

# UN

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA  
SEDE PALMIRA

# Manual para Prácticas de Laboratorios

## Higiene y Seguridad Industrial



**Ciro Martínez Oropesa**

**Manual para Prácticas de**  
**Laboratorios**  
**Higiene y Seguridad Industrial**

Ciro Martínez Oropesa



**Manual para Prácticas de**  
**Laboratorios**  
**Higiene y Seguridad Industrial**



## *Agradecimientos*

*Expreso una inmensa gratitud a las personas que contribuyeron a la realización de este manual, con su ayuda, sugerencias y críticas. Igualmente un agradecimiento especial por los significativos aportes a María Nelly Dueñas y Jonny Felipe Florez, Diseñadores Industriales, por su contribución en el diseño de portada e interior; a Rodrigo Hurtado M. Estudiante Ingeniería Agroindustrial por su colaboración en las fotografías y organización.*

*Ciro Martínez Oropesa.*



## **INDICE**

	Pág.
<b>INTRODUCCIÓN</b>	9
<b>INDICACIONES GENERALES PARA LA REALIZACIÓN DE LAS PRÁCTICAS</b>	10
EQUIPOS DE LABORATORIO	15
<b>LABORATORIO 1</b> TRABAJO MUSCULAR. GASTO ENERGÉTICO	23
<b>LABORATORIO 2</b> DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE TRABAJO FÍSICA A TRAVÉS DE PRUEBA SUBMÁXIMA	37
<b>LABORATORIO 3</b> RELACIONES CORPORALES. ANTROPOMETRÍA	51
<b>LABORATORIO 4</b> MEDICIÓN Y EVALUACIÓN DEL RUIDO	65
<b>LABORATORIO 5</b> MEDICIÓN Y EVALUACIÓN DE VIBRACIONES	77
<b>LABORATORIO 6</b> ILUMINACIÓN INDUSTRIAL	91
<b>LABORATORIO 7</b> MEDICIÓN Y EVALUACIÓN DEL ESTRÉS TÉRMICO	101
<b>LABORATORIO 8</b> MOVIMIENTO MANUAL, TRANSPORTE, EMPUJE Y TRACCIÓN DE CARGAS	119
<b>LABORATORIO 9</b> CARGA POSTURAL Y MOVIMIENTOS REPETITIVOS	131



## INTRODUCCIÓN

La Higiene y Seguridad Industrial como campo del conocimiento no ha sido tomada en cuenta con el nivel de profundidad en que se ha estado desarrollando la industria moderna, la incorporación de novedosas tecnologías, materias primas, herramientas, cambios ambientales en los procesos, han creado nuevos riesgos, que de no ser analizados, mitigados o controlados debidamente, deterioran la salud de los trabajadores y en consecuencia disminuyen la productividad.

La Higiene y Seguridad Industrial en el concepto moderno significa más que una simple situación física, una situación de bienestar personal, un ambiente de trabajo idóneo, una economía de costos importantes y una imagen de modernización y filosofía de vida humana en el marco de la actividad laboral contemporánea. Si bien las grandes empresas emplean su infraestructura física de seguridad bastante sofisticada a nivel humano, la conciencia acerca del rol de la seguridad y la responsabilidad que a cada cual atañe en esta dirección son insuficientes.

La Higiene y Seguridad como materia se comenzó a dictar dentro de la Sede de Palmira con la apertura del programa de profesionalización en Diseño Industrial, para este momento solo se contaba con los pocos instrumentos que había reunido la carrera de Ingeniería Ambiental. Con la puesta en marcha del laboratorio de factores humanos se alcanza un nuevo e importante desarrollo en las prácticas de laboratorio de Higiene y Seguridad, que se fortalecen al adquirirse equipos como: luxómetros, sonómetros, cicloergómetro y más recientemente un equipo para mediciones de stress térmico.

Actualmente con las experiencias acumuladas las prácticas de laboratorios se han ido enriqueciendo, alcanzándose mayor profundidad en las demostraciones y con proyectos de desarrollo cada vez más ambiciosos que permitirán integrar adecuadamente los factores humanos y la evaluación del impacto del ambiente sobre sus capacidades psicofisiológicas, lo que finalmente repercutirá favorablemente en el propio perfeccionamiento del proceso docente llevado a cabo en esta asignatura.

## **INDICACIONES GENERALES Y ORGANIZACIÓN DE LA PRÁCTICA DE LABORATORIO.**

La práctica será realizada en equipos que no deben exceder de cinco estudiantes, organizándose en torno a las funciones siguientes:

- Uso y manejo de los instrumentos.
- Mediciones del comportamiento de variables que caracterizan el medio ambiente laboral.
- Registro y anotación de la información obtenida en las pruebas.

Los estudiantes asistirán a las prácticas de laboratorios debidamente preparados, lo que presupone haber estudiado con anterioridad la teoría que corresponde a los textos recomendados en clases de la asignatura y las indicaciones particulares para la práctica que corresponda.

Deberá ser atención del docente o personal encargado del laboratorio durante la realización de las prácticas, el cumplimiento exitoso de las orientaciones impartidas, por medio de una estricta disciplina en el uso de equipos y materiales, que además de garantizar su mejor conservación, prevenga accidentes o afectaciones a la salud de los participantes en la práctica.

### **SOBRE LA PRESENTACIÓN DE LOS INFORMES DE LAS PRÁCTICAS**

El informe se presentará preferiblemente mecanografiado, o manuscrito con tinta y letra clara. Los informes se entregarán dentro de una carpeta donde se señale lo siguiente:

- Título de la práctica.
- Nombre de los autores del informe.
- Grupo de clases.
- Fecha.

Las páginas se numerarán en el margen inferior derecho. La estructura general del informe será la siguiente:

- Carátula
- Índice
- Resumen
- Fundamentos teóricos
- Materiales y métodos
- Resultados
- Conclusiones y Recomendaciones
- Bibliografía
- Anexos

**Índice:**

Se indica la página donde inicia y contiene cada parte abordada en el informe. (0.5 puntos).

**Resumen ejecutivo:**

En una página máxima, se redactará un resumen ejecutivo de la práctica que debe reflejar todo su contenido en forma muy breve, entre otros aspectos: objetivos, procedimientos, resultados, conclusiones, recomendaciones y eneficios, no se incluirán en este resumen: bibliografías, dibujos o expresiones matemáticas. (0.5 punto).

**Fundamentos teóricos:**

Documentados entre dos y cinco páginas donde se expliquen los antecedentes, objetivos y fundamentos teóricos del experimento: se citarán las referencias bibliográficas y se referirá de forma explícita el cumplimiento de las hipótesis u objetivos trazados. (1.0 punto)

**Materiales y métodos:**

Se explicarán los métodos experimentales utilizados para la obtención de resultados, relacionando los nombres de equipos e instrumentos, así mismo se relacionarán y detallarán las técnicas utilizadas para el procesamiento de la información obtenida durante el experimento. (1.0 punto).

**Resultados:**

Los resultados se resumirán en tablas y gráficos, y se analizarán. Los cálculos deben aparecer en anexos. (3.0 puntos).

**Conclusiones y recomendaciones:**

Las conclusiones se redactarán de manera concisa, especialmente las relativas a las hipótesis u objetivos enunciados en los fundamentos teóricos, las recomendaciones se deben referir a las posibles aplicaciones prácticas de los resultados y conclusiones y a la posible eliminación futura de las deficiencias y limitaciones encontradas durante la realización del experimento. (3.0 puntos).

**Bibliografía:**

Se presentarán los títulos de los libros consultados en orden alfabético por autores (bibliografía). Las referencias o bibliografías deben aparecer con los siguientes datos y secuencia: primer y segundo apellidos, nombre (pueden ser iniciales) si hay otros autores se pone y otros, dos puntos, título del libro subrayado, casa editorial, país o ciudad, y páginas consultadas, cada dato se separa por comas. (0.5 punto).

**Anexos:**

Se incluyen los datos técnicos, especificaciones de equipos e instrumentos de laboratorio, así como todos los cálculos realizados. (0.5 puntos).



# EQUIPOS DE LABORATORIO



## EQUIPOS DE LABORATORIO

### CICLOERGÓMETRO

El cicloergómetro y la banda rodante son los equipos comúnmente usados en la evaluación de las respuestas corporales frente al ejercicio máximo o submáximo. En el cicloergómetro la intensidad del trabajo se varía ajustando los frenos, la velocidad de pedaleo o ambas, lo que permite un buen control de las cargas de trabajo. (Véase figura 1).



**Fig. 1.** Cicloergómetro.

Fuente: Creada para la presente obra.

Se emplea el equilibrio (saldo) de un péndulo único y exacto para controlar el frenado. Un cinturón que corre alrededor del borde (de la llanta) del volante sirve mecánicamente para el calibrado. El péndulo es fijado a un tambor (bidón) giratorio conectado a ambos finales del cinturón. La diferencia en la escarda del poder durante los dos finales del cinturón es medida y traducida en la calibración que frena. En el cicloergómetro, usualmente, se utilizan protocolos como el de Balke o similares, en los cuales la carga inicial se establece entre 25 y 50 vatios (W) seguida de incrementos de 10 a 25 W, cada 3 minutos.

### ANALIZADOR O<sub>2</sub> y C O<sub>2</sub>

Instrumento que permite medir la cantidad de O<sub>2</sub> y C O<sub>2</sub> emitida por alguna fuente, puede ser mecánica o de algún ser vivo o que se encuentre dentro de un sitio cerrado o abierto. (Véase figura 2).



**Fig. 2.** Analizador de Gases.

Fuente: Creada para la presente obra.

### RESPIRÓMETRO DE KOFRANYI – MICHAELIS

Mide el volumen de aire expirado. Útil en la determinación del consumo de oxígeno usando un saco de DOUGLAS para la recolección de aire expirado. A través del tubo de salida se extrae la muestra de aire expirado para medir el volumen y el porcentaje de oxígeno existente. (Véase figura 3).



**Fig. 3.** Respirómetro de Kofranyi- Michaelis (KM).

Fuente: Adaptada de [www2.udec.cl/ergoconce/informes/c02-01.htm](http://www2.udec.cl/ergoconce/informes/c02-01.htm)

### PSICRÓMETRO

Un psicrómetro es un aparato utilizado en meteorología para medir la humedad o contenido de vapor del aire, distinto a los higrómetros corrientes. Los sicrómetros constan de un termómetro de bulbo húmedo y un termómetro de bulbo seco. La humedad puede medirse a partir de la diferencia de temperatura entre ambos termómetros. El húmedo medirá una temperatura inferior producida por la evaporación de agua. (Véase figura 4).



**Fig. 4.** Psicrómetro.

Fuente: Creada para la presente obra.

