

**ANÁLISIS DE LA EFICACIA DE LOS GUANTES ANTIVIBRATORIOS EN LA  
DISMINUCIÓN DE TRASTORNOS OCASIONADOS AL SISTEMA MANO  
BRAZO POR EL USO DE HERRAMIENTAS VIBRANTES**

**JOSÉ FERNANDO ÁLVAREZ MERCADO  
DIANA YULIETH BENÍTEZ RAMOS  
LUIS EDUARDO REYES GERMAN**

**UNIVERSIDAD CES  
FACULTAD DE MEDICINA DE SALUD PÚBLICA  
ESPECIALIZACIÓN ES SALUD OCUPACIONAL PARA MÉDICOS  
MEDELLÍN  
2015**

ANÁLISIS DE LA EFICACIA DE LOS GUANTES ANTIVIBRATORIOS EN LA  
DISMINUCIÓN DE TRASTORNOS OCASIONADOS AL SISTEMA MANO BRAZO  
POR EL USO DE HERRAMIENTAS VIBRANTES

JOSÉ FERNANDO ÁLVAREZ MERCADO  
DIANA YULIETH BENÍTEZ RAMOS  
LUIS EDUARDO REYES GERMAN

INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO

DIEGO ECHAVARRÍA  
Asesor de Trabajo de Grado

UNIVERSIDAD CES  
FACULTAD DE MEDICINA DE SALUD PÚBLICA  
ESPECIALIZACIÓN EN SALUD OCUPACIONAL PARA MÉDICOS  
MEDELLÍN  
2015

**Nota de Aceptación**

---

---

---

---

**Presidente del Jurado**

---

**Jurado**

---

**Jurado**

Medellín, miércoles 30 de julio de 2015

## CONTENIDO

RESUMEN.....	6
INTRODUCCIÓN.....	7
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	8
1.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	10
1.2 DEFINICIÓN DE HIPÓTESIS.....	10
2. JUSTIFICACIÓN.....	12
3. OBJETIVOS.....	12
3.1 OBJETIVO GENERAL.....	12
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	12
4. MARCO TEÓRICO.....	13
4.1 DEFINICIONES DE VIBRACIÓN.....	13
4.1.1 MAGNITUD.....	13
4.1.2 FRECUENCIA.....	14
4.1.3 DIRECCIÓN.....	15
4.2 CÓMO ACTÚAN LAS VIBRACIONES EN EL SISTEMA MANO BRAZO.....	15
4.3 EFECTOS DE LAS VIBRACIONES SOBRE LA SALUD.....	17
4.3.1 PARÁMETROS DE VIBRACIÓN QUE SE UTILIZAN PARA EVALUAR LA EXPOSICIÓN.....	22
4.4 NORMATIVA.....	26
4.5 MEDIDAS DE PREVENCIÓN.....	28
4.6 GUANTES ANTIVIBRATORIOS.....	37
4.6.1 MATERIALES DE LOS GUANTES.....	38
4.7 NORMA ISO 10819.....	41
5. METODOLOGÍA.....	44
6. RESULTADOS.....	46
7. DISCUSIÓN.....	60
8. CONCLUSIONES.....	65
9. RECOMENDACIONES.....	68
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	70
ANEXOS.....	74

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. MAGNITUD DE VIBRACIÓN.....	14
FIGURA 2. DIRECCIÓN DE LA VIBRACIÓN EN LAS MANOS.....	15
FIGURA 3: MODELO CONCEPTUAL DE LOS FACTORES DE INFLUENCIA DE LA RELACIÓN CAUSA EFECTO PARA LA EXPOSICION DE VIBRACIONES TRANSMITIDAS A LAS MANOS. ....	17
FIGURA 4. VALORES LÍMITE UMBRAL (TLV) .....	26
FIGURA 5. IMAGEN PARA REPRESENTAR LOS EPI DE CATEGORÍA 2.....	38
FIGURA 6: GUANTE ANSELL VIBRAGUARD .....	40
FIGURA 7. GUANTE DECADE.....	41
FIGURA 8. GUANTE IMPACTO AIR .....	41
FIGURA 9. ALINEACIÓN CORRECTA E INCORRECTA DEL ADAPTADOR DE LA PALMA BAJO LA NORMA ISO 10819.....	50
FIGURA 10. COMPARACIÓN DE LA TRANSMISIBILIDAD DE TRES GUANTES ANTIVIBRATORIOS PARA DOS ESPECTROS DE VIBRACIÓN.....	52

## RESUMEN

Este trabajo, realizado mediante la revisión sistemática de literatura, comprende el análisis de la eficacia de los guantes antivibratorios para la disminución de los trastornos ocasionados al sistema mano brazo por el uso de herramientas vibrantes.

Desde el punto de vista de la prevención de enfermedades de tipo laboral, surgen (para algunas actividades laborales) los elementos de protección personal como una de las posibles medidas de mitigación de efectos adversos para la salud de los trabajadores. Para el caso de la exposición de las manos a vibraciones, fueron desarrollados los denominados guantes antivibratorios.

Estos guantes antivibratorios, hechos de materiales resistentes o cámara de aire, son comúnmente utilizados para atenuar la vibración transmitida a las manos mientras se operan herramientas vibrantes.

Para la medición de la atenuación de vibraciones de estos elementos, se utilizan algunas pruebas de laboratorio, que en general incluyen la variación de los diferentes factores que intervienen en la transmisibilidad de las vibraciones a las manos en los guantes. Sin embargo, tanto la eficacia de los guantes, como de las mismas pruebas realizadas para determinar la atenuación de las vibraciones de estos elementos continua siendo un desafío; y por consiguiente el beneficio específico asociado al uso de los mismos.

## INTRODUCCIÓN

Los elementos de protección personal constituyen uno de los mecanismos de prevención para mitigar el desencadenamiento de enfermedades por la ejecución de ciertas actividades laborales. Cuando se trata de exposición del sistema mano brazo a herramientas o actividades que emiten vibraciones, se utilizan generalmente los denominados guantes antivibratorios.

La exposición constante del sistema mano brazo a vibraciones puede ocasionar diferentes enfermedades en este sistema, normalmente al conjunto de estas enfermedades se les conoce como síndrome de vibración mano brazo.

De acuerdo con la normativa existente, estos guantes deben ser sometidos a pruebas de laboratorio con el fin de determinar la cantidad de atenuación de vibraciones que estos elementos ofrecen. La prueba de laboratorio más conocida para este fin es la norma ISO 10819, la cual define los criterios de medición de vibraciones para un guante antivibratorio.

Normalmente, los métodos de evaluación en el laboratorio incluyen variaciones en los factores que intervienen en la transmisibilidad de vibraciones en los guantes. Por ejemplo, la prueba estandarizada por la ISO establece que un guante puede considerarse antivibratorio si cumple con los siguientes criterios: la transmisibilidad de la vibración para el espectro medio que se encuentra en el rango de 31,5 Hz - 200 Hz debe ser inferior a 1.0 y la transmisibilidad global debe ser inferior a 0,6 cuando se utiliza un espectro H ubicado en el rango de 200 Hz - 1 kHz.

Debido a que en la actualidad existen problemas técnicos con los métodos de medición, la transmisibilidad de los guantes medida con estos métodos podría no representar la eficacia de aislamiento de vibraciones de los guantes.

## 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La exposición reiterada a transmisión de vibraciones por uso de herramientas industriales, tales como: motosierras, taladros, martillos neumáticos, amoladoras, sierras de cadena, etc; se asocian con trastornos en el sistema vascular, neurosensorial y musculoesqueléticos de la mano y el brazo, comúnmente denominados como síndrome de vibración mano brazo (HAVS). (1)

En el mundo laboral, existen dos tipos de vibraciones: vibraciones de cuerpo completo y vibraciones transmitidas a las manos. Ambos tipos, presentes en diferentes sectores industriales y procesos productivos. (2)

De acuerdo con Bovenzi, solo en Estados Unidos existen alrededor de 145 millones de personas expuestas a vibraciones transmitidas a las manos, y se estima que del 1.7% y el 3.6% de los trabajadores de países europeos y Estados Unidos están expuestos a vibraciones transmitidas a las manos potencialmente peligrosas. (2) Probablemente, los rangos de interés considerados potencialmente peligrosos para los seres humanos están comprendidos entre 25 Hertz y 150 Hertz. (3)

En la Unión Europea, uno de cada cuatro trabajadores afirma estar expuesto a vibraciones en el sistema mano brazo o en todo el cuerpo, durante un máximo de 2 horas de su jornada laboral. (4). De acuerdo con la Encuesta Nacional de Gestión de la Seguridad y Salud en las Empresas, llevada a cabo por el Instituto Nacional para la Seguridad y la Salud en el Trabajo (INSHT, 2009), el sector de la construcción tiene el mayor número de trabajadores afectados por vibraciones, las cifras muestran lo siguiente: 23.5% de afectados en el sistema mano brazo, y luego se encuentra el sector industrial con cifras de 16.6% de afectados en el sistema mano brazo. (4)

Se estima que entre el 30% y el 90% de los trabajadores expuestos a vibraciones crónicas en el sistema mano brazo eventualmente desarrollarán desórdenes del tipo síndrome de vibraciones mano brazo. (1)

En Colombia, la tasa de enfermedades profesionales en 2004 fue de 1.38 casos por 10.000 trabajadores. Los departamentos que tienen mayor frecuencia son Cundinamarca, Valle del Cauca y Antioquia. (5)

De igual manera, los desórdenes musculo esqueléticos (conocidos como DME) en los años 2001 y 2002 se clasificaron como la primera causa de morbilidad profesional. Los factores de riesgo asociados a estos desórdenes son las sobrecargas mecánicas, tales como: manipulación de objetos pesados,

manipulación repetida por muchos años, malas posturas, exposición a vibraciones, etc. (6)

El problema de la exposición a vibraciones es mayor y requiere atención, ya que al ser la industria uno de los factores que promueven el desarrollo y crecimiento económico de un país, no es alternativa eliminar por completo el uso de herramientas vibrantes. (2). Así mismo, la exposición ocupacional a este tipo de vibraciones es cada vez más frecuente, pues el desarrollo industrial ha mecanizado prácticamente todos los sectores, y en general todos los procesos incluyen personas, máquinas e insumos; sin embargo, el uso de guantes antivibratorios se muestra como una de las medidas que permitiría la mitigación de efectos negativos para los trabajadores que se ven expuestos a este tipo de riesgo. (7).

Los guantes antivibratorios se han utilizado como un método alternativo para reducir la exposición a las vibraciones transmitidas a mano, de esta manera, se requieren pruebas estándar que permitan la identificación confiable de la transmisibilidad de los guantes antivibratorios. (8).

Los guantes antivibratorios no solo ayudan a proteger a los trabajadores del síndrome de vibraciones mano brazo, sino que además ayudan a mantener las manos calientes y secas (1), lo cual es importante porque conservar la mano caliente y seca es una de las propiedades importantes de un guante y configura una gran utilidad en la reducción de determinados efectos inducidos por las vibraciones. Los guantes entonces pueden ayudar a reducir la cantidad de vibraciones transmitidas a las manos y dedos. Sin embargo, muchos han sido los estudios al respecto, que se enfocan en medir las características de transmisibilidad de los guantes, dando como resultado solo unos cuantos guantes que muestran buena atenuación de vibraciones. (1)

Se ha encontrado que algunos guantes proveen atenuación para frecuencias mayores a 100Hz, no obstante, para frecuencias inferiores a 100Hz algunos guantes incrementan la cantidad de vibraciones transmitidas a las manos. (DONG, Et Al, 2002). De hecho, la efectividad de los guantes como medida de disminución de la transferencia de vibraciones al sistema mano brazo continua por demostrarse completamente. (10)

Las características de atenuación de vibraciones de los guantes son evaluados a través de mediciones en laboratorio. En general, los métodos de evaluación en el laboratorio incluyen variaciones en los factores que intervienen en la transmisibilidad de vibraciones en los guantes. El método estandarizado más reconocido es la norma ISO 10819, el cual implica la medición de la vibración transmitida a la interfaz del guante y la mano bajo unas condiciones estandarizadas. (11).

No obstante, debido a que existen problemas técnicos con el método estándar actual (1), la transmisibilidad medida con estos métodos puede no representar la eficacia de aislamiento de vibraciones de los guantes antivibratorios utilizados en diferentes sectores industriales. Por lo tanto, aunque muchos métodos se han usado para medir la transmisibilidad de vibraciones de los guantes, aun continua la pregunta de si los guantes son realmente eficaces para disminuir los trastornos que se le asocian al uso de herramientas vibrantes.

## **1.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿Los guantes antivibratorios son eficaces para disminuir trastornos en el sistema mano brazo asociado al uso de herramientas vibrantes?

## **1.2 DEFINICIÓN DE HIPÓTESIS**

Es posible identificar si los guantes antivibratorios son eficaces en la disminución de trastornos en el sistema mano brazo asociados al uso de herramientas vibrantes, mediante la revisión de literatura, el análisis y el contraste de la información más relevante obtenida mediante la búsqueda de información especializada, para conocer en qué estado se encuentra el avance de las investigaciones con respecto a estos elementos de protección personal.

## 2.JUSTIFICACIÓN

Además de la normativa que regula la exposición a vibraciones, otra alternativa que existe para reducir el riesgo por exposición a vibraciones son los denominados guantes antivibratorios. Con frecuencia los guantes son vistos como un medio para reducir la vibración en las manos, ya sean guantes de cámara de aire o materiales elásticos, como: Sorbothane. (9). Así mismo, lo expresa Rakheja y colaboradores: los guantes antivibratorios, hechos de materiales resistentes o cámara de aire, son ampliamente utilizados para atenuar la vibración transmitida a las manos mientras se operan herramientas vibrantes. (11), incluso los guantes antivibratorios se han utilizado cada vez más para ayudar a reducir la exposición a las vibraciones. (12).

Las características de atenuación de vibraciones de los guantes son evaluados a través de mediciones en laboratorio. En general, los métodos de evaluación en el laboratorio incluyen variaciones en los factores que intervienen en la transmisibilidad de vibraciones en los guantes.

La Norma Internacional ISO 10819 especifica los criterios de medición de vibraciones para un guante antivibratorio de la siguiente manera: la transmisibilidad de la vibración para el espectro medio que se encuentra en el rango de 31,5 Hz -200 Hz debe ser inferior a 1.0 y la transmisibilidad global debe ser inferior a 0,6 cuando se utiliza un espectro H ubicado en el rango de 200 Hz - 1 kHz (13)

Dado que a estos elementos de protección individual se le asocian importantes ventajas como la disminución del riesgo por vibraciones mecánicas, se consideró importante analizar este tema, por varias razones: si la eficacia de las pruebas de evaluación de transmisibilidad de los guantes no es aun confiable y presenta inconvenientes, es posible que la atenuación de las vibraciones asociadas a los guantes no pueda ser efectivamente estimada, y por consiguiente no se conozcan realmente los beneficios asociados al uso de los mismos. Por otra parte, se consideró que la prevención de la exposición a vibraciones proporciona importantes ventajas como: reducción de siniestralidad, mejora de condiciones laborales, disminución de consecuencias físicas, mejoras en la productividad y mejores condiciones físicas y psicológicas del personal que utiliza herramientas vibrantes. Es importante resaltar que la aplicación de este tema para los especialistas en salud ocupacional abre un nuevo campo de estudio, considerando la amplia gama de sectores industriales que utilizan herramientas vibrantes, y donde se requiere disponer de elementos de protección confiables que minimicen el riesgo ocasionado al sistema mano brazo, y mucho más teniendo en cuenta la importancia de esta parte del cuerpo para la vida laboral, familiar y social de los trabajadores.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 OBJETIVO GENERAL**

Analizar la eficacia de los guantes antivibratorios en la disminución de trastornos en el sistema mano brazo asociado a vibraciones.

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Enunciar los posibles trastornos que pueden producir las vibraciones sobre el sistema mano brazo.
- Describir los límites permisibles y la normativa que regula la exposición a vibraciones.
- Caracterizar las propiedades de los guantes antivibratorios para la reducción de efectos vibratorios en el sistema mano brazo.
- Identificar si los trastornos en el sistema mano brazo se disminuyen o no con el uso de los guantes antivibratorios.
- Determinar los factores que intervienen en la eficacia de los guantes antivibratorios para la disminución o no de los trastornos en el sistema mano brazo.

## **4. MARCO TEÓRICO**

### **4.1 DEFINICIONES DE VIBRACIÓN**

En el mundo laboral se conocen dos tipos de vibraciones: de cuerpo completo y vibraciones transmitidas a las manos. Se conocen como vibraciones transmitidas a las manos, las que entran al cuerpo a través de las manos. Éstas son causadas por distintos procesos industriales, la agricultura, la minería o la construcción, en los que se agarran o empujan herramientas o piezas vibrantes con las manos o los dedos. (2).

Las vibraciones se producen cuando un cuerpo oscila debido a fuerzas externas e internas. En el caso de las vibraciones de mano brazo, la empuñadura de una máquina o la superficie de una pieza de trabajo vibran rápidamente y transmiten ese movimiento a la mano y al brazo. (14).

En general, desde el punto de vista físico, la vibración puede describirse como un movimiento armónico simple o puede ser extremadamente complejo. El sistema puede ser gaseoso, líquido o sólido. Cuando el sistema es el aire y el movimiento involucra vibración de las partículas de aire en el rango de frecuencias de 20 a 20000 hertz (Hz) se produce sonido. (15).

Las vibraciones mecánicas como riesgo para la salud se han venido estudiando especialmente en España, por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, el cual ha legislado e investigado el tema.

Particularmente cuando se habla de vibración transmitida al sistema mano brazo, de acuerdo con la Directiva 2002/44/ce del parlamento europeo y del consejo, se entiende la vibración mecánica que, cuando se transmite al sistema humano de mano y brazo, supone riesgos para la salud y la seguridad de los trabajadores, en particular: problemas vasculares, de huesos o de articulaciones, nerviosos o musculares. (14)

La vibración se define por los siguientes tres grandes aspectos: su magnitud, frecuencia y dirección. Para entender este fenómeno físico es importante describir cada una de estas características:

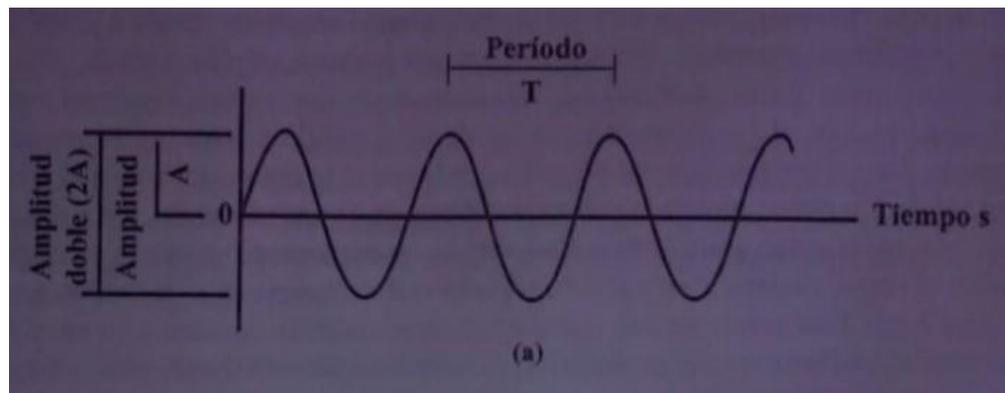
#### **4.1.1 MAGNITUD.**

Los desplazamientos oscilatorios de un objeto implican, alternativamente, una velocidad en una dirección y después una velocidad en dirección opuesta. Este cambio de velocidad significa que el objeto experimenta una aceleración constante, primero en una dirección y después en dirección opuesta. La magnitud de una vibración puede cuantificarse en función de su desplazamiento, su

velocidad o su aceleración. A efectos prácticos, la aceleración suele medirse con acelerómetros. La unidad de aceleración es el metro por segundo al cuadrado ( $m/s^2$ ). (15).

La magnitud de una oscilación puede expresarse como la distancia entre los extremos alcanzados por el movimiento (valor pico-pico) o como la distancia desde algún punto central hasta la desviación máxima (valor pico). Con frecuencia, la magnitud de la vibración se expresa como el valor promedio de la aceleración del movimiento oscilatorio, normalmente el valor cuadrático medio o valor eficaz ( $m/s^2$  r.m.s.). (15) Gráficamente, la magnitud se representa como se muestra a continuación:

**Figura 1. Magnitud de vibración**



Fuente: (15)

La magnitud de vibración podría expresarse en desplazamiento de la vibración (en metros), velocidad de la vibración (en metros por segundo) o aceleración de la vibración (en metros por segundo cuadrado o  $m/s^2$ ). El resultado de la mayoría de los transductores de vibración está relacionado con la aceleración, por lo que ésta se ha utilizado tradicionalmente para describir la vibración. (15).

#### **4.1.2 FRECUENCIA.**

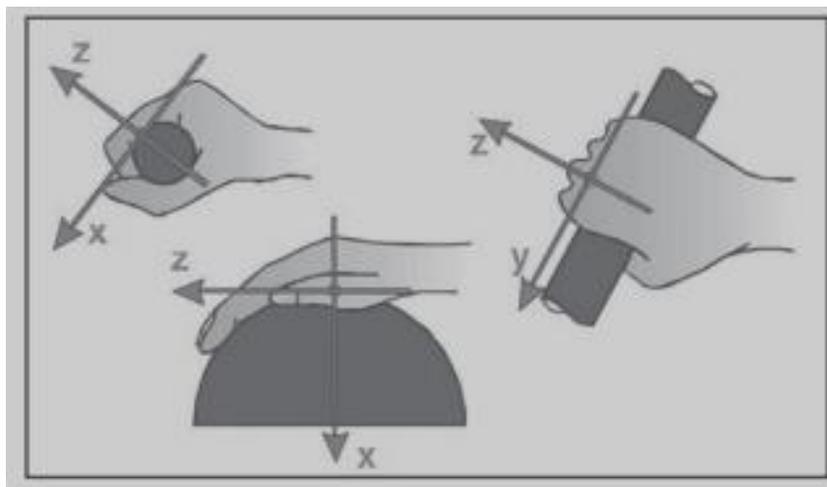
La relación entre el desplazamiento y la aceleración de un movimiento depende también de la frecuencia de oscilación: un desplazamiento de un milímetro corresponde a una aceleración muy pequeña a bajas frecuencias, pero a una aceleración muy grande a frecuencias altas; el desplazamiento de la vibración visible al ojo humano no proporciona una buena indicación de la aceleración de las vibraciones. Se expresa en ciclos por segundo (hertzios, Hz). La frecuencia representa el número de veces por segundo que un cuerpo que vibra se mueve hacia adelante y hacia atrás. En el caso de las vibraciones de mano brazo, las frecuencias consideradas importantes van de 8 a 1 000 Hz. No obstante, como no

existe el mismo riesgo de daño para la mano en todas las frecuencias, se utiliza una ponderación en frecuencia que representa la probabilidad de daño de las diferentes frecuencias. En consecuencia, la aceleración ponderada disminuye a medida que aumenta la frecuencia. En el caso de las vibraciones de mano-brazo, se utiliza una sola curva de ponderación en frecuencia para las tres direcciones. (14).

