

# Apuntes de Ergonomía

Elaboradas por:

**Dra. Claudia Camargo Wilson.**

**Programa educativo: Ingeniero Industrial**



# I.- PROLOGO

En el milenio pasado nuestros antepasados vivieron en un medio ambiente esencialmente "natural" y su existencia dependía virtualmente de lo que podían hacer directamente con sus manos (como obtener comida) y con sus pies (corretear a su presa, tomar la comida de donde se encontrara, y escapar de los depredadores). A través de los siglos desarrollaron herramientas y utensilios muy simples y se construyeron cobertizos con el fin de ayudar y fomentar su supervivencia y hacer su vida un poco mas tolerable. Tal desarrollo fue el comienzo de lo que ahora llamamos Factores Humanos, esto es, el diseño de productos y facilidades que pudieran servir bien las necesidades humanas (en Europa y la mayoría de los demás paises este campo se llama Ergonomía). El desarrollo humano ha pasado un largo proceso desde los días de la vida primitiva hasta el presente con nuestro tremendo grupo de productos hechos por el hombre y comodidades que han sido posibles con la tecnología actual, incluyendo equipos físicos y comodidades que nuestros antecesores no se podían haber imaginado en sus sueños mas locos. En muchas civilizaciones de nuestros días, la mayoría de los productos que usa la gente son hechas por el hombre. Aún aquellas que desarrollan actividades muy relacionadas con la naturaleza (pesca, agricultura, campismo, observaciones de pájaros) usan muchos artefactos hechos por el hombre. Una lista abreviada de equipos hechos por el hombre pueden incluir herramientas manuales, utensilios de cocina, vehículos, autopistas, maquinaria, computadoras, casas y edificios, aparatos de TV, teléfonos, etc. El interés actual en los Factores Humanos proviene del hecho de que los desarrollos tecnológicos han presentado atención (algunas veces dramáticamente) a la necesidad de considerar a los seres humanos en tales desarrollos. Bajo las condiciones de la revolución científica y tecnológica un importante valor social y económico es adherido a la Ergonomía (Factores Humanos), por sus implicaciones para el hombre y la sociedad, la Ergonomía contribuye no solo a la creación de las condiciones óptimas de trabajo y placer, sino al desarrollo de nuevos valores culturales y condiciones económicas para el desarrollo del ser humano. La tecnología por supuesto es una mezcla en la que puede contribuir al mejoramiento o deterioro del todo en la vida. En un sentido, el propósito de los Factores Humanos es guiar las aplicaciones tecnológicas en la dirección del beneficio humano, poniéndolo de otra manera, facilitar el desarrollo de una relación simbiótica entre la tecnología y los seres humanos.

## DEFINICION DE FACTORES HUMANOS Y ERGONOMIA

Trataremos de definir los Factores Humanos en tres etapas:

\* El enfoque central de los Factores Humanos esta relacionado con la consideración del ser humano al desarrollar funciones tales como:

- a) Diseño y creación de objetos hechos por el hombre, productos, equipos y ambientes que el hombre usa;
- b) Desarrollo de procedimientos para el trabajo y otras actividades humanas;
- c) Proveer de servicios a la gente;
- d) Evaluación de los productos que usa la gente en términos de su adaptabilidad.

Los objetivos de los Factores Humanos en estas funciones se pueden señalar de dos maneras como sigue:

- a. Realzar la eficiencia y efectividad con las que el trabajo y otras actividades humanas se llevan a cabo;
- b. Mantener y realzar ciertos valores humanos deseables (salud, seguridad, satisfacción). Este segundo objetivo es esencialmente el del bienestar.

La aproximación central de los Factores Humanos es la aplicación sistemática de información relevante acerca de habilidades, características, comportamiento y motivaciones humanas en la ejecución de tales funciones. Aunque no exista una fase que pueda caracterizar el alcance del campo de Factores Humanos, expresiones tales como "diseño para el uso humano" y "optimización de las condiciones de vida y de trabajo" dan al menos una impresión parcial de lo que trata Factores Humanos. Aunque de las funciones referidas anteriormente, el campo de Factores Humanos abarca ciertas funciones relacionadas, tales como evaluación y pruebas de equipo, procedimientos, instalaciones, etc., en términos de aspectos de Factores Humanos: diseño de trabajo, desarrollo de ayudas para el trabajo; selección y entrenamiento de personal que estará involucrado en el uso de equipo, productos, instalaciones y procedimientos, etc. Además, la disciplina de los Factores Humanos frecuentemente es vista como apoyo de investigaciones relevantes para el fin del desarrollo de datos apropiados y guías que se aplicaran al desarrollar las funciones a las que se refieren.

En Mexico la ERGONOMIA esta definida como:

**“LA CIENCIA QUE AGRUPA CONOCIMIENTOS DE FISIOLOGIA, PSICOLOGIA Y CIENCIAS VECINAS, APLICADAS AL TRABAJO HUMANO CON LA PERSPECTIVA DE UNA MEJOR ADAPTACION EN EL HOMBRE DE LOS MEDIOS, METODOS Y LUGARES DE TRABAJO”**

Para la Asociación Internacional de Ergonomia, esta se define como:

**“La ciencia dedicada al entendimiento de la interacción ente las personas y otros elementos de un sistema, y la profesión que aplica la teoría, principios, datos y métodos al diseño, para optimizar el bienestar humano y la ejecución general del sistema”**

Aunque podemos encontrar otras muchas definiciones, como:

“ES LA INTERACCION DEL HOMBRE CON LA MAQUINA Y DE AQUEL CON SU AMBIENTE”

“DISEÑAR ALGO PARA LAS PERSONAS QUE LO HAN DE UTILIZAR”

“DISEÑO PARA EL USO DEL HOMBRE”

## **FACTORES HUMANOS: PASADO, PRESENTE Y FUTURO.**

### **FACTORES HUMANOS EN EL PASADO.**

Como se indico anteriormente, los Factores Humanos tuvieron su origen en el desarrollo de los humanos de hace muchos siglos en el desarrollo de herramientas sencillas, utensilios y cobertizos, etc. A través de los millones de años, hubo desde luego progreso en el diseño de los productos que usa la gente, estos progresos fueron el resultado del proceso de evolución; si una herramienta o artefacto no servía adecuadamente su propósito, las generaciones subsecuentes tendrían que mejorar su diseño. El trabajo humano fue realizado primordialmente con la mano, con el uso de herramientas de mano, hasta que la revolución industrial trajo el desarrollo de las máquinas. Christensen hizo la caracterización de la edad de las máquinas en términos de tres fases:

**FASE I: EDAD DE LAS MAQUINAS (1750-1890)** Este periodo fue testigo de la transición de lo que Christensen llamo la era de las herramientas de la generación de las máquinas. Se caracterizó particularmente por brillantes invenciones en la industria textil y las amplias aplicaciones del vapor para la generación de potencia.

**FASE II: LA REVOLUCION DEL PODER. (1870-1945)** Este periodo se caracterizó primordialmente por la expansión muy grande en el uso de potencia, como en fabricación, transporte y agricultura, incluyendo el desarrollo y uso de la energía eléctrica para tales propósitos, así como para las comunicaciones. Fue durante la última parte de este periodo que las ciencias de la conducta se establecieron. Por ejemplo, durante la Primera Guerra Mundial, hubo una consideración importante al asunto de seleccionar y entrenar personal militar, en los Estados Unidos y la Gran Bretaña, este esfuerzo fue dirigido hacia el "ajuste del hombre al trabajo". Después de la guerra, se le dio mas atención, en estos y otros países, a la selección y entrenamiento de personal. Durante las primeras décadas del siglo hubo algunos desarrollos que ahora son vistos como relacionados a los Factores Humanos, tal como análisis de métodos y estudios de tiempos por parte de ingenieros industriales, y algunos investigadores relacionados con el trabajo humano que se llevaban a cabo por el (entonces así llamado) "Industrial Research Board of Great Britain". Fue durante la Segunda Guerra mundial que el campo de los Factores Humanos se volvió un

poco mas delineado. En particular se encontró que algunos equipos militares recién desarrollados no podían ser operados por mucha gente. Al darse cuenta de esto se dispararon los esfuerzos para diseñar equipos en términos de consideraciones de "ajustar el hombre al trabajo" a "ajustar el trabajo al hombre".

FASE III. MAQUINA PARA MENTES. (1945-x) Christensen hace énfasis en que las primeras dos fases de la revolución industrial tuvieron el efecto de ayudar, relevar y extender los músculos humanos, mientras que en la tercer fase trata mas con los esfuerzos de ayudar, relevar, y extender las capacidades mentales de los humanos. Desde luego que no hay una división clara en el tiempo entre estos dos objetivos, pero en general las primeras dos fases fueron periodos en los que se dio mayor énfasis en el control humano del poder, como en procesos de manufactura y transportación. En la tercer fase desde luego, se han continuado los esfuerzos del control humano del poder, pero además se ha desarrollado un enfoque distinto en el uso de las máquinas para la realización de funciones que se pueden considerar mentales, principalmente en el uso de computadoras. Fue durante esta fase que el campo de los Factores Humanos comenzó a ser reconocido como disciplina. Realmente desde la Segunda Guerra Mundial este campo ha sufrido cambios significantes. Este periodo y brevemente después de la guerra ha sido llamado la era de los "botones, perillas y selectores" (Knobs and Dials) porque la atención que se le dio al diseño de dispositivos de control e instrumentos visuales que se pudieron usar mas rápidamente y eficazmente, muchos de los problemas militares y no militares de los Factores Humanos fueron asociados con tales dispositivos. Muchos de los problemas de perillas, botones y selectores aún existen, pero el campo se ha expandido grandemente desde entonces. Después de la guerra el campo de los Factores Humanos comenzó a rezumar en algunas áreas no militares (tales como manufactura, comunicaciones y transportes) con el principal objetivo de simplificar la operación y mantenimiento de las herramientas que la gente usa en su trabajo. En años mas recientes las discusiones del clan de Factores Humanos se han caracterizado por un par de temas. Uno de estos trata el conocimiento de optimizar la combinación de los humanos y equipos. En este sentido el tema central fue en el diseño de sistemas de los que uno debe tomar ventaja de las habilidades que son únicas de los seres humanos (tales como razonar, tomar decisiones y algunas habilidades sensoriales y perceptivas) y de esas que son únicas de las máquinas (tales como realizar funciones altamente repetitivas). En relación con este objetivo de optimizar la combinación de los humanos y equipos se debe mencionar que ha habido (y todavía lo hay) una discusión acerca de negociar entre diseñar sistemas que virtualmente cualquiera pueda usar con un mínimo de entrenamiento contra el diseño de sistemas que requerirán un entrenamiento considerable por parte de los operadores. En parte esto se vuelve un asunto económico, dado que los sistemas altamente automatizados que requerirán de muy poco entrenamiento aumentan substancialmente el costo de los sistemas en si, mientras que los sistemas que dependen mas del trabajo humano en su operación podrán requerir substancialmente mas entrenamiento por parte del operador y de ahí que aumentara los costos de personal en general y su entrenamiento. El otro tema relacionado trata con el interés en mejorar la calidad de la vida del trabajador a través de un diseño apropiado. A pesar de que la preocupación por la calidad de la vida del trabajador

desarrolladas fuera de las disciplinas de los Factores Humanos, algunas de las gentes en el área de los Factores Humanos que han compartido esta preocupación comenzaron a enfocar la atención de las disciplinas de los Factores Humanos en el sentido de la satisfacción del trabajo con vistas hacia el diseño de trabajos que, en general, proveerían mayores oportunidades de satisfacción del trabajo de parte de los trabajadores. A pesar de que hay una preocupación constante por estos dos objetivos, probablemente debe ser dicho que las pautas para lograr tales objetivos aun son temas inconclusos de las disciplinas de los Factores Humanos.

## **FACTORES HUMANOS EN EL PRESENTE.**

El campo de los Factores Humanos recibió el ímpetu inicial en los servicios militares y es probablemente la aplicación principal sistemática que este todavía dentro de los servicios militares. A través de los años, la consideración de los Factores Humanos se ha extendido en varios grados, a otras áreas de aplicación, tales como el diseño de equipo de transporte, maquinaria de producción y procesos, equipos de comunicación, equipo agrícola, sistemas de carreteras, viviendas, equipo de recreación, y equipo para los imposibilitados. Sin embargo, se debe enfatizar que las aplicaciones de la mayoría de las áreas han sido tan esporádicas y limitadas y en algunos casos extremadamente limitadas.

## **FACTORES HUMANOS EN EL FUTURO.**

Una bola de cristal muy nublada hace que alguna predicción sea muy arriesgada acerca de lo que pasara en un futuro. Sin embargo, puede ser razonable especular acerca de las direcciones que los Factores Humanos pueden tomar, aunque no podamos vaticinar con certeza las direcciones que tomara. Para comenzar, debemos decir que muchas de las cosas que la gente crea para su propio uso tienen implicaciones de Factores Humanos, y, hasta la fecha, ha habido una atención limitada o no atención a los aspectos de diseño de los Factores Humanos. Considerando toda la variedad de cosas, hasta nuestros tiempos, que el hombre ha hecho, hay un gran retraso de asuntos inconclusos, áreas en las que el campo de los Factores Humanos ha hecho solo una incursión muy modesta, y esto ofrece al menos la posibilidad de amplias aplicaciones.

Tales áreas incluyen el diseño de equipo y sistemas de transportación, edificios de todos tipos, servicios de salud que servirán a sus usuarios. Además, los Factores Humanos pueden contribuir a mejorar la seguridad en muchas facetas de la vida, por consiguiente hay mucho por hacer en los principios de los Factores Humanos para diseñar trabajos que contribuirán a incrementar la satisfacción del trabajo; tales mejoras pueden ser a través del diseño de máquinas y equipos usados en el trabajo, la modificación de procesos y procedimientos y engrandecimiento del trabajo. Además, el incremento en el uso de las computadoras en la industria probablemente requerirán de nuevos tipos de interfaces entre hombre y máquina que tendrán implicaciones importantes en relación al diseño de sistemas de computadoras. Aparte de estas posibles aplicaciones futuras (expansión), parece haber una vislumbre en el horizonte de áreas de aplicación relacionadas generalmente a la sociedad como un

todo y a los cambios que se están efectuando en la sociedad. En este sentido Chapanis sugiere que esos cambios se pueden agrupar en dos categorías. Primero con aquellos cambios que se relacionan con el propio trabajo, que son ajenos a nosotros, pero nos forzan a ajustarnos a condiciones rápidamente alterables.

En esta categoría están factores tales como la crisis energética, contaminación del ambiente, y la explosión demográfica. La segunda categoría de cambios incluye a esos que se pueden considerar cambios de nuestras costumbres, nuestros valores sociales, expectativas y maneras de vida. Este grupo incluye cosas tales como actitudes acerca de la responsabilidad relativa de productores y consumidores al diseñar para seguridad, igualdad de oportunidades para todas las personas y actitudes acerca de la calidad de vida.

## **LOS FACTORES HUMANOS DEFINIDOS:**

Las definiciones representan a veces otros tantos ejercicios engañosos en cuanto a semántica, más, para bien o para mal, son probablemente unos ejercicios necesarios. Plantearemos la definición de los Factores Humanos en tres etapas:

- El foco central de los Factores Humanos se refiere a la consideración de los seres humanos en el diseño de los objetos obra del hombre, de los medios de trabajo y de los entornos producidos por el mismo hombre que se vienen "usando" en las diferentes actividades vitales.
- Los objetivos de los Factores Humanos en el diseño de estos objetos, medios de trabajo y entornos producidos por el hombre tienen dos etapas que son:
  - a) Acrecentar la eficiencia funcional para que la gente pueda utilizarlos,
  - b) Mantener o acrecentar ciertos valores humanos deseados en el proceso (por ejemplo, salud, seguridad y satisfacción). Este segundo objetivo es esencialmente uno de los que procuran el bienestar humano.
- El planteamiento central de los Factores Humanos consiste en la aplicación sistemática de la información referente a las características humanas y al comportamiento en lo que se refiere al diseño de objetos hechos por el hombre, a los medios de trabajo y a los entornos que utiliza la gente.

En resumen, la parte más importante de los Factores Humanos puede ser considerada como el proceso de diseño para el uso humano. Aparte del énfasis en diseñar las cosas que se usan, la disciplina de los Factores Humanos también se considera que puede como abarcar ciertas funciones relacionadas (cuando se refiere al material o servicio en cuestión), tales como métodos operacionales y procedimientos; comprobación y evaluación de estos artículos en lo que se refiere a su aspecto de

Factor Humano; diseño del trabajo; creación de ayudas al trabajo y materiales de adiestramiento; y la selección y entrenamiento del personal implicado en el uso de tales artículos. Además, se considera en general que la disciplina de los Factores Humanos abarca a la investigación relevante de apoyo que proporciona algunas de las pautas para el diseño y los procesos que se relacionan con él.

## **LA IMPLICACION DEL HOMBRE CON LO QUE ESTE UTILIZA:**

Un inventario de los objetos obra del hombre, de los medios de trabajo y de los entornos que el hombre "utiliza", vendría a ser algo así como un cajón de sastre, pero, en términos generales, debería incluir las tres clases que a continuación se describen:

### **SISTEMAS CONSTITUIDOS POR HOMBRE Y MAQUINA:**

Podemos considerar un sistema constituido por hombre y máquina como una combinación de uno o más seres humanos y uno o más componentes físicos que actúan recíprocamente para efectuar, a partir de unas entradas de energía dadas, una producción deseada. A este respecto, el concepto común de "máquina" es demasiado restringido y sería mejor considerar como "máquina" todo aquello que consiste prácticamente en cualquier tipo de objeto físico, aparato, equipamiento, medio de trabajo, cosa, etc., que la gente emplee al llevar a cabo cualquier actividad dirigida a lograr algún propósito deseado o desempeñar alguna función. En una forma relativamente simple, un sistema constituido por hombre y máquina (o aquello a lo que nos referimos a veces como un "sistema") puede ser un hombre con una azada, un martillo o una maquinilla de cortar los cabellos. Ascendiendo en escala de complejidad, cabe considerar como sistemas el automóvil de la familia, una máquina de oficina, una segadora de césped y una rueda de ruleta, cada uno con su correspondiente operador. Otros sistemas más complicados incluyen aviones, máquinas embotelladoras, cintas transportadoras, centrales telefónicas y refinerías de aceite automatizadas, todo ello con su personal. Algunos sistemas son menos definidos y más "amorfos", como por ejemplo el sistema de servicio de una estación de gasolina, el funcionamiento de un parque de atracciones, de una autopista o del sistema de tráfico, y el conjunto de operaciones de rescate para localizar un avión hundido en el mar. La esencia de la implicación del hombre en un sistema es activa, pues actúa recíprocamente con el mismo sistema para cumplir la función para la que éste ha sido proyectado.

### **ENTORNO FISICO:**

Los entornos físicos "utilizados" incluyen dos categorías generales.

- 1) Está formada por el espacio físico y los medios de trabajo que la gente emplea, los cuales abarcan desde el entorno inmediato (tal como un local de trabajo, o una mesa para escribir a máquina), pasando por el intermedio (como una casa, una oficina, una fábrica, una escuela o un estadio de fútbol), hasta el general (como un vecindario, una comunidad, una ciudad o un sistema de autopista).

- 2) Está constituida por diferentes aspectos del entorno ambiental, tales como la iluminación, las condiciones atmosféricas (incluyendo la polución) y el ruido.

Conviene advertir que algunos aspectos del entorno físico en que vivimos y trabajamos son parte del entorno natural y no pueden ser sometidos a modificación (aunque uno puede protegerse contra ciertas condiciones ambientales no deseables, tales como el calor o el frío). Aunque la naturaleza dé la implicación del hombre con su entorno físico es esencialmente pasiva, el entorno tiende a imponer ciertas coacciones en su desarrollo (tales como limitar el radio de acción de los movimientos o restringir el campo de visión) o a predeterminedar ciertos aspectos por su propia manera de ser (tales como agacharse para mirar en un fichero, recorrer el laberinto de un supermercado para encontrar dónde está el pan, o tratar de divisar el borde de la carretera mientras se conduce en una noche lluviosa).

### **ARTICULOS PERSONALES Y DE PROTECCION:**

La tercera clase de cosas hechas por el hombre y utilizadas por éste, se compone de numerosos tipos de artículos personales (ropa y bolsas de mano) y de equipos y material de protección (botas y cascos de seguridad, gafas de protección, trajes de astronauta, guantes y tapones para los oídos). La implicación humana en tales artículos es típicamente pasiva, aunque su diseño también puede imponer ciertas coacciones en el comportamiento o predeterminedar la naturaleza de ciertos aspectos del mismo.

- **RESUMEN** - Aparte de estas tres categorías de equipos hechos por el hombre y adornos de la civilización, hay algunas otras cosas que desafían una categorización precisa y clara, tales como los periódicos de la mañana, y los sellos de correo. Aparte de estas complicaciones en la clasificación, nos gustaría, sin embargo, insistir en el tema básico al que nos hemos estado refiriendo, es decir, que cualquiera que sea la naturaleza de la implicación humana con los rasgos de la civilización debidos al hombre, los caracteres del diseño específico del mismo pueden influir, para bien o para mal, en la utilidad funcional o en algún valor humano relevante.

### **EL CASO A FAVOR DE LOS FACTORES HUMANOS:**

Puesto que el hombre ha sobrevivido durante miles de años sin especialistas en Factores Humanos, cabe preguntarse, por quien la actual etapa de la historia se ha llegado a considerar, conveniente tener expertos en Factores Humanos que se dediquen al tema. Si se reflexiona sobre ello hay que reconocer que los objetivos de los Factores Humanos no son nuevos; la historia del hombre ésta llena de pruebas de estos esfuerzos, con el éxito o sin él, para crear herramientas e implementos que sirvan satisfactoriamente a sus propósitos y para controlar de forma adecuada el entorno en el que vive y trabaja. Pero durante la mayor parte de la historia del hombre, el desarrollo de las herramientas y de los materiales dependía en gran parte del proceso evolutivo, de la prueba y el error. Gracias al empleo de un aparato particular -un

hacha, un remo, un arco y una flecha fue posible detectar sus deficiencias y modificarlo como correspondía para que la siguiente "generación" del útil cumpliera mejor con su propósito. La revolución industrial provocó cambios mayores en las herramientas, equipos, mecanismos y aparatos para beneficio de sus usuarios; a pesar de que el proceso evolutivo todavía seguía siendo importante sólo como base de un perfeccionamiento concebido desde el punto de vista humano, es probable que este desarrollo llevado a un ritmo cada vez más acentuado tecnológicamente lo hubiese conducido a una fabricación cada vez mayor de artefactos. El ritmo continuó en aumento en los años siguientes, especialmente desde y durante toda la segunda guerra mundial, en que surgió una epidemia de nuevos e inoperantes tipos de artículos para el uso humano. Se ha descubierto, sin embargo, a menudo mediante desgraciadas experiencias, que muchos de estos nuevos artículos no habían sido concebidos de modo apropiado para el ser humano. Por ejemplo, muchos elementos del equipo militar, tales como aviones muy veloces, el radar y dispositivos de tiro, no podían ser manipulados correctamente por sus servidores u operadores; los errores humanos eran excesivos, y muchos accidentes se debían a equivocaciones humanas, todo lo cual tenía que ser atribuido a deficiencias de diseño. Del mismo modo, se han hallado deficiencias en algunos tipos de equipos civiles. Resultado de todo ello es la conclusión de que cada vez resulta más apremiante en el momento de diseñar artefactos y equipos tener en cuenta los Factores Humanos como un factor condicionante y de una manera sistemática. Unas cuantas cuestiones que ilustran algunos de los tipos de consideración que pueden ser tenidos en cuenta durante el estudio de concepción del diseño, pueden ser: Podría dotarse un equipo seleccionador de cartería de un escudriñador visual que automáticamente activase ciertos mecanismos para hacer el reparto según ciertos códigos, o bien ¿tienen que ser unos operadores humanos los que seleccionen la correspondencia y aprieten botones de aparatos para agrupar las cartas según códigos?. ¿Una señal de aviso tiene que ser visual o auditiva?. ¿Que cantidad de mandos táctiles pueden llegarse admitir en el salpicadero de un coche que dispone de mando asistido?. ¿Existen límites para determinar el número de instrumentos visuales situados en un dial y todos los cuales tengan que facilitar una información?. ¿Cuál es el grado de iluminación que hay que suministrar para realizar una operación determinada?. En efecto, la creciente complejidad de todo lo que se usa (como resultado del proceso tecnológico) da un gran valor al hecho de tener una seguridad completa de que el artículo en cuestión cumplirá los dos objetivos primordiales: eficacia funcional y bienestar humano. La exigencia de tal seguridad requiere que se tengan en cuenta los Factores Humanos, en primer lugar durante el diseño (habitualmente lento) y en el proceso más tardío de aplicación.

## **NATURALEZA DEL SISTEMA HOMBRE-MAQUINA:**

Puesto que la implicación del ser humano con el sistema hombre-máquina representa el aspecto dominante de los Factores Humanos, se dará una visión general de tales sistemas, haciendo particular referencia al papel que en ellos desempeña el hombre. Especialmente en los sistemas muy complejos, cabe identificar sistemas dentro de sistemas que se hallan a su vez dentro de otros sistemas. A este respecto,

se sugiere que esta clase de sistemas hay que considerarlos como estratificados. Un sistema exterior consiste en un conjunto de sistemas interiores, que a su vez pueden involucrar todo otro sistema interior al mismo, etc. Podemos considerar un sistema telefónico completo como un sistema exterior que comprenda a su vez otro sistema interior y una específica centralita como un sistema interior al intercambio telefónico, etc. Los sistemas interiores suelen designarse normalmente como subsistemas o componentes (considerando como componente algo que forma parte de un sistema). Dentro de un sistema complejo cabe suponer que subyacen toda una serie de subsistemas, del mismo modo que en cualquier planta de producción existen varios procesos de producción de los cuales unos son una secuencia de los otros. Admitiendo las posibles relaciones entre sistemas o subsistemas en el desarrollo del proceso de un sistema, se puede considerar operativamente una particular entidad -mayor o menor, exterior o interior- como el sistema que hay que tratar.

### **CARACTERISTICAS DE LOS SISTEMAS:**

La mayoría de los sistemas, a cualquier nivel de detalle, tienen ciertas características o propiedades en común.

- A. Propósitos del sistema: En primer lugar, cada sistema tiene algún propósito u objetivo. Esto tendría que quedar claro y, en la mayoría de las situaciones, debería darse como un hecho establecido, incluyendo una relación definitiva de las especificaciones que se han de satisfacer. Al contemplar el diseño de un coche eléctrico para ir de casa a la oficina y para ser utilizado en la ciudad, por ejemplo, uno debería exponer en términos lo más precisos posible especificaciones tales como velocidad, radio de acción y maniobrabilidad, antes de ponerse a diseñar un vehículo que cumpliera dichas especificaciones. Algunas de éstas pueden ser de naturaleza estrictamente propia de la ingeniería (por ejemplo, el caballo de fuerza), en tanto que otras pueden tener fuertes incidencias en los Factores Humanos (verbigracia, las dimensiones físicas para los pasajeros o la relación de radio de giro de un vehículo con el de un volante).
- B. Las funciones operacionales y sus componentes: Para que un sistema cumpla sus propósitos, ciertas funciones operacionales necesitan ser realizadas. Por ejemplo, en una operación postal es necesario desempeñar funciones tales como la recogida del correo, el matasellado, la clasificación del correo y su entrega. Cada función operativa necesita a su vez ser realizada por un individuo o por un componente físico. En los procesos de sistema-diseño, es algunas veces la práctica la que especifica estas funciones operacionales y la que las expone en bloques en un diagrama esquemático, con la expectativa tentativa de que cada función pueda ser asignada al correspondiente componente físico o a un ser humano. Volveremos a insistir sobre este proceso de asignación más adelante, pero conviene tomar nota aquí, que esta supuesta correspondencia uno a uno entre bloques funcionales y componentes separados físicos (y probablemente humanos) es lo que

más se aplica a los sistemas de organigrama, en los que existe una secuencia de operaciones claramente diferenciales.

Pero, aunque todos los sistemas implican la ejecución de funciones por componentes humanos o físicos, o por ambos, en algunos sistemas las funciones son, menos "determinadas" y no pueden ser tan claramente diferenciadas la una de la otra. En estos casos, la suposición de una correspondencia "uno a uno" entre funciones y componentes del sistema no puede aplicarse en realidad, como ejemplo; el manejo de un automóvil por su conductor, indicando que no hay ningún camino rápido e inequívoco para establecer cualquier diagrama esquemático y específico (de funciones y componentes) en el que puede haber constancia de la acción recíproca que esta constantemente cambiando entre conductor, vehículo y medio ambiente. La consecuencia de estas observaciones parece ser que el punto de incidencia de la función-componente pudiese servir para un propósito útil en el desarrollo de algunos sistemas pero que, en cambio, tal vez fuese de menos valor para otros. La ejecución de cualquier función operacional, a su vez, acarrea típicamente una combinación de cuatro funciones básicas más, que son: sentido (información que se recibe), almacenaje de la información, proceso informativo y decisión, y funciones de acción. Están descritas gráficamente en la figura 1-1. Como sea que el almacenaje de la información actúa recíprocamente con todas las otras funciones, es representada por encima de las demás. Las otras dos funciones aparecen como secuencias.

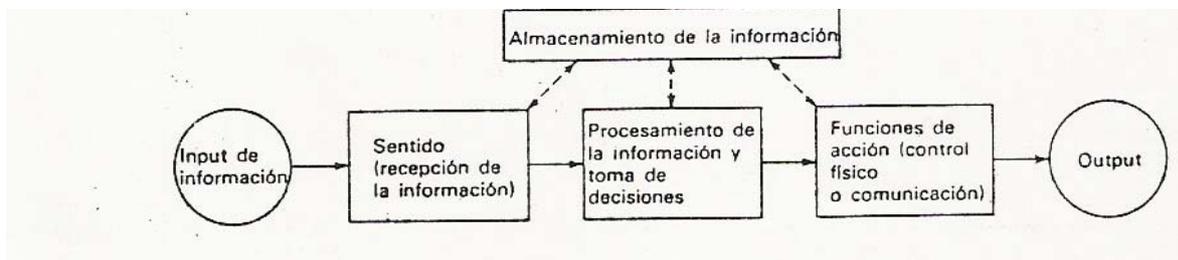


Fig. 1.1.- Tipos de funciones básicas realizadas por el hombre o los componentes de una máquina de los sistemas hombre-máquina.

- 1) Sentido (recepción de información): Una de las funciones es el sentido o información que se recibe. Parte de la información que entra en un sistema procede del exterior del mismo. Por ejemplo, los aviones que entran en el área asignada al operador de una torre de control, un pedido para la producción de un producto, el calor que acciona una alarma automática de incendio, las señales que indican la presencia de bancos de peces y las comunicaciones telegráficas. Pero también cabe que alguna información se origine desde el interior del mismo sistema. Esta información puede ser debida a la naturaleza de un feedback (como leer en el velocímetro la acción sobre el acelerador o el tacto en una palanca de mandos), o bien puede ser información que esté almacenada en el propio sistema. El sentido, si

es percibido por un ser humano, lo será a través del uso de los varios sentidos corporales como la visión, la audición y el tacto. Existen varios tipos de dispositivos sensores de máquina, electrónicos, fotográficos y mecánicos. El sentido en una máquina es en algunos casos simplemente un sustituto de la misma función sensitiva que tiene el hombre. El dispositivo automático que en una oficina de correos automatizada, identifica la localización de un sello en un sobre, está haciendo simplemente lo mismo que haría un hombre al colocar el sobre en la posición correcta para matar el sello. El sonar empleado para detectar bancos de peces, en cambio, representa "sentir" el pez de una manera que el hombre no es capaz de hacerlo.

- 2) Almacenaje de la información: Para los seres humanos, el almacenamiento de la información es sinónimo de memoria de lo aprendido. La información puede ser almacenada de muy diversas maneras en componentes físicos: tarjetas perforadas, cintas magnéticas, plantillas, discos y tablas de datos. La mayor parte de la información que queda almacenada para un uso posterior lo está en forma codificada o simbólica.
- 3) Procesamiento de la información y decisión: El proceso informativo abarca varios tipos de operaciones realizadas con la información recibida (sentida) y la información almacenada. Cuando los seres humanos están implicados en el proceso informativo, este mismo proceso, simple o complejo, da típicamente como resultado una decisión para actuar (o en algunos casos, una decisión para no actuar). Cuando son los componentes de una máquina mecanizada o automatizada los que se utilizan, su proceso informativo tiene que estar programado de cierta manera para conseguir que el componente responda de un modo predeterminado a cada posible input. Una programación así es, por supuesto, fácilmente asimilada si se emplea un ordenador. Otros tipos de programación implican el uso de varios tipos de esquemas, como son engranajes, levas, circuitos eléctricos y electrónicos, o palancas.
- 4) Funciones de acción: Lo que denominamos funciones de acción de un sistema, no son sino las acciones u operaciones que resultan de las decisiones tomadas. Estas funciones pueden dividirse aproximadamente en dos clases:
  - a. La primera de éstas es algún tipo de acción de control físico o de proceso, con la activación de ciertos mecanismos de control o el manejo, movimiento, modificación o alteración de materiales u objetos.
  - b. La otra es esencialmente una acción de comunicación, ya sea por la voz (en los seres humanos), por las señales, grabaciones u otros métodos.

Tales funciones suponen también algunas acciones físicas, pero éstas son de un carácter incidental en la función de la comunicación.

1. Entrada y Salida (Input y output): Otras características esenciales de los sistemas hombre- máquina son sus entradas y salidas (inputs y outputs). El

INPUT en un sistema, consta de los ingredientes que son necesarios para lograr el resultado deseado. El input puede constar de objetos físicos o materiales, tales como maderos en un aserradero, petróleo crudo en una refinería o carne de vaca para preparar el caldo. Puede ser información en alguna forma, por ejemplo, registros de cuentas, mensajes telegráficos o la presencia de objetos, como la de aviones dentro de un área. En los sistemas de comunicación, el principal input sería la información de cualquier clase. Además, el input puede consistir en energía: la fuerza eléctrica, el calor u otros tipos. En cualquier sistema dado, el input puede constar de cualquiera o de todos ellos. El OUTPUT es, por supuesto, el resultado o la consecuencia del sistema, como puede ser un cambio en un producto, una comunicación transmitida o un servicio prestado. Cuando el sistema en cuestión tiene varios componentes, el output de un componente sirve frecuentemente como input de otro.

2. Enlaces de comunicación: La mayoría de los sistemas suponen alguna forma de comunicación y enlaces entre equipos de telecomunicación y ordenadores para hacer esto posible. Algunos sistemas (como los sistemas telefónicos) existen con el sólo propósito de enviar comunicados. En otros sistemas el fin de la acción es el mismo comunicado (como en los ordenadores). Aunque estos sistemas tienen objetivos de comunicación dominantes, hay su modalidad más simple, consta de voz o de comunicación escritos. En la menos sencilla, puede ser la transmisión de una señal de control (mecánica o de otra forma) desde un operador a la máquina a través de la activación de un dispositivo adecuado; a su vez, la máquina puede "volver a hablar" -es un decir- mediante instrumentos visuales que provean información o por indicaciones directas, como son el sonido y la visión. Extrapolando un poco se puede llegar a considerar un componente, sea hombre o máquina, como "comunicante" de otro. Cada comunicación tiene que estar precedida por algún tipo de enlace entre equipos de telecomunicación y de ordenadores. En el diseño de sistemas, es necesario anticipar quién (o qué) es lo que va a "hablar" a quién (o a qué) y proporcionar un enlace apropiado, humano o mecánico, para hacer que esto sea posible.
3. Procedimientos: Otro atributo de la mayoría de sistemas es el conjunto de procedimientos o prácticas que se siguen durante su operación. Tales procedimientos pueden haber sido expuestos formalmente mientras el sistema se desarrollaba, o pueden haber evolucionado con el uso del sistema (y así ser, simplemente, "maneras de hacer las cosas").

Resumen: Al resumir las características de los sistemas, se tendría que hacer mención particular de la relación existente entre todo aquello a lo que nos referimos como funciones "básicas" implicadas en el sistema operacional. Tres de éstas (sentido, proceso informativo y decisión, y acción) corresponden a lo que los psicólogos denominan convencionalmente paradigma S--O--R (estímulo-organismo-respuesta); estas tres funciones son parte integrante de toda actividad humana en el sentido de que un estímulo actúa sobre un organismo (el ser humano) para provocar una

respuesta. Como Meister indica puede parecer, superficialmente, que los inputs del sistema y los outputs son de algún modo lo mismo que los estímulos y las respuestas. Sin embargo, para expresar este punto de vista precisa que los inputs y outputs estén enlazados directamente con los requisitos del sistema (es decir, por medio de los procesos del sistema), en tanto que los estímulos y las respuestas intervienen en los procesos de comportamiento del operador. Se podría argumentar que los estímulos y las respuestas no son funciones exclusivas de los operadores, ya que los componentes físicos también pueden sentir "estímulos" y (con una programación adecuada) proporcionar ciertas "respuestas". Pero, salvando este particular, conviene aceptar la distinción esencial que Meister hace, es decir, que inputs/outputs son entidades "diferentes" de estímulos/respuestas. Los inputs/outputs satisfacen los requisitos del sistema en un sentido operacional principalmente, mientras que los estímulos/respuestas ejecutan los inputs/outputs. En otras palabras, la facultad de los seres humanos y/o de los componentes físicos para sentir estímulos y para dar respuestas correctas, es necesario que se pase por los procesos de input-output de un sistema.

### **PRESUPUESTOS FUNDAMENTALES DEL SISTEMA HOMBRE MAQUINA:**

Al discutir los sistemas, Meister diferencia entre sistemas hombre máquina, MMS (Man - Machine - System) y no MMS, acentuando un par de puntos ya citados arriba, es decir, que el MMS es una entidad hecha por el hombre y que se desarrolla especialmente para satisfacer requisitos específicos (o sea, para cumplir esta clase de propósitos). Además, al caracterizar los sistemas hombre-máquina, expone los siguientes presupuestos fundamentales, la mayoría de los cuales han sido tratados o implicados en el resumen anterior:

1. La relación hombre-máquina forma un sistema (MMS) compuesto por el hombre, la máquina y el medio ambiente del sistema.
2. El MMS es una entidad artificial dirigida (requerida) a propósitos para producir outputs concretos a base de inputs también concretos.
3. El MMS y sus subsistemas funcionan en el espacio y en el tiempo, y a varios niveles de tamaño y complejidad.
4. En conjunto, los requisitos del MMS definen el subsistema input y los requisitos del output.
5. Los subsistemas del MMS actúan recíprocamente y se influyen el uno al otro.
6. El MMS es más efectivo cuando los inputs y los outputs solicitados para llevar a cabo la condición requerida por el sistema, están adecuadamente equilibrados.

7. El no poder cumplir los requisitos del MMS ocasiona un cambio en la actividad del MMS.
8. El cumplimiento de la condición solicitada al subsistema supone una comparación continua entre la condición requerida y la condición del subsistema.

### TIPOS DE SISTEMAS:

Por supuesto, la naturaleza de un sistema predetermina la implicación humana en él. Sin embargo, antes de hablar de varios tipos de sistemas mayores, clarifiquemos la distinción entre sistemas de bucle cerrado y abierto. Un sistema de bucle cerrado es permanente, realizando algún proceso que requiere control continuo (como en el manejo de un vehículo), y exige un continuo feedback para una operación adecuada. El feedback provee información sobre cualquier enmienda a hacer en el proceso de control continuo. Un sistema abierto es el que, cuando está activado, ya no necesita más control o al menos no puede ser intervenido. En este tipo de sistema la "suerte está echada" una vez el sistema ha sido puesto en funcionamiento y ya no se puede ejercer ningún tipo de control, como en el disparo de un cohete que no tenga ningún sistema de guía. Aunque en tales sistemas el feedback no puede, evidentemente, ejercer un control continuo, sí puede, llegado el caso, servir para mejorar operaciones posteriores. También conviene tomar nota de que en la mayoría de los sistemas de bucle abierto, existe casi inevitablemente algún feedback interno al alcance del operador, incluso cuando es mantenido fuera del mismo. grosso modo, los sistemas pueden ser caracterizados por el grado de control del hombre contra la máquina. En una clasificación bastante extensa de sistemas diferentes, Jones incluye cuatro tipos a los que se refiere como sistemas de máquina. Tres de ellos están en la lista de la tabla 1-1 junto con el modo de empleo y la naturaleza de sus componentes físico y sus acoplamientos.

Tabla 1-1. Algunos sistemas de máquinas clasificados según el modo de operación y la naturaleza de sus acoplamientos.

<i>Clase de sistema y modo de operación</i>	<i>Componentes</i>	<i>Ensamblajes entre componentes</i>	<i>Ejemplos</i>
1. Sistema manual, operador directo, flexible	Herramientas o ayudas manuales	Un operador humano	Cocinar más utensilios, artesano más herramientas, cantante más amplificador
2. Sistema mecánico,* operador controlado e inflexible	Partes físicas muy interdependientes formando componentes y ensamblajes indistinguibles		Aparato, automóvil, herramienta-máquina
3. Sistema automático, predeterminado, programado o adaptable	Sistemas mecánicos movidos energéticamente	Cables, pipas, conductos, palancas, etc. formando un circuito de control	Planta de procesamiento, teléfono automático, computadora digital

\* La fuente original se refiere a todo esto como subsistemas. Sin embargo, para nuestra finalidad nos referimos a ellos como sistemas.

#### A.- SISTEMAS MANUALES

Estos sistemas constan de herramientas manuales y otras ayudas que se suman al operador humano que controla la operación, utilizando su propia energía física como fuente energética. El operador (generalmente un artesano) transmite a y recibe de sus herramientas una gran cantidad de información, actúa generalmente a su propia velocidad y puede explotar en seguida su habilidad para actuar como un sistema de "alta variedad".

#### B.- SISTEMAS MECANICOS:

Estos sistemas (también llamados sistemas semiautomáticos) se componen de partes físicas bien integradas, como son los diferentes tipos de herramientas mecánicas, generalmente diseñadas para realizar sus funciones con ligeras variaciones. La energía suele ser proporcionada por la máquina y la función del operador es pues, esencialmente, la de control, en general a través del uso de aparatos o mecanismos modificadores. (Jones observa que estos sistemas, o lo que él denomina "subsistemas mecánicos", son los componentes de lo que él llama "sistemas mecanizados"; los componentes suelen estar enlazados por pistas, cables, conductos, etc., y por operadores humanos, para formar el conjunto mucho más grande de un sistema mecanizado, como podría ser una vía férrea o una cadena de montaje). Los ingredientes básicos de los sistemas mecanizados están bien representados por Taylor, como se muestra en la figura 1-2. En esta figura, el hombre recibe la información sobre el estado del sistema por medio de displays, realiza esencialmente un proceso de información y una función de decisión, y lleva a cabo estas decisiones empleando aparatos de control. Tal como dice Taylor, el operador humano está representado como un enlace de transmisión y proceso de elaboración de datos orgánico insertando entre displays mecánicos o electrónicos y los controles de una máquina. Sin embargo, en algunos sistemas mecánicos, la información sobre la situación del sistema es captada directamente, sin que intervengan representaciones.

#### C.- SISTEMAS AUTOMATICOS:

Cuando un sistema está completamente automatizado, realiza todas las funciones operacionales, incluyendo el sentido, el proceso de elaboración de la información, y la toma de decisión y de acciones. Un sistema tal necesita estar completamente programado para poder tomar medidas en caso de que se presenten contingencias que sean sentidas. La mayoría de los sistemas automáticos son del tipo de bucle cerrado. Si tal sistema fuera de completa confianza, podría ofrecer concebiblemente la posibilidad de asumir todas las funciones y dejar que los hombres estuvieran mano sobre mano o matando el tiempo en el campo de golf. Nadie tendría que quedarse para "vigilar la tienda". Aunque los sistemas automatizados totalmente fiables no parecen posibles, al menos en nuestro tiempo, es probable que ciertas funciones humanas primarias en tales sistemas sean las de orientación, programación y mantenimiento. Estas distinciones entre sistemas manuales, mecánicos y automáticos, en realidad no están claramente diferenciadas. De hecho, dentro de cualquier sistema dado, los

diferentes componentes (que pueden ser considerados como subsistemas) pueden variar en el grado de sus características manuales frente a las automáticas.

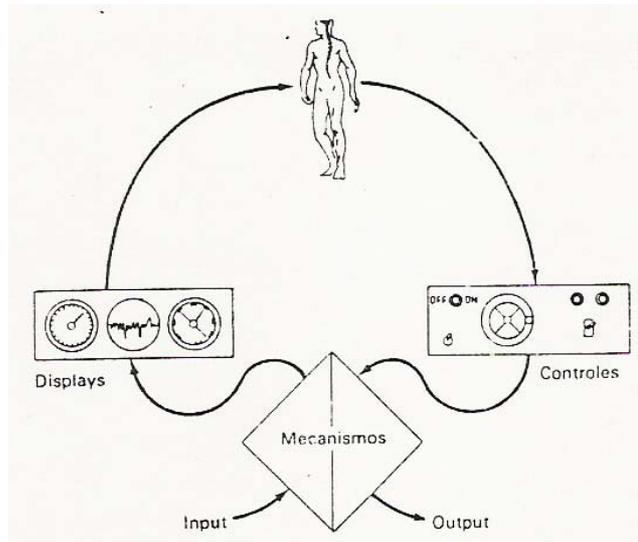


Fig 1.2. Representación esquemática de un sistema hombre máquina tal como lo describe Taylor. En esencia representa un sistema mecánico o semiautomático.

## **RESUMEN**

Los avances tecnológicos de las recientes décadas han dado como resultado (al menos en los países desarrollados) que la gente viva cada vez más en un mundo de obra del hombre y en el que muchas o la mayoría de las cosas que esta gente trata, así como las características de su medio ambiente, son "artificiales" (es decir, hechas por el hombre) más que "naturales". El tema principal al que se encamina este texto se funda en que se debería poner más atención a los aspectos de los Factores Humanos en el diseño de tales cosas y tales medio ambientes, con el fin de acrecentar la eficacia funcional de todo lo que utiliza la gente y en mantener o mejorar valores humanos deseables.

## **ADVERTENCIA SOBRE LAS DIFERENCIAS INDIVIDUALES:**

En el diseño de sistemas físicos y equipos en lo tocante a las consideraciones humanas, hay una fácil referencia al ser humano "típico" o "medio". Sin embargo, tres notas de advertencia son oportunas al querer conceptualizar el "modelo" de los seres humanos para los que el diseñador está trabajando:

1. Los seres humanos son de tamaños, formas y variedades distintas; aunque hay circunstancias en las que es conveniente diseñar para el individuo "típico" o "medios", un tanto mítico, el diseñador debe estar pensando siempre en el hecho real de las diferencias individuales.

2. Algunas cosas tienen que ser diseñadas para grupos especiales, como párvulos, niños, adolescentes, ancianos o inválidos; en tales circunstancias, es obvio que el diseñador debería considerar estos grupos como un "modelo".
3. Cuando ciertas cosas o medios tienen que ser diseñados para "el público", el diseñador debería satisfacer a casi toda la gama de seres humanos; en los lugares públicos, por ejemplo. Las diferentes características como pueden ser entradas, puertas, rampas, escaleras mecánicas y señales, deberían estar pensadas tanto para la abuela que ya chochea o el niño que sigue a rastras a su madre o padre, como para el ágil y vigoroso hombre de negocios o comprador.

## 2.- ANTROPOMETRIA.

Diariamente utilizamos algunas ayudas físicas que guardan (!o deberían guardar!) alguna relación con nuestras características y dimensiones físicas básicas, ayudas tales como son sillas, asientos, mesas, pupitres, lugares de trabajo y vestidos. Como sabemos por la experiencia universal, la comodidad, el bienestar y la realización de las personas pueden resultar influidos, para bien o para mal, por el grado de tales ayudas "que acomodan" a las personas.

### ANTROPOMETRIA:

La antropometría y los campos de la biomecánica afines a ella tratan de medir las características físicas y las funciones del cuerpo, incluidas las dimensiones lineales, peso, volumen, tipos de movimiento, etc. Aunque éste no es el mejor momento para reproducir la voluminosa cantidad de datos antropométricos que se han ido acumulando al paso de los años, como mínimo ilustraremos algunos de tales datos. En términos generales, las mediciones de las dimensiones del cuerpo son de dos clases, a saber: Las dimensiones estructurales y las dimensiones funcionales.

### DIMENSIONES ESTRUCTURALES DEL CUERPO:

Las dimensiones estructurales del cuerpo se toman con el cuerpo de los sujetos en posiciones fijas (estáticas) estandarizadas. Por ejemplo, en un reconocimiento (Heberg) se midieron 132 características diferentes de 4000 personas pertenecientes al personal de vuelo de la Air Force. Las mediciones de diferentes características del cuerpo pueden tener alguna aplicación específica, aunque sea para diseñar petos protectores para árbitros de béisbol, auriculares o gafas de pinza (quevedos). Sin embargo, las mediciones de ciertas características del cuerpo tienen probablemente una utilidad bastante general, y los datos resumidos de algunas de estas características los presentaremos con propósitos de ejemplificación. Estos datos proceden de una investigación efectuada por el United States Public Health Service (Servicio de Sanidad Pública de los Estados Unidos) sobre un conjunto representativo de 6672 hombres y mujeres adultos. En la figura 6-1 aparecen las mediciones de estas características específicas del cuerpo, y en la tabla 6-1 los datos de cada una de ellas (más el peso) expresados en los porcentajes 5, 50 y 95. Debemos recordar que estos valores cubren edades que oscilan entre los 18 y los 79 años y que la mayoría de las mediciones varían algo según la edad, sobre todo en peso y altura.

