgos laborales de los trabajadores expuestos a condiciones climatológicas adversas", (2016) publicada por la FLC



El efecto más grave de la exposición a situaciones de calor intenso es el llamado “golpe de calor”, que se caracteriza por sobrecalentamiento de la temperatura corporal como consecuencia del fallo de los mecanismos de termorregulación del organismo. Cuando se produce un golpe de calor, la piel se calienta, se seca, cesa la sudoración, aparecen contracciones de los músculos, aumenta el ritmo respiratorio y cardíaco, la temperatura corporal sube y se presentan alteraciones de la conciencia.

#### ■ Frío

Por contra y tratándose de trabajos a la intemperie, al igual que existen períodos de mucho calor, también hay períodos de trabajo que son desarrollados a bajas temperaturas (llegando a alcanzar los -15 °C en trabajos nocturnos de invierno) y en condiciones de humedad y viento fuerte, o una combinación de todos estos factores, que pueden ocasionar un enfriamiento corporal.

Para evaluar el riesgo de estrés por frío se puede utilizar el **índice de sensación térmica por frío**<sup>2</sup>, combinando los factores de temperatura del aire ambiente y velocidad del viento. Se obtiene un dato o indicador que ayuda a estimar el efecto de enfriamiento que aporta el viento sobre la piel del ser humano en contacto con el aire ambiente.

En las siguientes tablas se muestran los valores de sensación térmica por frío y los efectos en función del índice calculado:

		TABLA DE VALORES DE SENSACIÓN TÉRMICA POR FRÍO (WIND CHILL)										
		Temperatura del aire en grados Celsius (C)										
		0	-5	-10	-15	-20	-25	-30	-35	-40	-45	-50
VIENTO A 10 m (Km/h)	5	-2	-7	-13	-19	-24	-30	-36	-41	-47	-53	-58
	10	-3	-9	-15	-21	-27	-33	-39	-45	-51	-57	-63
	15	-4	-11	-17	-23	-29	-35	-41	-47	-54	-60	-66
	20	-5	-11	-18	-24	-30	-37	-43	-49	-56	-62	-68
	25	-6	-12	-19	-25	-32	-38	-44	-51	-57	-64	-70
	30	-6	-13	-19	-26	-32	-39	-46	-52	-59	-65	-72
	35	-7	-13	-20	-27	-33	-40	-47	-53	-60	-66	-73
	40	-7	-14	-21	-27	-34	-41	-47	-54	-61	-67	-74
	45	-8	-14	-21	-28	-35	-41	-48	-55	-62	-68	-75
	50	-8	-15	-22	-29	-35	-41	-49	-56	-63	-69	-76
	55	-8	-15	-22	-29	-36	-43	-50	-56	-63	-70	-77
	60	-9	-16	-23	-29	-36	-43	-50	-57	-64	-71	-78
	65	-9	-16	-23	-30	-37	-44	-51	-58	-65	-72	-79
	70	-9	-16	-23	-30	-37	-44	-51	-58	-65	-72	-79
	75	-9	-17	-24	-31	-38	-45	-52	-59	-66	-73	-80
	80	-10	-17	-24	-31	-38	-45	-52	-59	-67	-74	-81

Tabla 14. Fuente: Buenas prácticas para la prevención de los riesgos laborales de los trabajadores expuestos a condiciones climatológicas adversas, (FLC)

<sup>2</sup>Para más información consultar la guía “Buenas prácticas para la prevención de los riesgos laborales de los trabajadores expuestos a condiciones climatológicas adversas”, (2016) publicada por la FLC

NIVEL DE RIESGO	°C	EFECTOS (Con la piel expuesta al aire ambiente inicialmente caliente. Si la piel está inicialmente fría, menor tiempo)
Riesgo bajo	-10 a -27	Riesgo de hipotermia por permanencia prolongada a la intemperie.
Riesgo moderado	-28 a -39	Riesgo de congelaciones por exposición prolongada, 10 a 30 minutos*.
Riesgo alto	-40 a -54	Riesgo de congelaciones en 10 minutos*
Riesgo muy alto	-55 ó menos	Riesgo de congelaciones en menos de 2 minutos*.

\*Con vientos sostenidos de más de 50 Km/h, las congelaciones pueden producirse más rápidamente.

**Tabla 14 (cont.).** Fuente: Buenas prácticas para la prevención de los riesgos laborales de los trabajadores expuestos a condiciones climatológicas adversas, (FLC)

Cuando el cuerpo se expone a bajas temperaturas, se activan diferentes mecanismos de defensa para contrarrestar la pérdida de calor corporal y mantener la temperatura constante: vasoconstricción periférica y tiritones. Sin embargo, estos mecanismos pueden no ser suficientes apareciendo diferentes daños en la salud de los trabajadores, que van desde molestias, insensibilidad, disfunciones neuromusculares, etc., hasta congelación de miembros.

Las bajas temperaturas, junto con la humedad y la inmovilidad de las extremidades son los principales factores de riesgo. La gravedad del daño producido dependerá del grado de enfriamiento, el tiempo de exposición, la superficie afectada y el proceso de recalentamiento.

El efecto más grave de la exposición a situaciones de frío extremo es la congelación; si bien hay que prestar especial atención a los primeros signos y síntomas del frío que se reflejan en el comienzo de una hipotermia, con sensación de frío, confusión mental, desorientación, pulso irregular, etc. Cuando la exposición continúa se puede producir la congelación localizada preferentemente en la periferia del cuerpo, siendo las zonas más vulnerables la cara, las orejas y los dedos de las manos y los pies.

#### ■ Radiaciones

La radiación solar se está convirtiendo en uno de los riesgos climatológicos más relevantes del sector de la construcción y, en los trabajos de mantenimiento ferroviario, en particular (prácticamente la totalidad de las operaciones se realizan en el exterior), debido a la cada vez mayor virulencia de los rayos solares, en especial de los rayos ultravioleta UVB.

Sin embargo, a pesar de ser considerado un riesgo emergente, es muy complicada la evaluación del riesgo y de las consecuencias en los trabajadores debido a que el origen de los daños y enfermedades producidos por la exposición a radiaciones solares dependen de múltiples factores, muchos de ellos de naturaleza no laboral.

Para evaluar el riesgo por radiaciones ultravioleta se puede utilizar el **índice ultravioleta solar mundial**<sup>3</sup> que mide la intensidad de la radiación UV solar en la superficie terrestre e indica la capacidad de producir lesiones cutáneas.

<sup>3</sup>Para más información consultar la guía "Buenas prácticas para la prevención de los riesgos laborales de los trabajadores expuestos a condiciones climatológicas adversas", (2016) publicada por la FLC



Cuanto mayor sea el valor, mayor será la probabilidad de que se produzcan lesiones cutáneas y oculares y menor el tiempo en que tardarán en originarse.

En las siguientes tablas se muestran las categorías de exposición en función de los valores del índice ultravioleta solar y las medidas a tomar:

CATEGORÍA DE EXPOSICIÓN	INTERVALO DE VALORES DEL UVI
BAJA	<2
MODERADA	3-5
ALTA	6-7
MUY ALTA	8-10
EXTREMADAMENTE ALTA	11 (+)



Figura 54. Fuente: Buenas prácticas para la prevención de los riesgos laborales de los trabajadores expuestos a condiciones climatológicas adversas, (FLC)

La información sobre la categoría de exposición, el valor y el intervalo de valores puede obtenerse, en España, a través del Instituto Nacional de Meteorología (AEMET).

Las personas expuestas a radiaciones ultravioletas de forma descontrolada (tanto en el ámbito laboral como en el personal) pueden sufrir efectos adversos sobre su salud especialmente en la piel (quemaduras solares, envejecimiento prematuro o cáncer), en los ojos (fotoqueratitis, conjuntivitis o cataratas) y en el sistema inmunológico.

Debe además tenerse en cuenta que los rayos UVA tienen efectos acumulativos por lo que, cuanto mayor sea el tiempo de exposición, mayores serán sus efectos.

■ **Otras condiciones adversas**

Las lluvias intensas, los vientos fuertes, las abundantes nevadas, las tormentas severas o las nieblas densas condicionan el desarrollo normal de los trabajos que habitualmente se ejecutan en los trabajos de construcción y mantenimiento de vías férreas.



**Figura 55.**  
Trabajos en vía con nieve.  
Fuente: TECSA

Estos factores climatológicos pueden: afectar a la estabilidad del terreno provocando deslizamiento y/o desprendimientos; disminuir la visibilidad y la percepción de las señales, luces y el entorno **aumentando el riesgo de atropello y colisión**, sobre todo en las estaciones que es donde más acumulación de máquinas se produce; provocar inundaciones y anegaciones en las zonas de vías; crear superficies resbaladizas en vías de paso; generar problemas en trabajos eléctricos de montaje y mantenimiento de catenaria, etc.

Estas condiciones además de lo dicho, suponen para el trabajador una dificultad añadida en los trabajos que realiza puesto que se reduce la visibilidad, produce discomfort y exige la utilización de determinadas prendas de protección que pueden limitar sus movimientos y aumentar la fatiga derivada de la tarea.

### **b. Medidas preventivas para evitar el riesgo por condiciones climatológicas adversas**

Como se ha comentado en diferentes apartados, el empresario ha de garantizar la seguridad y salud de los trabajadores eliminando los riesgos en su puesto de trabajo y, cuando esto no sea posible, evaluando los riesgos existentes con el fin de tomar decisiones organizativas y técnicas que minimicen la exposición al riesgo, actuando en la medida de lo posible sobre la fuente y priorizando las medidas de protección colectivas frente a las individuales.

Entre las medidas preventivas contra el riesgo debido al calor se recomienda:

- Organizar las tareas de forma que se evite la realización de trabajos con esfuerzo físico a la intemperie durante las horas centrales del día, aprovechando las horas nocturnas y las primeras horas de la mañana para desarrollar este tipo de trabajos.
- Establecer pausas y descansos en lugares frescos y sombreados.
- En la medida de lo posible, evitar el trabajo individual (en solitario).
- Realizar reconocimientos médicos periódicos con el fin de detectar sensibilidades especiales del trabajador ante elevadas temperaturas.
- Mantener una hidratación permanente por parte de los trabajadores, por lo que se debe poner a su disposición abundante agua potable. Se ha de garantizar que en los tajos se dispone de agua para hidratarse.
- Respetar la prohibición del consumo de alcohol y de drogas e intentar reducir el consumo de cafeína.
- Realizar comidas livianas, bajas en grasas, preferiblemente pescados, hortalizas, hidratos de carbono y/o frutas.





- Nunca debe retirarse ropa ya que además de aumentar la temperatura corporal por la exposición directa, se pueden producir quemaduras debidas a las altas temperaturas de los elementos metálicos de la vía y de la maquinaria.

Otra medida preventiva de carácter individual muy recomendable es la elaboración e implementación de un plan de aclimatación de los trabajadores a las condiciones de calor a las que se van a exponer, como paso previo a su incorporación a los trabajos.

Para combatir el riesgo debido al frío se recomienda:

- Organizar las tareas de forma que los trabajos en zonas de sombra o umbría se hagan en las horas centrales del día, realizando los trabajos en zonas soleadas al comienzo de la jornada.
- Establecer pausas y descansos en lugares secos y calientes.
- Tomar comidas calientes con una aportación suficiente de calorías, bebidas templadas y no ingerir bebidas alcohólicas.
- Realizar reconocimientos médicos periódicos con el fin de detectar sensibilidades especiales del trabajador ante bajas temperaturas.

Respecto a las medidas para prevenir el riesgo de exposición a radiaciones solares se encuentran:

- Organizar las tareas de forma que se evite la realización de determinados trabajos a la intemperie durante las horas del día en las que el nivel de radiación es más alto o, en su caso, se reduzca al máximo el tiempo de exposición al sol.
- Realizar reconocimientos médicos específicos (cuando sea técnicamente posible) y periódicos, al personal expuesto, con el fin de detectar lesiones producidas por los rayos solares.

En cuanto al resto de factores climatológicos como son el viento, nieve, niebla o tormenta, como medidas preventivas se encuentran:

- Valorar las características del terreno con el fin de evitar accidentes debidos a la inestabilidad del mismo.
- Ante una inundación se debe achicar el agua mediante bombas de extracción de agua.
- Extremar las precauciones en los trabajos cuando el viento sople con fuerza. Especialmente, se tendrá cuidado en los trabajos en altura y en los montajes y mantenimiento de catenaria. Aunque no sea una medida específica para el ámbito de la seguridad laboral, se recomienda que, ante estas condiciones, en núcleos urbanos, se preste especial atención a los trabajos de desguarnecido de balasto, e incluso, que se paralicen, por las grandes afecciones que el polvo puede producir y afectar a la ciudadanía.
- En situaciones de niebla intensa, sobre todo en las estaciones y otras localizaciones donde se produce una mayor concentración de maquinaria, se deben tomar medidas especiales para garantizar la visibilidad tanto de las máquinas como de los operarios que están en el exterior. Recordar que en estas operaciones la mayoría de las intercomunicaciones se realizan por *walkie-talkie*. Se utilizarán los avisadores luminosos rotatorios y, en su caso, las señales acústicas. De igual modos, se reforzará la labor de los operarios de acompañamiento durante las maniobras de la maquinaria y en los trabajos en las estaciones.
- Mantenerse fuera del radio de acción de los vehículos y máquinas.
- En condiciones de tormenta, se deberían prohibir y/o suspender las operaciones que se realicen con tensión, por ejemplo, los trabajos de montaje y mantenimiento de catenaria. También se recomienda apagar teléfonos móviles y *walkie-talkie* para evitar que sus radiaciones electromagnéticas atraigan los rayos.