#### 4.1.3 DIRECCIÓN.

Las vibraciones pueden producirse en tres direcciones lineales y tres rotacionales. En el caso de personas sentadas, los ejes lineales se designan como eje x (longitudinal), eje y (lateral) y eje z (vertical). Las rotaciones alrededor de los ejes x, y y z se designan como rx (balanceo), ry (cabeceo) y rz (deriva), respectivamente. Las vibraciones suelen medirse en la interfase entre el cuerpo y las vibraciones. (14). En el caso de las manos, para obtener una expresión completa de las vibraciones en una superficie, deben medirse en tres direcciones, como se muestra a continuación:

**Figura 2. Dirección de la vibración en las manos**



Fuente: (14)

#### 4.2 CÓMO ACTÚAN LAS VIBRACIONES EN EL SISTEMA MANO BRAZO.

Los mecanorreceptores de la piel son los encargados de detectar la vibración (transformar la energía mecánica en señales eléctricas), estos se encuentran situados en los tejidos epidérmicos y subcutáneos de la piel lisa y desnuda de los dedos y manos. Estos receptores se pueden clasificar de acuerdo con sus propiedades de adaptación y su campo receptor, en: de adaptación lenta y de adaptación rápida. (2).

En las unidades mecanorreceptoras de adaptación lenta se encuentran los discos de Merkel y las terminaciones de Ruffini, que responden a la presión estática y a pequeñas variaciones de presión y son excitados a baja frecuencia (<16 Hz), mientras que las unidades de adaptación rápida tienen los corpúsculos de Meissner y de Pacini, que responden a variaciones rápidas de los estímulos y se encargan de producir la sensación de vibración en la gama de frecuencia entre 8 y 400 Hz. (2).

La exposición permanente a vibraciones transmitidas a las manos puede causar un aumento temporal de los umbrales vibrotáctiles debido a una depresión de la excitabilidad de los mecanorreceptores de la piel. La magnitud de la variación temporal de estos umbrales, así como el tiempo de recuperación están sujetos a la influencia de distintas variables, tales como las características de la vibración (frecuencia, amplitud, duración), la temperatura, la edad y exposición anterior a la vibración del trabajador. (2).

Si a la exposición a vibraciones se le adiciona exposición a ambientes fríos se agrava la depresión táctil inducida por éstas, dado que la baja temperatura tiene un efecto vasoconstrictor en la circulación digital y reduce la temperatura de la piel de los dedos. De acuerdo con Griffin: la exposición a vibraciones combinado con ambiente frío puede generar deterioro agudo de la sensibilidad táctil, lo que a su vez genera reducción de la percepción sensorial y pérdida de destreza o manipulación, y esto puede incluso interferir en la actividad laboral o causar lesiones graves por accidentes laborales. (2).

En este sentido, una de las normas que existe y que tiene como finalidad establecer un filtro de frecuencia ponderada para evaluar aceleraciones transmitidas al sistema mano brazo a través de herramientas eléctricas, es la norma ISO 5349. En el anexo D de la norma ISO 5349-1 se determina que en la transmisión de las vibraciones a las manos pueden intervenir otros factores como: dirección de la vibración, dirección de la muñeca, el codo, la postura del hombro, la fuerza de agarre y empuje, la temperatura, etc. (16).

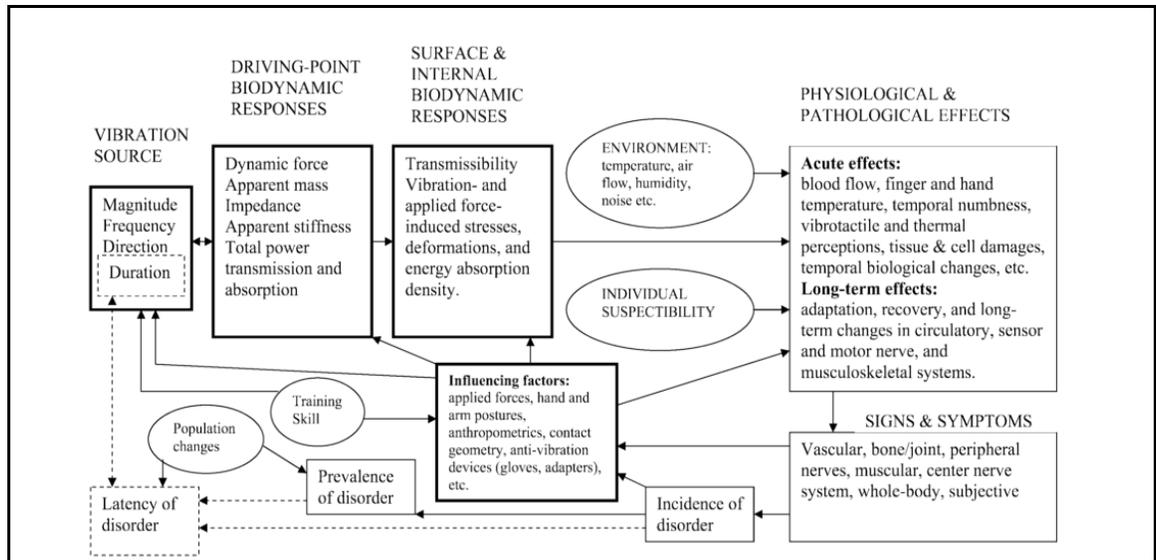
De acuerdo con Besa y colaboradores, se afirma con base en referencias anteriores, que se puede suponer que de la energía transmitida y disipada es que genera los efectos adversos en el sistema mano brazo; y la disipación depende de la impedancia mecánica del sistema mano brazo. (16).

La impedancia mecánica de los miembros superiores (sistema mano brazo), se mide comúnmente con asas instrumentadas, imponiendo una vibración conocida por el miembro humano y se miden las fuerzas resultantes a lo largo del eje de excitación. Si bien el proceso de medición está bien consolidado, en las

frecuencias altas se pueden presentar errores debidos a la dinámica de la manija utilizada en la prueba. (17).

En la siguiente figura se resume en términos generales los factores a tener en cuenta en la evaluación de la transmisibilidad de las vibraciones a las manos.

**Figura 3. Modelo conceptual de los factores de influencia de la relación causa efecto para la exposición de vibraciones transmitidas a las manos.**



Fuente: (18)

### 4.3 EFECTOS DE LAS VIBRACIONES SOBRE LA SALUD

La vibración produce transmisión de energía, es por esto que cuando las partes del cuerpo se acercan a un objeto que vibra, esta vibración se absorbe por este y genera en él múltiples efectos. De igual forma, existen diferentes factores que afectan la cantidad de energía transmitida y absorbida por las partes del cuerpo, estos son: variaciones en la presión de agarre, fuerza estática y postura. En general, cada uno de estos factores interviene directa y considerablemente en la absorción de la energía. Por ejemplo, a mayor presión de agarre mayor es la fuerza transmitida al sistema mano brazo. (2).

De acuerdo con Griffin y Bovenzi, los efectos de las frecuencias de las vibraciones ejercidas sobre el sistema brazo mano humano, se pueden clasificar así:

- Vibraciones de baja frecuencia (<50 Hz): se transmiten con poca atenuación a lo largo de la mano y el antebrazo. La atenuación en el codo depende de la postura

del brazo, dado que la transmisión de vibraciones tiende a disminuir a medida que aumenta el ángulo de flexión en la articulación del codo.

- A frecuencias altas (>50 Hz): la transmisión de vibraciones disminuye progresivamente a medida que aumenta la frecuencia.
- Mayor a 150 a 200 Hz: la mayor parte de la energía de vibración se disipa en los tejidos de la mano y los dedos. De las medidas de transmisibilidad se infiere que en la región de alta frecuencia es donde se presentan los daños a estructuras blandas de los dedos y las manos. (2)

Como consecuencia a lo anterior, de acuerdo con Griffin, se infiere que: las vibraciones de alta frecuencia pueden ser responsables de daños a las estructuras blandas de los dedos y manos, mientras que las vibraciones de baja frecuencia y gran amplitud; podrían estar relacionadas con lesiones de muñeca, codo y hombro. (2) No obstante, la relación entre exposición a vibraciones transmitidas a las manos de origen profesional y los efectos adversos para la salud es compleja. Sin embargo, Griffin asevera que: “el uso de herramientas vibrantes domésticas pueden exponer las manos esporádicamente a vibraciones de gran amplitud, pero solo las largas exposiciones diarias pueden provocar problemas de salud” (2)

Comúnmente, se utiliza la expresión síndrome de vibraciones mano-brazo (HAV) para hacer referencia a los síntomas asociados con exposición a vibraciones transmitidas a las manos. Básicamente, este síndrome tiene tres componentes: vascular, neurológico y musculoesquelético. (3).

El síndrome de vibración de mano-brazo puede incluso afectar la vida social y familiar del empleado. Pueden producir sucesos periódicos de mala circulación sanguínea no sólo en el trabajo, sino también durante actividades cotidianas. Esto puede llegar a dificultar la realización de tareas diarias. (2).

De la misma manera, Griffin (2010,) clasifica algunos de los factores potencialmente relacionados con efectos lesivos durante las exposiciones a las vibraciones transmitidas a las manos:

- Características de la vibración
  - Magnitud (eficaz, pico, ponderada/no ponderada)
  - Frecuencia (espectros, frecuencias dominantes)
  - Dirección (ejes x, y, z)
- Herramientas o procesos
  - Diseño de herramientas (portátiles, fijas)
  - Tipo de herramienta (de percusión, rotativa, rotopercutante)
  - Condición
  - Operación
  - Material que se trabaja

- Condiciones de exposición
  - Duración (exposiciones diarias, anuales)
  - Modelo de exposición (continua, intermitente, periodos de descanso)
  - Duración de la exposición acumulada
  
- Condiciones ambientales
  - Temperatura ambiente
  - Flujo de aire
  - Humedad
  - Ruido
  - Respuesta dinámica del sistema mano brazo
  - Impedancia mecánica
  - Transmisibilidad de la vibración
  - Energía absorbida
  
- Características individuales
  - Método de trabajo (fuerza de agarre, fuerza de empuje, postura de mano –brazo, posición del cuerpo)
  - Salud
  - Formación
  - Destreza
  - Uso de guantes
  - Susceptibilidad individual a la lesión

Los trastornos vasculares y neurológicos y las anomalías óseas y articulares causadas por las vibraciones de mano-brazo son enfermedades laborales reconocidas en varios países europeos. De la misma manera, en Colombia se reconocen estas enfermedades laborales, las cuales se encuentran establecidas en la tabla de enfermedades laborales aprobada por el Gobierno Nacional el 5 de agosto del 2014.

A continuación se realiza la descripción de los principales trastornos:

- Trastornos vasculares:** es conocido como dedo blanco por vibraciones o VWF, otro de los nombres con los que se le llamaba anteriormente es fenómeno de Raynaud de origen ocupacional, o incluso dedo muerto en otros sectores. (3).

Los trastornos **como** el síndrome del dedo blanco pueden presentarse en los trabajadores expuestos a vibraciones en el sistema mano brazo, a raíz de este estímulo y generalmente se aumenta con la exposición al frío. Por lo general, este síntoma es **debido** a la ausencia temporal de circulación sanguínea en los dedos. (14).

Inicialmente, este síndrome afecta a la yema de uno o varios dedos, sin embargo, si la exposición a vibraciones persiste, el síndrome puede extenderse hasta la base de los dedos. Generalmente cuando los dedos entran en contacto con calor o algún tipo de masaje local, recuperan el flujo sanguíneo, se ponen rojos, y a veces dolorosos. La duración de estos síntomas varía dependiendo de los estímulos de las vibraciones entre minutos y más de una hora.

Si la exposición a vibraciones continua, los síntomas de este síndrome serán más frecuentes y afectaran ampliamente los dedos. Durante los episodios, el trabajador afectado puede sufrir una pérdida completa del tacto y de la dexteridad, que puede entorpecer con su actividad laboral y aumentar el riesgo de accidentes, incluso provocar lesiones graves. Estudios epidemiológicos han demostrado que la probabilidad y gravedad del síndrome del dedo blanco dependen de las características de la exposición a las vibraciones y su duración, el tipo de herramienta utilizada y el procedimiento de trabajo, las condiciones ambientales (temperatura, flujo de aire, humedad y ruido), algunos factores biodinámicos y ergonómicos (fuerza de agarre, fuerza de empuje y posición del brazo) y diversas características individuales (sensibilidad individual, enfermedades y agentes tales como el tabaco y algunos medicamentos que afectan a la circulación periférica). (14).

•**Fenómeno de Raynaud:** uno de los trastornos más destacados dentro del fenómeno de exposición a vibraciones es: el **fenómeno** de Raynaud, el cual fue descrito inicialmente en 1862 por Maurice Raynaud en su tesis doctoral, describiendo el fenómeno que lleva su nombre; como un trastorno que se **caracteriza** por episodios súbitos, transitorios y recurrentes de cambios de coloración de los dedos de las **manos** y de los pies, aunque se presentan en otras zonas como orejas, pezones o nariz. El fenómeno de Raynaud es una respuesta vasoespástica exagerada de las arterias digitales, arteriola, precapilares y shunt arteriovenosos subcutáneos. (19).

•**Trastornos neurológicos:** la exposición del sistema mano brazo a vibraciones pueden hacer sentir hormigueo y entumecimiento en los dedos y las manos de los trabajadores. Si la exposición a las vibraciones es persistente, estos síntomas tienden a empeorar y **pueden** afectar a la capacidad de trabajo y las actividades cotidianas. Los trabajadores expuestos a las vibraciones pueden sufrir una reducción de su sensibilidad táctil y térmica, así como una menor dexteridad manual. El diagnóstico **particularmente** de este componente se ha simplificado debido a que la mayoría de los casos tienen una causa conocida. (3).

De acuerdo con un estudio epidemiológico sobre los trabajadores, se ha puesto también de manifiesto que el uso de herramientas generadoras de vibraciones combinado con movimientos repetitivos, agarres fuertes y posturas inadecuadas puede aumentar el riesgo de síndrome del túnel carpiano. (4).

•**Trastornos musculoesqueléticos:** este componente abarca una serie de diferentes condiciones que afectan las articulaciones y los huesos. No **obstante**, ninguna de estas condiciones es causada solamente por exposición a vibraciones. (3).

Los trabajadores que sufren largas exposiciones a vibraciones pueden padecer debilidad muscular, dolores en las manos y los brazos y disminución de la resistencia muscular. Estos trabajadores se pueden quejar, incluso esta fatiga muscular pueden causar discapacidad. Sin embargo, hasta el momento la relación de estos factores con las vibraciones no es concluyente. (14).

Aunque es mayor la incidencia de afectaciones musculoesqueléticas en los trabajadores expuestos a vibraciones, se encuentra lejos de ser con certeza que la causa sea la exposición a vibraciones, debido a que la mayoría de estos trabajadores están a su vez realizando un trabajo físico pesado, y por consiguiente esta puede ser la causa en estos casos. De todas formas, si puede ser más probable que los trabajadores expuestos a vibraciones desarrollen más fácilmente estas afectaciones que los trabajadores que realizan actividades similares sin la exposición a vibraciones. (3)

En trabajadores de la construcción de carreteras y operarios de herramientas de percusión donde se utilizan herramientas vibrantes, se ha identificado excesivos casos de artritis ósea de muñeca y codo, de igual forma, calcificación de tejidos blandos en las regiones de inserción de los tendones, sobre todo en el codo. (14).

Para el caso de los leñadores se ha comunicado una disminución de la fuerza de agarre de la mano. Se ha sugerido lesión mecánica directa o daño del nervio periférico como posibles factores etiológicos de los síntomas musculares. (2)

•**Otros trastornos:** existen además otros trastornos que se relacionan con el fenómeno de **exposición** a vibraciones: algunos estudios indican que en los trabajadores afectados por dedo blanco por vibraciones, la pérdida de audición es mayor de lo esperado como consecuencia del envejecimiento y de la exposición al ruido por el uso de herramientas vibrantes. (2).

Otros síntomas relacionados con la exposición a vibraciones contienen: la desmielinización (pérdida de fibras nerviosas) en los nervios periféricos de la mano, la tendinitis, tenosinovitis e incluso la pérdida de audición avanzada. Estudios recientes también apuntan a la aparición del síndrome del túnel carpiano. (4).

Se han notificado otros trastornos en trabajadores expuestos a las vibraciones, tales como inflamaciones de los tendones (tendinitis) y sus vainas en los miembros superiores y contracturas de Dupuytren, enfermedad de los tejidos fasciales de la palma de la mano. (14).

Otros de los trastornos que se han asociado a las vibraciones por parte de escuelas rusas y japonesas de medicina del trabajo son las que afectan al sistema endocrino y nervioso central de los trabajadores expuestos a vibraciones. (2) Estas afectaciones se ven reflejadas en signos y síntomas como fatiga persistente, dolor de cabeza, irritabilidad, perturbaciones del sueño, impotencia, anomalías electroencefalografías. No obstante, de acuerdo con Griffin, esta relación entre vibraciones y afectaciones en el sistema nervioso central debe ser investigada con mayor profundidad para confirmar esta hipótesis. (2)

En general, los síntomas vasculares y neurológicos pueden tener asociadas otras causas adicionales a la exposición a vibración. Sin embargo, la relación exposición a vibración y sus efectos para el componente musculoesquelético es la menos satisfactoria. (3).

#### **4.3.1 PARÁMETROS DE VIBRACIÓN QUE SE UTILIZAN PARA EVALUAR LA EXPOSICIÓN.**

Cuando se trata de valorar la exposición diaria a vibraciones, denominada A(8), la cual estima la duración total de la exposición, es importante considerar la duración total de exposición de cada herramienta o proceso ejecutado, contando solo el tiempo realmente expuesto a vibraciones sin incluir el tiempo durante el cual el trabajador no tiene la herramienta en la mano o no está funcionando.

Normalmente el tiempo de exposición a las vibraciones es inferior al tiempo de trabajo global (jornada de trabajo), esto significa que las manos están realmente expuestas cuando la herramienta se encuentra encendida. (14).

La Directiva 2002/44/CE sugiere varios métodos para estimar el tiempo de exposición a vibraciones. Sin embargo, el método a utilizar depende de si se hace uso continuo o intermitente de la herramienta. (14). Adicional a lo anterior, esta directiva muestra los siguientes ejemplos:

- Funcionamiento continuo de la herramienta:
  - Ejemplo: el uso de una amoladora durante varias horas para eliminar grandes cantidades de material. Se puede estimar el tiempo de funcionamiento de la herramienta a partir de un cronometro o un video. Funcionamiento intermitente de la herramienta:

- Ejemplo: utilización de una atornilladora de impacto para apretar las tuercas de las llantas. Se puede estimar basados en el número de componentes completados en el día o la duración promedio de una operación durante el periodo de la muestra.
- Para el ejemplo de la atornilladora de impacto, puede contar el número de ruedas sustituidas al día y el número de tuercas por rueda. También necesita saber el tiempo típico que lleva retirar o sustituir una tuerca.
- Los patrones de trabajo también requieren un análisis detenido. Por ejemplo, algunos trabajadores pueden utilizar herramientas vibrantes únicamente durante algunos periodos del día o de la semana. Debe establecer patrones de uso típicos, que constituirán un factor importante del cálculo de la probable exposición de una persona a las vibraciones. (14).
- A partir de cada dirección de vibración, se mide el valor eficaz de la aceleración ponderada en frecuencia, denominada  $a_{hv}$ . El valor total de vibración, que combina los tres valores  $a_{hw}$  de las direcciones «x», «y» y «z», es el utilizado para evaluar la exposición, mediante la fórmula siguiente:

$$a_{hv} = \sqrt{a_{hwx}^2 + a_{hwy}^2 + a_{hwz}^2}$$

Donde:

$a_{hv}$  = *valor eficaz de la aceleración ponderada* en frecuencia

$a^2_{hwx}$  = *valor total de la vibración en la dirección x*

$a^2_{hwz}$  = *valor total de la vibración en la dirección z*

$a^2_{hwy}$  = *valor total de la vibración en la dirección y*

- El equipo de medición de las vibraciones de mano-brazo deberá tener en cuenta es la elección adecuada de los acelerómetros (transductores de vibraciones). Las vibraciones de las máquinas de mano o guiadas con la mano pueden ser muy elevadas y sobrecargar fácilmente los transductores inadecuados.

La fijación de transductores a las empuñaduras de las máquinas requiere sistemas de montajes rígidos, ligeros y compactos. Norma EN ISO 5349-2:2001. (14).

- Exposición diaria a vibraciones: la exposición diaria a las vibraciones, A(8), se calcula a partir de la magnitud y del tiempo de exposición. Al igual que la magnitud de vibración, la exposición diaria a las vibraciones se expresa en metros por segundo al cuadrado (m/s<sup>2</sup>).
- Exposiciones parciales a las vibraciones: si una persona está expuesta a más de una fuente de vibraciones (por ejemplo, si alterna varias herramientas o procesos durante el día), los valores parciales de las vibraciones se calculan a partir de la magnitud y la duración de cada una de ellas. Posterior a esto, se combinan los valores parciales de las vibraciones para obtener el valor global de exposición diaria, A(8), de esa persona.

Cada exposición parcial a las vibraciones representa la contribución de una fuente de vibraciones particular (herramienta o proceso) a la exposición total diaria del trabajador. Conocer los valores parciales de exposición ayuda a determinar sus prioridades: en las medidas de control debe darse prioridad a las herramientas o procesos cuyos valores parciales de exposición a las vibraciones sean más elevados. (14).

Cuando se utiliza una sola máquina: la exposición diaria a las vibraciones, A(8), de un trabajador que aplica un proceso o utiliza una herramienta, puede calcularse a partir de la magnitud y del tiempo de exposición, mediante la ecuación siguiente:

$$A(8) = a_{hv} \sqrt{\frac{T}{T_0}}$$

Donde:

$a_{hv}$  = la magnitud de vibración (en m/s<sup>2</sup>).

T es el tiempo de exposición diario a la magnitud de vibración  $a_{hv}$

T<sub>0</sub> es el tiempo de referencia de ocho horas. Al igual que la magnitud de vibración, la exposición diaria a las vibraciones se expresa en metros por segundo al cuadrado (m/s<sup>2</sup>). (14).

Cuando se utiliza más de una máquina: si una persona está expuesta a más de una fuente de vibraciones, las exposiciones parciales a las vibraciones se calculan a partir de la magnitud y la duración de cada fuente.

La exposición diaria total a las vibraciones puede calcularse a partir de los valores de la exposición parcial a las vibraciones, mediante la fórmula siguiente:

$$A(f) = \sqrt{A_1(f)^2 + A_2(f)^2 + A_3(f)^2 + \dots}$$

Donde  $A_1(f)$ ,  $A_2(f)$ ,  $A_3(f)$ , etc. son los valores parciales de exposición a las vibraciones de las distintas fuentes de vibraciones. (14).

Otro de los factores que influyen en los efectos negativos para la salud de los trabajadores para el sistema mano brazo es la respuesta dinámica del cuerpo, en este caso de la mano.