Además, los datos correspondientes a investigaciones de otras muestras pueden variar a partir de la fecha de la investigación. Y una llamada de atención: las mediciones efectuadas sobre personal que lleva trajes especiales, como vestimentas árticas o monos de trabajo, puede añadir centímetros a las exigencias de espacio personal.

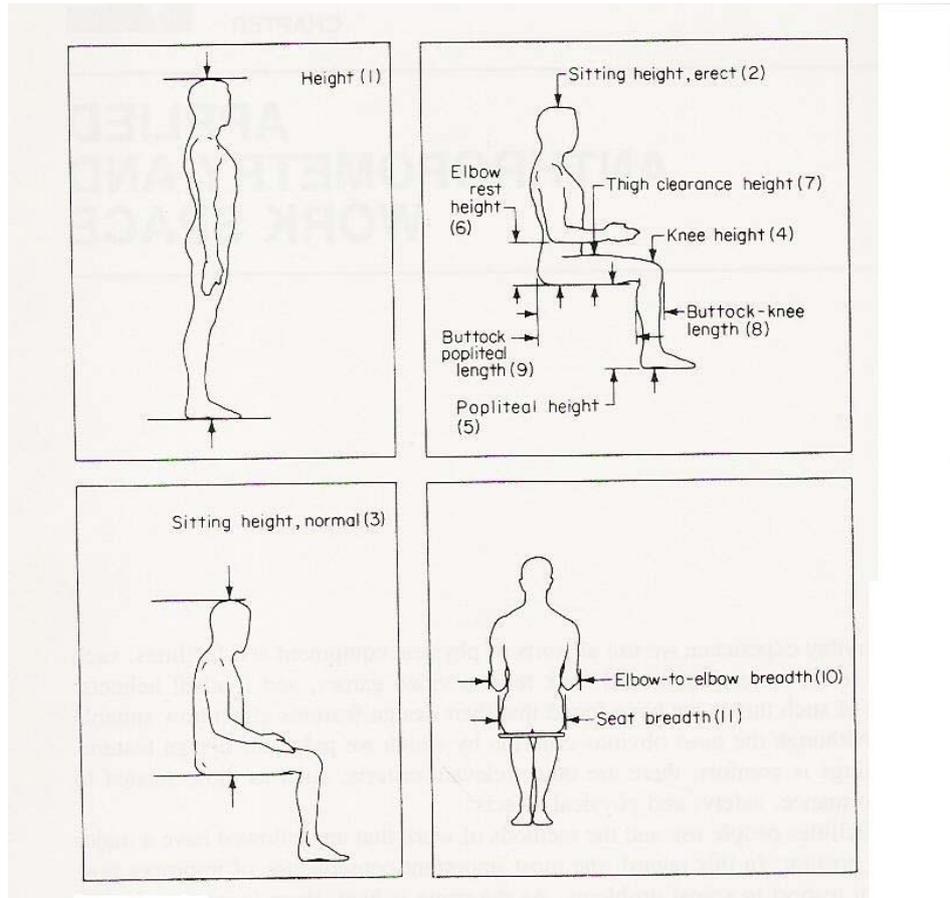


fig. 6.1.- Diagrama de las características estructurales del cuerpo medidas en el National Health Survey sobre mediciones antropométricas de 6672 adultos.

Tabla 6-1. Selección de dimensiones estructurales del cuerpo y del peso de adultos

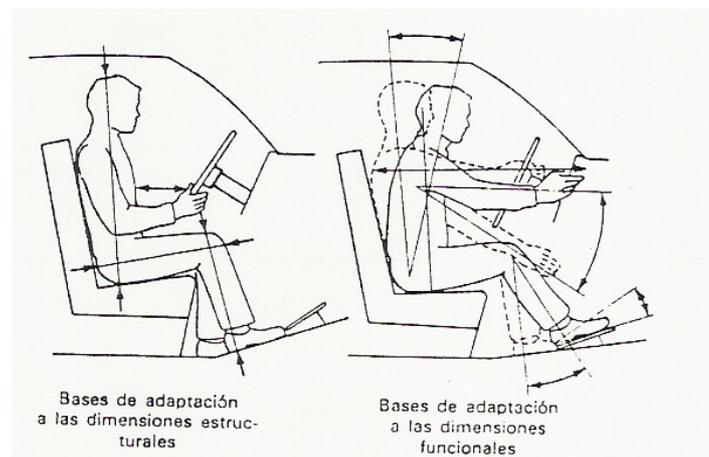
Body feature	Dimension, in						Dimension, cm*					
	Male, percentile			Female, percentile			Male, percentile			Female, percentile		
	5th	50th	95th	5th	50th	95th	5th	50th	95th	5th	50th	95th
1 Height	63.6	68.3	72.8	59.0	62.9	67.1	162	173	185	150	160	170
2 Sitting height, erect	33.2	35.7	38.0	30.9	33.4	35.7	84	91	97	79	85	91
3 Sitting height, normal	31.6	34.1	36.6	29.6	32.3	34.7	80	87	93	75	82	88
4 Knee height	19.3	21.4	23.4	17.9	19.6	21.5	49	54	59	46	50	55
5 Popliteal height	15.5	17.3	19.3	14.0	15.7	17.5	39	44	49	36	40	45
6 Elbow-rest height	7.4	9.5	11.6	7.1	9.2	11.0	19	24	30	18	23	28
7 Thigh-clearance height	4.3	5.7	6.9	4.1	5.4	6.9	11	15	18	10	14	18
8 Buttock-knee length	21.3	23.3	25.2	20.4	22.4	24.6	54	59	64	52	57	63
9 Buttock-popliteal length	17.3	19.5	21.6	17.0	18.9	21.0	44	50	55	43	48	53
10 Elbow-to-elbow breadth	13.7	16.5	19.9	12.3	15.1	19.3	35	42	51	31	38	49
11 Seat breadth	12.2	14.0	15.9	12.3	14.3	17.1	31	36	40	31	36	43
12 Weight†	120	166	217	104	137	199	58	75	98	47	62	90

†Weight give in pounds (first six columns) and kilograms (last six columns).  
 \*Centimeter values rounded to whole numbers.  
 Source: U.S. Public Health Service, 1965.

## DIMENSIONES FUNCIONALES DEL CUERPO:

Las dimensiones funcionales del cuerpo se toman a partir de las posiciones del cuerpo resultante del movimiento. Aunque las dimensiones estructurales del cuerpo resultan útiles para determinadas finalidades de diseño, las dimensiones funcionales son, probablemente, mucho más útiles para la mayoría de los problemas del diseño. En la mayor parte de las circunstancias de la vida, nadie permanece inactivo (ni tan siquiera cuando duerme).

Antes bien, en la mayoría de las situaciones laborales o de ocio, las personas están "funcionando", ya sea porque manejan el volante de un automóvil, o porque preparan una ratonera o alcanzan el salero encima de la mesa. La figura 6-2 ilustra la diferencia en cuanto a la aplicación de las dimensiones estructurales del cuerpo en comparación con las funciones para el diseño de la cabina de un vehículo.



*Fig. 6.2.- Ilustración de las diferencias de aplicación de las dimensiones estructurales del cuerpo comparadas con las funcionales.*

El postulado central sobre el uso de las dimensiones funcionales se relaciona con el hecho de que, al realizar funciones físicas, los miembros del cuerpo de un individuo no operan independientemente, sino más bien concertados. Por ejemplo, el límite práctico del alcance del brazo no es la mera consecuencia de la longitud del brazo, pues también resulta afectado, en parte, por el movimiento del hombro, la rotación parcial del tronco, la posible curvatura de la espalda y la función que debería llevar a cabo la mano. Esta y otras variables son las que hacen difícil, o como mínimo arriesgado, el intentar resolver todos los problemas de espacio y dimensión sobre la base de las dimensiones estructurales del cuerpo.

## USO DE DATOS ANTROPOMETRICOS:

Tal como indicábamos anteriormente, los datos antropométricos pueden tener un amplio espectro de aplicaciones en cuanto al diseño de implementos físicos y ayudas. Sin embargo, por lo que respecta al empleo de tales datos, el diseñador debería seleccionar los datos procedentes de las muestras de personas que sean relativamente parecidas a aquellas que, en la realidad, emplearan las ayudas en cuestión.

## PRINCIPIOS EN LA APLICACION DE DATOS ANTROPOMETRICOS:

En cuanto a la aplicación de datos antropométricos, existen ciertos principios que pueden ser relevantes, y cada uno resulta apropiado a determinados tipos de problemas de diseño.

- A) *DISEÑO PARA INDIVIDUOS EXTREMOS*. Por lo que respecta al diseño de ciertos aspectos de ayudas físicas, existe algún que otro factor "limitante" que apoya la idea de un diseño que se acomode, específicamente, a individuos que estén a uno u otro extremo de alguna característica antropométrica, en la suposición de que tal diseño también puede acomodarse, virtualmente, a toda la población. Una dimensión mínima, u otro aspecto, de una ayuda se basaría, por lo general, en un valor percentil superior de la característica antropométrica relevante de la muestra utilizada, tal como el 90, o el 99. Quizá con mayor generalidad, una dimensión mínima se emplearía para establecer divisiones, como en el caso de puertas, escotillas, pasillos. Si la ayuda física en cuestión se acomoda a los individuos anchos (es decir, el porcentaje 95), también se acomodaría a todos los individuos de menor tamaño. El peso mínimo que pueden transportar aparatos que soporten (como un trapezio, una escala de cuerda o cualquier otro tipo de soportes) sería otro ejemplo. Por otra parte, las dimensiones máximas de cualquier ayuda serían previstas sobre los percentiles más bajos (es decir, el primero, el quinto o el décimo) de la distribución de las personas en cuanto a características antropométricas importantes. La distancia existente entre los instrumentos de control y el operador sería otro ejemplo: si las personas que tienen un brazo de alcance funcional corto pueden alcanzar un control, seguro que personas de brazos más largos pueden hacerlo. A la hora de calcular tales máximos y mínimos es frecuente la práctica de utilizar los valores de los porcentajes 95 y 5, puesto que una acomodación del cien por ciento podría incurrir en costos extras en proporción a los beneficios adicionales que deberían obtenerse. Para citar un ejemplo absurdo, nosotros no construimos puertas de dos metros y medio para los escasos individuos que sobrepasen los dos metros, o sillas, de comedor para huéspedes que pesen más de 100 kilos. Sin embargo, hay circunstancias en las que cabe realizar diseños que se acomoden a todo el mundo sin gastos apreciables.
- B) *DISEÑOS ADAPTABLES PARA PROMEDIOS*. Determinadas características de implementos o ayudas deberían ser perfectamente adaptables, a fin de que pudieran acomodarse a las personas de diversos tamaños. Los ajustes adelante-atras de los asientos de un automóvil y los ajustes verticales de las sillas de las mecanógrafas son ejemplos al respecto. Al diseñar objetos capaces de adaptación como los

mencionados, es práctica bastante común tener en cuenta los casos que oscilan entre el porcentaje 5 y 95. El ejemplo que damos en la figura 6-3 ilustra las exigencias de adaptabilidad de un asiento (es decir, el tipo de adaptabilidad que debería preverse para un asiento) para acomodarlo a diferentes segmentos de la población según la altura de sentarse. La figura ilustra aquel punto en que el total de ajustes necesarios para acomodar los casos extremos (como los que están por debajo del porcentaje 5 o por encima de 95) estaría en desproporción con el número adicional de individuos que podrían acomodarse en el asiento. En este aspecto, como en otros, las consideraciones sobre las pérdidas pueden ocupar un lugar destacado. La práctica militar de rechazar a las personas que son muy bajas o muy altas viene obligada, en parte, por el hecho de que la exigencia de artículos más pequeños o más grandes de vestimenta, calzado, etc., impondría una carga administrativa adicional para suministrar tales artículos; resulta mejor, por tanto, rechazar la posible utilidad de tales hombres en beneficio de una cierta simplicidad en la administración.

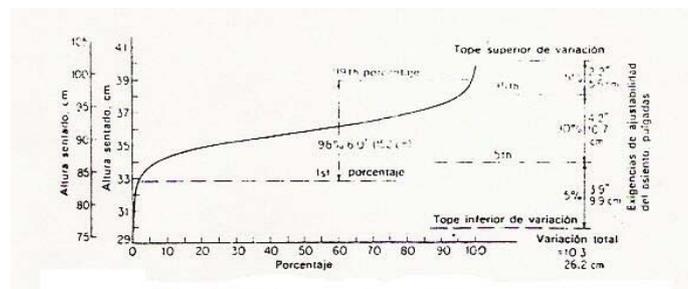


Fig. 6.3.- Ilustración de las relaciones entre porcentajes de casos y mediciones antropométricas.

- C) **DISEÑO PARA MEDIA.** Frecuentemente hemos oído hablar del hombre "medio", del hombre "típico", pero esto es, en un determinado sentido, un concepto ilusorio y quimérico. En los dominios de la antropometría humana hay muy pocas personas, si es que las hay, a las que realmente podríamos calificar como "medios", en todos y cada uno de sus aspectos. En relación con esto, Hertzberg indica que, en una revisión de personal de la Air Force (unas 4000 personas), no hubo ninguna que perteneciese al (aproximadamente) 30% central (medio) de todas las 10 series de mediciones. Puesto que el concepto de hombre medio es algo parecido a un mito, hay algo de racional en la proposición general de que los implementos físicos no deben ser diseñados para este individuo mítico. Sin embargo, al reconocer esto, con todo quisiéramos defender aquí el empleo de los valores "medios" para diseñar ciertos tipos de implementos o de ayudas, sobre todo aquellos para los que, por razones obvias, no resulta apropiado diseñar fijándose en los valores extremos (mínimo o máximo) o bien no es factible prepararlos para unos promedios adaptables. Por ejemplo, la máquina registradora de un supermercado, diseñada y construida para una cajera media, probablemente será, en general, menos incomoda que la que se hubiera podido diseñar pensando en un enanito de circo o en Goliat. No es posible afirmar que esto sería lo mejor, pero sí que, colectivamente, causaría menos inconvenientes y dificultades que aquellas cajas registradoras que fuesen más altas a más bajas.

## **DIMENSIONES DEL ESPACIO DE TRABAJO:**

El espacio de trabajo humano puede abarcar muchas situaciones físicas diferentes, incluida la del fontanero que trabaja debajo de una cañería obstruida, la del astronauta en su cápsula, la del montador en puesto frente a la cadena de montaje, la del que pinta el asta de una bandera, y la del sacerdote en púlpito. Puesto que aquí no podemos resolver los problemas del espacio de los fontaneros o de los pintores de astas de bandera, vamos a tratar de algunas de las situaciones más convencionales de trabajo.

### **ESPACIO DE TRABAJO PARA PERSONAL SENTADO:**

Existen millones de personas que desempeñan sus actividades laborales mientras permanecen sentadas en un lugar fijo. El espacio en el que se desenvuelve una de tales personas se denomina "envoltura del espacio de trabajo". Naturalmente, esta envoltura debería diseñarse sobre una base de situación, teniendo en cuenta las actividades determinadas que han de realizar y los tipos de personas que deben utilizar el espacio. Mostraremos los resultados de un par de estudios antropométricos a fin de ilustrar los tipos de datos que serían de cierta importancia en cuanto al diseño de envolturas específicas de espacios de trabajo.

- A) *DISTANCIA DE ALCANCE*. El primero de estos estudios trata de la medición en cuanto a distancia de alcance de un conjunto de 20 hombres pertenecientes al personal de Air Force (Kennedy). Naturalmente, la "distancia de alcance" impondría unas restricciones externas sobre el espacio en el que el personal sentado podría llevar a cabo, de forma conveniente, determinadas funciones manuales. Los sujetos que participaron en este estudio fueron presentados en un bastidor vertical construido con varillas de medición, todos apuntaron hacia el cuerpo de la juntura del hombro derecho y cada uno tenía un botón de mando en su extremo; el sujeto asía la varilla entre el pulgar y el índice y la movía hacia afuera, hasta que el brazo quedo completamente extendido sin apartar en lo absoluto el hombro del respaldo del asiento. Esto se hizo con varillas a una separación de 15 grados alrededor de una línea imaginaria de referencia vertical, que empezaba en el punto donde hacían contacto sujeto y asiento. A medida que cada sujeto situaba en posición cada vara, se registraba la distancia a partir de la línea de referencia. La figura 6-4 a ilustra la distribución general, y b representa las curvas resultantes de los porcentajes 5 y 95 de los sujetos para cada una de las "divisiones" horizontales de espacio tridimensional.

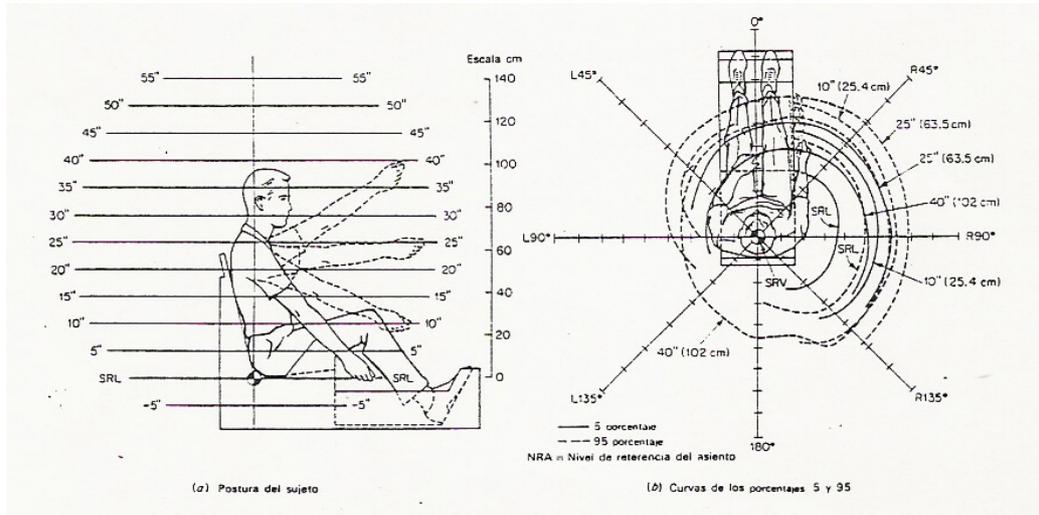


Fig. 6.4.- La parte (a) ilustra la distribución física utilizada en un estudio antropométrico del espacio tridimensional que rodea sujetos sentados.

En la tabla 6-2 aparecen los valores del quinto percentil por lo que respecta a determinadas posiciones angulares de esta y otras divisiones horizontales. Naturalmente, datos como estos no pueden ser aplicados a diferentes tipos de personas, a otras disposiciones de asientos o a tareas manuales completamente diferentes.

Tabla 6-2 Porcentaje 5 de alcance de agarre, en pulgadas, a una selección de planos horizontales por encima del nivel de referencia del asiento (NRA)

	ANGULO	NRA	10	20	25	30	40	45
I	135							7.75
I	90						12.15	7.25
I	45			19.50	20.00	19.00	14.00	8.50
I	30			21.50	22.50	21.50	15.50	9.50
	0			25.50	26.25	25.50	19.00	12.75
D	30	17.50	27.00	30.00	30.25	29.00	22.75	17.50
D	45	19.50	28.25	31.00	31.00	30.25	24.75	19.00
D	90	19.50	29.25	32.25	32.25	31.25	26.25	21.00
D	135	16.50	26.25					20.00
D	180							12.75

B) EFECTOS DEL TRABAJO MANUAL SOBRE LA ENVOLTURA DEL ESPACIO DE TRABAJO. Los efectos confusos sobre la envoltura del espacio de trabajo a cargo del trabajo manual que ha de llevarse a cabo, se ilustra mediante los resultados de algunas investigaciones antropométricas efectuadas por Dempster. Algunas de sus

investigaciones comprendían el análisis de fotografías de los perfiles de la mano a medida que ésta se movía sobre una serie de planos frontales espaciados a intervalos de 15 cm. Se utilizaron 8 tipos diferentes de agarre manual, en los que la mano al asir un instrumento manejable, estaba en una de 8 orientaciones fijas (sopina, prona, invertida y según ángulos específicos), pero la mano podía desplazarse libremente sobre el plano en cuestión. Se resumieron los datos medios obtenidos de 22 hombres, a fin de caracterizar las diferentes áreas funcionales del espacio tridimensional de los individuos, y se desarrollaron cinetosferas para cada tipo de agarre mostrando gráficamente los perfiles medios de los trazos, a medida que se les fotografiaba desde cada uno de los tres ángulos: desde arriba (transverso), desde el frente (corona) y desde el lado (sagita). Aunque no ilustramos aquí las cinetosferas obtenidas para los diferentes tipos de agarre, bástenos con decir que eran sustancialmente diferentes, si bien se combinaban para formar estratosferas como las que aparecen en la figura 6-5. Las zonas sombreadas definen la región común a los diferentes movimientos de la mano hechos para los diferentes tipos de agarre.

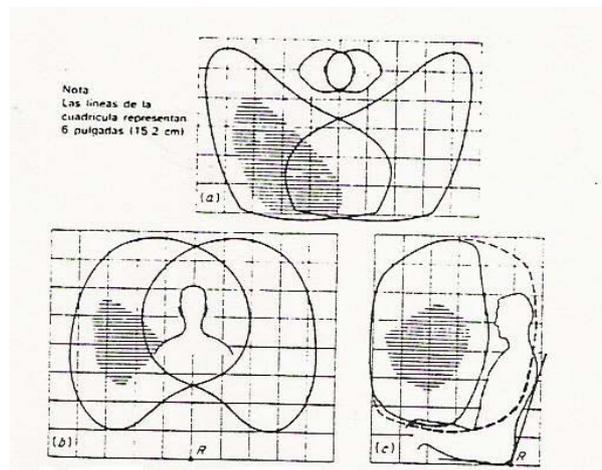


Fig. 6.5.- Estrofosfera resultante de la superposición de cinetósferas de la oscilación de los movimientos de la mano, junto con un numero de posiciones de agarre en un espacio tridimensional.

## EXIGENCIAS MINIMAS EN ESPACIOS RESTRINGIDOS.

Algunas veces, las personas se encuentran trabajando o moviéndose en o a través de espacios restringidos o embarazosos (como podría ser el de un astronauta al pasar por una escotilla) Para determinados tipos de espacios restringidos, se han conseguido datos de antropometría dinámica que nos proporcionan unos valores mínimos, y algunos de ellos aparecen ilustrados en la figura 6-6. Nótese que las dimensiones facilitadas incluyen aquellas que son aplicables a individuos con vestimentas pesadas. En la mayoría de los casos, tales vestimentas añaden de 10 a 15 cm, y en el caso de una escotilla vertical deberían añadirse 25 cm a las exigencias de espacio.

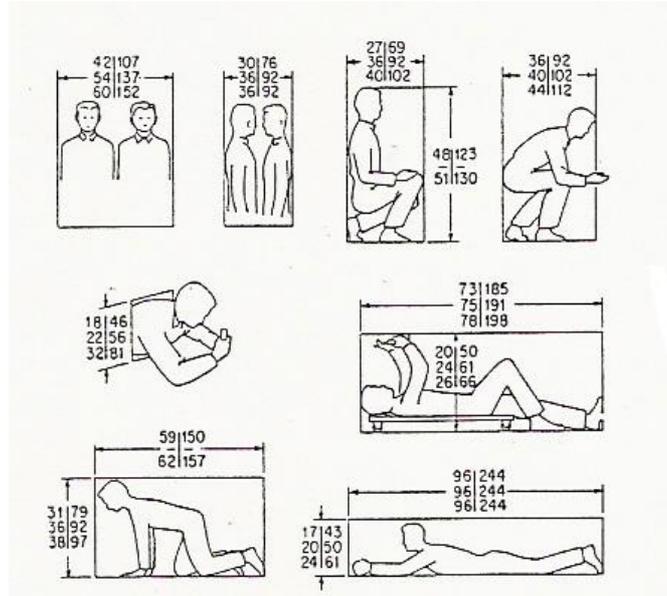


Fig. 6.6.- Dimensiones de algunos espacios de trabajo que pueden resultar imprescindibles para individuos que trabajen en ellos o que tengan que circular por ellos.

## SUPERFICIES DE TRABAJO.

Dentro de la envoltura tridimensional de un espacio de trabajo, las consideraciones más específicas del diseño del área de trabajo se refieren a las superficies horizontales (dimensiones, perfiles, altura, etc.), verticales e inclinadas (dimensiones, posiciones, ángulos, etc.). Estas características de la situación en el trabajo deberían determinarse, preferentemente, sobre la base de las consideraciones antropométricas de las personas que habrán de utilizar las ayudas en cuestión.

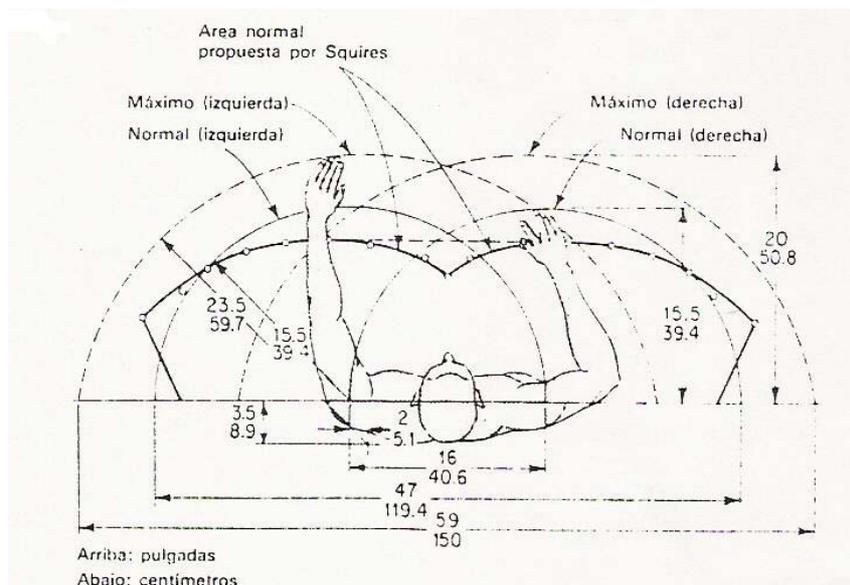
### SUPERFICIE HORIZONTAL DE TRABAJO.

Muchos de los tipos de actividades manuales se efectúan sobre superficies horizontales, tales como bancos de trabajo, pupitres, mesas y mostradores de cocina. Por lo que respecta a tales superficies de trabajo, Barnes propuso las áreas normal y máxima basándose en mediciones sobre 30 sujetos. Estas dos áreas aparecen en la figura 10-8 y se han descrito de la manera siguiente:

1. **AREA NORMAL:** Es el área que puede alcanzarse con una extensión del antebrazo, manteniendo la parte superior del brazo en su posición natural lateral.
2. **AREA MAXIMA:** Es el área que puede alcanzarse al extender el brazo a partir del hombro.

Sin embargo, investigaciones afines realizadas por Squires han servido como base para proponer un perfil de algo diferente de la superficie de trabajo que tiene en cuenta

la interrelación dinámica del movimiento del antebrazo, en cuanto al codo también se mueve. El área que queda así circunscrita se superpone al área propuesta por Barnes en la figura 6-7. El hecho de que el área normal de trabajo propuesta por Barnes goce de una amplia aceptación indica, probablemente, que resulta bastante adecuada, aunque cabe que el área algo más baja propuesta tienda a corresponder bastante mejor con las realidades dinámicas antropométricas.



*Fig. 6.7.- Dimensiones de áreas de trabajo normal y máxima en un plano horizontal, propuesta por Barnes, junto con un área de trabajo normal que, propuesta por Squires, aparece en sobreimpresión a fin de mostrar diferencias.*

## ALTURA DE LA SUPERFICIE DE TRABAJO: SENTADO.

El amplio espectro de tareas realizadas por personal sentado ante mesas, pupitres y bancos de trabajo, además de la enorme variedad de diferencias individuales, excluyen accidentalmente el que se establezca una altura única y universal, apropiada a tales superficies. Sin embargo, teniendo en cuenta la estructura del cuerpo y biomecánica, uno puede manifestarse a favor de una regla que convendría aplicar: la de que la superficie de trabajo (o, en realidad, la situación de los instrumentos u objetos que deben utilizarse continuamente) debería estar a un nivel tal que los brazos pudieran colgar de una forma relativamente natural, con una posición relajada del hombro y manteniendo con el codo, tal como dicen Floyd y Roberts, una relación "satisfactoria" con la superficie de trabajo. Por lo general, esto significa que el antebrazo debería mantenerse, aproximadamente, horizontal o ligeramente inclinado hacia abajo cuando se realizan las tareas manuales más simples. Cuando la superficie de trabajo exige que la parte superior del brazo esté algo más alta que la altura del codo en su posición relajada, los costos metabólicos del trabajo tienden a aumentar (Tichauer).

Tal principio nos llevaría a suponer que, por lo general, las superficies de trabajo deberían ser algo más bajas que lo que refleja la práctica cotidiana. Por lo que respecta a la altura de los pupitres, Bex, basándose en unas investigaciones efectuadas en Europa, afirma que las alturas más corrientes se han reducido de hecho de unos 76cm en 1958 y unos 72 cm en 1970. Pero basándose en datos antropométricos propios y de otros investigadores, defiende una nueva reducción de altura de los pupitres de alturas ajustables entre los 58 y 76 cm.

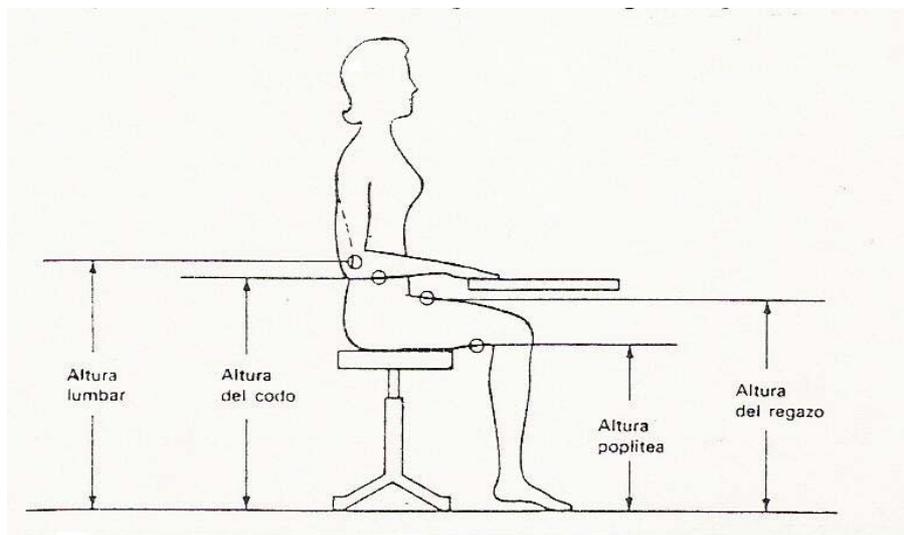
En caso de alturas ajustables de superficie de trabajo se apoya sobre la base de tres factores, como sigue: las diferencias individuales en cuanto a dimensiones físicas (sobre todo la altura del codo cuando se esta sentado), las diferencias individuales en cuanto a preferencias, y las diferencias en cuanto a trabajos que han de llevarse a cabo. A este respecto, por ejemplo, Ward y Kirk efectuaron una estadística de las preferencias de las amas de casa británicas respecto a las alturas de superficie de trabajo cuando realizaban tres diferentes tipos de tareas. Los porcentajes de preferencia de superficies de trabajo a determinados niveles (con relación al codo) cuando se realizaban tales tareas, se reseñan a continuación.

<b>TIPO DE TAREA</b>	<b>Mas bajo</b>	<b>Igual</b>	<b>Mas alto</b>
A.- Trabajar por encima de la superficie (pelar verduras, cortar pan)	54	14	32
B.- Trabajar en la misma superficie (untar con mantequilla, picar ingredientes)	16	11	73
C.- Ejercer presion (planchar, amasar pasta, etc.)	41	9	50

La media preferida de alturas de la superficie de trabajo era: A, 60.2 cm; B, 64.3 cm; y C, 14.7 cm, pero es evidente que había diferencias individuales en cuanto a preferencias respecto al nivel relativo para cada tipo de tarea, probablemente debido a la naturaleza del ejercicio muscular implicado en tal tipo de tarea. Las implicaciones de la naturaleza de la tarea respecto a la altura de la superficie de trabajo fueron acentuadas posteriormente por Ayoub, quien ofrece las siguientes pautas de tres tipos de tareas, basándose en dimensiones antropométricas medias:

Tipo de tarea	Hombres cm	Mujeres cm
a. Trabajo de exactitud ( por ejemplo, un montaje exacto )	99-105	89-95
b. Trabajo de presición ( por ejemplo, un montaje mecánico )	89-94	82-87
c. Escribir	74-78	70-75
d. Curso de trabajo medio	69-72	66-70

No obstante, la superficie de trabajo que resultaría más apropiada en general está muy relacionada, en cuanto a altura, con la altura del asiento (tema que discutiremos posteriormente) espesor de la superficie y grosor del muslo según aparece en la figura 6-8. Las combinaciones de variables hacen prácticamente imposible el diseñar una superficie de trabajo fija y disposición del asiento que fueran perfectamente amoldables a todas las personas de todos los tamaños. Por lo tanto, siempre que sea posible, deberían preverse algunas características ajustables, tales como la altura del asiento, la posición del pie (mediante el uso de algo para descansar el pie), o la altura de la superficie de trabajo. A este respecto, la Western Electric Company ha hecho interesante innovación, que aparece en la figura 10-10 y en la que se ajusta la altura de la superficie de trabajo mediante un control activado electrónicamente. También es posible adaptar el asiento en cuanto a altura y respaldo aparece en la superficie alberga el chasis del equipo eléctrico que ha de ser rebobinado por el operador y que puede girar hasta llegar a la posición deseada.



*Fig. 6.8.- Ilustración de las relaciones de determinadas dimensiones del cuerpo y de superficies de trabajo y altura del asiento.*

## **ALTURA DE LA SUPERFICIE DE TRABAJO: ESTAR EN PIE**

Algunas de las evidencias experimentales relacionadas con la altura de la superficie de trabajo para personas que trabajan de pie, proceden de un estudio efectuado por Ellis. Utilizando una prueba de manipulación que consistía en hacer girar discos de madera, vario la altura de la superficie de trabajo en relación con la distancia desde el suelo a la punta de los dedos (expresada en cm) como sigue: 66; 80; 93; 107; 120; 134. La diferencia de 107 cm entre el suelo y la punta de los dedos fue el óptimo para la velocidad de la ejecución, resultando casi satisfactoria la diferencia de 93 cm. Estas dos medidas representaban unas distancias por debajo de la altura del codo 7.0 y 20.8 cm respectivamente, y conducían a la conclusión (ya extraída de otras investigaciones y de la experiencia misma) de que, para una tarea que debe realizarse

de pie, la superficie de trabajo normalmente debe estar un poco por debajo de la altura del codo. Barnes propone de 5 a 10 cm por debajo del codo para montajes con luz artificial o tareas de manipulación semejantes. Por lo que respecta a la altura por encima del suelo, representarían unos valores medios de -para hombres- unos 107 o 104 cm a 81 cm, y para mujeres, de unos 97 cm a 84 cm. Este promedio obtenido por las mujeres corresponde relativamente bien con las preferencias de altura de trabajo expresada por la muestra de mujeres británicas mencionadas anteriormente (Ward y Kirk). Las alturas medias preferidas para superficies de trabajo y para los tres mismos tipos de tarea mencionados anteriormente se citan a continuación:

<i>Tipo de tarea</i>	<i>Altura preferida para la superficie de trabajo (de pie)</i>
A	87.9 cm
B	90.9 cm
C	87.6 cm

Todos estos valores están unos cuantos centímetros por debajo de la altura media del codo de estas mujeres, que es de unos 100 cm. En un estudio posterior, Ward utilizó cuatro métodos para fijar las alturas de superficie de trabajo para mujeres que estuviesen realizando diversas tareas en la cocina. Las alturas eran de 76, 84, 91 y 99 cm. Los métodos utilizados fueron la electromiografía, la antropometría, la determinación del "centro de peso" y las preferencias expresas. Sobre la base de los datos procedentes de las mujeres repartidas en tres grupos de tamaño (pequeñas, medias y grandes), propuso las siguientes alturas para seis tareas diferentes:

	En el fregadero		En la mesa de trabajo		En los fogones	
	colada	pelar papas	planchar	cortar papas	freír	hervir
Centímetros	90-105	90-105	85-100	90-100	85-100	85-100

Estos promedios - y sus correspondientes oscilaciones para llevar a cabo otras tareas en otras circunstancias- son, por supuesto, una función de las diferencias del individuo, las cuales siempre están presentes. Una posterior indicación del hecho de que la naturaleza de la actividad influye sobre la altura deseable de la superficie de trabajo queda reflejado en las normas propuestas por Ayoub para los tres tipos de tareas siguientes (basadas sobre dimensiones medidas):

<i>Tipos de tareas</i>	<i>Hombres</i> cm	<i>Mujeres</i> cm
a) <i>Trabajo de precisión</i> <i>codos apoyados</i>	109-119	103-113
b) <i>Trabajo de montaje</i> <i>ligero</i>	99-109	87- 98
c) <i>Trabajo pesado</i>	85-101	78- 94

Aunque muchas alturas de superficies de trabajo no se prestan a reajustes de altura, siempre hay sistemas y maneras de prestar ayuda a las personas, como la selección o construcción de ayudas para individuos (como mostradores, banquetas de trabajo, etc.), colocar tacos bajo las patas de los bancos y de las mesas, fabricar patas ajustables mecánicamente, o tener a mano plataformas bajas (de unos pocos centímetros de altura) para las personas que tengan que trabajar de pie.

## LA CIENCIA DE SENTARSE

Ya sea en el trabajo, en casa, en el hipódromo, en los autobuses o en cualquier otro lugar, los sujetos pertenecientes a la raza humana pasan la mayor parte de su vida sentados. Tal como sabemos por experiencia, las sillas y asientos en cuanto a su influencia sobre los rendimientos de las personas que las utilizan cuando efectúan algunos tipos de actividades laborales.

### PRINCIPIOS DEL DISEÑO DE ASIENTOS:

Por supuesto que la comodidad relativa y la utilidad funcional de sillas y asientos son la consecuencia de su diseño físico en relación con la estructura física y biomecánica del cuerpo humano. Los usos de sillas y asientos (desde los butacones para ver la TV a las gradas de los estadios) evidentemente requieren diseños diferentes, y el conjunto de diferencias individuales complica el problema del diseño. Dado que, a veces, los compromisos son necesarios en el diseño de este tipo de ayudas, no obstante hay determinadas líneas generales que pueden ayudar a elegir los diseños que resulten convenientemente óptimos para los propósitos que se tengan en mente. Algunas de tales líneas maestras pertenecen a Floyd y Roberts y a Kroemer y Robinette, e incluyen la mayoría de las que hemos explicado anteriormente.

- A) *.- DISTRIBUCION DE PESO.-* Diversos estudios sobre los asientos han llevado a la conclusión de que las personas están, por lo general, más cómodas cuando el peso del cuerpo es sostenido fundamentalmente por las tuberosidades isquiales. Estas tuberosidades son las estructuras óseas de las nalgas y sus características anatómicas, parecen estar preparadas para desempeñar responsabilidades de sostenimiento de peso. La figura 6-9 muestra lo que se considera como una deseable distribución del peso de una persona que esté conduciendo un vehículo. Cada una de las líneas representa un perfil de igual presión, que va desde la presión de las tuberosidades isquiales de 90 gramos/cm a los perfiles más extensos de 10 gramos/cm.

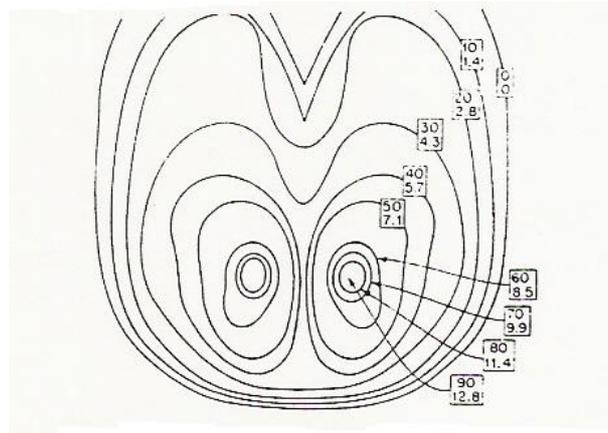


Fig. 6.9.- Representación de lo que se considera una distribución deseable del peso sobre las nalgas, mostrando contornos de igual presión desde las tuberosidades isquiales hasta la periferia.

- B) **.- ALTURA DEL ASIENTO.-** A fin de evitar una presión excesiva sobre el muslo (en la parte delantera del asiento), la parte delantera del asiento no debería ser superior a la distancia desde el suelo al muslo cuando se está sentado (es decir, la altura poplíteo). Esta dimensión debería ser la generalmente elegida para acomodarse a todos los individuos que superasen el porcentaje. Con referencia a la tabla 10-1 diremos que el quinto percentil para hombres y mujeres es de 39 y 36 cm respectivamente. Sin embargo, las alturas de asientos fijos de tales valores pueden complicar los mecanismos de tomar asiento a los miembros más altos de la raza humana mediante una reacción en cadena que empieza en el ángulo de la rodilla y puede originar que el individuo en cuestión se siente con su área lumbar de la espalda en posición convexa antes que cóncava. Teniendo en cuenta el hecho de que los tacones añaden más de un par de cm a los valores del porcentaje (más en el caso de las mujeres), se ha convertido en una práctica bastante corriente utilizar asientos de una altura de unos 43 cm. Esto encaja bastante bien con la recomendación hecha por Grandjean de 43 cm para sillas de finalidades múltiples que tengan el asiento inclinado. Siempre que sea factible, naturalmente, deberían prepararse asientos de alturas ajustables (quizá de 38 a 48 cm) a fin de que se pudiesen acomodar personas de diversas alturas.
- C) **.- PROFUNDIDAD Y ANCHURA DEL ASIENTO.-** La anchura y profundidad de los asientos dependen en parte del tipo de asiento (una silla de uso múltiple, una silla de mecanógrafa, un butacón, etc.). Sin embargo, en términos generales, la profundidad debería ser la más indicada para personas pequeñas (para dejar una separación entre pierna y pantorrilla y reducir la presión de los muslos) y la anchura la más indicada para personas gruesas. Sobre la base de los rangos de comodidad para sillas de diseños diferentes, Grandjean recomiendan que las sillas de uso múltiple no excedan de los 43 cm de profundidad y que la anchura de la superficie del asiento no sea inferior a los 40 cm, aunque tal anchura (quizás algo superior, por ejemplo 43 cm) sería la solución del problema de los asientos individuales; si las personas están alineadas en filas, o los asientos están uno junto al otro, codo con codo, han de tenerse en cuenta los valores

de la anchura, puesto que incluso los valores del porcentaje 95, de 45 a 50 cm, producen un moderado efecto de sardinas en lata (y para los hinchas de un equipo de fútbol este efecto se amplificara más). En cualquier caso, éstos son los valores mínimos aproximados para sillas provistas de brazos (y para los buenos amigos que están cansados uno debería tener butacones incluso más anchos).

- D) .- *ESTABILIZACION DEL TRONCO*.- La estabilización del tronco viene facilitada en gran parte por los diseños que procuran que, en primer lugar, el peso quede sustentado por el área que circunda las tuberosidades isquiales. A este respecto, el ángulo del asiento y el ángulo de la espalda desempeñan importantes papeles, junto con la curvatura del respaldo del asiento. Sin embargo, tales aspectos se entremezclan con la función del asiento. Por ejemplo, en el caso de un asiento de oficina, como el dibujado en la figura 10-12, el ángulo de asiento recomendado es de unos 3 grados y el ángulo del respaldo (el ángulo entre el respaldo y el asiento) es de 100 grados. Sin embargo, para descansar y leer, Grandjean y sus colaboradores observaron que la mayoría de las personas preferían ángulos mayores (tal como se dijo en una posterior discusión sobre sillas de descanso y lectura). La estabilidad del tronco también puede verse favorecida por el uso de brazos e incluso por el hecho de dejar descansar los brazos sobre pupitres o sobre áreas de superficies de trabajo, pero esto también debería hacerse a niveles que permitieran que los brazos colgasen libremente y que los codos se mantuviesen en una posición natural.
- E) .- *CAMBIOS DE POSTURA*.- Aunque se han comprobado asientos mediante los cambios de postura que las personas suelen hacer en ellos (como podría ser el rebullir de la inquietud), esto no significa que el objeto del diseño de un asiento deba ser el de reducir la movilidad a cero. Por lo general, una silla o un asiento deben permitir una movilidad moderada y cambios de postura.

### **DISEÑOS DE ASIENTOS PARA DIVERSAS FINALIDADES:**

Puesto que los aspectos específicos de los asientos han de determinarse por lo que respecta a su uso particular, ilustraremos este punto con unos cuantos ejemplos selectos.

1. *ASIENTOS DE OFICINA*.- Sobre la base de una sustanciosa cantidad de datos relativa a la comodidad pedida por las personas que utilizan asientos de oficina, Burandt y Grandjean han propuesto las características de diseño que aparecen en la figura 6-10. La figura también nos muestra las relaciones existentes entre las dimensiones del asiento y la altura de la superficie de trabajo.

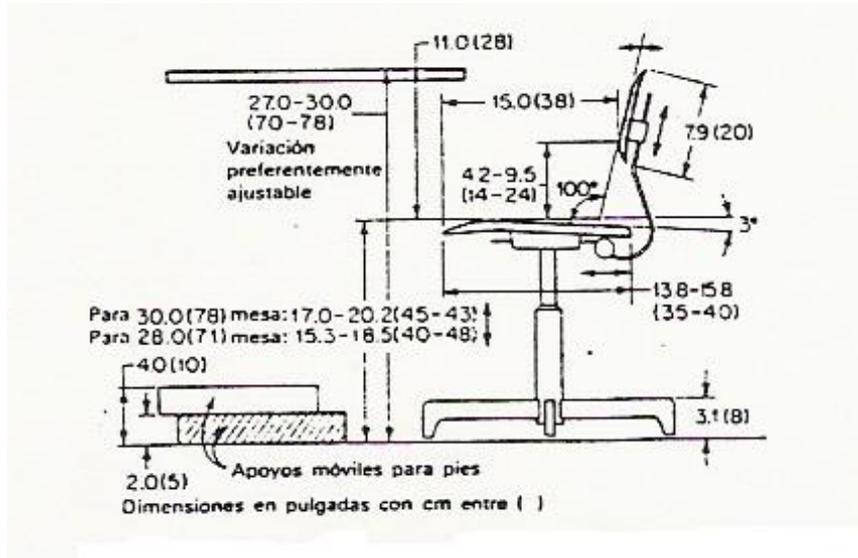


Fig. 6.10.- Dimensiones recomendadas (en pulgadas) para características ajustables de sillas de oficina.

2. **SILLAS DE USO MULTIPLE.**- En el estudio hecho por Grandjean mencionado anteriormente, se preguntó a 50 hombres y mujeres sobre el sentido de comodidad de 11 partes del cuerpo cuando probaron 12 diseños diferentes de sillas de uso múltiple. Además, todos compararon cada silla con todas las demás y promediaron la más cómoda mediante el método de comparar por pares. Los perfiles de las dos sillas preferidas aparecen en la base del análisis de los resultados de todos los datos. Las recomendaciones incluyen una capa de espuma de 2 a 4 cm que recubre todo el asiento.
  
3. **SILLAS PARA DESCANSO Y LECTURA.**- Las características deseables para sillas de descanso y lectura son, naturalmente, diferentes de las sillas que desempeñan funciones más activas. Grandjean efectuó un estudio en el que empleó una "máquina de sentarse" para conseguir juicios de los sujetos acerca de la comodidad de diversos diseños de asientos. La "máquina de sentarse" constaba de aspectos tales que permitían ajustarla virtualmente a cualquier perfil. Sin resumir todos los resultados, constataron que los siguientes ángulos y dimensiones eran más preferidos que otros por lo que respecta a las finalidades de descanso y lectura:

	<i>Leer</i>	<i>Descansar</i>
<i>Inclinación del respaldo</i> <i>grados.</i>	101-104	105-108
<i>Inclinación del asiento</i> <i>grados</i>	23- 24	25-26
<i>Altura del asiento</i> <i>cm.</i>	39- 40	37- 38

Los perfiles de ambas sillas aparecen en la figura 6-11. Nótese los distintos ángulos de respaldos y asientos que procuran un total soporte a la espalda, y un soporte particular para las secciones más bajas (lumbares) de la columna vertebral.

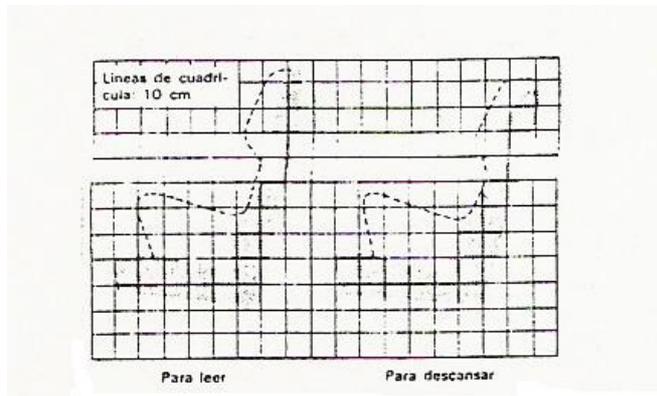


Fig. 6.11.- Perfiles de asientos propuestos para leer y descansar.