### METRÓNOMO

El metrónomo a cuerda consta de una caja y un péndulo con un contrapeso móvil. En la parte superior de la caja hay una escalera que indica el número de pulsaciones por minuto. Si se pretende que la persona que hace la prueba en el cicloergómetro alcance una frecuencia de 60 rpm habrá que regular al metrónomo en 120 golpes por minuto. (Véase figura 5).



**Fig. 5.** Metrónomo.

Fuente: Tomada de <http://www.pianomundo.com.ar/instrumentos/metronomo.html>

### **ANTROPÓMETRO**

Aparato que sirve para medir las proporciones de las diversas partes del cuerpo humano. Se miden segmentos corporales, grandes diámetros y alturas. Por lo general es una varilla rígida de 2 metros de largo, con dos escalas de medición que permiten determinar las dimensiones corporales verticales, como la altura de los puntos de referencia desde el suelo o el asiento, y las dimensiones transversales, como las anchuras. (Véase figura 6).



**Fig. 6.** Antropómetro.

Fuente: Creada para la presente obra.

Generalmente, la varilla puede dividirse en 3 ó 4 secciones acoplables entre sí, un accesorio deslizante con un extremo recto o curvo que permite medir alturas desde el suelo o diámetros a partir de un punto fijo.

### **SONÓMETRO DIGITAL QUEST 1900**

Aunque cada equipo de medida del sonido es distinto, básicamente todos ellos consisten en un transductor (normalmente un micrófono), una sección de análisis compuesta de varios circuitos para acondicionar la señal eléctrica, ponderarla e integrarla si es necesario y una unidad de visualización que puede ser de lectura digital, de pantalla, impresora o de cualquier otro sistema. Mide el nivel de ruido que hay en determinado lugar y en un momento dado. La unidad con la que trabaja el sonómetro es el decibelio. Si no se usan curvas ponderadas (sonómetro integrador), se entiende que son (decibelios SPL). (Véase figura 7).



**Fig. 7.** Sonómetro.

Fuente: Creada para la presente obra.

Instrumento diseñado para reaccionar al ruido de manera similar al oído humano. Las mediciones adquiridas por los Sonómetros son comparadas con los estándares con el fin de identificar si el nivel de ruido tiene un efecto negativo en las personas localizadas cerca de la fuente de ruido.

#### **CALIBRADOR DE SONÓMETROS**

Es una fuente sonora portátil que sirve para verificar "in situ" el ajuste de los sonómetros, dosímetros y, en general, de cualquier aparato de medida del sonido. Los calibradores generan una señal acústica estable a una frecuencia y amplitud controladas para verificar la precisión de los instrumentos en campo. (Véase figura 8.)



**Fig. 8.** Calibrador de Sonómetro.

Fuente: Creada para la presente obra

#### **LUXÓMETRO**

Es empleado para la medición precisa de los niveles de iluminación, formado por una celda fotosensible traductora de la energía luminica que recibe en energía eléctrica y un elemento lector digital o analógico. Se puede utilizar para comprobar la iluminación del ordenador, del puesto de trabajo, en la decoración de escaparates y para el mundo del diseño. (Véase figura 9.)



**Fig. 9.** Luxómetro.

Fuente: Creada para la presente obra.

### **FLEXÓMETRO**

Instrumento de medición similar a una cinta métrica, con la particularidad de que está construido en chapa metálica flexible debido a su escaso espesor, dividida en unidades de medición, y que se enrolla en espiral dentro de una carcasa metálica o de plástico. (Véase figura 10.)



**Fig. 10.** Flexómetro.

Fuente: Creada para la presente obra.

### **MONITOR DE ESTRÉS TÉRMICO**

En todos los monitores del entorno térmico existe un detector de bulbo seco que mide la temperatura ambiente; un detector de bulbo húmedo que toma en cuenta el enfriamiento por evaporación, lo cual ofrece una indicación de los efectos de la humedad sobre el individuo; y además el sensor de globo ofrece una indicación de la exposición al calor radiante sobre una persona debido a la luz directa u objetos calientes dentro del entorno. (Véase figura 11).



**Fig. 11.** Monitor de estrés térmico.  
Fuente: Creada para la presente obra.

### ACELERÓMETRO DE VIBRACIÓN PARA EL CUERPO HUMANO

Es un dispositivo que mide la aceleración, con un transductor cuya salida eléctrica es proporcional a la aceleración. Resulta muy efectivo al elegir los rangos de frecuencia entre 0,4 y 10 kHz y por indicar los valores relevantes: el valor efectivo real (RMS), el valor efectivo máximo (MTVV), el valor efectivo de intervalo, el valor de dosis de vibración (VDV), el valor total de vibraciones (aW), el valor pico, el valor pico máximo y el factor de amplitud (cresta) permite determinar la aceleración de vibración, la velocidad de vibración y la vía de vibración. Con este acelerómetro obtendrá los datos con los que podrá introducir medidas para reducir las vibraciones. (Véase figura 12 y figura 13).



**Fig. 12.** Acelerómetro de vibración humano  
**Fuente:** <http://www.pceiberica.es/mdetalletecnicos/instrumento-de-vibración/acelerometro-de-vibracionvm-30h.htm>



**Fig. 13.** Transductores de vibración cuerpo humano  
**Fuente:** <http://www.pceiberica.es/mdetalletecnicos/instrumento-de-vibración/acelerometro-de-vibracionvm-30h.htm>

# LABORATORIO 1

TRABAJO MUSCULAR GASTO ENERGÉTICO



## INTRODUCCIÓN

Durante la realización de trabajos pesados el gasto energético en comparación con la capacidad de trabajo físico es el principal limitativo de la actividad diaria, en el otro extremo están los trabajos ligeros o sedentarios cuya existencia depende de los niveles de mecanización y automatización, aun así muchas actividades u ocupaciones precisan todavía de un esfuerzo físico sustancial, sea en momentos determinados o como acumulación de esfuerzos a lo largo del trabajo cotidiano. Cuando por medio de la actividad física humana y en ocasión de realizar un trabajo, se pone al menos potencialmente en peligro, la salud y la vida, se debe proceder a considerar la posibilidad de implementar alguna modificación del tipo de trabajo, a través de un nuevo diseño más adecuado del equipo como del espacio de trabajo, modificando los métodos, mediante la reducción de los periodos de trabajo o de la intensidad a la que esta se efectúa.

## 1 OBJETIVOS

- Medir el consumo metabólico de varios individuos que realizan trabajo, basado en el método de calorimetría indirecta y el uso de tablas.
- Familiarizarse con el uso del analizador de O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub>, cronómetro, psicrómetro, el respirómetro KOFRANYI – MICHAELIS y el cicloergómetro.

## 2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS

La medición del gasto energético durante el trabajo tiene importancia práctica, pues comparándolo con la capacidad de trabajo física del individuo se puede evaluar su aptitud para cualquier tipo de trabajo y además establecer regímenes de trabajo y descanso adecuados.

### Trabajo muscular

Todo tipo de trabajo requiere por parte del trabajador un consumo de energía el cual irá en aumento en correspondencia con el esfuerzo demandado. La realización de un trabajo muscular implica el poner en acción una serie de músculos que aportan la fuerza necesaria; según la forma en que se produzcan las contracciones de estos músculos el trabajo desarrollado se puede considerar como estático o dinámico<sup>1</sup>.

El trabajo muscular **estático** se produce cuando la contracción de los músculos es continua y se mantiene durante un cierto período de tiempo. El trabajo **dinámico**, por el contrario, produce una sucesión periódica de tensiones y relajamientos de los músculos activos, todas ellas de corta duración<sup>1</sup>. Aunque en la práctica, excepto en casos muy característicos, la frontera entre trabajo estático y dinámico no es fácil de determinar, es importante mantener esta distinción por las consecuencias que se derivan de uno y otro tipo de trabajo. La consecuencia fundamental viene determinada por las diferencias que se producen en la irrigación sanguínea de los músculos que en definitiva, fija el límite en la producción del trabajo muscular. Dicha irrigación es fundamental por dos motivos:

---

<sup>1</sup> Chavarría Cosar, Ricardo. La carga física de trabajo: definición y evaluación. INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO. INSHT, 1986. (NTP 177).

La primera porque la sangre aporta al músculo la energía necesaria y además, por otra parte la sangre evacua del músculo los residuos de la reacción de oxidación de la glucosa producidos como consecuencia del trabajo (ácido láctico). A título de ejemplo, podemos decir que en un trabajo dinámico el aporte de sangre al músculo es de 10 a 20 veces mayor que en estado de reposo. Por el contrario en el trabajo estático, al comprimirse los vasos sanguíneos, el aporte de sangre a los músculos no sólo no aumenta sino que disminuye, privando al músculo del oxígeno y de la glucosa que necesita. Además los residuos producidos no pueden ser eliminados con la rapidez necesaria, acumulándose y originando la fatiga muscular.

### **Criterios de evaluación del trabajo muscular**

El estudio del trabajo muscular, sea éste estático o dinámico, tiene especial importancia en el caso de los trabajos denominados "pesados" por exigir esfuerzos físicos importantes<sup>2</sup>. Para la determinación de la carga física de una tarea se pueden utilizar básicamente tres criterios de valoración:

- Consumo de energía por medio de la observación de la actividad a desarrollar por el operario, descomponiendo todas las operaciones en movimientos elementales y calculando, con la ayuda de tablas, el consumo total.
- Medida del consumo de oxígeno del operario durante el trabajo, ya que existe una relación lineal entre el volumen de aire respirado y el consumo energético.
- El tercer criterio parte del análisis de la frecuencia cardiaca para calcular el consumo energético.

### **Método del consumo de energía**

El hombre transforma por medio de un proceso biológico la energía química de los alimentos en energía mecánica, que utiliza para realizar sus actividades, y en calor. Este consumo de energía se expresa generalmente en kilocalorías (Kcal) siendo 1 kilocaloría la cantidad de calor necesaria para elevar la temperatura de un litro de agua de 14,5°C a 15,5°C a la presión de la atmósfera y a nivel del mar<sup>3</sup>.

El consumo energético que nos interesa es el emanado de la realización del trabajo, es decir el "metabolismo de trabajo". Sin embargo, si se pretende calcular o definir la actividad física máxima, es necesario establecer el consumo energético total, que incluye los siguientes factores:

- Metabolismo basal.
- Metabolismo extraprofesional o de ocio.
- Metabolismo de trabajo.

---

<sup>2</sup> Bartrina Aranceta Javier. Nutrición comunitaria. Editorial Elsevier España, 2001. p. 91

<sup>3</sup> <http://salud.glosario.net/alimentacion-nutricion/kilocalor%EDa-2270.html>

Para la medición del consumo metabólico o carga de trabajo se pueden utilizar varios métodos (directos e indirectos). Entre los más importantes se encuentran el que permite su estimación a través de tablas y su definición basado en el método de calorimetría indirecta.