En cuanto a la respuesta dinámica del sistema mano brazo, se describen el modo en que las vibraciones producen movimiento en el cuerpo o partes del cuerpo, ellas son: la impedancia y la transmisibilidad. (2)

De acuerdo con Griffin, la transmisibilidad indica qué fracción de la vibración se trasmite, y la impedancia significa la fuerza que se requiere para que el cuerpo se mueva a cada frecuencia.

Otra de la respuesta humana a las vibraciones es la frecuencia de resonancia, los cuerpos que reciben vibraciones de un ente externo, pueden ampliar la intensidad de la vibración, esto ocurre si la vibración se da en ciertas frecuencias que son características de la estructura receptora. Se estima que existe una región de resonancia para el sistema de los dedos, la mano y el brazo en la gama de frecuencia comprendida entre 80 y 300 Hz. (2).

De acuerdo con Bovenzi, el comportamiento mecánico de la extremidad superior humana es complejo, dado que la impedancia del sistema de la mano y el brazo, presenta marcadas variaciones en función de los cambios de amplitud de vibración, frecuencia y dirección, fuerzas aplicadas y orientación de la mano y el brazo con respecto al eje del estímulo. En la impedancia influye también la constitución corporal y las diferencias estructurales de las diversas partes de la extremidad superior, por ejemplo, la impedancia mecánica de los dedos es muy inferior a la de la palma de la mano. (2).

Según se entiende, a mayores niveles de vibración y a mayores presiones de agarre de la mano, mayor impedancia. Se sabe además, que las variaciones de impedancia dependen considerablemente de la frecuencia y dirección del estímulo de la vibración y de las diversas fuentes del sujeto. (2).

#### 4.4 NORMATIVA

Comités y organizaciones han propuesto niveles de acción y valores límite umbral (TLV) de exposición a la vibración, con el fin de minimizar el riesgo de efectos adversos para la salud inducidos por vibración. La American Conference of Government Industrial Hygienists (ACGIH) ha publicado valores TLV de vibración transmitida a las manos medida por el procedimiento de ponderación de frecuencia según la Norma ISO (American Conference of Governmental Industrial Hygienists 1992). Estos valores son:

**Figura 4. Valores límite umbral (TLV)**

<b>Duración de la exposición (h/día)</b>	<b>Aceleración máxima (m/s<sup>2</sup>)</b>
4 a 8	4
2 a 4	6
1 a 2	8
menos de 1	12

Fuente: American Conference of Government Industrial Hygienists (ACGIH)

Según la ACGIH, los TLV propuestos se refieren a la exposición a vibraciones a la que casi todos los trabajadores pueden estar expuestos repetidamente. Más recientemente, la Comisión de las Comunidades Europeas ha presentado niveles de exposición para vibración transmitida a las manos en el marco de una propuesta de Directiva para la protección de los trabajadores contra los riesgos derivados de agentes físicos (Consejo de la Unión Europea 1994), En la Directiva propuesta, la cantidad utilizada para valorar el riesgo de vibración se expresa en términos de aceleración equivalente ponderada en frecuencia para un período de ocho horas,  $A(8) = (T/8)^{1/2} (a_{h,w})_{eq}(T)$ , utilizando la suma vectorial de las aceleraciones ponderadas en frecuencia determinadas en las coordenadas ortogonales  $a_{sum} = (a_{x,h,w}^2 + a_{y,h,w}^2 + a_{z,h,w}^2)^{1/2}$  en la empuñadura de la herramienta o en la pieza vibrantes. Los métodos de medida y evaluación de la exposición a las vibraciones señalados en la Directiva se deriva básicamente de la Norma Británica (BS) 6842 (BSI 1987a). (2)

Ahora bien, la Norma BS no recomienda límites de exposición, sino que facilita un apéndice informativo sobre el estado del conocimiento de la relación entre dosis y efecto para las vibraciones transmitidas a las manos. A nivel internacional los países miembros de la unión europea se acogen a la Directiva 2002/44/CE del parlamento europeo y del consejo de 25 de junio de 2002 sobre las disposiciones

mínimas de seguridad y de salud relativas a la exposición de los trabajadores a los riesgos derivados de los agentes físicos (vibraciones) En este contexto, esta Directiva tiene por objeto introducir a escala comunitaria requisitos mínimos de protección de los trabajadores expuestos, en el transcurso de su trabajo, a riesgos derivados de las vibraciones.

La Directiva 2002/44/CE establece «valores límite de exposición» y «valores de exposición que dan lugar a una acción», especifica las obligaciones de los empleadores en cuanto a la determinación y la evaluación de los riesgos, fija las medidas que deben adoptarse para reducir o evitar la exposición y explica detalladamente cómo impartir información y formación a los trabajadores. Todo empleador que tenga previsto realizar trabajos que conlleven riesgos derivados de la exposición a vibraciones debe aplicar una serie de medidas de protección antes de los trabajos y durante ellos.

La Directiva exige también que los Estados miembros de la UE establezcan un sistema adecuado de seguimiento de la salud de los trabajadores expuestos a riesgos derivados de las vibraciones. La evaluación y determinación de los riesgos de la exposición a las vibraciones y la aplicación de medidas de protección pueden constituir una tarea difícil.

Por otra parte, se incluye en este nivel el Real Decreto.1311/ 2005, el cual establece los valores límite de exposición y valores de exposición que dan lugar a una acción. De esta manera, para la vibración transmitida al sistema mano brazo: El valor límite de exposición diaria normalizado para un período de referencia de ocho horas se fija en 5 m/s<sup>2</sup>.

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 m/s<sup>2</sup>.

Cuando la exposición de los trabajadores a las vibraciones mecánicas sea de forma habitual inferior a los valores de exposición diaria establecidos, 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.

Dado que la respuesta humana a las vibraciones varía según la frecuencia de vibración, es necesario ponderar la vibración medida en función de cuánta vibración se produce a cada una de las frecuencias. Las ponderaciones en frecuencia reflejan la medida en que las vibraciones causan el efecto indeseado a

cada frecuencia. Es necesario realizar ponderaciones para cada eje de vibración. Se requieren ponderaciones en frecuencia diferentes para las vibraciones de cuerpo completo y las vibraciones transmitidas a las manos. (2).

En general, los países han acogido normas e incluso han creado reglamentación sobre la exposición a vibraciones transmitidas a las manos. La mayoría de estas normas están basadas en la Norma Internacional ISO 5349 (1986). Para medir las vibraciones transmitidas a las manos, la Norma ISO 5349 usa el empleo de una curva de ponderación de frecuencia que proporcione un valor aproximado de la sensibilidad de la mano a los estímulos de vibración dependiente de la frecuencia. (2)

Particularmente en Colombia, se tiene la resolución 2400 de 1979 donde se establecen las consideraciones a tener en cuenta para los trabajadores que se expondrán a riesgo por vibraciones. (20).

Adicional a lo anterior, en Colombia, el 5 de agosto de 2014 el gobierno nacional expide la nueva tabla de enfermedades laborales en la que incluye factores de riesgo ocupacional para la prevención de las enfermedades producidas por agentes físicos, entre ellas se encuentran aquellas ocupaciones relacionadas con el ruido, las vibraciones transmitidas a las extremidades superiores por maquinarias y herramientas, los trabajos a la intemperie que exponen a la radiaciones ionizantes y ópticas, ultravioletas, infrarroja y láser, temperaturas externas de calor y frío. Fueron catalogadas 67 enfermedades dentro de las más comunes, destacándose el síndrome de Raynaud, Osteonecrosis, fibromatosis de la fascia plamar: “contractura de Dupuytren”, lesiones de hombro, enfermedad de kienbock del adulto, trastornos de tejidos blandos, trastornos articulares no clasificados, entre otras. (21).

Por otro lado, el organismo normalizador ICONTEC en el 2008 adapto la norma NTC 2190 sobre los guantes de protección, los requisitos generales y los métodos de ensayo.

#### **4.5 MEDIDAS DE PREVENCIÓN.**

La prevención de lesiones o trastornos causados por vibraciones transmitidas a las manos exige la implantación de procedimientos técnicos, médicos y administrativos (ISO 1986; BSI 1987a). Estos pueden describirse como:

- **Medidas administrativas:** información y formación completa y permanente a los operarios que trabajan con **maquinaria** vibrante También debería proponerse integración con los fabricantes y usuarios de herramientas vibrantes, para asesoramiento bidireccional. Los horarios de trabajo deberían incluir periodos de descanso. (14)

•**Medidas técnicas:** elección de herramientas con la mínima vibración y con diseño ergonómico adecuado. Según la Directiva CE: “para la seguridad de las máquinas (Consejo de las Comunidades Europeas 1989), el fabricante deberá declarar si la aceleración **ponderada** en frecuencia de la vibración transmitida a las manos excede de  $2,5 \text{ m/s}^2$ , mediante la oportuna determinación por medio de los códigos de ensayo adecuados tal como se indica en la Norma Internacional ISO 8662/1 y los correspondientes documentos para las herramientas específicas (ISO 1988)”. (14). Otra de las medidas técnicas puede ser realizar mantenimiento periódico de las herramientas utilizadas.

•**Medidas médicas:** realizar reconocimientos médicos previos a la realización del trabajo y exámenes clínicos periódicos a los trabajadores expuestos a vibraciones. Una adecuada vigilancia médica permite identificar tempranamente los trastornos producidos por vibraciones. Así mismo, permite informar al trabajador los riesgos potenciales asociados a la exposición a vibraciones. Se sugiere que en la primera evaluación médica se tengan en cuenta factores de predisposición que pueden agravarse con la exposición a vibraciones. Se mencionan por ejemplo: tendencia constitucional a la patología dedo blanco y trastornos neurológicos. (14).

Con valores altos de la dosis de vibración, puede ser necesario considerar previamente la capacidad física de las personas expuestas y diseñar precauciones de seguridad adecuadas. Puede tomarse también en consideración la necesidad de revisiones periódicas del estado de salud de las personas habitualmente expuestas.

Después de considerar la severidad de los síntomas y las características del proceso de trabajo en su totalidad, debería decidirse entre evitar o reducir la exposición a las vibraciones del trabajador afectado. El trabajador debería ser informado sobre el uso de ropa adecuada para mantener caliente todo el cuerpo y debería evitar o minimizar el consumo de tabaco y el uso de algunos fármacos que pueden afectar la circulación periférica. (14).

Los guantes pueden ser útiles para proteger los dedos y las manos de traumatismos y para mantenerlos calientes. Los llamados guantes antivibración pueden proporcionar algo de aislamiento frente a las componentes de alta frecuencia de la vibración producida por algunas herramientas.

•**Las medidas preventivas** destinadas para minimizar la exposición a vibraciones mecánicas al sistema mano-brazo, obtenidas a través de revisiones de fuentes secundarias de información se encaminan a reducir los factores de riesgos desencadenantes de patologías en los trabajadores expuestos a las vibraciones, tales como “disminuir el tiempo de exposición, rotación de lugares de trabajo, pausas durante la jornada laboral, adecuación de los trabajos a las

diferencias individuales, educación del trabajador, minimizar la intensidad de las vibraciones, utilizar equipos de protección individual tales como guantes anti-vibración, zapatos, botas, etc". (14,15).

Adicional a lo anterior, es importante que en aquellos casos en que los trabajadores estén expuestos con frecuencia a vibraciones transmitidas a las manos, y en el que las medidas habituales no logran eliminar la exposición, los empleadores deberían evaluar las situaciones de peligro y riesgo que para la salud de estas personas entrañan las condiciones descritas, así como establecer las medidas de prevención y control para suprimir las situaciones de riesgos o reducirlos al nivel más bajo que se pueda, empleando para este efecto todos los medios que resulten adecuados.

Una buena gestión del riesgo depende del apoyo y la participación de los trabajadores, y especialmente de sus representantes, que pueden constituir una eficaz vía de comunicación con los trabajadores y ayudar a éstos a comprender y utilizar la información sobre la salud y la seguridad.

Algunos de los controles podrán implementarse de manera directa y otros en cambio requerirán de grandes cambios en la organización del trabajo. Frecuentemente estos cambios pueden ser encontrados fácilmente consultando a los representantes de cada trabajo. (14).

Para esto es importante una relación bidireccional entre empleador y empleado, utilizando mecanismos de comunicación efectivos, tales como: consultas, las cuales consisten en: intercambiar información pertinente sobre las medidas de salud y seguridad con los trabajadores; ofrecer a los trabajadores la ocasión de expresar sus opiniones y de contribuir oportunamente a resolver los problemas de salud y seguridad; valorar y tener en cuenta las opiniones de los trabajadores.

Del mismo modo, pueden ser útiles dentro del programa de prevención, tener en cuenta los riesgos asociados y tratar de controlarlos, por consiguiente, la Directiva propone lo siguiente:

- Sustituir métodos de trabajo. Evaluar la posibilidad de aplicar métodos de trabajo alternativos que eliminen o reduzcan la exposición a las vibraciones. Esto podría traducirse en **mecanización** o automatización de procesos o uso de otros métodos disponibles. Se podría lograr mediante asociaciones profesionales, proveedores de equipos, fabricantes, etc. (14).

Otra forma de sustituir los métodos de trabajo, podría ser asegurando que las herramientas utilizadas para los procesos sean adecuados y permitan la eficacia del trabajo, ya que de lo contrario podría aumentarse la exposición a

vibraciones de los trabajadores. Se puede lograr mediante información de proveedores de equipos, fabricantes, asociaciones profesionales, etc. (14).

- Disponer de una política de adquisición. Los departamentos de compras deberían tener en cuenta factores como emisión de vibraciones de las herramientas compradas y los requisitos solicitados para estos.

Los fabricantes de herramientas mecánicas (así como los importadores, los proveedores y las empresas de alquiler de herramientas) pueden ayudar en la selección de las herramientas más adecuadas y seguras en función de las necesidades particulares. Adicional a lo anterior, tienen el deber de reducir al mínimo los riesgos de las vibraciones y contribuir, con su información, a gestionar los riesgos de las vibraciones que no hayan podido eliminar mediante el diseño.

De acuerdo con la Directiva 2006/42/CE, todo aquel que suministre herramientas de mano mecánicas para su uso en Europa debe cumplir la Directiva sobre máquinas que exige que se facilite información sobre:

- La emisión de vibraciones (según lo indicado en el manual de instrucciones);
- La incertidumbre de la medición.
- El distribuidor también puede ofrecer apoyo técnico o asesoramiento sobre:
- Cualquier aplicación de la herramienta que se considere propensa a aumentar el riesgo de lesión por las vibraciones de mano-brazo;
- La utilización segura de la herramienta y cualquier requisito de formación al respecto;
- Cualquier formación (de los operarios, del personal de mantenimiento, etc.) recomendada para controlar las exposiciones a las vibraciones de mano-brazo;
- La utilización de la herramienta para tareas específicas;
- La necesidad de cualquier equipo de protección personal cuando se utiliza la herramienta;
- El mantenimiento de la herramienta en buen estado;
- Cualquier característica de reducción de las vibraciones

La nueva Directiva sobre máquinas exige que los fabricantes o los proveedores de maquinaria indiquen lo siguiente en las instrucciones: información sobre las vibraciones transmitidas al sistema mano-brazo • «El valor total de la vibración a la que esté expuesto el sistema mano-brazo, cuando exceda de 2,5 m/s<sup>2</sup>. Cuando este valor no exceda de 2,5 m/s<sup>2</sup>, se deberá mencionar este particular.» (14).

Al seleccionar las herramientas, debería tener en cuenta también los factores ergonómicos y algunos peligros, tales como:

- El peso de la herramienta.
- El diseño y el confort de la empuñadura.
- Las fuerzas de agarre.

- La facilidad de uso y de manejo.
- El frío de las superficies agarradas o del aire de escape de las herramientas neumáticas.
- El ruido.
- El polvo.

Quizás los fabricantes o los proveedores estén dispuestos a ceder en alquiler herramientas de muestra para probarlas. Es importante la eficacia de la herramienta: si ésta tarda mucho en hacer el trabajo no tendrá gran aceptación y puede aumentar la exposición a las vibraciones respecto a una herramienta eficaz cuya magnitud de vibración sea superior. No obstante, las herramientas demasiado potentes para el trabajo que vaya a realizarse pueden dar lugar a magnitudes de vibración innecesariamente altas.

•Diseño del puesto de trabajo

-Guías y empuñaduras antivibración. Las guías y ayudas similares que incorporan soportes antivibración pueden contribuir a evitar la necesidad de mantener agarradas las superficies vibrantes.

-Las empuñaduras «antivibración» pueden reducir las vibraciones, pero una elección inadecuada de este tipo de empuñaduras puede, al contrario, aumentarlas, por lo que debe utilizar únicamente empuñaduras aprobadas por el fabricante.

-Materiales flexibles. Por otra parte, de acuerdo con la Directiva 2002: “Los recubrimientos de caucho u otros materiales flexibles de las empuñaduras pueden mejorar el confort, pero es poco probable que reduzcan significativamente las vibraciones, esto es, hasta las frecuencias más adecuadas determinadas por los cálculos de exposición. Excepto que se elijan adecuadamente, los materiales flexibles pueden amplificar las vibraciones a determinadas frecuencias y, de hecho, aumentar la exposición a las vibraciones”. (14).

-Fuerzas de agarre y empuje. La reducción de las fuerzas de agarre o empuje ejercidas por la mano disminuye las vibraciones transmitidas a la mano y al brazo del usuario. Tales fuerzas pueden ser necesarias para sujetar la herramienta o la pieza de trabajo, controlar o guiar la máquina o alcanzar un alto ritmo de trabajo. Sin embargo, una elección de herramientas inadaptada, un mantenimiento inadecuado, una formación insuficiente o un diseño del puesto de trabajo erróneo pueden dar lugar a la aplicación de fuerzas reales superiores a las necesarias para efectuar un trabajo eficaz. A continuación se encuentran algunos métodos para reducir las fuerzas de agarre y de empuje:

- Si se esmerilan piezas pesadas a mano en esmeriles de pedestal, la utilización de una superficie para apoyar la pieza permitirá al trabajador guiarla simplemente hacia el esmeril en lugar de soportar todo el peso;
- Pueden utilizarse cadenas de suspensión y manipuladores para sostener las herramientas vibrantes pesadas tales como taladros, amoladoras, atornilladoras, clavadoras (en algunos casos) y buriladores neumáticos, lo que evita que el operador deba soportar el peso de la herramienta;
- Los cambios de textura y material de la superficie de una empuñadura pueden permitir al operario ejercer menos fuerza de agarre para sujetar y controlar la herramienta;
- El uso de técnicas como el banco de trabajo en la actividad forestal, donde el operario desliza la cadena de la sierra por el tronco durante el desrame en lugar de soportar permanentemente todo el peso de la motosierra.

- Formación e información de los trabajadores. Es importante que facilite a los operarios y los supervisores información sobre:

- Las posibles lesiones que puede causar el equipo utilizado.
- Los valores límite de exposición y los valores de exposición que dan lugar a una acción.
- Los resultados de la evaluación del riesgo de las vibraciones y de cualquier medición de las vibraciones.
- Las medidas de control utilizadas para eliminar o reducir los riesgos de las vibraciones de manobrazo.
- Las prácticas de trabajo seguras, con el fin de reducir al mínimo la exposición a las vibraciones mecánicas.
- El motivo y el modo de detectar signos de lesión y de informar al
- Respecto.
- El motivo y el modo de notificar las máquinas que necesitan una revisión;
- El motivo y el momento de eliminar elementos montados o fungibles que contribuyen a exposiciones excesivas a las vibraciones.
- Las circunstancias en las que los trabajadores tienen derecho a un control de su salud.

La aplicación efectiva de las medidas de control de las vibraciones dependerá de los operarios de herramientas y procesos generadores de vibraciones. Así mismo, deben ser formados para saber cuándo debe revisarse una máquina. Al manejar algunas herramientas, el operario debe colocar adecuadamente las manos para no aumentar su exposición a las vibraciones. Muchas herramientas con dispositivos reductores de las vibraciones, tales como los martillos picadores con empuñaduras amortiguadas, generan grandes vibraciones si el operario ejerce una fuerza excesiva hacia abajo al utilizarlos (lo mismo ocurre con los rompepavimentos si se tira de ellos hacia arriba, por ejemplo para sacar el puntero, cuando aún están funcionando).

El fabricante puede aconsejarle sobre cualquier requisito de formación, y puede impartirla él mismo a los operarios. Se puede aconsejar también a los operarios que apoyen al máximo las herramientas en el material trabajado (o en cualquier otro apoyo disponible en el caso de que las piezas trabajadas se sujeten con la mano) y que las agarren sin forzar pero con firmeza.

Serán necesarias una formación y una supervisión que garanticen que los trabajadores se protejan para prevenir las enfermedades relacionadas con las vibraciones. Éstos deben ser animados a notificar cualquier síntoma que pueda relacionarse con las vibraciones, el uso de herramientas mecánicas, etc. Si participan en un plan de control de la salud, éste puede constituir una oportunidad para hablar individualmente y con regularidad del peligro de las vibraciones y de la forma de reducir el riesgo de lesión.

Por otro lado, los trabajadores deberían recibir asesoramiento sobre la influencia que pueden tener las actividades no laborales en los riesgos para su salud. Deben ser animados a abandonar o reducir el consumo de tabaco, que puede afectar a la circulación sanguínea.

Asimismo, los trabajadores deben ser conscientes de que el uso de herramientas eléctricas de bricolaje en casa o las actividades como andar en moto aumenta la exposición diaria a las vibraciones y el riesgo de contraer una lesión derivada de las vibraciones de mano-brazo. (14).

- **Horarios de trabajo.** Para controlar los riesgos de las vibraciones de mano brazo quizás deba limitar el tiempo de exposición de los trabajadores a las vibraciones de algunas herramientas o procesos. Se recomienda que planifique las actividades de manera que los trabajadores no estén expuestos a las vibraciones durante periodos largos y continuos.

Asegúrese de que se lleva a cabo una supervisión adecuada de los patrones de trabajo para que los trabajadores no se orienten hacia patrones antiguos. Si los trabajadores son remunerados en función de los resultados, deben diseñarse sistemas que eviten un trabajo intensivo con escasas pausas en la exposición.

- **Medidas colectivas.** En los casos en que varias empresas compartan un lugar de trabajo, los distintos empleadores deben cooperar en la aplicación de las disposiciones sobre seguridad y salud. Ello puede implicar, por ejemplo, que una empresa asuma la responsabilidad de la compra o el alquiler de maquinaria que genere bajas vibraciones si es compartida por numerosos contratistas que trabajen en una misma obra.
- **Indumentaria y protección individual.** El equipo de protección individual es el último recurso de protección contra los peligros en el trabajo, y sólo debe

considerarse un medio de control a largo plazo cuando se hayan explorado todas las demás opciones. (14).

- Protección contra las vibraciones. Los guantes comercializados como «antivibratorios» deben llevar el marcado CE, e indicar que han sido sometidos a ensayo y cumplen los requisitos de la norma EN ISO 10819:1997. No obstante, esta norma no establece datos de rendimiento detallados para los guantes y, por lo tanto, debe evaluar por separado la protección que ofrecen los guantes «antivibraciones», tal como establece la Directiva relativa a los equipos de protección individual en el trabajo de 1989.