4. **ASIENTOS DE CONDUCTOR DE AUTOMOVIL.**- El deseo de un soporte adecuado para la espalda -sea cual sea la actividad en cuestión- se ilustra de una forma más amplia en el caso de los asientos para conductores de automóviles, tal como ilustran las viñetas de la figura 10-15. Con un soporte insatisfactorio (viñeta b de la figura), los ángulos entre las vértebras (que aparecen en el recuadro encima del volante) pueden producir incomodidad y probablemente también complicaciones en la columna vertebral. Los ángulos de diversas juntas del cuerpo que aparecen en c son los propuestos por Rebiffé porque proporcionan la postura básica de conducción que se considera como la deseable por lo que respecta a las consideraciones antropométricas.

### RESUMEN:

Debemos reconocer que las tablas de datos antropométricos no sirven como una lectura apasionante para la cama (aunque pueden ayudar a los que padecen de insomnio). Pero cuando nos detenemos a considerar la aplicación de tales datos al diseño de ayudas físicas y de objetos que utilizamos, podemos darnos cuenta de que tales datos, intrínsecamente tan poco interesantes, desempeñan un papel vivo, activo, en ese mundo real y dinámico en el que trabajamos y vivimos. En cuanto a la aplicación de datos antropométricos a problemas de diseños específicos, puede que no haya una serie precisa de procedimientos a seguir, debido a las variaciones de las circunstancias en cuestión y a los tipos de individuos para quienes hay que diseñar las ayudas. Sin embargo, como una aproximación general ofrecemos las siguientes sugerencias (basadas en parte en las de Hertzberg).

1. Determinar las dimensiones del cuerpo que son de importancia para el diseño (v.g., la altura de sentarse como factor básico en las dimensiones asiento-techo por lo que respecta a automóviles).

2. Definir el tipo de población que utilizará el implemento o las ayudas. Esto ayuda a establecer un promedio dimensional que ha de tenerse en cuenta (por ejemplo, niños, amas de casa, ciudadanos, grupos de edad diferente, todo el mundo, diferentes razas, etc.).
3. Determinar qué "principio" deberá aplicarse (por ejemplo, diseñar para individuos extremos, promedios adaptables o para la "media").
4. Cuando sea relevante, elegir el porcentaje de población que pueda acomodarse (por ejemplo, el 90%, 95%) o cualquier cosa que sea de importancia para el problema.
5. Buscar las tablas antropométricas adecuadas a la población y extraer los valores más relevantes.
6. Si hay que llevar trajes especiales, añadir las concesiones adecuadas (algunas de las cuales son localizables en la literatura antropométrica).

### 3.- BIOMECANICA.

#### BIOMECANICA DEL TRABAJO

Aquellos de nosotros que nos preocupamos del diseño o evaluación de lugares de trabajos seguros, eficientes y productivos debemos entender como mejorar la interacción de los trabajadores con sus herramientas, maquinas y materiales para aumentar el desempeño de los trabajadores mientras se reduce el riesgo de trastornos musculoesqueleticos (lesiones).

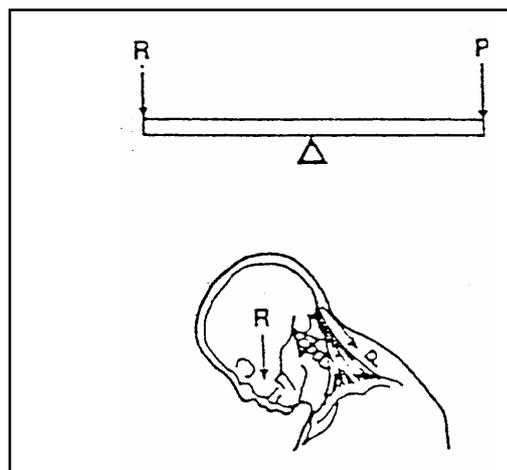
#### DEFINICIONES

La biomecánica usa las leyes de la física y conceptos de ingeniería para describir el movimiento hecho por los diferentes segmentos del cuerpo y las fuerzas actuando en esas partes del cuerpo durante las actividades diarias. (FRANKEL & NORDIN, 1980)

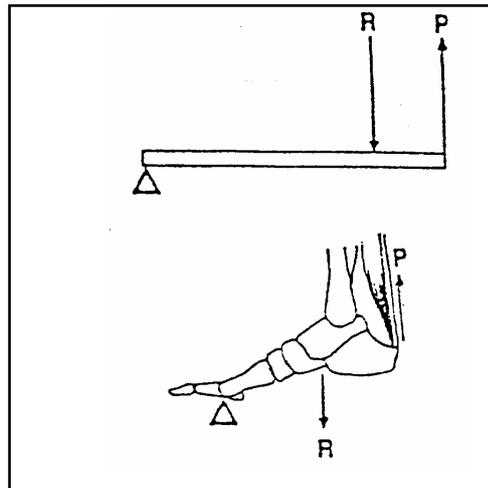
Biomecánica del Trabajo.- La ciencia que investiga y describe el movimiento de los segmentos del cuerpo (dedos, manos, brazos, espalda) y las fuerzas que actúan en esos segmentos debido al trabajo que se esta desempeñando.

#### SISTEMAS DE PALANCA

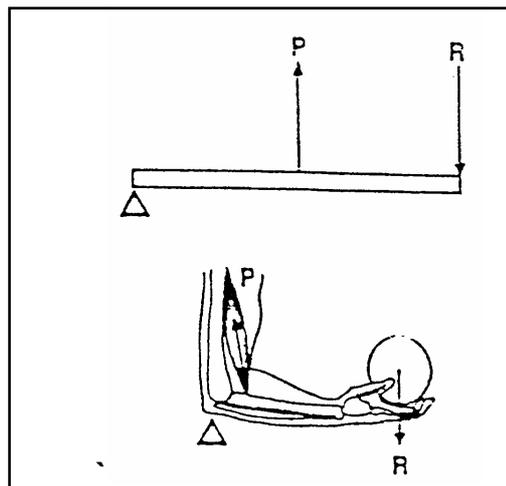
Los musculos y huesos que componente el sistema musculoesqueletico funcionan como un sistema de palancas para lograr tareas tales como detener una herramienta ensamblar y levantar.



Sistema de palanca de 1era. clase



Sistema de palanca de 2da clase



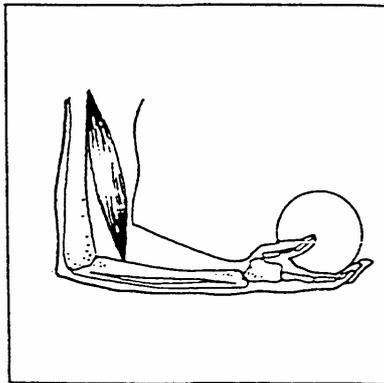
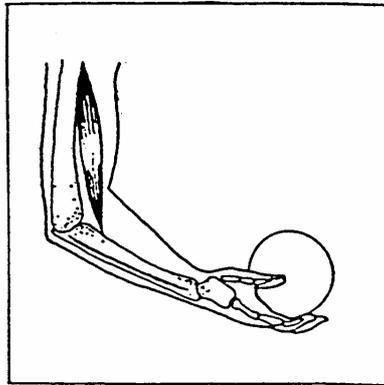
Sistema de palanca de 3ra clase

## MOMENTO DE TORSION

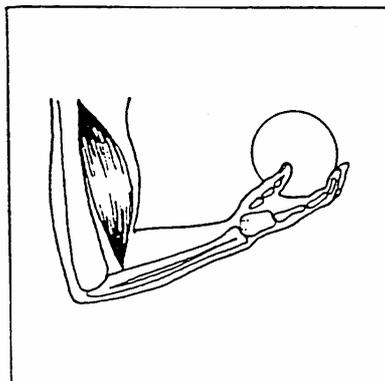
El momento de torsión es la rotación causada por la aplicación de una fuerza perpendicular a cierta distancia del eje.

Para contrarrestar esta rotación, los músculos reaccionan y crean fuerzas para oponerse a esta rotación. Los momentos de torsión generados por el cuerpo humano son los que causan que los músculos se contraigan y permitan al ser humano hacer trabajo mecánico.

- Fuerza inadecuada del músculo para contrarrestar la rotación/movimiento creado por la carga - se cae el objeto.



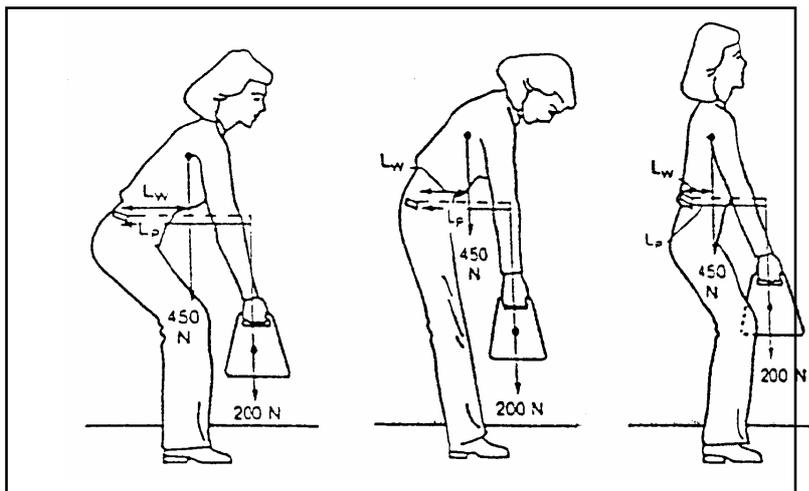
- Esfuerzo del músculo igual al movimiento contrarrestante creado por la cara en la mano - el objeto se sostiene estable.



- Esfuerzo del músculo mayor que el movimiento contrarrestante creado por la carga en la mano - el objeto se recoge/levanta.

## RELACION AL TRABAJO/LUGAR DE TRABAJO

El propósito de biomecánica en el diseño del trabajo es el de reducir la fuerza reactiva que los músculos deben ejercer para contrarrestar el movimiento controlando el peso de la carga y distancia.



(a) Total Inclinarse hacia adelante. Momento = 212 Nm

(b) Total Inclinarse hacia adelante. Momento = 192 Nm

(c) Total Inclinarse hacia adelante. Momento = 151 Nm

## Análisis Biomecánica de Tres Técnicas para Levantar

(Fuente: Lindh, 1980)

Tres técnicas para levantar se muestran el total de momentos en la espina lumbar de inclinarse hacia adelante, con variaciones en la palanca de los brazos para la carga ( $L_p$ ) y la masa del tronco ( $L_w$ ) como se indican.

**(El acercar el objeto al centro de gravedad del cuerpo reduce el momento de inclinarse hacia adelante y tiene como resultado menos presión en los músculos de la espalda y hombros).** "a" es análogo a levantar material plano bajo; "b" es parecido a levantar sobre una obstrucción vertical; "c" expone la postura que se recomienda para levantar, pero se supone que la carga cabe entre las piernas durante el levantamiento, que por lo general no es posible.

Mientras que el capacitarse en la técnicas para levantar puede ser de beneficio, seguido el enfoque mas efectivo es el de promover las posturas para levantar que se recomiendan por medio del diseño del lugar de trabajo y trabajo.

## **FISIOLOGIA DEL TRABAJO**

La razón principal para tomar encuentra la fisiología es el entender los principios que permiten a las personas llevar acabo sus tareas sin fatigas innecesarias para que puedan mantener el desempeño durante todo un día de trabajo y también para poder disfrutar de su tiempo de descanso.

## **DEFINICION**

**Fisiología.-** La ciencia que estudia las funciones del cuerpo humano incluyendo metabolismo, ritmo cardiaco y presión sanguínea.

La aplicación practica de los principios de fisiología del trabajo involucra el estudio de las funciones del humano que esta sujeto a muchas presiones de trabajo muscular. Puesto que se requiere cierto grado de actividad muscular en todo tipo de trabajo, es por esta razón que la fisiología del trabajo es importante.

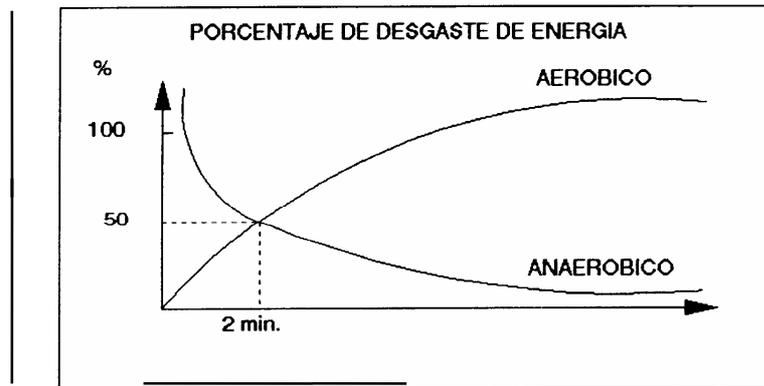
## **ENERGIA**

Las fuentes de energía del cuerpo son:

- Grasas
- Carbohidratos
- Proteínas

Hay dos tipos básicos de desgaste de energía:

- Aeróbico - con oxígeno
- Anaeróbico - sin oxígeno



## FATIGA

Fatiga es una definición que por lo general implica pérdida de eficiencia y falta de deseo de cualquier tipo de esfuerzo.

Los factores a continuación pueden inducir fatiga e influenciar el desempeño del trabajo en un ambiente industrial.

- La insuficiencia de suministro de sangre al músculo.
- El flujo inapropiado de sangre a través del músculo.
- La falta de mantenimiento de sangre a músculos activos.

## ESFUERZO MUSCULAR

Hay dos tipos de esfuerzo muscular: dinámico (esfuerzo rítmico); y esfuerzo estático (postura).

- El esfuerzo dinámico se caracteriza por una alteración rítmica de contracción y extensión, tensión y relajamiento (levantar/bajar).
- En contraste, el esfuerzo estático se caracteriza por un estado prolongado de contracción de los músculos.

Si la gente mantiene la misma postura por largos periodos de tiempo, causan una carga estática en los músculos, como detener un objeto.

## **Esfuerzo Dinámico**

El esfuerzo dinámico, como cuando se levanta un objeto, el músculo actúa como un bomba local en el sistema circulatorio. La compresión saca la sangre del músculo y el relajamiento subsecuente descarga un flujo de sangre fresca hacia el músculo unas cuantas veces mas que lo normal. Es mas, el músculo puede recibir entre 10 y 20 veces tanta sangre como cuando esta descansando.

- Por lo tanto, un músculo que esta desempeñando trabajo dinámico esta recibiendo constantemente sangre y regresa la energía rica en azúcar y el balance de oxígeno que esta contiene, mientras que la mismo tiempo se eliminan productos residuales.

## **Esfuerzo Estático**

Por el contrario, durante el esfuerzo estático el músculo no se puede extender, pero permanece en estado de alta tensión, con un esfuerzo de fuerza por un largo periodo de tiempo.

Durante el esfuerzo estático, los vasos sanguíneos se comprimen por medio de presión interna del tejido del músculo, para que la sangre ya no fluya por el músculo.

## **Acumulación de Producto Residual.**

Un músculo que esta haciendo trabajo estático pesado casi no esta recibiendo azúcar u oxígeno de la sangre y debe depender de sus propias reservas - y esta es la desventaja mas grave - los productos residuales no se están excretando. Por el contrario los productos residuales se están acumulando y producen un dolor agudo de fatiga muscular.

## **Alimentación del Músculo**

La deficiencia de oxígeno, inevitable durante el esfuerzo estático, inevitablemente baja el nivel efectivo de trabajo del músculo (fatiga general). El estirarse de vez en cuando y esfuerzo muscular dinámico alivia este estado.

- Las sustancias que son tan importantes para la producción de energía - glucosa y oxígeno - se almacena únicamente en los músculos en pequeñas cantidades. Por lo tanto, ambas deben de ser continuamente transportadas por la sangre y los músculos.

## RELACION AL DISEÑO/TRABAJO/LUGAR DE TRABAJO

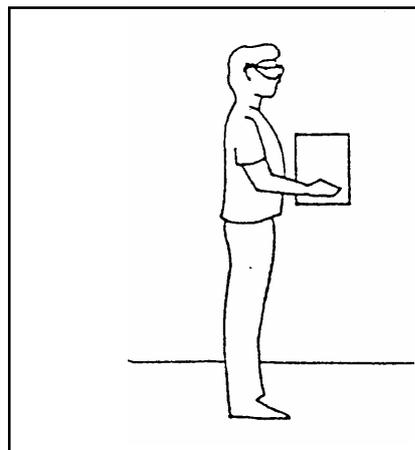
El enfoque fisiológico se aplica al levantamiento repetitivo (mas de 3 levantadas por minuto) donde se cree que el peso de la carga esta dentro de la fuerza física del trabajador. Se debe usar en combinación con el enfoque biomecánico.

- Durante este tipo de tarea, el aguante de la persona se limita principalmente por la capacidad del sistema de transporte de oxígeno. - Cuando los músculos se activan, su metabolismo que va en aumento exige un aumento en la entrega de oxígeno y nutrientes hacia los tejidos si la actividad va continuar.

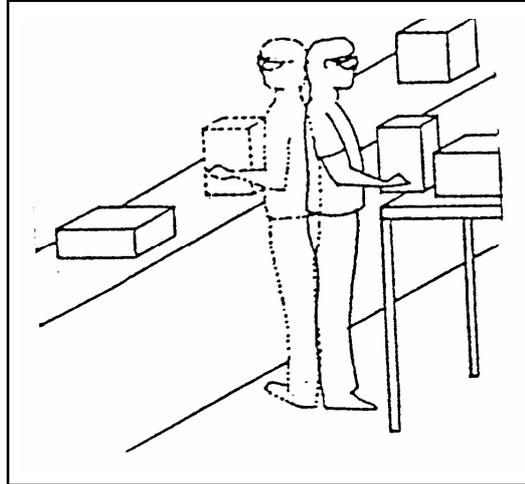
## RELACION AL DISEÑO

El tipo apropiado de condición física (con énfasis en intensidad, duración y frecuencia) tendrá como resultados:

- Un aumento en la entrega de oxígeno
- Un aumento en la capacidad individual por ejemplo
  - ⇒ Tarea isométrica (sostener)
  - ⇒ Tarea dinámica (levantar)



Isométrica: tarea de sostener



Dinámica: tarea de levantar

**NOTA:** Aunque la condición de una persona puede ayudarle hasta cierto punto a mejorar su desempeño, es la responsabilidad del ingeniero diseñar lugares de trabajo, herramienta, equipo y trabajos para reducir la presión en el humano.

## ANATOMIA

Los aspectos específicos de la anatomía del cuerpo humano que se relacionan a ergonomía son los musculoesqueleticos y el sistema nervioso. Emplee las definiciones a continuación para entender las diferentes partes de la anatomía humana.

### SISTEMA MUSCULOESQUELETICO

- **Huesos.-** Proporcionan el marco al que se adhieren los músculos, ligamentos y tendones.
- **Músculos.-** Ejercen fuerza para crear movimientos y para sostener el cuerpo en diferentes posturas.
- **Ligamentos.-** Conecta a dos huesos uno con otro.
- **Tendones.-** Pegan los músculos al hueso.

## SISTEMA NERVIOSO

- **Cerebro.-** Control central del sistema nervioso que regula movimientos y monitorea sensaciones.
- **Espina dorsal.-** Transmite senales de y hacia al cerebro.
- **Nervios Motores.-** Van hacia afuera de la espina dorsal y terminan en los músculos.
- **Nervios Sensorios.-** Van de los órganos del sentido hacia la espina dorsal y el cerebro.

Idealmente, un procedimiento de control debe ser flexible para evaluar las demandas de las situaciones de trabajo variantes.

Uno de estos procedimientos para tareas de levantamiento a dos manos ha sido desarrollo por el Instituto Nacional de Seguridad Y Salud Ocupacional (NIOSH por sus siglas en Ingles) "Guia de Practicas de Trabajo para Levantamientos Manuales" NIOSH, 1991. Las cargas de pesos ha sido establecida basadas en tareas características por el tamaño del objeto, distancia movida y frecuencia. Los limites de carga identifican trabajos de levantamiento peligrosos y dan recomendaciones para aliviar los elementos asociados.

Las recomendaciones se limitan a:

1. Levante simétrico (a dos manos) en frente del cuerpo (plano sagital)
2. Levante suave (no hay efectos de aceleración repentina)
3. Tamaño de los objetos moderado (la separación de las manos debe ser menor de 75 cms.)
4. Posturas de levantamiento irrestrictas (no movimiento del torso)
5. Buena fricción (agarraderas seguras y pisos no resbaladizos)
6. Condiciones de temperatura favorables

## GASTO METABÓLICO DE ENERGÍA

### Indice

#### Introducción

Conceptos Básicos de Metabolismo

Métodos Usados para Evaluar la Demanda Metabólica de una Tarea

Desarrollo del Método Predictivo AAMA

Cálculos del Modelo

Interpretación de los Resultados de los Cálculos

Recomendaciones para el Rediseño de la Tarea

### *Introducción*

Los trabajos de manejo manual de materiales requieren actividades físicas tales como levantar una caja, empujar/jalar un carro, o cargar un objeto. En un proceso llamado metabolismo, el cuerpo convierte la comida y utiliza el oxígeno para dar a los músculos la energía química necesaria para producir movimiento.

Cuando la actividad física se incrementa, la demanda muscular de esa energía química también se incrementa y el cuerpo responde incrementando el ritmo cardíaco y respiratorio.

Cuando no se alcanzan los requerimientos musculares (el gasto metabólico de energía excede la capacidad corporal de producir energía: esta capacidad es llamada Máximo Poder Aeróbico), se produce la fatiga física y se puede desarrollar un accidente cardiovascular. La fatiga física compromete la precisión, productividad y seguridad del trabajador.

Este modelo estima los requerimientos de energía para ejecutar una tarea (calculando el metabolismo total). Este valor es comparado con el Máximo Poder Aeróbico del trabajador (Capacidad de Trabajo Físico) para revelar el grado de fatiga física que producirá un trabajo de manejo manual de materiales.

### *Conceptos Básicos de Metabolismo*

Los siguientes principios y definiciones facilitaran el entendimiento del modelo metabólico.

1. El Máximo Poder Aeróbico es el mayor Gasto Metabólico de Energía que una persona puede mantener. Cuando se aplica al

trabajo, el Máximo Poder Aeróbico es llamado frecuentemente Capacidad de Trabajo Físico (CTF) y es expresada en kcal/min.

2. CTF es afectada por:

- ⇒ edad: después de los 20 años de edad, la CTF disminuye
- ⇒ ritmo cardiaco máximo: al disminuir el ritmo cardiaco, disminuye la CTF (el ritmo cardiaco máximo disminuye con la edad)
- ⇒ salud: al mejorar la salud, se incrementa la CTF
- ⇒ sexo: la CTF para un hombre normal y saludable de 35 años de edad es de 16 kcal/min. Para una mujer normal y saludable de 35 años de edad es de 12 kcal/min.
- ⇒ duración del trabajo: La CTF se puede reducir hasta en un 40% cuando se compara una tarea ejecutada por dos horas con la misma tarea ejecutada por ocho horas.

El Máximo Poder Aeróbico para ocho horas de trabajo continuo es el 33% de la CTF. Entonces, la capacidad límite es:

- ⇒ aproximadamente 5.2 kcal/min para un hombre normal y saludable de 35 años de edad.
- ⇒ Aproximadamente 4.0 kcal para una mujer normal y saludable de 35 años de edad.

Hay una variabilidad considerable de la CTF entre trabajadores. Algunos ergonomistas estiman que el 80% de los hombres tienen una CTF menor a 5.2 kcal/min. Las decisiones de diseño se tienen que hacer considerando que para un trabajo con una duración dada, hay diferentes valores de gasto metabólico de energía para la población de trabajadores

El metabolismo total de un trabajo es el metabolismo requerido para ejecutar las actividades de un trabajo en particular. El metabolismo total es también llamado la demanda de metabolismo del trabajo y requerimientos de energía del trabajo.

### *Métodos Usados para Evaluar la Demanda Metabólica de una Tarea*

Hay diferentes métodos para determinar la demanda metabólica de un trabajo.

#### **Medición directa del consumo de oxígeno.**

Este método mide directamente la cantidad de oxígeno consumido mientras el trabajador ejecuta un trabajo. Este volumen es convertido a unidades de energía por un factor de escalamiento.

Es el método más preciso y confiable. Sin embargo, requiere conocimientos y equipo técnico especiales. También, este método

necesita ser aplicado a un grupo de diferentes trabajadores ejecutando el mismo trabajo a fin de desarrollar información grupal del gasto metabólico de energía.

### **Método de tablas**

Este método usa tablas estándar para aproximar la demanda metabólica. Hay diferentes formas en que este método es usado.

Una forma involucra comparar el trabajo que se está evaluando a una lista de trabajos industriales estándar que tienen su correspondiente gasto metabólico de energía para una persona de sexo/edad específicos ejecutando este trabajo. Con algunas modificaciones, el gasto metabólico del trabajo que se está evaluando se asume que es similar al de la tabla.

Este método es rápido y fácil. Sin embargo, no es muy preciso debido a la relevancia y calidad de los datos de las tablas.

### **Predicción de variables fisiológicas.**

Dentro de esta categoría varios métodos son utilizados.

Uno de ellos determina la relación de consumo de oxígeno y el ritmo cardiaco de un estudio de laboratorio. El ritmo cardiaco es monitoreado mientras una persona ejecuta su trabajo. Un estimado del metabolismo promedio es figurado del promedio del ritmo cardiaco que se está midiendo.

La medición de la variable fisiológica requiere equipo especial y un buen entendimiento de la fisiología humana para una aplicación precisa.

### **Método Predictivo**

Este método usa un procedimiento de análisis del trabajo. Se ha determinado previamente el gasto metabólico de energía para trabajos específicos. Una vez que se ha analizado un trabajo, el gasto metabólico de energía de cada acción de las tareas es agregado para determinar el gasto metabólico de energía del trabajo.

Los modelos predictivos son rápidos, no interfieren con el trabajador y dan información de los trabajos que se están desarrollando. La debilidad en estos modelos involucra el nivel de detalle requerido para el análisis de las tareas. Cada acción de cada tarea que afecta el metabolismo debe ser reconocida e incluida en el gasto metabólico de energía total.

### *Desarrollo del Método Predictivo AAMA*

Thomas Bernard. Determino directamente el consumo de oxígeno de 88 trabajos diferentes en cuatro plantas automotrices, además registro la descripción correspondiente.

Los datos fueron analizados buscando la correlación del gasto metabólico de energía con tareas específicas. Algunas tareas (variables críticas) fueron consideradas más importantes: de pie/sentado, movimiento de brazos, peso del objeto manipulado, frecuencia del ciclo de trabajo, caminar y fuerza.

Se uso un análisis de regresión para revelar la relación entre las variables críticas y la medición del metabolismo. Una correlación altamente significativa fue encontrada con las acciones de movimiento de brazos, caminar y levantar.

Se desarrollo una formula de predicción del gasto metabólico de energía:

$$\text{Metabolismo total del trabajo (kcal/h)} = 117 + (\text{brazos} * 25) + (\text{caminar} * 2.1) + (\text{levantar} * 4.4)$$

Una análisis más reciente determino que la formula se puede mejorar al agregar el impacto de empujar/jalar. Se desarrollo una formula de predicción para empujar/jalar.

$$\text{Metabolismo de empujar/jalar (kcal/h)} = [5.2 + (2.2 * \text{fuerza de empujar/jalar})] * \text{la distancia cubierta mientras se empuja/jala}$$

Entonces:

$$\text{Metabolismo Total del Trabajo} = 117 + (\text{brazos} * 25) + (\text{caminar} * 2.1) + (\text{levantar} * 4.4) + [5.2 + (2.2 * \text{fuerza de empujar/jalar})] * \text{la distancia cubierta mientras se empuja/jala}$$

Cálculos del modelo

Este modelo calcula el gasto metabólico de energía sumando una constante y cuatro variables.

#### **La constante**

La constante es el gasto metabólico de energía mientras se descansa. Es la energía mínima usada por un trabajador al estar en posición de ejecutar un trabajo. El valor de la constante es de 117 kcal/h.

#### **La variable de los brazos**

Este factor es calculado determinando un valor para la actividad de los brazos.

- Si ocurre poco movimiento de brazos/manos, el valor = 0

- Si los movimientos de las manos/brazos esta dentro de los 50 centímetros, el valor = 1
- Si los movimientos de las manos/brazos excede los 50 centímetros, el valor = 2
- Si hay inclinación, giros y alcances extremos, el valor = 3

El valor es multiplicador por 25.

La contribución de la variable de los brazos al metabolismo total es expresada por la siguiente ecuación:

A = Contribución metabólica de la variable de los brazos = (valor \* 25)

#### **La variable caminar**

Este factor se determina midiendo la distancia promedio cubierta al caminar en un minuto. La distancia se multiplica por 2.1. La distancia promedio no incluye la distancia caminada durante empujar/jalar, esto se considera en otra variable.

La contribución de la variable caminar al metabolismo total es expresada por la siguiente ecuación:

B = Contribución metabólica de la variable caminar = (distancia promedio caminada por minuto \* 2.1)

#### **La variable levantar**

Este factor es derivado de multiplicar el valor de los brazos (A) multiplicado por el valor del peso, un valor de frecuencia y una constante.

Los valores del peso son:

- Si la mayoría de las partes pesan menos de 4 libras; el valor = 1
- Si la mayoría de las partes pesan entre 4 y 11 libras; el valor = 2
- Si la mayoría de las partes pesan mas de 11 libras; el valor = 3

Los valores de la frecuencia son:

Si hay menos de 2 ciclos por minuto; el valor = 1

Si hay entre 2 y cinco ciclos por minuto; el valor = 2

Si hay mas de 5 ciclos por minuto; el valor = 3

La contribución de la variable levantar al metabolismo total es expresada por la siguiente ecuación:

$C = \text{Contribución metabólica de la variable levantar} = (\text{valor de A} * \text{valor del peso} * \text{valor de la frecuencia} * 4.4)$

### **La variable empujar/jalar**

Se mide la fuerza promedio ejercida mientras se empuja/jala (en kilogramos)

Se mide la distancia promedio que se camina al empujar/jalar en un minuto (en metros). Esta distancia no se debe incluir en la variable caminar.

La contribución de la variable empujar/jalar al metabolismo total se expresa por la siguiente fórmula"

$D = \text{Contribución metabólica de la variable empujar/jalar} = [(\text{fuerza promedio empujar/jalar} * 2.2) + 5.2] * \text{distancia recorrida en un minuto mientras se empuja/jala}$

### *Cálculos del Modelo*

Este es un modelo aditivo por lo que se sumaran la constante y las cuatro variables del gasto metabólico de energía para darnos el metabolismo total del trabajo, también llamado requerimientos de energía del trabajo o demanda metabólica del trabajo en kcal/h.

En forma de ecuación:

$\text{Metabolismo total del trabajo(kcal/h)} = 117 + A + B + C + D$

### *Interpretación de los Resultados de los Cálculos*

El gasto metabólico de energía calculado de la descripción de las tareas es comparado con la Capacidad de Trabajo Físico del trabajador (la máxima tasa metabólica que un trabajador puede mantener) para una edad y sexo dados y duración del trabajo.

Don B. Chaffin describió un método para calcular la Capacidad de Trabajo Físico evaluando dos parámetros: Capacidad promedio de trabajo físico e índice de salud física.

Capacidad promedio de trabajo físico

Esta calculo da la tasa metabólica promedio máxima que un trabajador de 35 años puede mantener por un periodo de tiempo variable. Esta fórmula se basa en tres suposiciones:

1. Hay una tasa metabólica máxima: 16 kcal/min para un hombre y 12 kcal/min para una mujer

2. Para evitar la acumulación excesiva de desperdicio metabólico, un turno de 8 horas de trabajo debe ser limitada a: 5.2 kcal/min para hombres y 4.0 kcal/min para mujeres
3. Se reconocen restricciones sociales y económicas en la dieta, por lo que la tasa diaria debe limitarse a 2.5 kcal/min

Al tomar en cuenta estas tres suposiciones, se expresa la siguiente ecuación:

- Para un hombre

$$\text{Capacidad promedio de trabajo físico} = (\log 4400 - \log t) / 0.187$$

- Para una mujer

$$\text{Capacidad promedio de trabajo físico} = (\log 4400 - \log t) / 0.25$$

donde:

t = tiempo de actividad en minutos

$$\log 4400 = 3.64345$$

Índice de salud física

Para ampliar la aplicación de la capacidad promedio de trabajo físico y pueda ser usada para trabajadores mayores o menores de 35 años, Chaffin propuso la siguiente ecuación:

$$\text{Índice de salud física} = \text{capacidad aeróbica} / 16$$

Capacidad aeróbica = el máximo poder aeróbico de un individuo o, cuando se evalúa a un grupo de edad, el máximo poder aeróbico promedio para la edad específica.

Este factor será mayor para un grupo de edad menor de 35 años (debido a que la capacidad aeróbica de este grupo es menor que 16) y será menor para un grupo mayor de 35 años (debido a que la capacidad aeróbica de este grupo es menor que 16).

Vea las tablas que se presentan a continuación de la relación entre la edad y el índice de salud física (la relación es la misma para hombres y mujeres)

### **Capacidad de trabajo físico**

La capacidad de trabajo físico (máximo poder aeróbico) para cualquier individuo o grupo puede ser determinada calculando la capacidad promedio de trabajo físico y multiplicándola por el índice de salud física.

CTF = Capacidad promedio de trabajo físico \* índice de salud física

Al reordenar términos, se deriva una formula universal para la capacidad de trabajo físico para un periodo variable de tiempo de trabajo y un índice variable de nivel de salud.

Para hombres:

$$CTF = [(\log 4400 - \log t) / 0.187] * ISF$$

Para mujeres:

$$CTF = [(\log 4400 - \log t) / 0.25] * ISF$$

donde:

CTF = Capacidad de trabajo físico en kcal/min.

$\log 4400 = 3.64345$

t = time de duración de las actividades en minutos

ISF = Índice de salud física

Indice de Salud Física y Capacidad de Trabajo Físico  
para mujeres (kcal/min)

EDAD	ISF	120 min.	240 min.	480 min	510 min.
20	1.16	7.26	5.86	4.46	4.34
25	1.13	7.07	5.71	4.35	4.23
30	1.09	6.82	5.51	4.20	4.08
35	1.00	6.26	5.05	3.85	3.74
40	0.95	5.94	4.80	3.66	3.56
45	0.93	5.82	4.70	3.58	3.48
50	0.91	5.69	4.60	3.50	3.41
55	0.88	5.51	4.45	3.39	3.29
60	0.83	5.19	4.19	3.19	3.11
65	.79	4.94	3.99	3.04	2.96

Indice de Salud Física y Capacidad de Trabajo Físico  
para hombres (kcal/min)

EDAD	I.S.F.	120 min.	240 min.	480 min.	510 min.
20	1.16	9.68	7.82	5.95	5.79
25	1.13	9.43	7.61	5.80	5.64
30	1.09	9.09	7.34	5.59	5.44
35	1.00	8.34	6.74	5.13	4.99
40	0.95	7.93	6.40	4.88	4.74
45	0.93	7.76	6.27	4.77	4.64
50	0.91	7.59	6.13	4.67	4.54
55	0.88	7.34	5.93	4.52	4.39
60	0.83	6.92	5.59	4.26	4.14
65	0.79	6.59	5.32	4.05	3.94

**Conclusión:**

Si el calculo del metabolismo total excede la capacidad de trabajo físico, el trabajo producirá fatiga, por lo tanto se deberán seguir controles administrativos o de ingeniería.

Si el calculo del metabolismo total es menor que la capacidad de trabajo físico, el trabajo estará dentro de los límites de la capacidad física del trabajador.

**Recomendaciones para el rediseño de la tarea***Controles de ingeniería*

Las recomendaciones de ingeniería están basadas en los resultados de las cuatro variables (brazos, caminar, levantar y empujar/jalar). La variable con el resultado mas alto es el mayor contribuyente al metabolismo total de la tarea. Entonces, esta variable será el tema de la primera recomendación.

## Recomendaciones específicas de ingeniería

Los cambios de diseño asociados con la variable de los brazos incluyen:

- Eliminar los alcances al doblarse, inclinarse, girar, o alcances extremos de la tarea. Esto se puede lograr al evitar levantar desde el piso, minimizando la distancia a la que se debe levantar un objeto, posicionando todos los materiales requeridos dentro de rango de los hombros a las rodillas.

Los cambios de diseño asociados con la variable de los caminar incluyen:

- Reducir la distancia de caminar/cargar. Esto se puede lograr al localizar las actividades unas cercas de las otras, instalando bandas transportadoras, utilizando montacargas, etc.

Los cambios de diseño asociados con la variable levantar incluyen:

- Si la variable de los brazos da un valor de 3, eliminar los alcances el doblarse, girar, inclinarse o alcances extremos.
- Si la variable del peso da un valor de 3, reducir el peso de las partes o herramientas.
- Si la variable de la frecuencia da un valor de 3, reducir el numero de ciclos a menos de cinco por minuto.

Los cambios de diseño asociados con la variable de empujar/jalar incluyen:

- Reducir la fuerza promedio ejercida durante empujar/jalar
- Reducir la distancia en la cual se empuja/jala

*Controles administrativos:*

Si los controles de ingeniería no son factibles, varios controles administrativos se pueden aplicar, tales como rotación de trabajos, ciclos de trabajo/descanso, disminución del ritmo de trabajo, para reducir el riesgo de fatiga general.

Dos cálculos nos pueden guiar a la planeación de controles administrativos. El primero, desarrollado por Chaffin, determina la cantidad máxima de tiempo que una persona o grupo de edad puede ejecutar una tarea de una determinada demanda metabólica. El segundo determina el porcentaje de tiempo de descanso que se debe permitir a una determinada capacidad de trabajo físico y una determinada demanda metabólica.

Tiempo máximo:

CTF = Capacidad promedio de trabajo físico \* índice de salud física

Para hombres:

$$CTF = [(\log 4400 - \log t) / 0.187] * ISF$$

Si la capacidad de trabajo físico de la persona o grupo es igual a los requerimientos de energía del trabajo (metabolismo total del trabajo o demanda metabólica del trabajo), la cantidad de tiempo de trabajo antes de desarrollar fatiga se puede determinar.

CTF = GME

$$GME = (\log 4400 - \log t) * ISF(0.187)$$

Simplificando y reordenando términos y resolviendo para log t

para hombres:

$$\log t = \log 4400 - [(GME * 0.187) / ISF]$$

para mujeres:

$$\log t = \log 4400 - [(GME * 0.25) / ISF]$$

Conociendo la cantidad de tiempo de trabajo antes de que se desarrolle la fatiga física, se puede diseñar una programación para iniciar periodos de descanso o cambios de trabajo.

Formula de ciclo trabajo/descanso

El siguiente calculo se desarrollo para determinar el porcentaje de tiempo de descanso para una capacidad de trabajo físico y una demanda metabólica de trabajo

$$\% \text{ tiempo de descanso} = [(CTF - DE)/(ED - DE)] * 100$$

% tiempo de descanso = porcentaje de descanso para un periodo de tiempo de ejecución de trabajo (puede aplicarse a un periodo de una hora o un periodo de ocho horas)

GME = Gasto Metabólico de Energía

DE = Tasa de demanda promedio de energía del trabajo (kcal/min)

ED = Tasa de energía promedio durante el descanso (frecuentemente se usa 1.0 a 2.0 kcal/min)

Se pueden usar las dos fórmulas al mismo tiempo para darnos mas información útil del trabajo que se esta desarrollando.

De la formula de tiempo máximo, el analista sabe el tiempo disponible para el trabajo antes de que se presente la fatiga. En este momento es aconsejable un tiempo de descanso o un cambio de trabajo. La formula del ciclo trabajo descanso aconseja cuanto tiempo se debe pasar descansando antes de regresar a la actividad de demanda alta de energía metabólica.

Si solo la formula del ciclo de trabajo/descanso se utiliza, se puede caer en el error de dejar al trabajador ejecutar un trabajo muy estresante por largos periodos de tiempo. Este calculo da una recomendación del periodo de descanso. Es responsabilidad del analista determinar el tiempo máximo para que el ciclo trabajo/descanso ocurra en el tiempo apropiado durante el periodo de trabajo.

**GASTO METABOLICO DE ENERGIA**

FECHA DE ANALISIS \_\_\_\_\_ PUESTO \_\_\_\_\_

DEPTO/UNIDAD \_\_\_\_\_ ANALISTA \_\_\_\_\_

PARTE/UNIDAD \_\_\_\_\_

DURACION CICLO TRABAJO\* \_\_\_\_\_ NO. DE PERSONAS EXPUESTAS \_\_\_\_\_

DESCRIPCION DEL TRABAJO \_\_\_\_\_

\* CONTINUO &gt; 4 HORAS FRECUENTE = 1 A 4 HORAS OCASIONAL &lt; 1 HORA

Sexo: \_\_\_\_\_ Edad: \_\_\_\_\_ Tiempo de Trabajo: \_\_\_\_\_ min

**A**

- Si ocurre poco movimiento de brazos/manos, el valor = 0
- Si los movimientos de las manos/brazos esta dentro de los 50 centímetros, el valor = 1
- Si los movimientos de las manos/brazos exceden los 50 centímetros, el valor = 2
- Si hay inclinación, giros y alcances extremos, el valor = 3

**B**

B = (distancia promedio caminada por minuto \* 2.1)

**C**

- Si la mayoría de las partes pesan menos de 1.8 kgs; el valor = 1
- Si la mayoría de las partes pesan entre 1.8 y 5 kgs; el valor = 2
- Si la mayoría de las partes pesan mas de 5 kgs; el valor = 3

Los valores de la frecuencia son:

- Si hay menos de 2 ciclos por minuto; el valor = 1
- Si hay entre 2 y cinco ciclos por minuto; el valor = 2
- Si hay mas de 5 ciclos por minuto; el valor = 3

C = Contribución metabólica de la variable levantar = (valor de A \* valor del peso \* valor de la frecuencia \* 4.4)

**D**

D = [(fuerza promedio empujar/jalar \* 2.2) + 5.2] \* distancia promedio recorrida en un minuto mientras se empuja/jala

A = [ \_\_\_\_\_ \* 25] = \_\_\_\_\_

B = [ \_\_\_\_\_ \* 2.1] = \_\_\_\_\_

C = [ \_\_\_\_\_ \* \_\_\_\_\_ \* \_\_\_\_\_ \* 4.4] = \_\_\_\_\_

D = {[ ( \_\_\_\_\_ \* 2.2) + 5.2 ] \* \_\_\_\_\_ } = \_\_\_\_\_

GME = 117 + \_\_\_\_\_ + \_\_\_\_\_ + \_\_\_\_\_ + \_\_\_\_\_ = \_\_\_\_\_ Kcal/hr.

GME = \_\_\_\_\_ Kcal/min

**Capacidad de trabajo físico**

Para hombres:

$$\text{CTF} = [(\log 4400 - \log t) / 0.187] * \text{ISF}$$

Para mujeres:

$$\text{CTF} = [(\log 4400 - \log t) / 0.25] * \text{ISF}$$

CTF = Capacidad de trabajo físico en kcal/min.

t = time de duración de las actividades en minutos

ISF = Índice de salud física

$$= a + bX + c/(\ln X) + d/[X*(X)^{1/2}] + (e \ln X)/X^2$$

$$a = 318.62117$$

$$d = 76753.203$$

$$b = -0.35491919$$

$$e = -90577.139$$

$$c = -1468.2914$$

$$X = \text{edad}$$

**ISF =**

**CTF =**

**Tiempo máximo:**

para hombres:

$$\log t = \log 4400 - [(GME * 0.187)/\text{ISF}]$$

para mujeres:

$$\log t = \log 4400 - [(GME * 0.25)/\text{ISF}]$$

**t =**

**TIEMPO DE RECUPERACION**

$$\text{tiempo de recuperación} = [(\text{CTF} - \text{GME}) / (\text{ED} - \text{GME})] * \text{Tiempo de trabajo}$$

CTF = capacidad de trabajo físico

GME = Tasa de demanda promedio de energía del trabajo (kcal/min)

ED = Tasa de energía promedio durante el descanso (frecuentemente se usa 1.0 a 2.0 kcal/min)

**TIEMPO DE RECUPERACION =**

## LA GUIA DE LEVANTAMIENTO NIOSH 1991

Las lesiones de la espalda atribuidas a actividades de levantamiento manual de objetos continua siendo una de los principales intereses de la Medicina Preventiva, Laboral y de la Ergonomía. A pesar de los esfuerzos en el control, incluyendo programas dirigidos a los trabajadores y métodos de trabajo, las lesiones de la espalda continúan siendo un porcentaje considerable del sufrimiento humano y de los costos económicos. El Departamento de Trabajo de Estados Unidos estima que 4 de cada 5 trabajadores (el 80%) sufrirán de lesiones en la espalda durante su vida laboral y la mayor parte de estas lesiones se deben a esfuerzos por levantamiento manual de objetos.

Hace mas de 10 años, el Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional de los Estados Unidos de América (NIOSH en ingles) reconoció el creciente problema de las lesiones en la espalda relacionadas con el trabajo, y publico la *Guía de Practicas de Trabajo para Levantamiento Manual* (NIOSH WPG, 1981). La NIOSH WPG (1981) contenía un sumario de la literatura relacionada con el levantamiento hasta 1981; procedimientos analíticos y una ecuación de levantamiento para calcular un peso recomendado para un tareas de levantamiento simétricas especificadas a dos manos; y una propuesta para controlar el peligro de lesiones en la espalda para levantamientos manuales. La propuesta de control asociada a un Limite de Acción (LA), un termino resultante que denotaba el peso recomendado derivado de la ecuación de levantamiento.

En 1985 NIOSH convocó un comité de expertos que revisaron la literatura existente de levantamiento, incluyendo la NIOSH WPG 1981. Basados en los resultados de la revisión de la literatura, la comisión recomendó criterios para definir la capacidad de levantamiento. El comité uso estos criterios para formular la ecuación revisada de levantamiento. La ecuación fue públicamente presentada en 1991.

Aunque la ecuación revisada de levantamiento no ha sido completamente validada, los limites de peso recomendados derivados de la ecuación revisada son consistentes con, o menores que, aquellos generalmente reportados en la literatura. Además, la aplicación correcta de la ecuación revisada es mas adecuada para proteger

la salud de los trabajadores en una amplia variedad de tareas de levantamiento que otros métodos que se basan en un solo factor o criterio.

A diferencia de las guías de levantamiento de NIOSH de 1981, las nuevas guías requieren de muchos más cálculos, haciendo esencial un programa para computadora que realice todos estos cálculos. Bajo la nueva guía, un análisis de un solo trabajador que realice 15 subtarefas de levantamiento manual puede requerir cerca de 300 cálculos manuales y 60 búsquedas en tablas. Multiplicando esto por 100 empleado. y se verá que es virtualmente una tarea casi imposible de hacer a mano.

La ecuación revisada de levantamiento para calcular el Limite Recomendado de Peso esta basada en un modelo multiplicativo que da una ponderación a seis variables de levantamiento. Las ponderaciones son expresadas como coeficientes que sirven para decrementar la constante de peso, que representa el peso máximo recomendado para ser levantado en condiciones ideales. El Limite Recomendado de Peso (**LRP**) es definido por la ecuación:

$$\text{LRP} = \text{LC} \times \text{HM} \times \text{VM} \times \text{DM} \times \text{AM} \times \text{FM} \times \text{CM}$$

donde:

- LC** es la constante de peso
- HM** es el multiplicado de la variable horizontal
- VM** es el multiplicado de la variable vertical
- DM** es el multiplicado de la variable de desplazamiento vertical
- AM** es el multiplicado de la variable de asimetría
- FM** es el multiplicado de la variable de frecuencia de levantamiento
- CM** es el multiplicado de la variable del ajuste de agarre con el objeto

y

Constante de peso	<b>CP</b>	23 Kgs.
Multiplicador horizontal	<b>HM</b>	25/H

Multiplicador vertical	<b>VM</b>	1 - (0.003 V-75 )
Multiplicador de la distancia	<b>DM</b>	0.82 + (4.5/D)
Multiplicador asimétrico	<b>AM</b>	1 - (0.0032A)
Multiplicador de frecuencia	<b>FM</b>	de Tabla 1
Multiplicador de agarre	<b>CM</b>	de Tabla 2

## DEFINICION DE TERMINOS

### Indice de levantamiento (IL)

El IL es un termino que da un estimado relativo del nivel de esfuerzo físico asociado con una tarea de levantamiento manual en particular. El IL esta definido por la siguiente ecuación:

$$IL = \frac{P}{LPR}$$

### Tarea de levantamiento:

Se define como el acto de tomar manualmente un objeto de masa y tamaño definido, con las dos manos y mover verticalmente el objeto sin asistencia mecánica.

### Localización horizontal (H)

Es la distancia desde el punto medio entre los tobillos al centro de las palmas de las manos (medido en el origen y el destino del levantamiento). Cuando H no puede ser medido, entonces puede ser aproximado con las siguientes ecuaciones:

Para  $V \geq 25$  cmts.

Para  $V < 25$  cmts

$$H = 20 + W/2$$

$$H = 25 + W/2$$

Si la distancia horizontal es menor de 25 cmts. entonces H la igualamos a 25 cmts. Si H es mayor que 63 cmts. entonces HM será igual a 0 ó no es posible el levantamiento.