- Habilitar zonas de refugio adecuadas para los trabajadores que puedan verse sorprendidos por estos agentes.



Figura 56.  
Trabajos con niebla.  
Fuente: COMSA

Todos los equipos autopropulsados, y sobre todo en casos de baja visibilidad, deben estar dotados de un **avisador luminoso tipo rotatorio**, así como de **una señal acústica de marcha atrás**.

Las empresas deben tener elaborado un plan de emergencias para actuaciones en caso de accidentes de trabajo derivados de estas condiciones climatológicas adversas. Para ello, se debe disponer de personal formado para las primeras actuaciones de evacuación y de primeros auxilios, se dispondrá de un botiquín y de información sobre los servicios médicos más cercanos y como llegar a ellos.

No olvidar la formación e información de los trabajadores como medidas imprescindibles para poder garantizar la protección de su seguridad y salud, así como los reconocimientos médicos periódicos que permitan identificar lo antes posible problemas de salud derivados de unas condiciones inadecuadas de los factores climáticos.

Por último, comentar como una buena práctica para la empresa, la puesta en marcha de campañas de sensibilización y promoción de la salud y hábitos saludables dirigidos a la protección frente al calor, frío y a las radiaciones solares, principalmente.

### **c. Medios de protección colectiva**

Como principal medida de protección de todos los trabajadores, tanto para la exposición a temperaturas extremas como a radiaciones solares, se encuentra la habilitación de zonas de sombras en los trabajos ferroviarios que no tengan sombra natural ni refugios cercanos, mediante la instalación de toldos, sombrillas, carpas... con bloqueo de los rayos UV.

Para exposiciones a bajas temperaturas, vientos fuertes, tormentas, lluvia intensa, granizo o nieve copiosa, se recomienda la habilitación de instalaciones o lugares cerrados calientes y secos donde puedan protegerse los trabajadores.

### **d. Medios de protección individual**

Las medidas de protección individual deben utilizarse como un complemento al resto de medidas de prevención y protección colectiva ya que no previenen del riesgo sino que protegen de las consecuencias.



Respecto al calor:

- Utilizar ropa de trabajo adecuada: transpirables, amplia, ligera y no voluminosa, de color claro, flexible y de tejidos frescos. Existen camisetas con tejido reflectante y, por tanto, de alta visibilidad, que pueden sustituir a los chalecos y de esta manera prescindir de una prenda.
- Siempre que no sea necesario el uso de casco, e incluso si se puede simultanear, proteger la cabeza del sol con gorras.

Respecto al frío:

- Usar ropa de abrigo adecuada: parca, braga, guantes, ropa térmica, etc. En la medida de lo posible, se recomienda utilizar varias capas de prendas ligeras y flexibles, aislantes del frío, viento y humedad y que permitan la transpiración frente a una capa voluminosa. Para la elección de este tipo de ropa de protección frente al frío se tendrá en cuenta el cumplimiento de la **Norma UNE 14058: "Ropa de protección. Prendas para la protección contra ambientes fríos"**.
- Siempre que no sea necesario el uso de casco, e incluso si se puede simultanear, proteger la cabeza del frío con pasamontañas o gorros específicos.

Respecto a las radiaciones:

- Utilizar ropa que cubra la mayor parte del cuerpo (pantalón largo y pantalón largo) y que permita una adecuada transpiración. Actualmente, existe en el mercado una gran cantidad de tipos de ropa de trabajo que incluyen tejidos con protección contra los rayos UV.
- Emplear cremas protectoras para la piel, con filtros solares adecuados, para evitar quemaduras provocadas por el sol.
- Usar gafas de protección solar para uso laboral, cuando esté indicado y sea posible.
- Siempre que no sea necesario el uso de casco, e incluso si se puede simultanear, proteger la cabeza del sol con gorras o sombrero de paja.

Para el resto de inclemencias climatológicas:

- Usar ropa o chalecos reflectantes, sobre todo en condiciones de baja visibilidad.
- Utilizar prendas adecuadas a las condiciones adversas como el viento, la lluvia y la nieve: ropa impermeable, chubasquero, calzado de seguridad impermeable, cortavientos, etc.

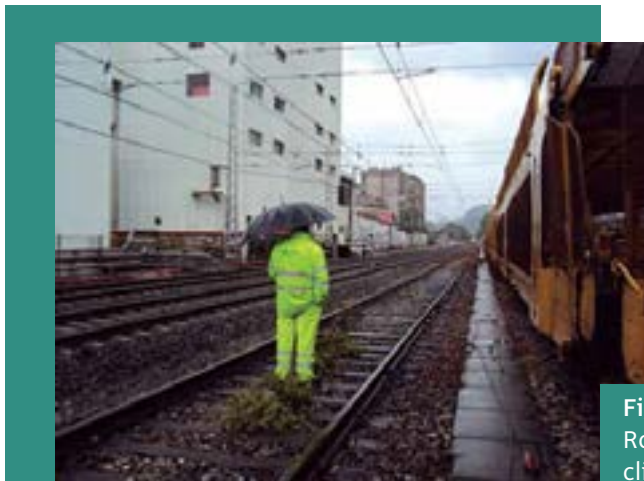


Figura 57.  
Ropa adecuada para condiciones climatológicas adversas. Fuente: TECSA

### e. Normativa

Indicar que, exclusivamente en el Real Decreto 1627/1997, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud en obras de construcción, se establece, en el apartado 8, del anexo IV, sobre temperatura, que: "La temperatura debe ser la adecuada para el organismo humano durante el tiempo de trabajo, cuando las circunstancias lo permitan, teniendo en cuenta los métodos de trabajo que se apliquen y las cargas físicas impuestas a los trabajadores".

## 5.5 EXPOSICIÓN A AGENTES QUÍMICOS

Un agente químico es todo aquel elemento o compuesto químico, por si solo o mezclado, tal como se presenta en estado natural o es producido, utilizado o vertido, incluido el vertido como residuo, en una actividad laboral, se haya elaborado o no de modo intencional y se haya comercializado o no.



Figura 58.  
www.prevensystem.com

Se consideran peligrosos aquellos que pueden causar un riesgo para la seguridad y salud de los trabajadores porque disponen de capacidad para causar daño debido bien a sus propiedades fisicoquímicas, químicas o toxicológicas, bien a la forma en que se utiliza o se halla presente en el lugar de trabajo.

Los agentes químicos se pueden clasificar, atendiendo a diferentes cualidades, en:

- Según su presentación o forma molecular: gases, líquidos, vapores y aerosoles.
- Según los efectos que producen en el organismo: corrosivos (destruyendo los tejidos sobre los que actúa) irritantes (de piel o mucosas), neumoconióticos (alteran los pulmones), asfixiantes (alteran la respiración), anestésicos y narcóticos (alteran el sistema nervioso central), sensibilizantes (provocan alergias y asma), cancerígenos, mutagénicos y teratogénicos o, sistémicos.



Figura 59.  
www.riesgosedetrabajo.com



- Según los riesgos a consecuencia de sus propiedades fisicoquímicas: explosivos, carburentes, extremadamente inflamables, fácilmente inflamables e inflamables.
- Según sus posibles efectos sobre la salud: agudos (el daño aparece al poco tiempo de la exposición y de forma intensa) o crónicos (el daño se presenta con cierta posteridad y es difícil relacionar con la causa).

Así mismo, los agentes químicos pueden penetrar en el organismo:

- Vía dérmica, a través del contacto con la piel.
- Vía respiratoria, a través el aire que se respira por la boca y nariz, hasta los pulmones.
- Vía digestiva, a través de la boca y las mucosidades.
- Vía parental, a través de heridas, llagas, etc.

La vía respiratoria es la vía de penetración de sustancias tóxicas más importante en el medio ambiente de trabajo debido a que el aire que se respira puede ir cargado de contaminantes en forma de polvos, vapores de productos volátiles, aerosoles, humos y gases.

En el caso de la materia particulada, hay que tener en cuenta que su lesividad va a depender de la profundidad de penetración, siendo más dañina la fracción respirable ya que puede llegar a depositarse en los pulmones; cuanto menor es el tamaño de la partícula más facilidad de penetración en el organismo.

#### a. Riesgo por exposición a sustancias peligrosas

El riesgo derivado de la exposición a sustancias peligrosas en los trabajos de instalación y mantenimiento de vías ferroviarias puede tener, principalmente, dos orígenes.

Por un lado estaría, el riesgo de exposición a sustancias químicas, causticas o corrosivas, que habitualmente se produce vía dérmica. Suele darse en los trabajos de renovación de vía donde se procede a la sustitución o renovación de traviesas de madera, que para su conservación han sido tratadas previamente con creosota.



Figura 60.  
Trabajos con traviesas de madera tratadas con creosota. Fuente: COMSA

La **creosota** es un líquido aceitoso, de color negro a marrón, escasamente soluble en agua y de olor característico que recuerda al humo, a la gasolina y el aceite, y, que es sumamente irritante para la piel. Es un compuesto que contiene hidrocarburos aromáticos policíclicos como el benzopireno, clasificado como cancerígeno, mutagénico y tóxico para la reproducción<sup>4</sup>.

La creosota puede tener mayores o menores efectos sobre la salud de los trabajadores en función del tiempo de exposición, la intensidad de la exposición y otros factores personales como la edad o el historial médico. El posible efecto negativo de la creosota en contacto con la piel es la dermatitis: tornarse roja, hincharse, irritarse incluso ampollarse o quemarse.

Otra actividad en la que los operarios pueden entrar en contacto con sustancias causticas o corrosivas es durante los **trabajos de desencofrado**, en los que se emplean uñas metálicas y productos desencofrantes.



**Figura 61.**  
Desencofrado de losa de vía en placa.  
Fuente: COMSA

Los desencofrantes son productos químicos de composición muy variable por lo que los daños para la salud dependerán del tipo de producto utilizado, si bien, por contacto dérmico los efectos comunes son la sensibilización alérgica y las dermatitis.

Por otro lado, estarían los **riesgos derivados de la exposición a agentes nocivos y tóxicos** como son los **aerosoles y gases**. El origen de los mismos puede ser muy variado, siendo los más importantes: el polvo de sílice cristalina presente en la manipulación, carga y descarga del balasto y en las operaciones de desguarnecido; y, la concentración de gases de combustión y humos que provienen de los motores de la maquinaria y de las soldaduras, siendo especialmente relevante en los túneles donde la ventilación es reducida.

Respecto al **polvo de sílice cristalino**, puede producir efectos negativos en dos líneas: por contacto dérmico podría llegar a producir alguna dermatosis, si bien, habría que destacar las lesiones oculares por contacto del polvo con los ojos. Por inhalación de polvo de mineral soluble como es la sílice cristalina,

<sup>4</sup>Clasificado en la categoría 1B, según Reglamento (CE) n° 1272/2008, de 16 de diciembre de 2008, sobre clasificación, etiquetado y envasado de sustancias y mezclas y sus modificaciones posteriores.



que forma parte de la fracción respirable y que por tanto, puede acumularse en los pulmones teniendo consecuencias negativas en la salud de los trabajadores, que pueden ir desde tos e irritaciones de las vías respiratorias, asma y deficiencias respiratorias, hasta la silicosis.



Figura 62.  
Polvo generado durante la descarga de balasto. Fuente: COMSA

Respecto a los **gases de combustión**, comentar que generan atmósferas nocivas en los trabajos de interior de túneles con maquinaria de gasoil, debido a que una combustión incompleta de los motores consume oxígeno y produce monóxido de carbono (CO), y no existe una ventilación adecuada. La inhalación de este gas (incolore e inodoro) es extremadamente peligrosa incluso a concentraciones bajas, ya que puede producir somnolencia, desmayo, asfixia, contaminación de las células e incluso la muerte.

### I. Valores límites de referencia

Los límites de exposición profesional son los valores de referencia, no legales, que no pueden ser superados y con los que han de compararse los valores obtenidos en los muestreos para evaluar y cuantificar los riesgos por inhalación de los agentes químicos y poder establecer las medidas de control necesarias.

En el caso del estudio de las concentraciones de las sustancias químicas en el aire, los valores de referencia a considerar son los **Valores Límite de Exposición Ambiental (VLA)**. Representan condiciones a las cuales se estima que, basándose en los conocimientos e investigaciones más recientes, **la mayoría de los trabajadores expuestos** durante toda su vida laboral a ese agente, **no sufrirán efectos adversos para la salud**.

Hay que tener en cuenta que no hay establecidos VLA para sustancias cancerígenas, mutagénicas, tóxicas para la reproducción, sensibilizantes, disruptores endocrinos o tóxicas persistentes y bioacumulativas, ya que no existe ningún límite de seguridad, directamente hay que eliminar el riesgo evitando la exposición. Este es el caso de la creosota empleada para el tratamiento de la madera.

Existen **valores límite ambiental de exposición diaria (VLA-ED)**, que considerarían una exposición de 8 horas diarias y 40 semanales durante toda la vida laboral, evaluando la probabilidad de que se produzcan efectos crónicos (a largo plazo); y, **valores límite ambiental de exposición de corta duración (VLA-EC)** para períodos cortos de tiempo, evaluando la probabilidad de que se produzcan efectos agudos (a corto plazo). Este último valor no debe ser superado a lo largo de la jornada laboral.