Los guantes «antivibraciones» no ofrecen una reducción significativa del riesgo a frecuencias inferiores a 150 Hz (9 000 revoluciones por minuto). Ello significa que la reducción de la magnitud de vibración ponderada en frecuencia que ofrecen estos guantes resulta insignificante para la mayoría de las herramientas de mano mecánicas. (14).

Los guantes «antivibraciones» pueden reducir algo el riesgo de las vibraciones de herramientas que funcionen a altas velocidades rotatorias (o que generen vibraciones de altas frecuencias) y se sujeten con un agarre ligero. Sin embargo, esta reducción del riesgo no es fácil de cuantificar y, en principio, la protección contra las vibraciones de mano-brazo no debe basarse en el uso de guantes.

- Protección contra el frío. Una baja temperatura corporal aumenta el riesgo del síndrome del dedo blanco debido a una reducción de la circulación sanguínea. Por lo tanto, en la medida de lo posible, debe evitar el trabajo al aire libre en periodos de frío. No obstante, tiene que trabajar fuera, algunas máquinas, tales como las motosierras, tienen empuñaduras térmicas que ayudan a mantener las manos calientes.

La temperatura de un lugar de trabajo interior debe ofrecer un confort razonable, sin necesidad de ropa especial, y alcanzar como mínimo 16 °C. Debe evitar las máquinas que pueden enfriar las manos, por ejemplo si tienen un revestimiento de acero, o las herramientas neumáticas que expulsan aire frío hacia las manos del operario.

Los empleadores deben proporcionar ropa y guantes calientes si el frío aumenta el riesgo de vibraciones de mano-brazo. Por último, han de evaluarse la adecuación y eficacia de los guantes y demás prendas para mantener las manos y el cuerpo calientes y secos en el entorno de trabajo.

Los empleadores deben proporcionar ropa y guantes calientes si el frío aumenta el riesgo de vibraciones de mano-brazo. Por último, han de evaluarse

la adecuación y eficacia de los guantes y demás prendas para mantener las manos y el cuerpo calientes y secos en el entorno de trabajo. (14).

- **Mantenimiento.** El mantenimiento regular de las herramientas eléctricas y demás equipo de trabajo contribuye a menudo a mantener las magnitudes de vibración al mínimo necesario, por lo que es preciso:
  - Mantener las herramientas de cortar afiladas.
  - Colocar adecuadamente las muelas abrasivas, siguiendo las recomendaciones del fabricante.
  - Lubricar cualquier parte móvil de conformidad con las recomendaciones del fabricante.
  - Sustituir las piezas gastadas.
  - Efectuar los controles y correcciones de equilibrado necesarios.
  - Sustituir los soportes antivibración y las empuñaduras amortiguadas antes de que se deterioren (controlar el deterioro o las fisuras, el hinchamiento y el reblandecimiento, o endurecimiento, de los soportes de goma).
  - Revisar y reemplazar los antivibradores, los rodamientos y los engranajes defectuosos.
  - Afilan los dientes de las cadenas de las motosierras y mantener las cadenas a la tensión adecuada.
  - Regular los motores.
  - Debe revisar periódicamente los controles de las vibraciones de mano-brazo para asegurarse de que siguen siendo pertinentes y eficaces. Para ello, es preciso.
    - a. Comprobar regularmente que los administradores y los trabajadores siguen aplicando el programa de controles que usted adoptó; preguntar regularmente a los administradores, los supervisores, los trabajadores y los representantes de la seguridad o de los trabajadores si el equipo o su uso plantean algún problema de vibraciones.
    - b. Comprobar los resultados del control de la salud y analizar con el responsable de salud ocupacional si los controles parecen eficaces o si deben modificarse. (14).

En cualquier caso, los trabajadores cuya exposición diaria a las vibraciones exceda del valor de exposición diaria que da lugar a una acción tienen derecho a un control adecuado de su salud.

Los Estados miembros deben adoptar disposiciones que garanticen el establecimiento de un historial médico para cada trabajador objeto de un control de la salud, y su actualización permanente. Los historiales médicos contendrán un resumen de los resultados del control de la salud efectuado y se conservarán adecuadamente, de manera que puedan consultarse posteriormente, respetando cualquier dato confidencial.

Se facilitarán copias de los historiales pertinentes a la autoridad competente cuando las solicite. El trabajador tendrá acceso, previa solicitud, a su historial.

- Si se detecta una lesión. Cuando el control de la salud ponga de manifiesto que un trabajador padece una enfermedad o dolencia diagnosticable que, en opinión de un médico o de un especialista en medicina del trabajo, sea consecuencia de una exposición a vibraciones mecánicas en el lugar de trabajo, deberán adoptarse las disposiciones siguientes: a. Información del trabajador: el trabajador será informado, por el médico u otra persona adecuadamente cualificada, de los resultados del control de la salud. En particular, recibirá información y asesoramiento sobre cualquier control de la salud a que deba someterse al concluir la exposición. b. Información del empleador: el empleador deberá recibir información sobre cualquier dato significativo del control de la salud, teniendo en cuenta las obligaciones de secreto médico. (14).
- Acciones del empleador.
  - revisar la evaluación del riesgo de las vibraciones de mano-brazo;
  - revisar las medidas adoptadas para eliminar o reducir los riesgos de la exposición a vibraciones de mano-brazo;
  - tener en cuenta las recomendaciones del especialista en medicina del trabajo, de otra persona debidamente cualificada o de la autoridad competente al aplicar cualquier medida necesaria para eliminar o reducir los riesgos de la exposición a vibraciones de mano-brazo, incluida la posibilidad de asignar al trabajador otro trabajo donde no exista riesgo de nueva exposición;
  - organizar un control continuo de la salud y un examen del estado de salud de los demás trabajadores que hayan sufrido una exposición similar; en tales casos, el médico o especialista en medicina del trabajo o la autoridad competente podrán proponer que las personas expuestas se sometan a un reconocimiento médico. (14).

#### **4.6 GUANTES ANTIVIBRATORIOS**

Los guantes antivibratorios hacen parte de los elementos de protección individual, que de acuerdo con Real Decreto 1407/1992, de 20 de noviembre, por el que se regulan las condiciones para la comercialización y libre circulación intracomunitaria de los equipos de protección individual, se definen como: cualquier dispositivo o medio que vaya a llevar o del que vaya a disponer una persona, con el objetivo de que la proteja contra uno o varios riesgos que puedan amenazar su salud y su seguridad. Pertenecen a los EPI de categoría 2 (CAT II) y se identifican a través de la siguiente imagen:

**Figura 5. Imagen para representar los EPI de categoría 2**



Fuente:

[http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/EPI/carpet\\_a\\_epi.pdf](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/EPI/carpet_a_epi.pdf)

Los EPI de diseño intermedio o categoría II protegen de riesgos intermedios habituales en la industria. Son certificados por un laboratorio u organismo notificado. En cuanto al marcado: Anagrama del distribuidor o fabricante, modelo, talla y CE + pictograma del riesgo testado con los resultados. Ejemplo: industria general. Nota: El pictograma del riesgo testado es obligatorio salvo en aquellos casos donde el marcado no permanezca visible durante toda la vida útil del guante o en aquellos casos donde la manipulación de un producto determinado no aconseje el marcado (salas limpias, salas de pintura, alimentación). En estos casos se obliga a marcarlo en el folleto informativo.

Además de tener en cuenta la normativa específica sobre equipos de protección individual, existen otras normas de interés a tener en cuenta a la hora de seleccionar este tipo de guantes de protección, por tanto, se debe tener en cuenta al menos la siguiente normativa:

- Real Decreto 1407/1992. Establece los siguientes requisitos:
- Certificado CE expedido por un organismo notificado.
- Declaración de Conformidad.
- Adopción por parte del fabricante de un sistema de garantía de calidad CE.
- Folleto informativo (deberá ir acompañando al Equipo de Protección Individual).
- Además, deberán considerarse las siguientes normas:
  - UNE EN 420 relativa a los requisitos generales para guantes.
  - UNE EN ISO-10819 al método para la medida y evaluación de la transmisibilidad de la vibración por los guantes a la palma de la mano.

#### **4.6.1 MATERIALES DE LOS GUANTES.**

En cuanto a los materiales de los guantes, algunos de ellos están hechos de cámara de aire o materiales elásticos, o viscoelásticos, como: Sorbothane. (9).

Las características principales de los materiales elásticos se relacionan con el concepto de amortiguación, el cual se define como: disminución progresiva, en el tiempo, de la intensidad de un fenómeno periódico. (Real Academia Española).

A estos materiales se les asocia la capacidad de absorber y disipar la energía. Uno de ellos es el material Sorbothane: Esta invención describe una composición de caucho que tiene una alta capacidad de absorción de energía. Esta composición no es tóxica. Por lo tanto, tiene excelentes propiedades para su uso en artículos que vienen en las proximidades de los seres humanos o los animales que se benefician de la capacidad de absorber la energía, tales como suelas de zapatos, almohadillas tope arma, almohadillas implantables guante de béisbol, forros de casco, mangos de martillo, de herradura almohadillas, cayendo esteras, y similares. La composición de caucho de absorción de energía de esta invención comprende una mezcla de un caucho de polinorborno, un plastificante, y una resina que es incompatible con el polinorborno. (22).

Existe además otro material patentado para la elaboración de guantes antivibratorios, este es el Gelfom, esta invención se refiere a un material adecuado para reducir la vibración, elaborado para disipar y distribuir uniformemente las vibraciones transmitidas. Comprende dos capas de elastómero, que tiene una capa de refuerzo en entre la primera y la segunda capa de elastómero, que normalmente será la primera y la segunda capa de elastómero separadas; la capa de refuerzo comprende una capa de material fibroso de alta resistencia a la tracción. (23)

Asociado al concepto de amortiguación se encuentra el parámetro que caracteriza el comportamiento del material elástico basado en la dirección en la que se aplica una fuerza, es conocido como el módulo de Young o módulo de elasticidad.

Genéricamente, la interpretación física más simple que existe para el cálculo del amortiguamiento consta de una partícula o masa concentrada, que va perdiendo velocidad bajo la acción de una fuerza de amortiguamiento proporcional a su velocidad. La fórmula matemática que la representa es:

$$F = C \frac{dx}{dt}$$

Donde:

- F es la fuerza de oposición al movimiento medida en Newton.
- C es el amortiguamiento real del sistema medido en N/(m/s).
- dx/dt es la velocidad del sistema medida en m/s.

Los siguientes son algunos de los guantes antivibratorios comerciales:

- ANSELL (Vibraguard).** Este tipo de guante tiene un recubrimiento por impregnación de nitrilo con soporte Gelfom. Estan certificados bajo la norma ISO 10819, y los índices de transmisión reportados por el fabricante, son:  
TRM (para frecuencias medias)= 0.90  
TRM (para frecuencias altas)=0.52

Según el fabricante, son recomendados para uso de muelas portátiles, agitador vibrante, martillo desbarbador, taladros de asfalto, martillos de gran potencia, llaves y pistones de impacto. Adicional a lo anterior, de acuerdo con las pruebas ISO 10819 son eficaces para frecuencias a partir de los 20 Hz. (24)

**Figura 6. Guante ANSELL Vibraguard**



Fuente: <http://industrialcatalogue.ansell.eu/vibraguard-07-112>.

- DECADE (Vibración).** Este guante incorpora también una capa interior de gelfom, en la zona de la palma de la mano e interior de los dedos, como elemento **antivibratorio**. Su capa exterior es de cuero flor. El fabricante declara que es conforme con la norma ISO 10819. Incluye marcado CE en la etiqueta. Chaseergo. AV Gloves. (25)

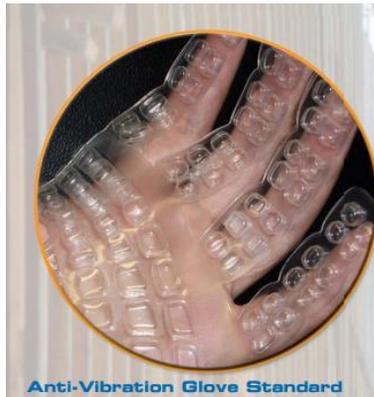
**Figura 7. Guante Decade**



Fuente: <http://www.chaseergo.com/49802W.html>.

•**IMPACTO (Air).** De acuerdo con el fabricante, en las pruebas realizadas con el método de ensayo ISO 10819, estos guantes tienen una transmisibilidad, así: TRM (índice de transmisión, gama de media frecuencia) = 0.89 TRH (índice de transmisión, gama de alta frecuencia) = 0,84. (26). Las cámaras de aire múltiples garantizan funcionalidad óptima del guante y durabilidad. Además, ofrecen protección a las manos cuando se trabaja con herramientas tales como: **pistolas** de aguja, lijadoras, martillos neumáticos, pistolas de remaches, motosierras y molinos. Está registrado con la patente: guante de aire - patente US nº 7.865.969. (26).

**Figura 8. Guante impacto air**



Fuente: <http://www.impacto.ca/pdf/lbg.pdf>

#### **4.7 NORMA ISO 10819**

La Organización Internacional de Normalización (ISO) ha establecido un estándar para la evaluación de los guantes antivibratorios (ISO 10819, 1996). Su fin es medir la transmisibilidad de vibraciones del guante en la palma de la mano usando un adaptador. Esta norma excluye la medición en los dedos. (8).

El método emplea tres sujetos adultos con tamaños de mano en el rango de 7E9, de acuerdo con la EN 420 de 2003. Según Hewitt, la prueba ISO 10819 solo requiere dos test por cada sujeto. (27).

La prueba utiliza un mango instrumentado, capaz de medir la fuerza de agarre y aceleración de la vibración a lo largo de la dirección (Zh-eje), montado en un sistema de excitación de vibración de un solo eje capaz de generar la vibración requerida. Un adaptador de palma en forma de cúspide-ligero que contiene un acelerómetro de eje único orientado a lo largo del eje Zh se ubica entre la palma y el guante, mientras se aplican 30 N de agarre y 50 N de fuerza de empuje en el mango con una postura del brazo especificado. La fuerza de empuje se mide

usando un transductor de fuerza instalado en el mango o una plataforma de fuerza donde el sujeto se encuentra. (1).

El método también define un espectro de excitación de frecuencia media y un espectro de frecuencia alta para evaluar la eficacia de aislamiento de vibraciones del guante en el rango de frecuencia (31.5 a 200 Hz) y la gama H-frecuencia (200 a 1250 Hz). La frecuencia ponderada raíz cuadrada media (rms) aceleración debida a la vibración valoran por el mango y de palma celebraron adaptador se calculan utilizando la función de ponderación definido en la norma ISO 5349-1 (2001). La transmisibilidad de vibración del guante se evalúa como la relación de la aceleración RMS del adaptador a la de la manija. Para ser considerado como un guante de AV, el guante se cumplen los dos criterios siguientes: a. los valores de transmisibilidad del guante en los rangos M y H-frecuencia debe estar por debajo de 1.0 y 0.6, respectivamente; y b. "los dedos del guante tienen las mismas propiedades (materiales y espesor) como la parte del guante que cubre la palma de la mano" (ISO 10819, 1996).

Definición de la norma sobre la transmisión de las vibraciones:

Es el factor de transmisión de las vibraciones (porcentaje) medido en la superficie de la mano sin protección y sobre la palma del guante antivibratorio al tener con las manos una herramienta vibrante.

Los valores de transmisión superior a 1 indican que el guante amplía las vibraciones, los valores inferiores a 0,6 indican que el guante aligera las vibraciones.

Los ensayos se realizan para frecuencias que van de 31,5 Hz a 1250 Hz representativas de las herramientas vibrantes más corrientes.

Espectro de frecuencias medias: 31,5 a 200 Hz

Espectro de frecuencias altas: 200 a 1250 Hz

Para estar en conformidad con la norma EN ISO 10819, se requiere que:

La transmisión en medias frecuencias:  $TR_m$  sea  $< 1$

La transmisión en altas frecuencias:  $TR_h$  sea  $< 0,6$

Según la norma, se entiende por transmisibilidad a la relación entre las aceleraciones medidas en la superficie de la mano y en el punto de referencia. Si obtenemos valores de transmisibilidad mayores que 1, esto quiere decir que el guante sobre el cual la estamos midiendo amplifica la vibración. Valores menores que 1 indican que el guante atenúa la vibración. (14).

La norma indica que los guantes actuales no proporcionan una atenuación significativa en el rango de frecuencias inferior a 150 Hz, incluso algunos guantes, como se ha indicado anteriormente, pueden actuar ampliando la exposición en ese

rango de frecuencias. Adicionalmente, el uso de guantes de protección puede afectar a la capacidad de agarre del trabajador. (14).

La norma ensaya tres guantes en tres probadores adultos, con una talla según norma EN 420 entre 7 y 9, y considerando unas determinadas condiciones de temperatura de la cámara, humedad relativa, acondicionamiento de los guantes, periodo de ensayo, postura del operador, etc. Se realiza en primer lugar la medida con la mano desnuda, y posteriormente las medidas con la mano enguantada. (ISO 10819, 1996)

La evaluación de resultados viene determinada por el cálculo de la transmisibilidad media corregida. El guante evaluado no debe ser considerado como "antivibratorio" de acuerdo con la norma, si no cumple totalmente con los criterios establecidos en ella en relación con la transmisibilidad media corregida para cada espectro (M y H). Adicionalmente, un guante sólo debe considerarse como antivibratorio si los dedos del guante tienen las mismas propiedades en relación a espesor y materiales que la parte del guante que cubre la palma de la mano. (ISO 10819, 1996)

## 5.METODOLOGÍA

Para la elaboración de este trabajo, se utilizaron técnicas como: espina de pescado, mentefacto, matriz de marco lógico y 5 porque's para la selección y análisis del problema a estudiar. Posterior a la selección del tema, se realizó la revisión documental en documentos de estudio y artículos científicos, tanto en el idioma inglés como en español, estos incluyeron la descripción de los trastornos ocasionados sobre el sistema mano-brazo por uso de herramientas vibrantes, la normativa vigente al respecto, las pruebas para determinar si un guante se considera antivibratorio o no, las pruebas actuales para identificar que tan eficaces son los guantes y cómo actúan en la transmisibilidad de las vibraciones a las manos.

Los artículos fueron buscados en las siguientes bases de datos especializadas: Pub Med, Scielo - Scientific Electronic Library Online, Science Direct, ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists) y el instituto de prevención de riesgos laborales de España; dando como resultado 40 documentos encontrados. Las palabras claves para la búsqueda de información en inglés, fueron: effectiveness and antivibration gloves y vibration transmissibility.

Para la selección de los artículos a incluir en la revisión de literatura, se construyó, en la herramienta bibliográfica Scopus, las gráficas estadísticas para valorar la información. Los criterios que se tuvieron en cuenta fueron: autores más reconocidos por escribir sobre el tema (Dong, Welcome, Rakheja, Schopper, Griffin, Mansfield, McDowell, Smutz, Warren), cantidad de artículos publicados por autor (4, 3, 2 o 1), países que más han escrito sobre el tema (Estados Unidos y Reino Unido), tipo de documento (artículo, revisión de literatura o paper de conferencias), área de investigación (medicina, ingeniería, ciencias de los materiales, ciencias sociales, ciencias ambientales) y fecha de publicación, comprendida dentro del periodo 1998 hasta 2014.

Posteriormente, de los 39 artículos encontrados, se seleccionaron 18 para el análisis y el planteamiento de los resultados, los cuales ayudaron a concluir sobre la eficacia o no de los guantes antivibratorios. Para la selección de estos artículos se utilizaron los siguientes criterios: respuesta a la pregunta de investigación, realización de pruebas de laboratorio, explicación de la cantidad de participantes, guantes o herramientas evaluadas y explicación en detalle del análisis estadístico de los resultados de las pruebas de laboratorio.

Una vez se seleccionaron los artículos que respondieran tanto al problema como a los objetivos, se procedió al análisis de cada uno, se construyó una tabla resumen donde se registraron los siguientes aspectos: nombre, año, autores, realización de prueba experimental, cantidad de participantes, cantidad de guantes, cantidad de herramientas, enfoque, problemas metodológicos y conclusiones. Adicional a lo

anterior, se elaboró un mapa mental para tener claridad sobre el contexto a analizar y las preguntas a realizarse durante la discusión de los resultados encontrados.

Por último, toda la información disponible fue analizada en busca de obtener los resultados para formular las conclusiones y recomendaciones; de acuerdo con el marco teórico, los artículos planteados en los resultados y la discusión de los mismos, y el conocimiento y la experiencia profesional adquirida por parte de los integrantes de este trabajo durante la elaboración del mismo.

## 6. RESULTADOS

El uso prolongado de las herramientas comúnmente usadas en ámbitos industriales, del tipo: motosierras, taladros, martillos neumáticos, amoladoras, sierras de cadena, etc, se han relacionado con trastornos en el sistema vascular, neurosensorial y musculoesquelético de la mano y el brazo (Griffin, 1990; Pelmear y Wasserman, 1998) Estos trastornos han sido colectivamente definidos como síndrome de vibración mano-brazo (HAVS) (Gemne y Taylor, 1983).

De acuerdo con la Norma ISO 10819, los guantes actuales no proporcionan una atenuación significativa en el rango de frecuencias inferior a 150 Hz, incluso en la misma se establece que algunos guantes pueden actuar ampliando la exposición en ese rango de frecuencias. Adicional, el uso de guantes de protección puede afectar la capacidad de agarre del trabajador. (ISO 10819,1996)

Uno de los estudios al respecto, realizado por Massimo Bovenzi con Michael Griffin y demás colaboradores, tuvo lugar en el laboratorio de prueba del instituto de investigación del sonido y vibración en la Universidad de Southampton (UK) en el 2001, en el cual evaluaron la efectividad de aislamiento de los guantes cuando los usuarios fueron expuestos a vibraciones de 11 herramientas, en el que se desarrollaron los métodos de evaluación del guante usados en el laboratorio para estimar la protección que el guante podría proveer con exposiciones a vibración producidas por herramientas específicas (sierra de cadena y amoladora), donde el espectro de vibración era conocido. Los resultados encontrados fueron:

Para las amoladoras, los valores de protección estimados en el laboratorio por las curvas de transmisibilidad (basados en la Norma ISO 10819) parecen subestimar la efectividad de la protección ofrecida por los guantes, sin embargo, se encontraron mejores concordancias para los resultados de efectividad para la sierra de cadena.

Otra de las conclusiones a las que llegaron es que la frecuencia ponderada tuvo un gran efecto en la efectividad del aislamiento de los guantes para la amoladora. Lo cual es coherente con la teoría, en la cual la exposición a vibraciones se calcula a partir de la frecuencia ponderada.

Por otra parte, en este artículo mencionan que un guante antivibratorio debería también tener en cuenta los requerimientos de diseño ergonómico. En particular debería ser confortable para el uso, y estos deberían permitir al trabajador mantener el control de sus herramientas o piezas de trabajo. Desde este punto de vista, algunos guantes que presentaron buenas propiedades de aislamiento no fueron considerados adecuados por los trabajadores, en particular encontraron

que los guantes fueron calificados como pobres por los trabajadores con respecto a dos principales consideraciones:

- Deterioran la destreza manual necesaria para llevar a cabo los procedimientos de trabajo investigados, este fue el caso de dos tipos de guantes (de 5 evaluados), tanto para sierras de cadena como para amoladoras.
- Causan sudoración en las manos cuando se usan en temporadas de primavera y verano, para el caso de uno de los guantes, tanto para sierras de cadena como para amoladoras.