### **Localización vertical (V)**

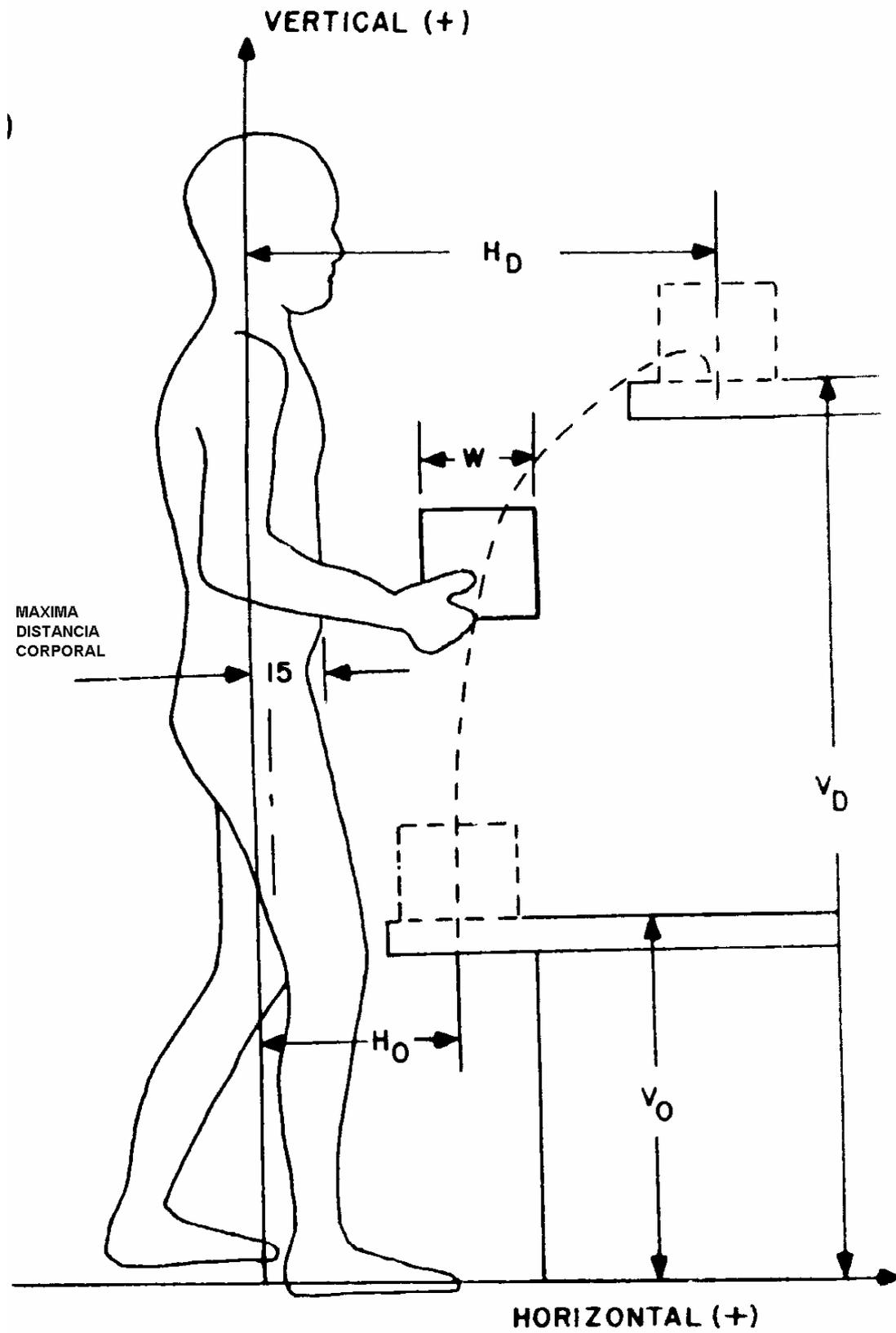
Es la distancia medida desde el piso hasta las manos (medido en el origen y el destino del levantamiento). Si V es mayor que 175 cmts. entonces VM será igual a 0 ó no es posible el levantamiento.

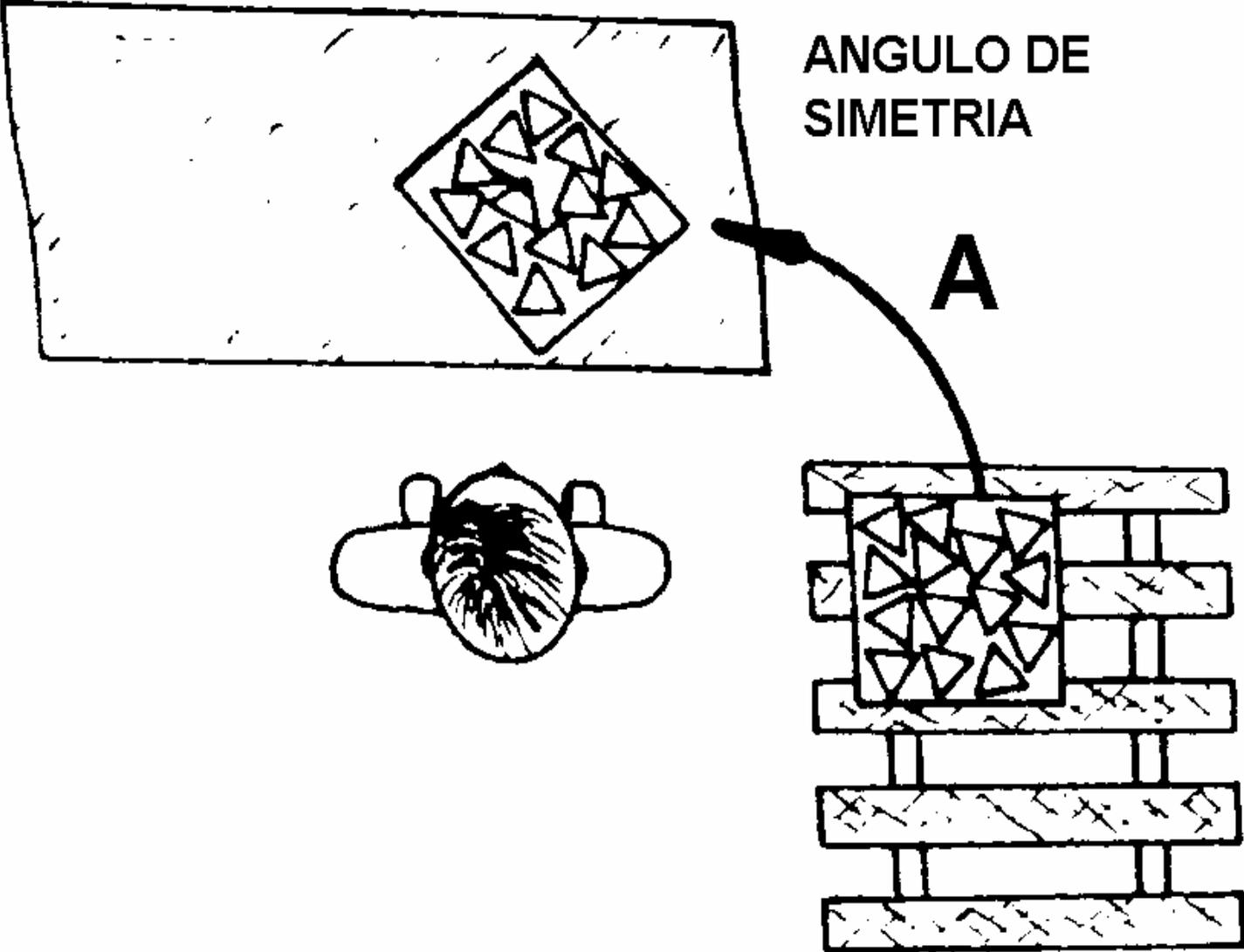
### **Distancia de trayecto vertical (D)**

Es el valor absoluto de la diferencia entre la altura vertical en el origen y el destino del levantamiento. Si la trayectoria vertical es menor que 25 cmts. entonces D la igualaremos a 25 cmts.

### **Angulo de asimetría**

Es la medida angular de que tan lejos el objeto es desplazado del frente del cuerpo del trabajador en el principio o fin del levantamiento (medido en el origen y destino del levantamiento, en grados). La línea de asimetría es definida como la línea horizontal que junta el punto medio entre los huesos del tobillo y el punto proyectado en el piso directamente debajo del punto medio del agarre de las manos. El ángulo A es limitado al rango de  $0^\circ$  a  $135^\circ$ . Si el ángulo es mayor que  $135^\circ$  entonces AM es igual a 0, lo cual resulta en un LRP igual a 0 ó no es posible el levantamiento.





**Frecuencia de levantamiento (F)**

La frecuencia de levantamiento esta definida por el número promedio de levantamientos por minuto, en un período mínimo de 15 minutos. La duración del levantamiento es clasificado en tres categorías -- corta duración, moderada duración y larga duración --.

El levantamiento de corta duración son menores a una hora, seguido por un tiempo de recuperación igual a 1.2 veces el tiempo de trabajo.

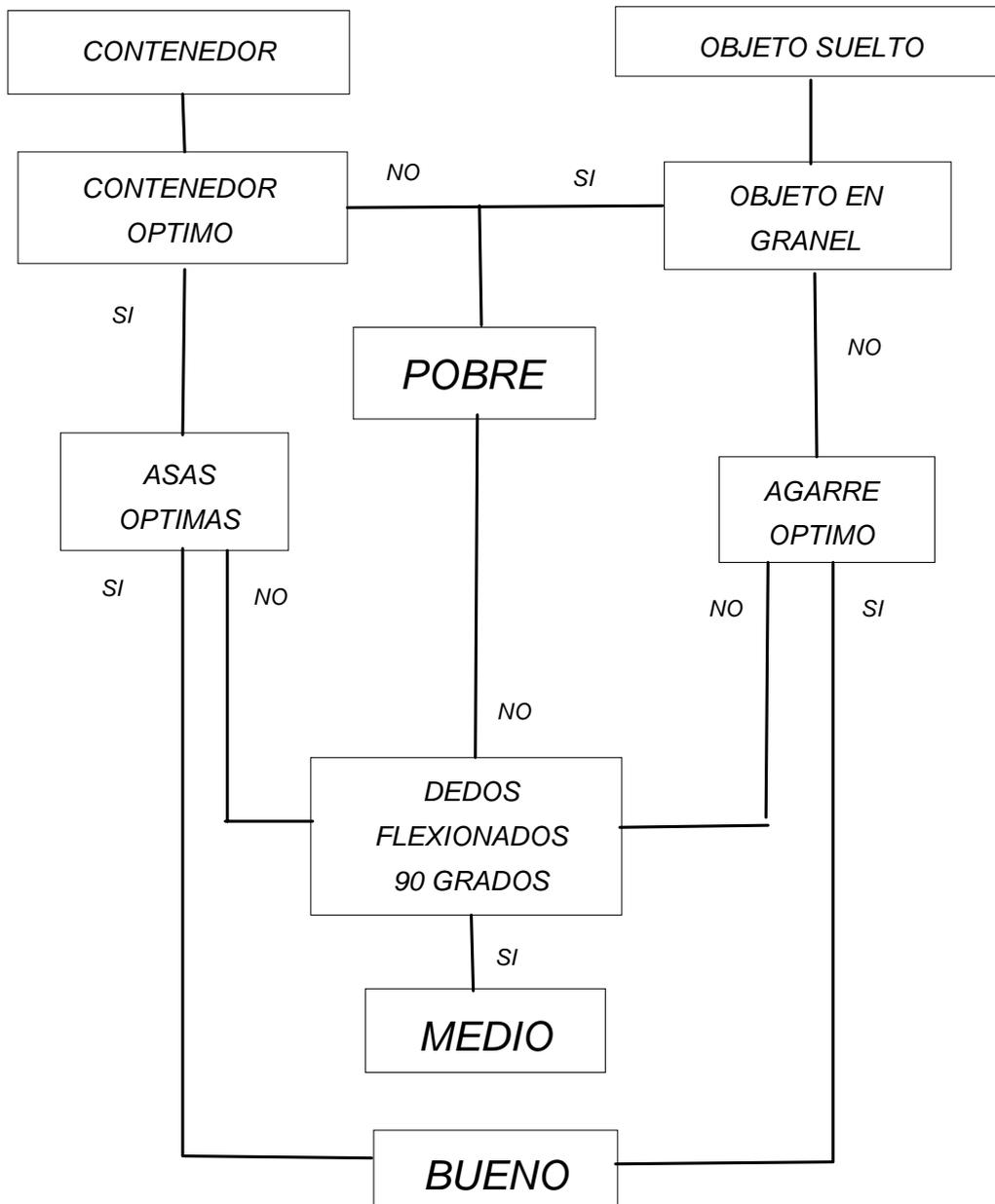
El levantamiento de moderada duración se define como las tareas de levantamiento que tienen una duración desde una hora hasta un máximo de dos horas, seguidos por un periodo de recuperación de al menos 0.3 veces el tiempo de trabajo.

El levantamiento de larga duración se define como las tareas de levantamiento que tiene una duración mayor a dos horas pero menor a ocho horas, seguidos por un periodo de recuperación indicada por los estándares internacionales.

**Clasificación del agarre**

La clasificación de la calidad del agarre de la mano al objeto. La calidad del agarre será buena, media o pobre. La figura siguiente da una mejor idea de este punto.

## ARBOL DE DECISION PARA LA CALIDAD DE AGARRE



**Control significativo**

Control significativo es definido como una condición requerida para mover el objeto a un lugar preciso en el destino del levantamiento.

**PROCEDIMIENTO PARA ANALIZAR TAREAS DE LEVANTAMIENTO.**

El analista debe determinar (1) si el trabajo debe ser analizado como una sola tarea o como un trabajo de levantamiento manual multitareas, y (2) si se requiere un control significativo en el destino del levantamiento.

Un trabajo de levantamiento manual de una sola tarea es definido como el trabajo de levantamiento manual en el cual las variables de la tarea no varían de una tarea a otra o una sola tarea es de interés. Por otra parte, los trabajos de levantamiento manual multitarea son definidos como trabajos en los cuales hay diferencias significativas en las variables de las tareas entre tareas.

Cuando un control significativo de un objeto es requerido en el destino de un levantamiento, el trabajador debe aplicar una fuerza significativa para desacelerar el objeto. Entonces para asegurar el apropiado LRP, cuando se requiere control significativo, el LRP debe ser calculado en ambos, el origen y el destino del levantamiento, y el valor mas pequeño de los dos es usado para estimar el levantamiento general.

## PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS MULTITAREA

El método esta basado en las siguientes suposiciones:

1. La ejecución de tareas de levantamiento múltiple puede incrementar la carga física o metabólica y este incremento de carga debe ser reflejado en un Límite Recomendado de Peso reducido y un incremento en el índice de levantamiento.
2. Este incremento en el Índice de Levantamiento depende de las características de la tarea de levantamiento adicional.
3. Que el incremento en el Índice de Levantamiento debido a la adición de una o mas tareas es independiente del Índice de Levantamiento de cualquiera de las tareas precedentes.

Este método esta basado en el concepto del Índice de Levantamiento Compuesto (ILC), el cual representa las demandas colectivas del trabajo, y es igual a la suma del mayor Índice de Levantamiento de Tareas Unitarias (ILTU) mas el incremento en el ILC de cada tarea subsecuentes es agregado.

Entonces, la decisión de usar análisis de una sola tarea o multitareas debe estar basado en: (1) la necesidad de información detallada de todas las facetas del trabajo de levantamiento multitarea, (2) la necesidad de precisión de los datos al ejecutar el análisis y (3) el nivel de entendimiento del analista de estimar el proceso.

Para ejecutar un análisis de levantamiento, dos pasos son tomados: (1) recolección de datos en el sitio de trabajo y (2) cálculo del LRP y ILC.

## **PASO 1.- RECOLECCION DE DATOS**

Un análisis completo del trabajo es requerido para identificar y catalogar cada tarea de levantamiento. Para tareas multitrabajo los datos deben ser recolectados de cada tarea individual. Los datos necesarios para cada tarea incluye lo siguiente:

1. Peso del objeto que es levantado
2. Localización horizontal y vertical de las manos con respecto al punto medio entre los tobillos
3. Angulo de asimetría
4. Frecuencia de levantamiento
5. Duración del levantamiento
6. Tipo de agarre

## **PASO 2.- CÁLCULOS (TAREAS UNITARIAS)**

Calcule el LRP en el origen de cada levantamiento. Para la tarea de levantamiento que requiera control significativo en el destino, se calcula el LRP en el origen y en el destino del levantamiento.

La estimación es completada determinando el Índice de Levantamiento para la tarea de interés.

**(MULTITAREAS)**

1. Calcule el Límite Recomendado de Peso Frecuencia-Independiente (LRPF-I) y el Limite Recomendado de Peso para Tareas Unitarias (LRPTU) para cada tarea,

LRPF-I Calcule el LRPF-I para cada tarea usando el multiplicador de frecuencia como 1. El LRPF-I refleja la demanda de fuerza muscular para una simple repetición de cada tarea. Si se requiere, en la tarea, de control significativo, el LRPF-I debe ser calculado en el origen y destino del levantamiento.

LRPTU Calcule el LRPTU para cada tarea multiplicando su LRPF-I por su multiplicador de frecuencia. El LRPTU refleja la demanda general para esta tarea, asumiendo que fue esta tarea la única en ser ejecutada. Nota: Este valor no refleja la demanda general de la tarea cuando otras tareas son consideradas.

2. Calcule el Índice de Levantamiento Frecuencia Independiente (ILF-I) y el Índice de Levantamiento de Tareas Unitarias para cada tarea (ILTU).

ILF-I Calcule el ILF-I para cada tarea dividiendo el máximo peso cargado por tarea por su respectivo LRPF-I, el máximo peso es usado para calcular el ILF-I debido a que el máximo peso determina la máxima carga biomecánica a que el cuerpo será expuesto.

.

ILTU Calcule el ILTU para cada tarea dividiendo el peso promedio entre el respectivo LRPTU. El peso promedio es utilizado para calcular el ILTU debido a que el peso promedio da una mejor representación de las demandas metabólicas, las cuales se distribuyen a través de las tareas. El ILTU puede ser usado también para priorizar las tareas individuales de acuerdo a la demanda de su esfuerzo físico.

### 3. Calcule el Índice de Levantamiento Compuesto (ILC) para el trabajo en general.

Las tareas son renumeradas en orden decreciente de esfuerzo físico, empezando con la tarea con el mayor ILTU. Las tareas son renumeradas de esta manera para que la tarea mas difícil sea considerada primero.

ILC El ILC para el trabajo es calculado de acuerdo a la siguiente formula:

$$ILC = ILTU + \sum \wedge IL$$

donde:

$$\sum \wedge IL = \left( ILF - I_2 * \left( \frac{1}{FM_{1,2}} - \frac{1}{FM_1} \right) \right) + \dots + \left( ILF - I_n * \left( \frac{1}{FM_{1,2,\dots,n}} - \frac{1}{FM_{1,2,\dots,(n-1)}} \right) \right)$$

NOTA: Note que (1) los números en los subíndices se refieren al nuevo número de tareas; y, (2) los valores FM son determinados de la tabla 1, basados en la suma de frecuencias para las tareas listadas en los suníndices.

Por ultimo, la ecuación de levantamiento revisada de NIOSH no se aplica si cualquiera de los siguientes eventos ocurre:

Levantar o bajar un objeto con una mano

Levantar o bajar un objeto por mas de ocho horas

Levantar o bajar un objeto mientras este sentado o arrodillado

Levantar o bajar un objeto en un espacio restringido

Levantar o bajar un objeto inestable

Levantar o bajar un objeto mientras se empuja, se jala o se carga

Levantar o bajar un objeto con movimientos de alta velocidad

Levantar o bajar un objeto en pisos resbaladizos

Levantar o bajar un objeto en ambientes no favorables

Levantar o bajar un objeto con asistencia mecánica

NIOSH nos proporciona dos formatos para facilitar los cálculos:

- HOJA PARA ANÁLISIS DE TAREA
- HOJA PARA ANÁLISIS MULTITAREAS

## RECUERDE

- REDUCIR EL TAMAÑO Y PESO DEL OBJETO
- REDUCIR LA DISTANCIA HORIZONTAL ALMACENAR OBJETOS PESADOS LEJOS DEL PISO
- MANEJAR CARGAS AL FRENTE DEL CUERPO ENTRE LAS RODILLAS Y LOS HOMBROS REDUCIR LA FRECUENCIA
- EVITAR MOVIMIENTOS FORZADOS DEL CUERPO
- CONTROLAR EL AMBIENTE
- ENTRENAR A LOS EMPLEADOS EN PROCEDIMIENTOS SEGUROS

TABLA 1

DURACION						
	< 1 HORA		1-2 HORAS		2-8 HORAS	
F LEV/MIN	V < 75 cm	V ≥ 75 cms	V < 75 cm	V ≥ 75 cms	V < 75 cm	V ≥ 75 cms
≤.2	1.00	1.00	.95	.95	.85	.85
.5	.97	.97	.92	.92	.81	.81
1	.94	.94	.88	.88	.75	.75
2	.91	.91	.84	.84	.65	.65
3	.88	.88	.79	.79	.55	.55
4	.84	.84	.72	.72	.45	.45
5	.80	.80	.60	.60	.35	.35
6	.75	.75	.50	.50	.27	.27
7	.70	.70	.42	.42	.22	.22
8	.60	.60	.35	.35	.18	.18
9	.52	.52	.30	.30	.00	.15
10	.45	.45	.26	.26	.00	.13
11	.41	.41	.00	.23	.00	.00
12	.37	.37	.00	.21	.00	.00
13	.00	.34	.00	.00	.00	.00
14	.00	.31	.00	.00	.00	.00
15	.00	.28	.00	.00	.00	.00
>15	.00	.00	.00	.00	.00	.00

TABLA 2

TIPO DE AGARRE	V < 75 cm	V ≥ 75 cms
BUENO	1.00	1.00
MEDIO	.95	1.00
POBRE	.90	.90

## FUERZA DE COMPRESION DE DISCO (L5/S1)

El modelo biomecanico presentado abajo puede ser usado para determinar la fuerza en el disco L5/S1 durante una tarea de levantamiento. Este modelo no predice la fuerza durante un levantamiento con giro o inclinacion. Es un modelo estatico.

El disco L5/S1 (union lumbosacral) es el punto de calculo para la fuerza de compresion del disco, debido a que es el disco mas estresado durante el levantamiento. Las fuerza de compresion en L5/S1 que exceden los 250 Kg. han demostrado inciden el las lesiones de la parte baja de la espalda.

La fuerza de compresion ejercida en los discos de la parte baja de la espalda es una funcion de:

La longitud y peso de los miembros superiores

Los angulos verticales del tronco y los miembros superiores

El peso del objeto levantado

Una figura estatica puede ser hecha para aproximar las posturas del cuerpo durante el levantamiento. Los angulos apropiados se pueden determinar a partir de esta figura. La estatura y peso del trabajador, el peso del objeto, y los angulos del cuerpo se introducen en la formula del modelo para determinar la fuerza de compresion del disco

Donde:

M	=	PESO DEL SUJETO EN KILOGRAMOS
L	=	ESTARURA DEL SUJETO EN METROS
W	=	PESO DEL OBJETO EN KILOGRAMOS
A	=	ANGULO VERTICAL DEL TRONCO
B	=	ANGULO VERTICAL DEL BRAZO
C	=	ANGULO VERTICAL DEL ANTEBRAZO
X1	=	$0.1010 * L \text{ sen } A$
X2	=	$0.2337 * L \text{ sen } A + 0.0827 * \text{sen } B$
X3	=	$0.2337 * L \text{ sen } A + 0.1896 * L * \text{sen } B + 0.0820 * L * \text{sen } C$
X4	=	$0.2337 * L \text{ sen } A + 0.1896 * L * \text{sen } B + 0.1907 * L * \text{sen } C$

ENTONCES:

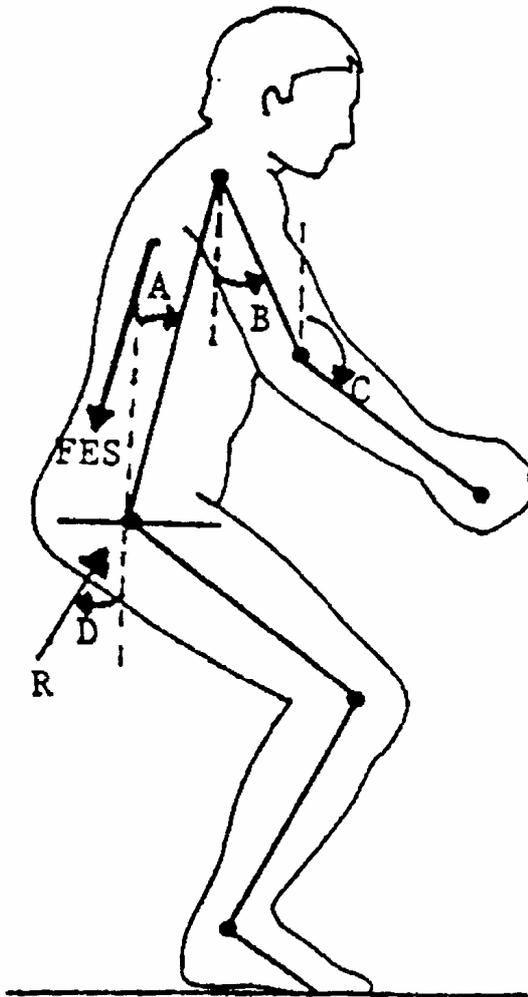
$$FES = 20(0.363*M*X1 + 0.062*M*X2 + 0.050*M*X3 + W*X4)$$

$$E = (FES*\text{sen}A)/(FES*\text{cos}A + 0.475*M + W)$$

$$D = \tan^{-1}E$$

$$R = (FES*\text{sen}A)/\text{sen}D$$

R = FUERZA DE COMPRESION DEL DISCO EN L5/S1



## CONDICIONES AMBIENTALES.

El lugar de trabajo inmediato del operario, sus máquinas, su disposición con el ambiente, su interacción con otros operarios y la manera de operar su sistema se tuvieron en cuenta para demostrar cómo afectan significativamente su desempeño y sus sensaciones de comodidad. Sin embargo, estas condiciones ambientales son "visibles"; el operario puede verlas y lo afectan en cuanto que limitan sus acciones, su juicio y sus percepciones inmediatas. Pero existen aspectos menos tangibles (tal vez los "invisibles") del ambiente; las sensaciones ubicuas a las que está expuesto a partir de las diferentes piezas de la maquinaria o de los componentes de su lugar de trabajo. Así pues, además de otros factores, estos contaminantes incluyen la iluminación, el ruido y la temperatura.

### ILUMINACION.

Algunas formas de obtener un buen alumbrado son las siguientes:

1. Reducir el deslumbramiento instalando el número adecuado de fuentes de luz para la iluminación total requerida.
2. Utilizar lámparas incandescentes con bulbos de material opalescente a fin de disminuir el deslumbramiento esparciendo la luz sobre una superficie mayor.
3. Lograr una aproximación satisfactoria a la luz blanca para la mayor parte de los usos empleando focos o lámparas incandescentes, o bien unidades fluorescentes de luz blanca individuales. (Generalmente se considera ideal la luz blanca o una aproximación a la luz solar media).
4. Eliminación de toda sombra proporcionando el nivel correcto de iluminación en todos los puntos de la estación de trabajo. En vista del costo de la energía, se deben identificar bien las áreas con demasiada iluminación, así como las provistas de alumbrado insuficiente.

Según estadísticas, un 24% de todos los accidentes son debidos a mala iluminación, y la falta de control o corrección de este aspecto ocasiona un aumento de 25% más de lesiones y un aumento de caídas del 75%.

Un breve recorrido a través de muchas plantas industriales que se precian de sus programas de salud y seguridad revelará muchos de los siguientes peligros relacionados con la iluminación:

- Bombillas quemadas en los pasillos, escaleras y almacenes que se utilizan muy poco;
- Luces fluorescentes que tienen uno o más tubos quemados o que no funcionan correctamente (centellean);
- Luces cubiertas con suciedad, grasa o aceite, que reduce en forma significativa la luz que irradian;
- Se han tomado muy pocas provisiones o ninguna para el alumbrado de emergencia;
- Salidas muy mal iluminadas;
- Iluminación temporal (y generalmente inadecuada) que se transforma en permanente debido al descuido;
- Fuentes de luz muy mal colocadas, las que dan sombras sobre el área de trabajo.

#### *LA REDUCCION DEL DESLUMBRAMIENTO.*

##### Reducir el deslumbramiento directo procedente de focos de luz:

1. Escoger focos de luz de bajo grado de incomodidad.
2. Reducir la luminancia de las fuentes de luz (utilizando varios focos de luz de baja intensidad en vez de pocos pero muy brillantes).
3. Situar los focos de luz lo más lejos posible de la línea de visión.
4. Aumentar la luminancia del área alrededor de cualquier foco de deslumbramiento de modo que la proporción de brillo sea menor.
5. Utilizar pantallas, escudos protectores y visores allí donde el foco de deslumbramiento no pueda reducirse.

##### Reducir el deslumbramiento directo procedente de ventanas:

1. Utilizar ventanas a cierta distancia del suelo.
2. Construir un voladizo exterior por encima de la ventana.

3. Disponer de luces cerca de la ventana (a fin de reducir el contraste con la luz procedente de la ventana).
4. Usar cortinas, mamparas o persianas.

Reducir el deslumbramiento procedente de reflejos:

1. Mantener el nivel de luminancia de los focos de luz lo más bajo posible.
2. Procurar un buen nivel general de iluminación.
3. Utilizar luz difusa, luz indirecta, pantallas, deflectores, cortinas.
4. Situar el foco de luz o el área de trabajo de tal modo que la luz reflejada no llegue directamente a los ojos.
5. Utilizar superficies que ayuden a difuminar la luz.

*DISTRIBUIDORES DE LA LUZ.*

PROPORCION DE LUMINANCIA: Es la proporción de luminancia de un área determinada con respecto al área circundante.

REFLECTANCIA: La distribución de la luz en el interior de una habitación no es solamente una función del total de luz y de la situación de los focos de luz, sino que también está influida por la reflectancia de las paredes, techos y otras superficies de la habitación. Ligado al reflejo está el concepto del

COEFICIENTE DE UTILIZACION, que es el porcentaje de luz que es reflejado, en conjunto, por las superficies de la habitación o del área.

El Reglamento General de Seguridad e Higiene en el Trabajo establece en el título octavo, capítulo VIII, lo siguiente:

"Artículo 155. Los centros de trabajo deberán tener iluminación suficiente y adecuada, que no produzca deslumbramientos o incomodidades para los trabajadores."

"Artículo 156. En los lugares de trabajo en que la interrupción de la iluminación artificial represente un peligro para los trabajadores, se instalarán sistemas de iluminación de emergencia."

"Artículo 157. La iluminación de los accesos, escaleras, lugares destinados al tránsito o a servicios de los trabajadores y los que se utilicen para almacenes, deberán tener una intensidad mínima de 100 unidades lux, medidas a un plano horizontal sobre el piso a una altura de 75 cm. a un metro."

"Artículo 158. La iluminación de los planos de trabajo deberá tener la intensidad que se señala a continuación:

1. Para trabajos en los que no sea preciso apreciar detalles, de 100 a 200 unidades lux.
2. Para los trabajos en los que sea preciso apreciar detalles toscos o burdos, de 200 a 300 unidades lux.
3. Para trabajos en los que sea preciso apreciar detalles medianos, de 300 a 400 unidades lux.
4. Para trabajos en los que sea indispensable apreciar detalles muy finos, de 500 a 1000 unidades lux."

**RUIDO .**

RUIDO es aquel estímulo o estímulos auditivos que no mantienen relación de información respecto a la presencia o realización de una tarea inmediata. El ruido puede o no ser dañino a la capacidad auditiva dependiendo de su carácter y a las condiciones de exposición.

El SONIDO puede ser definido como: "Pulsaciones rápidas en la presión del aire producidas por orígenes vibratorios o flujos de gas". Estas pulsaciones son en la forma de ondas a través del agua. El SONIDO es también la sensación de audición experimentada por estas pulsaciones en la presión del aire.

La frecuencia del sonido es el número de ciclos completos de la onda, medido de la cresta de la onda a la cresta de la siguiente onda correspondiente, que pasa a un punto dado por segundo.

*NIVEL DE PRESION DEL SONIDO.*

El nivel de presión del sonido corresponde a la altura o amplitud de la onda del sonido y se define como "La presión más alta, sonido más fuerte".

$N.P.S. = 20 (\log_{10} P) .0002 \text{ microbars}$

donde P = presión del sonido en microbars.

La unidad de medida para los niveles de sonido es el decibel (dB).

*DECIBEL.*

Los cambios en la presión debidos a las ondas del sonido son pequeños, comparados con la presión barométrica normal que es de 14.7 libras por pulgada cuadrada. Los niveles de presión del sonido que puede detectar el oído fluctúan desde .000000029 lbs./pulg<sup>2</sup>, el cual es equivalente aproximadamente al sonido más débil que puede oír una persona con mucha atención; a más de .029 lbs./pulg<sup>2</sup>, el cual es aproximadamente el umbral del dolor. Para evitar expresar los niveles de presión de sonido en tales números difíciles de manejar, se ha usado una escala logarítmica teniendo el decibel (dB) como una unidad de medida.

El decibel es un término relativo, diferente de la libra o de la pulgada, el cual no tiene valor absoluto. Se usa para describir qué tanto un valor medido está más arriba del nivel estándar de referencia. El significado de un decibel variará dependiendo del nivel de preferencia que se use.

Para medir los niveles de presión del sonido, el nivel de referencia es equivalente a aproximadamente el sonido más débil que una persona pueda escuchar con mucha atención expresado en cualquiera de las unidades equivalentes que siguen:

= .000000029 libras por pulgada cuadrada

= .0002 microbar (mbar)

= .0002 dinas por centímetro cuadrado

= 20 micropascals (20 mpa)

=  $\times 10^{-5}$  Newton por metro cuadrado (N/m<sup>2</sup>).

#### *EFECTOS SICOLOGICOS Y FISIOLOGICOS DEL RUIDO.*

Puede sorprender, molestar e interrumpir la concentración, el sueño o el descanso, interferencia con las comunicaciones orales y por consiguiente, problemas de rendimiento y seguridad en el trabajo. Además, el ruido produce pérdidas de oído, dolor aural, náuseas y reducción del control muscular (cuando la exposición es extensa).

#### *EXPOSICIONES PERMISIBLES*

<b>DURACION POR DIA</b>	<b>NIVEL DE SONIDO</b>
<i>HORAS</i>	<i>dB(A*)</i>
8	90
6	92
4	95
3	97
2	100
1 ½	102
1	105
¾	107
½	110
1/4 ó menos	115 C**

\* Nivel del sonido dB medido con un decibelímetro estándar funcionando a la escala A, con acción lenta.

\*\* Valor "tope".

#### *RESPUESTA A LA FRECUENCIA POR EL OIDO.*

El promedio de audición humana responde a las frecuencias que van de 15 a 15000 Hz, no obstante el oído no muestra igual respuesta

a todas las frecuencias en este rango. El oído es más sensible a las frecuencias medias de 2000-4000 Hz, que a las más bajas o a las más altas.

*TOLERANCIA A LA PRESION DEL OIDO.*

Cuando los niveles de presión del sonido alcanzan los 100 ó 120 dB en el oído normal; el que lo escucha, describe el sonido como inconfortable; alrededor de 130 a 140 dB resulta en dolor. Este umbral de tolerancia no varía acentuadamente con la frecuencia, no obstante, comúnmente las frecuencias más altas serían más implacenteras que las frecuencias más bajas a igual presión.

*PROCEDIMIENTO PARA LA CLASIFICACION DE MOLESTIAS.*

El Reglamento General de Seguridad e Higiene en el Trabajo, en su título octavo y capítulo II, señala lo siguiente:

"Artículo 140. En los centros de trabajo donde se produzca ruido o vibraciones que puedan alterar la salud de los trabajadores, no se deberán exceder los niveles máximos establecidos en los instructivos correspondientes."

## **TEMPERATURA.**

El cuerpo humano trata naturalmente de conservar una temperatura media constante de unos 36 C. Cuando el cuerpo humano se expone a temperaturas inusualmente altas, se origina una gran transpiración y gran cantidad de sudor se evapora de la piel. En la transpiración sale también Cloruro de Sodio a través de los poros y queda ahí como residuo de la evaporación. Todo esto es una pérdida directa del sistema y puede alterar el equilibrio normal de los líquidos del organismo. El resultado se traduce en fatiga y calambres por el calor, que ocasionan a su vez una disminución en la producción. La actuación de un buen operario decrece tan rápidamente como la de un trabajador medio y la de uno menos que mediano. En tareas de oficina, como la mecanografía, no solo disminuye la cantidad de trabajo sino que aumenta también la cantidad de errores.

Por otra parte, estudios de tiempo muy detallados han revelado repetidamente la pérdida de producción ocasionada por condiciones de demasiado frío. La temperatura debe regularse de manera que permanezca entre unos 18 y 24°C durante todo el año. Si puede mantenerse este nivel, las pérdidas y retrasos por excesos de calor o de frío, como calambres, fatiga y alteración de la destreza manual, se reducirán al mínimo.

### *EL PROCESO DE INTERCAMBIO TERMICO.*

El cuerpo humano está generando continuamente calor como consecuencia de su actividad metabólica. En el estado de descanso, el hombre adulto genera algo más de 1 kcal/min.; algunas actividades sedentarias originan un consumo que oscila entre 1.5 y 2 Kcal/min y las actividades físicas van desde las 5 Kcal/min, por lo que respecta a actividades moderadas, hasta 10 ó incluso 20 Kcal/min por lo que respecta a trabajos sumamente pesados. Puesto que la actividad metabólica es continúa, el cuerpo observa continuamente el proceso de intentar mantener el equilibrio térmico con su medio ambiente.

### *CAMBIOS DEL CUERPO DURANTE EL REAJUSTE TERMICO.*

Cuando el cuerpo va de un entorno térmico a otro, lleva a cabo algunos reajustes físicos como los siguientes:

- Cambio de un entorno óptimo a otro frío: 1) la piel se enfría; 2) la sangre se aleja de la piel y se acumula en la parte central del cuerpo, donde se calienta antes de volver a fluir

hacia las áreas epidérmicas; 3) pueden aparecer escalofríos y la "carne de gallina".

- Cambios de un entorno frío a otro cálido: 1) hay más afluencia de sangre hacia la superficie del cuerpo, lo que origina un aumento de la temperatura epidérmica; 2) puede empezarse a sudar.

#### *METODO DE INTERCAMBIO TERMICO.*

Dado el calor producido por el proceso metabólico, las fuentes fundamentales de pérdidas y ganancias de calor, hacia y a partir del cuerpo, son:

1. La convección (ganancia o pérdida de calor debidas al contacto con el aire);
2. La radiación (pérdida o ganancia de calor dependientes de la temperatura de la piel y de la temperatura de las áreas circundantes);
3. La evaporación, la mayoría de circunstancias da como resultado pérdida de calor, todas las cuales quedan influidas además por la actividad del individuo.

#### *FRIO.*

Mientras que en general, la civilización está disminuyendo los requerimientos de muchas personas a trabajar en entornos fríos, todavía existen algunas circunstancias en las que hay personas que tienen que trabajar y vivir en lugares fríos. Estas situaciones incluyen el trabajo al aire libre en invierno, ubicaciones árticas, trabajos en frigoríficos industriales. Como en el caso de la exposición al calor, existe un cierto número de factores interrelacionales que afectan a la tolerancia, la comodidad y la capacidad de las personas para realizar trabajos en entornos fríos; estos factores incluyen el nivel de actividad, el grado de aclimatación, la duración y el aislamiento.

El frío intenso puede provocar una congelación cutánea, la que resultará en la destrucción de los tejidos de los dedos de los pies y de las manos, nariz y oídos, sin que en el momento en que esto suceda se sienta incomodidad. Una exposición prolongada a temperaturas muy bajas puede naturalmente ocasionar la muerte. El calor intenso puede afectar el corazón y al sistema circulatorio, puede ocasionar calambres, agotamiento por calor, ataques y también la muerte, si la exposición es excesiva.

El Reglamento General de Seguridad e Higiene en el Trabajo, en el título octavo, capítulo VII señala lo siguiente:

"Artículo 151. En los locales de trabajo donde sean alteradas las condiciones térmicas del ambiente, por efecto de las actividades que se realicen, aquellas se deberán mantener dentro de los límites que correspondan a cada tipo de trabajo."

"Artículo 152. En los casos en que los trabajadores estén expuestos a condiciones térmicas elevadas o bajas, se deberán tomar las medidas generales de protección en el orden siguiente: I. Aislamiento de la fuente, del equipo o del área; II. Modificación del equipo o procedimiento; III. Modificación de la temperatura, humedad relativa, velocidad del aire y la carga del calor radiante; IV. Disminuir el esfuerzo físico del trabajador; V. Limitación de los tiempos y frecuencia de la exposición; VI. Uso del equipo de protección personal."

"Artículo 153. En los centros de trabajo en que los trabajadores estén expuestos a condiciones térmicas extremas se les deberán otorgar períodos de descanso o de recuperación en zonas adecuadas de reposo."

"Artículo 154. En los centros de trabajo se deberá mantener durante las labores, una ventilación natural o artificial adecuada, para evitar el insuficiente suministro del aire, las corrientes dañinas, el aire confinado, el calor o frío excesivo, los cambios bruscos de temperatura, y cuando sea posible, en relación con la naturaleza del proceso industrial, la humedad o sequedad excesiva y los olores desagradables. La renovación del aire en el ambiente de trabajo, se hará de acuerdo con el instructivo que se expida."

## Normas Oficiales Mexicanas sobre Seguridad e Higiene

### **NORMA Oficial Mexicana NOM-025-STPS-1999, Condiciones de iluminación en los centros de trabajo.**

Al margen un sello con el Escudo Nacional, que dice: Estados Unidos Mexicanos.- Secretaría del Trabajo y Previsión Social

MARIANO PALACIOS ALCOCER, Secretario del Trabajo y Previsión Social, con fundamento en los artículos 16 y 40 fracciones I y XI de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal; 512, 523 fracción I, 524 y 527 último párrafo de la Ley Federal del Trabajo; 3º, fracción XI, 38 fracción II, 40 fracción VII, 41, 43 a 47 y 52 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización; 3º, 4º 95 y 96 del Reglamento Federal de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente de Trabajo, 3º, 5º. y 22 fracciones I, XIII y XV del Reglamento Interior de la Secretaría del Trabajo y Previsión Social, y

#### **CONSIDERANDO**

Que con fecha 25 de mayo de 1994, fue publicada en el **Diario Oficial de la Federación** la Norma Oficial Mexicana NOM-025-STPS-1993, Relativa a los niveles y condiciones de iluminación que deben tener los centros de trabajo;

Que esta Dependencia a mi cargo, con fundamento en el artículo cuarto transitorio, primer párrafo del Reglamento Federal de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente de Trabajo, publicado en el **Diario Oficial de la Federación** el día 21 de enero de 1997, ha considerado necesario realizar diversas modificaciones a la referida Norma Oficial Mexicana, las cuales tienen como finalidad adecuarla a las disposiciones establecidas en el ordenamiento reglamentario mencionado; Que con fecha 25 de agosto de 1998, en cumplimiento de lo previsto en el artículo 46 fracción I de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, la Secretaría del Trabajo y Previsión Social presentó ante el Comité Consultivo Nacional de Normalización de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente Laboral, el Anteproyecto de Modificación de la Norma Oficial Mexicana, y que el 29 de septiembre de 1998 el citado Comité lo consideró correcto y acordó que se publicara como proyecto de modificación en el **Diario Oficial de la Federación**;

Que con objeto de cumplir con los lineamientos contenidos en el Acuerdo para la desregulación de la actividad empresarial, publicado en el **Diario Oficial de la Federación** el 24 de noviembre de 1995, las modificaciones propuestas a la Norma fueron sometidas por la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial a la opinión del Consejo para la Desregulación Económica, y con base en ella se realizaron las adaptaciones procedentes, por lo que dicha dependencia dictaminó favorablemente acerca de las modificaciones contenidas en la presente Norma;

Que con fecha 31 de mayo de 1999, y en cumplimiento del Acuerdo del Comité y de lo previsto en el artículo 47 fracción I de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, se publicó en el **Diario Oficial de la Federación** el Proyecto de Modificación de la presente Norma Oficial Mexicana, a efecto de que, dentro de los siguientes 60 días naturales a dicha publicación, los interesados presentaran sus comentarios al Comité Consultivo Nacional de Normalización de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente Laboral;

Que habiendo recibido comentarios de 3 promoventes, el Comité referido procedió a su estudio y resolvió oportunamente sobre los mismos, publicando esta Dependencia las respuestas respectivas en el **Diario Oficial de la Federación** el 27 de octubre de 1999, en cumplimiento a lo previsto por el artículo 47 fracción III de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización;

Que en atención a las anteriores consideraciones y toda vez que el Comité Consultivo Nacional de Normalización de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente Laboral, otorgó la aprobación respectiva, se expide la siguiente: Norma Oficial Mexicana NOM-025-STPS-1999, Condiciones de iluminación en los centros de trabajo.

#### **ÍNDICE**

1. Objetivo
2. Campo de aplicación
3. Referencias
4. Definiciones
5. Obligaciones del patrón
6. Obligaciones de los trabajadores
7. Niveles de iluminación
8. Reconocimiento
9. Evaluación
10. Control
11. Reporte del estudio
12. Unidades de verificación y laboratorios de prueba
  - Apéndice A      Evaluación de los niveles de iluminación
  - Apéndice B      Evaluación del factor de reflexión
  - Apéndice C      Contenido mínimo de los reportes para unidades de verificación y laboratorios de prueba
13. Vigilancia
14. Bibliografía
15. Concordancia con normas internacionales
  - Transitorios

## **1 Objetivo**

Establecer las características de iluminación en los centros de trabajo, de tal forma que no sea un factor de riesgo para la salud de los trabajadores al realizar sus actividades.

## **2 Campo de aplicación**

La presente Norma rige en todo el territorio nacional y aplica en todos los centros de trabajo.

## **3 Referencias**

Para la correcta interpretación de esta Norma, debe consultarse la siguiente norma oficial mexicana vigente:

NOM-008-SCFI-1993, Sistema general de unidades de medida.

## **4 Definiciones**

Para efectos de esta Norma, se establecen las definiciones siguientes:

- a) área de trabajo: es el lugar del centro de trabajo, donde normalmente un trabajador desarrolla sus actividades.
- b) autoridad del trabajo; autoridad laboral: las unidades administrativas competentes de la Secretaría del Trabajo y Previsión Social, que realicen funciones de inspección en materia de seguridad e higiene en el trabajo y las correspondientes de las entidades federativas y del Distrito Federal, que actúen en auxilio de aquéllas.
- c) brillo: es la intensidad luminosa de una superficie en una dirección dada, por unidad de área proyectada de la misma.
- d) deslumbramiento: es cualquier brillo que produce molestia, interferencia con la visión o fatiga visual.
- e) Iluminación; iluminancia: es la relación de flujo luminoso incidente en una superficie por unidad de área, expresada en lux.
- f) iluminación complementaria: es un alumbrado diseñado para aumentar el nivel de iluminación en un área determinada.
- g) iluminación localizada: es un alumbrado diseñado para proporcionar un aumento de iluminación en el plano de trabajo.
- h) luminaria; luminario: equipo de iluminación que distribuye, filtra o controla la luz emitida por una lámpara o lámparas y el cual incluye todo los accesorios necesarios para fijar, proteger y operar esas lámparas y los necesarios para conectarse al circuito de utilización eléctrica.
- i) luxómetro: es un instrumento para la medición del nivel de iluminación.
- j) nivel de iluminación: cantidad de energía radiante medida en un plano de trabajo donde se desarrollan actividades, expresada en lux.
- k) plano de trabajo: es la superficie horizontal, vertical u oblicua, en la cual el trabajo es usualmente realizado, y cuyos niveles de iluminación deben ser especificados y medidos.
- l) reflexión: es la luz reflejada por la superficie de un cuerpo.
- m) sistema de iluminación: es el conjunto de luminarias destinadas a proporcionar un nivel de iluminación para la realización de actividades específicas.
- n) tarea visual: actividad que debe desarrollarse con determinado nivel de iluminación.

## **5 Obligaciones del patrón**

5.1 Mostrar a la autoridad del trabajo, cuando así lo solicite, los documentos que la presente Norma le obligue a elaborar.

5.2 Efectuar y registrar el reconocimiento, evaluación y control de los niveles de iluminación en todo el centro de trabajo, según lo establecido en los capítulos 8, 9 y 10.

5.3 Informar a todos los trabajadores por escrito, sobre los riesgos que puede provocar el deslumbramiento o un deficiente nivel de iluminación.

5.4 Elaborar el programa de mantenimiento de las luminarias, incluyendo los sistemas de iluminación de emergencia.

5.5 Instalar sistemas de iluminación eléctrica de emergencia, en aquellas áreas del centro de trabajo donde la interrupción de la fuente de luz artificial represente un riesgo.

## **6 Obligaciones de los trabajadores**

6.1 Informar al patrón de las condiciones no seguras, derivadas de la iluminación en su área de trabajo.

6.2 Utilizar los sistemas de iluminación, de acuerdo a las instrucciones del patrón.

6.3 Colaborar en las evaluaciones y observar las medidas de control.

## **7 Niveles de iluminación**

Los niveles mínimos de iluminación que deben presentarse en el plano de trabajo, para cada tipo de tarea visual o área de trabajo, son los establecidos en la tabla 1.