Además de estos valores, es interesante conocer la existencia de los límites de desviación (LD) que son valores determinados mediante consideraciones de carácter estadístico, a través del estudio de la variabilidad observada en gran número de mediciones, que indica valores de exposiciones de corta duración que no deben ser superados, cuando no ha sido posible asignar un VLA-EC.

Así, se establece el valor **3xVLA-ED** como valor que no deberá superarse durante un período de más de 30 minutos en total a lo largo de la jornada de trabajo, y el valor **5xVLA-ED** que no se debe sobrepasar en ningún momento.

## II. Metodología para el cálculo de la exposición a agentes químicos

La metodología para la cuantificación del riesgo derivado de la presencia de contaminantes químicos en los puestos de trabajo implica la medición o toma de muestras de los mismos. La medición permite, mediante un aparato, obtener una lectura directa de la concentración de contaminante/s presente/s; por su parte, el muestreo requiere de la captación de la sustancia química para su envío a laboratorio, quién informará de los agentes químicos existentes.

La medición y el muestreo de los agentes químicos presentes en el puesto de trabajo se puede llevar a cabo de diferentes formas, teniendo en cuenta aspectos como el tipo de instrumentación (lectura directa o toma de muestra), la duración (puntual o continua) o la localización (estática, personal zonal o personal permanente).

Se recomienda utilizar los criterios establecidos en la UNE-EN 689: Atmósferas en el lugar de trabajo. Directrices para la evaluación de la exposición por inhalación de agentes químicos para la comparación con los valores límite y estrategia de medición.

De los datos obtenidos tanto en la medición como en el muestreo se ha de poder obtener un valor de exposición de los trabajadores que sea representativo con toda la jornada laboral real.

La **exposición diaria (ED)** es, uno de los parámetro a tener en cuenta, siendo la concentración media del agente químico en la zona de respiración del trabajador, medida o calculada de forma ponderada con respecto al tiempo real de exposición y referida a una jornada estándar de 8 horas diarias.

$$ED = \frac{\sum c_i t_i}{8} \quad (1)$$

siendo,  $c_i$  las concentraciones medidas en las diferentes muestras y  $t_i$  el tiempo de exposición real, en horas, asociado con cada una de las muestras.

Si bien, en determinadas operaciones resultará complicado realizar mediciones prolongadas por lo que, lo más habitual es utilizar la **exposición de corta duración (EC)** que es la concentración media del agente químico en la zona de respiración del trabajador, medida o calculada para períodos de 15 minutos a lo largo de la jornada laboral. Este valor también interesa para complementar la información obtenida con el valor de ED cuando se trata de agentes químicos cuya toxicidad tiene efectos principalmente de naturaleza crónica.

Lo más habitual es determinar estas concentraciones en los períodos de mayor exposición tomando muestras de 15 minutos de duración cada uno de ellos, coincidiendo de este modo las concentraciones de la muestra con la exposición de corta duración.





Si bien, en algunos casos se obtendrán valores distintos dentro de un mismo período de 15 minutos por lo que el cálculo de EC será:

$$EC = \frac{\sum c_i t_i}{15} (2)$$

Hay que tener en cuenta que para poder calcular la exposición al contaminante es necesario trabajar con concentraciones (mg/m<sup>3</sup>), si bien el laboratorio normalmente aporta datos de peso (mg). En estos casos bastará con dividir el peso total de la sustancia (en gramos) por el volumen de aire que pasó por el filtro o caudal (m<sup>3</sup>).

En la página del Inhst se pueden encontrar calculadoras para determinar las concentraciones de contaminantes químicos: <http://calculadores.insht.es:86/Exposici%C3%B3naagentesqu%C3%ADmicos/Introducci%C3%B3n.aspx>

### III. Número de muestras

La norma UNE EN 689, establece un modelo para saber el número mínimo de muestras que se requiere para un período homogéneo de trabajo, en función de la duración de la muestra. Los datos de esta norma se basan en considerar que el tiempo de muestreo es, aproximadamente, un 25% del tiempo que dura la exposición, siempre que no se produzcan cambios significativos en la exposición.

DURACIÓN DE LA MUESTRA	NÚMERO MÍNIMO DE MUESTRAS POR JORNADA DE TRABAJO
10 s	30
1 min	20
5 min	12
15 min	4
30 min	3
1 h	2
≥ 2 h	1

**Tabla 15.** Número mínimo de muestras por jornada de trabajo en función de la duración de la muestra

Si la duración de una muestra es muy corta supondría la realización de un número importante de muestras individuales por lo que se establece un máximo de 30 muestras por jornada de trabajo. El número de muestra puede disminuirse siempre y cuando el tiempo de exposición sea menor.

### IV. Análisis de los resultados

Los datos obtenidos de la concentración de materia particulada en aire (mg/m<sup>3</sup>) o lo que es lo mismo, la exposición (ED o EC) deben ser comparados con los datos de referencia para el tipo de partícula recolectada (VLA-ED o VLA-EC) y de esta forma evaluar si se supera o no los valores ambientales límites.

Cuando se superen los valores es necesario tomar medidas que reduzcan dicha exposición, en la medida de lo posible reduciendo la emisión de los contaminantes y, como complemento, tomando medidas de protección. Estos aspectos se desarrollan en el apartado correspondiente.

Basándonos en los datos publicados en la Guía de límites de exposición profesional de 2016 del Insht, el VLA para el polvo de sílice cristalina y algunos gases de combustión importantes sería:

Nº CE	CAS	AGENTE QUÍMICO	VALORES DE REFERENCIA				FRASES H
			VLA-ED		VLA-EC		
			ppm	mg/m <sup>3</sup>	ppm	mg/m <sup>3</sup>	
238-455-4	14464-46-1	Sílice cristalina: cristobalita. Fracción respirable.		0,05			
238-878-4	14808-60-7	Sílice cristalina: cuarzo. Fracción respirable.		0,05*			
		Partículas (insolubles o poco solubles no especificadas de otra forma: fracción respirable.		3			
211-128-3	630-08-0	Monóxido de carbono	25	29			220-360D 331-314
231-195-2	7446-09-5	Dióxido de azufre	0,5	1,32	1	2,64	331-314
233-272-6	10102-44-0	Dióxido de nitrógeno	3	5,7	5	9,6	270-330-314
200-812-7	74-82-8	Metano	1.000				220
231-977-3	7783-06-4	Sulfuro de hidrógeno	5	7	10	14	220-330-400

\*Dato actualizado en 2015.

Tabla 16. Valores de referencia para algunos contaminantes químicos

Por último, comentar que siguiendo la metodología de la UNE-EN-689, se puede determinar la periodicidad con la que se deberían realizar nuevas mediciones. Para ello, se calcula el índice de exposición que relaciona la exposición diaria (ED) con el valor límite ambiental de referencia (VLA-ED):

$$I = \frac{ED}{VLA-ED} \quad (3)$$

En función del valor del índice de exposición medio se establecen unos niveles de riesgo y la periodicidad con la que se debe realizar la medición:

NIVEL	ÍNDICE DE EXPOSICIÓN MEDIO	PERIODICIDAD
0	$I \leq 0,15$	No necesaria*
1	$0,15 < I \leq 0,25$	24 meses
2	$0,25 < I \leq 0,50$	18 meses
3	$0,50 < I \leq 0,75$	12 meses
4	$0,75 < I \leq 1,00$	6 meses

\*Se exceptúan los agentes químicos cancerígenos o mutagénicos, en cuyo caso se debe repetir con una periodicidad no superior a 3 años.

Tabla 17. Periodicidad de con la que se debe realizar la medición a exposición a agentes químicos



El índice de exposición medio se debe calcular cada vez que se hacen las mediciones periódicas por si fuera necesario modificar la periodicidad de las mediciones.

Cuando se mide la exposición a varios contaminantes que ejercen una misma acción sobre el organismo, su efecto combinado se considera aditivo; por ello, el índice de exposición total será la suma de cada uno de los individuales. Si el valor supera 1 ha de entenderse que se supera el VLA para la mezcla.

## V. Medición de la materia particulada (fracción respirable) y sílice cristalina

La medición de la fracción respirable de polvo en suspensión en el aire se basa en recoger la muestra haciendo pasar un volumen conocido de aire a través de un muestreado que incorpora un elemento de retención adecuado (separador de tamaños de partícula y un filtro de membrana), con la ayuda de una bomba de muestreo personal.

La cantidad de polvo retenido en el elemento de retención (mg), se obtiene como la diferencia entre la pesada del elemento de retención posterior menos la previa al muestreo. Con dicha cantidad y, teniendo en cuenta el volumen de aire muestreado, se calcula la concentración de materia particulada en aire ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ).

### ■ Instrumentación

Para la toma de las muestras se requiere la siguiente instrumentación genérica que, en función del método seleccionado, variará su composición final:

- **Bomba de muestreo.** Se requiere una bomba capaz de mantener un funcionamiento continuado durante todo el tiempo de muestreo requerido. Las bombas deben cumplir las especificaciones de la norma UNE-EN 1232. Bombas para el muestreo personal de los agentes químicos. Requisitos y métodos de ensayo.



Figura 63.  
Equipo de muestreo personal.  
Fuente: [www.pce-iberica.es](http://www.pce-iberica.es)

- **Muestreador.** Dispositivo diseñado para captar el aerosol (la fracción respirable).
- **Medidor de caudal.** Para la calibración de la bomba de muestreo, calibrado frente a un patrón primario. Nota: Se recomienda el empleo de un medidor de caudal de burbuja ya que sus lecturas son independientes de la temperatura y la presión atmosférica (CEN/TR 15230) (10.12).
- **Elemento de retención.** Se trata de un filtro, espuma u otro que garantice una eficacia de retención no inferior al 99% del aerosol, en este caso asegurando la recogida de la fracción respirable de la materia particulada.
- **Medidor de tiempo.**

### ■ Metodología para la toma de muestras

La metodología de muestreo, en general, se podría describir como homogénea para todos los métodos existentes, diferenciándose el tipo de muestreador y elemento de retención a utilizar. Los pasos comunes para la medición serían:

En primer lugar, se ha de calibrar la bomba de muestreo con el medidor de caudal, al caudal requerido y empleando un muestreador y sistema de retención del mismo lote del que se va a utilizar en la toma de datos. Se recomienda anotar la temperatura y la presión ambiental por si fuera necesario posteriormente realizar algún tipo de corrección.

De igual modo, se ha de montar el elemento de retención en el muestreador, revisando previamente su buen estado, limpieza y sequedad, desechando aquellos que contengan algún desperfecto. El montaje del elemento de retención se debe realizar con mucho cuidado para no tocar el elemento de retención; se aconseja el uso de pinzas con puntas planas. El conjunto muestreador-elemento de retención debe permanecer cerrado hasta el comienzo del muestreo.

Una vez hecho lo anterior, se deben retirar las protecciones del muestreador y conectarlo a la bomba de muestreo mediante un tubo flexible, de goma o plástico, de longitud y diámetro adecuado, a fin de evitar estrangulamientos y fugas en las conexiones.

Los muestreos pueden ser en emplazamientos fijos o en personas. En el primer caso se debe elegir la ubicación adecuada. En el segundo caso se debe colocar el muestreador en la zona de respiración del trabajador bien sujeto (por ejemplo, en la solapa) y la bomba de muestreo en el cinturón o en cualquier otro lugar apropiado de la ropa del trabajador evitando estrangulamientos del tubo.

A continuación se inicia el muestreo poniendo en marcha la bomba y anotando la hora de comienzo y el caudal.

Una vez finalizada la toma de la muestra se anota el tiempo transcurrido desde el comienzo. Respecto al tiempo de muestreo, éste tiene que ser representativo de la duración de la exposición de los trabajadores, por lo que se hará el mayor tiempo posible pero evitando que el elemento de retención se colmate.

Se retira el muestreador y se cierra para evitar pérdidas o contaminaciones. Se registra la referencia de la muestra y todos los datos relativos al muestreo.

Antes de concluir, se debe comprobar la validez de la muestra verificando el caudal de la bomba tras el muestro. Para ello se utiliza el mismo muestreador y elemento de retención utilizado en la calibración inicial. Respecto al caudal, éste se ha de mantener constante dentro de un intervalo de  $\pm 5\%$  del caudal fijado durante su calibración para que sea válido.

Por último, se envían las muestras al laboratorio teniendo en cuenta que por cada lote de muestras tomadas en las mismas condiciones, se deben adjuntar elementos de retención sometidos a la misma manipulación pero, a través de los cuales no se ha hecho pasar el aire; son los denominados elementos de retención blancos. En el laboratorio utilizarán diferentes métodos o técnicas analíticas (por ejemplo, método gravimétrico para la materia particulada).



■ **Ejemplo de la evaluación de la exposición a materia particulada (fracción respirable) y sílice cristalina (fracción respirable)**<sup>5</sup>

Se requiere evaluar la exposición de una serie de trabajadores mientras realizan las operaciones de bateo, alineación, perfilado y desguarnecido de una vía ferroviaria de balasto.

Para ello se decide el muestreo personalizado en un total de 3 trabajadores, con unos tiempos de exposición de 7 horas, dentro de una jornada habitual de trabajo de 8 horas (la hora restante se dedica a descanso). El caudal utilizado es de 0,195 m<sup>3</sup>.