### **ESTIMACIÓN DEL CONSUMO METABÓLICO A TRAVÉS DE TABLAS**

La estimación del consumo metabólico a través de tablas implica aceptar unos valores estandarizados para distintos tipos de actividades, esfuerzo, movimiento, etc. y suponer, tanto que nuestra población se ajusta a la que sirvió de base para la confección de las tablas, como que las acciones generadoras de un gasto energético son en nuestro caso, las mismas que las expresadas en las tablas. Estos dos factores constituyen las desviaciones más importantes respecto de la realidad y motivan que los métodos de estimación del consumo metabólico mediante tablas ofrezcan menor precisión que los basados en mediciones de parámetros fisiológicos respecto a la realidad, a cambio son mucho más fáciles de aplicar y en general son más utilizados.

**Consumo metabólico según el tipo de actividad:** Mediante este sistema se puede clasificar el consumo metabólico en reposo, ligero, moderado, pesado o muy pesado, en función del tipo de actividad desarrollada. El término numérico que se obtiene representa sólo el valor medio, dentro de un intervalo posible demasiado amplio.

Desde un punto de vista cuantitativo el método permite establecer cuál es el nivel aproximado de gasto metabólico. Por su simplicidad es un método bastante utilizado.

#### **Metabolismo Ligero**

Sentado con comodidad: trabajo manual ligero (escritura, picar a máquina, dibujo, costura, contabilidad); trabajo con manos y brazos (pequeños útiles de mesa, inspección, ensamblaje o clasificación de materiales ligeros); trabajo de brazos y piernas (conducir un vehículo en condiciones normales, maniobrar un interruptor con el pie o con un pedal).

De pie: taladradora (piezas pequeñas); fresadora (piezas pequeñas); bobinado, enrollado de pequeños revestimientos, mecanizado con útiles de baja potencia; marcha ocasional (velocidad hasta 3,5 km / h).

#### **Metabolismo moderado**

Trabajo mantenido de manos y brazos (claveteado, llenado); trabajo con brazos y piernas (maniobras sobre camiones, tractores o máquinas); trabajo de brazos y tronco (trabajo con martillo neumático, acoplamiento de vehículos, enyesado, manipulación intermitente de materiales moderadamente pesados, recolección de frutos o de legumbres); empuje o tracción de carretas ligeras o de carretillas; marcha a una velocidad de 3,5 a 5,5 km/hora; forjado.

#### **Metabolismo pesado**

Trabajo intenso con brazos y tronco; transporte de materiales pesados; trabajos de cava; trabajo con martillo; serrado; cincelado de madera dura; segar a mano; excavar; marcha a una velocidad de 5,5 a 7 km/hora.

Empuje o tracción de carretas o de carretillas muy cargadas, levantar las virutas de piezas moldeadas, colocación de bloques de hormigón.

### **Metabolismo muy pesado**

Actividad muy intensa a marcha rápida cercana al máximo; trabajar con el hacha; acción de palear o de cavar intensamente; subir escaleras, una rampa o una escalera; andar rápidamente con pasos pequeños, correr, andar a una velocidad superior a 7 km/h.

Respecto a los límites, en relación al consumo de energía, se admite que para una actividad física profesional, repetida durante varios años, el metabolismo de trabajo no debería pasar de 2000-2500 Kcal/día (Scherrer, 1967 y Grandjean, 1969), cuando se sobrepasa este valor el trabajo se considera pesado.

## **CLASIFICACIÓN DEL METABOLISMO POR TIPO DE ACTIVIDAD**

Se puede establecer algunas normas generales que sirven de referencia para la clasificación de las actividades según su nivel de exigencia, no obstante hay que tener en cuenta que estos límites están fijados para un hombre adulto medio y sano, debiendo ser modificados según una serie de factores como: edad, sexo, constitución física, grado de entrenamiento, etc., que deben ser considerados a la hora de efectuar la valoración. El trabajo físico, de acuerdo a lo que establece la norma ISO-7243 se clasifica según su intensidad en: ligero, moderado, pesado y muy pesado. En las tablas 1.1 y 1.2 se clasifican los trabajos de acuerdo a la exigencia energética y a su comportamiento por género.

**Tabla** Clasificación del trabajo de acuerdo a su intensidad 1.1.

<b>INTENSIDAD</b>	<b>METABOLISMO (Watt/m<sup>2</sup>)</b>
DESCANSO	M<65
LIGERO	65<M<130
MODERADO	130<M<200
PESADO	200<M<260
MUY PESADO	260<M

**Fuente:** Adaptada de INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARIZATION. Estimación del estrés térmico en el ambiente de trabajo basada en el índice WBGT. ISO, 2003. (ISO 7243).

**Tabla** Clasificación del trabajo de acuerdo a su requerimiento energético 1.2.

<b>INTENSIDAD</b>	<b>METABOLISMO (Kcal/h)</b>		<b>CLASIFICACIÓN DE LA GRASA DE TRABAJO FÍSICO</b>	
	<b>HOMBRE</b>	<b>MUJER</b>	<b>Kcal/min</b>	<b>Kcal/h</b>
Descanso	>150	<110		
Ligero	<150	>110	<30	<180
Moderado	151<M>250	111<M>180	3.0 a 5.1	181 a 306
Pesado	251<M>350	181<M>240	5.11 a 6.8	304 a 408
Muy pesado	>350	>290	6.81 a 8.5	409 a 510
Extremadamente pesado			>8.5	>510

**Fuente:** Adaptada de Hudson de Araujo Couto. Ergonomía aplicada ao trabalho, Belo Horizonte: Col. Gráfica e Encadernadora, vol. I; 1995: p 54.

## MÉTODO DE CALORIMETRÍA INDIRECTA

Hay que partir de que en última instancia toda la energía consumida durante el trabajo se convierte en calor, lo que ofrece otra posibilidad para medir el gasto energético. Los métodos mas utilizados son los que se basan en la calorimetría indirecta, que parten de la generación de calor debido a la oxidación de alimentos, por lo que es posible determinarla midiendo el oxígeno consumido por el sujeto durante el trabajo. Como el volumen del aire depende de las condiciones de presión, temperatura y contenido de vapor de agua, estas condiciones deben especificarse siendo utilizadas las denominaciones siguientes:

**VTPS:** Volumen del aire a temperatura del cuerpo y presión barométrica ambiental, saturado de humedad. Aire expirado a la salida del cuerpo.

**ATPS:** Volumen del aire a temperatura del cuerpo y presión barométrica ambiental, saturado de humedad. Aire expirado colectado en depósito no aislado después de un periodo determinado.

**STPD:** Volumen de aire seco a una temperatura de cero grado Celsius y 760 mm de presión de mercurio, que son las condiciones normalizadas.

**VP:** Ventilación pulmonar, equivalente al volumen total de aire respirado de forma espontanea sin forzar voluntariamente la amplitud de la respiración, en un minuto de tiempo<sup>4</sup>.

En la práctica generalmente se utiliza un valor calórico ( $V_c$ ) del  $O_2$  aproximado 5.05 Kcal./l<sup>5</sup>. El método de calorimetría indirecta consiste básicamente en medir el consumo de  $O_2$  del individuo durante el trabajo para después hallar el gasto energético.

$$GE = VO_2 * V_c O_2$$

El consumo de oxígeno ( $VO_2$ ) se puede determinar a través de la siguiente expresión:

$$Vo_2 = \frac{20.9 \text{ Concentración de } O_2 \text{ aire explorado}}{100} VP$$

Del gasto energético medido durante el trabajo, frecuentemente se descuenta el metabolismo basal para encontrar el gasto energético propio del trabajo (kilocaloría de trabajo). Metabolismo basal: Aquel que se gasta en el cumplimiento de las funciones vegetativas<sup>6</sup>. Representa el gasto energético necesario para mantener las funciones vegetativas (respiración, circulación, etc.).

<sup>4</sup> Barbany Cairo R. J. Fisiología del ejercicio físico y el entrenamiento. Editorial Paidotribo. 1ª edición 2002. p. 96

<sup>5</sup> González Gallego J. et al. Nutrición en el Deporte. Ayudas Ergogénicas y Dopaje. Editorial Díaz de Santos Primera Edición. 2006. p. 154

<sup>6</sup> ESTRADA JAIRO. Ergonomía. Antioquia; Colombia. Editorial Universidad de Antioquia. 2001. p. 141

Los valores del metabolismo basal pueden analizarse en función del sexo y la edad, puede tomarse como una buena aproximación,  $44 \text{ w/m}^2$  para los hombres y  $41 \text{ w/m}^2$  para mujeres, corresponden al metabolismo basal de un hombre de 1,7 metros de altura 70 Kg de peso y 35 años de edad, y de una mujer de 1,6 metros de altura, 60 Kg de peso, y 35 años. ( $1 \text{ Kcal / m}^2 \cdot \text{h}$  equivale a  $1 \text{ w/m}^2$ ; 1 watt equivale a 0.01433 Kcal /min y 1 watt / hr equivale a 0.86 Kcal).

En trabajos donde se emplean grupos musculares grandes parece más conveniente establecer límites de fuerza desarrollada y su duración o utilizar un indicador fisiológico como el ritmo cardíaco. La utilización de bicicletas para la estimación de trabajo físico a través de test de laboratorio data desde fines del siglo XIX, el uso de estas ha servido para evaluar la condición física de un individuo y como método está basado en el consumo de oxígeno durante el trabajo, puede ser calculada con la capacidad de respuesta a un trabajo en un rango del +/- 6% de certidumbre. (Astrand, 1952; Ryhming, 1953).

### 3 EQUIPOS Y MATERIALES

- Cicloergómetro
- Cronómetro
- Balanza clínica con tallímetro.
- Juego de mangueras
- Válvulas
- Boquilla
- Presilla para la nariz
- Psicrómetro
- Gasómetro
- Bolsa impermeable.
- Pulsómetro
- Analizador  $\text{O}_2$  y  $\text{CO}_2$ .

### 4 MÉTODOLOGÍA

1. Se registra el nombre, sexo, edad, peso, estatura, temperatura corporal, temperatura ambiental, humedad, velocidad del aire, así como la hora y fecha de la prueba.
2. Se comprueba el buen estado y funcionamiento de todos los instrumentos, así como la altura del asiento en el cicloergómetro.
3. Se hace la primera colección de aire expirado en reposo y se mide el ritmo cardíaco en reposo.
4. Se toma muestra del aire expirado y se determina la composición de  $\text{O}_2$  y  $\text{CO}_2$ .