**TABLA 1**  
**NIVELES MÍNIMOS DE ILUMINACIÓN**

<b>TAREA VISUAL DEL PUESTO DE TRABAJO</b>	<b>ÁREA DE TRABAJO</b>	<b>NIVELES MÍNIMOS DE ILUMINACIÓN (LUX)</b>
En exteriores: distinguir el área de tránsito, desplazarse caminando, vigilancia, movimiento de vehículos.	Áreas generales exteriores: patios y estacionamientos.	20
En interiores: distinguir el área de tránsito, desplazarse caminando, vigilancia, movimiento de vehículos.	Áreas generales interiores: almacenes de poco movimiento, pasillos, escaleras, estacionamientos cubiertos, labores en minas subterráneas, iluminación de emergencia.	50
Requerimiento visual simple: inspección visual, recuento de piezas, trabajo en banco y máquina.	Áreas de servicios al personal: almacenaje rudo, recepción y despacho, casetas de vigilancia, cuartos de compresores y pailería.	200
Distinción moderada de detalles: ensamble simple, trabajo medio en banco y máquina, inspección simple, empaque y trabajos de oficina.	Talleres: áreas de empaque y ensamble, aulas y oficinas.	300
Distinción clara de detalles: maquinado y acabados delicados, ensamble e inspección moderadamente difícil, captura y procesamiento de información, manejo de instrumentos y equipo de laboratorio.	Talleres de precisión: salas de cómputo, áreas de dibujo, laboratorios.	500
Distinción fina de detalles: maquinado de precisión, ensamble e inspección de trabajos delicados, manejo de instrumentos y equipo de precisión, manejo de piezas pequeñas.	Talleres de alta precisión: de pintura y acabado de superficies, y laboratorios de control de calidad.	750
Alta exactitud en la distinción de detalles: ensamble, proceso e inspección de piezas pequeñas y complejas y acabado con pulidos finos.	Áreas de proceso: ensamble e inspección de piezas complejas y acabados con pulido fino.	1,000
Alto grado de especialización en la distinción de detalles.	Áreas de proceso de gran exactitud.	2,000

## **8 Reconocimiento**

8.1 El propósito del reconocimiento, es determinar las áreas y puestos de trabajo que cuenten con una deficiente iluminación o que presenten deslumbramiento, para lo cual se deben considerar los reportes de los trabajadores y realizar un recorrido por todas las áreas del centro de trabajo donde haya trabajadores, así como recabar la información técnica y administrativa que permita seleccionar las áreas y puestos de trabajo por evaluar.

8.2 La información que debe recabarse y registrarse es la siguiente:

- a. plano de distribución de áreas, luminarias, maquinaria y equipo;
- b. descripción del proceso de trabajo;
- c. descripción de los puestos de trabajo;
- d. número de trabajadores por área de trabajo.

## 9 Evaluación

9.1 A partir de los registros del reconocimiento, se debe realizar la evaluación de los niveles de iluminación, de acuerdo a lo establecido en el apéndice A, en las áreas o puestos de trabajo.

9.2 Determinar el factor de reflexión en las áreas y puestos de trabajo, según lo establecido en el apéndice B y compararlo contra los niveles máximos permisibles del factor de reflexión de la tabla 2.

**TABLA 2**

### NIVELES MÁXIMOS PERMISIBLES DEL FACTOR DE REFLEXIÓN

CONCEPTO	NIVELES MÁXIMOS PERMISIBLES DE REFLEXIÓN $K_f$
TECHOS	90 %
PAREDES	60 %
PLANO DE TRABAJO	50 %
SUELOS	50 %

NOTA: Se considera que existe deslumbramiento en las áreas y puestos de trabajo, cuyo  $K_f$  supere los valores establecidos en esta tabla.

9.3 La evaluación de los niveles de iluminación debe realizarse en una jornada laboral bajo condiciones normales de operación. Se puede hacer por áreas de trabajo, puestos de trabajo o una combinación.

9.4 La evaluación debe realizarse y registrarse al menos cada dos años, o antes si se modifican las tareas visuales, el área de trabajo o los sistemas de iluminación.

## 10 Control

10.1 Si en el resultado de la evaluación se detectaron áreas o puestos de trabajo que deslumbren al trabajador, se deben aplicar medidas de control para evitar que el deslumbramiento lo afecte.

10.2 Si en el resultado de la evaluación se observa que los niveles de iluminación en los puntos de medición para las tareas visuales o áreas de trabajo están por debajo de los niveles indicados en la tabla 1, o que los factores de reflexión estén por encima de lo establecido en la tabla 2, se debe dar mantenimiento, modificar el sistema de iluminación o su distribución, y en caso necesario, instalar la iluminación complementaria o localizarla donde se requiera de una mayor iluminación, para lo cual se deben considerar los siguientes aspectos:

- a. evitar el deslumbramiento directo o por reflexión al trabajador;

- b. seleccionar un fondo visual adecuado a las actividades de los trabajadores;
- c. evitar bloquear la iluminación durante la realización de la actividad;
- d. evitar las zonas donde existan cambios bruscos de iluminación.

10.3 Se debe elaborar y cumplir un programa de implantación de las medidas de control a desarrollar.

10.4 Una vez que se han realizado las medidas de control, se tiene que realizar una nueva evaluación, para verificar que las nuevas condiciones de iluminación cumplen con lo establecido en esta Norma.

## 11 Reporte del estudio

Se debe elaborar y mantener un reporte que contenga la información recabada en el reconocimiento, los documentos que lo complementen, los datos obtenidos durante la evaluación y al menos la siguiente información:

- a. informe descriptivo de las condiciones normales de operación, en las cuales se realizó la evaluación, incluyendo las descripciones del proceso, instalaciones, puestos de trabajo y el número de trabajadores expuestos por área y puesto de trabajo;
- b. plano de distribución del área evaluada, en el que se indique la ubicación de los puntos de medición;
- c. resultados de la medición de los niveles de iluminación;
- d. comparación e interpretación de los resultados obtenidos, contra lo establecido en las tablas 1 y 2;
- e. hora en que se efectuaron las mediciones;
- f. programa de mantenimiento;
- g. copia del documento que avale la calibración del luxómetro expedida por un laboratorio acreditado y aprobado conforme a la Ley Federal sobre Metrología y Normalización;
- h. conclusión técnica del estudio;
- i. las medidas de control a desarrollar y el programa de implantación;
- j. nombre y firma del responsable del estudio;
- k. resultados de las evaluaciones hasta cumplir con lo establecido en las tablas 1 y 2.

## 12 Unidades de verificación y laboratorios de prueba

12.1 El patrón tiene la opción de contratar una unidad de verificación o laboratorio de prueba, acreditado y aprobado, según lo establecido en la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, para verificar o evaluar esta Norma.

12.2 Los laboratorios de pruebas solamente pueden evaluar lo referente al reconocimiento y evaluación, establecidos en los capítulos 8 y 9 de esta Norma.

12.3 Las unidades de verificación pueden comprobar el cumplimiento de esta Norma, verificando los apartados 5.2, 5.3 y 5.4.

12.4 La unidad de verificación o laboratorio de prueba debe entregar al patrón sus resultados de acuerdo con el listado correspondiente del apéndice C.

12.5 La vigencia de los dictámenes emitidos por las unidades de verificación y de los reportes de los laboratorios de prueba será de dos años, a menos que las tareas visuales, áreas de trabajo o sistemas de iluminación se modifiquen.

## APÉNDICE A

### EVALUACIÓN DE LOS NIVELES DE ILUMINACIÓN

#### A.1 Objetivo

Evaluar los niveles de iluminación en las áreas y puestos de trabajo seleccionados.

#### A.2 Metodología

De acuerdo con la información obtenida durante el reconocimiento, se establecerá la ubicación de los puntos de medición de las áreas de trabajo seleccionadas, donde se evaluarán los niveles de iluminación.

A.2.1 Cuando se utilice iluminación artificial, antes de realizar las mediciones, se debe de cumplir con lo siguiente:

- a. encender las lámparas con antelación, permitiendo que el flujo de luz se estabilice; si se utilizan lámparas de descarga, incluyendo lámparas fluorescentes, se debe esperar un período de 20 minutos antes de iniciar las lecturas. Cuando las lámparas fluorescentes se encuentren montadas en luminarias cerradas, el período de estabilización puede ser mayor;
- b. en instalaciones nuevas con lámparas de descarga o fluorescentes, se debe esperar un período de 100 horas de operación antes de realizar la medición;
- c. los sistemas de ventilación deben operar normalmente, debido a que la iluminación de las lámparas de descarga y fluorescentes presentan fluctuaciones por los cambios de temperatura.

A.2.2 Cuando se utilice exclusivamente iluminación natural, se debe realizar al menos una medición por cada área o puesto de trabajo.

A.2.3 Ubicación de los puntos de medición.

Los puntos de medición deben seleccionarse en función de las necesidades y características de cada centro de trabajo, de tal manera que describan el entorno ambiental de la iluminación de una forma confiable, considerando: el proceso de producción, la ubicación de las luminarias y de las áreas y puestos de trabajo, y la posición de la maquinaria y equipo.

A.2.3.1 Las áreas de trabajo se deben dividir en zonas del mismo tamaño, de acuerdo a lo establecido en la columna A (número mínimo de zonas a evaluar) de la tabla A1, y realizar la medición en el lugar donde haya mayor concentración de trabajadores o en el centro geométrico de cada una de estas zonas; en caso de que los puntos de medición coincidan con los puntos focales de las luminarias, se debe considerar el número de zonas de evaluación de acuerdo a lo establecido en la columna B, (número mínimo de zonas a considerar por la limitación) de la tabla A1. En caso de coincidir nuevamente el centro geométrico de cada zona de evaluación con la ubicación del punto focal de la luminaria, se debe mantener el número de zonas previamente definido.

#### TABLA A1

#### RELACIÓN ENTRE EL ÍNDICE DE ÁREA Y EL NÚMERO DE ZONAS DE MEDICIÓN

ÍNDICE DE ÁREA	A) NUMERO MÍNIMO DE ZONAS A EVALUAR	B) NUMERO DE ZONAS A CONSIDERAR POR LA LIMITACIÓN
IC < 1	4	6
1 ≤ IC < 2	9	12
2 ≤ IC < 3	16	20
3 ≤ IC	25	30

El valor del índice de área, para establecer el número de zonas a evaluar, está dado por la siguiente ecuación:

$$IC = \frac{(x)(y)}{h(x+y)}$$

donde:

IC = índice del área.

x, y = dimensiones del área (largo y ancho), en metros.

h = altura de la luminaria respecto al plano de trabajo, en metros.

En pasillos o escaleras, el plano de trabajo por evaluar debe ser en un plano horizontal a 75 cm ± 10 cm, sobre el nivel del piso, realizando mediciones en los puntos medios entre luminarias contiguas.

A.2.4 En el puesto de trabajo se debe realizar al menos una medición en cada plano de trabajo, colocando el luxómetro tan cerca como sea posible del plano de trabajo, y tomando precauciones para no proyectar sombras ni reflejar luz adicional sobre el luxómetro

### A.3 Instrumentación

A.3.1 Se debe usar un luxómetro que cuente con:

- detector para medir iluminación;
- corrección cosenoidal;
- corrección de color, detector con una desviación máxima de ± 5% respecto a la respuesta espectral fotópica;
- exactitud de ± 5%.

A.3.2 Se debe ajustar y operar el luxómetro al inicio y durante la evaluación, de acuerdo al manual del fabricante. A.3.3 El luxómetro deberá estar calibrado y contar con el documento de calibración vigente, de acuerdo a lo establecido en la Ley Federal sobre Metrología y Normalización.

## APÉNDICE B

### EVALUACIÓN DEL FACTOR DE REFLEXIÓN

#### B.1 Objetivo

Evaluar el factor de reflexión de las superficies en áreas y puestos de trabajo seleccionados.

## B.2 Metodología

Los puntos de medición deben ser los mismos que se establecen en el apéndice A.

### B.2.1 Cálculo del factor de reflexión de las superficies:

a) se efectúa una primera medición ( $E_1$ ), con la fotocelda del luxómetro colocada de cara a la superficie, a una distancia de  $10 \text{ cm} \pm 2 \text{ cm}$ , hasta que la lectura permanezca constante;

b) la segunda medición ( $E_2$ ), se realiza con la fotocelda orientada en sentido contrario y apoyada en la superficie, con el fin de medir la luz incidente;

c) el factor de reflexión de la superficie ( $K_f$ ) se determina con la siguiente ecuación:

$$K_f = \frac{E_1}{E_2}(100)$$

## APÉNDICE C

### CONTENIDO MÍNIMO DE LOS REPORTES PARA UNIDADES DE VERIFICACIÓN Y LABORATORIOS DE PRUEBA

#### C.1.1 Datos del centro de trabajo:

- a. nombre, denominación o razón social;
- b. domicilio completo;
- c. nombre y firma del representante legal.

#### C.1.2 Datos de la unidad de verificación:

- a. nombre, denominación o razón social;
- b. número de registro otorgado por la entidad de acreditación;
- c. número de aprobación otorgado por la STPS;
- d. fecha en que se otorgó la acreditación y aprobación;
- e. determinación del grado de cumplimiento del centro de trabajo con la presente Norma y en su caso, salvedades que determine la unidad de verificación;
- f. resultados de la verificación;
- g. nombre y firma del representante legal;
- h. lugar y fecha de la firma del dictamen;
- i. vigencia del dictamen.

## C.2 Para el reporte de laboratorios de prueba

### C.2.1 Datos del centro de trabajo:

- a. nombre, denominación o razón social;

- b. domicilio completo;
- c. nombre y firma del representante legal.

#### C.2.2 Datos del laboratorio de pruebas:

- a. nombre, denominación o razón social;
- b. número de registro otorgado por la entidad de acreditación;
- c. número de aprobación otorgado por la STPS;
- d. fecha en que se otorgó la acreditación y aprobación;
- e. contenido del estudio, de acuerdo a lo establecido en el capítulo 11, a excepción de las medidas de control a desarrollar y el programa de implantación.
- f. resultados de la evaluación;
- g. nombre y firma del representante legal;
- h. lugar y fecha de la firma del reporte;
- i. vigencia del reporte.

### 13 Vigilancia

La vigilancia en el cumplimiento de la presente Norma, corresponde a la Secretaría del Trabajo y Previsión Social.

### 14 Bibliografía

- a) Ley Federal sobre Metrología y Normalización, publicada en el **Diario Oficial de la Federación** el 1° de julio de 1992, México.
- b) Reglamento Federal de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente de Trabajo, publicado en el **Diario Oficial de la Federación** del 21 de enero de 1997, México.
- c) Conocimientos Básicos de Higiene y Seguridad en el Trabajo, Ruíz Iturregui, José Ma., Editorial Deusto, 1978, Madrid, España.
- d) Encyclopaedia of Occupational Health and Safety, International Labour Office, Geneva. Third Edition 1983, Fourth Impresión, 1991.
- e) Física General, Zemanski, Mark W., Sears, Francis W. Editorial Aguilar, 1966, México.
- f) Guide on Interior Lighting, 2° edition, International Commision On Illumination. CIE 29.2 86, 1998, Viena, Austria.
- g) I.E.S. Lighting Handbook. 1995, Illuminating Engineering, Society, USA.
- h) Iluminación Interna, Vittorio Re. Editorial MARCOMBO, S.A., 1979, Barcelona España.
- i) Luminotécnia, Enciclopedia CEAC de Electricidad. Dr. Ramírez V., José, Editorial CEAC, S.A., 1972, México.
- j) Manual de Ingeniería, Perry, J.H.; Perry, R.H. Editorial Labor, S.A., 1966, Madrid, España.

k) Manual del Alumbrado, Westinghouse. Editorial Dossat, S.A., 1985, Madrid, España.

l) Principios de Iluminación y Niveles de Iluminación en México. Sociedad Mexicana de Ingeniería e Iluminación, Asociación Civil. Revista Ingeniería de Iluminación, mayo-junio 1967, México.

m) The Industrial Environment. Its Evaluation & Control. U.S. Departemnet of Health, Education, and Welfare Public Health Service; Center for Disease Control; National Institute for Occupational Safety and Health, 1973, USA.

### 15. Concordancia con normas internacionales

Esta Norma no concuerda con ninguna norma internacional, por no existir referencia alguna al momento de su elaboración.

#### Transitorios

**PRIMERO.-** La presente Norma Oficial Mexicana entrará en vigor a los dos meses posteriores a su publicación en el **Diario Oficial de la Federación**.

**SEGUNDO.-** Durante el lapso señalado en el artículo anterior, los patrones cumplirán con la Norma Oficial Mexicana NOM-025-STPS-1993, Relativa a los niveles y condiciones de iluminación que deben tener los centros de trabajo, o bien realizarán las adaptaciones para observar las disposiciones de la presente Norma Oficial Mexicana y, en este último caso, las autoridades del trabajo proporcionarán a petición de los patrones interesados, asesoría y orientación para instrumentar su cumplimiento, sin que los patrones se hagan acreedores a sanciones por el incumplimiento de la Norma en vigor.

Sufragio Efectivo. No Reelección.

México, Distrito Federal, a los ocho días del mes de diciembre de mil novecientos noventa y nueve.- El Secretario del Trabajo y Previsión Social, **Mariano Palacios Alcocer**.-Rúbrica.

### Normas Oficiales Mexicanas sobre Seguridad e Higiene

#### NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-011-STPS-2001, CONDICIONES DE SEGURIDAD E HIGIENE EN LOS CENTROS DE TRABAJO DONDE SE GENERE RUIDO

**CARLOS MARIA ABASCAL CARRANZA**, Secretario del Trabajo y Previsión Social, con fundamento en los artículos 16 y 40, fracciones I y XI de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal; 512, 523, fracción I, 524 y 527, último párrafo de la Ley Federal del Trabajo; 3º, fracción XI, 38, fracción II, 40, fracción VII, 41, 43 a 47 y 52 de la Ley Federal sobre Metrología Normalización; 28 y 34 del Reglamento de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización; 3º, 4º y 76 a 78 del Reglamento Federal de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente de Trabajo; 3º, 5º y 22, fracciones III, VIII y XVII del Reglamento Interior de la Secretaría del Trabajo y Previsión Social, y

#### CONSIDERANDO

Que con fecha 06 de julio de 1994, fue publicada en el **Diario Oficial de la Federación** la Norma Oficial Mexicana NOM-011-STPS-1993, Relativa a las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se genere ruido;

Que esta Dependencia a mi cargo, con fundamento en el artículo Cuarto

Transitorio, primer párrafo del Reglamento Federal de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente de Trabajo, publicado en el **Diario Oficial de la Federación** el 21 de enero de 1997, ha considerado necesario realizar diversas modificaciones a la referida Norma Oficial Mexicana, las cuales tienen como finalidad adecuarla a las disposiciones establecidas en el ordenamiento reglamentario mencionado; Que con fecha 26 de septiembre de 2000, en cumplimiento de lo previsto en el artículo 46, fracción I de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, la Secretaría del Trabajo y Previsión Social presentó ante el Comité Consultivo Nacional de Normalización de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente Laboral, el Anteproyecto de Modificación de la presente Norma Oficial Mexicana, y que el citado Comité lo consideró correcto y acordó que se publicara como Proyecto en el **Diario Oficial de la Federación**;

Que con objeto de cumplir con lo dispuesto en los artículos 69-E y 69-H de la Ley Federal de Procedimiento Administrativo, el Anteproyecto correspondiente fue sometido a la consideración de la Comisión Federal de Mejora Regulatoria, la que dictaminó favorablemente en relación al mismo;

Que con fecha 4 de mayo de 2001, en cumplimiento del Acuerdo del Comité y de lo previsto en el artículo 47, fracción I de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, se publicó en el **Diario Oficial de la Federación** el Proyecto de Modificación de la presente Norma Oficial Mexicana, a efecto de que, dentro de los 60 días naturales a dicha publicación, los interesados presentaran sus comentarios al Comité Consultivo Nacional de Normalización de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente Laboral;

Que habiendo recibido comentarios de cuatro promoventes, el Comité referido procedió a su estudio y resolvió oportunamente sobre los mismos, publicando esta Dependencia las respuestas respectivas en el **Diario Oficial de la Federación** el 27 de diciembre de 2001, en cumplimiento a lo previsto por el artículo 47, fracción III de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización;

Que en atención a las anteriores consideraciones y toda vez que el Comité Consultivo Nacional de Normalización de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente Laboral, otorgó la aprobación respectiva, se expide la siguiente:

**NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-011-STPS-2001, CONDICIONES DE SEGURIDAD E HIGIENE EN LOS CENTROS DE TRABAJO DONDE SE GENERE RUIDO**

Índice

- 1 Objetivo
- 2 Campo de aplicación
- 3 Referencias
- 4 Definiciones, magnitudes, abreviaturas y unidades
- 5 Obligaciones del patrón
- 6 Obligaciones del trabajador
- 7 Límites máximos permisibles de exposición a ruido
- 8 Programa de conservación de la audición
- 9 Centros de trabajo de nueva creación o modificación de procesos en los centros de trabajo existentes
- 10 Unidades de verificación y laboratorios de pruebas

- APENDICE <sup>A</sup> LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES DE EXPOSICION
- APENDICE <sup>B</sup> DETERMINACION DEL NIVEL DE EXPOSICION A RUIDO
- APENDICE <sup>C</sup> DETERMINACION DEL NIVEL DE PRESION ACUSTICA, EN BANDAS DE OCTAVA
- APENDICE <sup>D</sup> SELECCION DEL EQUIPO DE PROTECCION PERSONAL AUDITIVA

11 Vigilancia

12 Bibliografía

13 Concordancia con normas internacionales

Guía de referencia I Vigilancia a la salud

1. Objetivo

Establecer las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se genere ruido que por sus características, niveles y tiempo de acción, sea capaz de alterar la salud de los trabajadores; los niveles máximos y los tiempos máximos permisibles de exposición por jornada de trabajo, su correlación, y la implementación de un programa de conservación de la audición.

2. Campo de aplicación

Esta Norma rige en todo el territorio nacional y aplica en todos los centros de trabajo en los que exista exposición del trabajador a ruido.

3. Referencias

Para la correcta interpretación de esta Norma, deben consultarse las siguientes normas oficiales mexicanas vigentes:

NOM-017-STPS-1993, Relativa al equipo de protección personal para los trabajadores en los centros de trabajo.

NOM-026-STPS-1998, Colores y señales de seguridad e higiene, e identificación de riesgos por fluidos conducidos en tuberías.

4. Definiciones, magnitudes, abreviaturas y unidades

4.1 Definiciones.

Para efectos de esta Norma, se establecen las siguientes definiciones:

4.1.1 **Audiómetro:** es un generador electroacústico de sonidos, utilizado para determinar el umbral de audición de la persona bajo evaluación.

4.1.2 **Autoridad del trabajo; autoridad laboral:** las unidades administrativas competentes de la Secretaría del Trabajo y Previsión Social, que realicen funciones de inspección en materia de seguridad e higiene en el trabajo y las correspondientes de las entidades federativas y del Distrito Federal, que actúen en auxilio de aquéllas.

4.1.3 **Banda de octava:** es el intervalo de frecuencia del espectro acústico donde el límite superior del intervalo es el doble del límite inferior, agrupado en un filtro electrónico normalizado, cuya frecuencia central denomina la banda.

4.1.4 **Calibrador acústico normalizado; calibrador acústico:** es un instrumento utilizado para verificar, en el lugar de la medición, la exactitud de la respuesta acústica de los instrumentos de medición acústica, y que satisface las

especificaciones de alguna norma de referencia declarada por el fabricante.

**4.1.5 Condiciones normales de operación:** es la situación en que se realizan las actividades y que representan una jornada laboral típica en cada centro de trabajo.

**4.1.6 Decibel:** es una unidad de relación entre dos cantidades utilizada en acústica, y que se caracteriza por el empleo de una escala logarítmica de base 10. Se expresa en dB.

**4.1.7 Diagnóstico anatomo-funcional:** es un diagnóstico médico basado en el análisis de las características anatómicas y funcionales del trabajador derivadas de una enfermedad.

**4.1.8 Diagnóstico etiológico:** es el diagnóstico médico que establece las causas de una enfermedad.

**4.1.9 Diagnóstico nosológico:** es el diagnóstico médico basado en los signos y síntomas manifestados por el enfermo.

**4.1.10 Espectro acústico:** es la representación del nivel de presión acústica de los componentes en frecuencia de un sonido complejo, que puede medirse en bandas de octava u otras representaciones de filtros normalizados. Se expresa en dB, ya sea por banda de octava, total o de la representación seleccionada.

**4.1.11 Exposición a ruido:** es la interrelación del agente físico ruido y el trabajador en el ambiente laboral.

**4.1.12 Frecuencia:** es el número de ciclos por unidad de tiempo. Su unidad es el Hertz (Hz).

**4.1.13 Medidas administrativas:** manera de cumplir con los límites máximos permisibles de exposición, modificando el tiempo y frecuencia de permanencia del trabajador en cada zona de exposición.

**4.1.14 Medidor personal de exposición a ruido normalizado; medidor personal de exposición a ruido:** instrumento que integra una función del nivel de presión acústica durante un periodo de medición establecido, el cual puede ser hasta de 8 horas, y que satisface las especificaciones de alguna norma de referencia declarada por el fabricante.

**4.1.15 Medio sistematizado:** es un método o procedimiento empleado para estructurar y organizar la información registrada a través de un ordenador y procesador de información electrónico.

**4.1.16 Monitoreo de efecto a la salud:** es la medida y evaluación de daño a la salud, debido a la exposición a ruido en tejidos y órganos.

**4.1.17 Nivel:** es el logaritmo de la razón de dos cantidades del mismo tipo, siendo la del denominador usada como referencia. Se expresa en dB.

**4.1.18 Nivel de exposición a ruido (NER):** es el nivel sonoro "A" promedio referido a una exposición de 8 horas.

**4.1.19 Nivel de presión acústica (NPA):** es igual a 20 veces el logaritmo decimal de la relación entre una presión acústica instantánea y una presión acústica de referencia determinada, según se expresa en la siguiente ecuación:

$$NPA = 20 \log_{10} \frac{p}{p_0}$$

donde:

p es la presión acústica instantánea

$p_0$  es la presión acústica de referencia = 20  $\mu$ Pa

4.1.20 **Nivel de ruido efectivo en ponderación A (NRE):** es el valor de ruido no atenuado por el equipo de protección auditiva.

4.1.21 **Nivel sonoro "A" ( $NS_A$ ):** es el nivel de presión acústica instantánea medido con la red de ponderación "A" de un sonómetro normalizado.

4.1.22 **Nivel sonoro continuo equivalente "A" ( $NSCE_{A,T}$ ):** es la energía media integrada a través de la red de ponderación "A" a lo largo del período de medición, según se expresa en la siguiente ecuación:

$$NSCE_{AT} = 10 \log \left[ \left( \frac{1}{t_2 - t_1} \right) \int_{t_1}^{t_2} \frac{p_a^2(t)}{p_0^2} dt \right]$$

donde:

$p_A$  es la presión acústica "A" instantánea

$p_0$  es la presión acústica de referencia = 20  $\mu$ Pa

T es el tiempo total de medición =  $t_2 - t_1$

$t_1$  es el tiempo inicial de medición

$t_2$  es el tiempo final de medición

NOTA: Cuando T es igual a 8 horas, el  $NSCE_{A,T}$  es igual al NER.

4.1.23 **Nivel sonoro criterio:** es el  $NS_A$  de 90 dB(A) para una jornada laboral de 8 horas.

4.1.24 **Observador:** es la persona que efectúa la medición de los niveles de ruido:  $NS_A$ ,  $NSCE_{A,T}$  y NPA y registra su magnitud.

4.1.25 **Pantalla contra viento:** es un accesorio que se adapta sobre el micrófono del equipo de medición de ruido, para minimizar las variaciones en la medición causadas por la incidencia del viento sobre el micrófono.

4.1.26 **Período de observación:** es el tiempo durante el cual el observador mide los niveles de ruido.

4.1.27 **Porcentaje de dosis (D):** número que proporciona el medidor personal de exposición a ruido y que resulta de la integración de los niveles sonoros "A", durante el período de medición T.

4.1.28 **Presión acústica de referencia:** es el valor de la medición de ruido en aire, que equivale a 20  $\mu$ Pa.

4.1.29 **Puesto fijo de trabajo:** es el lugar específico en que el trabajador realiza un conjunto de actividades durante un tiempo, de tal manera que el trabajador permanece relativamente estacionario en relación a su lugar de trabajo.

4.1.30 **Reconocimiento:** es la actividad previa a la evaluación, cuyo objetivo es recabar información confiable que permita determinar el método de evaluación a emplear y jerarquizar las zonas del local de trabajo donde se efectuará la evaluación.

4.1.31 **Redes de ponderación:** son filtros electrónicos normalizados de corrección en frecuencia, que aproxima su respuesta a los niveles fisiológicos de la curva de audición humana y que están incluidos en el instrumento de medición de sonidos.

4.1.32 **Respuesta dinámica:** es la velocidad de respuesta normalizada que puede ser elegida en los instrumentos de medición de sonido, para los cambios de presión acústica. Se denomina: LENTA, RAPIDA, IMPULSO o PICO.

4.1.33 **Ruido**: son los sonidos cuyos niveles de presión acústica, en combinación con el tiempo de exposición de los trabajadores a ellos, pueden ser nocivos a la salud del trabajador.

4.1.34 **Ruido estable**: es aquel que se registra con variaciones en su nivel sonoro "A" dentro de un intervalo de 5 dB(A).

4.1.35 **Ruido impulsivo**: es aquel ruido inestable que se registra durante un período menor a un segundo.

4.1.36 **Ruido inestable**: es aquel que se registra con variaciones en su nivel sonoro "A" con un intervalo mayor a 5 dB(A).

4.1.37 **Sonido**: es una vibración acústica capaz de producir una sensación audible.

4.1.38 **Sonómetro normalizado; sonómetro**: es un instrumento para medir el nivel de presión acústica y que satisface las especificaciones de alguna norma de referencia declarada por el fabricante.

4.1.39 **Sonómetro integrador normalizado; sonómetro integrador**: es un instrumento que integra una función del nivel de presión acústica durante el período de medición y que satisface las especificaciones de alguna norma de referencia declarada por el fabricante.

4.1.40 **Tasa de intercambio**: es la razón de cambio del nivel sonoro "A" para conservar la cantidad de energía acústica recibida por un trabajador, cuando la duración de la exposición se duplica o se reduce a la mitad. La razón de cambio es igual a 3 dB(A).

4.1.41 **Tiempo máximo permisible de exposición (TMPE)**: es el tiempo bajo el cual la mayoría de los trabajadores pueden permanecer expuestos sin sufrir daños a la salud.

4.2 Magnitudes, abreviaturas y unidades.

MAGNITUD	ABREVIATURA	UNIDAD
Nivel de exposición a ruido	NER	dB (A)
Nivel de presión acústica	NPA	dB
Nivel sonoro "A"	NS <sub>A</sub>	dB (A)
Nivel sonoro continuo equivalente "A"	NSCE <sub>A,T</sub>	dB (A)
Tiempo máximo permisible de exposición	TMPE	horas o minutos

NOTA: dB y dB(A) están referidos a 20 µPa

5. Obligaciones del patrón

5.1 Mostrar a la autoridad del trabajo, cuando ésta así se lo solicite, la documentación que la presente Norma le obligue a elaborar o poseer.

5.2 Contar con el reconocimiento y evaluación de todas las áreas del centro de trabajo donde haya trabajadores y cuyo NS<sub>A</sub> sea igual o superior a 80 dB(A),

incluyendo sus características y componentes de frecuencia, conforme a lo establecido en los Apéndices B y C.

5.3 Verificar que ningún trabajador se exponga a niveles de ruido mayores a los límites máximos permisibles de exposición a ruido establecidos en el Apéndice A. En ningún caso, debe haber exposición sin equipo de protección personal auditiva a más de 105 dB(A).

5.4 Proporcionar el equipo de protección personal auditiva, de acuerdo a lo establecido en la NOM-017-STPS-1993, a todos los trabajadores expuestos a  $NS_A$  igual o superior a 85 dB(A).

5.5 El programa de conservación de la audición aplica en las áreas del centro de trabajo donde se encuentren trabajadores expuestos a niveles de 85 dB(A) y mayores.

5.6 Implantar, conservar y mantener actualizado el programa de conservación de la audición, necesario para el control y prevención de las alteraciones de la salud de los trabajadores, según lo establecido en el Capítulo 8.

5.7 Vigilar la salud de los trabajadores expuestos a ruido e informar a cada trabajador sus resultados.

5.8 Informar a los trabajadores y a la comisión de seguridad e higiene del centro de trabajo, de las posibles alteraciones a la salud por la exposición a ruido, y orientarlos sobre la forma de evitarlas o atenuarlas.

6. Obligaciones del trabajador

6.1 Colaborar en los procedimientos de evaluación y observar las medidas del Programa de Conservación de la Audición.

6.2 Someterse a los exámenes médicos necesarios de acuerdo al Programa de Conservación de la Audición.

6.3 Utilizar el equipo de protección personal auditiva proporcionado por el patrón, de acuerdo a las instrucciones para su uso, mantenimiento, limpieza, cuidado, reemplazo y limitaciones.

7. Límites máximos permisibles de exposición a ruido

7.1 Los límites máximos permisibles de exposición a ruido se establecen en el Apéndice A.

7.2 Cálculo para el tiempo de exposición. Cuando el NER en los centros de trabajo, esté entre dos de las magnitudes consignadas en la Tabla A.1, (90 y 105 dB "A"), el tiempo máximo permisible de exposición, se debe calcular con la ecuación siguiente:

$$TMPE = \frac{8}{2^{\frac{NER - 90}{3}}}$$

7.3 Cuando el NER sea superior a 105 dB(A), se deben implementar una o más de las medidas de control descritas en el inciso a) del Apartado 8.7.1.

8. Programa de conservación de la audición

El programa debe tomar en cuenta la naturaleza del trabajo; las características de las fuentes emisoras (magnitud y componentes de frecuencia del ruido); el tiempo y la frecuencia de exposición de los trabajadores; las posibles alteraciones a la salud, y los métodos generales y específicos de prevención y control.

8.1 El programa de conservación de la audición debe incluir los elementos

siguientes:

evaluación del  $NS_A$  promedio o del  $NSCE_{A,T}$  y la determinación del NER;

evaluación del NPA en bandas de octava;

equipo de protección personal auditiva;

capacitación y adiestramiento;

vigilancia a la salud;

control;

documentación correspondiente a cada uno de los elementos indicados.

8.2 Evaluación del  $NS_A$  promedio o del  $NSCE_{A,t}$  y la determinación del NER. Los requisitos de la evaluación del  $NS_A$  promedio o del  $NSCE_{A,T}$  deben cumplir con lo establecido en el Apéndice B y conforme al esquema siguiente:

8.2.1 Reconocimiento:

identificar las áreas y fuentes emisoras, usando durante el recorrido un sonómetro para conocer el  $NS_A$  instantáneo;

identificar a los trabajadores con exposición potencial a ruido;

seleccionar el método para efectuar la evaluación de la exposición a ruido en las áreas de trabajo;

determinar la instrumentación de acuerdo al método seleccionado para efectuar la evaluación de la exposición a ruido en las áreas de trabajo.

8.2.2 Evaluación:

emplear los métodos de evaluación e instrumentos de medición establecidos en el Apéndice B;

determinar los NER, aplicando cualquiera de los métodos establecidos en el Apéndice B;

asentar los resultados en la documentación del programa de conservación de la audición;

cuando las exposiciones a ruido igualen o excedan el NER de 80 dB(A), el reconocimiento y evaluación del NER se repetirá cada dos años o dentro de los noventa días posteriores a un cambio de producción, procesos, equipos, controles u otros cambios, que puedan ocasionar variaciones en los resultados del estudio anterior.

8.3 Evaluación del NPA en bandas de octava.

8.3.1 La evaluación de los NPA debe cumplir con lo establecido en el Apéndice C y conforme al esquema siguiente:

8.3.1.1 Reconocimiento: Identificar las áreas con  $NS_A$  mayor o igual a 80 dB(A) y en donde la exposición a ruido de los trabajadores sea representativa.

8.3.1.2 Evaluación:

emplear los métodos de evaluación e instrumentos de medición señalados en el Apéndice C;

cuantificar los NPA y asentar los resultados en la documentación del programa; el reconocimiento y evaluación de los NPA se repetirá cada dos años o dentro de los noventa días posteriores a un cambio de producción, procesos, equipos, controles u otros cambios, que puedan ocasionar variaciones en los resultados del estudio.

8.4 Equipo de protección personal auditiva.

8.4.1 Cuando se utilice equipo de protección personal auditiva, se debe

considerar el factor de reducción R o nivel de ruido efectivo en ponderación A (NRE) que proporcione dicho equipo, mismo que debe contar con la debida certificación. En caso de no existir un organismo de certificación el fabricante o proveedor debe expedir la garantía del equipo de protección personal estableciendo el nivel de atenuación de ruido.

8.4.2 Para determinar el factor de reducción R o el NRE, se debe utilizar cualquiera de los métodos establecidos en el Apéndice D.

8.4.3 Contar con los procedimientos siguientes:

de selección técnica y médica;

de capacitación de los trabajadores en su uso, mantenimiento, limpieza, cuidado, reemplazo y limitaciones;

de supervisión de su uso por parte de los trabajadores.

8.4.4 Toda persona que ingrese a las áreas con señalamientos de uso obligatorio de equipo de protección personal auditiva deberá ingresar con dicho equipo.

8.5 Capacitación y adiestramiento.

8.5.1 Los trabajadores expuestos a NER iguales o superiores a 80 dB(A) deben ser instruidos respecto a las medidas de control, mediante un programa de capacitación acerca de los efectos a la salud, niveles máximos permisibles de exposición, medidas de protección y de exámenes audiométricos y sitios de trabajo que presenten condiciones críticas de exposición.

8.5.2 La información proporcionada en el programa de capacitación debe ser actualizada, incluyendo prácticas de trabajo y del uso, cuidado, mantenimiento, limpieza, reemplazo y limitaciones de los equipos de protección auditiva.

8.6 Vigilancia a la salud.

El patrón debe llevar a cabo exámenes médicos anuales específicos a cada trabajador expuesto a niveles de ruido de 85 dB(A) y mayores, según lo que establezcan las normas oficiales mexicanas que al respecto emita la Secretaría de Salud y observar las medidas que en esas normas se establezcan. En caso de no existir normatividad de la Secretaría de Salud, el médico de empresa determinará el tipo de exámenes médicos que se realizarán, su periodicidad y las medidas a aplicar, tomando en cuenta la susceptibilidad del trabajador. Se podrá usar la Guía de Referencia I, no obligatoria.

8.7 Control.

8.7.1 Cuando el NER supere los límites máximos permisibles de exposición establecidos en la Tabla A.1, se deben aplicar una o varias de las medidas de control siguientes, para mantener la exposición dentro de lo permisible:

medidas técnicas de control, consistentes en:

efectuar labores de mantenimiento preventivo y correctivo de las fuentes generadoras de ruido;

sustitución o modificación de equipos o procesos;

reducción de las fuerzas generadoras del ruido;

modificar los componentes de frecuencia con mayor posibilidad de daño a la salud de los trabajadores;

distribución planificada y adecuada, del equipo en la planta;

acondicionamiento acústico de las superficies interiores de los recintos;

instalación de cabinas, envolventes o barreras totales o parciales, interpuestas

entre las fuentes sonoras y los receptores;  
tratamiento de las trayectorias de propagación del ruido y de las vibraciones, por aislamientos de las máquinas y elementos;  
Implementar medidas administrativas de control, como:  
manejo de los tiempos de exposición;  
programación de la producción;  
otros métodos administrativos.

8.7.2 Las medidas de control que se adopten deben de estar sustentadas por escrito, en un análisis técnico para su implementación, así como en una evaluación que se practique dentro de los 30 días posteriores a su aplicación, para verificar su efectividad.

8.7.3 Se debe tener especial cuidado de que las medidas de control que se adopten no produzcan nuevos riesgos a los trabajadores.

8.7.4 En la entrada de las áreas donde los  $NS_A$  sean iguales o superiores a 85 dB(A), deben colocarse señalamientos de uso obligatorio de equipo de protección personal auditiva, según lo establecido en la NOM-026-STPS-1998.

8.8 Documentación del programa de conservación de la audición.

8.8.1 El patrón debe conservar la documentación del programa de conservación de la audición, con la información registrada durante los últimos 5 años.

8.8.2 El patrón debe elaborar un cronograma de actividades para el desarrollo de la implementación del programa de conservación de la audición.

8.8.3 La documentación del programa de conservación de la audición debe contener los siguientes registros:

los estudios de reconocimiento, evaluación y determinación de los  $NS_A$ ,  $NSCE_{A,T}$ , NER y NPA, conforme a lo establecido en los Apartados B.7 y C.7;

equipo de protección auditiva, conforme a lo señalado en el Apartado 8.4.3;

programa de capacitación y adiestramiento, según lo establecido en el Apartado 8.5;

vigilancia a la salud conforme al Apartado 8.6;

medidas técnicas y administrativas de control adoptadas, incluyendo los estudios solicitados en el Apartado 8.7.2;

conclusiones;

los documentos que amparen el cumplimiento de los Apartados 5.2 y 5.7.

9. Centros de trabajo de nueva creación o modificación de procesos en los centros de trabajo existentes

9.1 Los centros de trabajo de nueva creación deben ser planeados, instalados, organizados y puestos en funcionamiento de modo que la exposición a ruido de los trabajadores no exceda los límites máximos permisibles de exposición, establecidos en el Apéndice A.

9.2 Cualquier modificación a un proceso en un centro de trabajo debe ser planeada, instalada, organizada y puesta en funcionamiento de modo que la exposición a ruido de los trabajadores no exceda los límites máximos permisibles de exposición establecidos en el Apéndice A.

9.3 Para dar cumplimiento a los Apartados 9.1 y 9.2, las medidas de control deben estar sustentadas por escrito, con un análisis técnico para su implantación y en una evaluación posterior para verificar su efectividad.

## 10. Unidades de verificación y laboratorios de pruebas

10.1 El patrón tendrá la opción de contratar una unidad de verificación o laboratorio de pruebas acreditado y aprobado, según lo establecido en la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, para verificar o evaluar esta Norma.

10.2 Los laboratorios de pruebas podrán evaluar los Apartados 8.2 y 8.3 referente al reconocimiento y evaluación.

10.3 Las unidades de verificación, podrán verificar el cumplimiento de esta Norma, con base en lo establecido en los Apartados 5.2 a 5.8.

10.4 Las unidades de verificación o laboratorios de pruebas, deben entregar al patrón sus dictámenes e informes de resultados consignando la siguiente información:

10.4.1 Para el dictamen de las unidades de verificación:

a) datos del centro de trabajo evaluado:

nombre, denominación o razón social;  
domicilio completo.

b) datos de la unidad de verificación:

nombre, denominación o razón social de la unidad de verificación;  
número de aprobación otorgado por la Secretaría del Trabajo y Previsión Social;  
clave y nombre de la norma verificada;  
resultado de la verificación;  
nombre y firma del representante autorizado;  
lugar y fecha de la expedición del dictamen;  
vigencia del dictamen.

10.4.2 Para el informe de resultados de los laboratorios de pruebas:

a) datos del centro de trabajo evaluado:

nombre, denominación o razón social;  
domicilio completo.

b) datos del laboratorio de prueba:

nombre, denominación o razón social;  
número de aprobación otorgado por la Secretaría del Trabajo y Previsión Social;  
nombre y firma del signatario autorizado;  
lugar y fecha de la expedición del informe;  
conclusiones de la evaluación;  
contenido de los estudios, de acuerdo a lo establecido en los Apartados B.7 y C.7.

10.5 La vigencia de los dictámenes emitidos por las unidades de verificación y de los informes de resultados de los laboratorios de pruebas será de dos años, a menos que se modifique la maquinaria, el equipo, su distribución o las condiciones de operación, de tal manera que puedan ocasionar variaciones en los resultados de la evaluación del ruido.

## APENDICE A

### LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES DE EXPOSICION

Este Apéndice establece los límites máximos permisibles de exposición de los trabajadores a ruido estable, inestable o impulsivo durante el ejercicio de sus labores, en una jornada laboral de 8 horas, según se enuncia en la Tabla A.1.

#### TABLA A.1

### LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES DE EXPOSICION

NER	TMPE
90 dB(A)	8 HORAS
93 dB(A)	4 HORAS
96 dB(A)	2 HORAS
99 dB(A)	1 HORA
102 dB(A)	30 MINUTOS
105 dB(A)	15 MINUTOS

## APENDICE B

### DETERMINACION DEL NER

#### B.1 Introducción.

Este Apéndice establece los métodos para evaluar el  $NS_A$ , el  $NSCE_{A,T}$  y determinar el NER.

#### B.2 Instrumentación y accesorios.

debe utilizarse alguno de los instrumentos siguientes:

sonómetro clase 1 ó clase 2;

sonómetro integrador clase 1 ó clase 2;

medidor personal de exposición a ruido clase 1 ó clase 2.

para la calibración en campo de la instrumentación se debe de utilizar un calibrador acústico;

para efectuar la medición, se debe de contar con los elementos siguientes:

trípode de soporte para el sonómetro, sonómetro integrador o micrófono;

reloj o cronómetro, externo o integrado al instrumento;

medidor de longitud;

pantalla contra viento;

los formatos de registro correspondientes.

#### B.3 Calibración de la instrumentación.

##### B.3.1 Calibración en laboratorio de calibración acreditado.

Se debe de verificar periódicamente la calibración de la instrumentación por un laboratorio de calibración acreditado, y contar con el documento que avale dicha calibración, de conformidad con los procedimientos establecidos en la Ley Federal sobre Metrología y Normalización.

##### B.3.2 Calibración de campo.

Se debe de calibrar la instrumentación por medio del calibrador acústico, al inicio y al final de la jornada de medición, de acuerdo a lo indicado en el manual del fabricante. Los valores de la calibración deben anotarse en la hoja de registro correspondiente. Si se encuentra una diferencia de  $\pm 1$  dB o más, entre la

calibración inicial y final, se deben anular los resultados de las mediciones de esa jornada.

#### B.4 Reconocimiento.

Esta actividad debe realizarse previamente a la evaluación y consiste en recabar toda aquella información técnica y administrativa que permita seleccionar el método de evaluación y la prioridad de las zonas y puestos por evaluar. Esta información debe comprender:

planos de distribución de las áreas en que exista ruido y de la maquinaria y equipo generadora de ruido;  
 descripción del proceso de fabricación;  
 descripción de los puestos de trabajo expuestos a ruidos;  
 programas de mantenimiento de maquinaria y equipo generadores de ruidos;  
 registros de producción;  
 número de trabajadores expuestos a ruidos por área y por proceso de fabricación, incluyendo el tiempo de exposición;  
 reporte del reconocimiento sensorial de las zonas por evaluar, con el objeto de determinar las características del ruido (estable, inestable o impulsivo).

#### B.5 Condiciones para la evaluación.

B.5.1 La evaluación de los  $NS_A$  o  $NSCE_{A,T}$ , debe realizarse bajo condiciones normales de operación.

B.5.2 La evaluación debe realizarse como mínimo durante una jornada laboral de 8 horas y en aquella jornada que, bajo condiciones normales de operación, presente la mayor emisión de ruido.

B.5.3 Si la evaluación dura más de una jornada laboral, en todas las jornadas en que se realice se deben conservar las condiciones normales de operación.

B.5.4 Se debe usar pantalla contra viento en el micrófono de los instrumentos de medición, durante todo el tiempo que dure la evaluación.

#### B.6 Métodos de evaluación.

##### B.6.1 Métodos de evaluación ambiental.

##### B.6.1.1 Puntos de medición.

B.6.1.1.1 Los puntos de medición deben seleccionarse de tal manera que describan el entorno ambiental de manera confiable, determinando su número, entre otros factores, por la ubicación de los puestos de trabajo o posiciones de control de la maquinaria y equipo del local de trabajo, el proceso de producción y las facilidades para su ubicación.

B.6.1.1.2 Todos los puntos de medición de una zona de evaluación deben identificarse con un número progresivo y registrar su posición en el plano correspondiente, según lo establecido en el inciso a) del Apartado B.4.

##### B.6.1.1.3 Ubicación.

La ubicación de los puntos de medición en función de las necesidades y características físicas y acústicas de cada local de trabajo, debe efectuarse seleccionando el método conforme se indica en la tabla siguiente:

	GRADIENTE DE PRESION SONORA	PRIORIDAD DE AREAS DE EVALUACION	PUESTO FIJO DE TRABAJO
--	-----------------------------	----------------------------------	------------------------

RUIDO ESTABLE	SI	SI	SI
RUIDO INESTABLE	NO	SI	SI
RUIDO IMPULSIVO	NO	SI	SI

#### B.6.2 El método de gradiente de presión sonora:

el punto inicial debe fijarse al centro de la zona de evaluación, registrándose el  $NS_A$  máximo (el cual debe utilizarse como referencia para iniciar la evaluación); el observador se debe desplazar con el sonómetro en una trayectoria previamente determinada, hasta encontrar un  $NS_A$  que difiera  $\pm 3$  dB(A), respecto al punto de referencia, marcando en el plano de distribución este punto. El procedimiento se repite a lo largo de esa trayectoria, hasta cubrir completamente la trayectoria de evaluación. Los puntos de medición son aquellos que registren su  $NS_A$ , con diferencia de  $\pm 3$  dB(A), del punto de medición contiguo; una vez concluida esa trayectoria, se procede de la forma descrita anteriormente, pero en forma transversal; las trayectorias de ubicación de puntos de medición deben hacerse en función de las características del local de trabajo y de la distribución espacial del campo sonoro, pero siempre debe garantizarse que se ha cubierto toda la zona de trabajo; la distancia entre puntos de medición no debe ser mayor de 12 metros; cuando se han identificado todos los puntos de medición, debe procederse a su evaluación.

#### B.6.3 Método de prioridad de áreas de evaluación:

del análisis de la información realizado en el reconocimiento sensorial, deben determinarse las zonas de evaluación; las zonas de trabajo identificadas con  $NS_A$  superior o igual a 80 dB(A), deben dividirse en áreas, guiándose por los ejes de columnas del plano de distribución de planta y cuidando que éstas no sean superiores a 6 metros por lado. No deben incluirse las áreas o pasillos de circulación; una vez efectuada la división, deben identificarse aquellas áreas en las que existan trabajadores, a las que se les denominará áreas de evaluación; las áreas de evaluación pueden ser jerarquizadas, exponiendo las razones en el registro de evaluación del estudio de niveles sonoros; los puntos de medición en las áreas de evaluación deben ubicarse en las zonas de mayor densidad de trabajadores. De no ser posible esta ubicación, deben localizarse en el centro geométrico de cada área.