Las muestras obtenidas son enviadas al laboratorio quienes, tras utilizar diferentes métodos analíticos, determinan que la fracción respirable de materia particulada es de 0,20, 0,25 y 0,25 para cada muestra y la sílice cristalina es de 0,005, 0,004 y 0,004.

Teniendo en cuenta el caudal de aire de la bomba de aspiración, las concentraciones serían:

	Agente químico	PESO (mg)	VOLUMEN (m <sup>3</sup> )	CONCENTRACIÓN (mg/m <sup>3</sup> )*
Muestra 1	Materia particulada-fracción respirable	0,20	0,195	<b>1,03</b>
	Sílice cristalina respirable	0,005	0,195	<b>0,025</b>
Muestra 2	Materia particulada- fracción respirable	0,25	0,195	<b>1,28</b>
	Sílice cristalina respirable	0,004	0,195	<b>0,015</b>
Muestra 3	Materia particulada- fracción respirable	0,25	0,195	<b>1,28</b>
	Sílice cristalina respirable	0,004	0,195	<b>0,020</b>

\*C=Peso total obtenido en laboratorio /volumen o caudal que pasa por el filtro

<sup>5</sup>Al igual que en el caso del ruido, los ejemplos que se verán en este documento no se corresponden con la realidad, sino que han sido pensados como ejemplo demostrativo.

La exposición diaria (ED) y el índice de exposición, teniendo en cuenta los tiempos de medición y utilizando las expresiones 1 y 3 respectivamente, serán:

	Agente químico	CONCENTRACIÓN (mg/m <sup>3</sup> )*	T (h)	ED (mg/m <sup>3</sup> )	I (ED/VLA-ED*)
Muestra 1	Materia particulada-fracción respirable	1,03	7	0,90	0,3
	Sílice cristalina respirable	0,025		0,022	0,44
Muestra 2	Materia particulada- fracción respirable	1,28	7	1,12	0,37
	Sílice cristalina respirable	0,015		0,013	0,26
Muestra 3	Materia particulada- fracción respirable	1,28	7	1,12	0,37
	Sílice cristalina respirable	0,020		0,017	0,34

\*Siendo el VLA-ED para la materia particulada-fracción respirable de 3 mg/m<sup>3</sup> y el VLA-ED de la sílice cristalina de 0,05 mg/m<sup>3</sup>.

Si comparamos la exposición diaria (ED) con el valor límite ambiental de exposición diaria (VLA-ED) se puede concluir que, **la exposición por inhalación de sílice cristalina es inferior al valor límite de referencia**, por lo que se entiende que no hay un riesgo potencial y los trabajadores están protegidos frente a este riesgo.

Respecto al índice de exposición, que indicará la periodicidad con la que volver a repetir esta evaluación, en los tres casos se encuentra en el intervalo  $0,25 < I \leq 0,50$  correspondiendo con el **nivel 2**, por lo que **se recomienda hacer nuevas mediciones cada 18 meses**.

## VI. Medición de la concentración de gases de combustión

La medición de la concentración de gases de combustión en el interior de túneles (que es el lugar más desfavorable), se basa en la obtención de datos directos en el lugar de exposición, que informan de la calidad del aire.

Inicialmente se recomienda hacer una primera medición de la calidad interior del aire en el túnel con el fin de detectar posibles concentraciones de contaminantes que puedan ser causas de daños a la salud de los trabajadores. Esta primera medición se puede hacer con dispositivos colorimétricos o con detectores de gases. Además aporta una aproximación del tipo de atmósfera a encontrar en el interior y así poder tomar decisiones sobre el método e instrumentación a utilizar en las mediciones.

El principal indicador de la calidad del aire es la presencia de oxígeno. El aire contiene un 21% de oxígeno; por debajo de esta concentración se van produciendo síntomas de asfixia que se irán agravando conforme disminuye ese porcentaje. La falta de oxígeno se puede deber a un consumo del mismo sin su renovación o a un desplazamiento de éste por otros gases.



En la siguiente tabla se indica la relación entre las concentraciones de oxígeno presentes en el aire, el tiempo de exposición y los efectos que producen:

CONCENTRACIÓN DE O <sub>2</sub> %	TIEMPO DE EXPOSICIÓN	CONSECUENCIAS*
21	Indefinido	Concentración normal de oxígeno en el aire.
20,5	No definido	Concentración mínima para entrar sin equipos con suministro de aire.
18	No definido	Se considera atmósfera deficiente en oxígeno según normativa norteamericana ANSI Z117.1-1977. Problemas de coordinación muscular y aceleración del ritmo respiratorio.
17	No definido	Riesgo de pérdida de conocimiento sin signo de precursor.
12-16	Segundos a minutos	Vértigo, dolores de cabeza, disneas e incluso alto riesgo de inconsciencia.
6-10	Segundos a minutos	Náuseas, pérdida de conciencia seguida de muerte en 6-8 minutos.

\*Las señales de aviso de una concentración bajo de oxígeno no se advierte fácilmente y no son de fiar excepto para individuos muy adiestrados. La mayoría de las personas son incapaces de reconocer el peligro hasta que ya están demasiado débiles para escapar por sí mismas.

**Tabla 18.** Consecuencias en función de las concentraciones. Fuente: NTP 223. Trabajos en recintos confinados. Inhst

Cuando la concentración de oxígeno supera el 23,5% se considera que la atmósfera está sobreoxigenada y podría volverse inestable.

Uno de los agentes más peligrosos que desplaza al oxígeno y que se produce por una mala combustión de los motores diésel es el monóxido de carbono. Se empieza a notar malestar en concentraciones de 200 ppm de CO por 3 horas, pelagra la vida en concentraciones de 1.500 ppm por exposición de una hora y se produce el colapso o la muerte con niveles de 4.000 ppm.

Además de la deficiencia de oxígeno en el interior de los túneles es necesario controlar la existencia de atmósferas explosivas. Éstas aparecen cuando la concentración de los gases combustibles supera el 25% del límite inferior de inflamabilidad o explosividad (LEL) y hay presencia de oxígeno suficiente. Para el control de este riesgo normalmente se utiliza un detector de gases denominado explosímetro que aporta valores de concentración del gas explosivo (principalmente metano -CH<sub>4</sub>), en forma de % LEL (límite inferior de explosividad que se expresa como porcentaje en volumen de vapor en el aire a la temperatura de 20 °C).

### ■ Instrumentación

El control de los diferentes niveles de gases de combustión tales como el nivel de oxígeno, de monóxido de carbono o de dióxido de nitrógeno suele realizarse mediante mediciones con un detector de gases (normalmente múltiple) que dispone una pantalla de lectura directa y de una señal sonora y lumínica programable para que avise cuando se alcancen los límites no deseables.



Figura 64.  
Detectores de gases portátiles.  
Fuente: [www.pce-iberica.es](http://www.pce-iberica.es)

También puede hacerse a través de tubos o tiras colorimétricas que son viales que contienen una preparación química que, al hacer pasar el caudal de aire a través de una bomba manual, reacciona cambiando de color. La mayoría de los tubos colorimétricos están graduados de tal manera que la longitud del tubo que ha cambiado de color indica la concentración de la sustancia medida. La lectura del tubo debe hacerse inmediatamente después de la toma de la muestra ya que la coloración y extensión de la mancha del reactivo pueden variar con el tiempo.

Se suelen utilizar para detectar focos de contaminación y posibles fugas, determinar picos de concentración, para mediciones puntuales o de corta duración y estimaciones de los niveles de concentración, etc.; aunque también los hay de larga duración para medir la exposición laboral.

Son más económicos y su uso es más sencillo pero suelen ser menos precisos y no tienen avisadores en caso de superarse los valores permisibles. Además, se utiliza un tubo para cada gas a detectar, tienen fecha de caducidad y son de un solo uso luego hay que controlar el stock de los mismos.



Figura 65.  
Tubos colorimétricos.  
Fuente: [www.vestuario-laboral.com](http://www.vestuario-laboral.com)





### ■ Ejemplo de la evaluación de la exposición a gases de combustión en el interior de túneles

Se realiza una medición de la calidad del aire en el interior de un túnel ferroviario donde se están llevando a cabo actividades de mantenimiento mediante uso de maquinaria con motor de combustión diésel. Para garantizar la seguridad y salud de los trabajadores se miden principalmente niveles de  $O_2$  y CO y, dado que el detector utilizado también tiene sensor para medir los gases de  $H_2S$  y de  $CH_4$ , se aprovechan las lecturas para conocer la atmósfera laboral.

Las mediciones se hacen durante aproximadamente 45 minutos dentro de una jornada normal de 8 horas con descanso de 30 minutos. Aunque los datos tomados serían de esa hora, se debería utilizar el detector durante la jornada completa de trabajo con el fin de detectar alguna fuga o condición que vicie o haga irrespirable la atmósfera.

Los datos obtenidos son:

- Concentración de  $O_2$  (%): 20,9.
- Concentración de CO (ppm): 1
- Concentración de  $H_2S$  (ppm): 0,1
- Concentración de  $CH_4$  (LEL): 0

Teniendo en cuenta las expresiones (1) y (3) para el cálculo de la exposición diaria (ED) y del índice de exposición (I) respectivamente, los resultados medios obtenidos son:

AGENTE QUÍMICO	CONCENTRACIÓN	T (h)	ED (ppm)	ÍNDICE EXPOSICIÓN*
$O_2$	20,9 %	0,75	-	-
CO	1 ppm		0,94	0,037
$H_2S$	0,1 ppm		0,09	0,019
$CH_4$	0		0	0

\*Siendo el VLA-ED para el  $H_2S$  de 5 ppm y el VLA-ED del CO de 25 ppm.

Respecto del oxígeno se observa que se encuentra en un porcentaje adecuado, no se considera una atmósfera ni sobreoxigenada (potencialmente explosiva) ni con déficit de oxígeno (asfixiante) por lo que permite el trabajo sin restricciones.

Respecto al resto de gases contaminantes, si comparamos exposición diaria (ED) con los valores límites ambientales de exposición diaria (VLA-ED) se puede concluir que, los trabajadores la exposición de los **trabajadores a gases tóxicos es moderada**, por lo que se entiende que no hay un riesgo potencial y los trabajadores están protegidos frente a este riesgo.

En cuanto al índice de exposición, en ambos casos, se encuentra por debajo del valor  $I \leq 0,15$  correspondiendo con el **nivel 0**, por lo que **en principio no es necesario repetir mediciones**.

Así mismo, no se detecta la existencia de gases explosivos dado que el valor de LEL para el metano es cero.

<sup>6</sup> Al igual que los otros ejemplos del documento, se trata de una situación no real, es decir, no se basa en una medición real de datos.

La conclusión es que la atmósfera interior en este túnel es estable y no presenta riesgo para la seguridad y salud de los trabajadores mientras se mantengan las mismas condiciones de trabajo. Así mismo, habrá que controlar que la combustión de la maquinaria sigue siendo adecuada para que no aumente la emisión de gas CO.

#### **b. Medidas preventivas para evitar el riesgo por exposición a agentes químicos**

Para prevenir los riesgos derivados de la exposición a agentes químicos, el empresario deberá garantizar que **en ningún momento se sobrepasen los valores límites ambientales (VLA)** en el lugar de trabajo, mediante la evaluación de riesgos de las tareas y/o puestos de trabajo donde pueda darse dicha exposición y la implantación de programas de medidas técnicas de eliminación de los agentes químicos.

Como recomendación para las empresas, dado que los límites superiores permitidos están establecidos por la legislación, es una buena solución desarrollar procedimientos de trabajo e instrucciones que, a ser posible, restrinjan más estos niveles.

La **mecanización**, siempre que sea posible, de las operaciones donde se concentren contaminantes químicos y el **alejamiento de los trabajadores** de la zona de mayor acumulación, sobre todo de aquellos que no estén implicados en las operaciones, son algunas de estas medidas técnicas.



**Figura 66.**  
Colocación de parejas de traviesas de madera mediante medios mecánicos. Fuente: COMSA

Otras medidas serían la organización del trabajo de forma que se disminuya la exposición real de los trabajadores a las sustancias químicas. Algunas de las medidas relacionadas con la organización del trabajo serían: la **rotación de puestos** en las tareas de mayor exposición, de forma que el tiempo de exposición diario de los trabajadores se reduzca sin interferir en el ritmo normal de trabajo y la realización de pausas en lugares con una calidad de aire adecuada.

Respecto de las medidas preventivas para minimizar los **riesgos derivados de la exposición a sustancias causticas y corrosivas**, destacar que la manipulación de las maderas (creosota) y la aplicación de los productos desencofrantes se deben realizar con las **manos protegidas con guantes** y, una vez concluido un determinado tajo se debe eliminar todo el material sobrante y apilarlo en un lugar definido expresamente para ello.



Los productos químicos se deben almacenar y transportar en envases apropiados y que estén correctamente etiquetados, eliminando de forma responsable aquellos recipientes o bidones que se encuentren vacíos.

Si se diese el caso de irritación de la piel por contacto con alguna de estas sustancias, se lavará con abundante agua y se controlará la irritación por si hubiese que acudir al médico.

En cuanto a las medidas a aplicar para prevenir los daños en la salud de los trabajadores derivados de la exposición a **sustancias nocivas y tóxicas** -como es el **polvo del balasto**-, se debe intentar evitar la formación del mismo humedeciendo éste antes de cargarlo o descargarlo. También se llevará a cabo del riego del balasto en las operaciones de bateo, perfilado y desguarnecido, sobre todo en trabajos en el interior de túneles.