5. Se mide el volumen de aire expirado que contiene la bolsa (litros).
6. Se entrena a los sujetos en la frecuencia de pedaleo (50 rpm).
7. Se aplican las cargas de trabajo (dos) que son expresadas en Kilopond (un kilopond es igual a diez newton) a una velocidad de desplazamiento constante según frecuencia de pedaleo hasta que alcance una cadencia de 50 revoluciones por minuto (50 rpm).
8. Primera carga: 10 newton igual a 1 kp durante 6 minutos. Segunda carga: 15 newton igual a 1.5 kp durante 6 minutos.
9. Se mantiene la colección del aire expirado durante el último minuto de la imposición de cada carga. Se mide el ritmo cardiaco simultáneamente. Se repiten pasos 4 y 5.
10. Durante la ejecución de la prueba se debe mantener la supervisión de todos los parámetros y condiciones preceptuadas.
11. En el periodo de descanso (3 minutos) el estudiante deberá permanecer sentado en el Veloergómetro. Se repiten pasos 4 y 5.
12. Se repite el paso 9 en el último minuto de imposición de la segunda carga.

### **COMPOSICIÓN Y FUNCIONES DEL GRUPO DE LABORATORIO**

El grupo estará constituido por un número no superior a 5 estudiantes, de los cuales 2 se someten a las cargas de trabajo. Por ser una prueba de trabajo agotadora solo se permitirán estudiantes que no padezcan enfermedad cardiovascular y que no hayan ingerido alimentos recientemente.

Las funciones a desarrollar por cada estudiante son las siguientes:

- Dos individuos que se someten voluntariamente a las cargas de trabajo para medir el gasto energético.
- Estudiante que controla la colección del aire expirado, ocupándose además de la correcta disposición del sistema de tuberías, válvulas, boquillas y bolsa, mide el volumen de aire expirado, vela por la correcta disposición del gasómetro y de las lecturas de presión y temperatura de la medición del volumen de aire expirado.
- Estudiante que registra en una libreta las distintas informaciones o resultados del examen y garantiza que las condiciones de la prueba (ritmo y fuerza del pedaleo, posiciones, etc.) se cumplan estrictamente, mide además el ritmo cardiaco con auxilio del cronómetro y el pulsómetro.
- Jefe de grupo que será el responsable de asignar y hacer cumplir las funciones de cada estudiante, coopera con los integrantes del equipo y mide las concentraciones de  $O_2$  y  $CO_2$ .

### **MÉTODOLÓGIA OBTENCIÓN DE LA CARGA DE TRABAJO A TRAVÉS DE TABLAS. (Véase tabla 1.3.)**

1.- El primer paso es definir el metabolismo basal de la persona en función de su edad y el peso, según información de la tabla siguiente:

**Tabla Metabolismo Basal en función de la edad y el sexo 1.3.**

VARONES		MUJERES	
Años en edad	Wations/m <sup>2</sup>	Años en edad	Wations/m <sup>2</sup>
6	61,480	6	58,719
7	60,842	6,5	58,267
8	60,065	7	56,979
8,5	59,392	7,5	55,494
9	58,626	8	54,520
9,5	57,327	8,5	53,940
10	56,260	9 - 10	53,244
10,5	55,344	11	52,502
11	54,729	11,5	51,968
12	54,230	12	51,365
13 - 15	53,766	12,5	50,553
16	53,035	13	49,764
16,5	52,548	13,5	48,836
17	51,968	14	48,082
17,5	51,075	14,5	47,258
18	50,170	15	46,516
18,5	49,532	15,5	45,704
19	49,091	16	45,066
19,5	48,720	16,5	44,428
20 - 21	48,059	17	43,871
22 - 23	47,351	17,5	43,384
24 - 27	46,678	18 - 19	42,618
28 - 29	46,180	20 - 24	41,969
30 - 34	45,634	25 - 44	41,412
35 - 39	44,869	45 - 49	40,530
40 - 44	44,080	50 - 54	39,394
45 - 49	43,349	55 - 59	38,489
50 - 54	42,607	60 - 64	37,828
55 - 59	41,876	65 - 69	37,468
60 - 64	41,157		
65 - 69	40,368		

**Fuente:** Tomada de INTERNATIONAL FOR STANDARIZATION. Ergonomics – Determination of metabolic heat production. ISO, 1990. (ISO 8996)

2.- El segundo paso es definir el componente postural.

Componente postural. Es el consumo de energía que tiene una persona en función de la postura que mantiene (de pie, sentado, etc.).

**METABOLISMO PARA LA POSTURA CORPORAL.** Valores Excluyendo el metabolismo Basal. (Véase tabla 1.4.)

**Tabla** Consumo de energía en función de la postura 1.4.

POSICIÓN DEL CUERPO	METABOLISMO Watt/m <sup>2</sup>
Sentado	10
Arrodillado	20
Agachado	20
De pie	25
De pie inclinado	30

**Fuente:** Adaptada de INTERNATIONAL FOR STANDARIZATION. Ergonomics - Determination of metabolic heat production. ISO, 1990. (ISO 8996)

### 3.- Definir el componente del tipo de trabajo.

Componente del tipo de trabajo. Es el gasto energético que se produce en función del tipo de trabajo (manual, con un brazo, con el tronco) y de la intensidad de éste (ligero, moderado, pesado). METABOLISMO PARA DISTINTOS TIPOS DE ACTIVIDADES. Valores excluyendo el metabolismo basal. (Véase cuadro 1.1).

**Cuadro** Gasto energético producido en función del trabajo 1.1

TIPO DE TRABAJO	METABOLISMO (W/m <sup>2</sup> )	
	Valor medio	Intervalo
<b>Trabajo con las manos</b>		
Ligero	15	<20
Medio	30	20 - 35
Intenso	40	>35
<b>Trabajo con un brazo</b>		
Ligero	35	<45
Medio	55	45 - 65
Intenso	75	>65
<b>Trabajo con dos brazos</b>		
Ligero	65	<75
Medio	85	75 - 95
Intenso	105	>95
<b>Trabajo con el tronco</b>		
Ligero	125	<155
Medio	190	155 - 230
Intenso	280	>230
Muy intenso	390	>330

**Fuente:** Adaptada de INTERNATIONAL FOR STANDARIZATION. Ergonomics - Determination of metabolic heat production. ISO, 1990. (ISO 8996)

### 4.- Determinar la incidencia del componente desplazamiento.

Componente de desplazamiento: Se refiere al consumo de energía que supone el hecho de desplazarse, horizontal o verticalmente a una determinada velocidad, todo lo cual implica multiplicar el valor del consumo metabólico, por la velocidad de desplazamiento para obtener el gasto energético correspondiente al desplazamiento estudiado. (Véase cuadro 1.2).

**Cuadro** Metabolismo del desplazamiento en función de la velocidad del mismo. Valores excluyendo el Metabolismo Basal. **1.2.**

TIPO DE TRABAJO	METABOLISMO (W/m <sup>2</sup> ) /(m/s <sup>2</sup> )
<b>Velocidad de desplazamiento en función de la distancia</b>	
Andar 2 a 5 Km/h	110
<b>Andar en subida, 2 a 5 Km/h</b>	
Inclinación 5°	210
Inclinación 10°	360
<b>Andar en bajada, 5 Km/h</b>	
Declinación 5°	60
Declinación 10°	50
<b>Andar con una carga en la espalda, 4 Km/h</b>	
Carga de 10 Kg	125
Carga de 30 Kg	185
Carga de 50 Kg	285
<b>Velocidad de desplazamiento en función de la altura</b>	
Subir una escalera	1725
Bajar una escalera	480
<b>Subir una escalera de mano inclinada</b>	
Sin Carga	1660
Con Carga de 10 Kg	1870
Con Carga de 50 Kg	3320
<b>Subir una escalera de mano vertical</b>	
Sin Carga	2030
Con Carga de 10 Kg	2335
Con Carga de 50 Kg	4750

**Fuente:** Adaptada de INTERNATIONAL FOR STANDARIZATION. Ergonomics - Determination of metabolic heat production. ISO, 1990. (ISO 8996)

### Ejemplo

Cálculo del consumo metabólico de un individuo (varón) de 30 años de edad, que realiza el corte de perfiles metálicos para ventanas. El tipo de trabajo puede considerarse medio con los dos brazos (manejo de la cortadora y sujeción de los perfiles) y la postura de trabajo es de pie, ligeramente inclinado sobre los perfiles.

Metabolismo basal (véase tabla 1.3)	45.634 w/m <sup>2</sup>
Componente de desplazamiento (véase tabla 1.6)	0 w/m <sup>2</sup>
Componente del tipo de trabajo (véase tabla 1.5)	85 w/m <sup>2</sup>
Componente postural (véase tabla 1.4)	30 w/m <sup>2</sup>
Consumo metabólico total	160.634 w/m <sup>2</sup>

## 5. RESULTADOS E INFORME

1. Se presentará una tabla resumiendo los datos de cada uno de los sujetos sometidos a la carga de trabajo física y los valores determinados en las pruebas.
2. Se calculará el gasto energético para cada uno de los niveles de actividad impuestos al sujeto, totales y de trabajo.
3. Se clasificará el trabajo según el gasto energético encontrado.

4. Se comparará la información de cada sujeto y métodos de valoración empleados, analizando las variaciones.

**6. BIBLIOGRAFÍA**

1. LANGE, Anderson, K. et al. *Fundamentals of exercise testing*, OMS, Ginebra, 1971.
2. ASTRAND PO. *Fisiología del trabajo físico, Bases fisiológicas del ejercicio*. Madrid: Editorial Medica Panamericana; 1992.
3. Wu HC, Wang MJ. Determining the maximum acceptable work duration for highintensity work. *Eur J Appl Physiol* 2001; 85:339-344.
4. Karlqvist L, Leijon O, Harenstam A. Physical demands in working life and individual physical capacity. *Eur. J. Appl. Physiol* 2003; 89:536– 547.
5. TUCKER P. The impact of rest breaks upon accident risk, fatigue and performance: A review. *Work & Stress* 2003; 17:123-137.
6. INTERNATIONAL FOR STANDARIZATION. *Hot Environments – Estimation of the heat stress on working man, based on the WBGT-index (wet bulb globe temperature)*. Geneva: ISO 2003. (ISO 7243).
7. GONZALEZ BLANCO Orlando Y NUVIOLA, B. Gilberto. *Higiene Del Trabajo CETSS*. Ciudad de la Habana. 1986.
8. INTERNATIONAL FOR STANDARIZATION. *Ergonomics Determination of metabolic heat production*. ISO, 1990. (ISO 8996).
9. Ryhming, I. (1953) "A modified Harvard Step test for the evaluation of physical fitness." *Arbeitsphysiologie*, 15, page 235-250.
10. Åstrand, P.-O. (1952) "Experimental Studies of Physical Working Capacity in Relation to Sex and Age." Thesis, Copenhagen.