#### B.6.4 Método de puesto fijo de trabajo.

Para evaluar ruido en puesto fijo de trabajo, el punto de medición debe ubicarse en el lugar que habitualmente ocupa el trabajador o, de no ser posible, lo más

cercano a él, sin interferir en sus labores.

B.6.4.1 Localización del micrófono.

B.6.4.2 Altura del micrófono.

cuando los trabajadores realicen sus labores de pie, la altura del micrófono debe ser de  $1.45 \pm 0.10$  m, en relación al plano de sustentación de los trabajadores; cuando los trabajadores realicen sus labores sentados, la altura del micrófono debe colocarse al nivel medio de la cabeza de los trabajadores; cuando se utilice otra altura del micrófono, debe explicarse el motivo en el registro de evaluación.

B.6.4.3 Orientación del micrófono.

Durante el período de observación en un punto de medición, el micrófono debe orientarse en aquella posición donde se registre el máximo  $NS_A$  del punto.

B.6.4.4 Ubicación del observador.

La ubicación del observador y la posición del micrófono no deben ser motivo para que sufran o causen un riesgo de trabajo y, en su caso, se debe utilizar un cable de extensión para el micrófono.

B.6.5 Método para evaluar ruido estable.

B.6.5.1 Evaluación por medio de sonómetro.

B.6.5.1.1 Este método es aplicable cuando se ha determinado, en el reconocimiento sensorial, que el ruido es estable durante toda la jornada de trabajo, y debe efectuarse durante tres períodos de observación, siempre y cuando las características del proceso no cambien durante la jornada de trabajo.

B.6.5.1.2 Características de la evaluación:

cada período de observación tiene una duración de 5 minutos como máximo, con 50 lecturas como mínimo;

durante un período de observación debe registrarse el  $NS_A$  cada 5 segundos, como máximo;

en cada punto de medición, los períodos de observación deben repetirse aproximadamente cada hora;

debe usarse la respuesta dinámica "RAPIDA" del sonómetro;

el valor del  $NS_A$  debe ser el observado instantáneamente y registrarse sin considerar tendencias en las variaciones del  $NS_A$ .

B.6.5.1.3 Registro de los  $NS_A$ :

para el registro de los  $NS_A$  de todos los puntos de medición durante el tiempo que dure un período de observación, debe utilizarse la hoja de registro establecida en la Figura B.1 ó una similar;

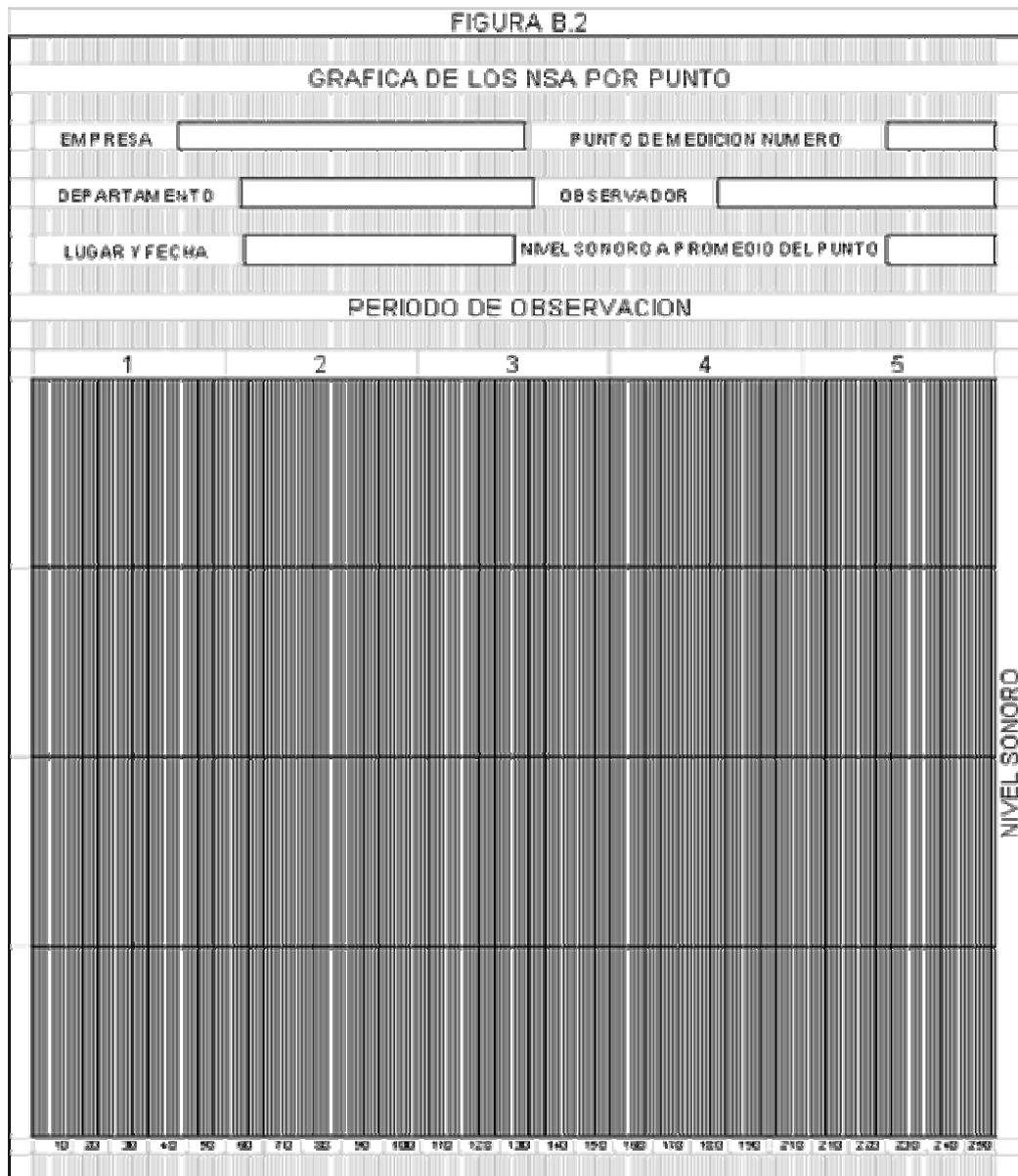
una vez concluida la evaluación de la jornada de trabajo, la información de cada punto de medición, tomada de las hojas de registro por período, debe ordenarse y graficarse en la hoja de registro de la Figura B.2, ó en una similar.

**FIGURA B.1**

REGISTRO DEL NS <sub>A</sub> O NSCE <sub>A,T</sub>					
EMPRESA				PERIODO DE OBSERVACION	
DEPARTAMENTO			OBSERVADOR		
HORA	INICIAL			INICIAL	dB
	FINAL			FINAL	dB
LUGAR			FECHA		
SONOMETRO					
CLASE	MARCA	MODELO	SERIE	CARACTERISTICA	

NIVEL SONORO "A" EN dB																																																		
12						PUNTOS																																												
11																																																		
10																																																		
9																																																		
8																																																		
7																																																		
6																																																		
5																																																		
4																																																		
3																																																		
2																																																		
1																																																		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50



B.6.5.1.4 Debe calcularse el  $NS_A$  promedio del punto de medición mediante la ecuación siguiente:

$$NS_{Ai} = 10 \log \frac{1}{150} \sum_{j=1}^{150} 10^{\frac{N_j}{10}}$$

donde:

$NS_{Ai}$  es el  $NS_A$  promedio del punto de medición  $i$

$N_j$  es el  $NS_A$  registrado

B.6.5.1.5 Se debe determinar el NER con la siguiente ecuación:

$$NER = 10 \log \sum_{i=1}^n t_i \cdot 10^{\frac{NS_{Ai}}{10}} - 10 \log T_e$$

donde:

$t_i$  es el tiempo de exposición en el punto de medición  $i$

$T_e$  es el tiempo total de exposición

$$T_e = \sum_{i=1}^n t_i = 8 \text{ horas}$$

B.6.5.2 Evaluación por medio de sonómetro integrador.

B.6.5.2.1 Este método es aplicable cuando se ha determinado del reconocimiento inicial, que el ruido es estable durante toda la jornada de trabajo, y debe efectuarse durante dos períodos de observación, siempre y cuando las características del proceso no cambien durante la jornada de trabajo.

B.6.5.2.2 Características de la evaluación:

cada período de observación debe tener una duración de 5 minutos, con 10 lecturas;

durante un período de observación debe registrarse el  $NSCE_{A,T}$  cada 30 segundos;

en cada punto de medición, los períodos de observación deben repetirse aproximadamente cada dos horas;

debe usarse la respuesta dinámica "RAPIDA" del sonómetro.

B.6.5.2.3 Para el registro de los  $NSCE_{A,T}$ , de todos los puntos de medición, debe utilizarse la hoja de registro establecida en la Figura B.1 ó una similar.

B.6.5.2.4 Debe calcularse el  $NSCE_{A,T}$  promedio del punto de medición, mediante la ecuación siguiente:

$$NSCE_{A,Ti} = 10 \log \frac{1}{20} \sum_{k=1}^{20} 10^{\frac{N_k}{10}}$$

donde:

$NSCE_{A,Ti}$  es el  $NSCE_{A,T}$  promedio del punto de medición  $i$

$N_k$  es el  $NSCE_{A,T}$  registrado

B.6.5.2.5 Se debe determinar el NER con la siguiente ecuación:

$$NER = 10 \log \sum_{i=1}^n t_i 10^{\frac{NSCE_{A,Ti}}{10}} - 10 \log T_e$$

donde:

$NSCE_{A,Ti}$  es el  $NSCE_{A,T}$  promedio del punto de medición  $i$

$t_i$  es el tiempo de exposición en el punto de medición  $i$

$T_e$  es el tiempo total de exposición

$$T_e = \sum_{i=1}^n t_i = 8 \text{ horas}$$

B.6.6 Método para evaluar ruido inestable.

B.6.6.1 Evaluación por medio de sonómetro.

Este método es aplicable cuando se ha determinado del reconocimiento inicial, que el ruido es inestable durante toda la jornada de trabajo, y debe efectuarse durante cinco períodos de observación.

B.6.6.1.1 Características de la evaluación:

cada período de observación tiene una duración de 5 minutos como máximo, de tal forma que se registren 50 lecturas como mínimo;

durante un período de observación debe registrarse el  $NS_A$  cada 5 segundos

como máximo;

en cada punto de medición, los períodos de observación deben repetirse aproximadamente cada hora;

debe usarse la respuesta dinámica "RAPIDA" del sonómetro;

el valor del  $NS_A$  debe ser el observado instantáneamente y registrarse sin considerar tendencias en las variaciones del  $NS_A$ .

B.6.6.1.2 Registro de los  $NS_A$ :

para el registro de los  $NS_A$  de todos los puntos de medición durante el tiempo que dure un período de observación, debe utilizarse la hoja de registro establecida en la Figura B.1, ó una similar;

una vez concluida la evaluación de la jornada de trabajo, la información de cada punto de medición, tomada en las hojas de registro por período, debe ordenarse y graficarse en la hoja de registro establecida en la Figura B.2 ó una similar.

B.6.6.1.3 Debe calcularse el  $NS_A$  promedio del punto de medición mediante la ecuación siguiente:

$$NS_{Ai} = 10 \log \frac{1}{250} \sum_{j=1}^{250} 10^{\frac{N_j}{10}}$$

donde:

$NS_{Ai}$  es el  $NS_A$  promedio del punto de medición  $i$

$N_j$  es el  $NS_A$  registrado

B.6.6.1.4 Se debe determinar el NER con la siguiente expresión:

$$NER = 10 \log \sum_{i=1}^n t_i 10^{\frac{NS_{Ai}}{10}} - 10 \log T_e$$

donde:

$NS_{Ai}$  es el  $NS_A$  promedio del punto de medición  $i$

$t_i$  es el tiempo de exposición en el punto de medición  $i$

$T_e$  es el tiempo total de exposición

$$T_e = \sum_{i=1}^n t_i = 8 \text{ horas}$$

B.6.6.2 Evaluación por medio de sonómetro integrador.

B.6.6.2.1 Este método es aplicable cuando en el reconocimiento sensorial se ha determinado que el ruido es inestable durante toda la jornada de trabajo. Sólo deben efectuarse tres períodos de observación.

B.6.6.2.2 Características de la evaluación:

cada período de observación debe tener una duración de 5 minutos, con 10 lecturas;

durante un período de observación debe registrarse el  $NSCE_{A,T}$  cada 30 segundos;

en cada punto de medición, los períodos de observación deben repetirse aproximadamente cada dos horas;

debe usarse la respuesta dinámica "RAPIDA" del sonómetro.

B.6.6.2.3 Registro de los  $NSCE_{A,T}$ :

Para el registro de los  $NSCE_{A,T}$ , de todos los puntos de medición, debe utilizarse la hoja de la Figura B.1 ó una similar.

B.6.6.2.4 Debe determinarse el  $NSCE_A$  promedio del punto de medición mediante

la ecuación siguiente:

$$NSCE_{A,Ti} = 10 \log \frac{1}{30} \sum_{k=1}^{30} 10^{\frac{Nk}{10}}$$

donde:

$NSCE_{A,Ti}$  es el  $NSCE_{A,T}$  promedio del punto de medición  $i$

$Nk$  es el  $NSCE_{A,T}$  registrado

B.6.6.2.5 Se debe determinar el NER con la siguiente expresión:

$$NER = 10 \log \sum_{i=1}^n ti 10^{\frac{NSCE_{A,Ti}}{10}} - 10 \log T_e$$

donde:

$NSCE_{A,Ti}$  es el  $NSCE_{A,T}$  promedio del punto de medición  $i$

$ti$  es el tiempo de exposición en el punto de medición  $i$

$T_e$  es el tiempo total de exposición

$$T_e = \sum_{i=1}^n ti = 8 \text{ horas}$$

B.6.7 Método para evaluar ruido impulsivo por medio de sonómetro integrador.

B.6.7.1 Este método es aplicable cuando se ha determinado del reconocimiento sensorial, que el ruido es impulsivo durante toda la jornada de trabajo. Sólo debe efectuarse un período de observación.

B.6.7.2 Características de la evaluación:

el período de observación debe tener una duración de 15 minutos, con 45 lecturas;

durante un período de observación debe registrarse el  $NSCE_{A,T}$  cada 20 segundos;

debe usarse la respuesta dinámica "IMPULSO" del sonómetro.

B.6.7.3 Registro de los  $NSCE_{A,T}$ .

Para el registro de los  $NSCE_{A,T}$ , de todos los puntos de medición, debe utilizarse la hoja de registro establecida en la Figura B.1 ó una similar.

B.6.7.4 Debe calcularse el  $NSCE_{A,T}$  promedio del punto de medición mediante la ecuación siguiente:

$$NSCE_{A,Ti} = 10 \log \frac{1}{45} \sum_{k=1}^{45} 10^{\frac{Nk}{10}}$$

donde:

$NSCE_{A,Ti}$  es el  $NSCE_{A,T}$  promedio del punto de medición  $i$

$Nk$  es el  $NSCE_{A,T}$  registrado

B.6.7.5 Se debe determinar el NER con la siguiente expresión:

$$NER = 10 \log \sum_{i=1}^n ti 10^{\frac{NSCE_{A,Ti}}{10}} - 10 \log T_e$$

donde:

$NSCE_{A,Ti}$  es el  $NSCE_{A,T}$  promedio del punto de medición  $i$

$ti$  es el tiempo de exposición en el punto de medición  $i$

$T_e$  es el tiempo total de exposición

$$T_e = \sum_{i=1}^n t_i = 8 \text{ horas}$$

#### B.6.8 Método de evaluación personal.

##### B.6.8.1 Localización del micrófono.

El micrófono debe de colocarse en la mitad del hombro, y la unidad de procesamiento de datos del medidor personal de exposición a ruido debe fijarse en el trabajador en una posición que no interfiera con sus actividades normales.

##### B.6.8.2 Ajuste del medidor personal de exposición a ruido.

El medidor personal de exposición a ruido debe ajustarse al Nivel Sonoro Criterio de 90 dB(A) para una jornada laboral de 8 horas y una tasa de intercambio de 3 dB(A).

##### B.6.8.3 Características de la evaluación.

se debe de informar del objeto del estudio al trabajador que portará el medidor personal de exposición a ruido;

una vez colocado el micrófono en el trabajador, se debe de iniciar el procedimiento de integración del medidor personal de exposición a ruido, registrando la hora inicial;

el trabajador debe portar el medidor personal de exposición a ruido durante todo el período de medición, mismo que no debe ser menor a 5 horas, y en el cual realizará sus actividades normalmente;

al concluir el tiempo total de medición T, se detendrá el funcionamiento del medidor personal de exposición a ruido, registrando la hora final;

asentar en la hoja de registro establecida en la Figura B.3 ó una similar, tanto la hora de inicio de medición ( $t_i$ ), como la final ( $t_f$ ) y el porcentaje de dosis (D). Si el medidor personal de exposición a ruido incluye la opción de lectura directa del NER y el tiempo total de medición, estos valores también deben registrarse. En caso contrario, éstos deberán calcularse conforme a lo establecido en el Apartado B.6.8.4 y registrarse.

**FIGURA B.3**

REGISTRO DE EVALUACION PERSONAL								
EMPRESA	<input style="width: 90%;" type="text"/>	HOJA NUMERO	<input style="width: 90%;" type="text"/>	DE <input style="width: 90%;" type="text"/>				
DEPARTAMENTO	<input style="width: 90%;" type="text"/>	OBSERVADOR	<input style="width: 90%;" type="text"/>					
LUGAR Y FECHA	<input style="width: 90%;" type="text"/>	TOTAL DE TRABAJADORES EXPUESTOS	<input style="width: 90%;" type="text"/>					
INSTRUMENTO								
NUMERO	MARCA	MODELO	SERIE	CALIFICACION				
				INICIAL	FINAL			
<input style="width: 90%;" type="text"/>	<input style="width: 90%;" type="text"/>	<input style="width: 90%;" type="text"/>	<input style="width: 90%;" type="text"/>					
<input style="width: 90%;" type="text"/>	<input style="width: 90%;" type="text"/>	<input style="width: 90%;" type="text"/>	<input style="width: 90%;" type="text"/>					
<input style="width: 90%;" type="text"/>	<input style="width: 90%;" type="text"/>	<input style="width: 90%;" type="text"/>	<input style="width: 90%;" type="text"/>					
<input style="width: 90%;" type="text"/>	<input style="width: 90%;" type="text"/>	<input style="width: 90%;" type="text"/>	<input style="width: 90%;" type="text"/>					
TRABAJADOR								
NOMBRE	PUESTO	INSTRUMENTO	HORA		TIEMPO DE MEDICION	% DE DOSIS	NER	TIEMPO MAX. PERM. DE EXP.
			INICIAL	FINAL				
<input style="width: 90%;" type="text"/>	<input style="width: 90%;" type="text"/>	<input style="width: 90%;" type="text"/>	<input style="width: 90%;" type="text"/>	<input style="width: 90%;" type="text"/>				
<input style="width: 90%;" type="text"/>	<input style="width: 90%;" type="text"/>	<input style="width: 90%;" type="text"/>	<input style="width: 90%;" type="text"/>	<input style="width: 90%;" type="text"/>				
<input style="width: 90%;" type="text"/>	<input style="width: 90%;" type="text"/>	<input style="width: 90%;" type="text"/>	<input style="width: 90%;" type="text"/>	<input style="width: 90%;" type="text"/>				
<input style="width: 90%;" type="text"/>	<input style="width: 90%;" type="text"/>	<input style="width: 90%;" type="text"/>	<input style="width: 90%;" type="text"/>	<input style="width: 90%;" type="text"/>				

B.6.8.4 Se debe determinar el NER con la siguiente ecuación:

$$NER = 90 + 9.97 \log \frac{D}{12.5 \times T}$$

donde:

D es el porcentaje de dosis registrado durante T  
 T es el tiempo total de medición en horas =  $t_f - t_i$

**B.7 Registro de la evaluación.**

El registro de evaluación debe contener:

- informe descriptivo de las condiciones normales de operación en las cuales se realizó la evaluación, incluyendo breves descripciones del proceso de fabricación y de los puestos de trabajo y el número de trabajadores expuestos por área y puesto de trabajo;
- criterios utilizados para seleccionar el método de evaluación;
- plano de distribución de la zona o área evaluada, en el que se indique la ubicación de los puntos de medición;
- las Figuras B.1, B.2 y B.3, según sea el caso;
- memoria de cálculo de los  $NS_A$ ,  $NSCE_A$  y NER;
- copia de los documentos solicitados en el Apartado B.3.1;
- nombre y firma del responsable del estudio de evaluación.

**B.8 Métodos alternativos para evaluación.**

Cuando el patrón requiera de métodos alternativos para evaluar los tipos de ruido

en su centro de trabajo, se procederá conforme a lo dispuesto en los artículos 49 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización y 8º del Reglamento Federal de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente de Trabajo.

#### APENDICE C

#### DETERMINACION DEL NPA, EN BANDAS DE OCTAVA

##### C.1 Introducción.

Este Apéndice establece los métodos para determinar el NPA en bandas de octava, cuyos valores serán usados para la selección del equipo de protección auditiva.

##### C.2 Instrumentación y accesorios.

Debe utilizarse alguno de los instrumentos siguientes:

sonómetro clase 1 ó clase 2 y unidad de filtros de bandas de octava;

sonómetro integrador clase 1 ó clase 2 y unidad de filtros de bandas de octava;

otros analizadores en frecuencia;

Para la calibración en campo de la instrumentación se debe de utilizar un calibrador acústico;

Para efectuar la medición, se debe contar con los elementos siguientes:

trípode de soporte para el sonómetro, sonómetro integrador o micrófono;

reloj o cronómetro externo o integrado al instrumento;

pantalla contra viento;

los formatos de registro correspondientes.

##### C.3 Calibración de la instrumentación.

###### C.3.1 Calibración en laboratorio de calibración acreditado.

Se debe verificar periódicamente la calibración de la instrumentación por un laboratorio de calibración acreditado y contar con el documento que avale dicha calibración, de conformidad con los procedimientos establecidos en la Ley Federal sobre Metrología y Normalización.

###### C.3.2 Calibración de campo.

Se debe calibrar la instrumentación por medio del calibrador acústico, al inicio y al final de la jornada de medición, de acuerdo a lo establecido en el manual del fabricante. Los valores de la calibración deben anotarse en la hoja de registro correspondiente. Si se encuentra una diferencia de  $\pm 1$  dB o más entre la calibración inicial y final, se deben anular los resultados de los estudios de esa jornada de medición.

##### C.4 Reconocimiento.

La información que debe recabarse es la siguiente:

de los resultados obtenidos durante la evaluación del  $NS_A$  para la determinación

del NER, se deben identificar las áreas con  $NS_A$  mayor o igual a 80 dB(A) y

aquellas en que la exposición de los trabajadores al ruido sea representativa;

descripción del área;

descripción de la ubicación y características relevantes de la exposición de los trabajadores.

##### C.5 Condiciones para la evaluación.

C.5.1 La evaluación de los NPA, en una jornada laboral, será en función de las condiciones normales de operación, mismas que no deben ser alteradas para la realización de aquella.

C.5.2 La evaluación debe realizarse como mínimo durante una jornada laboral de 8 horas y en aquella jornada que bajo condiciones normales de operación, presente los niveles más altos de ruido.

C.5.3 Si la evaluación dura más de una jornada laboral de 8 horas, se deben conservar las características normales de operación durante cada jornada en que se realice la evaluación.

C.5.4 Se debe usar pantalla contra viento en el micrófono del instrumento de medición, durante todo el tiempo que dure la evaluación.

C.6 Procedimiento de evaluación.

C.6.1 Puntos de medición.

C.6.1.1 La ubicación de los puntos de medición del NPA, debe ser la misma de los puntos de medición evaluados conforme al Apéndice B, cuyo  $NS_A$  sea igual o superior a 80 dB(A).

C.6.1.2 Los puntos de medición deben ubicarse en el lugar en que habitualmente labora el trabajador y, de no ser posible, lo más cercanos a él sin interferir sus actividades.

C.6.1.3 Todos los puntos de medición de una zona de evaluación deben identificarse con un número progresivo, registrándose su posición en el plano correspondiente solicitado en el inciso a) del Apartado B.4.

C.6.2 Localización del micrófono.

C.6.2.1 Altura del micrófono.

cuando los trabajadores realicen sus labores de pie, la altura del micrófono debe ser de  $1.45 \pm 0.1$ m, en relación al plano de sustentación;

cuando los trabajadores realicen sus labores sentados, la altura del micrófono debe colocarse al nivel de la cabeza de los trabajadores;

cuando se utilice otra altura del micrófono, debe explicarse el motivo en el registro de evaluación.

C.6.2.1 Orientación del micrófono.

El micrófono, durante el período de observación en un punto de medición, debe orientarse en la posición donde se registre el máximo NPA del punto.

C.6.3 Ubicación del observador.

La ubicación del observador y la posición del micrófono no deben ser motivo para que sufran o causen un riesgo de trabajo y, en su caso, se debe utilizar un cable de extensión para el mismo.

C.6.4 Evaluación por medio de sonómetro y filtro de bandas de octava.

C.6.4.1 Este método debe usarse para evaluar el NPA de ruido estable.

C.6.4.1.1 Períodos de observación.

se deben efectuar dos períodos de observación, siempre y cuando las características del proceso no cambien durante la jornada de trabajo;

en cada período de observación se deben registrar los valores del  $NS_A$  instantáneo, del NPA total y del NPA para las frecuencias centrales siguientes: 31.5, 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 y 8000 Hz.

C.6.4.1.2 Características de la evaluación:

deben registrarse 5 lecturas por banda, una cada 5 segundos, como máximo, durante el período de observación;

en cada punto de medición, los períodos de observación deben repetirse

aproximadamente cada hora;  
 debe usarse la respuesta dinámica "RAPIDA" del sonómetro;  
 el valor del NPA debe ser el observado instantáneamente, y registrarse sin considerar tendencias en las variaciones del NPA;

C.6.4.1.3 Registro de los NPA:

para el registro de los NPA por bandas de octava de cada punto de medición durante el tiempo que dure un período de observación, debe utilizarse la hoja de registro establecida en la Figura C.1 ó una similar;

una vez concluida la evaluación de la jornada de trabajo, la información de cada punto de medición debe ordenarse y graficarse en la hoja de registro establecida en la Figura C.2 ó en una similar.

FIGURA C.1											
EMPRESA						FECHA					
DEPARTAMENTO						PUESTO					
OBSERVADOR						CALIFICACION INICIAL					
						FINAL					
INSTRUMENTACION											
INSTRUMENTO		MARCA		MODELO		CLAVE		SERIE			
PONDERACION			FRECUENCIA CENTRAL								
MEDICION	dB "A"	LINEAL	31.5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
PERIODO 1	1										
	2										
	3										
	4										
	5										
PERIODO 2	1										
	2										
	3										
	4										
	5										
PERIODO 3	1										
	2										
	3										
	4										
	5										
PERIODO 4	1										
	2										
	3										
	4										
	5										
PERIODO 5	1										
	2										
	3										
	4										
	5										



Determinación del NPA promedio por cada banda de octava del punto de medición.

Debe calcularse el NPA promedio por cada banda de octava del punto de medición, mediante la ecuación siguiente:

$$NPA_i = 10 \log \frac{1}{10} \sum_{j=1}^{10} 10^{\frac{NPA_j}{10}}$$

donde:

NPA<sub>i</sub> es el NPA promedio por banda

NPA<sub>j</sub> es el NPA registrado por banda

C.6.4.2 Este método debe usarse para evaluar el NPA de ruido inestable.

C.6.4.2.1 Períodos de observación:

se deben efectuar cinco períodos de observación, siempre y cuando las características del proceso no cambien durante la jornada de trabajo; en cada período de observación se deben registrar los valores del NS<sub>A</sub> instantáneo, del NPA total y del NPA para las frecuencias centrales siguientes: 31.5, 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 y 8000 Hz.

C.6.4.2.2 Características de la evaluación:

deben registrarse 5 lecturas por banda, una cada 5 segundos como máximo, durante el período de observación;

en cada punto de medición, los períodos de observación deben repetirse aproximadamente cada hora;  
debe usarse la respuesta dinámica "RAPIDA" del sonómetro;  
el valor del NPA debe ser el observado instantáneamente, registrándose sin considerar tendencias de las variaciones en el NPA.

#### C.6.4.2.3 Registro de los NPA:

para el registro de los NPA por bandas de octava de cada punto de medición durante el tiempo que dure un periodo de observación, debe utilizarse la hoja de registro establecida en la figura C.1 ó una similar;  
una vez concluida la evaluación de la jornada de trabajo, la información de cada punto de medición debe ordenarse y graficarse en la hoja de registro establecida en la figura C.2 ó en una similar.

C.6.4.2.4 Debe determinarse el NPA promedio por cada banda de octava del punto de medición, mediante la ecuación siguiente:

$$NPA_i = 10 \log \frac{1}{25} \sum_{j=1}^{25} 10^{\frac{NPA_j}{10}}$$

donde:

NPA<sub>i</sub> es el NPA promedio por banda

NPA<sub>j</sub> es el NPA registrado por banda

C.6.5 Evaluación por medio de sonómetro integrador y filtro de bandas de octava.

C.6.5.1 Este método debe usarse para evaluar el NPA de ruido estable.

C.6.5.1.1 Período de observación.

Se debe efectuar un período de observación, siempre y cuando las características del proceso no cambien durante la jornada de trabajo, durante el cual se deben registrar los valores del NS<sub>A</sub> instantáneo, del NPA total y del NPA para las frecuencias centrales siguientes: 31.5, 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 y 8000 Hz.

C.6.5.1.2 Características de la evaluación:

en cada banda de octava, el sonómetro integrador debe registrar los NPA instantáneos en forma continua, durante 1 minuto;

debe usarse la respuesta dinámica "RAPIDA" del sonómetro;

el valor del NPA equivalente del período de observación evaluado, por cada banda de octava, debe ser el mostrado por el sonómetro integrador al final del tiempo de muestreo.

C.6.5.1.3 Registro de los NPA.

Los NPA equivalentes por banda de octava del período de observación de cada punto de medición, deben registrarse, ordenarse y graficarse en la hoja de registro establecida en la Figura C.2 ó en una similar.

C.6.5.1.4 Determinación del NPA promedio por cada banda de octava del punto de medición.

El NPA promedio por cada banda de octava del punto de medición, es igual al NPA equivalente del período de observación evaluado por cada banda de octava.

C.6.5.2 Este método debe usarse para evaluar el NPA de ruido inestable.

C.6.5.2.1 Períodos de observación:

se deben efectuar dos períodos de observación, siempre y cuando las características del proceso no cambien durante la jornada de trabajo;

en cada período de observación se deben registrar los valores del  $NS_A$  instantáneo, del NPA total y del NPA para las frecuencias centrales siguientes: 31.5, 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 y 8000 Hz.

C.6.5.2.2 Características de la evaluación:

en cada banda de octava, el sonómetro integrador debe registrar los NPA instantáneos, en forma continua, durante 1 minuto;

en cada punto de medición, los períodos de observación deben repetirse aproximadamente cada hora;

debe usarse la respuesta dinámica "RAPIDA" del sonómetro;

el valor del NPA equivalente del período de observación evaluado, por cada banda de octava, debe ser el mostrado por el sonómetro integrador al final del tiempo de muestreo.

C.6.5.2.3 Registro de los NPA:

Los NPA equivalentes por banda de octava del período de observación de cada punto de medición, deben registrarse, ordenarse y graficarse en la hoja de registro establecida en la Figura C.2 ó en una similar.

C.6.5.2.4 Se debe calcular el NPA promedio por cada banda de octava del punto de medición, mediante la ecuación siguiente:

$$NPA_i = 10 \log \frac{1}{2} \sum_{k=1}^2 10^{\frac{NPA_k}{10}}$$

donde:

$NPA_i$  es el NPA promedio por banda

$NPA_k$  es el NPA equivalente registrado por banda

C.6.5.3 Este método debe usarse para evaluar el NPA de ruido impulsivo.

C.6.5.3.1 Se debe efectuar un período de observación, siempre y cuando las características del proceso no cambien durante la jornada de trabajo, durante el cual se deben registrar los valores del  $NS_A$  instantáneo, del NPA total y del NPA para las frecuencias centrales siguientes: 31.5, 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 y 8000 Hz.

C.6.5.3.2 Características de la evaluación:

en cada banda de octava, el sonómetro integrador debe registrar los NPA instantáneos, en forma continua, durante 2 minutos, sincronizando el tiempo de medición con la ocurrencia de los eventos impulsivos por evaluar;

debe usarse la respuesta dinámica "RAPIDA" del sonómetro;

el valor del NPA equivalente del período de observación evaluado por cada banda de octava, debe ser el mostrado por el sonómetro integrador al final del tiempo de muestreo.

C.6.5.3.3 Registro de los NPA.

Los NPA equivalentes por banda de octava del período de observación de cada punto de medición, deben registrarse, ordenarse y graficarse en la hoja de registro establecida en la Figura C.2 ó en una similar.

C.6.5.3.4 Determinación del NPA promedio por cada banda de octava del punto de medición.

El NPA promedio por cada banda de octava del punto de medición es igual al NPA equivalente del período de observación evaluado, por cada banda de octava.

C.7 Registro de la evaluación.

El registro de evaluación a que se refiere el inciso a) del Apartado 8.8.3 de esta Norma, debe contener:

descripción del área, de la ubicación y características relevantes de la exposición de los trabajadores;

planos de distribución de las áreas en que existe ruido y de la maquinaria y equipo generador;

las hojas de registro establecidas en las Figuras C.1 y C.2 ó similares, numerándolas en forma progresiva;

memoria de cálculo de los NPA;

copia de los documentos solicitados en el Apartado C.3.1;

nombre, firma y cédula profesional del responsable del proyecto de evaluación.

C.8 La determinación del NPA, referida en este Apéndice, puede ser obtenida por métodos alternativos, los cuales deberán ser descritos.

#### APENDICE D

#### SELECCION DEL EQUIPO DE PROTECCION PERSONAL AUDITIVA

##### D.1 Modelo por bandas de octava.

###### D.1.1 Introducción.

En este Apéndice se presenta el método para determinar el factor de reducción R, en dB(A), a partir de la atenuación del NPA por bandas de octava, proporcionada por el equipo de protección personal auditiva empleado.

###### D.1.2 Cálculo del factor de reducción R.

El Factor de Reducción R, en dB(A), se define como un número que resulta de la comparación entre las atenuaciones del NPA por bandas de octava, proporcionadas por los fabricantes de equipo de protección auditiva y del análisis de frecuencia del ruido, presente en un punto de medición del ambiente de trabajo, con el NER del mismo, siendo expresado en la ecuación siguiente:

$$R_i = NER_i - 10 \log \sum_{j=1}^7 10^{\frac{L_j - Q_j}{10}} - 100$$

donde:

R<sub>i</sub> es el factor de reducción R en el punto de medición i

NER<sub>i</sub> es el nivel de exposición a ruido en el punto de medición i

L<sub>j</sub> es el nivel de presión acústica por bandas de octava

L1 es el NPA en la banda de 125 Hz

L2 es el NPA en la banda de 250 Hz

L3 es el NPA en la banda de 500 Hz

L4 es el NPA en la banda de 1000 Hz

L5 es el NPA en la banda de 2000 Hz

L6 es el NPA en la banda de 4000 Hz

L7 es el NPA en la banda de 8000 Hz

Q<sub>j</sub> es la atenuación del nivel de presión acústica por bandas de octava, proporcionada por el

fabricante del equipo evaluado

Q1 es la atenuación a 125 Hz + 16.2 dB

Q2 es la atenuación a 250 Hz + 8.7 dB

Q3 es la atenuación a 500 Hz + 3.3 dB

Q4 es la atenuación a 1000 Hz

Q5 es la atenuación a 2000 Hz - 1.2 dB

Q6 es el (Promedio de las atenuaciones a 3125 y 4000 Hz) - 1.0 dB

Q7 es el (Promedio de las atenuaciones a 6300 y 8000 Hz) + 1.1 dB

10 es el término de corrección tomado en cuenta por posibles irregularidades del espectro acústico, así como fugas de ruido, las cuales pueden ser causadas por cabello largo, uso de anteojos de seguridad, movimientos de cabeza u otros factores.

D.2 Modelo con mediciones de ruido en dB(A).

D.2.1 Cuando se use un equipo de protección personal auditiva el factor de reducción R, se calcula con la siguiente ecuación:

$$R = \frac{(NRR - 7)}{2}$$

donde:

NRR es el factor de nivel de reducción a ruido establecido por el fabricante.

D.2.2 Cuando es conocido el nivel de exposición a ruido en dB(A), el nivel de ruido efectivo en ponderación A (NRE), se calcula con la ecuación siguiente:

## 11. Vigilancia

La vigilancia del cumplimiento de esta Norma Oficial Mexicana, corresponde a la Secretaría del Trabajo y Previsión Social.

$$NRE = dB(A) - R$$

## 12. Bibliografía

Ley Federal del Trabajo.

Ley Federal sobre Metrología y Normalización.

Reglamento Federal de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente de Trabajo.

NOM-008-SCFI-1993, Sistema general de unidades de medida.

ISO 1999: 1990 (E) Acoustics - Determination of occupational noise exposure and estimation of noise-induced hearing impairment.

ISO 6189: 1983 (E) Acoustics - Pure tone air conduction threshold audiometry for hearing conservation purposes.

ISO 9612:1997 (E) Acoustics - Guidelines for the measurement and assessment of exposure to noise in a working environment.

IEC 651: 1979, Sound Level Meters.

IEC 804: 1985, Integrating-averaging Sound Level Meters.

IEC 942: 1988, Sound Calibrators.

IEC 1252: 1993, Electroacoustics - Specifications for Personal Sound Exposure Meters.

OSHA 1910.95 - Occupational Noise Exposure - Code of Federal Regulations, Title 29, Chapter XVII, Part 1910, Subpart G, 36 FR 10466, May 29, 1971; Amended 48 FR 9776-9785, March 8, 1983. Estados Unidos de América.

CAN/CSA-Z107.56-M86 Procedures for the Measurement of Occupational Noise Exposure. Canada.

COVENIN 1565: 1995 (3ª Revisión) Norma Venezolana - Ruido Ocupacional - Programa de Conservación Auditiva, Niveles Permisibles y Criterios de Evaluación. Venezuela.

- National Institute for Occupational Safety and Health 1990. A practical guide to effective hearing conservation programs in the workplace. U.S. Department of Health and Human Services. Public Health Service. Centers for Disease Control. Estados Unidos de América.
- National Institute for Occupational Safety and Health 1994. The NIOSH compendium of hearing protection devices. U.S. Department of Health and Human Services. Public Health Service. Centers for Disease Control. Estados Unidos de América.
- National Institute for Occupational Safety and Health 1996. Criteria for a recommended standard (draft document). Occupational noise exposure - revised criteria 1996. U.S. Department of Health and Human Services. Public Health Service. Centers for Disease Control. Estados Unidos de América.
- National Institute for Occupational Safety and Health 1997. Preventing occupational hearing loss: a practical guide. U.S. Department of Health and Human Services. Public Health Service. Centers for Disease Control. Estados Unidos de América.
- Serré, R. 1989. Dictionary of Noise and Noise Control. Elsevier, Holanda.
- Harris, C. M. 1995. Manual de Medidas Acústicas y Control de Ruido. McGraw-Hill/Interamericana de España, S.A. México.
- Becker, J.P. 1986. Medición de ruido. Seminario de Congreso Nacional de Seguridad. Asociación Mexicana de Seguridad e Higiene, A.C., México.
- Becker, J.P. 1987. Programa de Conservación de la Audición. Seminario de Congreso Nacional de Seguridad. Asociación Mexicana de Seguridad e Higiene, A.C., México.
- Becker, J.P. 1990. Análisis Comparativo de los Métodos de Evaluación de la Atenuación de los Protectores Auditivos. Sexto Encuentro Nacional de Médicos Supervisores de los Servicios Preventivos de Medicina del Trabajo en las Empresas. Secretaría del Trabajo y Previsión Social, México.
- Becker, J.P. 1992. Manual de Ruido Industrial. Diplomado de Higiene Industrial, Celanese Mexicana, S.A. de C.V. Ergon, México.
- Becker, J.P. 1996. La justificación del cambio (¿Realmente la Legislación Protege a los Trabajadores de Ruido?), México.
- Royster, J. D. y Royster L. H. 1990. Hearing Conservation Programs. Lewis Publishers, Inc. Estados Unidos de América.
- Ortíz G., J. A. 1990 Selección Objetiva de Protectores Auditivos. Congreso Nacional de Seguridad. Asociación Mexicana de Higiene y Seguridad, A.C. México.
- Ortíz G., J. A. 1992 Niveles de Presión Acústica en Ambientes Laborales. Congreso Nacional de Acústica. Sociedad Mexicana de Acústica, A.C. México.
- Ortíz G., J. A. et al 1993 Trauma Acústico. Evaluación, Prevención y Control. Noveno Encuentro Nacional de Médicos Supervisores de los Servicios Preventivos de Medicina del Trabajo en las Empresas. Secretaría del Trabajo y Previsión Social, México.
- Ortíz G., J. A. 1993 El Espectro Acústico en las Evaluaciones de Ruido. Congreso Nacional de Acústica. Sociedad Mexicana de Acústica, A.C. México.
- Zárate P., J. y Ortíz G., J. A. 1994 Niveles Sonoros en el Ambiente Laboral de la

Industria Mexicana. Congreso Nacional de Acústica. Sociedad Mexicana de Acústica, A.C. México.

Berger, E.H., W. D. Ward, J. C. Morrill y L. H. Royster, Eds. 1986. Noise and Hearing Conservation Manual. 4ª Edición. American Industrial Hygiene Association. Estados Unidos de América.

### 13. Concordancia con normas internacionales

Esta Norma Oficial Mexicana no concuerda con ninguna norma internacional, por no existir referencia alguna al momento de su elaboración.

#### TRANSITORIOS-

**PRIMERO.-** La presente Norma Oficial Mexicana entrará en vigor a los sesenta días naturales posteriores a su publicación en el **Diario Oficial de la Federación** y cancela la NOM-080-STPS-1993, Higiene industrial - Medio ambiente laboral – Determinación del nivel sonoro continuo equivalente, al que se exponen los trabajadores en los centros de trabajo, publicada en el **Diario Oficial de la Federación** el seis de julio de mil novecientos noventa y cuatro.

**SEGUNDO.-** Durante el lapso señalado en el artículo anterior, los patrones cumplirán con la NOM-011-STPS-1993, Relativa a las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se genere ruido y con la NOM-080-STPS-1993, Higiene industrial – Medio ambiente laboral – Determinación del nivel sonoro continuo equivalente, al que se exponen los trabajadores en los centros de trabajo, o bien realizarán las adaptaciones para observar las disposiciones de la presente Norma Oficial Mexicana y, en este último caso, las autoridades del trabajo proporcionarán a petición de los patrones interesados, asesoría y orientación para instrumentar su cumplimiento, sin que los patrones se hagan acreedores a sanciones por el incumplimiento de la Norma en vigor.

México, Distrito Federal, a trece días del mes de febrero de dos mil dos.

EL SECRETARIO DEL TRABAJO Y PREVISIÓN SOCIAL

CARLOS MARIA ABASCAL CARRANZA

#### GUIA DE REFERENCIA I

##### VIGILANCIA A LA SALUD

El contenido de esta guía es un complemento para la mejor comprensión de la norma y **no es de cumplimiento obligatorio**.

I.1 El patrón debe realizar el monitoreo de efectos a la salud de los trabajadores expuestos a NER superiores a 80 dB(A).

I.2 El monitoreo de efectos a la salud debe comprender como mínimo:

historial otológico que incluya:

antecedentes heredo-familiares;

antecedentes personales patológicos;

antecedentes personales no-patológicos;

padecimiento actual;

exploración física que incluya:

evaluación clínica de oído, nariz y garganta;

evaluación audiométrica tonal.

I.3 Las evaluaciones audiométricas deben ejecutarse según el programa siguiente:

establecer un audiograma inicial de referencia, para cada trabajador que sea asignado a un lugar de trabajo donde se exceda el NER de 85 dB(A), el cual debe ser precedido por un período de al menos 14 horas sin exposición a ruido en el centro de trabajo y que no presente afección de vías respiratorias superiores; realizar audiogramas de verificación conforme al esquema siguiente: exposición a NER igual o superior a 85 dB(A), cada seis meses; exposición a NER entre 80 y 85 dB(A), anualmente.

I.4 La evaluación audiométrica tonal debe contener como mínimo la exploración de vía aérea en las frecuencias siguientes: 250, 500, 1000, 2000, 3000, 4000, 6000 y 8000 Hz.

I.5 Las pruebas audiométricas con audífonos deben practicarse en un ambiente que no exceda los niveles de presión acústica que se dan a continuación:

Frecuencia Central – Hz	250	500	1000	2000	4000	8000
Nivel de Presión Acústica Máximo - dB	44	26	28	37	44	41

I.6 El ambiente de pruebas audiométricas debe contar con el documento de registro X correspondiente, en el que se registren los niveles de presión acústica referidos en el Apartado I.5. Este documento debe ser proporcionado por el prestador de los servicios de evaluación audiométrica o por el patrón, cuando los equipos e instalaciones sean de su propiedad.

I.7 Se debe verificar la calibración del audiómetro utilizado.

I.8 Se debe verificar la calibración biológica del audiómetro cada vez que se utilice este equipo. No deben existir alteraciones iguales o superiores a 10 dB y los resultados de esta verificación deben quedar registrados.

I.9 Los resultados del estudio audiométrico deben ser informados al trabajador, de manera individual y estrictamente confidencial.

I.10 Cada audiograma de verificación debe ser comparado con el audiograma inicial de referencia; si en este último se detecta alguna alteración que sugiera haya sido causada por exposición a ruido, el médico realizará los estudios complementarios que le permitan integrar los diagnósticos: nosológico, etiológico y anatómico-funcional.

I.11 Si el médico determina que la disminución de la capacidad auditiva no está relacionada con la exposición a ruido, pero que ésta pueda agravarse durante el trabajo, el médico debe orientar al patrón sobre la vigilancia a la salud y la exposición de los trabajadores.

I.12 Si el médico determina que la disminución de la capacidad auditiva está relacionada por la exposición a ruido durante el trabajo, el patrón debe considerar la reubicación del trabajador en un área cuyo  $NS_A$  sea menor a 80 dB(A) o manejar los tiempos de exposición, vigilando que no se excedan los límites máximos permisibles de exposición, indicados en el Apéndice A, y evaluar su capacidad auditiva cada 6 meses.

I.13 En la documentación del programa de conservación de la audición se debe incluir un resumen de los resultados de los exámenes audiométricos, de las medidas de prevención adoptadas, y de la programación de los nuevos exámenes, conforme a lo establecido en el Capítulo 8.

## Normas Oficiales Mexicanas sobre Seguridad e Higiene

**CARLOS MARIA ABASCAL CARRANZA**, Secretario del Trabajo y Previsión Social, con fundamento en los artículos 16 y 40, fracciones I y XI de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal; 512, 523, fracción I, 524 y 527; último párrafo de la Ley Federal del Trabajo; 3º, fracción XI, 38, fracción II, 40, fracción VII, 41, 43 a 47 y 52 de la Ley Federal sobre Metrología Normalización; 28 y 33 del Reglamento de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización; 3º, 4º, 93º y 94º del Reglamento Federal de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente de Trabajo; 3º, 5º y 22, fracciones III, VIII y XVII del Reglamento Interior de la Secretaría del Trabajo y Previsión Social, y

### CONSIDERANDO

Que con fecha 30 de mayo de 1994, fue publicada en el **Diario Oficial de la Federación** la Norma Oficial Mexicana NOM-015-STPS-1993, Relativa a la exposición laboral a condiciones térmicas elevadas o abatidas en los centros de trabajo;

Que esta Dependencia a mi cargo, con fundamento en el artículo Cuarto Transitorio, primer párrafo del Reglamento Federal de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente de Trabajo, publicado en el **Diario Oficial de la Federación** el 21 de enero de 1997, ha considerado necesario realizar diversas modificaciones a la referida Norma Oficial Mexicana, las cuales tienen como finalidad adecuarla a las disposiciones establecidas en el ordenamiento reglamentario mencionado;

Que con fecha 28 de noviembre de 2000, en cumplimiento de lo previsto en el artículo 46, fracción I de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, la Secretaría del Trabajo y Previsión Social presentó ante el Comité Consultivo Nacional de Normalización de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente Laboral, el Anteproyecto de Modificación de la presente Norma Oficial Mexicana, y que el citado Comité lo consideró correcto y acordó que se publicara como Proyecto en el **Diario Oficial de la Federación**;

Que con objeto de cumplir con lo dispuesto en los artículos 69-E y 69-H de la Ley Federal de Procedimiento Administrativo, el Proyecto correspondiente fue sometido a la consideración de la Comisión Federal de Mejora Regulatoria, la que dictaminó favorablemente en relación al mismo;

Que con fecha 4 de mayo de 2001, en cumplimiento del Acuerdo del Comité y de lo previsto en el artículo 47, fracción I de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, se publicó en el **Diario Oficial de la Federación** el Proyecto de Modificación de la presente Norma Oficial Mexicana, a efecto de que, dentro de los 60 días naturales a dicha publicación, los interesados presentaran sus comentarios al Comité Consultivo Nacional de Normalización de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente Laboral;

Que habiendo recibido comentarios de tres promoventes, el Comité referido procedió a su estudio y resolvió oportunamente sobre los mismos, publicando esta Dependencia las respuestas respectivas en el **Diario Oficial de la Federación** el 19 de diciembre de 2001, en cumplimiento a lo previsto por el artículo 47, fracción III de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización;

Que en atención a las anteriores consideraciones y toda vez que el Comité Consultivo Nacional de Normalización de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente Laboral, otorgó la aprobación respectiva, se expide la siguiente:

**Norma Oficial Mexicana NOM-015-STPS-2001, Condiciones Térmicas Elevadas o Abatidas-  
Condiciones de Seguridad e Higiene**

## INDICE

- 1 Objetivo
  - 2 Campo de aplicación
  - 3 Referencias
  - 4 Definiciones
  - 5 Obligaciones del patrón
  - 6 Obligaciones del personal ocupacionalmente expuesto
  - 7 Reconocimiento, evaluación y control
  - 8 Límites máximos permisibles de exposición
  - 9 Método de evaluación para condiciones térmicas elevadas
  - 10 Método de evaluación para condiciones térmicas abatidas
  - 11 Registros
  - 12 Unidades de verificación y laboratorios de pruebas
  - Apéndice a regímenes de trabajo
  - Apéndice b vigilancia a la salud del poe
  
  - 13 Vigilancia
  - 14 Bibliografía
  - 15 Concordancia con normas internacionales
- Guía de referencia i determinación del tiempo de exposición

### 1 Objetivo

Establecer las condiciones de seguridad e higiene, los niveles y tiempos máximos permisibles de exposición a condiciones térmicas extremas, que por sus características, tipo de actividades, nivel, tiempo y frecuencia de exposición, sean capaces de alterar la salud de los trabajadores.