Un aspecto adicional el cual sugieren que debería ser investigado es el desempeño de los guantes con el tiempo. Como con otros tipos de elementos de protección personal, existe la posibilidad que este equipo con el tiempo comience a disminuir el nivel de protección. (13).

En el 2002, Rakheja, Dong, Welcome y Schopper realizaron el estudio para estimar el rendimiento de los guantes antivibratorios para una herramienta específica, para esto aplicaron una metodología que permitiera estimar la eficacia de aislamiento de vibraciones de los guantes, en función de la vibración del mango de la herramienta específica, sobre la base de las características de respuesta de los guantes. Los resultados sugieren que la respuesta de frecuencia característica de los guantes son relativamente insensibles a la magnitud de la vibración, pero fuertemente dependiente de las propiedades del material viscoelástico de los guantes. (11).

Piotr Kowalski, en 2011 publicó un artículo en la revista *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics* en la cual proponía la evaluación de la efectividad de los guantes antivibratorios a partir de una red neural. Para lo anterior, Kowalski argumentó que los factores más importantes que afectan la eficacia de los guantes antivibratorios son: además de las propiedades de los materiales de los guantes, la naturaleza de la vibración (espectro y magnitud), las fuerzas ejercidas por el operador de la herramienta y las propiedades del material del que está hecho la pieza de trabajo. El objetivo de una red neuronal artificial es seleccionar los parámetros del modelo del objeto de modo que la respuesta del modelo refleje de una mejor manera la respuesta del objeto. En este caso, las vibraciones que actúan sobre los guantes son señales de entrada y las señales que llegan a la mano del trabajador son la respuesta del objeto.

Una vez se grabaran las secuencias al modelo, la red neuronal de la estructura dada puede ser utilizada para simular el comportamiento de los guantes para diferentes señales de entrada. Se utilizaron señales reales para modelar los guantes antivibratorios. Estas señales fueron grabadas durante las pruebas de la transmisibilidad de la vibración de ocho tipos de guantes antivibratorios. Se

seleccionaron tres clases de herramientas de las más comunes que producen vibraciones de diversa naturaleza: taladro de percusión, amoladora angular, martillo neumático. Este estudio se llevó a cabo durante el trabajo normal de tres operadores de estas herramientas. Las señales se registraron sistemáticamente sobre la aceleración de la vibración en el mango de la herramienta y en el guante de la palma del operador (con un adaptador con transductor de vibraciones puesto dentro del guante) y la fuerza de avance ejercida por el operador de la herramienta.

Posteriormente, un software especial fue usado para la simulación y el entrenamiento de la red neuronal, de allí se ingresaron los diferentes escenarios, que incluyeron los cambios de parámetros de la red neuronal artificial, reproduciendo el comportamiento de los guantes antivibratorios que protegen el sistema mano brazo. Pese a que la metodología es muy reciente, los resultados obtenidos en este estudio demuestran el gran potencial de la utilización de una red neuronal para la evaluación de la eficacia de los guantes antivibratorios. (Kowalski,2011)

MD H Hambub y colaboradores en el 2007 realizaron una investigación experimental, con la cual intentaban evaluar la respuesta de los guantes antivibratorios y la respuesta en personas sanas expuestas a vibración. En esta investigación participaron 6 hombres clínicamente sanos en los cuales se utilizaron guantes antivibratorios comerciales. Cabe mencionar que durante la investigación se controlaron variables que pudieron incidir en los resultados deseados, estos fueron: presión de agarre de la herramienta y temperatura. Los resultados muestran que el uso de guantes antivibratorios puede proporcionar atenuación contra la exposición a vibraciones en el sistema mano brazo, no obstante, sugiere que funciona mientras se utilicen los adecuados, ya que existen comercialmente variedad de guantes que no cumplen con las especificaciones de la norma ISO 10819, y por lo tanto, también sugiere el estudio que se debe ampliar la información al respecto.

Es por esto, que consideraron necesario evaluar la efectividad de los guantes establecidos por la norma, a través de la investigación experimental de santurio Díaz, José María y sus colaboradores en el año 2006, realizada en el Instituto Asturiano de Prevención de Riesgos Laborales/ Universidad de Oviedo-España, que se realizó con base en la selección de 175 máquinas de los sectores de: Jardinería, construcción, metal-mecánico, carpintería, limpieza, talleres de automoción y forestal, a las cuales se le realizaron mediciones y análisis por tiempo de exposición, por frecuencia de vibración, por sector económico utilizado, el nivel vibracional según el accionamiento, y se analizaron los guantes que se consiguen en el mercado español, para determinar la efectividad de los mismos. La información permite comunicar paso a paso la proyección de los resultados emitiendo conclusiones tanto generales como específicas del estudio de los guantes, los cuales aportan en su totalidad para este trabajo de investigación ya

que emite resultados y recomendaciones con alta credibilidad tanto estadística como técnica.

Comparando los resultados del estudio, tan solo tres guantes alcanzaron valores necesarios para la protección de las vibraciones transmitidas a la mano, de acuerdo a las especificaciones establecidas en la norma ISO 10819 y que los clasifica como antivibratorios; sin embargo dos de estos consiguieron reducir la vibración original y ofrecer cierto grado de protección frente al daño. Los resultados de las mediciones ponderadas en el comportamiento de los guantes es malo en general, con amplificaciones del 39 %, a excepción de dos modelos que han presentado atenuación respectiva del 24% y 4.4%. (28).

En conclusión, la efectividad de los guantes determina una escasa eficiencia en los equipos de protección antivibratorio puesto que el grado de atenuación que ofrece en los rangos de frecuencia más perjudiciales es muy discutible, dado que existe un comportamiento en frecuencia similar para todos los guantes muestreados, así:

- Frecuencia baja ( 6.3-50 Hz): Alternancia entre atenuación y amplificación.
- Frecuencias medias (50-500 Hz): amplificación vibracional en todos los guantes.
- Frecuencias alta ( 500-16000 Hz): atenúan la vibración en porcentajes superiores al 50%.

De otra parte Hong-Chin Chang y sus colaboradores en el año 1999, presentaron su investigación, la cual tenía como objetivo evaluar los efectos de usar un guante con apoyo en la muñeca, y la respuesta durante el funcionamiento de un destornillador neumático. Se analizaron 13 sujetos, cuya edad media era de 22 años (rango 19 -28 años), ninguno de los sujetos tenía historial de lesiones musculoesqueléticas en la mano dominante. El estudio se realizó utilizando un destornillador automático con mecanismo de torsión, y tres tipos de guantes usados comúnmente en la industria: un guante de algodón, que se utiliza a menudo para evitar magulladuras y abrasión, un guante de Nylon, utilizado en el montaje de estructuras, el tercer guante de algodón con dedo descubierto.

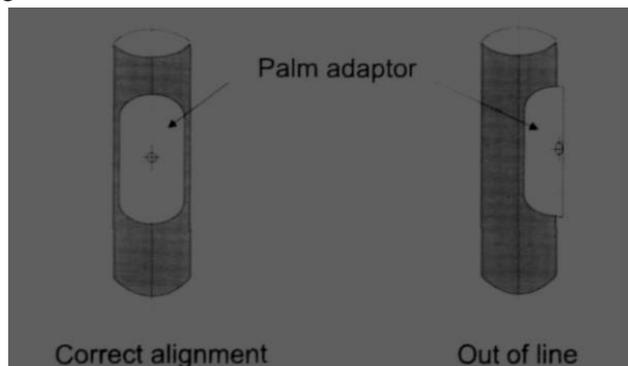
Los tornillos utilizados para el análisis presentaban las mismas medidas y peso para no generar mayor presión en unos sujetos que otros.

De otro lado el estudio encontró que la interacción de los guantes es estadísticamente significativo  $p=0.05$  en cuanto a la fuerza requerida para realizar una tarea, por lo tanto, el uso de guantes requiere un mayor índice de esfuerzo para manipular una herramienta manual. Por las características del estudio se observa el control de variables clínicas previas a la investigación lo que coincide con los diferentes autores presentados anteriormente. Los autores concluyen que el uso de guantes reduce el movimiento y la destreza, y, por ende aumenta el

tiempo necesario para completar la tarea. El estudio advierte que el uso de guantes reduce la fuerza de agarre, por lo tanto los trabajadores no los utilizan continuamente. Por tanto si se demuestra que son ineficientes y además impiden los movimientos para desarrollar la tarea se debe indagar a profundidad cuál elemento de protección personal(EPP) sería adecuado en caso de herramientas manuales que de acuerdo con lo planteado en los artículos de guantes, su efectividad como medio de protección de vibraciones y por lo tanto para prevenir el síndrome de Raynaud, no es recomendado debido a que en bajas frecuencias atenúa y amplifica, en frecuencias medias amplifica las vibraciones y en altas frecuencias puede atenuar las vibración en un porcentaje superior al 50%; por lo tanto no se considera un método seguro como única medida de prevención, ni siquiera en las frecuencias más altas, que es donde existe una gran variedad de herramientas vibratorias. Esto significa que los guantes deben alternarse con otras medidas preventivas que aseguren al trabajador un mayor tiempo de protección contra la enfermedad, ya que la literatura expone que no existe un método completamente eficaz contra la enfermedad. (28).

En el 2001, Smutz, Dong, Han, Schopper y colaboradores describieron el estudio de tipo experimental realizado, en el cual se propone un método para reducir la desalineación del adaptador cuando se prueban los guantes con la actual norma estándar ISO 10819.

**Figura 9. Alineación correcta e incorrecta del adaptador de la palma bajo la norma ISO 10819**



Fuente: (1)

Ahora bien, la norma ISO 10819 fue establecida para cuantificar las características de atenuación de la vibración de los guantes antivibratorios, la cual incluye la realización de pruebas usando un adaptador de la palma que se ubica debajo del guante de prueba. No obstante, uno de los problemas que existe con la norma estándar es que es posible que este adaptador se desalinee, lo que causa que el valor de la transmisibilidad del guante medido sea inferior al valor real. Y por lo tanto los datos de la prueba sean inadecuados.

En este estudio de tipo experimental participaron 8 hombres voluntarios, de edad promedio 24.8 años, a los cuales se les aplicó dos series de pruebas y se evaluaron tres tipos de guantes antivibratorios diferentes, posteriormente se calculó la transmisibilidad del guante y la desalineación del adaptador para cada guante. Por último se analizaron los resultados por medio del análisis de la varianza.

En este artículo se estima que entre el 30 y el 90% de todos los trabajadores expuestos a vibración mano-brazo crónica, eventualmente desarrollará el trastorno (Taylor, 1989).

En general, sólo unos pocos de los guantes probados han demostrado una buena atenuación de vibraciones. Se encontró que la mayoría de los guantes proporcionan alguna atenuación de la vibración a frecuencias > 100 Hz, pero que a frecuencias < 100 Hz, algunos guantes en realidad aumentarían de la cantidad de vibración transmitida a las manos. (1).

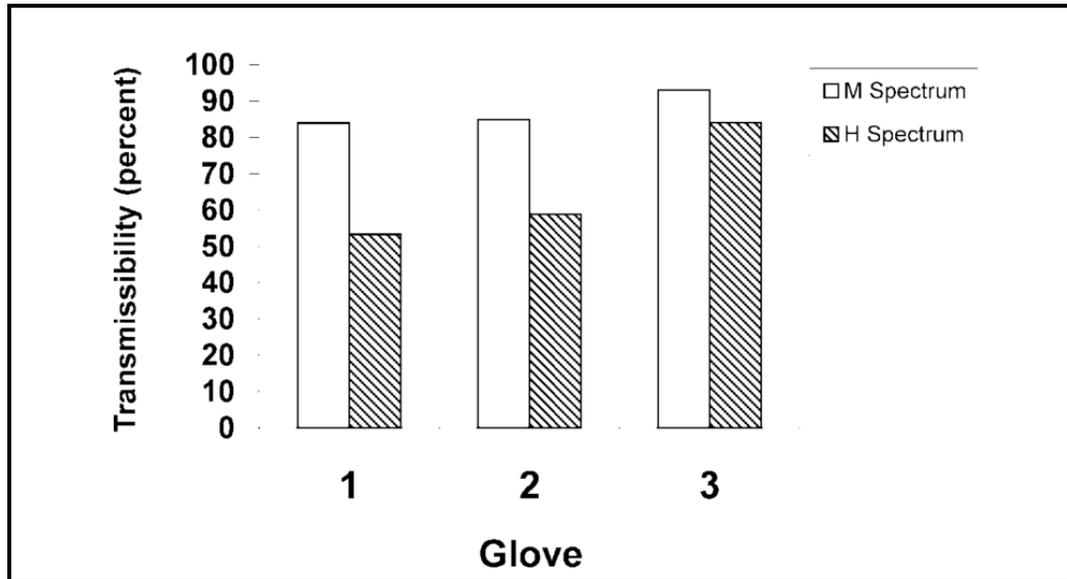
Si el adaptador se encuentra desalineado, la transmisibilidad medida del guante es menor que el valor real. Hewitt explica que durante la prueba el adaptador de palma podría ser hasta 40 ° fuera de la alineación, una condición que podría resultar en una disminución en la transmisibilidad de hasta al 20%. (27).

Uno de los beneficios de los guantes antivibratorios es que ayuda a mantener las manos calientes, es decir, evita una de las razones por las cuales podría desencadenarse el fenómeno de Raynaud: el frío. Además, los guantes también pueden reducir la cantidad de vibración transmitida desde la herramienta hasta las manos y los dedos.

Las características de la transmisibilidad de la vibración de algunos guantes antivibratorios han sido medidas por varios investigadores (Griffin et al., 1982; Goel y Rim, 1987; Rens et al., 1987; Starck et al., 1990; Gurram et al., 1994). En general, sólo unos pocos guantes probados han demostrado una buena atenuación de vibraciones. Estos investigadores encontraron que la mayoría de los guantes atenúan la vibración a frecuencias mayores de 100 Hz, pero a frecuencias menores a 100 Hz algunos guantes podrían aumentar la transmisión de vibraciones a las manos. (Gurram et al., 1994).

Adicional a la solución que querían proponer los autores del artículo de la reducción de la desalineación del adaptador de la palma, se propuso en el artículo el uso de un acelerómetro de tres ejes, en vez de uno de eje único en el adaptador de palma, con lo cual podrían determinar a través de los otros dos ejes el grado de desalineación del adaptador de la palma. En este estudio se demostró que el método de ensayo modificado utilizando la información propuesta por los autores resultó en mejor alineación del adaptador de palma durante la prueba. Los resultados del estudio se muestran en la siguiente figura:

**Figura 10. Comparación de la transmisibilidad de tres guantes antivibratorios para dos espectros de vibración**



Fuente: (1)

Esta mejor alineación a su vez dio lugar a un aumento de transmisibilidad del guante. De acuerdo con ISO 10819 los guantes sólo se clasifican como guantes antivibratorios si el transmisibilidad es  $<1,0$  para el espectro M y  $<0,6$  para el espectro H. Usando el método de prueba estándar, el guante 2 habrían sido clasificados como un guante antivibratorio para el espectro H. Sin embargo, usando el método modificado, guante 2 no habría sido clasificado como un guante antivibratorio porque la transmisibilidad superó el 60%. Obviamente, la alineación del adaptador de palma es crítico si los valores de transmisibilidad se han de obtener para los guantes antivibratorios que usan ISO 10819. Los resultados mostraron que las desviaciones estándar del método de ensayo modificado eran todos menores que las del método de prueba estándar, muchos reducido por 50% o más. Esto sugiere que la propuesta método es más robusto y fiable que el método estándar.

Una de las conclusiones a las que llegaron estos autores es que el suministro de retroalimentación por parte de los voluntarios que participaron en el experimento resultó en una mejor alineación y valores más precisos de la transmisibilidad del guante antivibratorio.

Recientemente, en el 2013, Welcome, Dong, Xu Warren y McDowell, escribieron en su artículo sobre los efectos de los guantes antivibratorios para reducir la

vibración en los dedos. En este artículo se describieron los resultados del estudio de tipo experimental que fue realizado con siete hombres de edad adulta, con el cual se pretendió determinar si los guantes realmente atenúan las vibraciones transmitidas a los dedos. Los factores evaluados fueron los siguientes: fuerza de la mano (en cuatro niveles), condición del guante (relleno de gel, bolsa de aire y sin guante) y la ubicación de la medición de la vibración en el dedo. Se utilizó un vibrometro de láser 3d para medir las vibraciones en los dedos con y sin usar guantes.

Los guantes antivibratorios son utilizados a menudo para reducir las exposiciones a las vibraciones transmitidas a las manos, sin embargo, la eficacia de estos no está clara, especialmente para la protección de los dedos. (WELCOME ET AL, 2014)

De acuerdo con Brown et al algunos de los guantes antivibratorios pueden ser útiles (Brown, 1990; Jetzer et al., 2003; Mahbub et al., 2007), sin embargo, de acuerdo con Griffin Padan y Dong et al, existe duda sobre la utilidad de la atenuación de la vibración transmitida a los dedos. Griffin y Padan (1990:1998)

De acuerdo con la norma ISO 10819, 1996, creada por la Organización Internacional de Normalización (ISO), el criterio que deben cumplir los guantes es que deben tener el mismo material y espesor en todo el guante, tanto en la palma como en los dedos. (ISO 10819,1996)

Algunos guantes de reducción de vibraciones se han desarrollado y aplicado a atenuar la vibración transmitida al sistema mano-brazo (Rens et al., 1987; Goel y Rim, 1987; Reynolds y Jetzer, 1998). La Organización Internacional de Normalización (ISO) ha establecido un estándar para la experimentación y evaluación de tales guantes (ISO 10819,1996). Aunque algunos estudios informaron que algunos de estos guantes podía ser útil (Brown, 1990; Jetzer et al., 2003; Mahbub et al., 2007), hay alguna duda en cuanto a su utilidad para la atenuación de la vibración transmitida a los dedos (Griffin 1990; 1998; Padan y Griffin, 2001; Dong et al., 2009).

Este estudio revela que el efecto de guantes antivibratorios en el dedo depende no sólo de los guantes, sino también de su influencia sobre la distribución la rigidez de contacto de los dedos y el esfuerzo de agarre. Como resultado, los guantes aumentan la vibración en el área de la punta del dedo, pero marginalmente reducen la vibración en la zona proximal en algunas frecuencias por debajo 100 Hz. En promedio, los guantes reducen la vibración de la totalidad de los dedos en menos de un 3% a frecuencias por debajo de 80 Hz, pero aumenta en las frecuencias de 80 a 400 Hz. A frecuencias más altas, el guante lleno de gel es más eficaz para reducir la vibración de dedo que el guante de la vejiga llena de aire. (7).

Continuando con este mismo aspecto, Reynolds y Wolf escribieron en su artículo: evaluación los Protocolos de Pruebas de los guantes antivibratorios asociado con la revisión de la norma ISO 10819, los efectos de la modificación de la geometría del adaptador de la palma de la mano en la prueba de la norma ISO10819. En este se describe la comparación realizada al adaptador de la palma definido por la norma ISO con un diseño realizado por estos autores, con el fin de abordar la adecuada alineación del adaptador de la palma durante la prueba de la norma 10819. El concepto inicial consistió en diseñar un adaptador de palma que al ajustarse mejor aliviara el malestar causado por las vibraciones, facilitará el agarre adecuado, se autoalineara con la palma y no afectará el encaje del guante sobre la mano. Varias geometrías diferentes fueron diseñadas utilizando Solid Works y fueron producidas utilizando una fresadora CNC en la Universidad de Nevada, Las Vegas, Centro de Mecánica y Tecnología Ambiental.

Adicional a lo anterior, se propuso un nuevo método que utilizaría un único espectro de entrada, en lugar de dos espectros por separado, tal y como lo plantea actualmente la norma ISO (dos espectros diferentes, llamado medio (M) y alta (H) por su contenido de frecuencia, como señales de entrada, todo esto con el fin de reducir significativamente el ensayo y el análisis.(Reynolds & Wolf, 2005)

En el 2011, Xu, Xueyan S. Riley, Danny A. Persson, Magnus Welcome, Daniel E. Krajnak, Kristine Wu, John Z. Govinda Raju, Sandya R. Dong, Ren G. elaboraron el estudio para determinar las características de los guantes antivibración que se utilizan cada vez más para reducir las vibraciones de impacto o choques transmitidos a las manos de los operadores de herramientas eléctricas. La selección y evaluación de los materiales de los guantes son pasos importantes en los diseños de estos guantes. En el presente estudio, hemos propuesto un enfoque para evaluar objetivamente la eficacia de los materiales de los guantes que utilizan un modelo de impacto de cola de rata. Como parte fundamental de una investigación sistemática, se examinaron las características de reducción de la vibración de los materiales típicos de guantes resistentes (cámaras de aire y geles viscoelásticos) y las vibraciones de impacto transmitidos a la cola de rata.

Una plataforma de prueba especial que imita las vibraciones de la herramienta de impacto fue construido y utilizado en el experimento. Un vibrómetro láser de barrido se utilizó para medir la vibración en los puntos a través de la superficie de la plataforma bajo varias condiciones de ensayo diferentes. La aceleración pico se encontró que se atenuada en gran medida por los materiales de los guantes, especialmente mediante el uso de tiras de un guante lleno de gel. La cola de rata fue encontrado para absorber eficazmente la vibración de alta frecuencia. Sin embargo, los materiales de los guantes y la cola de rata no redujo la aceleración ponderada en frecuencia. Se discuten las implicaciones de los resultados experimentales. (29).

Por otra parte, en el 2010, se elaboró un estudio respecto a las respuestas biodinámicas del sistema mano-brazo, las cuales se han caracterizado principalmente en términos de relaciones de fuerza-movimiento, que también han servido de base principal para el desarrollo de los modelos mecánicos equivalentes. El conocimiento de las respuestas a las vibraciones localizadas de los segmentos de mano-brazo podrían ayudar a crear más modelos biodinámicos eficaces.

En este estudio, la transmisión de  $z_h$  - eje del mango de vibración a la muñeca, el codo y el hombro de la mano humana y el brazo, se caracterizan en el laboratorio para el brazo doblado y posturas de los brazos extendidos. Los experimentos involucran seis sujetos que captan dos magnitudes diferentes de banda ancha, vibraciones aleatorias y nueve combinaciones diferentes de fuerza de empuje del mango. Los datos de transmisión de vibraciones se adquirieron en el eje  $y_h$   $z_h$ - y en la muñeca y hombro, y a lo largo de los tres ejes alrededor de la articulación del codo. Los resultados muestran que el sistema mano-brazo humano en una postura brazo extendido amplifica la vibración transmitida a la parte superior del brazo y en general al cuerpo a frecuencias inferiores a 25 Hz, pero atenúa la vibración por encima de 25 Hz con más eficacia que la postura del brazo doblado, excepto en el hombro.