# LABORATORIO 2

DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD  
DE TRABAJO FÍSICA A TRAVÉS DE  
PRUEBA SUBMÁXIMA EMPLEANDO  
CICLOERGÓMETRO



## INTRODUCCIÓN

La aptitud física es un estado de energía dinámica y vitalidad que nos capacita/permite no solamente llevar a cabo nuestras tareas diarias, práctica de actividades recreativas y encarar emergencias imprevistas, sino también nos ayuda a prevenir las enfermedades hipocinéticas, mientras se funciona a niveles óptimos de la capacidad intelectual y experimentar el disfrute de la vida<sup>7</sup>.

La prueba que se considera la mejor para medir las respuestas cardiovasculares al ejercicio es aquella que determina el consumo de oxígeno máximo ( $\text{VO}_2$  máx.) o Prueba de Capacidad Aeróbica. Esta prueba mide la cantidad máxima de oxígeno que pueda transportar la sangre hacia aquellos órganos del cuerpo activos durante el ejercicio.

Mediante el uso de pruebas submáximas y la medición de la frecuencia cardiaca durante dichas pruebas, se puede estimar con un alto grado de validez el  $\text{VO}_2$  máx. Las bases teóricas de estas pruebas submáximas se fundamentan en las relaciones que existen entre la frecuencia cardiaca, la carga/potencia ergonómica y el  $\text{VO}_2$  máx.

## 1 OBJETIVOS

Los propósitos de esta prueba de laboratorio submáxima empleando un cicloergómetro son:

- Pronosticar las capacidades máximas para desempeñar trabajo.
- Estimar indirectamente el consumo máximo de oxígeno (aptitud aeróbica,  $\text{VO}_2$  máx.).

## 2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS

### CAPACIDAD DE TRABAJO FÍSICA:

Cantidad máxima de trabajo que puede realizar una persona. La capacidad de trabajo puede estar relacionada con una frecuencia cardiaca específica y se emplea como medida de la capacidad aeróbica<sup>8</sup>.

Se determina a través de una prueba submáxima con registro de la frecuencia cardiaca y de la intensidad del esfuerzo, que es progresivo de acuerdo a las cargas impuestas en el cicloergómetro. Conociendo que:

La frecuencia cardiaca es una función de  $\text{VO}_2$  y de la carga de trabajo. El  $\text{VO}_2$  máx. es el volumen máximo de oxígeno que extraemos del aire inspirado, que va a ser transportado por la sangre gracias a la hemoglobina, para que

---

<sup>7</sup> Nieman, David C., The Sports Medicine Fitness Course. Palo Alto, California: Bull Publishing Company, 1986, p. 34

<sup>8</sup> Kent Michael. Diccionario Oxford de Medicina y Ciencias del Deporte. Editorial Paidotribo. 1<sup>ra</sup> edición. 2003. p. 110

músculos y otros tejidos no activos lo utilicen<sup>9</sup>. Es una expresión de nuestra máxima capacidad funcional. En la práctica esto se percibe como la condición o capacidad cardiovascular o cardiopulmonar, uno de los factores asociados al rendimiento físico de un individuo. La frecuencia máxima se establece en 170 latidos por minuto (1 menos por año de edad a partir de los 30 años).

### 3 EQUIPOS Y MATERIALES

- Cicloergómetro.
- Metrónomo (si el cicloergómetro no posee un velocímetro [tacómetro] o dispositivo electrónico que mida revoluciones por minuto [RPM]). Se puede emplear una cinta de audio de 60 minutos, en la cual se ha grabado la cadencia de un metrónomo eléctrico colocado a 100 latidos por minuto, si la cadencia del ejercicio es de 50 rpm.
- Cronómetro.
- Reloj (con indicador de segundos).
- Hojas/formas para colección de los datos, lápiz, entre otros materiales (toallas, agua).

### 4 MÉTODOLÓGÍA

#### **Medidas preparatorias el día antes de la prueba:**

Se le debe explicar al sujeto el tipo de vestimenta que usará en la prueba, así como sugerencias en cuanto al consumo de alimentos y otras sustancias.

#### **Preparación para la Prueba**

- Antes de la prueba, es de vital importancia cotejar la calibración del cicloergómetro.
- Explicar al sujeto en términos generales el concepto de la prueba.
- Obtener el consentimiento del sujeto.
- Preparar la hoja para la colección de los datos.
- Registrar la masa corporal (peso), talla (estatura) y la edad del sujeto.
- Permitir que el sujeto repose durante 3 minutos, y luego se mide y registra la frecuencia cardíaca.
- Decidir si el sujeto está listo para llevar a cabo la prueba.

#### **Administración de la Prueba**

- Se ajusta correctamente la altura del asiento en el cicloergómetro por medio de lo cual se garantice que la rodilla debe colocarse en su extensión apropiada (cuando el pedal y pie se encuentre en su posición más baja). Si el sujeto ha de efectuar la prueba colocando la parte delantera del pie sobre el pedal del cicloergómetro, la rodilla debe estar ligeramente flexionada.
- Si el cicloergómetro no cuenta con un velocímetro (tacómetro) o dispositivo electrónico que permita conocer las revoluciones de pedaleo por minuto (rpm), entonces se coloca el metrónomo a 100 latidos/minuto, esto equivale

---

<sup>9</sup> Papí Diéguez Julio, Aerobic en las salas de Fitness. Manual teórico práctico Editorial INDE, 2a Edición. 1997. p. 38

a 50 vueltas (revoluciones) completas del pedal por minuto. Durante cada golpe del metrónomo, un pie debe estar abajo en la revolución del pedal. Si el metrónomo es eléctrico, se debe activar luz intermitente y sonido, los cuales dictarán la cadencia de la prueba (50 rpm).

- Se comprueba que la resistencia del cicloergómetro esté en "0" kp.
- Se Instruye al sujeto a que pedalee sin resistencia hasta que alcance una cadencia de 50 revoluciones por minuto (50 rpm); esto servirá de calentamiento. El calentamiento debe poseer una duración de 2 a 3 minutos.
- Luego del calentamiento, se prepara el reloj.
- Se asigna la primera carga/potencia ergonómica: 0.5 kp. Las cargas de trabajo pueden ser expresadas en Kilopond (Kp); watt (w), o newton (N). La velocidad de desplazamiento constante, acorde a la frecuencia de pedaleo (18 km/hora) según el sexo del sujeto que se someta a la prueba.
- Según el valor de la frecuencia cardiaca obtenida en el último minuto de la primera etapa, se aplica la dosificación de cargas que se indica a continuación: o si es menor que 80 latidos/min. se coloca la segunda carga ergonómica a 2.5 kp. o si se encuentra de 80 a 89 latidos/min., se coloca la segunda carga ergonómica a 2.0 kp.
  - Si es menor que 80 latidos/min. se coloca la segunda carga ergonómica a 2.5 kp.
  - Si se encuentra de 80 a 89 latidos/min., se coloca la segunda carga ergonómica a 2.0 kp.
  - Si la frecuencia cardiaca es de 90 a 100, entonces se aumenta la carga ergonómica a 1.5 kp.
  - Si la frecuencia cardiaca es mayor que 100 latidos/min. Se coloca la carga ergonómica a 1.0 Kp.

Es importante que como mínimo la última etapa en que se ejercita el sujeto se alcance una frecuencia cardiaca de 150 latidos/min., esto asegura una relación lineal entre la frecuencia cardiaca y el  $\dot{V}O_2$ , de manera que la predicción del  $\dot{V}O_2$  máx. sea más precisa (aumenta la validez de la prueba).

- De ser necesario, se continúa la prueba en las etapas 3ra y 4ta. con las cargas ergonómicas que indica el cuadro 2.1.

**Cuadro** Dosificación de la carga ergonómica durante la prueba en el cicloergómetro **2.1.**

Frecuencia cardiaca	Carga ergonómica			
	Newton N	Potencia W	Kilopond Kp	Kilogramo/ metro Kg/m
<b>Primera carga</b>	5	25	0.5	150
<b>Segunda carga</b>				
Menor 80 lat/ min	25	125	2.5	750
80 a 89 lat/min	20	100	2.0	600
90 a 100 lat/min	15	75	1.5	450
> 100 lat/min	10	50	1	300
<b>Tercera carga</b>				
Menor 80 lat/ min	30	150	3.0	900
80 a 89 lat/min	25	125	2.5	750
90 a 100 lat/min	20	100	2.0	600
> 100 lat/min	15	75	1.5	450
<b>Tercera carga</b>				
Menor 80 lat/ min	35	175	3.5	1050
80 a 89 lat/min	30	150	3.0	900
90 a 100 lat/min	25	125	2.5	750
> 100 lat/min	20	100	2.0	600

**Fuente:** Adaptada de Adams, G. M. Exercise Physiology Laboratory Manual. Boston: WCB/McGraw-Hill Companies. 3rd ed. (1998). pp. 139-153.

Los periodos de trabajo en el cicloergómetro se extenderán por 3 minutos.

- Durante la ejecución de la prueba se debe mantener la supervisión de todos los parámetros y condiciones preceptuadas.
- En los periodos de descanso (duración de 3 minutos) el estudiante deberá permanecer sentado en el Cicloergómetro. Se toma la frecuencia cardiaca durante la última mitad de los minutos 2do y 3ro de cada etapa de trabajo, la frecuencia cardiaca se puede tomar mediante palpación (carótida o radial) de emplearse este método se recomienda que se cuente el número de latidos en treinta (30) segundos. (Véase tabla 2.1) donde se facilita la conversión para latidos por minuto (30 latidos a ser convertidos en latidos por minuto).