### 2 Campo de aplicación

Esta Norma aplica en todos los centros de trabajo del territorio nacional en los que exista exposición de los trabajadores a condiciones térmicas, provocadas por fuentes que generen que la temperatura corporal de los trabajadores sea inferior a 36 °C o superior a 38 °C.

### 3 Referencias

Para la correcta interpretación de esta Norma deben consultarse las siguientes Normas Oficiales Mexicanas vigentes:

**NOM-017-STPS-1993** Relativa al equipo de protección personal para los trabajadores en los centros de trabajo.

**NOM-026-STPS-1998** Colores y señales de seguridad e higiene, e identificación de riesgos por fluidos conducidos en tuberías.

### 4 Definiciones

Para los efectos de la presente Norma, se establecen las siguientes definiciones:

**4.1 Autoridad del trabajo; autoridad laboral:** las unidades administrativas competentes de la Secretaría del Trabajo y Previsión Social, que realicen funciones de inspección en materia de seguridad e higiene en el trabajo y las correspondientes en las entidades federativas y el Distrito Federal, que actúen en auxilio de aquéllas.

**4.2 Calor convectivo:** es la cantidad de energía calorífica que se transmite a través de fluidos y que recibe o cede el cuerpo humano por efecto del medio ambiente laboral.

4.3 **Calor radiante:** es la cantidad de energía calorífica que se emite o se gana a través de energía electromagnética.

4.4 **Condición térmica abatida:** es la situación ambiental capaz de producir pérdida de calor en el cuerpo humano, debido a las bajas temperaturas, que puede romper el equilibrio térmico del trabajador y tiende a disminuir su temperatura corporal central.

4.5 **Condición térmica elevada:** es la situación ambiental capaz de transmitir calor hacia el cuerpo humano o evitar que el cuerpo humano transmita calor hacia el medio en tal magnitud que pueda romper el equilibrio térmico del trabajador, y tiende a incrementar su temperatura corporal central.

4.6 **Condición térmica extrema:** es la situación ambiental capaz de permitir una ganancia o una pérdida de calor en el cuerpo humano en tal magnitud que modifique el equilibrio térmico del trabajador y que ocasione un incremento o decremento en su temperatura corporal central, capaz de alterar su salud.

4.7 **Estrategia de medición ambiental:** es el conjunto de criterios a partir del reconocimiento, que sirven para definir el número de mediciones, lugares, tiempo y frecuencia en que se practicarán, para obtener información representativa de la exposición del trabajador a condiciones térmicas extremas.

4.8 **Evaluación:** es el resultado de comparar la cuantificación de los factores que modifican el medio ambiente laboral con los patrones de referencia.

4.9 **Fuentes:** maquinaria, equipos o materiales capaces de generar condiciones térmicas extremas en el medio ambiente de trabajo.

4.10 **Grupo de exposición homogénea:** son todos los trabajadores expuestos a condiciones térmicas semejantes, tomando en cuenta el tiempo de exposición, el régimen de actividades, y el nivel térmico en el centro de trabajo.

4.11 **Índice de temperatura de globo bulbo húmedo:** es la interrelación entre la temperatura de globo, temperatura del aire y la humedad relativa, que permite estimar la exposición a temperaturas elevadas.

4.12 **Índice de viento frío:** es la interrelación entre la temperatura y velocidad del aire, que permite estimar la exposición a temperaturas abatidas.

4.13 **Límite máximo permisible de exposición (LMPE):** es el nivel máximo de los indicadores térmicos del régimen de trabajo y del tiempo de exposición, que se relacionan con el medio ambiente laboral, y que no deben superarse durante la exposición de los trabajadores en periodos de trabajo definidos.

4.14 **Temperatura de bulbo húmedo natural:** es la temperatura que registra el termómetro cuando, humedecido su bulbo, permite la evaporación del agua sobre él, al estar expuesto al movimiento natural del aire y al contenido de su humedad.

4.15 **Temperatura de bulbo húmedo ventilado:** es la temperatura que registra el termómetro cuando, humedecido su bulbo, permite la evaporación del agua sobre él, a una velocidad del aire que depende exclusivamente del tipo de psicrómetro utilizado.

4.16 **Temperatura de bulbo seco:** es la temperatura que registra el termómetro cuando el bulbo está en contacto con el aire del medio ambiente, y este protegido de la radiación directa de la fuente que genera la condición térmica.

4.17 **Temperatura de globo:** es el nivel termométrico que se registra cuando se establece el equilibrio entre la relación del calor convectivo y el calor radiante en el termómetro de globo.

4.18 **Trabajador expuesto; personal ocupacionalmente expuesto (POE):** son los trabajadores expuestos a una condición térmica extrema durante el desarrollo de sus actividades laborales.

## 5 Obligaciones del patrón

5.1 Mostrar a la autoridad del trabajo, cuando ésta así lo solicite, los documentos que la presente Norma le obligue a elaborar o poseer.

5.2 Informar a los trabajadores de los riesgos de trabajo por exposición a temperaturas extremas y mostrar a la autoridad del trabajo evidencias, como pueden ser las constancias de habilidades, circulares, folletos, carteles, o a través de opiniones de los trabajadores, que acrediten que han sido informados de los riesgos.

5.3 Realizar el reconocimiento, evaluación y control, según lo establecido en el Capítulo 7.

5.4 Elaborar por escrito y mantener actualizado un informe que contenga el registro del reconocimiento, evaluación y control de las áreas, de acuerdo a lo establecido en el Capítulo 11.

5.5 Aplicar el método para determinar el tiempo de exposición de los trabajadores, considerando el tipo de condición térmica extrema a la que se expongan, de conformidad con lo que se establece en los Capítulos 9 y 10, según sea el caso.

5.6 Proporcionar al POE el equipo de protección personal, según se establece en la NOM-017-STPS-1993

5.7 Señalar y restringir el acceso a las áreas de exposición a condiciones térmicas extremas, según lo establecido en la NOM-026-STPS-1998.

5.8 Proporcionar capacitación y adiestramiento al POE en materia de seguridad e higiene, donde se incluyan los niveles máximos permisibles y las medidas de control establecidas en el Apartado 5.3, de acuerdo a la actividad que desempeñen, a fin de evitar daños a la salud, derivados de la exposición a condiciones térmicas extremas.

5.9 Llevar a cabo la vigilancia a la salud del POE, según lo que establezcan las Normas Oficiales Mexicanas que al respecto emita la Secretaría de Salud. En caso de no existir normatividad de dicha Secretaría, el médico de la empresa determinará el contenido de los exámenes médicos y la vigilancia a la salud, según lo establecido en el Apéndice B.

5.10 En los centros de trabajo en que las condiciones climáticas pueden provocar que la temperatura corporal del trabajador sea inferior a 36 °C o superior a 38 °C, cumplir únicamente con lo establecido en los Apartados 5.1, 5.2, 5.6 y 5.9.

## 6 Obligaciones del personal ocupacionalmente expuesto

6.1 Colaborar en las actividades derivadas del reconocimiento, evaluación y control que se requieran.

6.2 Participar en las actividades de capacitación y adiestramiento en materia de seguridad e higiene, establecidas por el patrón.

6.3 Someterse a los exámenes médicos para valorar los riesgos a su salud, con motivo de la exposición a condiciones térmicas extremas, y proporcionar verazmente la información que le solicite el médico que realice dicho examen.

6.4 En caso de tener síntomas de aumento o decremento de su temperatura corporal, debe notificarlo al patrón.

## **7 Reconocimiento, evaluación y control**

### 7.1 Reconocimiento.

7.1.1 Identificar y registrar en un plano de vista de planta del centro de trabajo, todas las fuentes que generen condiciones térmicas extremas.

7.1.2 Determinar si en el área donde se ubican las fuentes, el POE se localiza en un lugar cerrado o abierto y si existe ventilación natural o artificial.

7.1.3 Elaborar una relación del POE, incluyendo áreas, puestos de trabajo, tiempos y frecuencia de la exposición.

7.1.4 Describir las actividades y ciclos de trabajo que realiza el POE en cada puesto de trabajo.

### 7.2 Evaluación.

7.2.1 Aplicar el procedimiento de evaluación para las condiciones térmicas extremas encontradas, conforme a lo establecido en los Capítulos 9 ó 10, según sea el caso.

7.2.2 Medir la temperatura axilar del POE al inicio y al término de cada ciclo de exposición.

7.2.3 Con la información obtenida en el Apartado 7.1.4, en caso de exposición a condiciones térmicas elevadas, determinar el régimen de trabajo del POE, según lo establecido en la Tabla A1.

7.2.4 Registrar en una hoja de campo o sistema electrónico, por cada trabajador expuesto o grupo de exposición homogénea a condiciones térmicas extremas, los siguientes datos:

- a. área evaluada;
- b. condición térmica extrema evaluada;
- c. fecha de la evaluación;
- d. nombre del trabajador o grupo evaluado;
- e. puesto de trabajo evaluado;
- f. tiempo y ciclos de exposición;
- g. actividades específicas que realiza el POE en cada ciclo de exposición;
- h. si se utiliza equipo de protección personal, describirlo;
- i. si existen controles técnicos o administrativos, describirlos;
- j. en caso de utilizar equipo de medición electrónico registrar:
  1. marca y modelo;
  2. número de serie;
  3. documento que avale la calibración de los instrumentos de medición, de

conformidad con los procedimientos establecidos en la Ley Federal sobre Metrología y Normalización,

k. nombre y firma del evaluador.

### 7.3 Control.

7.3.1 Cuando el resultado del índice de temperatura de globo bulbo húmedo ( $I_{tgbh}$ ) o el índice de viento frío ( $I_{vf}$ ), el régimen de trabajo y el tiempo de exposición, indiquen que la exposición de los trabajadores excede los LMPE establecidos en las Tablas 1 ó 2, o la temperatura axilar del trabajador supere los 38 °C o esté por abajo de 36 °C, se deben aplicar medidas de control, a fin de prevenir daños a la salud del POE. En tanto se establezcan dichas medidas de control, los patrones deben adoptar medidas preventivas inmediatas que garanticen que no se sigan presentando este tipo de exposiciones, tomando en consideración lo siguiente:

- a. las características fisiológicas de los trabajadores expuestos;
- b. el régimen de trabajo, nivel, tiempo y frecuencia de la exposición;
- c. las características de los lugares donde se realiza el trabajo;
- d. las características del proceso;
- e. las características de las fuentes;
- f. las condiciones climatológicas del lugar, por área geográfica y estacionalidad.

7.3.2 Las medidas de control y las medidas preventivas inmediatas mencionadas en el apartado anterior, deben registrarse en el informe establecido en el Capítulo 11, según sea el caso, y deben ser verificadas por el patrón mediante una evaluación posterior al término de su implementación.

7.3.3 Los trabajadores que por primera vez vayan a ser expuestos a condiciones térmicas elevadas, deben contar con un período continuo mínimo de aclimatación de 6 días, iniciando con el 50% de la exposición total permisible durante el primer día, siguiendo con incrementos diarios del 10%, hasta llegar al 100% de la exposición total permisible el sexto día. Estos períodos de aclimatación, deben ser registrados en el informe de evaluación.

7.3.4 Los trabajadores que han estado aclimatados a condiciones térmicas elevadas y que regresen de nueve o más días consecutivos de ausencia, deben someterse a un período continuo mínimo de aclimatación de 4 días. El período de aclimatación, debe iniciar con el 50% de la exposición total permisible el primer día, siguiendo con dos incrementos diarios del 20% y uno del 10% hasta llegar al 100% de la exposición total permisible el cuarto día. Estos períodos de aclimatación deben ser registrados en el informe de evaluación.

7.3.5 En las áreas o puestos de trabajo donde el índice de temperatura de globo bulbo húmedo supere los 32.2 °C, sólo se permitirá una exposición momentánea, siempre y cuando el trabajador se encuentre debidamente protegido de la radiación calorífica y una persona vigile continuamente su actividad.

7.3.6 En las áreas o puestos de trabajo donde el índice de viento frío sea inferior a -57 °C, todo el cuerpo del POE debe contar con equipo de protección personal que lo mantenga aislado de las condiciones térmicas abatidas y equipado con un tubo de respiración que pase bajo la ropa y bajo la pierna para calentar el aire.

7.3.7 Cuando la temperatura corporal sea igual o mayor a 38 °C, se debe retirar de la exposición al trabajador y someterlo a vigilancia médica.

7.3.8 Cuando la temperatura corporal sea igual o menor a 36 °C, se debe retirar de la exposición al POE y someterlo a vigilancia médica.

### 8 Límites máximos permisibles de exposición

8.1 Condiciones térmicas elevadas. En la Tabla 1 se establecen los tiempos máximos permisibles de exposición y el tiempo mínimo de recuperación para jornadas de trabajo de ocho horas.

**T A B L A 1**

#### LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES DE EXPOSICION A CONDICIONES TERMICAS ELEVADAS

Temperatura máxima en °C de I <sub>g</sub> b <sub>h</sub>			Porcentaje del tiempo de exposición y de no exposición
Régimen de trabajo			
Ligero	Moderado	Pesado	
30.0	26.7	25.0	100% de exposición
30.6	27.8	25.9	75% de exposición 25% de recuperación en cada hora
31.7	29.4	27.8	50% de exposición 50% de recuperación en cada hora
32.2	31.1	30.0	25% de exposición 75% de recuperación en cada hora

8.2 Condiciones térmicas abatidas. En la Tabla 2 se relacionan las temperaturas del índice de viento frío, tiempo de exposición máxima diaria y el tiempo de no exposición.

**T A B L A 2**

#### LMPE A CONDICIONES TERMICAS ABATIDAS

Temperatura en °C	Exposición máxima diaria
de 0 a -18	8 horas.
Menores de -18 a -34	4 horas; sujeto a periodos continuos máximos de exposición de una hora; después de cada exposición, se debe tener un tiempo de no exposición al menos igual al tiempo de exposición.
Menores de -34 a -57	1 hora; sujeto a periodos continuos máximos de 30 minutos; después de cada exposición, se debe tener un tiempo de no exposición al menos 8 veces mayor que el tiempo de exposición.

Menores de -57	5 minutos.
----------------	------------

## 9 Método de evaluación para condiciones térmicas elevadas

9.1 Principio del método: consiste en aplicar el índice de temperatura de globo bulbo húmedo ( $I_{tgbh}$ ), medir la temperatura axilar del trabajador expuesto, la humedad relativa, la velocidad del aire y determinar el régimen de trabajo.

9.2 Instrumentación y equipo. Características con las que deben contar los instrumentos de medición y equipo para evaluar las condiciones térmicas extremas. Se pueden utilizar instrumentos de medición electrónicos con igual o mayor precisión.

### 9.2.1 Termómetros de mercurio:

#### a. de bulbo seco:

1. con bulbo sensor de  $30 \pm 5$  mm, de  $6 \pm 1$  mm de diámetro externo;
2. intervalo de medición de  $10$  °C a  $60$  °C;
3. exactitud de medición de  $1$  °C.

#### b. de bulbo húmedo:

1. con bulbo sensor de  $30 \pm 5$  mm, de  $6 \pm 1$  mm de diámetro externo;
2. intervalo de medición de  $5$  °C a  $40$  °C;
3. exactitud de medición de  $0.5$  °C;
4. el bulbo sensor del termómetro debe estar cubierto totalmente con una funda o malla blanca de algodón, de un material absorbente (de algodón u otro material con las mismas características de humectación);
5. longitud del termómetro cubierto por la funda o malla de algodón:  $20$  mm. La parte más baja de la funda debe estar sumergida en un recipiente con agua destilada. La longitud libre de la funda en el aire debe ser de  $20$  mm a  $30$  mm (separación entre el borde superior del recipiente de agua y el bulbo del termómetro);
6. vaso de precipitado;
7. gotero.

#### c. de globo:

1. con bulbo sensor de  $30 \pm 5$  mm, de  $6 \pm 1$  mm de diámetro externo;
2. intervalo de medición de  $20$  °C a  $120$  °C;
3. exactitud de medición de  $1$  °C;
4. con una esfera de cobre en cuyo centro se localice el bulbo sensor del termómetro; con diámetro exterior de  $150$  mm; un espesor menor o igual a  $1$  mm y la superficie exterior pintada de color negro mate, con un coeficiente promedio de emisión de  $0.95$  (negro mate).

9.2.2 Tripie para soporte de los termómetros.

9.2.3 Anemómetro a elegir, según la velocidad del aire:

- a. anemómetro de copa o veleta con un rango de medición de 0.05 a 150 m / s;
- b. termoanemómetro con un rango de medición de 0.03 a 300 m/s.

9.2.4 Estabilización de los instrumentos de medición:

- a. los termómetros de globo y bulbo húmedo deben permanecer al menos 30 minutos expuestos en el área de trabajo antes de efectuar la lectura;
- b. el termómetro de bulbo húmedo debe humedecerse directamente con agua destilada durante al menos 30 minutos antes de efectuar las mediciones y dejando la malla de algodón inmersa en el agua destilada, de tal manera que siga absorbiendo agua por capilaridad;
- c. en el caso de instrumentos electrónicos de mayor precisión, su permanencia debe ser de acuerdo al tiempo de estabilización recomendado por el fabricante.

9.3 Estrategia de evaluación de las condiciones térmicas elevadas.

9.3.1 Durante la evaluación, se deben excluir las áreas donde no exista POE y aquellas en las que el índice de temperatura de globo bulbo húmedo sea igual o menor al LMPE del régimen de trabajo.

9.3.2 Para cada trabajador o grupo de exposición homogénea en puestos fijos se debe:

- a. describir las actividades que desarrolla el POE y determinar el régimen de trabajo (ligero, moderado o pesado) de acuerdo al tipo de actividad que se desarrolla, según lo establecido en la Tabla A.1;
- b. medir la temperatura axilar del POE en su puesto de trabajo, antes y después de su jornada, así como la duración de la exposición;
- c. la evaluación del índice de temperatura de globo bulbo húmedo se debe realizar lo más cerca posible del POE, sin que la presencia del evaluador interrumpa sus actividades;
- d. la evaluación consiste en medir y promediar a tres diferentes alturas la temperatura de globo bulbo húmedo, colocando los instrumentos de medición en:
  1. la primera medición, a una altura de  $0.10\text{ m} \pm 0.05\text{ m}$  (región de los tobillos), en relación al plano de sustentación del trabajador;
  2. la segunda medición a la altura de la región abdominal a  $0.60\text{ m} \pm 0.05\text{ m}$ , en relación al plano de sustentación del trabajador sentado, y de  $1.10\text{ m} \pm 0.05\text{ m}$  si la actividad es desarrollada de pie;
  3. la tercera medición, a la altura de la región superior de la cabeza a  $1.10\text{ m} \pm 0.05\text{ m}$  en relación al plano de sustentación del trabajador sentado, y de  $1.70\text{ m} \pm 0.05\text{ m}$  si desarrolla sus actividades de pie.
- e. cuando se realicen evaluaciones a alturas diferentes a las establecidas, se deben registrar y fundamentar las causas que las originaron;

- f. la medición se debe realizar al inicio y al final de todos los ciclos de exposición que se generen durante una hora continua de actividades;
- g. los resultados obtenidos se deben comparar con los LMPE establecidos en la Tabla 1.

9.3.3 En el caso de tener un grupo de exposición homogénea, se debe ubicar el equipo de medición en el centro geométrico del grupo, y realizar la evaluación como se describió en el Apartado 9.3.2.

9.3.4 Para un trabajador o grupo de exposición homogénea en movimiento, se debe proceder según se establece en el Apartado 9.3.2, repitiéndose en tres ocasiones:

- a. la primera medición se realizará en el lugar donde se inicia la actividad sujeta a exposición;
- b. la segunda medición a la mitad de su trayectoria;
- c. una tercera medición se realiza al concluir su actividad.

En este tipo de exposición homogénea en movimiento, en cada una de las tres mediciones se deben comparar los resultados con la Tabla 1.

9.3.5 Si se tienen diferentes regímenes de trabajo, en cada uno de éstos se debe proceder según lo establecido en el Apartado 9.3.2.

9.4 Determinación del índice de temperatura de globo bulbo húmedo.

9.4.1 Una vez concluidas las evaluaciones, se registran los valores obtenidos y se calcula el índice de la temperatura de globo bulbo húmedo por cada punto evaluado mediante la ecuación (1) si la medición se realiza en interiores o exteriores sin carga solar, y mediante la ecuación (2) si la medición se realiza en exteriores con carga solar:

$$I_{tg\delta h} = 0.7 t_{\delta kn} + 0.3 t_g \quad (1)$$

$$I_{tg\delta h} = 0.7 t_{\delta kn} + 0.2 t_g + 0.1 t_s \quad (2)$$

9.4.2 .Para obtener la temperatura de globo bulbo húmedo promedio, se debe aplicar la siguiente ecuación:

$$I_{tg\delta h \text{ promedio}} = \left[ \frac{I_{tg\delta h \text{ cabeza}} + 2 I_{tg\delta h \text{ abdomen}} + I_{tg\delta h \text{ tobillos}}}{4} \right]$$

Donde:

$I_{tg\delta h \text{ cabeza}}$ : Es el índice de temperatura de globo bulbo húmedo, medido en la región de la cabeza.

$I_{tg\delta h \text{ abdomen}}$ : Es el índice de temperatura de globo bulbo húmedo, medido en la región del abdomen.

$I_{tg\delta h \text{ tobillos}}$ : Es el índice de temperatura de globo bulbo húmedo medido, en la región de los tobillos.

## 10 Método de evaluación para condiciones térmicas abatidas

10.1 Instrumentos de medición que se requieren para evaluar las condiciones térmicas abatidas.

10.1.1 Termómetro de mercurio de bulbo seco:

- a. con bulbo sensor de  $30 \pm 5$  mm, de  $6 \pm 1$  mm de diámetro externo;
- b. intervalo de medición  $-60$  °C a  $20$  °C;
- c. exactitud de medición de  $0.5$  ° C.

10.1.2 Anemómetro de copa o veleta.

10.2 Se deben excluir aquellas áreas donde no exista POE.

10.3 Para cada trabajador o grupo de exposición homogénea en puestos fijos se debe:

- a. describir las actividades que desarrolla el POE;
- b. medir la temperatura axilar del POE en su puesto de trabajo, antes y después de su exposición, así como la duración de la exposición;
- c. la evaluación del índice de viento frío se debe realizar lo más cerca posible del trabajador, sin que la presencia del evaluador interrumpa la actividad del POE;
- d. la evaluación consiste en medir y correlacionar la temperatura de bulbo seco y la velocidad del aire para calcular el índice de viento frío de acuerdo a la Tabla A2;
- e. los instrumentos de medición se deben colocar a una altura de  $1.40 \pm 0.10$  metros y se deben tomar tres lecturas: al inicio, a la mitad y al final de cada ciclo de exposición;
- f. cuando se realicen evaluaciones a diferentes alturas, se deben registrar y fundamentar las causas que las originaron.

10.4 Análisis de resultados.

10.4.1 Con los valores obtenidos se determina el valor del índice de viento frío promedio, como se indica a continuación:

$$I_{vf \text{ promedio}} = \left( \frac{I_{vf \text{ inicial}} + I_{vf \text{ a la mitad}} + I_{vf \text{ al final}}}{3} \right)$$

Donde:

$I_{vf \text{ inicial}}$  : Es el valor promedio del índice del viento frío inicial.  
 $I_{vf \text{ a la mitad}}$ : Es el valor promedio del índice del viento frío a la mitad.  
 $I_{vf \text{ al final}}$ : Es el valor promedio del índice del viento frío final.

10.4.2 Localización de los puntos evaluados. Una vez determinado el valor del Índice de viento frío promedio, todos los puntos de medición de la zona evaluada se deben identificar con un número progresivo y registrarse en un plano de vista de planta.

10.4.3 Con el resultado del índice de viento frío promedio, se debe determinar el tiempo máximo de exposición del POE según lo establecido en la Tabla 2.

## 11 Registros

Los registros de las condiciones térmicas extremas deben de contener, al menos, lo siguiente:

- a. informe descriptivo de las condiciones de operación bajo las cuales se realizó la evaluación;

- b. plano de distribución de las zonas, áreas y departamentos evaluados en el que se indique la ubicación de las fuentes, los puntos de medición y el POE;
- c. la temperatura axilar del POE;
- d. los informes del reconocimiento, evaluación y control, señalados en el Capítulo 7;
- e. las medidas preventivas de seguridad e higiene para proteger al POE;
- f. nombre y firma del responsable del estudio de evaluación.

## **12 Unidades de verificación y laboratorios de pruebas**

12.1 El patrón tendrá la opción de contratar una unidad de verificación o un laboratorio de pruebas, acreditado y aprobado, en los términos de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, para verificar el grado de cumplimiento de la presente Norma.

12.2 Las unidades de verificación podrán verificar el grado de cumplimiento de los Apartados 5.2 al 5.9.

12.3 Los laboratorios de pruebas podrán evaluar el contenido del Apartado 7.2.

12.4 Las unidades de verificación y los laboratorios de pruebas, deben entregar al patrón sus dictámenes e informes de resultados, consignando lo siguiente:

12.4.1 Para el dictamen de las unidades de verificación:

- a. datos del centro de trabajo evaluado:
  - 1. nombre, denominación o razón social;
  - 2. domicilio completo.
- b. datos de la unidad de verificación:
  - 1. nombre, denominación o razón social de la unidad de verificación;
  - 2. domicilio completo;
  - 3. número de aprobación otorgado por la Secretaría del Trabajo y Previsión Social;
  - 4. clave y nombre de las normas verificadas;
  - 5. resultado de la verificación;
  - 6. lugar y fecha de la firma del dictamen;
  - 7. nombre y firma del representante legal;
  - 8. vigencia del dictamen.

12.4.2 Para el informe de resultados de los laboratorios de pruebas:

- a. datos del centro de trabajo evaluado:

1. nombre, denominación o razón social;
  2. domicilio completo.
- b. datos del laboratorio de pruebas:
1. nombre, denominación o razón social;
  2. domicilio completo;
  3. número de aprobación otorgado por la Secretaría del Trabajo y Previsión Social;
  4. nombre y firma del signatario autorizado;
  5. lugar y fecha de la firma;
  6. conclusiones de la evaluación;
  7. contenido de los estudios, de acuerdo a lo establecido en los Capítulos 9 y 10, según sea el caso.

12.5 La vigencia de los dictámenes emitidos por las unidades de verificación y de los informes de resultados de los laboratorios de pruebas será de dos años, mientras se mantengan las condiciones de trabajo que sirvieron de referencia para su emisión.

## APENDICE A

### REGIMENES DE TRABAJO

**Tabla A. 1**

#### DEFINICION DEL REGIMEN DE TRABAJO SEGUN LA ACTIVIDAD

Régimen de trabajo	Actividad	Ejemplo de Gasto Metabólico aproximado	
		watts	kcal/h
Ligero	Sentarse tranquilamente	116.18	100
	Sentarse, movimiento moderado de los brazos y el tronco (por ejemplo, trabajo de oficina, mecanografía)	130.81 a 162.21	112.5 a 139.5
	Sentado, movimientos moderados de los brazos y el tronco (por ejemplo, tocando el órgano o conduciendo un automóvil)	159.88 a 188.95	137.5 a 162.5
	Parado, trabajo moderado en máquinas o bancos de máquinas, mayormente con las manos	159.88 a 188.95	137.5 a 162.5

	Parado, trabajo liviano en máquinas o banco, a veces caminando un poco	188.95 a 218.02	162.5 a 187.5
	Sentado, movimientos pesados de los brazos y piernas	188.95 a 232.56	162.5 a 200.0
Moderado	Parado, trabajo moderado en máquina o banco a veces caminando un poco	218.02 a 290.69	187.5 a 250.0
	Caminando de un sitio a otro empujando y levantando moderadamente	290.69 a 406.97	250.0 a 350.0
Pesado	Levantando, empujando o tirando cargas pesadas, intermitentemente (por ejemplo, trabajo de pico y pala)	436.04 a 581.39	375.0 a 500.0
	Trabajo pesado constante	581.39 a 697.67	500.0 a 600.0

Tabla A.2

## INDICE DE VIENTO FRIO

El uso de la presente Tabla tiene como fin determinar el índice de viento frío a aplicar en el Capítulo 10, al correlacionar la velocidad del viento y la temperatura registrada en el termómetro, y poder determinar el aislamiento para proteger el cuerpo del trabajador.

Velocidad del viento en km/h	Temperatura leída en el termómetro en °C									
	10	4	-1	-7	-12	-18	-23	-29	-34	-40
8	10	4	-1	-7	-12	-18	-23	-29	-34	-40
16	9	3	-3	-9	-14	-21	-26	-32	-38	-44
24	4	-2	-9	-15	-23	-31	-36	-43	-50	-57
32	2	-6	-13	-21	-28	-36	-43	-50	-58	-65
40	0	-8	-16	-23	-32	-39	-47	-55	-63	-71
48	-1	-9	-18	-26	-34	-42	-50	-59	-67	-76

56	-2	-11	-19	-28	-36	-44	-53	-62	-70	-78
64	-3	-12	-20	-29	-37	-46	-55	-63	-72	-80
66 y mayores	-3	-12	-21	-29	-38	-47	-56	-65	-73	-82
	PELIGRO ESCASO EN UNA HORA DE EXPOSICION (PARA UNA PERSONA ADECUADAMENTE VESTIDA)			AUMENTO DE PELIGRO EN UN MINUTO DE EXPOSICION			GRAN PELIGRO EN 30 SEGUNDOS DE EXPOSICION			
				PELIGRO DE CONGELACION DE LAS ZONAS EXPUESTAS						

## APENDICE B

### VIGILANCIA A LA SALUD DEL POE

B.1 El médico de la empresa debe establecer por escrito un programa de vigilancia a la salud del POE, y el contenido y tipo de los exámenes médicos aplicables, que incluya lo siguiente:

- la evaluación médica inicial a trabajadores que se expongan por primera vez;
- una historia clínica con exploración física completa de cada trabajador expuesto;
- realizar, al menos, un examen médico cada 6 meses;
- las conclusiones de los resultados de los exámenes médicos;
- las medidas de prevención de las posibles alteraciones a la salud;
- el seguimiento a cada caso.

### 13 Vigilancia

La vigilancia del cumplimiento de esta Norma Oficial Mexicana corresponde a la Secretaría del Trabajo y Previsión Social.

### 14 Bibliografía

- Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, Artículo 123, Apartado "A", fracción XV.
- Ley Federal del Trabajo, artículos 132, 512 y 527.
- Reglamento Federal de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente de Trabajo, Título Tercero, Capítulo VI.
- NOM-008-SCFI-1993, Sistema general de unidades de medida.

- e. NOM-011-SCFI-1993, Instrumentos de medición - termómetros de líquido en vidrio para usos generales
- f. ISO 7243 Hot Environments - Estimation of the Heat Stress on Working Man, based on the Wbgt-index (wet bulb globe temperature 1992 ).
- g. Work In the Cold-Review of Methods for Assessment of Cold Exposure. Ingvar Holmer. int Arch Occup Environ Health (1993).
- h. Comparison of Heat Stress Index. Richard S. Brief and Robert G. Confer. American Industrial Hygiene Association Journal (1971).
- i. Problemas Relacionados con el Trabajo en Condiciones de Sobrecarga Térmica. Organización Mundial de la Salud. Serie de Informes Técnicos.
- j. Ergonomics Guide to Assessment of Metabolic and Cardiac Cost of Physical Work. American Industrial Hygiene Association (1971).
- k. Evaluación de la Sobrecarga Térmica en el Ambiente de Trabajo (Och/77.1).
- l. Organización Mundial de la Salud. B.Golelzer. O.M.S.

### 15 Concordancia con normas internacionales

15.1 La presente Norma coincide de manera parcial con algunos aspectos de la norma internacional ISO 7243 Hot Environments - Estimation of the Heat Stress on Working Man, based on the Wbgt-index (wet bulb globe temperature 1992).

### TRANSITORIOS

**PRIMERO.-** La presente Norma Oficial Mexicana entrará en vigor a los ciento ochenta días naturales posteriores a su publicación en el **Diario Oficial de la Federación**.

**SEGUNDO.-** Durante el lapso señalado en el artículo anterior, los patrones cumplirán con la Norma Oficial Mexicana NOM-015-STPS-1993, Relativa a la exposición laboral a condiciones térmicas elevadas o abatidas en los centros de trabajo, o bien realizarán las adaptaciones para observar las disposiciones de la presente Norma Oficial Mexicana y, en este último caso, las autoridades del trabajo proporcionarán a petición de los patrones interesados, asesoría y orientación para instrumentar su cumplimiento, sin que los patrones se hagan acreedores a sanciones por el incumplimiento de la norma en vigor.

México, Distrito Federal, a los seis días del mes de marzo de dos mil dos.

EL SECRETARIO DEL TRABAJO Y PREVISION SOCIAL.

**CARLOS MARIA ABASCAL CARRANZA.**

### GUIA DE REFERENCIA I

#### DETERMINACION DEL TIEMPO DE EXPOSICION

El contenido de esta guía es un complemento auxiliar para determinar los factores que afectan al POE y poder establecer sistemas de control, y **no es de cumplimiento obligatorio**.

Este procedimiento sirve para determinar el tiempo mínimo de recuperación, a través del uso de los nomogramas elaborados por Mc Karns y Brief.

De la carta psicrométrica:

I.1 Para determinar la temperatura de rocío:

Se proyectan líneas perpendiculares que inician con los valores de la temperatura de bulbo seco ( $t_s$ ) y la temperatura de bulbo húmedo ( $t_{bh}$ ) en la escala de la carta psicrométrica. En el punto de intersección se traza una línea recta paralela a la escala de la temperatura de bulbo seco ( $t_s$ ) hasta que ésta cruce con la escala de la temperatura de bulbo húmedo ( $t_{bh}$ ). El punto de intersección se conoce como temperatura del punto de rocío.

I.2 Para determinar la presión de vapor (**Vpa**):

Se proyecta una línea perpendicular que inicia con el valor de la temperatura de rocío en la carta psicrométrica y termina en la escala de la presión de vapor (**Vpa**) de dicha carta. El punto de intersección se conoce como presión de vapor.

Del nomograma No.1

I.3 Para determinar la evaporación máxima (**E<sub>máx.</sub>**):

Se traza un segmento de recta que inicia con el valor de la velocidad del aire y termina con el valor de la temperatura de rocío, en las escalas del nomograma No. 1. El punto de intersección con la escala de la evaporación máxima (**E<sub>máx.</sub>**) en el ambiente de trabajo ( o área de recuperación según sea el caso) se conoce como Evaporación Máxima.

I.4 Para determinar el calor por convección (**C**):

Se traza un segmento de recta que inicia con el valor de la velocidad del aire y concluye en el valor de la temperatura de bulbo seco ( $t_s$ ) en el nomograma No. 1. El punto de intersección se conoce como calor por convección (**C**).

I.5 Para determinar la constante de paso **K**:

Se traza un segmento de recta que inicia con el valor de la presión de vapor (**Vpa**) y concluye con el valor de la diferencia entre la temperatura de globo ( $t_g$ ) y la temperatura de bulbo seco ( $t_s$ ) en las escalas respectivas del nomograma No. 1. El punto de intersección se conoce como el valor de la constante de paso (**K**).

Del nomograma No. 2

I.6 Para determinar la temperatura media radiante (**t<sub>w</sub>**):

Se traza un segmento de recta que inicia con el valor de la constante de paso **K** y se concluye con el valor de la temperatura de globo, el valor que le corresponde a la temperatura media radiante es el punto donde se efectúa la intersección de la escala de la temperatura media radiante (**t<sub>w</sub>**) y el segmento de recta trazado.

I.7 Para determinar el calor por radiación (**R**):

Se traza un segmento de recta ascendente que inicia con el valor de la temperatura media radiante y concluye donde se efectúa la intersección con la escala de radiación **R**, como se observa en este nomograma.

I.8 Para determinar el valor del metabolismo de la actividad y el intercambio de radiación:

Se traza un segmento de recta que inicia con el valor de la temperatura media radiante y concluye

es el valor del metabolismo y radiación.

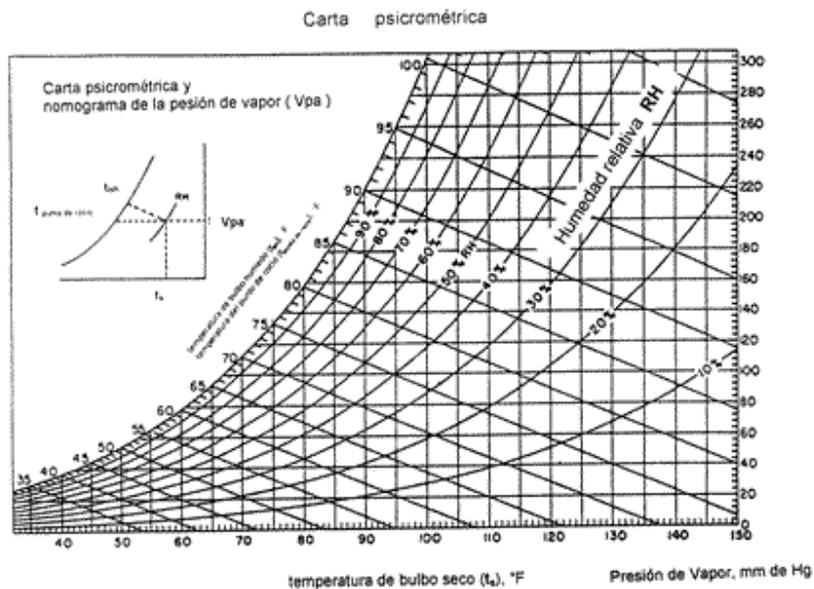
I.9 Para determinar la energía requerida ( $E_{req}$ ):

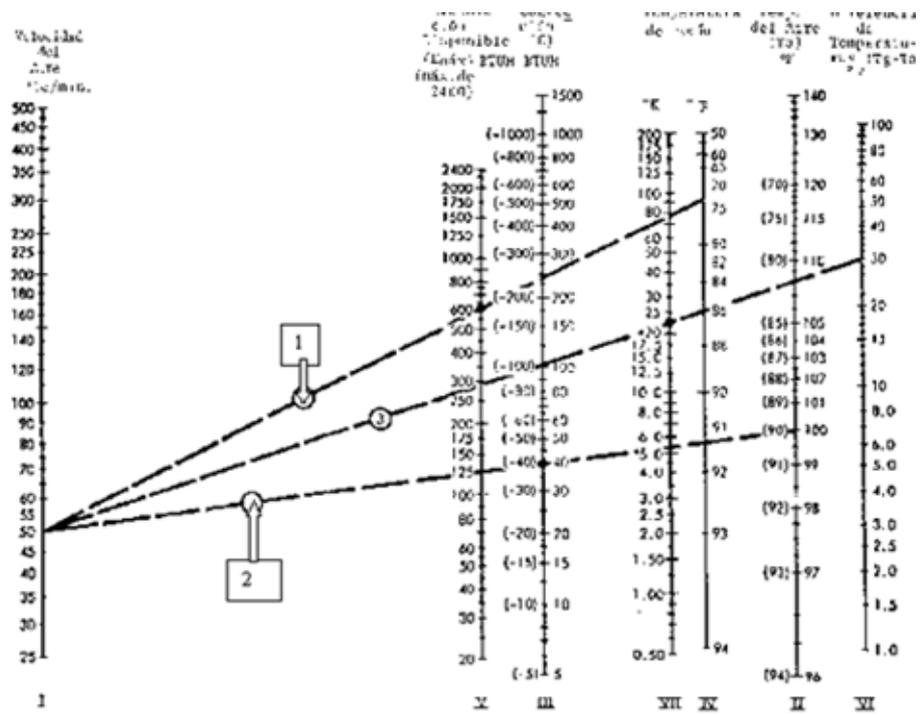
Se traza un segmento de recta que inicia con el valor del metabolismo y radiación, mismo que concluye con el valor del calor de convección, en las escalas respectivas del nomograma No. 2. El punto de intersección en  $E_{req}$  se considera como valor de la energía requerida ( $E_{req}$ ).

I.10 Para determinar el tiempo de exposición permisible:

Se traza una línea recta que una al valor  $E_{req}$  con el valor de la evaporación disponible ( $E_{m\acute{a}x}$ ). El punto por donde cruza la línea se considera como el tiempo de exposición permisible.

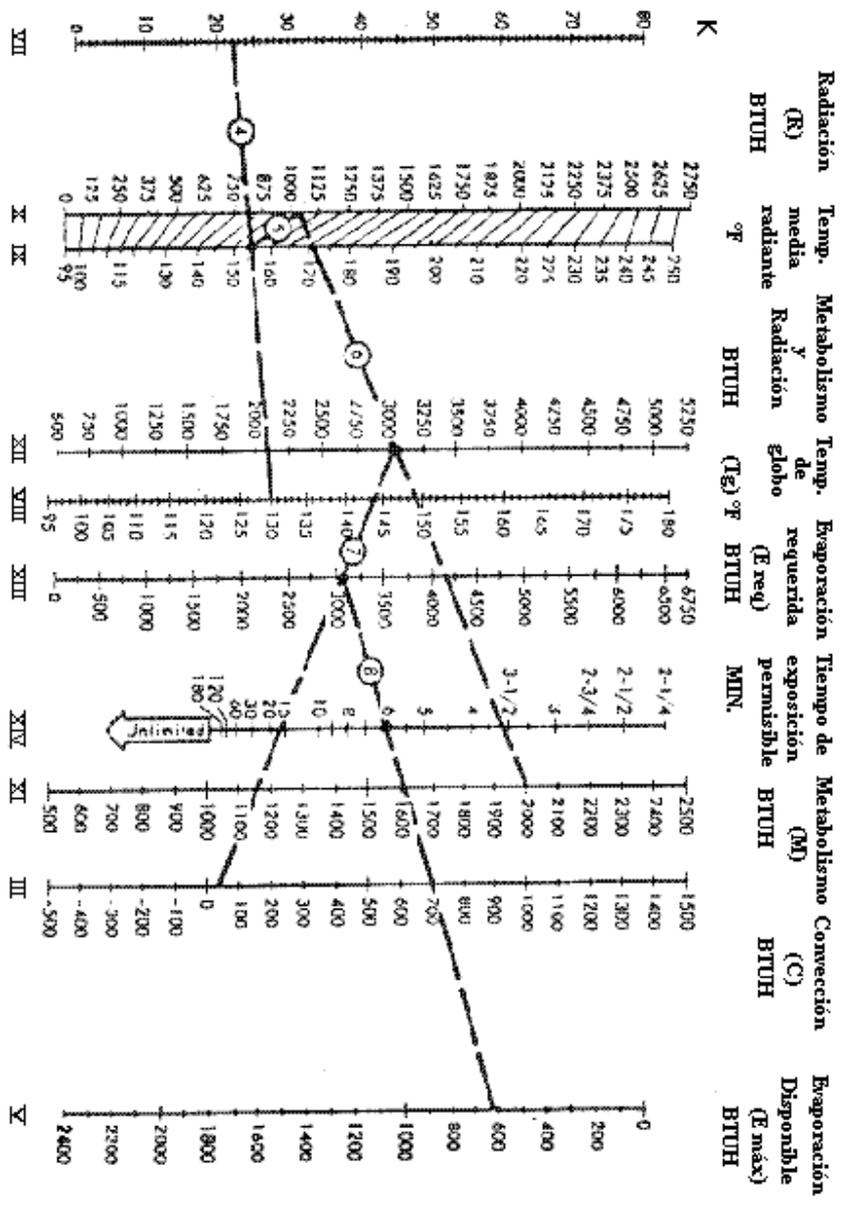
Carta  
 Presión barométrica 1 000 psicrométrica  
 (750 mmHg ó 29.53 plg de Hg.) milibares





Nomograma No. 1

Nomograma de McKarns y Brief, para índice de estrés por calor.



Nomograma No.2

[regresar](#)

## Normas Oficiales Mexicanas sobre Seguridad e Higiene

**CARLOS MARIA ABASCAL CARRANZA**, Secretario del Trabajo y Previsión Social, con fundamento en los artículos 16 y 40, fracciones I y XI de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal; 512, 523, fracción I, 524 y 527; último párrafo de la Ley Federal del Trabajo; 3º, fracción XI, 38, fracción II, 40, fracción VII, 41, 43 a 47 y 52 de la Ley Federal sobre Metrología Normalización; 28 y 33 del Reglamento de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización; 3º., 4º. 76 a 78 del Reglamento Federal de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente de Trabajo; 3º, 5º y 22 fracciones I, XIII y XV del Reglamento Interior de la Secretaría del Trabajo y Previsión Social, y

### CONSIDERANDO

Que con fecha 15 de marzo de 1994, fue publicada en el **Diario Oficial de la Federación** la Norma Oficial Mexicana NOM-024-STPS-1993, Relativa a las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se generen vibraciones;

Que esta Dependencia a mi cargo, con fundamento en el artículo Cuarto Transitorio, primer párrafo del Reglamento Federal de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente de Trabajo, publicado en el **Diario Oficial de la Federación** el 21 de enero de 1997, ha considerado necesario realizar diversas modificaciones a la referida Norma Oficial Mexicana, las cuales tienen como finalidad adecuarla a las disposiciones establecidas en el ordenamiento reglamentario mencionado;

Que con fecha 26 de septiembre de 2000, en cumplimiento de lo previsto en el artículo 46 fracción I, de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, la Secretaría del Trabajo y Previsión Social presentó ante el Comité Consultivo Nacional de Normalización de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente Laboral, el Anteproyecto de Modificación de la presente Norma Oficial Mexicana, y que el citado Comité lo consideró correcto y acordó que se publicara como proyecto en el **Diario Oficial de la Federación**;

Que con objeto de cumplir con lo dispuesto en los artículos 69-E y 69-H de la Ley Federal de Procedimiento Administrativo, el anteproyecto correspondiente fue sometido a la consideración de la Comisión Federal de Mejora Regulatoria, la que dictaminó favorablemente en relación al mismo;

Que con fecha 23 de febrero de 2001, en cumplimiento del Acuerdo del Comité y de lo previsto en el artículo 47 fracción I, de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, se publicó en el **Diario Oficial de la Federación** el Proyecto de Modificación de la presente Norma Oficial Mexicana, a efecto de que, dentro de los 60 días naturales siguientes a dicha publicación, los interesados presentaran sus comentarios al Comité Consultivo Nacional de Normalización de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente Laboral;

Que habiendo recibido comentarios de cuatro promoventes, el Comité referido procedió a su estudio y resolvió oportunamente sobre los mismos, publicando esta Dependencia las respuestas respectivas en el **Diario Oficial de la Federación** el 15 de octubre de 2001, en cumplimiento a lo previsto por el artículo 47 fracción III de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización;

Que en atención a las anteriores consideraciones y toda vez que el Comité Consultivo Nacional de Normalización de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente Laboral, otorgó la aprobación respectiva, se expide la siguiente:

### **NOM-024-STPS-2001, VIBRACIONES-CONDICIONES DE SEGURIDAD E HIGIENE EN LOS CENTROS DE TRABAJO.**

**INDICE**

- 1 OBJETIVO
- 2 CAMPO DE APLICACION
- 3 REFERENCIAS
- 4 DEFINICIONES
- 5 OBLIGACIONES DEL PATRON
- 6 OBLIGACIONES DEL POE
- 7 LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES DE EXPOSICION A VIBRACIONES
- 8 PROGRAMA PARA LA PREVENCION DE ALTERACIONES A LA SALUD DEL POE
- 9 UNIDADES DE VERIFICACION Y LABORATORIOS DE PRUEBAS
- 10 VIGILANCIA
- 11. BIBLIOGRAFIA
- 12 CONCORDANCIA CON NORMAS INTERNACIONALES

GUIA DE REFERENCIA I EJEMPLO DE CALCULO DEL NIVEL DE EXPOSICION A VIBRACIONES EN EXTREMIDADES SUPERIORES

GUIA DE REFERENCIA II EJEMPLOS DE UBICACION DEL TRANSDUCTOR EN ALGUNAS HERRAMIENTAS MANUALES PARA MEDICION DE VIBRACIONES EN EXTREMIDADES SUPERIORES

**1. OBJETIVO**

Establecer los límites máximos permisibles de exposición y las condiciones mínimas de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se generen vibraciones que, por sus características y tiempo de exposición, sean capaces de alterar la salud de los trabajadores.

**2. CAMPO DE APLICACION**

La presente Norma rige en todo el territorio nacional y aplica en todos aquellos centros de trabajo en donde por las características de operación de la maquinaria y equipo, se generen vibraciones que afecten a los trabajadores en cuerpo entero o en extremidades superiores.