Figura 67.  
Riego de balasto. Fuente: VÍAS

Otra medida para evitar este riesgo sería el empleo de maquinaria portátil de baja velocidad y, cuando se trabaje con maquinaria, garantizar el aislamiento de las cabinas y de los puestos de mando.

Así mismo, se recomienda que las operaciones de mantenimiento y limpieza de la maquinaria y equipos de trabajo se realicen mediante métodos húmedos o por aspiración. El repostaje de depósitos se debe hacer con el motor parado y respetando la prohibición de fumar.

**En los trabajos en interior de túneles ferroviarios, la detección precoz de atmósferas nocivas es la principal medida de prevención y protección de los trabajadores frente a los riesgos de asfixia o envenenamiento por la existencia de gases nocivos. Para ello, se deberán realizar mediciones periódicas de la calidad del aire, controlando principalmente agentes como son el oxígeno ( $O_2$ ) y monóxido de carbono (CO) y, en menor medida metano ( $CH_4$ ) y otros gases nocivos que puedan estar presentes según las características de la obra.**



Figura 68.  
Trabajos en túneles. Fuente: COMSA

Se debe garantizar una calidad de aire interior adecuada, por lo que, cuando la ventilación sea insuficiente se deben instalar, siempre que sea posible, **ventiladores o extractores de polvo y gases**. De igual forma, se deberán emplear filtros catalíticos en el escape de gases de las máquinas ligeras y pesadas.

Cabe la posibilidad de planificar los trabajos de modo que el número de máquinas trabajando simultáneamente dentro del túnel sea tal, que los gases que emitan no resulten nocivos para los trabajadores.

En el interior de los túneles se prestará especial atención al riego del balasto para evitar la acumulación de polvo.

Cuando se excedan los niveles permitidos no se debe trabajar ni permanecer. Por ello, cuando se sospeche que las condiciones no son adecuadas se debe realizar una medición y comprobar los niveles de los principales gases nocivos.

En el caso de exposición a agentes químicos, la higiene personal cobra mucha importancia para prevenir el contacto con sustancias tóxicas, por ello se deben lavar bien las manos tras la manipulación de dichos productos y evitar el roce con la ropa sucia.

No olvidar tampoco que para prevenir estos riesgos es necesaria una adecuada formación e información de los trabajadores así como la vigilancia periódica de la salud de los mismos, siguiendo los protocolos médicos establecidos para la exposición a cada uno de los contaminantes tóxicos.

### **c. Medios de protección individual**

Cuando las medidas de prevención y protección colectiva no sean suficientes para reducir el riesgo hasta un nivel aceptable, se deben emplear equipos de protección individual.

Se utilizarán guantes de protección química de látex o goma desechables para la manipulación de la madera creosotada o para en trabajos con aceites, combustibles, desencofrantes y cualquier otro producto químico. En la comprobación del nivel de líquido de las baterías se recomienda el uso de guantes de manguito largo de neopreno.

Se emplearán mascarillas autofiltrantes de protección FFP2 o FFP3 adecuadas para cada contaminante químico (polvo de sílice, disolventes, pintura, etc.) en los trabajos de carga y descarga de balasto y trabajando cerca de la desguarnecedora. También en trabajos en el interior de túneles.



Se usarán gafas de protección para la manipulación de productos desencofrantes, aceites, disolventes, pinturas...

Por último, podrá equiparse a los trabajadores con protectores respiratorios autónomos cuando las condiciones lo requieran y en casos puntuales y para trabajos de corta duración.

#### d. Normativa

El **Real Decreto 374/2001, de 6 de abril**, tiene por objeto, en el marco de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, establecer las disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos que estén o puedan estar presentes en el lugar de trabajo.

Respecto a la necesidad de evaluar los riesgos, en su **artículo 3**, establece que:

1. El empresario deberá determinar, en primer lugar, si existen agentes químicos peligrosos en el lugar de trabajo. Si así fuera, se deberán **evaluar los riesgos** para la salud y seguridad de los trabajadores, originados por dichos agentes, de conformidad con el artículo 16 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales y la Sección 1ª del Capítulo II del Reglamento de los Servicios de Prevención, considerando y analizando conjuntamente:
  - a) Sus **propiedades peligrosas** y cualquier otra información necesaria para la evaluación de los riesgos, que deba facilitar el proveedor, o que pueda recabarse de éste o de cualquier otra fuente de información de fácil acceso. Esta información debe incluir la **ficha de datos de seguridad** y, cuando proceda, la evaluación de los riesgos para los usuarios, contempladas en la normativa sobre comercialización de agentes químicos peligrosos.
  - b) Los **Valores Límite Ambientales** y Biológicos.
  - c) Las cantidades utilizadas o almacenadas de los agentes químicos.
  - d) El **tipo, nivel y duración de la exposición** de los trabajadores a los agentes y cualquier otro factor que condicione la magnitud de los riesgos derivados de dicha exposición, así como las exposiciones accidentales.
  - e) Cualquier otra condición de trabajo que influya sobre otros riesgos relacionados con la presencia de los agentes en el lugar de trabajo y, específicamente, con los peligros de incendio o explosión.
  - f) El efecto de las medidas preventivas adoptadas o que deban adoptarse.
  - g) Las **conclusiones de los resultados de la vigilancia de la salud** de los trabajadores que, en su caso, se haya realizado y los accidentes o incidentes causados o potenciados por la presencia de los agentes en el lugar de trabajo.
2. La evaluación del riesgo deberá incluir la de todas aquellas actividades, tales como las de mantenimiento o reparación, cuya realización pueda suponer un riesgo para la seguridad y salud de los trabajadores, por la posibilidad de que se produzcan exposiciones de importancia, o por otras razones, aunque se hayan tomado todas las medidas técnicas pertinentes.
3. Cuando los resultados de la evaluación revelen un riesgo para la salud y la seguridad de los trabajadores, serán de aplicación las medidas específicas de prevención, protección y vigilancia de la salud establecidas en los artículos 5, 6 y 7.

No obstante, dichas medidas específicas no serán de aplicación en aquellos supuestos en que los resultados de la evaluación de riesgos pongan de manifiesto que la cantidad de un agente químico peligroso presente en el lugar de trabajo hace que sólo exista un riesgo leve para la salud y seguridad de los trabajadores, siendo suficiente para reducir dicho riesgo la aplicación de los principios de prevención establecidos en el artículo 4.

4. En cualquier caso, los artículos 5 y 6 se aplicarán obligatoriamente cuando se superen:
- Los **Valores Límite Ambientales** establecidos en el Anexo I de este Real Decreto o en una normativa específica aplicable.
  - En **ausencia de los anteriores**, los Valores Límite Ambientales publicados por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo en el "Documento sobre Límites de Exposición Profesional para Agentes Químicos en España" cuya aplicación sea recomendada por la Comisión Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo, salvo si puede demostrarse que se utilizan y respetan unos criterios o límites alternativos cuya aplicación resulte suficiente, en el caso concreto de que se trate, para proteger la salud y seguridad de los trabajadores.
5. La evaluación de los riesgos derivados de la **exposición por inhalación a un agente químico peligroso deberá incluir la medición de las concentraciones del agente en el aire, en la zona de respiración del trabajador, y su posterior comparación con el Valor Límite Ambiental** que corresponda según lo dispuesto en el apartado anterior. El procedimiento de medición utilizado deberá adaptarse, por tanto, a la naturaleza de dicho Valor Límite.

El procedimiento de medición y, concretamente, la estrategia de medición (el número, duración y oportunidad de las mediciones) y el método de medición (incluidos, en su caso, los requisitos exigibles a los instrumentos de medida) se establecerán siguiendo la normativa específica que sea de aplicación o, en ausencia de ésta, conforme a lo dispuesto en el artículo 5.3 del Reglamento de los Servicios de Prevención.

Las mediciones a las que se refieren los párrafos anteriores **no serán sin embargo necesarias**, cuando el empresario demuestre claramente por otros medios de evaluación que **se ha logrado una adecuada prevención y protección**, de conformidad con lo dispuesto en el apartado 1 de este artículo.

(...)

Para **prevenir los riesgos** detectados en la evaluación de riesgos, en su artículo 4 indica que "los riesgos para la salud y la seguridad de los trabajadores en trabajos en los que haya actividad con agentes químicos peligrosos se eliminarán o reducirán al mínimo mediante:"

- La **concepción y organización de los sistemas de trabajo** en el lugar de trabajo.
- La selección e instalación de los equipos de trabajo.
- El establecimiento de los **procedimientos adecuados para el uso y mantenimiento** de los equipos utilizados para trabajar con agentes químicos peligrosos, así como para la realización de cualquier actividad con agentes químicos peligrosos, o con residuos que los contengan, incluidas la manipulación, el almacenamiento y el traslado de los mismos en el lugar de trabajo.
- La adopción de **medidas higiénicas adecuadas**, tanto personales como de orden y limpieza.
- La **reducción de las cantidades de agentes químicos peligrosos** presentes en el lugar de trabajo al mínimo necesario para el tipo de trabajo de que se trate.
- La **reducción al mínimo del número de trabajadores expuestos** o que puedan estarlo.
- La **reducción al mínimo de la duración e intensidad de las exposiciones**.



Y en su **artículo 5**, establece las medidas específicas de prevención y protección a aplicar cuando así lo establezca la evaluación de riesgos:

5.2. El empresario garantizará la eliminación o reducción al mínimo del riesgo que entrañe un agente químico peligroso para la salud y seguridad de los trabajadores durante el trabajo. Para ello, el empresario deberá, preferentemente, evitar el uso de dicho agente sustituyéndolo por otro o por un proceso químico que, con arreglo a sus condiciones de uso, no sea peligroso o lo sea en menor grado.

Cuando la naturaleza de la actividad no permita la eliminación del riesgo por sustitución, el empresario garantizará la reducción al mínimo de dicho riesgo aplicando medidas de prevención y protección que sean coherentes con la evaluación de los riesgos.

Dichas medidas incluirán, por orden de prioridad:

- a) La concepción y la utilización de **procedimientos de trabajo, controles técnicos, equipos y materiales** que permitan, aislando al agente en la medida de lo posible, **evitar o reducir** al mínimo cualquier **escape o difusión al ambiente o cualquier contacto directo con el trabajador** que pueda suponer un peligro para la salud y seguridad de éste.
- b) **Medidas de ventilación u otras medidas de protección colectiva**, aplicadas preferentemente en el origen del riesgo, y medidas adecuadas de organización del trabajo.
- c) **Medidas de protección individual**, acordes con lo dispuesto en la normativa sobre utilización de equipos de protección individual, cuando las medidas anteriores sean insuficientes y la exposición o contacto con el agente no pueda evitarse por otros medios.

(...)

5.3. (...) En particular, el empresario adoptará, por orden de prioridad, medidas para:

- a) Impedir la presencia en el lugar de trabajo de concentraciones peligrosas de sustancias inflamables o de cantidades peligrosas de sustancias químicamente inestables o incompatibles con otras también presentes en el lugar de trabajo cuando la naturaleza del trabajo lo permita.
- b) Cuando la naturaleza del trabajo no permita la adopción de la medida prevista en el apartado anterior, evitar las fuentes de ignición que pudieran producir incendios o explosiones o condiciones adversas que pudieran activar la descomposición de sustancias químicamente inestables o mezclas de sustancias químicamente incompatibles.
- c) Paliar los efectos nocivos para la salud y la seguridad de los trabajadores originados en caso de incendio, explosión u otra reacción exotérmica peligrosa.

(...)

En cuanto a la vigilancia de la salud, el empresario debe garantizar una vigilancia adecuada y específica en la salud de los trabajadores en relación con los riesgos por exposición a agentes cancerígenos o mutagénicos, realizada por personal sanitario competente, según determinen las autoridades sanitarias en las pautas u protocolos que se elabore. Así en el **artículo 6** establece:

1. Cuando la evaluación de riesgos ponga de manifiesto la existencia de un riesgo para la salud de los trabajadores, el empresario deberá llevar a cabo una vigilancia de la salud de dichos trabajadores, de conformidad con lo dispuesto en el presente artículo y en el artículo 22 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales y apartado 3 del artículo 37 del Reglamento de los Servicios de Prevención.

2. La vigilancia de la salud se considerará adecuada cuando se cumplan todas las condiciones siguientes:

- a) La exposición del trabajador al agente químico peligroso pueda relacionarse con una determinada enfermedad o efecto adverso para la salud.
- b) Exista la probabilidad de que esa enfermedad o efecto adverso se produzca en las condiciones de trabajo concretas en las que el trabajador desarrolle su actividad.
- c) Existan técnicas de investigación válidas para detectar síntomas de dicha enfermedad o efectos adversos para la salud, cuya utilización entrañe escaso riesgo para el trabajador.

3. La vigilancia de la salud será un requisito obligatorio para trabajar con un agente químico cuando así esté establecido en una disposición legal o cuando resulte imprescindible para evaluar los efectos de las condiciones de trabajo sobre la salud del trabajador debido a que:

- a) No pueda garantizarse que la exposición del trabajador a dicho agente está suficientemente controlada.
- b) El trabajador, teniendo en cuenta sus características personales, su estado biológico y su posible situación de discapacidad, y la naturaleza del agente, pueda presentar o desarrollar una especial sensibilidad frente al mismo.