**Tabla Conversión de tiempos 2.1.**

Seg	lat/min	Seg	lat/min	Seg	lat/min
22.0	82	17.3	104	12.6	143
21.9	82	17.2	105	12.5	144
21.8	83	17.1	105	12.4	145
21.7	83	17.0	106	12.3	146
21.6	83	16.9	107	12.2	148
21.5	84	16.8	107	12.1	149
21.4	84	16.7	108	12.0	150
21.3	84	16.6	108	11.9	151
21.2	85	16.5	109	11.8	153
21.1	85	16.4	110	11.7	154
21.0	86	16.3	110	11.6	155
20.9	86	16.2	111	11.5	157
20.8	87	16.1	112	11.4	158
20.7	87	16.0	113	11.3	159
20.6	87	15.9	113	11.2	161
20.5	88	15.8	114	11.1	162
20.4	88	15.7	115	11.0	164
20.3	89	15.6	115	10.9	165
20.2	89	15.5	116	10.8	167
20.1	90	15.4	117	10.7	168
20.0	90	15.3	118	10.6	170
19.9	90	15.2	118	10.5	171
19.8	91	15.1	119	10.4	173
19.7	91	15.0	120	10.3	175
19.6	92	14.9	121	10.2	176
19.5	92	14.8	122	10.1	178
19.4	93	14.7	122	10.0	180
19.3	93	14.6	123	9.9	182
19.2	94	14.5	124	9.8	184
19.1	94	14.4	125	9.7	186
19.0	95	14.3	126	9.6	188
18.9	95	14.2	127	9.5	189
18.8	96	14.1	128	9.4	191
18.7	96	14.0	129	9.3	194
18.6	97	13.9	129	9.2	196
18.5	97	13.8	130	9.1	198
18.4	98	13.7	131	9.0	200
18.3	98	13.6	132	8.9	202
18.2	99	13.5	133	8.8	205
18.1	99	13.4	134	8.7	207
18.0	100	13.3	135	8.6	209
17.9	101	13.2	136	8.5	212
17.8	101	13.1	137	8.4	214
17.7	102	13.0	138	8.3	217
17.6	102	12.9	140	8.2	220
17.5	103	12.8	141	8.1	222
17.4	103	12.7	142	8.0	225

**Fuente:** Tomada de: Åstrand, Varberg. Work Tests with the Bicycle Ergometer. Sweden: Monark Exercise AB. "Copyright" por Monark (p. 17),

**Las funciones a desarrollar por cada estudiante son las siguientes:**

1. Estudiante que controla las pulsaciones del sujeto sometido a la prueba en los momentos que se indican y dictan los periodos de trabajo y descanso.
2. Estudiante que registra en un cuaderno las distintas informaciones o resultados del examen y garantiza que las condiciones de la prueba (ritmo, fuerza del pedaleo, y posiciones, etc.) se cumplan estrictamente.
3. Los dos sujetos o individuos que se someterán al examen.
4. El Jefe de grupo que será el responsable de asignar y hacer cumplir las funciones de cada estudiante, explicadas anteriormente.

**CÁLCULO DEL RENDIMIENTO Y VALORACIÓN DE LOS RESULTADOS:**

**1. Valoración de la respuesta cardiovascular.** La frecuencia cardiaca debe ser lineal con relación a la carga de trabajo salvo en los momentos finales en que se pierde o rompe dicha linealidad.

**2. Valoración del rendimiento expresado como capacidad de trabajo físico.** Atendiendo a la metodología seguida se puede proceder a una valoración desde el rendimiento máximo y desde el submáximo deteniéndose la prueba en frecuencias cardiacas cercanas a la máxima teórica y extrapolando los resultados a unas frecuencias cardiacas dadas. Por ello se pueden establecer unos rendimientos con relación a las frecuencias cardiacas alcanzadas y la edad del sujeto. Ello se puede representar gráficamente registrando en un sistema de coordenadas las potencias y frecuencias cardiacas alcanzadas, y hacer las extrapolaciones o intrapolaciones oportunas; o bien se puede proceder a un cálculo matemático del rendimiento o la capacidad de trabajo físico a 170 latidos por minuto, mediante la siguiente ecuación:

**2.1. Con incrementos de 25 W, se ha de utilizar esta ecuación:**

$$PWC-170 \text{ (Wattios)} = W + ((170-F_1)*100) / ((F_2-F_1)*4).$$

**Donde:**

"W" son los wattios máximos alcanzados.

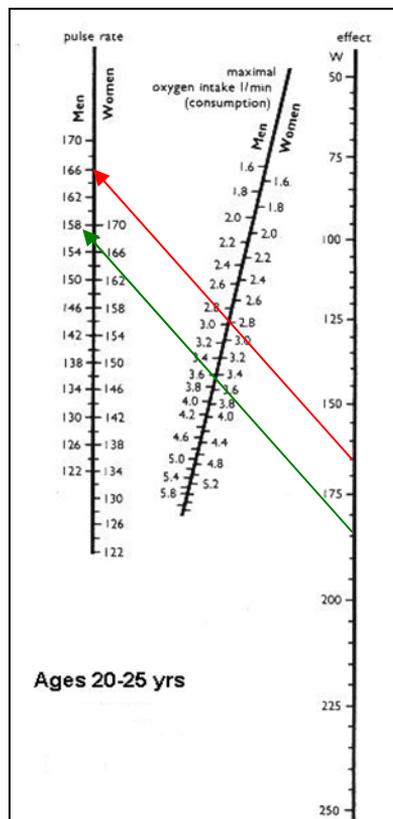
F<sub>1</sub> corresponde al valor de la frecuencia cardiaca inferior a la carga de 170.

F<sub>2</sub> corresponde al valor de la frecuencia cardiaca superior a la carga de 170.  
Se estima unos valores teóricos de 2,8 w/kg para los hombres y de 2,3 W/kg para las mujeres.

**3. Valoración del rendimiento expresado como: VO<sub>2</sub> máx.** con los datos obtenidos se puede realizar una estimación indirecta del VO<sub>2</sub> máx. atendiendo a dos metodologías diferentes:

### 3.1. Método gráfico: mediante la aplicación del nomograma de Åstrand.

Aplicando este método se debe unir primeramente la carga de trabajo alcanzada a la frecuencia cardiaca obtenida para la misma, quedando delimitado el valor del  $\text{VO}_2$  máx. (l/min). Si el sujeto tiene más de 35 años o si llegamos a conocer su frecuencia cardiaca máxima se debe de aplicar el factor de corrección correspondiente, multiplicando dicho factor por el valor de  $\text{VO}_2$  máx. obtenido en el nomograma. (Véase gráfica 2.1) o (Véase tabla 2.2).



**Gráfica 2.1.** Nomograma de ÅSTRAND

**Fuente:** Tomada de ÅSTRAND, P.O. y RODAHL K. "Fisiología del trabajo físico: Bases fisiológicas". Médica Panamericana. Buenos Aires. 1992.

Tabla Relación edad y consumo máximo de oxígeno 2.2.

Astrand Nomogram age conversion table for Max Oxygen Consumption									
AGE	25	30	35	40	45	50	55	60	65
1.5	1.6	1.3	1.2	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0
1.6	1.8	1.4	1.3	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1.0
1.7	1.9	1.5	1.4	1.3	1.3	1.2	1.2	1.2	1.1
1.8	2.0	1.6	1.5	1.4	1.4	1.3	1.2	1.2	1.2
1.9	2.1	1.7	1.6	1.5	1.4	1.4	1.3	1.3	1.2
2.0	2.2	1.7	1.6	1.6	1.5	1.4	1.4	1.4	1.3
2.1	2.3	1.8	1.7	1.6	1.6	1.5	1.4	1.4	1.4
2.2	2.4	1.9	1.8	1.7	1.7	1.6	1.5	1.4	1.4
2.3	2.5	2.0	1.9	1.8	1.7	1.6	1.6	1.5	1.5
2.4	2.6	2.1	2.0	1.9	1.8	1.7	1.6	1.6	1.6
2.5	2.8	2.2	2.1	2.0	1.9	1.8	1.7	1.7	1.6
2.6	2.9	2.3	2.2	2.0	2.0	1.8	1.8	1.7	1.7
2.7	3.0	2.4	2.2	2.1	2.0	1.9	1.8	1.8	1.8
2.8	3.1	2.4	2.3	2.2	2.1	2.0	1.9	1.8	1.8
2.9	3.2	2.5	2.4	2.3	2.2	2.1	2.0	1.9	1.9
3.0	3.3	2.6	2.5	2.3	2.3	2.1	2.0	2.0	2.0
3.1	3.4	2.7	2.6	2.4	2.3	2.2	2.1	2.0	2.0
3.2	3.5	2.8	2.7	2.5	2.4	2.3	2.2	2.1	2.1
3.3	3.6	2.9	2.7	2.6	2.5	2.3	2.2	2.1	2.1
3.4	3.7	3.0	2.8	2.7	2.6	2.4	2.3	2.2	2.2
3.5	3.9	3.0	2.9	2.7	2.6	2.5	2.4	2.3	2.3
3.6	4.0	3.1	3.0	2.8	2.7	2.6	2.5	2.3	2.3
3.7	4.1	3.2	3.1	2.9	2.8	2.6	2.5	2.4	2.4
3.8	4.2	3.3	3.2	3.0	2.9	2.7	2.6	2.5	2.5
3.9	4.3	3.4	3.2	3.0	2.9	2.8	2.7	2.5	2.5
4.0	4.4	3.5	3.3	3.1	3.0	2.8	2.7	2.6	2.6
4.1	4.5	3.6	3.4	3.2	3.1	2.9	2.8	2.7	2.7
4.2	4.6	3.7	3.5	3.3	3.2	3.0	2.9	2.7	2.7
4.3	4.7	3.7	3.6	3.4	3.2	3.1	2.9	2.8	2.8
4.4	4.8	3.8	3.7	3.4	3.3	3.1	3.0	2.9	2.9
4.5	4.9	3.9	3.7	3.5	3.4	3.2	3.1	2.9	2.9
4.6	5.1	4.0	3.8	3.6	3.5	3.3	3.1	3.0	3.0
4.7	5.2	4.1	3.9	3.7	3.5	3.3	3.2	3.1	3.1
4.8	5.3	4.2	4.0	3.7	3.6	3.4	3.3	3.1	3.1
4.9	5.4	4.3	4.1	3.8	3.7	3.5	3.3	3.2	3.2
5.0	5.5	4.3	4.2	3.9	3.8	3.6	3.4	3.3	3.3
5.1	5.6	4.4	4.2	4.0	3.8	3.6	3.5	3.3	3.3
5.2	5.7	4.5	4.3	4.1	3.9	3.7	3.5	3.4	3.4
5.3	5.8	4.6	4.4	4.1	4.0	3.8	3.6	3.4	3.4
5.4	5.9	4.7	4.5	4.2	4.1	3.8	3.7	3.5	3.5
5.5	6.0	4.8	4.6	4.3	4.1	3.9	3.7	3.6	3.6
5.6	6.2	4.9	4.6	4.4	4.2	4.0	3.8	3.6	3.6
5.7	6.3	5.0	4.7	4.4	4.3	4.0	3.9	3.7	3.7
5.8	6.4	5.0	4.8	4.5	4.4	4.1	4.0	3.8	3.8
5.9	6.5	5.1	4.9	4.6	4.4	4.2	4.0	3.8	3.8
6.0	6.6	5.2	5.0	4.7	4.5	4.3	4.1	3.9	3.9

Fuente: Tomada de ASTRAND, P.O. y RODAHL K. Fisiología del trabajo físico: Bases Fisiológicas. 3a. ed. Editorial Médica Panamericana. Buenos Aires. 1997.