Las magnitudes de vibración transmitidas bajo la postura del brazo extendido a lo largo del eje  $y_h$  se observaron como el doble de los la postura del brazo doblado en la región de baja frecuencia. Los resultados mostraron además que las variaciones en la fuerza de agarre afectan mayormente la transmisibilidad de vibración y frecuencias características del antebrazo, mientras que los cambios en la fuerza de empuje influyeron en las características dinámicas de todo el sistema mano-brazo.

En este sentido, en este estudio, el mango eje  $z_h$  de la vibración transmitida a la muñeca, el codo (en ambos lados del antebrazo y parte superior del brazo) y el hombro del sistema mano-brazo se midió en dos posturas diferentes y magnitudes de excitación, y diferentes combinaciones de fuerzas de agarre y empuje. La transmisibilidad de la vibración, informó en escalas tanto en línea y logarítmicas, tienden a disminuir al aumentar la distancia entre el lugar de medición y la fuente. La escala en línea enfatiza baja transmisibilidad de frecuencia, mientras que la escala logarítmica enfatiza alta transmisibilidad de frecuencia; Esto facilitó identificación de frecuencias características. Los resultados muestran que el sistema mano-brazo humano en una postura brazo extendido amplifica la vibración del eje  $z_h$  transmitido a la parte superior del brazo y el tronco a frecuencias inferiores a 25 Hz. Además, este postura atenúa la vibración transmitida más eficazmente que la postura de brazo doblado por encima de 25 Hz, excepto en el hombro. Los resultados también mostraron una mayor vibración transmitida eje  $y_h$  para la postura brazo extendido que el brazo doblado. (30).

En este sentido, el síndrome de vibración mano-brazo (HAV) se asocia con la destrucción de los pequeños vasos sanguíneos y con los nervios de los dedos. Es causada por una vibración excesiva dirigida en manos, generadas por herramientas de mano vibrantes y los procesos de trabajo con vibración intensiva. Para minimizar la ocurrencia de HAV, es importante reducir la energía de vibración en la mano y el brazo. Una forma de hacer esto es usar ropa de protección, en particular, los guantes antivibratorios. Los factores a considerar en el diseño de un guante antivibraciones continúan actualmente en discusión. Prestando especial atención a estos factores, también es importante aumentar la eficacia del guante en la reducción de la vibración de la misma manera que también se debe pensar que el guante sea cómodo de llevar. (31).

Durante el 40th International Congress and Exposition on Noise Control Engineering llevado a cabo en Osaka, Japan; el 4 September 2011, se manifestó que con frecuencia es posible modificar los procesos de trabajo con el objetivo de reducir la exposición a vibraciones que causan el síndrome de mano brazo, lo cual se puede lograr a través de un mejor diseño o selección de las herramientas a utilizar en los mismos; no obstante, esto es difícil, ya que se requiere aislar a los trabajadores de la causa del síndrome, sin embargo, los guantes antivibración se encuentran disponibles para tal fin. (32).

Aunque los guantes antivibratorios se encuentran disponibles, su eficacia aún no está comprobada. En cuanto a la gestión para la reducción de la exposición se requiere una planificación cuidadosa que en ocasiones puede ser difícil ya que existen requisitos imprescindibles para hacer el trabajo diariamente. (32).

Los usuarios de guantes de antivibratorios no poseen toda la información que les permite evaluar la protección proporcionada por los guantes cuando los están usando. La norma ISO 10819 (2013) sólo demuestra que los guantes pueden atenuar la vibración en algunos casos en la palma de la mano a lo largo de la dirección. (33).

Cuando se han hecho evaluaciones, ha quedado demostrado que la eficacia de aislamiento de vibraciones de un típico guante antivibratorio no depende sólo del propio guante, sino también de muchos otros factores, tales como: condiciones de funcionamiento de la herramienta, materiales de trabajo, direcciones de la vibración, la evaluación de la ubicación en el sistema mano-brazo, diferencias entre operadores, agarre, fuerzas y posturas. Si bien es muy difícil tomar todos estos factores en cuenta en la evaluación de la eficacia del guante, los estudios reportados tienden a mostrar que los guantes antivibratorios no pueden reducir la la exposición a vibraciones de las herramientas de baja frecuencia tales como estibas, horquillas vibratorias o pisonos de pavimento. En la operación de la gran mayoría de las herramientas de mano con motor o máquinas, tales como:

martillos, taladros, remachado, amoladoras, lijadoras; los guantes antivibratorios pueden marginalmente reducir la vibración de la frecuencia ponderada transmitida a la palma de la mano, pero poco reducen la vibración transmitida a los dedos. Si una herramienta genera principalmente vibraciones de muy alta frecuencia (> 250 Hz), un guante antivibratorio puede reducir sustancialmente la vibración de la frecuencia ponderada transmitida a la mano. Sin embargo, estos casos son muy raros. Por lo tanto, basado en el método estándar para evaluar el riesgo de exposiciones, los guantes antivibratorios no tienen mucho aparente valor, especialmente para reducir la transmisión de la exposición a las vibraciones de los dedos. (33).

La hipótesis es que se subestima en gran medida los efectos de alta frecuencia. Esto significa que la ponderación que se utiliza actualmente para evaluar el riesgo de síndrome de mano brazo (HAVS) puede subestimar los efectos nocivos de la exposición a las vibraciones así como la protección real conferida por los guantes antivibratorios, y el nivel de subestimación sigue siendo desconocido. Según estos autores, esta situación se ve agravada por la falta de comprensión de los mecanismos por los que la vibración causa daños al sistema mano-brazo, y la falta de pruebas suficientes para demostrar los beneficios reales de guantes en los lugares de trabajo. Además, los guantes antivibratorios pueden introducir efectos adversos, tales como el aumento de agarre la fuerza y la reducción de la destreza manual. (33).

La información disponible muestra que los guantes son AV poco fiable como dispositivos para controlar las exposiciones HTV. Otros medios de control de vibración, como el uso alternativo las técnicas de producción, maquinaria de baja vibración, rutina de los regímenes de mantenimiento preventivo y el control duraciones de exposición son mucho más propensos a entregar efectivo reducción de vibración y se deben implementar. Como el equilibrio de los beneficios de los guantes de AV y su potencial efectos adversos es específica y no ha sido suficientemente investigado, es recomendable utilizar una cierta precaución cuando se considera el papel de los guantes de AV. (33).

El propósito de este estudio fue estimar para una herramienta específica, la realidad de los guantes antivibratorios para reducir las vibraciones transmitidas a la palma de la mano en tres direcciones ortogonales, como parte del interés por evaluar la eficacia del guante y para ayudar a la selección apropiada de estos guantes. En el estudio se consideraron cuatro tipos de guantes, dos de los cuales eran clasificados como antivibratorios, de acuerdo con el actual estándar para probar los guantes antivibratorios (ISO 10819).

El espectro promedio de transmisibilidad de cada guante en cada una de las direcciones se obtuvo con base en espectros promedio medidos en este estudio y otros espectros obtenidos en estudios reportados. En total, fueron considerados

más de setenta espectros de vibración de varias herramientas. Las evaluaciones de los resultados de los guantes se basan principalmente en el porcentaje de reducción de la aceleración ponderada de la frecuencia como lo asume la actual norma para evaluar los riesgos a exposiciones a vibración. Los resultados indican que para algunas herramientas específicas, los guantes antivibratorios podrían reducir ligeramente el 5% de las vibraciones de baja frecuencia generadas a partir del 25 Hz, y las podría amplificar en un 10%. Con otras herramientas, los guantes antivibratorios en realidad podrían reducir las vibraciones transmitidas a la palma de la mano en un intervalo entre el 5% y el 58%, dependiendo de la herramienta usada y el espectro de vibración en las tres direcciones. Otra de las conclusiones importantes en este estudio es que no se encontraron diferencias en cuanto a la eficacia entre los guantes antivibratorios y los que no lo son. (10).

Un método de ensayo mecánico para evaluar la eficacia de aislamiento de vibraciones de los guantes antivibratorios ha sido estandarizado en la norma ISO 10819. El mango instrumentado y un adaptador de palma recomendado en la norma se evalúan sistemáticamente a fin de identificar su potencial contribución a los errores de medición en general. Los resultados revelaron una distribución no uniforme de la vibración a lo largo de la superficie del mango. Los resultados también revelaron la presencia de considerables magnitudes de vibración fuente no axial causado por la naturaleza no axial de la fuerza de avance impartida por la mano humana. Un diseño alternativo del mango se realiza para lograr una distribución más uniforme de las vibraciones. Se proponen tres métodos alternativos para minimizar las contribuciones adeudadas al adaptador desalineación y la vibración fuente no axial. Se propone un método de contorno de error para predecir la influencia de las características dinámicas de una manija en la medición de la vibración eficaz. Los métodos de caracterización desarrollados en este estudio también pueden ser aplicables a otros tipos de manijas instrumentados para el estudio de vibración mano-brazo. (34).

El agarre y las fuerzas de empuje necesarios para el uso de herramientas vibratorias se consideran insumos de influencia importantes para la evaluación de la transmisibilidad de la vibración a la mano (TR).

En la actualidad las mediciones de la transmisibilidad de la vibración se refieren generalmente a la palma de la mano. Los objetivos del estudio realizado en el año 2006 por Lorenzo Scalise  $\text{\AA}$  Francesco Rossetti Nicola Paone: presenta un procedimiento de medición para la evaluación de la transmisibilidad de la vibración a los dedos.

Los datos medidos en seis puntos de la mano de nueve sujetos; se reportaron para correlacionar la transmisibilidad con el agarre, el empuje y el volumen de la mano. Las pruebas se llevaron a cabo utilizando un agitador cilíndrico y un vibrómetro láser Doppler para medir la velocidad de vibración. La fuerza de empuje es medida utilizando una plataforma de fuerza, mientras que la fuerza de

agarre es medida utilizando una matriz de sensor de presión capacitivo envuelto alrededor de la manija. Se han realizado pruebas en nueve sujetos sanos. Regiones proximales y distales de la segunda, los dedos cuarto y quinto han sido investigados. Las pruebas fueron llevadas a cabo utilizando una fuerza de empuje de: 25, 50 y 75 N. La señal de excitación era una vibración aleatoria de banda ancha en el banda 16-400 Hz con rms no ponderados y un nivel de aceleración de  $6 \text{ m} / \text{s}^2$ .

Los resultados muestran cómo los valores de transmisibilidad generales medidos en puntos distales son mayores respecto a los puntos proximales. La resonancia máxima está presente para todos los puntos medidos en la banda 55-80 Hz. El análisis ANOVA mostró que la transmisibilidad no depende en gran medida del: IMC, el volumen de mano y la fuerza de empuje solamente, Mientras la transmisibilidad depende en gran medida de: agarre forzar solo, posiciones de medición y agarre y empuje fuerza juntos.

El procedimiento propuesto muestra la ventaja para permitir la medición de vibraciones local directamente en los dedos sin la necesidad de aplicar cualquier sensor de contacto.

Los resultados demuestran cómo la transmisibilidad es significativamente diferente sobre el punto en el que la aceleración es medida. (35).

En el 2014, R.G. Dong, T.W. McDowell, D.E. Welcome, W.P. Smutz, realizaron el estudio para identificar los principales factores individuales que están directamente asociados con la eficacia de guantes antivibración. (36).

## 7. DISCUSIÓN

Para realizar el análisis de los resultados encontrados en la revisión de la literatura sobre el tema, conviene plantearse diferentes interrogantes con respecto a la eficacia de los guantes antivibratorios: en primer lugar, se debe considerar la relación causa efecto de la exposición a vibraciones y el desarrollo de enfermedades de tipo vascular, neurológico, de huesos y articulaciones, musculares, y otros trastornos descritos anteriormente en el marco teórico de este trabajo. A lo cual la literatura responde: el uso de herramientas vibrantes puede exponer las manos a vibraciones de gran amplitud, sin embargo, de acuerdo con Griffin, solo la exposición permanente puede ocasionar problemas a la salud. (2).

En este mismo sentido, los autores Dong, Rakheja, Smutz y otros colaboradores en el año 2002 comentan que pese a que aún no es conocida la relación entre las características físicas de la vibración (magnitud, dirección y frecuencia) y los trastornos en las estructuras vasculares, neurosensoriales y musculoesqueléticas del sistema mano brazo, en general se acepta que existe una relación proporcional entre estas dos variables, considerando que con la reducción de la magnitud de la vibración también se reduce el inicio de estos trastornos. (9)

Se considera también como consecuencia de la exposición a vibraciones, el desarrollo del síndrome denominado vibración mano brazo, el principal síntoma del síndrome de vibración mano brazo (HAVS) es vasoespasmo inducido por frío. Sin embargo, los trabajadores con HAVS también muestran una pérdida de la sensibilidad táctil en las manos y los dedos, dolor, reducciones en la destreza manual y la fuerza de agarre, lesiones en las articulaciones y musculares.

De acuerdo con Krajnak, Waugh, Johnson y colaboradores, el principal factor asociado al desarrollo del síndrome HAVS es la duración de la exposición, adicional a este factor, estos autores también asocian la intensidad de la frecuencia (aceleración) como un factor que puede contribuir al riesgo de inicio de este síndrome. (37). No obstante, reconocen que el riesgo de desarrollar HAVS como respuesta a la frecuencia de vibración, está aún sin determinar. También dicen: “hay controversia con respecto al riesgo de desarrollar trastornos vasculares periféricos y síntomas neurosensoriales por el uso de herramientas de impacto (por ejemplo, martillos de remachado, llaves de impacto, taladros)”. (37).

Debido a que estas herramientas de impacto (martillos de remachado, llaves de impacto, taladros, etc) emiten frecuencias dominantes bastante bajas, del orden de 30 hz, y al mismo tiempo generan un componente de impacto de alta frecuencia (1000hz), algunos estudios reportan un aumento del riesgo a desarrollar síndrome HAVS, pero otros no encuentran la relación para hablar de efectos negativos para la salud de los trabajadores. En conclusión estos autores

consideran que es difícil determinar cuál es el riesgo de desarrollar estos síntomas en los trabajadores que usan herramientas de impacto. (37).

Otro de los problemas que existen para el análisis de la relación causa efecto entre la exposición a vibraciones y el desencadenamiento de enfermedades vasculares, neurológicas o musculoesqueléticas, es que los exámenes diagnósticos para determinar el tipo de trastornos que se padecen son subjetivos y se basan principalmente en las manifestaciones del paciente tanto de la severidad con la que sufre los síntomas como de la frecuencia con la que se dan los ataques; y en la experiencia del profesional en salud ocupacional que es quien determina si el trabajador expuesto está exagerando o su manifestación es fraudulenta. (3).

Por otra parte, dada la ausencia de tratamiento médico para el síndrome HAVS, urge encontrar y aplicar medidas de prevención y diagnóstico temprano de los síntomas que presentan los trabajadores expuestos a vibraciones mecánicas en el sistema mano brazo. Incluso, aunque la norma ISO 5349 sugiere una relación entre exposición y desarrollo de trastorno dedo blanco por vibraciones, algunos investigadores creen que es inadecuada la relación para otras lesiones asociadas a exposición a vibraciones. (35).

No obstante, para entender la relación entre la exposición a vibraciones y el desencadenamiento de enfermedades, de acuerdo con la literatura encontrada, las características físicas de las vibraciones (sobre todo la amplitud y la duración) no es el único factor a considerar a la hora de evaluar los efectos adversos que trae la exposición del sistema mano brazo a vibraciones, otros factores a considerar en este sentido corresponden a aspectos como: susceptibilidad del sujeto expuesto, factores ambientales como la temperatura y el ruido; fuerza aplicada, impedancia, masa aparente, transmisión y absorción, transmisibilidad de vibración, postura, contacto geométrico, etc.

Por otra parte, se ha sugerido que debido a que aspectos como el sobrepeso o síndrome metabólico son factores de predisposición para desarrollar trastornos vasculares periféricos, esta condición puede generar un mayor riesgo para el desarrollo de dedo blanco por vibraciones si el trabajador que presenta estas condiciones es expuesto a vibraciones mecánicas en su trabajo. (38).

Con la correlación entre la exposición a vibraciones y las enfermedades que puede desencadenar, se considera que existen algunas medidas de prevención de tipo normativo para limitar la exposición, tales son:

TLV (Valores Límite Umbral) de la American Conference of Government Industrial Hygienists (ACGIH) y posterior a estos, las directivas y decretos que se dieron en la Comunidad Europea para la regulación de la exposición a vibraciones con el fin

de mitigar el riesgo al que se veían expuestos los trabajadores que usan frecuentemente herramientas vibrantes para el desempeño de sus funciones. La Directiva 2002/44/CE establece «valores límite de exposición» y «valores de exposición que dan lugar a una acción», especifica las obligaciones de los empleadores en cuanto a la determinación y la evaluación de los riesgos, fija las medidas que deben adoptarse para reducir o evitar la exposición y explica detalladamente cómo impartir información y formación a los trabajadores. Toda aceleración equivalente ponderada en frecuencia para un período de ocho horas. (14).

Además de la normativa que regula la exposición a vibraciones, otra alternativa que existe son los denominados guantes antivibratorios. Con frecuencia los guantes son vistos como medios para reducir la vibración a las manos, ya sean guantes de cámara de aire o materiales elásticos, como: Sorbothane. (9) Así mismo lo expresa Rakheja y colaboradores: los guantes antivibratorios, hechos de materiales resistentes o cámara de aire, son ampliamente utilizados para atenuar la vibración transmitida a las manos mientras se operan herramientas eléctricas portátiles. (11) Los guantes antivibratorios se han utilizado cada vez más para ayudar a reducir la exposición a las vibraciones. (12)

Las características de atenuación de vibraciones de los guantes son evaluados mediante mediciones en laboratorio. En general, los métodos de evaluación en el laboratorio incluyen variaciones en los factores que intervienen en la transmisibilidad de vibraciones en los guantes. El método estandarizado más reconocido es la norma ISO 10819, el cual implica la medición de la vibración transmitida a la interfaz del guante y la mano bajo unas condiciones estandarizadas. (11).

La Norma Internacional ISO 10819 especifica los criterios de reducción de vibraciones para un guante antivibratorio de la siguiente manera: TRM <1.0 y TRH <0,6, donde TRM es la transmisibilidad de la vibración utilizando un espectro M que se encuentra en el rango de 31,5 Hz -200 Hz y TRH es la transmisibilidad global cuando se utiliza un espectro H en el rango 200 Hz - 1 kHz (13). Debido a que las características de las pruebas varían de una propuesta a otra, esto constituye una deficiencia en cuanto a la comparación de cuál de todas los métodos podría ofrecer mejor confiabilidad y datos más acertados de la transmisibilidad de los guantes antivibratorios.

En general, hubo una tendencia de que el guante antivibración fue menos eficaz en el rango de frecuencia media (50-100 Hz) para las personas con tamaños de mano grandes. (36). Sin embargo, el estudio mismo advierte que esta conclusión no es estadísticamente significativa.

Con la norma ISO 10819 se determina si un guante puede ser considerado como antivibratorio o no. En general, los artículos de la revisión bibliográfica se enfocan

en identificar un método para evaluar la eficacia de las pruebas realizadas a los guantes a través de la actual norma estándar ISO 10819, ya que en general coinciden en que la actual norma tiene algunos problemas técnicos

Como se mencionó anteriormente, la eficacia de aislamiento de vibraciones del guante depende no sólo de las propiedades dinámicas de un guante, sino también las propiedades biodinámicas del sistema mano brazo (ISO 13753, 1999. Dong et al, 2005a, 2009) Para ayudar a escoger los guantes adecuados, puede ayudar el uso de la actual norma ISO 10819, la cual incluye un conjunto de pruebas para determinar si un guante puede ser considerado como antivibratorio o no y cuanta es su transmisibilidad. En este sentido, de todos los artículos que evalúan la efectividad del actual estándar de medición ISO 10819 existen unos con mayor rigurosidad técnica en la aplicación de las pruebas experimentales, estos son:

Considerando tanto la muestra de la cantidad de sujetos participantes en la prueba experimental, como de los guantes medidos en la misma, el artículo: *An evaluation of the proposed revision of the anti-vibration glove test method defined in ISO 10819 (1996)* elaborado por *Daniel E. Welcome, Ren G. Dong\*, Xueyan S. Xu, Christopher Warren, Thomas W. McDowell* en el año 2012, podría ser el que más confiabilidad parece tener, ya que se basa en la evaluación de 5 sujetos masculinos sanos y un total de 15 guantes con ocho tipos de modelo, lo cual es significativo y aporta más valor a la prueba, dado que el actual estándar solo considera tres sujetos y solo dos test por cada sujeto.

Un total de quince guantes con ocho tipos / modelos se puso a prueba en los experimentos. Coincidentemente, el guante que reduce la fuerza de agarre fue también el que más redujo la vibración, lo que sugiere que los efectos negativos y positivos de los guantes se pueden equilibrar en su diseño.

En vista de que la transmisibilidad medida con el método estandarizado puede no representar la eficacia de aislamiento de vibraciones de los guantes antivibratorios utilizados en algunos entornos de trabajo. La transmisibilidad medida en laboratorio no debe ser utilizada directamente para dar cuenta de la reducción de vibraciones en las evaluaciones de riesgo. Sin embargo, es muy difícil de superar esta deficiencia técnica de la norma, ya que podría ser muy costosa, técnicamente exigente, y requiere mucho tiempo para tomar en cuenta los factores anteriormente mencionados en la prueba de laboratorio. Por otro lado, el enfoque de adaptador de palma adoptado en el estándar es probablemente el más eficiente, repetible y objetivo entre los enfoques de ensayo reportados.

A corto plazo se prevé la revisión de la norma ISO 10819, incluso en el año 2014 el organismo internacional normalizador emitió una nueva versión del estándar para medición de vibraciones, en esta se espera incluya la exploración del diseño del adaptador, la señal de vibración de entrada utilizada para obtener la

transmisibilidad de vibración del guante, el método con el que se logra la transmisibilidad y los efectos de los protocolos de pruebas en la transmisión de vibraciones medida en los participantes de las mismas.

Por otro lado, es importante considerar la pregunta con respecto a la selección de los participantes en las pruebas experimentales, ya que se evidencia que en general se seleccionan sujetos masculinos para la experimentación. Sin embargo, de acuerdo con la norma ISO 5349 en la que se establece que la transmisión de vibraciones puede depender de otros factores, como: dirección de la vibración, dirección de la muñeca, el codo, la postura del hombro, la fuerza de agarre y empuje, la temperatura, etc. (16), puede ser de interés hacer la experimentación con el género femenino, con el fin de identificar factores como impedancia, fuerza de agarre, masa aparente y demás factores biodinámicas del sistema mano brazo y la diferencia entre el efecto en hombres y mujeres.

Para la determinación de la eficacia de los guantes antivibratorios conviene también plantearse la pregunta desde el punto de vista del efecto psicológico que trae para los trabajadores el hecho del uso de los guantes, ya que de alguna manera estos podrían sentir que los guantes les proveen la protección necesaria para evitar enfermedades en sus manos y brazos, y por consiguiente tener algún tipo de efecto positivo en el desencadenamiento de los trastornos asociados. Sin embargo, este análisis se excluyó del alcance de este trabajo y se deja planteado para futuras investigaciones.