**3. REFERENCIAS**

Para la correcta interpretación de esta Norma debe consultarse la siguiente Norma Oficial Mexicana vigente o la que la sustituya:

NOM-026-STPS-1998, Colores y señales de seguridad e higiene, e identificación de riesgos por fluidos conducidos en tuberías.

**4. DEFINICIONES**

Para efectos de la presente Norma se establecen las siguientes definiciones:

**4.1 Autoridad del trabajo; autoridad laboral:** unidades administrativas competentes de la

Secretaría del Trabajo y Previsión Social, que realicen funciones de inspección en materia de seguridad e higiene en el trabajo, y las correspondientes a las entidades federativas y del Distrito Federal, que actúen en auxilio de aquéllas.

**4.2 Banda de tercio de octava:** intervalo entre dos tonos cuya relación es de un tercio de la octava.

**4.3 Ciclo de exposición:** intervalo de tiempo de alguna actividad específica del proceso de trabajo donde está presente el personal ocupacionalmente expuesto.

**4.4 Cadena de medición:** interconexión entre el transductor y, en su caso, accesorios de fijación, cable, preamplificador y analizador que se usan para la medición de vibraciones.

**4.5 Cuerpo entero:** todo el cuerpo del trabajador.

**4.6 Extremidades superiores:** dedos, manos, muñecas y antebrazos del trabajador.

**4.7 Nivel de exposición a vibraciones (NEV):** aceleración promedio de las vibraciones, referida al tiempo de exposición del trabajador.

**4.8 Personal ocupacionalmente expuesto (POE):** trabajadores que en el desempeño de sus actividades laborales están expuestos a vibraciones.

**4.9 Sistema basicéntrico de coordenadas:** tres direcciones mutuamente ortogonales que tienen su origen en el área de contacto entre la mano y la superficie que vibra.

**4.10 Sistema biodinámico de coordenadas:** tres direcciones mutuamente ortogonales en un punto próximo al lugar en que la vibración penetra en la mano, este lugar generalmente es el nudillo del dedo medio.

**4.11 Vibraciones:** movimientos periódicos u oscilatorios de un cuerpo rígido o elástico desde una posición de equilibrio.

**4.12 Vibraciones en cuerpo entero:** fenómeno físico que se manifiesta por la transmisión de energía mecánica por vía sólida, en el intervalo de frecuencias desde 1 hasta 80 Hz, al cuerpo entero del POE.

**4.13 Vibraciones en extremidades superiores:** fenómeno físico que se manifiesta por la transmisión de energía mecánica por vía sólida, en el intervalo de frecuencias desde 8 hasta 1600 Hz, a las extremidades superiores del POE.

## 5. OBLIGACIONES DEL PATRON

**5.1** Mostrar a la autoridad del trabajo, cuando así lo solicite, los documentos que la presente Norma le obligue a elaborar o poseer.

**5.2** Informar a todos los trabajadores sobre las posibles alteraciones a la salud por la exposición a vibraciones.

**5.3** Vigilar que no se rebasen los límites máximos permisibles de exposición establecidos en el Capítulo 7.

**5.4** Elaborar y mantener vigente el Programa para la Prevención de Alteraciones a la Salud del POE establecido en el Capítulo 8.

**5.5** Capacitar y adiestrar al POE anualmente en el Programa para la Prevención de Alteraciones a la Salud del POE, establecido en el Capítulo 8.

5.6 Realizar la vigilancia a la salud del POE según lo establecido en el Apartado 8.5.

5.7 No exponer a vibraciones a mujeres en estado de gestación.

## 6. OBLIGACIONES DEL POE

Colaborar y cumplir con el Programa para la Prevención de Alteraciones a la Salud del POE, establecido en el Capítulo 8.

## 7. LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES DE EXPOSICION A VIBRACIONES

7.1 En cuerpo entero.

Cuando se conoce la frecuencia de un mecanismo que genera vibración y se relaciona con la aceleración en  $m/s^2$  ya sea en el eje de aceleración longitudinal  $a_z$ , o en los ejes de aceleración transversal  $a_x$  y  $a_y$ , se obtiene el tiempo de exposición que puede variar de un minuto a veinticuatro horas. Los límites de exposición a vibraciones en el eje longitudinal  $a_z$  y en los ejes transversales  $a_x$  y  $a_y$ , se establecen en las Tablas 1 y 2, respectivamente.

En la Gráfica 1 se muestran las curvas del tiempo de exposición a vibraciones por día en un intervalo de 1 a 80 Hz de frecuencia en el eje longitudinal  $a_z$ ; en la Gráfica 2 se muestra el tiempo de exposición por día para los ejes de aceleración transversal  $a_x$  y  $a_y$ , en un intervalo de frecuencia de 1 a 80 Hz. El tiempo de exposición se obtiene relacionando la frecuencia con la aceleración.

**TABLA 1**

LIMITES DE ACELERACIÓN LONGITUDINAL ( $a_z$ ) COMO FUNCIÓN DE LA FRECUENCIA Y DEL TIEMPO DE EXPOSICIÓN

FRECUENCIA CENTRAL DE TERCIO DE OCTAVA ( Hz )	TIEMPO DE EXPOSICIÓN								
	24 h	16 h	8 h	4 h	2.5 h	1 h	25 min	16 min	1 min
	LIMITE DE ACELERACIÓN LONGITUDINAL EN ( $a_z$ ), $m/s^2$								
1.00	0.280	0.383	0.63	1.06	1.40	2.36	3.55	4.25	5.60
1.25	0.250	0.338	0.56	0.95	1.26	2.12	3.15	3.75	5.00
1.60	0.224	0.302	0.50	0.85	1.12	1.90	2.80	3.35	4.50
2.00	0.200	0.270	0.45	0.75	1.00	1.70	2.50	3.00	4.00
2.50	0.180	0.239	0.40	0.67	0.90	1.50	2.24	2.65	3.55
3.15	0.160	0.212	0.355	0.60	0.80	1.32	2.00	2.35	3.15
4.00	0.140	0.192	0.315	0.53	0.71	1.18	1.80	2.12	2.80
5.00	0.140	0.192	0.315	0.53	0.71	1.18	1.80	2.12	2.80
6.30	0.140	0.192	0.315	0.53	0.71	1.18	1.80	2.12	2.80
8.00	0.140	0.192	0.315	0.53	0.71	1.18	1.80	2.12	2.80

10.00	0.180	0.239	0.40	0.67	0.90	1.50	2.24	2.65	3.55
12.50	0.224	0.302	0.50	0.85	1.12	1.90	2.80	3.35	4.50
16.00	0.280	0.383	0.63	1.06	1.40	2.36	3.55	4.25	5.60
20.00	0.355	0.477	0.80	1.32	1.80	3.00	4.50	5.30	7.10
25.00	0.450	0.605	1.00	1.70	2.24	3.75	5.60	6.70	9.00
31.50	0.560	0.765	1.25	2.12	2.80	4.75	7.10	8.50	11.2
40.00	0.710	0.955	1.60	2.65	3.55	6.00	9.00	10.6	14.00
50.00	0.900	1.19	2.0	3.35	4.50	7.50	11.2	13.2	18.0
63.00	1.120	1.53	2.5	4.25	5.60	9.50	14.0	17.0	22.4
80.00	1.400	1.91	3.15	5.30	7.10	11.8	18.0	21.2	28.0

TABLA 2

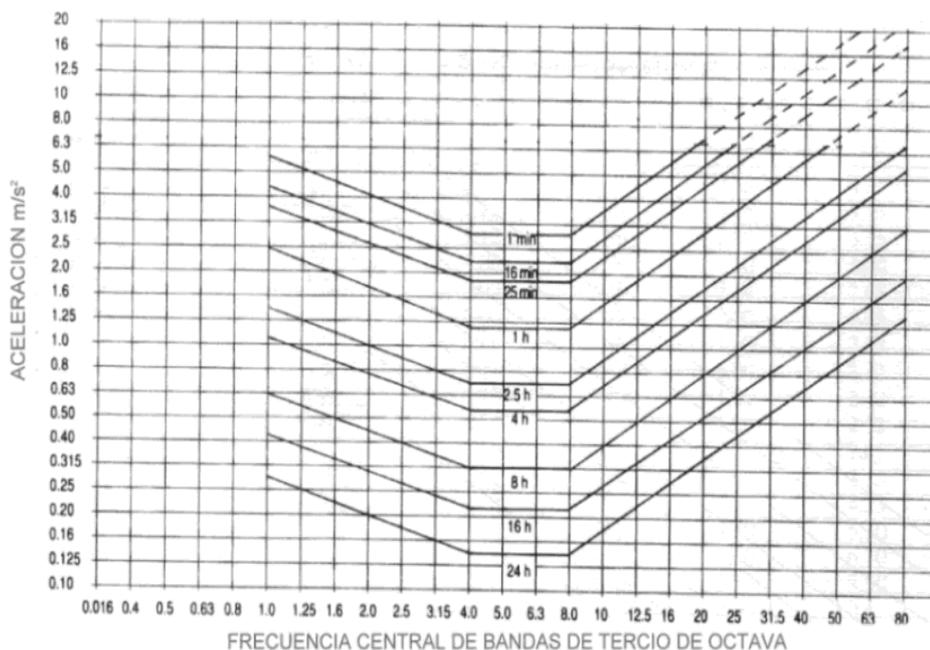
LIMITES DE ACELERACION TRANSVERSAL ( $a_x$ ,  $a_y$ ) COMO FUNCION DE LA FRECUENCIA Y DEL TIEMPO DE EXPOSICION

FRECUENCIA CENTRAL DE BANDA DE TERCIO DE OCTAVA Hz	TIEMPO DE EXPOSICION									
	24 h	16 h	8 h	4 h	2.5 h	1 h	25 min	16 min	1 min	
	LIMITE DE ACELERACION TRANSVERSAL EN ( $a_x$ , $a_y$ ), ( $m/s^2$ )									
1.00	0.100	0.135	0.224	0.355	0.50	0.85	1.25	1.50	2.0	
1.25	0.100	0.135	0.224	0.355	0.50	0.85	1.25	1.50	2.0	
1.60	0.100	0.135	0.224	0.355	0.50	0.85	1.25	1.50	2.0	
2.00	0.100	0.135	0.224	0.355	0.50	0.85	1.25	1.50	2.0	
2.50	0.125	0.171	0.280	0.450	0.63	1.06	1.6	1.9	2.5	
3.15	0.160	0.212	0.355	0.560	0.8	1.32	2.0	2.36	3.15	
4.00	0.20	0.270	0.450	0.710	1.0	1.70	2.5	3.0	4.0	
5.00	0.250	0.338	0.560	0.900	1.25	2.12	3.15	3.75	5.0	
6.30	0.315	0.428	0.710	1.12	1.6	2.65	4.0	4.75	6.3	
8.00	0.40	0.54	0.900	1.40	2.0	3.35	5.0	6.0	8.0	
10.00	0.50	0.675	1.12	1.80	2.5	4.25	6.3	7.5	10.0	

12.50	0.63	0.855	1.40	2.24	3.15	5.30	8.0	9.5	12.5
16.00	0.80	1.06	1.80	2.80	4.0	6.70	10.0	11.8	16.0
20.00	1.00	1.35	2.24	3.55	5.0	8.5	12.5	15.0	20.0
25.00	1.25	1.71	2.80	4.50	6.3	10.6	15.0	19.0	25.0
31.50	1.60	2.12	3.55	5.60	8.0	13.2	20.0	23.6	31.5
40.00	2.00	2.70	4.50	7.10	10.0	17.0	25.0	30.0	40.0
50.00	2.50	3.38	5.60	9.00	12.5	21.2	30.0	37.5	50.0
63.00	3.15	4.28	7.10	11.2	16.0	26.5	40.0	45.7	63.0
80.00	4.00	5.4	9.00	14.0	20.0	33.5	50.0	60.0	80.0

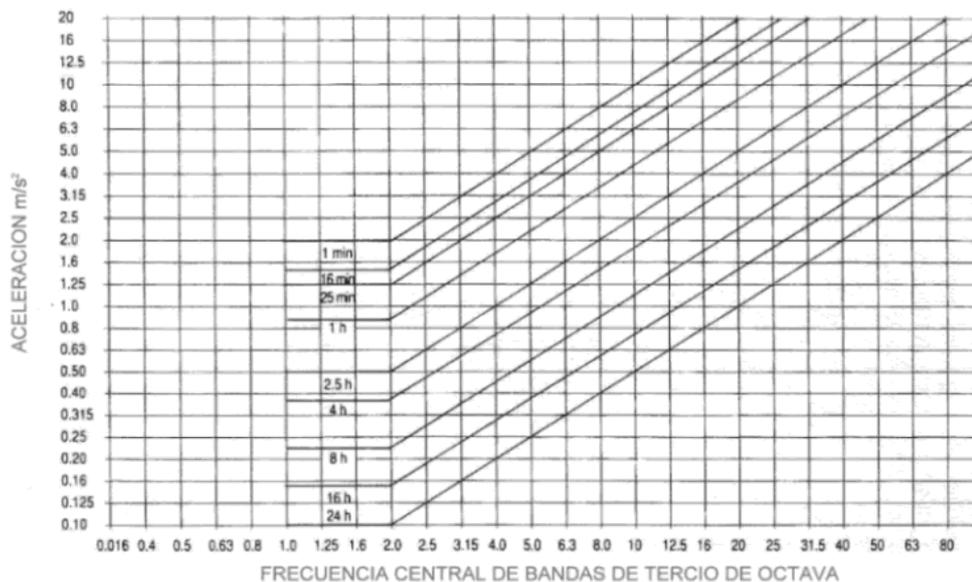
**GRAFICA 1**

LIMITES DE ACELERACION LONGITUDINAL ( $a_z$ ) COMO FUNCION DE LA FRECUENCIA Y DEL TIEMPO DE EXPOSICION



**GRAFICA 2**

LIMITES DE ACELERACION TRANSVERSAL ( $a_x, a_y$ ) COMO FUNCION DE LA FRECUENCIA Y DEL TIEMPO DE EXPOSICION



**7.2** En extremidades superiores.

Dependiendo del tiempo de exposición, se establecen los valores máximos permitidos de aceleración ponderada (que se deben calcular según se establece en los Apartados 8.3.2.2.1 al 8.3.2.2.6, y en la Tabla 3).

**TABLA 3**  
 LIMITES MAXIMOS DE EXPOSICION EN MANOS A VIBRACIONES EN DIRECCIONES  $X_h$ ,  $Y_h$ ,  $Z_h$ .

Tiempo total de exposición diaria a vibraciones, en horas.	Valores cuadráticos medios dominantes de la componente de las aceleraciones de frecuencia ponderada que no deben excederse (*).
	$a_k$ , en $m/s^2$
De 4 a 8	hasta 4
De 2 a 4	hasta 6
De 1 a 2	hasta 8
Menor de 1	hasta 12

(\*) Nota: Comúnmente, uno de los ejes de vibración domina sobre los dos restantes. Si uno o más ejes de vibración sobrepasan la exposición total diaria, se han sobrepasado los valores de los límites máximos de exposición.

## **8. PROGRAMA PARA LA PREVENCION DE ALTERACIONES A LA SALUD DEL POE**

**8.1** Este programa debe incluir los elementos siguientes y su correspondiente documentación:

- a. reconocimiento;
- b. evaluación;
- c. capacitación y adiestramiento del POE;
- d. vigilancia a la salud del POE;
- e. control.

**8.2** Reconocimiento. Consiste en recabar toda aquella información técnica y administrativa que permita seleccionar las áreas y puestos por evaluar, los procesos de trabajo en los cuales se encuentra el POE y el método apropiado para medir las vibraciones.

**8.2.1** La información que debe recabarse es la siguiente:

- a. plano de distribución del centro de trabajo, incluyendo la localización e identificación de la maquinaria y equipo que generen vibraciones;
- b. descripción de los procedimientos de operación de la maquinaria, herramientas, materiales usados y equipo del proceso, así como aquellas condiciones que pudieran alterar las características de las vibraciones;
- c. descripción de los puestos de trabajo del POE para determinar los ciclos de exposición;
- d. programas de mantenimiento de la maquinaria y equipo que generen vibraciones;
- e. número de POE por área y por proceso de trabajo, incluyendo el tiempo de exposición;
- f. identificación del tipo de exposición para determinar el método de evaluación.

**8.2.2** Del análisis de la información recabada en el reconocimiento, se establece el método de evaluación, el cual puede ser:

- a. en cuerpo entero;
- b. en extremidades superiores.

**8.3** Evaluación.

**8.3.1** Condiciones para la evaluación.

**8.3.1.1** La evaluación de los NEV en una jornada laboral, debe realizarse bajo condiciones normales de operación.

**8.3.1.2** La evaluación debe realizarse en cada uno de los diferentes ciclos de exposición del POE, de acuerdo al reconocimiento.

**8.3.1.3** La evaluación debe realizarse y registrarse al menos cada dos años cuando se esté por debajo de los límites máximos permisibles o antes si se modifican las tareas, el área de trabajo, las herramientas o equipos del proceso de manera que se hayan podido incrementar las

características de las vibraciones o los ciclos de exposición.

### 8.3.2 Procedimientos de evaluación de las vibraciones.

#### 8.3.2.1 Para cuerpo entero.

##### 8.3.2.1.1 Instrumentación mínima requerida:

- a. transductor de aceleración con respuesta lineal desde 1 Hz, con un peso no mayor de 50 gramos y sensibilidad no menor a  $1 \text{ mV}/(\text{m}/\text{seg}^2)$ ;
- b. analizador con filtros en bandas de tercios de octava con capacidad para medir desde 1 Hz;
- c. calibrador de aceleración.

**8.3.2.1.2** Se debe contar con los documentos de calibración de toda la instrumentación expedidos por un laboratorio acreditado, y verificar periódicamente que dicha calibración se realice de conformidad con los procedimientos establecidos en la Ley Federal sobre Metrología y Normalización.

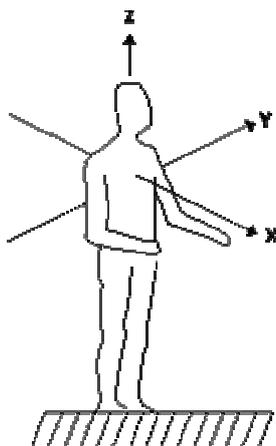
**8.3.2.1.3** Calibración de campo: se debe calibrar la cadena de medición por medio del calibrador de aceleración, de acuerdo a lo indicado en el manual del fabricante, al iniciar y al finalizar la jornada de medición. Los valores de la calibración deben anotarse en el formato de registro correspondiente.

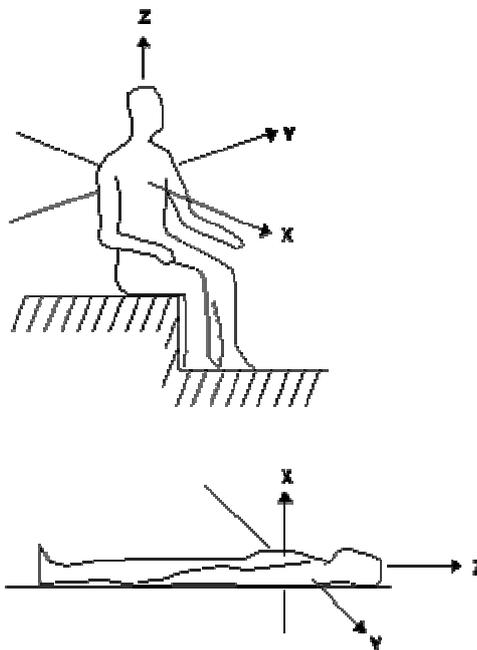
**8.3.2.1.4** Los puntos de medición deben localizarse en los planos de sustentación de los trabajadores.

**8.3.2.1.5** En cada punto de medición, se deben localizar tres ejes ortogonales, de acuerdo con la Figura 1, en los que se realizan las mediciones continuas de la aceleración y se registran al menos durante un minuto en cada una de las bandas de tercios de octava definidas en las Tablas 1 y 2.

**FIGURA 1**

DIRECCIONES DE INCIDENCIA DE LAS VIBRACIONES SOBRE EL CUERPO HUMANO





$a_x$ ,  $a_y$ ,  $a_z$  son las direcciones de la aceleración en los ejes x, y, z.

eje x es la dirección de espalda a pecho.

eje y es la dirección de lado derecho a izquierdo.

eje z es la dirección de los pies o parte inferior, a la cabeza.

**8.3.2.1.6** Se debe realizar un análisis espectral en bandas de tercios de octava (1 a 80 Hz) por cada eje, se comparan los resultados y se interpretan contra los límites establecidos en las Tablas 1 y 2.

**8.3.2.2** Para extremidades superiores.

**8.3.2.2.1** Instrumentación mínima requerida:

- transductor de aceleración con respuesta lineal desde 6.3 Hz, con un peso menor a 15 gramos y sensibilidad no menor a  $1 \text{ mV}/(\text{m}/\text{seg}^2)$ ;
- analizador que cuente con filtros en bandas de tercios de octava, con características de ganancia específicas a instrumentos de medición de respuesta humana a vibraciones en extremidades superiores. En caso de que el equipo no cuente con las características de ganancia específica realizar los cálculos según lo establecido en la Guía de Referencia I;
- calibrador de aceleración.

**8.3.2.2.2** Se debe contar con los documentos de calibración de toda la instrumentación expedidos por un laboratorio acreditado, y verificar periódicamente que dicha calibración de la instrumentación se realice de conformidad con los procedimientos establecidos en la Ley Federal sobre Metrología y Normalización.

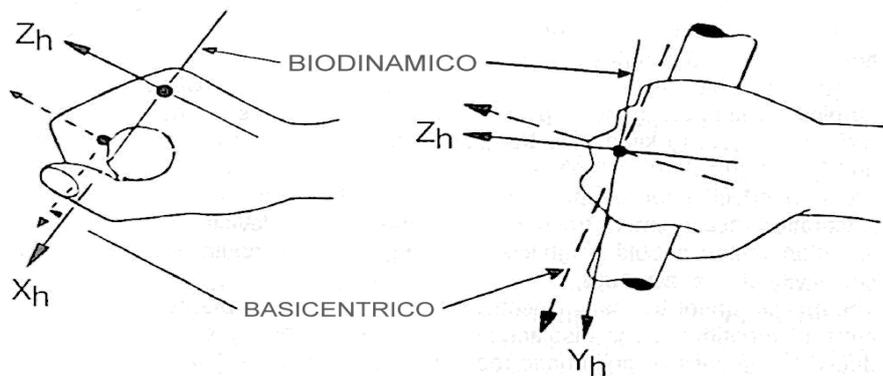
**8.3.2.2.3** Calibración de campo. Se debe calibrar la cadena de medición por medio del calibrador de aceleración, de acuerdo a lo indicado en el manual del fabricante, al inicio y al final de la jornada de medición. Los valores de la calibración deben anotarse en el formato de registro correspondiente.

**8.3.2.2.4** Los puntos de medición se deben localizar en las asas o manerales de las herramientas y equipo bajo estudio.

**8.3.2.2.5** En cada punto de medición, se localizan tres ejes ortogonales, cercanos al punto de contacto de las vibraciones con la mano, de acuerdo a lo mostrado por los sistemas de coordenadas biodinámicas y basicéntricas de la Figura 2, en los que se realizan las mediciones continuas de la aceleración y se registran al menos durante un minuto, en cada una de las bandas de tercios de octava indicadas en el Apartado 8.3.2.2.6.

**FIGURA 2**

SISTEMAS BIODINAMICO Y BASICENTRICO DE COORDENADAS  
(DIRECCIONES DE LOS COMPONENTES DE ACELERACION EN MANOS)



**8.3.2.2.6** Se debe realizar un análisis espectral en bandas de tercios de octava (de 8 a 1600 Hz) por cada eje y calcular el componente direccional de la aceleración ponderada conforme a la siguiente ecuación:

$$a_k = \left[ \frac{1}{T} \sum_{i=1}^n (k_j)^2 T_i \right]^{\frac{1}{2}}$$

donde:

$a_k$  es el componente direccional de la aceleración ponderada;

T es la duración de la exposición diaria;

$K_j$  es la  $j$ -ésima frecuencia ponderada, valor cuadrático medio de la componente de la aceleración con duración  $T_i$ .

**8.3.2.2.7** Comparar el resultado de  $a_k$ , e interpretar con los límites establecidos en la Tabla 3.

**8.3.2.2.8** Registrar la temperatura del aire en el área donde el POE realiza el trabajo.

**8.3.3** Registro de la evaluación. Debe contener como mínimo la siguiente información:

- a. plano de distribución de la zona o área evaluada, en el que se indiquen los puntos evaluados;
- b. descripción de la metodología utilizada para la medición de las vibraciones en cuerpo entero y/o en extremidades superiores;
- c. registros de las mediciones;
- d. memoria de cálculo de los NEV cuando se evalúe exposición sin usar instrumentos de lectura directa;
- e. informe de resultados y conclusiones;
- f. copia del certificado de calibración del instrumento de medición y del calibrador empleados en la medición;
- g. nombre, firma y copia de la cédula profesional del responsable de elaborar la evaluación.

**8.3.4** Los patrones interesados o el laboratorio de pruebas acreditado y aprobado, deben solicitar por escrito a la Secretaría del Trabajo y Previsión Social, conforme a lo dispuesto en los artículos 49 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización y 8° del Reglamento Federal de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente de Trabajo, la autorización para utilizar procedimientos de evaluación alternativos, a efecto de que, previa opinión del Comité Consultivo Nacional de Normalización de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente Laboral, la Secretaría resuelva en relación a la solicitud dentro de los cuarenta y cinco días hábiles siguientes a su presentación.

El procedimiento de evaluación alternativo debe incluir, como mínimo:

- a. la descripción detallada de los procedimientos técnicos y específicos de la metodología de medición;
- b. catálogos de la instrumentación y del funcionamiento de la cadena de medición utilizada;
- c. los certificados de calibración correspondientes;
- d. para el caso de medición en extremidades superiores en que el equipo no registre resultados directos, presentar los elementos que describan la fiabilidad y exactitud de las mediciones.

**8.3.5** El profesionista responsable del reconocimiento y evaluación de las vibraciones debe contar con documentos que avalen su conocimiento en seguridad e higiene en el trabajo.

#### **8.4** Capacitación y adiestramiento del POE.

**8.4.1** El POE debe ser capacitado acerca de:

- a. características y ubicación de las fuentes emisoras de vibraciones;
- b. la vigilancia y efectos a la salud;
- c. los NEV;
- d. prácticas de trabajo seguras;
- e. medidas de control, que deben incluir su uso, cuidado, mantenimiento y limitaciones.

### **8.5 Vigilancia a la salud del POE.**

**8.5.1** Se debe realizar la vigilancia a la salud del POE, según lo establezcan las normas oficiales mexicanas que al respecto emita la Secretaría de Salud. En caso de no existir normatividad de la Secretaría de Salud, el médico de la empresa determinará la vigilancia a la salud que se deba realizar, o si se retira al POE temporal o definitivamente de la exposición.

**8.5.2** Se debe establecer por escrito, un programa de vigilancia a la salud que incluya como mínimo lo siguiente:

- a. periodicidad de los exámenes médicos: al menos uno cada 2 años;
- b. historia clínica completa con énfasis en el aparato músculo-esquelético y sistema cardiovascular;
- c. cuando se requiera la realización de otro tipo de estudios, el médico de empresa debe determinar el tipo de estudio en función del diagnóstico presuncional;
- d. medidas de prevención y control médico;
- e. seguimiento al programa de vigilancia a la salud del POE.

### **8.6 Control**

**8.6.1** Cuando el NEV supere los límites establecidos en el Capítulo 7, se deben aplicar de inmediato una o más de las medidas siguientes, de tal manera que el POE no se exponga a niveles de vibración superiores a los límites:

- a. mantenimiento a equipo y herramientas;
- b. medidas técnicas de control como:
  1. sustitución de equipos o proceso;
  2. reducción de las vibraciones en las fuentes generadoras;
  3. modificación de aquellos componentes de la frecuencia que tengan mayor probabilidad de generar daño a la salud del POE;
  4. tratamiento de las trayectorias de propagación de las vibraciones por aislamiento de las máquinas y elementos constructivos;
  5. medidas administrativas de control como el manejo de los tiempos de exposición, ya sea alternando a los trabajadores en diversos puestos de trabajo, por medio de la programación de la producción u otros métodos administrativos.

**8.6.2** Las medidas de control que se adopten deben de estar sustentadas en un análisis técnico para su implantación y en una evaluación posterior para comprobar su efectividad.

**8.6.3** Se debe tener especial atención para que las medidas de control que se adopten no produzcan nuevos riesgos a los trabajadores.

**8.6.4** Para las medidas de control que no sean de aplicación inmediata, se debe elaborar un cronograma de actividades para su implantación.

**8.6.5** En la entrada de las áreas donde los niveles de exposición superen los NEV, deben colocarse los señalamientos de advertencia de peligro o de obligaciones, según lo establecido en la NOM--026--STPS--1998.

### **8.7 Documentación.**

**8.7.1** El patrón debe mantener la documentación del programa con la información registrada durante los últimos cinco años.

**8.7.2** La documentación del programa debe contener los siguientes registros:

- a. evaluación del nivel de exposición a vibraciones según lo establecido en el Apartado 8.3.3;
- b. programa de capacitación y adiestramiento para el POE; según lo establecido en el Apartado 8.4;
- c. vigilancia a la salud, conforme a lo establecido en el Apartado 8.5;
- d. medidas técnicas y administrativas de control adoptadas, según lo establecido en los Apartados 8.6.1 al 8.6.4;
- e. conclusiones.

## **9. UNIDADES DE VERIFICACION Y LABORATORIOS DE PRUEBAS**

**9.1** El patrón puede contratar, para tener resultados con reconocimiento oficial, una unidad de verificación, acreditada y aprobada, según lo establecido en la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, para verificar o evaluar los Apartados 5.2 al 5.7.

**9.2** El patrón puede contratar, para tener resultados con reconocimiento oficial, un laboratorio de pruebas, acreditado y aprobado, según lo establecido en la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, para el reconocimiento y evaluación establecidos en los Apartados 8.2, 8.3 y 8.7.

**9.3** Las unidades de verificación y laboratorios de pruebas deben entregar al patrón sus dictámenes o informes de resultados, de acuerdo con lo establecido en los Apartados 9.3.1 y 9.3.2 respectivamente, consignando la siguiente información:

**9.3.1** Para el dictamen de unidades de verificación.

**9.3.1.1** Datos del centro de trabajo:

- a. nombre, denominación o razón social;
- b. domicilio completo.

**9.3.1.2** Datos de la unidad de verificación:

- a. nombre, denominación o razón social;
- b. domicilio completo;
- c. copia de la número de aprobación vigente otorgada por la Secretaría del Trabajo y Previsión Social;
- d. número consecutivo de identificación del dictamen;

- e. fecha de la verificación;
- f. clave y nombre de la norma verificada;
- g. resultados de la verificación;
- h. lugar y fecha de la firma del dictamen;
- i. nombre y firma del representante legal;
- j. vigencia del dictamen.

### **9.3.2 Para el informe del laboratorio de pruebas.**

#### **9.3.2.1 Datos del centro de trabajo:**

- a. nombre, denominación o razón social;
- b. domicilio completo.;

#### **9.3.2.2 Datos del laboratorio de pruebas:**

- a. nombre, denominación o razón social;
- b. domicilio completo;
- c. copia de la aprobación vigente otorgada por la Secretaría del Trabajo y Previsión Social;
- d. contenido del estudio de acuerdo a lo establecido en los Apartados 8.1 y 8.2;
- e. resultados de la evaluación;
- f. nombre y firma del representante legal;
- g. lugar y fecha de la firma del informe;
- h. vigencia del informe.

**9.3.3** La vigencia del dictamen y del informe de resultados es de dos años, sujeto a que no se modifiquen las tareas, el área de trabajo, las herramientas o equipos del proceso de tal manera que se puedan incrementar las características de las vibraciones o los ciclos de exposición.

## **10. VIGILANCIA**

La vigilancia en el cumplimiento de la presente Norma, corresponde a la Secretaría del Trabajo y Previsión Social.

## **11. BIBLIOGRAFIA**

- a. Pelmear, Peter L., Wasserman, Donald E., Hand-Arm Vibration, 2<sup>nd</sup> Edition; OEM Press 1998.
- b. Wasserman, Donald E., Human aspects of occupational vibration; Elsevier 1987.
- c. ISO 2631/1-1985 (E) Evaluation of human exposure to whole-body vibration- Part 1-

General requirements.

- d. ISO 2631/2-1989 (E) – Part 2 – Continuous and shock induced vibration in building (1 to 80 Hz).
- e. ISO 5349-1986 (E) Mechanical vibration of human exposure to hand-transmitted vibration.
- f. ACGIH – TLVs and BELS – 1999.
- g. NIOSH. Criteria for a Recommended Standard Occupational Exposure to Hand-Arm Vibration. U.S. Department of Health and Human Services. September 1989.
- h. NOM-008-SCFI-1993, Sistema general de unidades de medida.

## 12. CONCORDANCIA CON NORMAS INTERNACIONALES

Esta Norma Oficial Mexicana no concuerda con ninguna norma internacional, por no existir referencia alguna al momento de su elaboración.

### TRANSITORIOS

**PRIMERO.-** La presente Norma Oficial Mexicana entrará en vigor a los ciento ochenta días naturales después de su publicación en el Diario Oficial de la Federación.

**SEGUNDO.-** Durante el lapso señalado en el Transitorio Primero, los patrones cumplirán con la Norma Oficial Mexicana NOM-024-STPS-1993, Relativa a las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se generen vibraciones, o bien realizarán las adaptaciones para observar las disposiciones de la presente Norma Oficial Mexicana y, en este último caso, las autoridades del trabajo proporcionarán a petición de los patrones interesados asesoría y orientación para instrumentar su cumplimiento, sin que los patrones se hagan acreedores a sanciones por el incumplimiento de la Norma en vigor.

Se expide en la ciudad de México, Distrito Federal, a los once días del mes de diciembre de dos mil uno.

**EL SECRETARIO DEL TRABAJO Y PREVISION SOCIAL**

**CARLOS MARIA ABASCAL CARRANZA**

### GUIA DE REFERENCIA I

#### EJEMPLO DE CALCULO DEL NIVEL DE EXPOSICION A VIBRACIONES EN EXTREMIDADES SUPERIORES

El contenido de esta guía es para la conversión de mediciones de aceleraciones en bandas de octava y de tercios de octava a frecuencias de aceleración ponderada y **no es de cumplimiento obligatorio**.

**I.1** La frecuencia de aceleración ponderada  $k_{jw}$  para cada eje de referencia, puede ser calculada con la siguiente ecuación:

Ecuación 1.

$$k_{j(x,y,z)} = \sqrt{\sum_{i=0}^{32} (k_f k_{mi})^2}$$

donde:

$k_f$  es el factor de ponderación para la  $i$ ésima banda de tercios de octava como se muestra en la Tabla I.1.

$k_{mi}$  es el valor rms de la aceleración medida en la  $i$ ésima banda de tercios de octava en  $m/s^2$

**TABLA I.1**

APROXIMACIONES ASINTOTICAS PARA LOS FILTROS  $W_h$  (FACTOR DE PONDERACION  $k_f$ )  
PARA LA CONVERSION DE MAGNITUDES DE BANDAS DE TERCIOS DE OCTAVA A  
FRECUENCIAS PONDERADAS

Numero de Banda de Frecuencia	Frecuencia Central (Hz)	Factor de Ponderación ( $k_f$ )
9	8	1.0
10	10	1.0
11	12.5	1.0
12	16	1.0
13	20	0.8
14	25	0.63
15	31.5	0.5
16	40	0.4
17	50	0.3
18	63	0.25
19	80	0.2
20	100	0.16
21	125	0.125
22	160	0.1
23	200	0.08
24	250	0.063
25	315	0.05
26	400	0.04
27	500	0.03
28	630	0.025
29	800	0.02
30	1000	0.016

31	1250	0.0125
32	1600	0.01

### 1.2 Valor total de la vibración.

En la mayoría de las herramientas, la vibración total en la mano tiene contribuciones de las tres direcciones medidas. La valoración de la exposición de la vibración está por lo tanto basada en una cantidad que combina los tres ejes. El valor total de la vibración  $k_j$  es definido como la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de los tres ejes de referencia.

Ecuación 2

$$k_j = (k_{jx}^2 + k_{jy}^2 + k_{jz}^2)^{\frac{1}{2}}$$

Nota 1: Se recomienda que  $k_{jx}$ ,  $k_{jy}$  y  $k_{jz}$  sean reportados separadamente.

Nota 2: En algunos casos no es posible hacer la medición de vibraciones en los tres ejes. Si alguno de los tres ejes no está disponible, el valor total de la vibración se puede estimar multiplicando el eje dominante por el factor de 1.7.

Nota 3: La aceleración rms de la frecuencia ponderada en un eje es considerada dominante si la aceleración de la frecuencia ponderada en cada eje no excede el 50% del primero. En casos especiales donde existe un eje dominante de vibración, en condiciones normales de operación, la valoración puede ser basada sobre este valor del eje (Este valor puede subestimar el valor total de la vibración en un 20%).

### 1.3 Exposición diaria a la vibración.

La exposición diaria a la vibración es derivada de la magnitud de la vibración (suma de la aceleración ponderada) y la duración de la exposición.

Para facilitar las comparaciones entre los diferentes ciclos de exposición diarios, la exposición diaria será expresada en términos de la energía equivalente de la suma de la aceleración ponderada en 8 horas.

Si el trabajo es tal que la exposición diaria consiste de diversos ciclos de exposición a diferentes magnitudes de vibración, entonces la energía equivalente total de la aceleración ponderada  $a_k$ , será obtenida con la siguiente ecuación:

Ecuación 3

$$a_k = \left[ \frac{1}{T} \sum_{i=1}^n (k_j)^2 T_i \right]^{\frac{1}{2}}$$

donde:

$a_k$  es el componente direccional de la aceleración ponderada.

T es la duración de la exposición diaria.

$k_j$  es la "iésima" frecuencia ponderada, valor cuadrático medio de la componente de la aceleración

con duración  $T_i$ .

Si la duración de la exposición diaria es diferente a 8 horas, entonces la energía equivalente para 8 horas será determinada como se muestra en la siguiente ecuación:

Ecuación 4

$$a_k = k_j \sqrt{\frac{T}{T_0}}$$

donde:

T es la duración de la exposición de la vibración  $k_j$ .

$T_0$  es la duración de referencia de 8 h (28800 s).

**I.4** Ejemplo de cálculo del tiempo de exposición diaria a vibraciones en las extremidades superiores, midiendo las magnitudes de aceleración de las bandas de tercios de octava (8 a 1600 Hz) en cada eje de referencia en un solo ciclo de exposición. Al realizar una medición en los tres ejes de referencia se obtienen las siguientes magnitudes de vibración en ( $m/s^2$ ).

Frecuencia Central (Hz)	Aceleración medida ( $k_{mi}$ en $m/s^2$ )		
	Eje x	Eje y	Eje z
8	0.024	0.035	0.11
10	0.023	0.024	0.09
12.5	0.024	0.025	0.098
16	0.028	0.2	0.035
20	0.15	0.13	0.024
25	0.035	0.11	0.025
31.5	0.024	0.09	0.025
40	0.025	0.098	0.023
50	0.023	0.024	0.024
63	0.024	0.023	0.18
80	0.18	0.024	0.13
100	0.13	0.028	0.14
125	0.14	0.15	0.15
160	0.15	0.035	0.2
200	0.2	0.024	0.13
250	0.13	0.025	0.11
315	0.11	0.023	0.09
400	0.09	0.024	0.098
500	0.098	0.18	0.099

630	0.099	0.13	0.1
800	0.085	0.14	0.12
1000	0.049	0.15	0.15
1250	0.063	0.2	0.24
1600	0.097	0.13	0.23

1° Se calcula  $k_{j(x,y,z)}$  sustituyendo en la ecuación 1.

$$k_{j(x,y,z)} = \sqrt{\sum_{i=9}^{32} (k_f k_{mi})^2}$$

Número de Banda de Frecuencia	Frecuencia Central (Hz)	Factor de Ponderación ( $k_f$ )	Aceleración medida ( $m/s^2$ )			Aceleración Ponderada ( $m/s^2$ )		
			Eje x ( $k_{mxi}$ )	Eje y ( $k_{myi}$ )	Eje z ( $k_{mzi}$ )	Eje x ( $(k_f * k_{mxi})^2$ )	Eje y ( $(k_f * k_{myi})^2$ )	Eje z ( $(k_f * k_{mzi})^2$ )
9	8	1.0	0.024	0.035	0.11	5.760E-04	1.225E-03	1.210E-02
10	10	1.0	0.023	0.024	0.09	5.290E-04	5.760E-04	8.100E-03
11	12.5	1.0	0.024	0.025	0.098	5.760E-04	6.250E-04	9.604E-03
12	16	1.0	0.028	0.2	0.035	7.840E-04	4.000E-02	1.225E-03
13	20	0.8	0.15	0.13	0.024	1.440E-02	1.082E-02	3.686E-04
14	25	0.63	0.035	0.11	0.025	4.862E-04	4.802E-03	2.481E-04
15	31.5	0.5	0.024	0.09	0.025	1.440E-04	2.025E-03	1.563E-04
16	40	0.4	0.025	0.098	0.023	1.000E-04	1.537E-03	8.464E-05
17	50	0.3	0.023	0.024	0.024	4.760E-05	5.184E-05	5.184E-05
18	63	0.25	0.024	0.023	0.18	3.600E-05	3.306E-05	2.025E-03
19	80	0.2	0.18	0.024	0.13	1.296E-03	2.304E-05	6.760E-04
20	100	0.16	0.13	0.028	0.14	4.326E-04	2.007E-05	5.018E-04
21	125	0.125	0.14	0.15	0.15	3.063E-04	3.516E-04	3.516E-04
22	160	0.1	0.15	0.035	0.2	2.250E-04	1.225E-05	4.000E-04

23	200	0.08	0.2	0.024	0.13	2.560E-04	3.686E-06	1.082E-04
24	250	0.063	0.13	0.025	0.11	6.708E-05	2.481E-06	4.802E-05
25	315	0.05	0.11	0.023	0.09	3.025E-05	1.323E-06	2.025E-05
26	400	0.04	0.09	0.024	0.098	1.296E-05	9.216E-07	1.537E-05
27	500	0.03	0.098	0.18	0.099	8.644E-06	2.916E-05	8.821E-06
28	630	0.025	0.099	0.13	0.1	6.126E-06	1.056E-05	6.250E-06
29	800	0.02	0.085	0.14	0.12	2.890E-06	7.840E-06	5.760E-06
30	1000	0.016	0.049	0.15	0.15	6.147E-07	5.760E-06	5.760E-06
31	1250	0.0125	0.063	0.2	0.24	6.202E-07	6.250E-06	9.000E-06
32	1600	0.01	0.097	0.13	0.23	9.409E-07	1.609E-06	5.290E-06
Sumatoria al cuadrado						2.0235E-2	6.2164E-2	3.6125E-2

Por lo tanto:

$$k_{jx} = (2.0235E-2)^{1/2} = 0.1426 \text{ (m/s}^2\text{)}$$

$$k_{jy} = (6.2164E-2)^{1/2} = 0.2493 \text{ (m/s}^2\text{)}$$

$$k_{jz} = (3.6125E-2)^{1/2} = 0.1901 \text{ (m/s}^2\text{)}$$

2° Se calcula el valor total de la vibración  $k_j$  con la ecuación 2

$$k_j = \left( k_{jx}^2 + k_{jy}^2 + k_{jz}^2 \right)^{1/2}$$

$$k_j = \left[ (0.1426)^2 + (0.2493)^2 + (0.1901)^2 \right]^{1/2} = 0.3444 \text{ m/s}^2$$

Nota: Este es el valor total de vibración para un ciclo de exposición.

Por lo tanto, este procedimiento se tiene que repetir para cada ciclo de exposición.

3° Se calcula la exposición diaria a vibración en extremidades superiores con la ecuación 3.

$$a_k = \left[ \frac{1}{T} \sum_{i=1}^n (k_j)^2 T_i \right]^{1/2}$$

Suponiendo que los ciclos de exposición son de 1 h, 3 h y 0.5 h (dentro del mismo día de trabajo), y que los valores totales de vibración para los ciclos de exposición son:

$$k_{j1} = 0.3444 \text{ (m/s}^2\text{)}$$

$$k_{j2} = 0.1528 \text{ (m/s}^2\text{)}$$

$$k_{j3} = 0.2435 \text{ (m/s}^2\text{)}$$

Entonces:

$$a_k = \sqrt{\frac{(0.3444)^2 \times 1 \text{ h} + (0.1528)^2 \times 3 \text{ h} + (0.2435)^2 \times 0.5 \text{ h}}{8 \text{ h}}}$$

$$a_k = \sqrt{\frac{0.2183 \text{ (m/s}^2\text{)}^2}{8}}$$

$$a_k = 0.1652 \text{ m/s}^2$$

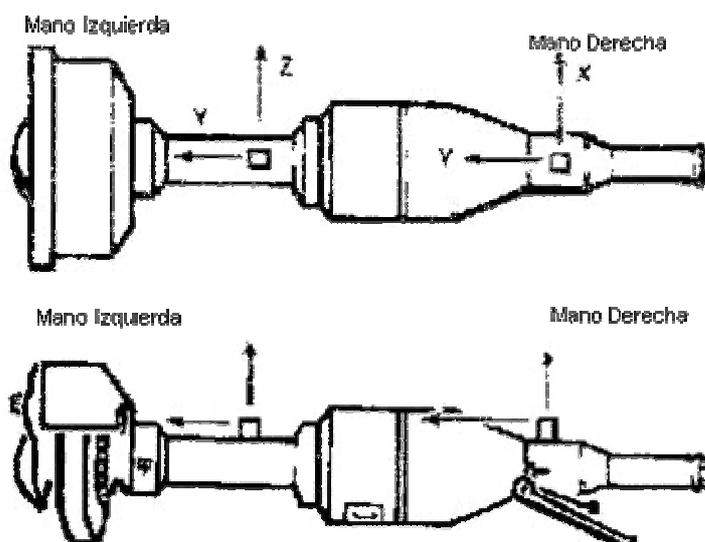
Comparando el resultado de  $a_k$  con los valores dominantes de aceleración ponderada en la Tabla 3 (límites máximos de exposición a vibraciones en dirección  $x_h$ ,  $y_h$  y  $z_h$ ) se interpreta que:

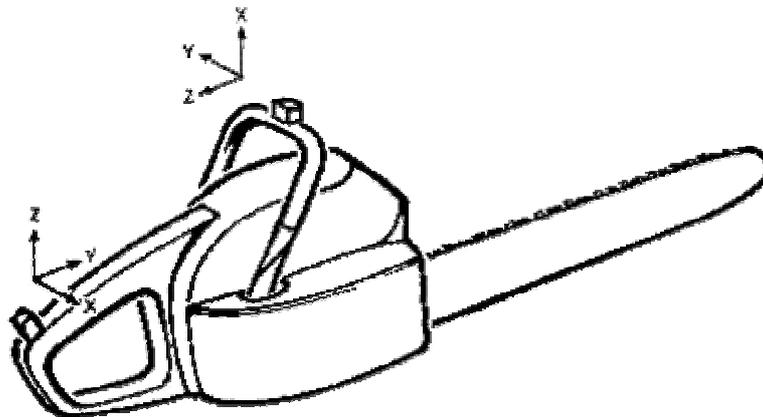
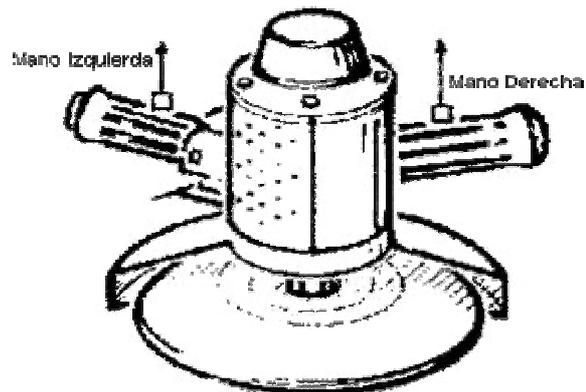
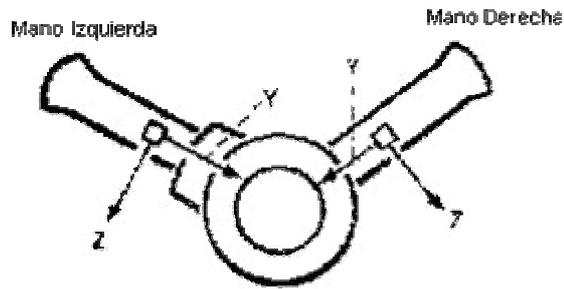
$a_k < 4$  por lo tanto, el tiempo total de exposición diaria a vibraciones es de 4 a 8 h.

#### GUIA DE REFERENCIA II

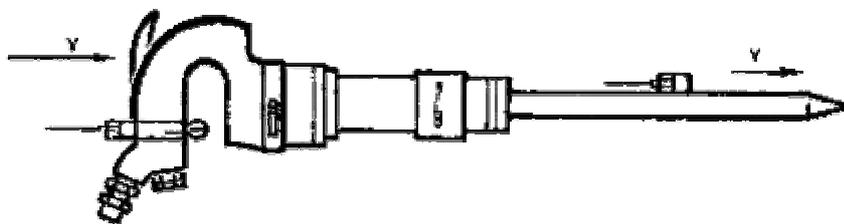
#### EJEMPLOS DE UBICACION DEL TRANSDUCTOR EN ALGUNAS HERRAMIENTAS MANUALES PARA LA MEDICION DE VIBRACIONES EN EXTREMIDADES SUPERIORES

El contenido de esta guía es un complemento para la mejor comprensión de la norma y **no es de cumplimiento obligatorio**.





Sierra de cadena



Martillo de rebabeo

[regresar](#)