**3.2. Método matemático: aplicando una ecuación de predicción del VO<sub>2</sub> máx.** El hecho de conocer el costo energético para una carga de trabajo determinada y el porcentaje de VO<sub>2</sub> máx. para la frecuencia cardiaca alcanzada, nos permite estimar el VO<sub>2</sub> máx. mediante una simple regla de tres: VO<sub>2</sub> máx. = X \* 100/Y. A este resultado le aplicaremos el factor de corrección correspondiente a la edad, análisis presentado en la tabla 2.2 (Astrand, 1985). También se puede determinar aplicando el método de los mínimos cuadrados como se ejemplifica a continuación:

**Ejemplo:**

Determinando la Capacidad de Trabajo Física (CTF) de un individuo de 26 años de edad sometido a la prueba submáxima en el cicloergómetro, donde se obtienen los resultados resumidos en la tabla siguiente. (Véase tabla 2.3.)

**Tabla 2.3.** Asignación de cargas ergonómicas y respuesta cardiaca en prueba de esfuerzo submáxima.

Ritmo cardíaco pulsaciones/min.	Carga en Kp	N	X	Y	X <sup>2</sup>	XY
86	0	1	1	130	1	130
130	1.0	2	1.5	152	2.25	228
152	1.5	3	2	164	4	328
164	2.0	- - -	ΣX = 4,5	Σy= 446	ΣX <sup>2</sup> = 7,25	ΣXY=686

**Fuente:** Creada para la presente Obra.

Con los datos obtenidos y a través del método de los Mínimos Cuadrados se hace el ajuste de la curva correspondiente, aplicando la ecuación de la línea recta  $y = mx + b$  donde m es la pendiente y b es el intercepto.

$$b = \frac{446 - 4.5m}{3} \Rightarrow b = \frac{446 - 4.5(34)}{3}$$

$$\Sigma XY = m \Sigma X^2 + b \Sigma X$$

$$686 = 7.25m + 4.5b$$

$$686 = 7.25m + 4.5 \left( \frac{446 - 4.5m}{3} \right)$$

$$3(686 - 7.25m) = 2007 - 20.25m \Rightarrow 1.5m = 51 \Rightarrow m = 34$$

$$b = \frac{446 - 4.5m}{3} \Rightarrow b = \frac{446 - 4.5(34)}{3}$$

$$b = 97.6 \approx 98$$

$$y = mx + b$$

$$y = 34x + 98$$

Pero como  $y = 170$ , porque se considera que cuando una persona está sometida a una prueba submáxima las pulsaciones máximas no deben sobrepasar de 170 pulsaciones/min.

$$170 = 34x + 98 \quad x = 2.11 \text{ Kp}$$

Pero como  $1 \text{ Kp} = 50 \text{ watt}$  (cada cicloergómetro tiene su relación, pero todos oscilan alrededor de ese valor).

$$L = 2.11 * 50 = 105.5 \text{ watt}$$

$$Vo_2 \text{ max} = 3.19 \sqrt{\frac{L * e^{-0.00884(T)}}{Fc - 60}}$$

$$Vo_2 \text{ max} = 3.19 \sqrt{\frac{105.5 e^{-0.00884(26)}}{Fc - 60}}$$

$$VO_2 \text{ máx.} = 2,78 \text{ l/min.}$$

**Pero como se considera solo el 40% de la CTF sería:**

$$CTF = 2,78 \times 0.40 = 1,112$$

**Si se multiplica por el valor calórico del  $O_2$  en Kcal/l se tiene:**

$$CTF = 1,112 \times 5 = 5,56 \text{ Kcal/min}$$

$$CTF = 5,56 \text{ Kcal/min.}$$

## 5- RESULTADOS E INFORME

1. Se presentará una tabla resumiendo los datos de cada uno de los sujetos sometidos a la prueba de esfuerzo submáxima y los valores obtenidos en la prueba.
2. Se calculará la capacidad de trabajo física y aptitud aeróbica ( $VO_2$  máx.).
3. Se construirán gráficos de la variación del ritmo cardiaco en el tiempo y del consumo de oxígeno según las distintas cargas de trabajo impuestas.

## 6- BIBLIOGRAFIA

1. American Heart Association. The Committee on Exercise (1972). Exercise Testing and Training of Apparently Healthy Individual: A Handbook for Physicians. Dallas, Texas: American Heart Association. (p. 15).
2. Adams, G. M. Exercise Physiology Laboratory Manual. Boston: WCB/McGraw-Hill Companies. (3rd ed., pp. 139-153). 1998.
3. ÅSTRAND, P.-O. Work Tests with the Bicycle Ergometer. Varberg, Sweden: Monark Exercise AB. (pp. 17, 26-27).
4. CORBIN, C. B., & R, Lindsey. Concepts of Fitness and Wellness with Laboratories. Madison, WI: Brown & Benchmark Publishers. 1997. (2da. ed., pp. 85-87).
5. Franks, B. D., & Edward T. Howley, E. T. (1989). Fitness Leader's Handbook. Champaign, Illinois: Human Kinetics Books. (pp. 86-88).
6. George, J. D., Fisher, A. G., & Vehrs, P. R. Tests y Pruebas Físicas Barcelona: España: Editorial Paidotribo. 1996. (pp. 164-167).
7. LITWIN, J., & FERNÁNDEZ, G. Medidas, Evaluación y Estadísticas a la educación física y el deporte. Buenos Aires, Argentina : Editorial Stadium. 1977. (pp. 134-136).
8. Astrand P, Rodahl R. Fisiología del trabajo físico 2ª Ed Mc Grow-Hill NY. 1985.



# LABORATORIO 3

RELACIONES CORPORALES  
ANTROPOMETRÍA



## INTRODUCCIÓN

En las relaciones que se producen entre el trabajador y los medios de producción tiene significativa importancia las relaciones corporales o dimensionales la que tiene que ver con las dimensiones de los medios de trabajo que debe utilizar el trabajador y su adecuación con las medidas relevantes del cuerpo del trabajador. El correcto diseño de los puestos de trabajo es de vital importancia en la prevención de enfermedades y accidentes del trabajo. Un puesto de trabajo no adecuado a las dimensiones corporales de los trabajadores provoca esfuerzos innecesarios, fatiga en determinados grupos musculares y a más largo plazo pueden provocar dolencias diversas relacionadas con el desarrollo de los Desórdenes Traumáticos Acumulativos.

## 1 OBJETIVOS

- Medir las características antropométricas de un grupo de individuos en posiciones antropométricas de pie y sentado.
- Calcular los valores medios, la desviación estándar y los percentiles de cada característica antropométrica considerada.

## 2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS

Antropometría es la disciplina que describe las diferencias cuantitativas de las medidas del cuerpo humano, estudia las dimensiones tomando como referencia distintas estructuras anatómicas, y sirve como herramienta a la ergonomía como objeto de adaptar el entorno a las personas<sup>10</sup>.

Antes de iniciar un estudio antropométrico es necesario haber realizado un análisis sobre los métodos de trabajo, la frecuencia con que se realizan los movimientos y las fuerzas a desarrollar por el trabajador. Si son necesarios controles, instrumentos para la obtención de información y alarmas visuales es imprescindible conocer su importancia relativa, así como con que frecuencia el trabajador debe atenderlos. Este análisis debe indicar cuales son las dimensiones más relevantes para el diseño, debiéndose definir entonces las técnicas a emplear para su obtención.

En pocas ocasiones es conveniente utilizar el promedio de la dimensión relevante para el diseño de individuos involucrados, es más frecuente considerar las dimensiones de los individuos extremos. Al igual que en un grupo grande de individuos es útil calcular los percentiles de cada dimensión relevante, puesto que generalmente no resulta práctico, ni posible a veces, diseñar para la totalidad de la población.

La inclusión de ajustes en las dimensiones del puesto o medios de trabajo hace posible la adaptación de estos a los individuos extremos, sobre todo en grupos pequeños. En ocasiones no será posible encontrar un diseño compatible a todos

---

<sup>10</sup> Ramírez Cavasa Cesar. Ergonomía y Productividad. Noriega Editores. México 1991. p. 53

los individuos de la población, lo que obliga a fijar reglas para la selección del personal que ocupará el puesto.

Existe mucha información antropométrica contenida en tablas y estudios de determinados grupos de poblaciones, esta información examinándola con el cuidado necesario y advirtiendo todas sus posibles diferencias respecto a nuestras necesidades, sirven de gran ayuda en diseño de asientos y determinados puestos de trabajo. En tal sentido podrán servir de ayuda un amplio número de recomendaciones hechas en materiales y literaturas orientadas en clases. Las dimensiones estructurales del cuerpo se toman con el cuerpo de los sujetos en posiciones fijas (estáticas) estandarizadas, donde se miden las diferencias estructurales del cuerpo humano en diferentes posiciones y sin movimiento (en reposo)<sup>11</sup>. Ello solo resulta útil para determinadas finalidades del diseño, ejemplo de estas mediciones son las de estatura de pie, y en posición de sentado.

La Información Antropométrica Funcional o dinámica parte del referente que quedan definidas por las dimensiones del cuerpo tomadas a partir de posiciones del cuerpo resultantes del movimiento, estas son mas útiles para la mayoría de los problemas del diseño, ya que al realizar funciones físicas los miembros del cuerpo de un individuo no operan independientemente, sino mas bien concertados, Ej. El límite práctico de la longitud 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.

**Por otra parte se diseñan los puestos de trabajo con la perspectiva siguiente:**

1. Los diseños para el uso exclusivo de una persona.
2. Los diseños para un grupo.
3. Los diseños para una población numerosa.

Para la selección de la información antropométrica con que debe trabajarse en cualquier diseño se tendrá en cuenta que la misma puede contar con diferencias evidentes como consecuencia de los distintos tipos de etnias, países, regiones, razones genéticas, de alimentación, entrenamiento, climáticas, etc., de donde proviene dicha información.

Cuando se diseña para un grupo poco numeroso y cuando se hace para una población numerosa hay que tener en cuenta tres principios de diseño antropométrico:

1. **Principio del diseño para hombres extremos.** El diseño se concibe a partir de referentes de compromiso por cada una de las dimensiones corporales relevantes para el diseño.
2. **Principio del diseño para intervalos ajustables.** Diseño flexible y adaptable a una población numerosa.

---

<sup>11</sup> Ramírez Cavasa Cesar. Ergonomía y Productividad. Noriega Editores. México 1991. p. 53

**3. Principio del diseño para hombres promedios.** Decisiones de escasa aplicación que se adopta cuando la dimensión tiene poca significancia en el diseño o tenga una utilización infrecuente.

**Percentiles:**

Percentiles son aquellos valores que dividen la muestra ordenada de datos antropométricos en 100 partes iguales  $p_1, p_2... p_{100}$ . De forma intuitiva podemos decir que es un valor tal que supera un determinado porcentaje de los miembros de la población<sup>12</sup>. Los límites antropométricos para un diseño generalmente se presentan en términos de percentiles. Estos percentiles muestran la frecuencia acumulada para los valores de cada variable antropométrica.