## 8.CONCLUSIONES

- Mediante la revisión de literatura de los elementos de protección individual tipo guantes antivibratorios, no es posible determinar si estos son eficaces o no para la disminución de los trastornos asociados al uso de herramientas vibrantes. Una de las formas de verificar la eficacia de los guantes es a través de pruebas de laboratorio bajo unas condiciones controladas. El estándar de ensayo más reconocido es la actual norma ISO10819 con la cual se puede determinar que un guante es antivibratorio dependiendo de si la transmisibilidad de las pruebas es inferior al 10% para espectros medios o inferior al 60% para espectros altos. No obstante, la norma actual pese a que ha sido aceptada en varios países, presenta algunas deficiencias técnicas, entre las que se encuentran: la desalineación del adaptador de la palma con la cual se hacen las pruebas y las características dinámicas de la manija y la estructura del adaptador. Por lo tanto, dado que la transmisibilidad medida con estos métodos puede no representar la eficacia de aislamiento de vibraciones de los guantes antivibratorios utilizados en diferentes sectores industriales, se concluye que: el uso de guantes antivibratorios no es completamente eficaz para la disminución de trastornos relacionados con la exposición a herramientas vibrantes. De igual forma, es importante tener en cuenta que los guantes pueden generar algunos efectos adversos, como: el aumento de la fuerza de agarre y reducción de la destreza manual. Por lo tanto, para considerar su uso se deben evaluar sus beneficios y sus efectos adversos al mismo tiempo. En cuanto a la eficacia de los guantes en los dedos, la medición de la transmisibilidad de las vibraciones es mucho más compleja.
- Las afectaciones a la salud relacionadas con la exposición a vibraciones se conocen con el nombre de síndrome de vibraciones mano brazo. Los principales componentes de este son: síntomas vasculares, neurológicos y musculoesqueleticos. No obstante, la relación entre exposición a vibraciones transmitidas a las manos y los efectos adversos para la salud es compleja. (2) En general, los síntomas vasculares y neurológicos pueden tener asociadas otras causas adicionales a la exposición a vibraciones. En cuanto a la relación entre la exposición a vibraciones y sus efectos musculoesqueleticos, aunque es mayor la incidencia de estas afectaciones en los trabajadores expuestos a vibraciones, está lejos de ser con certeza que la causa sea la exposición a vibraciones, debido a que la mayoría de estos trabajadores están a su vez realizando un trabajo físico pesado, y por consiguiente esta puede ser la causa para estos casos. De todas formas, si puede ser más probable que los trabajadores expuestos a vibraciones desarrollen más fácilmente estas afectaciones que los trabajadores que realizan actividades similares sin la exposición a vibraciones.(3)

- A nivel internacional, La American Conference of Government Industrial Hygienists (ACGIH) ha publicado valores Valores Límite Umbral (TLV) de vibración transmitida a las manos para mitigar los efectos adversos producidos por exposición a vibraciones. Más recientemente, la Comisión de las Comunidades Europeas ha presentado niveles de exposición para vibración transmitida a las manos enmarcadas en la propuesta de Directiva para la protección de los trabajadores contra los riesgos derivados de agentes físicos (Consejo de la Unión Europea 1994), En la Directiva propuesta (*Directiva 2002/44/CE*) , la cantidad utilizada para valorar el riesgo de vibración se expresa en términos de aceleración equivalente ponderada en frecuencia para un período de ocho horas. En Colombia, pese a reconocerse en el decreto 1407 del 2014 que la exposición a vibraciones pueden traer como consecuencia enfermedades de tipo laboral, no existe hasta el momento una regulación con respecto al uso de los elementos de protección personal tipo guantes antivibratorios, y sobre todo una regulación específica que apunte hacia la fabricación y comercialización de estos elementos. Recientemente, en el 2008 el instituto normalizador ICONTEC adecuó la NTC 2190 sobre los guantes de protección, los requisitos generales y los métodos de ensayo.
- Determinados guantes pueden incluso aumentar las frecuencias, pero es importante precisar que conservar la mano caliente y seca es una de las propiedades importantes de un guante, y son de gran utilidad en la reducción de determinados efectos inducidos por las vibraciones.
- En principio, la eficacia de aislamiento de un guante antivibratorio depende principalmente de la propiedades dinámicas tanto del guante como del sistema mano-brazo (Donget al., 2009), sin embargo, cuando se han hecho evaluaciones, ha quedado demostrado que la eficacia de atenuación de vibraciones de un guante antivibratorio no depende sólo del propio guante y del sistema mano-brazo, sino también de muchos otros factores, tales como: condiciones de funcionamiento de la herramienta, materiales de trabajo, direcciones de la vibración, evaluación de la ubicación en el sistema mano-brazo, diferencias entre operadores, agarre, fuerzas y posturas. Incluso, los guantes antivibratorios puede introducir efectos adversos, tales como el aumento de agarre la fuerza y la reducción de la destreza manual (S. Hewitt et al., 2014), lo que de alguna manera podría intervenir en la eficacia de los guantes por el uso no adecuado de los mismos, ya que podría usarse solo por ciertos períodos de tiempo o incluso desincentivar por completo su uso.
- No solo los factores mencionados anteriormente intervienen en la evaluación de la eficacia de los guantes, en cuanto a la respuesta biodinámica del sistema mano-brazo, la postura del brazo extendido amplifica la vibración transmitida para frecuencias inferiores a 25 Hz, pero la atenúa por encima de los 25 Hz con más eficacia que si se tuviera el brazo doblado, excepto para el hombro. (30)

- Otra de las consideraciones con respecto a la eficacia de los guantes, tiene que ver con el diseño de los mismos, ya que los guantes antivibratorios deben proporcionar protección, sin embargo, no debe olvidarse que los guantes también deben ser “usables”, y por lo tanto, no debe dejarse de lado el diseño de los mismos, ya que con frecuencia perjudican la destreza manual de quien los usa y desincentiva su uso.

## 9. RECOMENDACIONES

- Sería de gran interés que futuras investigaciones consideraran para este y los demás estándares que han surgido y que se encuentran en desarrollo, la inclusión de datos completos sobre la estimación de la protección de los guantes para diferentes clases de herramientas vibrantes. Lo ideal sería tener cuantificado cuánta vibración pueden reducir los denominados guantes antivibratorios.
- De acuerdo con Griffin, debe considerarse el hecho de que la gran mayoría de las herramientas de mano con motor producen vibraciones por debajo de los 250 Hz, por lo tanto, se cree que encontrar un guante que minimice los efectos de las vibraciones sobre los dedos en este rango de frecuencias, es muy complejo. Por lo anterior, adicional a las estrategias de uso de guantes antivibratorios, es necesario considerar otras estrategias de reducción de vibraciones, tales como: el desarrollo o selección de mejores herramientas de vibración, manijas o adaptadores. (Dong et al., 2009)
- Debido a que con el análisis de la información de este trabajo se llegó a la conclusión de que los guantes antivibratorios no son confiables como mecanismo para reducir la exposición a vibraciones. Otros medios de prevención alternativos para el riesgo por vibraciones se debe considerar, estas pueden incluir técnicas de producción alternativa como:
  - Uso de maquinaria de menores emisiones de vibración,
  - Establecimiento de programas de mantenimiento preventivo rutinario de la maquinaria.
  - Disminución del tiempo de exposición, a través de las jornadas de trabajo.
  - Establecimiento de sistema de rotación de lugares de trabajo donde no se tenga contacto con herramientas vibrantes o periodos de descanso entre herramienta y herramienta.
  - Adecuación de los trabajadores de acuerdo con las diferencias individuales de cada trabajador y su condición de salud.
  - Minimización de la intensidad de la vibración (en magnitud y en cantidad de exposición) siempre que sea posible.
  - Reducción de las vibraciones entre las piezas de las máquinas y los elementos que vayan a ser transformados.
  - Reducción de las vibraciones a causa del funcionamiento de las máquinas o materiales y de los motores alternadores.
  - Reducción de las vibraciones en la fuente, con la compra de equipos y herramientas menos nocivas.

- Debido a que en las pruebas experimentales para evaluar la transmisibilidad de los guantes antivibratorios se seleccionan los sujetos de género masculino, se recomienda considerar la experimentación con el género femenino, con el fin de identificar factores como impedancia, fuerza de agarre, masa aparente y demás factores biodinámicos del sistema mano brazo y la diferencia entre el efecto en género masculino y femenino.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Smutz et al. A method for reducing adaptor misalignment when testing gloves using ISO 10819. *Ann Occup Hyg*; 2002;46(3):309–15.
2. Griffin MJ, Bovenzi M. Vibraciones. *Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo*; 2010. p.50.1–50.16.
3. South T. *Managing Noise and Vibration at Work*. 2004. pp. 1-263
4. López Alonso M, Pacheco Torres R, Martínez Aires MD, Ordoñez García J. Comparative analysis of exposure limit values of vibrating hand-held tools. *Int J Ind Ergon*. [sede web]. Elsevier Ltd; 2013;43(3):218–24. [Actualizado el 18 Mayo de 2015] Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ergon.2013.01.006>
5. Matabanchoy Tulcán S. *Salud en el trabajo. Univ y salud*; 2012; 1: 87–102.
6. Ministerio de la Protección Social. *Informe de Enfermedad profesional en Colombia 2001-2002*. Ministerio de la Protección Social; 2004. p. 1-82
7. Welcome D, Dong R, Xu XS, Warren C, Mcdowell TW. The effects of vibration-reducing gloves on finger vibration. *Int J Ind Ergon* Recuperado de [sede web]. Elsevier Ltd; 2013. Jan [cited 2015 Mar 14];44(1):45–59. [Actualizado el 14 Marzo de 2015] Disponible en: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0169814113001133>
8. Welcome D, Dong R, Xu XS, Warren C, Mcdowell TW. An evaluation of the proposed revision of the anti-vibration glove test method defined in ISO 10819 (1996). *Int J Ind Ergon*. [sede web] Elsevier Ltd; 2012; ;42(1):143–55. [Actualizado el 14 Marzo de 2015] Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ergon.2011.09.003>
9. Dong R, Rakheja S, Smutz W, Schopper A, Welcome D, Wu J. Effectiveness of a new method (TEAT) to assess vibration transmissibility of gloves. *Int J Ind Ergon*. 2002;30(1):33–48.
10. Dong R, Welcome D, Peterson D, Xu X, McDowell T, Warren, C, et al. Tool-specific performance of vibration-reducing gloves for attenuating palm-transmitted vibrations in three orthogonal directions. *Int J Ind Ergon*. [sede web]. 2014 Nov. [Actualizado el 18 Mayo de 2015];44(6):827–39 Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S016981411400136X>

11. Rakheja S, Dong R, Welcome D, Schopper A. Estimation of tool-specific isolation performance of antivibration gloves. *Int J Ind Ergon* [sede web]. 2002 [Actualizado el 18 Mayo de 2015];30(2):71–87 Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169814102000719>
12. Dong R, McDowell T, Welcome D, Warren C, Wu J, Rakheja S. Analysis of anti-vibration gloves mechanism and evaluation methods. *J Sound Vib*. 2008;321(1-2):435–53.
13. Pinto I, Stacchini N, Bovenzi M, Paddan G, Griffin M. Protection effectiveness of anti-vibration gloves: field evaluation and laboratory performance assessment. *Res Netw Detect Prev Inj due to Occup Vib Expo* [sede web]. 2001;6:5–8. [Actualizado el 18 Mayo de 2015] Disponible en: <http://eprints.soton.ac.uk/10535/>
14. Comisión Europea. Guía de buenas prácticas no vinculante para la aplicación de la Directiva 2002/44/CE, sobre las disposiciones mínimas de seguridad y de salud relativas a la exposición de los trabajadores a los riesgos derivados de los agentes físicos (vibraciones). 2007.
15. Robledo, FH. Riesgos Físicos I Ruido, vibraciones y presiones anormales. Bogotá: Ecoedición. 2008.
16. Besa A, Valero F, Suñer J, Carballeira J. Characterisation of the mechanical impedance of the human hand-arm system: The influence of vibration direction, hand-arm posture and muscle tension. *Int J Ind Ergon*. 2007;37(3):225–31.
17. Tarabini M, Saggin B, Scaccabarozzi D, Moschioni G. Hand-arm mechanical impedance in presence of unknown vibration direction. *Int J Ind Ergon*. Recuperado de [sede web]. Elsevier Ltd; 2013;43(1):52–61 [Actualizado el 18 Mayo de 2015] Disponible en: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0169814112000960>
18. Dong R, Wu J, Welcome D. Recent advances in biodynamics of human hand-arm system. *Ind Health*. 2005;43(3):449–71.
19. Tolosa Villaella C, a CPSA, B Y LGJ. Fenómeno de Raynaud. *Med Clin*; 2009;132(18):712–8.
20. Ministerio de Trabajo y Seguridad Social. Resolución 2400 de 1979. 1979; 1979 (mayo 22):1–134. [sede web] [Actualizado el 18 Mayo de 2015] Disponible en: [http://www.indumil.gov.co/doc/normasgestionintegral/Resoluciones/res2400\\_1979.pdf](http://www.indumil.gov.co/doc/normasgestionintegral/Resoluciones/res2400_1979.pdf)
21. Ministerio de Trabajo y Seguridad Social. Decreto 1477 de 2014. 2014.

22. Patente CA1225778A1 - Energy absorbing rubber composition [sede web] [Actualizado el 18 Mayo de 2015] Disponible en: <http://www.google.es/patents/CA1225778A1?cl=es> Patente CN101065168A.
23. Patente CN101065168A [sede web] [Actualizado el 18 Mayo de 2015] Disponible en: <http://www.google.tl/patents/CN101065168A?cl=pt-PT>
24. Ansell. Vibraguard 07-111\_112 \_ Protection Solutions Catalogue. <http://industrialcatalogue.ansell.eu/vibraguard-07-112>
25. Chaseergo. Av gloves. [sede web] [actualizada el 18 de Mayo de 2015];329(14):2953–71. Disponible en: [https://www.google.com.co/search?q=Chaseergo.+Av+gloves.&oq=Chaseergo.+Av+gloves.&aqs=chrome..69i57.799j0j4&sourceid=chrome&es\\_sm=93&ie=UTF-8](https://www.google.com.co/search?q=Chaseergo.+Av+gloves.&oq=Chaseergo.+Av+gloves.&aqs=chrome..69i57.799j0j4&sourceid=chrome&es_sm=93&ie=UTF-8)
26. Impacto A, Air, Technology G. ABOUT IMPACTO PATENTED; 2007; 2002(R):4–6.
27. Hewitt S. Assessing the performance of anti-vibration gloves - A possible alternative to ISO 10819, 1996. *Ann Occup Hyg.* 1998;42(4):245–52..
28. Acosta Parrado G, Moreno M. Síndrome de Raynaud ocasionado por el uso de herramientas que emiten vibración. Pontificia Universidad Javeriana; 2008.
29. Xu X, Riley D, Persson M, Welcome D, Krajnak K, Wu J, et Al. Evaluation of anti-vibration effectiveness of glove materials using an animal model. *Biomed Mater Eng.* [sede web]; 2011 Jan. [Actualizado el 14 Marzo de 2015] 21(4):193–211. Disponible en: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84555208694&partnerID=tZOtx3y1>
30. Reynolds D. Design of antivibration gloves. *Can Acoust - Acoust Can* [sede web]. [Actualizado el 18 Mayo de 2015]; 2001;29(3):16–7. Disponible en: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-0035454398&partnerID=tZOtx3y115>.
31. Adewusi S, Rakheja S, Marcotte P, Boutin J. Vibration transmissibility characteristics of the human hand–arm system under different postures, hand forces and excitation levels. *J Sound Vib.* [sede web], 2010 Jul [actualizada el 18 de Mayo de 2015];329(14):2953–71. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022460X10001057>
32. Mansfield N. Protecting people from vibration. 40th International Congress and Exposition on Noise Control Engineering 2011, INTER-NOISE 2011. [sede web].

2011. p. 43–51. [Actualizado el 18 Mayo de 2015] Disponible en:  
<http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84867941729&partnerID=tZOtx3y1>

33.Hewitt S, Dong RG, Welcome DE, Mcdowell TW. Anti-Vibration Gloves? 10819, 1996. *Ann Occup Hyg.* [sede web]; 1998;42(4):245–52 2014. Actualizado el 18 Mayo de 2015] Disponible en:  
<http://annhyg.oxfordjournals.org/cgi/doi/10.1093/annhyg/meu089>

34.Dong RG, Rakheja S, Smutz W, Schopper A, Caporali S. Dynamic characterization of instrumented handle and palm-adaptor used for assessment of vibration transmissibility of globes. *J Test Eval.* [Sede Web]. 2003. [Actualizado el 18 Mayo de 2015]; 2003;31(3):234–46. Disponible en:  
<http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-0037516996&partnerID=tZOtx3y1>

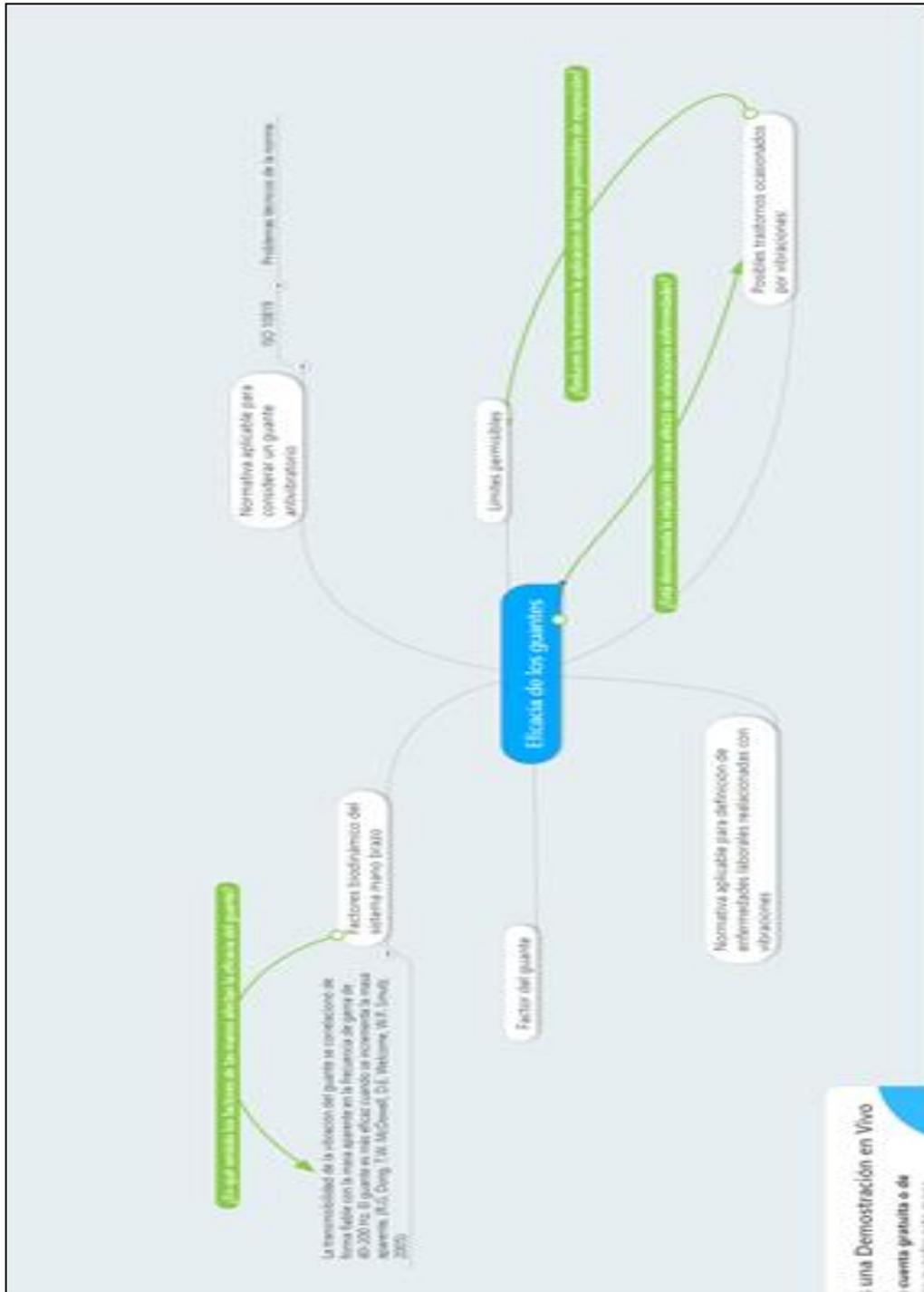
35.Scalise L, Rossetti Francesco R, Hand vibration: Non-contact measurement of local transmissibility. *Int Arch Occup Environ Health*; 2007;81(1):31–40.

36.Dong R, Mcdowell T, Welcome D, Smutz, W. Correlations between biodynamic characteristics of human hand-arm system and the isolation effectiveness of anti-vibration gloves. *Int J Ind Ergon.* 2005;35(3):205–16.

37.Krajnak K, Waugh S, Johnson C, Miller GR, Xu X, Warren C, Et al. The effects of impact vibration on peripheral blood vessels and nerves. *Ind Health.* [sede web]; 2013;51(6):572–80 [Actualizado el 18 Mayo de 2015] Disponible en:  
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24077447>

38.Krajnak K, Waugh S, Johnson C, Miller GR, Kiedrowski M. Vibration disrupts vascular function in a model of metabolic syndrome. *Ind Health*; 2009;47(5):533–42.