4. Cuando, de acuerdo con lo dispuesto en el apartado anterior, la vigilancia de la salud sea un requisito obligatorio para trabajar con un agente químico, deberá informarse al trabajador de este requisito, antes de que le sea asignada la tarea que entrañe riesgos de exposición al agente químico en cuestión.

(...)

7. En los casos en los que la vigilancia de la salud muestre que:

- a) un trabajador padece una enfermedad identificable o unos efectos nocivos que, en opinión del médico responsable, son consecuencia de una exposición a un agente químico peligroso, o
- b) se supera un valor límite biológico de los indicados en el Anexo II, el médico responsable u otro personal sanitario competente informará personalmente al trabajador del resultado de dicha vigilancia. Esta información incluirá, cuando proceda, los consejos relativos a la vigilancia de la salud a la que el trabajador deberá someterse al finalizar la exposición, teniendo en cuenta, a este respecto, lo dispuesto en el párrafo e) del apartado 3 del artículo 37 del Reglamento de los Servicios de Prevención.

En su **artículo 9**, habla de la necesidad de **informar y formar** a los trabajadores:

1. De conformidad con los artículos 18 y 19 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, el empresario deberá garantizar que los trabajadores y los representantes de los trabajadores reciban una formación e información adecuadas sobre los riesgos derivados de la presencia de agentes químicos peligrosos en el lugar de trabajo, así como sobre las medidas de prevención y protección que hayan de adoptarse en aplicación del presente Real Decreto.

2. En particular, el empresario deberá facilitar a los trabajadores o a sus representantes, siguiendo el criterio establecido en el apartado 1 del artículo 18 de la mencionada Ley:

- a) Los resultados de la evaluación de los riesgos contemplada en el artículo 3 del presente Real Decreto, así como los cambios en dichos resultados que se produzcan como consecuencia de alteraciones importantes de las condiciones de trabajo;





- b) Información sobre los agentes químicos peligrosos presentes en el lugar de trabajo, tales como su denominación, los riesgos para la seguridad y la salud, los valores límite de exposición profesional y otros requisitos legales que les sean de aplicación;
  - c) Formación e información sobre las precauciones y medidas adecuadas que deban adoptarse con objeto de protegerse a sí mismos y a los demás trabajadores en el lugar de trabajo.
  - d) Acceso a toda ficha técnica facilitada por el proveedor, conforme a lo dispuesto en la normativa sobre clasificación, envasado y etiquetado de sustancias y preparados peligrosos
3. La información deberá ser facilitada en la forma adecuada, teniendo en cuenta su volumen, complejidad y frecuencia de utilización, así como la naturaleza y nivel de los riesgos que la evaluación haya puesto de manifiesto; dependiendo de estos factores, podrá ser necesario proporcionar instrucciones y formación individuales respaldadas por información escrita, o podrá bastar la comunicación verbal. La información deberá ser actualizada siempre que sea necesario tener en cuenta nuevas circunstancias.

En línea con el apartado 4 del artículo 3 de este RD 374/2004 y, respecto a los valores límites de referencia, siguiendo lo establecido en el artículo 5 del Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, Reglamento de los Servicios de Prevención, el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (Insht) publicó en 1998 un documento en el que se indican “**Valores Límite de Exposición Profesional para Agentes Químicos en España**” (VLA), así como los criterios básicos para su utilización en la evaluación y control de los riesgos derivados de la exposición profesional a agentes químicos. Dicho documento es revisado y actualizado anualmente.

Es importante mencionar que existe normativa que prohíbe y/o limita la exposición de los trabajadores a la sustancia creosota debido a su potencial efecto cancerígeno. En este sentido, la **Orden PRE/2666/2002**, de 25 de octubre, que traspuso la Directiva 2001/91/CE modificando el Anexo I del RD 1406/1989, de 10 de noviembre, por el que se imponen limitaciones a la comercialización y al uso de ciertas sustancias y preparados peligrosos, que prohíbe el uso y la comercialización de maderas tratadas con creosota. También se encuentra la Orden PRE/928/2012, de 3 de mayo, por la que se incluye la sustancia activa creosota, en el anexo I del Real Decreto 1054/2002, de 11 de octubre, por el que se regula el proceso de evaluación para el registro, autorización y comercialización de biocidas.

Según la Asociación Española de Ergonomía, la ergonomía es el conjunto de conocimientos de carácter multidisciplinar aplicados para la adecuación de los productos, sistemas y entornos artificiales a las necesidades, limitaciones y características de sus usuarios, optimizando la eficacia, seguridad y bienestar. El objetivo principal de la ergonomía, por tanto, es el de mejorar la eficiencia, seguridad y bienestar de los trabajadores adaptando el trabajo a sus capacidades y posibilidades.

La ergonomía estudia las reacciones, capacidades y habilidades de los trabajadores, de manera que se pueda diseñar su entorno y elementos de trabajo ajustados a estas capacidades y que se consigan unas condiciones óptimas de confort y de eficacia productiva.

En cualquier caso, la ergonomía puede ayudar a mejorar las condiciones de trabajo, reduciendo las demandas físicas del trabajo y, dando como resultado, menos lesiones o dolencias relacionadas con el trabajo.

### 6.1 DESCRIPCIÓN DE LAS PRINCIPALES TAREAS EN MANTENIMIENTO FERROVIARIO

Dentro de las tareas de mantenimiento ferroviario se encuentran los trabajos de renovación de vía. La renovación de la vía puede ser completa o parcial, dependiendo de si se sustituyen todos los materiales que configuran la superestructura (balasto, traviesas y carril) o no. Pero en caso que alguno de estos elementos se considere en buen estado, se puede optar por no renovarlo y así ahorrar costes.

Actuaciones como el cambio de carril o la sustitución de traviesas son, por tanto, operaciones de renovación parcial.



Figura 69.  
Sobreesfuerzos en trabajos ferroviarios.  
Fuente: COMSA



La mayoría de trabajos de mantenimiento ferroviario son realizados normalmente en horario nocturno aprovechando las horas en las que no hay tráfico ferroviario.

Las tareas a desarrollar dependen del tipo de método y tecnología que se utilice para hacer la renovación. La carga de trabajo a la cual están sometidos los trabajadores depende mucho del grado de mecanización y la maquinaria empleada.

A continuación se tratarán algunas de las actuaciones específicas de mantenimiento como son la sustitución de traviesas, la sustitución de carril y su soldadura.

### a. Sustitución de traviesas

Las traviesas que pueden ser de diferentes materiales (madera u hormigón, monobloque o bibloque, etc.), descansan sobre un lecho de balasto o sobre uno de hormigón y, en función de donde se coloquen, se realiza la tarea de una manera u otra.

#### • Sustitución sobre lecho de balasto

Se realiza con ayuda de retroexcavadora hidráulica adaptada especialmente para ello, a la que se le acoplan unos accesorios diseñados específicamente para la tarea. Generalmente la retroexcavadora dispone de un sistema de diábolos para desplazarse por encima de la vía. Otros accesorios consisten en un escudo o pantalla especial para retirar el balasto de entre las traviesas y una pinza para agarrar y mover el carril y las traviesas.

En este caso el equipo está formado, normalmente por 4 personas: el operador de la retroexcavadora, dos operarios encargados de auxiliar al maquinista en el movimiento de las traviesas y un operario de aflojar y apretar las traviesas una vez colocadas.



Figura 70.  
Sustitución de traviesas con escudo.  
Fuente: COMSA

Las operaciones son básicamente:

- Desclavado o afloje de la traviesa. Con la ayuda de la motoclavadora o mosquito.
- Retirada del balasto alrededor de cada traviesa con ayuda del escudo.
- Retirada de la traviesa vieja con la pinza (retroexcavadora y apartado de la misma).

- Colocación de la nueva traviesa con la punza en la vía (retroexcavadora).
- Clavado o apriete de las traviesas.

### b. Sustitución de carril

Normalmente la sustitución de carril se realiza por cupón de carril dañado, es decir, de un trozo de carril de una longitud máxima de 18 metros, obtenido por corte de una barra elemental, nueva o regenerada, o por soldadura de dos trozos de éstas.

A grandes rasgos, una sustitución de carril se compone de los siguientes pasos:

- Corte o tronzado de carril viejo y retirada de la barra dañada.
- Desclavado o afloje de carril. Con la ayuda del mosquito o motoclavadora.
- Retirada del cupón de carril dañado.
- Colocación del cupón o barra nueva.
- Clavado o apriete del carril.
- Preparación y ejecución de la soldadura aluminotérmica (colocación de molde, sellado refractario y ejecución de la colada).
- Retirada del material sobrante de la soldadura (mazarota) en la cabeza del carril mediante el cortamazarotas.
- Eliminación de rebabas y esmerilado de las soldaduras.
- Realización de un nuevo afloje y apriete de carril en el tramo sustituido y el anterior y posterior para liberar tensiones internas del carril.



**Figura 71.**  
Trabajos de sustitución de carril.  
Cortamazarota. Fuente: VÍAS

Una de las operaciones incluida en la sustitución de carril que merece especial atención, y que ya se ha tratado, es la soldadura de carril. Consiste en la unión de los carriles para conseguir su continuidad. Incluye las siguientes tareas:

- Preparación y ajuste de los carriles en la junta a soldar (longitudinal y vertical).
- Colocación del molde.
- Sellado del refractario mediante masillado con pasta.
- Colocación de rebosadero
- Colocación del calentador y encendido (ejecución de la colada).



- Colocación del crisol.
- Fundido de la carga y retirada del crisol.
- Retirada del rebosadero con la escoria
- Retirada del material sobrante de la soldadura (mazarota) en la sección del carril mediante el cortamazarotas.
- Eliminación de rebabas.
- Esmerilado de soldadura.
- Marcado.

## 6.2 EQUIPOS DE TRABAJO UTILIZADOS

Para ejecutar los trabajos descritos se suelen emplear diferentes herramientas, máquinas y elementos:

- Tenazas: para levantar cabezas de traviesas a mano y para auxiliar en las operaciones de izado y colocación de carril. La cabeza de la traviesa tiene un peso de 60 kg.



Figura 72.  
Tenazas. Fuente: FLC

- Llave manual: para el apriete de los tornillo o tirafondos.
- Llave dinamométrica: para el apretado y comprobación del par de apriete.
- Gato de cremallera (peso de 25-60 kg): para levantar el carril. Puede levantar cargas de 3 a 10 Tn.



Figura 73.  
Gatos de cremallera. Fuente: COMSA

- Barra de voltear carril: destinada a auxiliar en las operaciones de colocación de carril a modo de palanca.
- Pórticos y husillos: para mantener la alineación y nivelación del carril y las traviesas durante la fase de hormigonado y hasta su completo fraguado.
- Clavadora o "mosquito" (llave de impacto, a gasolina, peso 25 kg aproximadamente): para aflojar y apretar la rosca del tornillo o tirafondo de la sujeción carril-traviesa.



Figura 74.  
Clavadora o mosquito. Fuente: FLC

- Clavadora hidráulica o motoclavadora (105 kg): para aflojar y apretar la rosca del tornillo o tirafondo de la sujeción carril-traviesa aplicando un determinada par de apriete.



Figura 75.  
Motoclavadora. Fuente: FLC

- Martillo y pica: para diversos trabajos manuales en la superestructura (perfilado de vía, limpieza, picado de hormigón, etc.).
- Pórtico manual: dotado de un cabestrante o polea para sujetar, levantar, desplazar, posicionar, bajar y soltar carriles. Permite mover hasta 18 m de carril (máxima longitud de cupón).



- Tronzadora: para cortar el carril. La máquina dispone de un útil específico para la sujeción al carril durante el corte.



Figura 76.  
Tronzadora.  
Fuente: FLC

- Taladradora (18 kg): para realizar taladros en el alma del carril, para embrindado, punteo...



Figura 77.  
Taladradora de carril.  
Fuente: FLC

- Liberador de tensión hidráulico (68 kg el conjunto mordaza): máquina portátil dorada de un equipo de presión hidráulico cuya función consiste en transmitir esfuerzos de compresión o tracción a los nuevos carriles colocados con objeto de eliminar tensiones residuales en los mismos.



Figura 78.  
Liberador de tensión  
hidráulico. Fuente: FLC

- Retroexcavadora mixta: para diferentes trabajos en la superestructura ferroviaria como depurado de balasto, limpieza de cuneta, manipulación de carril y traviesas por medio de útiles específicos.
- Retroexcavadora bival: para trabajos diversos en la superestructura ferroviaria tales como depurado de balasto, limpieza de cuneta, manipulación de carril y traviesas por medio de útiles específicos. Dispone de un sistema de adaptación de la rodadura para su circulación tanto por caminos como por vía férrea.
- Posicionadora de carril: empleado para la colocación y retirada de barras largas de carril sobre la traviesa. Su función consiste en el posicionamiento del carril desde su zona de descarga, a ambos lados de la traviesa, hasta su posición correcta en el alojamiento de cada traviesa, para su posterior clavado o embridado. Dispone de dos gatos niveladores que apoyan sobre la traviesa y ruedas que se desplazan sobre el carril.



Figura 79.  
Posicionadora de carril.  
Fuente: FLC

- Equipos de soldadura: crisol (donde se produce la reacción de la carga aluminotérmica hasta su fusión), cortamazarotas (para el corte y retirada del material sobrante de la soldadura que sobresale de la cabeza del carril) y esmeriladora (para el rectificado de la soldadura tanto en la cabeza como en el patín del carril).





### 6.3 FACTORES DE RIESGO ERGONÓMICO

Cuando se estudian los puestos de trabajo desde el punto de vista ergonómico pueden encontrarse incidencias en diferentes aspectos que pueden derivar:

- Del diseño del puesto de trabajo: alturas de trabajo, espacio disponible, herramientas utilizadas, etc.
- De la carga física: posturas forzadas, movimientos repetitivos, manejo manual de cargas, fuerzas, etc.
- De aspectos psicosociales del trabajo: descanso, presión de tiempos, participación en las decisiones, relaciones entre compañeros y con los responsables, etc.
- De las condiciones ambientales del puesto de trabajo: iluminación, ruido, temperatura, vibraciones, etc.

Si se detectan problemas relacionados con alguno o varios aspectos establecidos, la ergonomía puede proponer diferentes soluciones para reducir o eliminar sus efectos sobre el trabajador.

Muchas de estas soluciones son sencillas y de fácil aplicación (por ejemplo, cambiar la ubicación de materiales, usar herramientas más adecuadas o realizar pausas periódicas); otras pueden ser más complejas (por ejemplo, diseñar una nueva máquina, ampliar el espacio de trabajo disponible o cambiar la organización del trabajo).

Para poder actuar desde un punto de vista ergonómico es necesario que el trabajador sea capaz de reconocer los factores de riesgo y los riesgos ergonómicos presentes en su actividad y/o puesto de trabajo. Los principales elementos a los que hay que prestar atención son:

- Las máquinas, herramientas y vehículos usados en el trabajo.
- La forma en la que se realizan las tareas: hábitos y prácticas de trabajo. El entorno en el que se trabaja.
- Las molestias corporales ocasionadas por el trabajo.

En la ejecución de las obras ferroviarias, los principales factores de riesgo ergonómico vienen derivados de la carga física: posturas forzadas, movimientos repetitivos, manejo manual de cargas, etc.



Figura 80.  
Riesgos ergonómicos.  
Fuente: TECSA

Por ejemplo, de la realización, de forma habitual, de trabajos manuales relacionados con el movimiento de material y la colocación de piezas esenciales para la construcción definitiva de la vía (traviesas, carril, etc.).

Para el levantamiento, transporte y descarga de materiales se suelen emplear diversas máquinas pesadas que están concebidas para operar sobre la vía, de forma que se reduzcan las consecuencias de la manipulación de cargas pesadas. Si bien, si se realiza de forma inadecuada o sin los elementos necesarios, pueden desembocar en una dolencia más o menos importante, que dependerá de factores como la repetitividad e intensidad de los movimientos, el tipo de la carga y su peso, el empleo de útiles adicionales, etc.

Además, también existe riesgo ergonómico durante la utilización de maquinaria ligera y pesada, por el sobreesfuerzo y el mantenimiento de determinadas posturas que producen dolencias musculoesqueléticas.

#### a. Sustitución de carril

Uno de los principales factores de riesgo es la **manipulación manual de cargas** ya que, aunque en la actualidad existe diversidad de ayudas técnicas, en ocasiones no es posible usar equipos mecánicos para el manejo de material y equipos.

Las actividades de manejo manual de cargas, si estas se realizan en condiciones inadecuadas, pueden originar molestias y lesiones en la espalda. Este tipo de lesiones son dolorosas, reducen la movilidad, producen gran número de bajas laborales y están entre las primeras causas de discapacidad temprana.



Figura 81.  
Manipulación manual de  
cargas. Fuente: VIAS

La manipulación manual incluye varias etapas: alcanzar la carga inclinándose o arrodillándose, levantar la carga, transferir el peso del objeto a una postura de carga, transportar la carga hasta el lugar deseado y, por último, depositar la carga.

Normalmente, el levantamiento de materiales pesados requiere un esfuerzo súbito importante que puede verse incrementando por trabajar en superficies irregulares, resbaladizas y con desniveles.



En las actuaciones de mantenimiento ferroviario está presente la manipulación manual de cargas en:

- Las traviesas monobloque de hormigón pueden sobrepasar los 300 kg de peso, siendo imposible su manipulación manual. Si bien, a veces es necesario el ajuste manual mediante el empleo de barras metálicas y otras herramientas manuales.
- Las traviesas bibloque pueden llegar a los 60 kg de peso por lo que, si la sustitución es manual, suelen ser manipuladas y transportadas por equipos de 4 personas con ayuda de pinzas o tenazas.
- Algunas barras o cupones de menor dimensión (peso y longitud) pueden llegar a manipularse a mano. En otras ocasiones, por sus dimensiones (18 metros de largo y hasta 972 kg de peso), aunque no soporten directamente el peso tienen que aplicar fuerzas muy elevadas e intensas para ayudar al posicionamiento.
- Algunas máquinas portátiles (mosquito, tronadora, llave de apriete, etc.) pueden sobrepasar los 25 kg de peso, pudiendo alcanzar pesos cercanos a los 60 -70 kg (esmeriladora) e incluso más de 100 kg (motoclavadora). Los equipos más pesados se desplazan apoyadas (rodando) sobre la vía; si bien, es necesario llevarlos desde los vehículos hasta allí, teniendo que transportarlos en grupos o equipos salvando, en muchos casos, terrenos irregulares e incluso pequeños desniveles.
- Para la nivelación y alineación de traviesas se manipulan equipos como son los gatos hidráulicos, pórticos y husillos.

Pero el riesgo ergonómico también puede venir originado por sobreesfuerzos debidos al mantenimiento de determinadas **posturas forzadas**. Las posturas extremas de la columna vertebral y de las articulaciones (flexiones, giros...) que se realizan en el trabajo son perjudiciales para la espalda, cuello, brazos y piernas, especialmente si se mantienen durante mucho tiempo o se realizan de manera repetitiva:

- Flexión pronunciada y mantenida de la espalda y los brazos al trabajar a nivel del suelo.
- Flexión de tronco, piernas y rodilla para alcanzar el nivel del suelo al realizar el apretado de elementos de las traviesas y carriles.
- Flexiones de cuello al tener que mirar la vía.
- Uso de la posicionadora que requiere giros e inclinación del tronco para mantener el contacto visual con las tareas y resto de miembros del equipo.
- Permanencia prolongada en postura de rodillas o cuclillas cuando se sellan los moldes de soldadura o refractario, así como durante el fundido, la utilización del cortamazarotas o la eliminación de rebabas.



Figura 82.  
Riesgo ergonómico por posturas forzadas. Fuente: VIAS

Otro factor de riesgo, son los **movimientos repetitivos** ejecutados durante la realización de tareas como la protección de los tornillos o tirafondos previo al vertido de hormigón en vía hormigonada, la colocación de las sujeciones de vía, el apretado o aflojado de la vía usando herramientas como el mosquito o la llave, ya que se realizan a lo largo de toda la vía.

Cabe destacar también la **aplicación de fuerzas elevadas** asociadas a trabajos donde se utilizan equipos portátiles como los martillos y llaves o tareas de posicionamiento del carril que requieran realizar fuerzas de palanca con barras y tenazas.

Por último, nombrar como otro factor de riesgo ergonómico, las **vibraciones** derivadas del manejo de determinadas máquinas portátiles como el mosquito, la tronzadora o el martillo picador.

## 6.4 RECOMENDACIONES

### a. Mejora de la manipulación manual de cargas

Se recomienda no manipular elementos de forma manual. Este método se utiliza principalmente cuando es necesario cambiar muy pocas traviesas o cupones de carril de pequeñas dimensiones. Es preferible el uso de retroexcavadoras u otras máquinas de sustitución de traviesas y/o carril que puedan acceder al tramo de la vía.



Figura 83.  
Manipulación mecánica  
de carril. Fuente: FLC

En caso de no poder utilizarse medios mecánicos, se deben observar los límites máximos de peso recomendados en condiciones óptimas, por un trabajador o por equipos de dos o tres trabajadores. Unas condiciones de manejo óptimas suponen una recogida y depósito de la carga a la altura aproximada de la cadera, la manipulación de la carga pegada al cuerpo, una frecuencia baja de manejo, sin giros de tronco y con un buen agarre.



Algunas de las medidas preventivas en la manipulación manual de cargas serían:

- Planificar el levantamiento:
  - Evaluar el peso de la carga antes de levantarla.
  - Colocar los materiales y equipos lo más cerca posible de la zona de trabajo. Esto reduce las distancias de transporte y el número de veces que es necesario transportarlos.
  - Evitar las cargas excesivamente pesadas, dividir o redistribuir el peso siempre que sea posible.
  - Tratar de almacenar los materiales y equipos a la altura de la cintura. Evitar levantar cargas desde alturas muy bajas, pues se incrementa la distancia existente entre el cuerpo y la carga al flexionar la espalda.
  - Asegurarse de que el suelo esté seco, sin obstáculos e identificar las zonas irregulares y desniveladas. Las lesiones en la espalda ocurren en gran parte cuando la persona se resbala o tropieza. Evitar los tropiezos, resbalones, deslizamientos o desequilibrios de la carga, ya que al intentar equilibrar la carga se producen esfuerzos bruscos y movimientos acelerados, con las consecuencias ya citadas.
- Dejar un período de ajuste a las nuevas tareas. Cuando se dé un esfuerzo físico significativo, a fin de que el trabajador se acostumbre gradualmente a su labor, es conveniente establecer un período inicial de adaptación.
- Realizar descansos. Con el fin de relajar la musculatura ya que cuando se está cansado hay más posibilidades de sufrir una lesión.
- Solicitar ayuda. Sobre todo cuando se superen los pesos óptimos en función del número de personas a movilizar cargas.
- Usar los medios mecánicos disponibles: carretillas, plataformas rodantes, herramientas para cargar con asideros...
- Seleccionar las máquinas menos pesadas o con motor independiente o separado, como por ejemplo la amoladora.
- A la hora de mover cargas recordar que es mejor empujar que arrastrar. Es más eficiente y favorable, desde el punto de vista ergonómico, empujar que arrastrar, ya que al empujar los músculos de la pared abdominal ayudan a equilibrar la columna vertebral, disminuyendo los esfuerzos en los discos intervertebrales.
- Mantener la carga siempre cerca del cuerpo. Recoger y levantar una carga de 4,5 kg a una distancia de 25 cm de la columna es igual a una fuerza de 45 kg cargando la parte baja de la espalda; sin embargo, esta misma carga será igual a una fuerza de 115 kg si se lleva a una distancia de 65 cm del cuerpo.
- Limitar las alturas de levantamiento. Para subir una carga hasta una altura superior a la de los codos deben emplearse músculos de los hombros, que son más débiles que los de los brazos y la espalda. Por lo tanto, debe limitarse la altura a la que se suben manualmente las cargas.
- Mantener ordenado el puesto de trabajo. La buena organización previa de los materiales y equipos evita tener que hacer manipulaciones innecesarias.
- Usar guantes de protección. Sobre todo cuando las cargas a manipular puedan tener partes punzantes, cortantes o que dificulten su agarre.

Para levantar una carga se han de seguir los siguientes pasos:

1. Planificar el levantamiento.
2. Tener prevista la "ruta" de transporte y el destino final de la carga, retirando los materiales que entorpezcan el paso. Usar la vestimenta, el calzado y los equipos adecuados.

3. Examinar previamente la carga para identificar las posibles zonas o elementos peligrosos. Observar bien la carga, prestando especial atención a su forma y tamaño, posible peso, zonas de agarre, posibles puntos peligrosos, etc.
4. Colocarse frente a la carga, lo más cerca posible a la misma. Separar ligeramente los pies para conseguir una postura estable y equilibrada para el levantamiento, colocando un pie ligeramente más adelantado que el otro en la dirección del movimiento.
5. Flexionar las piernas manteniendo la espalda recta.
6. Agarrar firmemente la carga con toda la mano y no solamente con los dedos.
7. Sujetar firmemente la carga pegada al cuerpo y con ambas manos.
8. Mantener los codos cerca del cuerpo.
9. Levantar suavemente la carga, por extensión de las piernas, manteniendo la espalda recta. No hay que dar tirones a la carga ni moverla de forma rápida o brusca.
10. Evitar los giros del tronco; es mejor mover los pies para colocarse en la postura adecuada.
11. Depositar la carga y después ajustarla si es necesario. Si el levantamiento es desde el suelo hasta una altura importante, hay que apoyar la carga a medio camino para poder cambiar el agarre.

Cuando el levantamiento y transporte se realice por dos o tres personas, hay que procurar que sean aproximadamente de la misma estatura para que la carga se distribuya equitativamente.

El peso máximo a manipular por una persona se aconseja de 25 kg, para dos de 33 kg y para 3 de 37,5 kg. Como se ha comentado el peso tanto de las traviesas, de los carriles y de mucha de la maquinaria portátil es superior al óptimo.

En el caso de manipulación de cargas durante el mantenimiento ferroviario, la solución pasaría por cargar los materiales en una zona que permitiese emplear medios mecánicos y llevarlos con algún vehículo hasta la zona de trabajo.

Una vez se haya llevado el material a la vía, cargarlo sobre un carro o bandeja de transporte (a ser posible de aluminio que es más ligero que el acero) y desplazarlo empujando todos los trabajadores. Sin embargo, para llevarlos desde el vehículo hasta la vía se requiere hacerlo de forma manual. Se intentará siempre que sea posible, contar con maquinaria y vehículos de movimiento y traslación de cargas que ayuden al posicionamiento de los carros y bandejas en la vía.