# ANEXO A. MAPA MENTAL



## ANEXO B. RESUMEN BIBLIOGRAFIA ESTUDIADA

ID	Nombre del artículo	Prueba experimental	Cantidad de participantes	Cantidad de herramientas	Cantidad de guantes	Enfoque	Problemas metodológicos	Conclusión	Año	Autores
1	Assessing the performance of antivibration gloves: a possible alternative to ISO 10819, 1996	NA	NA	NA	4	<p>Desarrollar una metodología para evaluar el desempeño de los guantes antivibratorios. Proponen una metodología adicional y la comparan con el actual estándar ISO 10819.</p> <p>Nota: según este artículo, la prueba ISO 10819 solo requiere dos test por cada sujeto.</p>	<p>Los datos solo pueden ser validados en situaciones de trabajo donde la fuerza de avance sobre el guante es la misma o similar a la usada por el test. Aunque las investigaciones muestran que fue necesario monitorear ambas cosas: agarre y fuerza de avance durante la prueba, adicional el trabajo debería ser necesario para estabilizar como los datos pueden ser aplicados para las fuerzas de operación variables</p>	<p>El resultado de transmisibilidad de la prueba de los 4 guantes muestra que cuando el espectro de banda limite de vibración es considerado, pueden existir considerables reducciones de vibraciones, pero cuando se considera la frecuencia ponderada aplicada en un espectro de vibración, la reducción de las vibraciones es mucho menos dramática.</p>	1998	Hewitt, Sue
2	Protection effectiveness of antivibration gloves: field evaluation and laboratory performance assessment	Si	3	11	5	<p>Objetivo: evaluar la efectividad de aislamiento de los guantes, cuando los usuarios fueron expuestos a la vibración de 11 herramientas. Desarrollar un método de evaluación de los guantes para estimar la protección que el guante podría proveer con exposición a vibración producida por herramientas específicas, donde el espectro es conocido</p>	No reporta	<p>Un aspecto adicional debería ser investigado, es el desempeño de los guantes con el tiempo. Como parte de los elementos de protección personal, es posible que estos equipos cuando esten viejos o lleven mucho tiempo de uso no provean el mismo nivel de protección.</p>	2001	Pinto, I, Stacchini, Bovenzi, Paddan, G.S, Griffin
3	Design of antivibration gloves	NA	NA	NA	NA	<p>Para minimizar la ocurrencia de HAV, es importante reducir la energía de vibración en la mano y el brazo. Una forma de hacer esto es usar ropa de protección, en particular, los guantes antivibratorios. Los factores a considerar en el diseño de un guante antivibraciones continúan actualmente en discusión. Prestando especial atención a estos factores, también es importante aumentar la eficacia del guante en la reducción de la vibración de la misma manera que también se debe pensar que el guante sea cómodo de llevar.</p>	No reporta	<p>El guante, adicional a que debe mitigar los efectos adversos de las vibraciones, debe ser funcional y cómodo de llevar.</p>	2001	Reynolds

## ANEXO B. RESUMEN BIBLIOGRAFIA ESTUDIADA - CONTINUACIÓN

ID	Nombre del artículo	Prueba experimental	Cantidad de participantes	Cantidad de herramientas	Cantidad de guantes	Enfoque	Problemas metodológicos	Conclusión	Año	Autores
4	Estimation of tool-specific isolation performance of antivibration gloves	Si, en un laboratorio se pusieron a prueba bajo diferentes espectros de excitación	3 sujetos masculinos	6		Desarrollo de metodología para evaluar la eficacia de aislamiento de los guantes antivibratorios como función de la vibración del mango de la herramienta	No reporta	Las características estimadas de transmisibilidad de la aceleración de los guantes se comparan con las respuestas medias medidas para demostrar la validez de la metodología propuesta. Desde estas comparaciones, se concluye que la eficacia de aislamiento de guantes para las herramientas seleccionadas puede ser efectivamente predicho usando la metodología propuesta. Las desviaciones entre los valores de transmisibilidad predichos y medidos están a 8% para la mayoría de las combinaciones guante-espectros, bien dentro de las variabilidades intra e inter-sujetos reportados en diferentes estudios. Los resultados sugieren que las características de respuesta de frecuencia de los guantes son relativamente insensibles a la magnitud de vibración pero fuertemente dependiente de las propiedades viscoelásticas del material del guante.	2002	Rakheja, S. Dong, Welcome, Schopper, A.W
5	Effectiveness of a new method (TEAT) to assess vibration transmissibility of gloves R.G.	Si	8 masculinos	NA	3	Propone un método de prueba basado en la transmisibilidad de aceleración efectiva total (TEAT) para estudiar el rendimiento de aislamiento de vibraciones de los guantes antivibratorios. Los tres guantes seleccionados fueron: guante relativamente grueso de aire (guante A), un guante anticoagulante e aire (guante B) y un guante relleno de gel (Guante C).	Aunque el método propuesto puede efectivamente tener errores causados por desajustes en los planos Xh, Zh y Yh Zh y la vibración de la fuente no axial, los resultados del estudio sugieren que los principales errores surgen desde el plano desalineación Xh Zh. El grado de desalineación puede estimarse a partir de la Xa-componente de la aceleración del adaptador. La aplicación de un sencillo factor de corrección basado en el ángulo de guiñada estimada puede explicar de manera efectiva los errores de desalineación en el plano XhZh plano. El ángulo de guiñada estimada puede servir además como una retroalimentación para el sujeto de prueba para supervisar y controlar la posición de adaptador durante una prueba.	Las características de transmisión de la vibración de los guantes seleccionados, evaluados usando el método propuesto, se comparan con los derivados de la método estandarizado para demostrar la eficacia del método propuesto.	2002	R.G. Dong*, S. Rakheja, W.P. Smutz, A. Schopper, D. Welcome, J.Z. Wu

## ANEXO B. RESUMEN BIBLIOGRAFIA ESTUDIADA - CONTINUACIÓN

ID	Nombre del artículo	Prueba experimental	Cantidad de participantes	Cantidad de herramientas	Cantidad de guantes	Enfoque	Problemas metodológicos	Conclusión	Año	Autores
6	A method for reducing adaptor misalignment when testing gloves using ISO 10819	Si	8 masculinos de 24 años	NA	3	<p>Objetivo: probar la hipótesis que apatador desalineado podría ser reducido por proveer realimentación de los sujetos de prueba.</p> <p>La transmisibilidad y la desalineación fueron calculadas para cada guante. Fueron usados tres análisis de varianza diferentes para analizar los resultados. (los tres guantes fueron testeados tres veces cada uno)</p>	<p>El método propuesto no está exento de problemas prácticos: 1. Aumento del costo del acelerómetro de tres ejes, en comparación con un acelerómetro de eje único. 2. Mayor valor por los dos acondicionadores de señal adicionales y el otro hardware necesarios para este estudio también sugiere que durante la prueba de los sujetos deben usar un guante un poco más grande de lo que normalmente usarían para el trabajo real, de modo que puedan adaptarse más fácilmente a la posición del adaptador dentro del guante para obtener la alineación deseada.</p>	<p>La comparación de los dos métodos mostró que la modificación del método de prueba de los guantes redujo significativamente la desalineación, lo que a su vez incremento la medición de la transmisibilidad del guante. En conclusión, los autores encontraron que proporcionar retroalimentación para el sujeto de prueba dio lugar a una mejor alineación adaptador y por lo tanto los valores de transmisibilidad del guante fueron más precisos. Ellos creen que este aumento de la precisión es mayor que el coste agregado del acelerómetro triaxial y recomendaron que este nuevo método sea considerado por otros grupos cuando se hace la prueba del guante de acuerdo con la norma ISO 10819.</p>	2002	Smutz, W.P., Dong, R.G., Han, Schopper, Welcome, Kashon
7	Correlations between biodynamic characteristics of human hand-arm system and the isolation effectiveness of anti-vibration gloves		6 masculinos			<p>El objetivo de este estudio fue identificar los principales factores individuales que están directamente asociados con la eficacia de guantes antivibración.</p>	<p>Aunque no es estadísticamente significativa, hubo una tendencia de que el guante antivibración fue menos eficaz en el rango de frecuencia media (50-100 Hz) para las personas con tamaños grandes de mano.</p>	<p>Este estudio encontró que la transmisibilidad de la vibración del guante se correlacionó de forma fiable con la masa aparente en la frecuencia de gama de 40-200 Hz; y que el guante se volvió más eficaz cuando se incrementó la masa aparente. Este nuevo estudio identificó la rigidez efectiva del sistema mano-brazo a frecuencias 63-100 Hz como el factor clave que influyo en la respuesta biodinámica y la transmisibilidad medida del guante en la palma de la mano. En conclusión, el presente estudio revela que existe una fuerte correlación lineal entre la aislamiento eficacia de un guante antivibración y las características biodinámicas del sistema mano-brazo humano en una frecuencia amplia rango (40-200 Hz).</p>	2005	R.G. Dong, T.W. McDowell, D.E. Welcome, W.P. Smutz

## ANEXO B. RESUMEN BIBLIOGRAFIA ESTUDIADA - CONTINUACIÓN

ID	Nombredel artículo	Prueba experimental	Cantidad de participantes	Cantidad de herramientas	Cantidad de guantes	Enfoque	Problemas metodológicos	Conclusión	Año	Autores
8	Recent Advances in Biodynamics of Human Hand-Arm System		NA	NA	NA	En este trabajo se presenta un nuevo modelo conceptual de los factores que influyen en las relaciones de causa-efecto para la exposición a vibraciones, una nueva estrategia de estudio y una revisión exhaustiva de los recientes avances en las biodinámica estrechamente asociada con la exposición. El paper abarca los siguientes cinco aspectos: modelización teórica de las respuestas biodinámicas, transmisibilidad de la vibración, conducción de punto biodinámicos de respuesta, evaluación de guantes anti-vibración, y las fuerzas aplicadas.	No reporta	El paper abarca los siguientes cinco aspectos: modelización teórica de las respuestas biodinámicas, transmisibilidad de la vibración, conducción de punto biodinámicos de respuesta, evaluación de guantes anti-vibración, y las fuerzas aplicadas.	2005	Ren G. DONG*, John Z. WU and Daniel E. WELCOM E
9	Evaluation of anti-vibration glove test protocols associated with the revision of ISO 10819	Si. Diseñaron, fabricaron y evaluaron 30 adaptadores de acrílico				Se investigaron los efectos de la modificación de la geometría del adaptador de palma en los resultados de las pruebas ISO 10819 de guantes antivibratorios. 30 adaptadores de acrílico rígidos fueron diseñados, fabricados y evaluados. Los requisitos de la longitud de los adaptadores que cumplen la norma ISO 10819 cubren el 70-80% de la anchura de la palma. Las curvaturas superiores de los adaptadores fueron mayores que o igual al radio especificado en la norma ISO 10819: 1996. Justificación del estudio: varios problemas con la actual norma ISO 10819 se han estado estudiando. Los actuales problemas incluyen el diseño del adaptador, la señal de vibración de entrada utilizada para obtener la transmisibilidad de vibración del guante, el método en el que se obtiene la transmisibilidad de vibración guante, y los efectos de las pruebas de los sujetos sobre la transmisibilidad medida de vibración del guante.	Debido a que se requiere la capacitación de los sujetos de prueba para asegurar resultados confiables de transmisión de vibraciones del guante, este podría convertirse en una posible fuente de error en la prueba	Los resultados obtenidos a partir del espectro de velocidad constante, cuando se divide en los rangos de frecuencia M y H, fueron casi los mismos que los obtenidos a partir de la M y H espectros ISO 10819. Los valores de transmisibilidad medidos obtenidos con los espectros M, H y F eran todos más altos al comienzo del programa de pruebas. Los valores de transmisibilidad disminuyeron y se acercaron a valores límite más bajos cuando los sujetos de prueba se hicieron más experimentados.	2005	Douglas D. REYNOLD S* and Eric WOLF

## ANEXO B. RESUMEN BIBLIOGRAFIA ESTUDIADA - CONTINUACIÓN

ID	Nombre del artículo	Prueba experimental	Cantidad de participantes	Cantidad de herramientas	Cantidad de guantes	Enfoque	Problemas metodológicos	Conclusión	Año	Autores
10	Characterization of the mechanical impedance of the human hand-arm system: The influence of vibration direction, hand-arm posture and muscle tension	Si, en un laboratorio, experimento permiten a los autores describir el modelo disipativo del sistema mano-brazo.	5	Un montaje experimental: 1 mango con dos células de carga piezoeléctrica y dos acelerómetros.	No se utilizaron guantes	La metodología propuesta en este estudio proporciona una mejor evaluación de los riesgos para la salud asociados con la exposición a transmitirse a la mano. El objetivo de este trabajo es describir la metodología aplicado con el fin de analizar la influencia de ciertos factores que podría afectar a la transmisión y absorción de energía por el sistema mano-brazo.	No reporta	La caracterización de la impedancia mecánica del sistema mano-brazo hace que sea posible definir la vibración de filtros de ponderación de frecuencia de absorción de energía para las aceleraciones medidas en el mango de la herramienta. En el examen descrito anteriormente se vio que el poder de mano-brazo y la disipación fue influenciado por la dirección de las vibraciones, las nuevas pruebas deben llevarse a cabo con el fin de desarrollar más precisos para llegar Xh, Yh y Zh. Diferentes posiciones de la muñeca, el codo y el hombro producen cambios en la impedancia mecánica medidos para dirección Zh. La prueba adicional sería necesaria para analizar la influencia de la posición del brazo para las direcciones Xh y Yh. En las pruebas que se realizaron, la aplicación de un fuerza de empuje, o el uso de una fuerte fuerza de agarre, produjo una mayor impedancia mecánica en el sistema mano-brazo	2007	Antonio José Besa, Francisco José Valero, José Luis Suñer, Javier Carballeira
11	Analysis of anti-vibration gloves mechanism and evaluation methods	La secuencia de los tres ensayos fue aleatorio entre los sujetos, y tres ensayos fueron realizado para cada prueba. La duración de la medición de la respuesta biodinámica en cada ensayo fue 30 s. A cada sujeto se aconseja reposo durante al menos un minuto entre los ensayos sucesivos.	Seis varones sanos participaron en las mediciones de respuesta biodinámicos	No aplica	2 tipos de guantes. Un guante con una masa de 78 g, referido como guante "A" y un guante lleno de gel con una masa de 133 g, denominado guante "B"	Los mecanismos identificados para la medición de los guantes antivibratorios sugieren que es muy difícil reducir significativamente la exposición a las vibraciones en los dedos a menos de 100 Hz utilizando el enfoque de guantes antivibración. El otro enfoque, tal como manijas antivibratorias o manijas en suspensión pueden ser más eficaces para la protección del dedo. Mientras que también sugiere que puede haber grandes diferencias entre los valores de transmisibilidad guante en diferentes direcciones de vibraciones	El método plantea varios desafíos de medición y posibles fuentes de errores. La masa de un acelerómetro puede alterar las características de vibración transmitida a un lugar particular de medición. Mientras que un vibrómetro láser sin contacto se puede aplicar para eliminar el efecto de masa del sensor. Las contribuciones debidas a movimiento relativo de la piel a las respuestas de vibración localizadas no puede ser negado. Por otra parte, una porción del guante debe ser cortada de manera que el láser puede señalar directamente al dedo o la piel de las manos.	Una ventaja es que este enfoque puede ser usado para determinar los valores de transmisibilidad generales, tanto en la palma, como en los dedos, a partir de un examen exhaustivo del guante	2008	Ren G. Donga, Thomas W. McDowella, Daniel E. Welcomea, Christopher Warren, John Z. Wu, Subhash Rakheja

## ANEXO B. RESUMEN BIBLIOGRAFIA ESTUDIADA - CONTINUACIÓN

ID	Nombre del artículo	Prueba experimental	Cantidad de participantes	Cantidad de herramientas	Cantidad de guantes	Enfoque	Problemas metodológicos	Conclusión	Año	Autores
12	Examining the effectiveness of anti-vibration gloves with a neural network	NA	3 operadores	3	8	Metodología: utilizar una red neuronal para poner a prueba los guantes anti vibratorios.	No reporta	Los estudios de simulación confirmaron la exactitud de la implementación de la red y su algoritmo neural de aprendizaje. Hubo diferencias en los valores del error relativo, dependían de la herramienta y el operador que la realizó. Los resultados obtenidos muestran el gran potencial en la utilización de una red neural para la evaluación de los guantes antivibratorios.	2011	Piotr Kowalski
13	An evaluation of the proposed revision of the anti-vibration glove test method defined in ISO 10819 (1996)	Si	5 varones sanos que satisfacen los requisitos de la norma participaron en el gran experimento.		15 guantes con ocho tipos / tamaños diferentes	El objetivo de este estudio es examinar la justificación de las principales revisiones de la norma y evaluar los principales aspectos técnicos del método revisado a través de un experimento. Para ayudar a evaluar los criterios de guantes AV, también se examinaron los efectos del guante en la fuerza de agarre.	No reporta	Coincidentemente, el guante que reduce la fuerza de agarre fue también el que más redujo la vibración, lo que sugiere que los efectos negativos y positivos de los guantes se pueden equilibrar en su diseño. La transmisibilidad medida con el método estandarizado puede no representar la eficacia de aislamiento de vibraciones de los guantes antivibratorios utilizados en algunos entornos de trabajo. La transmisibilidad medida en laboratorio no debe ser utilizada directamente para dar cuenta de la reducción de vibraciones en las evaluaciones de riesgo. Sin embargo, es muy difícil de superar esta deficiencia técnica de la norma, ya que podría ser muy costosa, técnicamente exigente, y requiere mucho tiempo para tomar en cuenta todos los factores anteriormente mencionados en la prueba de laboratorio. Por otro lado, el enfoque de adaptador de palma adoptado en el estándar es probablemente el más eficiente, repetible y objetivo entre los enfoques de ensayo reportados.	2012	Daniel E. Welcome, Ren G. Dong*, Xueyan S. Xu, Christopher Warren, Thomas W. McDowell

## ANEXO B. RESUMEN BIBLIOGRAFIA ESTUDIADA - CONTINUACIÓN

ID	Nombre del artículo	Prueba experimental	Cantidad de participantes	Cantidad de herramientas	Cantidad de guantes	Enfoque	Problemas metodológicos	Conclusión	Año	Autores
14	The effects of vibration reducing gloves on finger vibration	Si	7 sujetos masculinos		4 guantes se consideraron en el estudio, 1 par lleno de gel y el otro par lleno de aire.	Objetivo: verificar si los guantes pueden atenuar la transmisibilidad de las vibraciones en los dedos	No reporta. Incluso para el análisis de la evaluación de transmisibilidad, se hicieron análisis estadísticos, así: elaboraron un modelo lineal general para el análisis de la varianza (ANOVA) el cual fue utilizado para determinar la importancia de los efectos de la condición guante (lleno de gel, vejiga de aire, y sin guantes), utilizaron 10 puntos de medición, y se aplicó fuerza a la mano (cuatro niveles) de transmisibilidad de vibración. También se realizaron ANOVAs estratificadas para determinar la significación de las diferencias de respuesta del dedo en diferentes rangos de frecuencia. La ANOVA la realizaron con el programa SPSS software estadístico (IBM SPSS Statistics, versión 19.0). Las diferencias se consideraron significativas a la $p < 0,05$ . Por lo tanto, concluimos que el estudio tiene validez y rigurosidad estadística.	Los guantes aumentaron la vibración en la punta de los dedos, y en la zona marginal la redujeron por debajo de frecuencias de 100 Hz. Los guantes disminuyen la vibración cuando las frecuencias son inferiores a 80 Hz, pero la aumenta en las frecuencias de 80 a 400 Hz. A frecuencias más altas, el guante lleno de gel es más eficaz para reducir la vibración de dedo que el guante de la vejiga llena de aire. La rigidez del contacto y la fuerza de agarre aumentan la vibración en la punta de los dedos. Los tipos de guantes representativos examinados en este estudio sugieren que es poco probable que los guantes antivibratorios sean eficaces para reducir la exposición a las vibraciones transmitidas a los dedos en el rango de frecuencia de vibración dominante (por debajo de 250 Hz), que son la gran mayoría de herramientas de mano con motor. Teniendo en cuenta la gran mayoría de las herramientas de mano con motor generan vibraciones por debajo de 250 Hz (Griffin, 1990; 1997), los resultados de este estudio sugieren que es muy difícil encontrar o hacer un guante que podría reducir las vibraciones transmitidas a los dedos en este rango de frecuencia. Por lo tanto, estrategias de reducción de la vibración de dedo transmitida debe primordialmente depender del desarrollo y / o selección de mejores herramientas de vibración, manijas suspendidos o adaptadores de suspensión (Dong et al., 2009)	2013	Welcome, Daniel E, Dong, Ren G, Xu, Xueyan S, Warren, Christopher, McDowell, Thomas W.

## ANEXO B. RESUMEN BIBLIOGRAFIA ESTUDIADA - CONTINUACIÓN

ID	Nombre del artículo	Prueba experimental	Cantidad de participantes	Cantidad de herramientas	Cantidad de guantes	Enfoque	Problemas metodológicos	Conclusión	Año	Autores
15	Comparative analysis of exposure limit values of vibrating hand-held tools	NA	NA	NA	NA	En este estudio se analizó el nivel de exposición de los trabajadores de la construcción a vibraciones mano-brazo. Para esta investigación, los niveles de vibración de las herramientas de construcción más comunes fueron comparados, y se estableció el máximo tiempo que cada herramienta podría usarse de manera segura. También se compararon valores límite con los datos de vibración de herramientas proporcionadas por los fabricantes.	No reporta	Los resultados mostraron que el 42% de las herramientas estudiadas, el valor límite de la exposición diaria se superó.	2013	Mónica López-Alonso a,1, Rosalía Pacheco-Torres a,2, Ma Dolores Martínez-Aires b,*, Javier Ordoñez-García a
16	anti-vibration gloves?	NA	NA	NA	NA	Realiza un comentario de varios autores a la norma ISO 10819, comparándola con la prueba estándar de 1996 y señalando algunas correcciones a la prueba inicial como lo es el número de integrantes de la prueba y las frecuencias evaluadas. Para ello se comparan documentalmente dichas normas y se evalúa la eficacia de los guantes antivibratorios.	No reporta	El estándar código de prueba del guante en la norma ISO 10819 (2013) sólo demuestra que los guantes pueden atenuar la vibración en algunas direcciones a lo largo de la palma de la mano y el antebrazo que es poco probable que aumente la exposición de vibración. han demostrado que la eficacia de aislamiento de vibraciones de un Guante antivibratorio típico no depende sólo del guante, sino de muchos factores tales como las condiciones de funcionamiento de la herramienta, materiales de trabajo, direcciones de vibración, la ubicaciones en el sistema mano-brazo, otros individuales como diferencias entre operadores, agarre variable y alimentación de fuerzas y posturas. establece además que a bajas frecuencias la vibración es amplificada potencialmente y a frecuencias altas se disminuye en una pequeña proporción. los estudios han sido ineficientes para frecuencias medias.	2014	Sue Hewitt, Ren G. Dong, Daniel E. Welcome and Thomas W. McDowell

## ANEXO B. RESUMEN BIBLIOGRAFIA ESTUDIADA - CONTINUACIÓN

ID	Nombre del artículo	Prueba experimental	Cantidad de participantes	Cantidad de herramientas	Cantidad de guantes	Enfoque	Problemas metodológicos	Conclusión	Año	Autores
17	Tool-specific performance of vibration-reducing gloves for attenuating palm-transmitted vibrations in three orthogonal directions	Si	7 sujetos masculinos	NA	3 guantes de aire y un guante de normal	El propósito de este estudio fue estimar la verdadera atenuación de los guantes para reducir las vibraciones transmitidas a la palma de la mano en tres direcciones ortogonales (3-D) por el uso de una herramienta	No reporta	<p>Los guantes antivibratorios podrían reducir ligeramente por debajo del 5% o marginalmente amplificar menos del 10% las vibraciones de baja frecuencia generados para herramientas de menos de 25 Hz o aquellos que vibra principalmente a lo largo del eje de la empuñadura de la herramienta. Los dos guantes antivibratorios no fueron más eficaces que los otros guantes, para algunas de las herramientas consideradas en este estudio.</p> <p>Los resultados de este estudio confirman también la eficacia de un guante antivibratorio en una dirección específica. Un guante que es más eficaz a lo largo de la dirección del antebrazo, medida en el ensayo estándar, puede no ser la más eficaz en las otras direcciones. Esto sugiere que los resultados de la prueba de un solo eje adoptada en la norma, pueden no ser suficiente para hacer un juicio razonable del desempeño general de un guante antivibratorio. El método de un solo eje es también incompatible con el método estándar para evaluar el riesgo por exposición a vibraciones transmitidas a mano (ISO 5349-1, 2001).</p>	2014	Ren G. Dong a. *, Daniel E. Welcoming a, Donald R. Peterson b, Xueyan S. Xu a, Thomas W. McDowell a, Christopher Warren a, Takafumi Asaki b, Simon Kudematsch b, Antony Brammer b