Respecto de los carros o bandejas, son muy útiles para reducir la cantidad de esfuerzo manual asociado al transporte de las herramientas y equipos hasta la zona de trabajo.



Figura 84.  
Bandejas de transporte.  
Fuente: FLC

Se recomienda que las bandejas o carros estén dotados de asas para su manipulación. Así mismo deben ir dotadas de freno positivo para evitar la pérdida de control de la plataforma en tramos con pendiente, que daría lugar a accidentes muy graves. Existen carros con la bandeja dividida en dos partes lo que los hace más fáciles de manejar.

De igual forma, hay bandejas de diferentes tamaños en función de la carga a transportar. Las asas de manipulación no son válidas para el empuje del carro o bandeja por la vía por lo que sería recomendable que estuviesen dotados de un asidero a una altura que favorezca una mejor postura y la aplicación de fuerzas de empuje.

Los asideros horizontales son adecuados para carros anchos, su longitud debe ser casi igual que la anchura del carro. De este modo, además se favorece que sea empujado por varios miembros del equipo. Independientemente de la intensidad de la fuerza, ésta no se aplicará correctamente si se empuja o tracciona una carga con las manos por debajo de la altura de los nudillos o por encima del nivel de los hombros, ya que fuera de estos rangos, el punto de aplicación de las fuerzas será excesivamente alto o bajo.

En general, es preferible empujar una carga de frente que arrastrarla de espalda, no sólo porque, como ya se ha dicho, los esfuerzos en la espalda son menores, sino también por problemas de seguridad.

Así mismo, se puede utilizar un generador autopropulsado tipo oruga como vehículo de apoyo al transporte de herramientas y materiales a la zona de trabajo donde otros medios de transporte no son aplicables. Es especialmente útil en terrenos irregulares.

### **b. Reducción y mejora de las posturas forzadas**

La situación de la zona de trabajo hace inevitable la adopción de posturas forzadas. La única forma de eliminarlas es la mecanización, en la medida de lo posible, de aquellas tareas que requieran un mayor esfuerzo físico (por ejemplo, la manipulación de barras o cupones), mediante la utilización de maquinaria apropiada a dichas tareas.

Realizar pausas para estirar los músculos que han estado en tensión, alternar posturas con bastante frecuencia, rotar entre operaciones de distinta naturaleza de carga física o realizar ejercicios de calentamiento antes de empezar el trabajo y estiramientos durante el mismo, son algunas medidas preventivas generales frente a este riesgo.

Para evitar los giros de espalda con la posicionadora durante la sustitución de carril, una solución podría ser dotar a estas máquinas de asiento giratorio.

Dotar a los trabajadores de rodilleras, alfombrillas o cuñas adecuadas durante los trabajos en los que el trabajador se arrodilla y en los que los trabajadores permanecen durante bastante tiempo agachados, por ejemplo, durante las operaciones de soldadura de carril.



Figura 85.  
Rodilleras. Fuente: FLC

Priorizar la posición de sentado a la de rodillas o cuclillas, siempre que sea posible. Se podrán utilizar bancos de trabajo a la altura adecuada evitando flexiones.

En el caso de posturas mantenidas de pie durante la totalidad o casi la totalidad de la jornada de trabajo, se establecerán pausas adecuadas, si es posible en lugares a la sombra. Así mismo, existen unas plantillas antifatiga que ayudan a aliviar la fatiga de los pies y, por lo tanto, las molestias provocadas al permanecer de pie o caminando mientras se realiza el trabajo.

Se elegirán las herramientas menos perjudiciales y más adecuadas ergonómicamente:

- Máquinas y herramientas con mangos y asideros prolongados y angulados, que favorezcan una postura más erguida, evitando que el trabajador tenga que inclinarse mucho.
- Pinzas y tenazas más ligeras para manejar los materiales.
- Tronzadoras ligeras y acopladas con un brazo al carril para eliminar el esfuerzo asociado a tener que mantener la posición correcta de la máquina. Las sierras tronzadoras reversibles permiten cortar el carril a ambos lados sin necesidad de desconectar o realinear la sierra, simplemente pivotándola.
- Picos, azadas o legones con los mangos más largos o colocar sobre estas herramientas mangos adicionales para favorecer en general las posiciones adoptadas durante las tareas.
- Esmeriladoras más ligeras que reduzcan las fuerzas aplicables y mejoren su transporte.
- Recogedores magnéticos de mango largo para recoger los tirafondos o tornillos viejos, de forma que no haya que agacharse.
- Respecto de la clavadora o mosquito, estudiar la posibilidad de utilizar un sistema de arnés acolchado para transportar la máquina distancias cortas y cuando su uso sea intensivo, de forma que se reparta el peso uniformemente entre los hombros, la espalda, la cadera y los muslos.
- Llaves de tuerca simples manuales (en vez de mosquito) que son más ligeras y no vibran, para determinadas tareas sencillas y puntuales.





Como buena práctica, en COMSA Cataluña han desarrollado un programa de promoción de la salud dirigido a los trabajadores que realizan trabajos de mantenimiento ferroviario mediante maquinaria manual, ya sea maquinaria pesada de vía o herramientas manuales de vía y pequeñas maquinaria portátil.

El objetivo principal del programa ha sido la mejora del nivel físico de los trabajadores para prevenir los (TME) trastornos músculo - esqueléticos, mediante la implantación de una serie de hábitos saludables en el trabajo: mejorar su control postural, la amplitud del movimiento articular, reducir la fatigabilidad muscular y mejorar su percepción de salud y satisfacción. El índice utilizado para analizar y valorar los resultados ha sido la disminución de las bajas por incapacidad temporal debidas precisamente a los TME.

La conclusión del estudio es que una mejora de la condición física de los trabajadores ha supuesto una reducción de las probabilidades de accidente, de la duración de las bajas por TME, un incremento de la autoestima del trabajador y un ahorro económico a medio plazo para la empresa.

Para más información sobre el programa consultar la publicación "Prevención de TME mediante ejercicio laboral en trabajos de mantenimiento ferroviario en COMSA S.A.U."

<http://prl.foment.com/admin/uploads/docs/20141218131902.pdf>

### c. Disminución microtraumatismos y lesiones por movimientos repetitivos y por vibración

Cambiar de tarea, realizar estiramientos, hacer pausas durante las tareas, así como planificar rotaciones entre tareas e incluso entre puestos de distinto tipo, evitan que los mismos grupos musculares sean los que trabajen y se lesionen o sobrecarguen.



Figura 86.  
Riesgo ergonómico por vibraciones.  
Fuente: VÍAS

Realizar ejercicios de calentamiento también puede ayudar a mitigar este riesgo. Un buen programa de ejercicios debe incluir tanto ejercicios de calentamiento antes de empezar a trabajar, como ejercicios de estiramiento antes y después de trabajar. No es necesario invertir mucho tiempo: de 5 a 10 minutos cada día suele ser suficiente.

Los ejercicios no constituyen una competición o una carrera. Los movimientos han de ser lentos y controlados. Hay que evitar los movimientos bruscos y rápidos.

Además de los ejercicios programados, resulta útil realizar pequeñas pausas de manera frecuente y estirar la musculatura en sentido contrario a la que la hemos usado (por ejemplo, si estamos trabajando con el cuello echado hacia atrás, moverlo hacia delante brevemente).

Los ejercicios no deben suponer una tarea penosa. No se trata de agotarse sino de preparar y proteger el cuerpo. Algunas personas podrán invertir más tiempo en estos ejercicios y otras menos. Esto es totalmente normal. Se recomienda, por tanto, que la introducción de estos ejercicios sea progresiva.

Si se siente dolor o malestar al realizar los ejercicios es conveniente parar de hacerlos. Las personas que hayan padecido alguna lesión o tengan problemas previos puede que no convenga que realicen ciertos ejercicios. Ante cualquier duda conviene consultar previamente al médico.

#### ■ Medidas contra la vibración

Durante las tareas en las que se usen equipos o herramientas manuales que emitan vibraciones molestas, solicitar guantes antivibración o colocar fundas o mangos aislantes en las palancas, controles, mangos de herramientas, etc. que atenúen la vibración que se transmite al trabajador.

También se recomienda el uso de cinturones o fajas antivibración, en los casos en los que el uso mantenido de una postura o el manejo continuo de un equipo de trabajo fuerce la musculatura lumbar.



- Guía para el desarrollo de buenas prácticas de PRL en obras de ingeniería civil. Trabajos ferroviarios (2014). Fundación Laboral de la Construcción.
- Disposiciones mínimas de seguridad para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo. RENFE.
- Informe SGT CNSST COEX. Subgrupo de trabajo: Prevención en Trabajos de Conservación y Explotación de Infraestructuras. Grupo de Trabajo Construcción (21 de mayo de 2015). Comisión Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo.
- Instalación del sistema de catenaria. Anexo XII al Plan de Seguridad y Salud. Línea 1 Tranvía de Murcia (2010). FCC y COMSA.
- Plan de Prevención de Riesgos Laborales (2014). ADIF.
- **NTP 958: Infraestructuras ferroviarias: mantenimiento preventivo (2012). Insht.**
- **NTP 1010: Infraestructuras ferroviarias: seguridad en la construcción y renovación de la vía (2014). Insht.**
- **NTP 1057: Infraestructuras ferroviarias: instalaciones de electrificación, señalización y comunicaciones. Seguridad (2015). Insht.**
- Métodos utilizados en la renovación (2004). S. Gimero Aribau. UPCommons. Universidad Politècnica de Catalunya.
- Plan de seguridad y salud en el trabajo para trabajos ferroviarios (2011). COMSA.
- Buenas prácticas para la prevención de los riesgos laborales de los trabajadores expuestos a condiciones climatológicas adversas”, (2016). Fundación Laboral de la Construcción.

#### ■ Soldadura

- NTP 2018: Seguridad en soldadura aluminotérmica de cobre (2014). Insht.
- Estudio para la evaluación de riesgos en trabajos de soldadura: MIG, MAG, TIG, Soldadura por electrodo y trabajos en espacios confinados. CEPYME Aragón y FPRL.
- Procedimiento técnico mantenimiento de vía. Soldadura aluminotérmica en plena vía (2011). COMSA.
- <http://estructurasacero.blogspot.com.es/2007/06/soldadura-aluminotermica-aluminotermia-o.html>
- <http://www.trenvista.net/descubre/mundo-ferroviario/como-es-la-soldadura-aluminotermica-de-carriles/>

#### ■ Ruido y vibraciones

- Convenio nº148 de O.I.T. sobre el medio ambiente de trabajo (contaminación del aire, ruido y vibraciones). (1977, Ratificado en B.O.E. 30/12/1980).
- NTP 270: Evaluación de la exposición al ruido. Determinación de niveles representativos.
- NTP 638: Estimación de la atenuación efectiva de los protectores auditivos (2003). Insht.
- NTP 950: Estrategias de medición y valoración de la exposición a ruido (I): incertidumbre de la medición (2012). Insht.
- NTP 951: Estrategias de medición y valoración de la exposición a ruido (II): tipos de estrategias (2012). Insht.
- NTP 952: Estrategias de medición y valoración de la exposición a ruido (III): ejemplos de aplicación (2012). Insht.

- Cuadernillo informativo de PRL: Ruido y Vibraciones. "Con la prevención gánate la vida". UGT Madrid.
- Aspectos ergonómicos del ruido. Insht.
- Aspectos ergonómicos de las vibraciones (2014). Insht.
- Alternativas y herramientas para evaluar el riesgo de vibraciones mecánicas. Estimación y medición (2014). Insht.
- Vibraciones. Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo. Insht.
- [https://www.sprl.upv.es/D7\\_15\\_b.htm](https://www.sprl.upv.es/D7_15_b.htm)
- [www.jmcpri.net](http://www.jmcpri.net)

#### ■ Condiciones climatológicas adversas

- Buenas prácticas para la prevención de los riesgos laborales de los trabajadores expuestos a condiciones climatológicas adversas (2016). Fundación Laboral de la Construcción.
- NTP 922: Estrés térmico y sobrecarga térmica: evaluación de riesgos I (2011). Insht.
- NTP 923: Estrés térmico y sobrecarga térmica: evaluación de riesgos II (2011). Insht.
- NTP 1036: Estrés por frío I (2015). Insht.
- NTP 1037: Estrés por frío II (2015). Insht.

#### ■ Agentes químicos

- Determinación de materia particulada (fracciones inhalable, torácica y respirables) en aire- Método gravimétrico. MTA/MA – 014/A11. Insht.
- NTP 890: Aglomerados de cuarzo: medidas preventivas en operaciones de mecanizado (2010). Insht.
- NTP 931: Determinación de la incertidumbre de medida de agentes químicos (I): gases y vapores (2012). Insht.
- Límites de exposición profesional para agentes químicos en España 2016. Insht.
- Medición higiénica de la atmósfera interior de la obra "Nuevo acceso ferroviario de alta velocidad de Levante. Tramo: red arterial ferroviaria de Valencia. Nudo sur" (2009). COMSA.
- Informe de evaluación del riesgo por exposición a polvo elaborado por Unipresalud para la UTE GORG (2010).

#### ■ Ergonomía

- Manual de ergonomía en la construcción (2011). Fundación Laboral de la Construcción.
- Prevención de TME mediante ejercicio laboral en trabajos de mantenimiento ferroviario en COMSA S.A.U. (2014). Roger Fábregas Jalón. Responsable de SPPM de COMSA EMTE. Revista monográfica de PRL 2014: Empresa saludable de Foment del Treball Nacional.