Matemáticamente los valores de la dimensión correspondiente a cada percentil se pueden calcular a partir de la media y la desviación estándar de la muestra de la población.

$$X_p = \bar{X} \pm k S$$

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \quad s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

**X<sub>p</sub>**: Valor de la dimensión correspondiente al percentil p.

**k**: Factor de corrección.

A partir de la media (M) y cuando se cumple una hipótesis de normalidad es posible calcular los percentiles, mediante una tabla de factores de corrección como la propuesta (Véase tabla 3.1))

<sup>12</sup> Álvarez Llana Francisco J. Ergonomía y psicología aplicada: Manual para la formación del especialista. Editorial Lex Nova, 2007. p. 164

**Tabla Modelo para el cálculo de los percentiles en una distribución normal 3.1**

PERCENTIL	FORMULA
99.5	M+ (2.576)
99	M+ (2.326)
97.5	M+ (1.960)
95	M+ (1.645)
90	M+ (1.285)
85	M+ (1.036)
80	M+ (0.842)
75	M+ (0.674)
70	M+ (0.524)
50	M
30	M- (0.524)
25	M- (0.674)
20	M- (0.842)
15	M- (1.036)
10	M- (1.282)
5	M- (1.645)
2.5	M- (1.960)
1	M- (2.326)
0.5	M- (2.576)

**Fuente:** Adaptada de Llanea Francisco J. ERGONOMÍA Y PSICOLOGÍA APLICADA. MANUAL PARA LA FORMACIÓN DEL ESPECIALISTA Editorial: Lex Nova (4ª ED.) 2004. p 165.

### Uso de datos antropométricos

Si se carece de información debemos ser cautelosos con la información ajena y con la desviación estándar. Adicionalmente los diseñadores y productores deben informarse de cuales son las condiciones bajo las cuales serán utilizados los medios que fabrican (que incluye ambientes extremos de frío y calor, etc.) y el vestuario y equipamiento personal de los operadores de los mismos. Es precisamente este tipo de análisis el que permitirá definir cuales son las dimensiones relevantes para el diseño que se deben determinar, ya sea midiendo a los trabajadores u obteniéndola de la información disponible.

### 3 EQUIPOS Y MATERIALES

- Pesa (balanza).
- Estadiómetro.
- Antropómetro.
- Cinta métrica.
- Plano vertical.
- Silla Antropométrica.

#### 4 METODOLOGÍA

1.- El vestuario de los sujetos puede distorsionar las mediciones. Se recomienda que el sujeto se encuentre con la ropa mínima indispensable y descalzos.

2.- Calibración y cuidado de los instrumentos.

3.- Definición de las posturas antropométricas objeto de medición.

4.- Lectura y anotación.

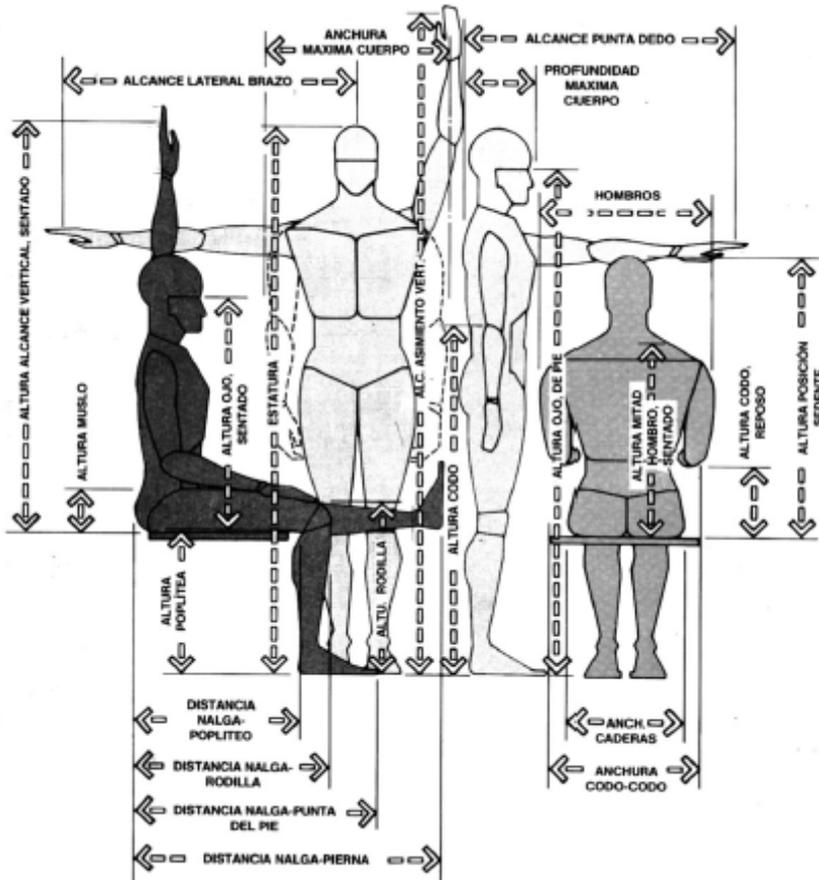
5.- Integración del grupo de prácticas:

- Medidor.
- Anotador.
- Auxiliar.
- Sujeto de las mediciones.

6.- Técnicas, tipos y secuencias de las mediciones:

Para realizar las mediciones antropométricas el sujeto debe encontrarse en posición de atención antropométrica (P. A. B.) es decir, de pie, con los talones unidos, el cuerpo perpendicular al suelo, los brazos descansando a los lados, las manos extendidas, los hombros relajados, sin hundir el pecho y la cabeza en el plano Frankfort (Un plano horizontal pasa tangencialmente al borde superior del conducto auditivo externo y por el pliegue del párpado inferior).

Otros grupo de mediciones se toman colocando al sujeto en posición antropométrica modificada (P. A. S.) en el asiento de mediciones de manera que ambos pies queden apoyados de forma plana sobre el plano que hace función de piso, que el borde del asiento no ejerza presión sobre los muslos y que los mismos queden en posición horizontal formando un ángulo de 90 grados entre el tronco y las piernas. A continuación se presentan las Dimensiones humanas en posiciones antropométricas sedente (P.A.S.) y bipedestal (P.A.B.) (véase figura 3.1.)



**Figura 3.1.** Mediciones en posiciones antropométricas.

**Fuente:** Tomada de Panero, Julius; Zelnik. Las dimensiones humanas en los espacios interiores. Estándares antropométricos. México. Ediciones G. Gili. 7ed. 1996. p 30.

**POSICIÓN DE ATENCIÓN ANTROPOMÉTRICA (P. A. B.):**

- Estatura (E): Distancia vertical desde el vertex hasta el suelo con el sujeto en P. A. B.
- Altura de los ojos (AO): Distancia vertical desde el suelo hasta el eje horizontal que pasa por el centro de la pupila.
- Altura del codo (AC): Distancia vertical desde el suelo hasta el punto óseo más bajo del codo flexionado.
- Altura del hombro (AH): Distancia vertical desde el suelo hasta el acromion.

- Altura del puño (AP): Distancia vertical desde el suelo hasta el eje de presión del puño.
- Anchura del cuerpo (ACP): Es la distancia máxima entre las partes más salientes de los músculos deltoides, cuidando de no comprimir los tejidos blandos.
- Profundidad máxima del cuerpo (PMCP): Es la distancia de la pared al punto más anterior del cuerpo, cualquiera que éste sea.
- Alcance asimiento vertical (AAV): Distancia vertical desde el suelo hasta el centro de una barra que la mano del individuo sostiene agarrada a la máxima altura posible sin experimentar molestias o incomodidad alguna.
- Alcance lateral del brazo (ALB): Es la distancia que se toma desde el eje central del cuerpo hasta la superficie exterior de una barra sostenida por la mano derecha de una persona erguida de pie y con el brazo al frente y de forma horizontal lo más estirado posible sin que experimente molestia e incomodidad alguna.

#### **POSICIÓN ANTROPOMÉTRICA MODIFICADA (P. A. S.):**

- Alcance máximo del brazo (AMB): Distancia horizontal desde el plano vertical (posición de la espalda) estando la extremidad superior extendida hasta el eje del puño de la mano.
- Alcance mínimo del brazo (AMIB): Distancia horizontal desde la parte posterior del brazo (a la altura del codo) hasta el eje del puño.
- Alcance vertical asimiento sedente (AAVS): Es la altura que se toma a partir de la superficie del asiento hasta el borde superior de una barra que se mantiene agarrada con la mano y la extremidad superior levantada sin sentir molestia alguna.
- Altura sentado erguido (ASE): Distancia vertical desde una superficie de asiento horizontal hasta el vertex.
- Altura de los ojos, sentado (AOS): Distancia vertical desde el eje que pasa por el centro de la pupila hasta la superficie horizontal del asiento.
- Altura del codo, sentado (ACS): Distancia vertical desde el plano del asiento hasta el punto óseo más bajo del codo, cuando el brazo está paralelo a la línea media del tronco y formando un ángulo de 90 grados con el antebrazo.
- Altura del muslo (AM): Distancia vertical desde el punto más alto del muslo y el plano horizontal del asiento.
- Altura iliocrestal, sentado (AI): Distancia vertical desde la espina iliaca anterior y superior hasta el plano horizontal del asiento, al estar el sujeto sentado con el tronco perpendicular al plano del asiento formando un ángulo de 90 grados con los muslos.

- Altura subescapular (AS): Distancia vertical desde el ángulo inferior de la escápula hasta el plano del asiento.
- Altura de la rodilla (AR): Distancia vertical desde el plano horizontal del piso hasta el borde superior de la rótula.
- Altura poplítea (AP): Distancia vertical desde la superficie de apoyo de los pies hasta la zona inmediata posterior a la rodilla con esta doblada en ángulo recto.
- Longitud sacro rótula (LSR): Distancia horizontal desde el vértice de la rótula hasta el punto posterior de la nalga.
- Longitud sacro poplítea (LSP): Distancia desde el punto de la depresión poplítea hasta el punto posterior de la nalga.
- Longitud del muslo (LM): Distancia desde el vértice de la rotula hasta la depresión producida entre la parte posterior del muslo y el abdomen.
- Anchura de la cadera sentado (ACS): Anchura del cuerpo medida en la parte más ancha de las caderas.
- Anchura de codo a codo (ACC): Distancia máxima horizontal que separa las superficies laterales de los codos.
- Espesor abdominal sentado (EAS): Máximo espesor del abdomen en posición sentado.

Por último se define el peso total del sujeto garantizando previamente que el mismo tenga el mínimo de ropa, situado en el centro de la plataforma de la balanza, sin tener ningún tipo de apoyo.

## **5.- RESULTADOS E INFORME**

La información se anotará en modelos habilitados por cada individuo (Véase tabla 3.2 y tabla 3.3) resumiendo al final la información obtenida, pasando posteriormente al procesamiento estadístico que indique el docente a cada una de las dimensiones antropométricas estudiadas. (Véase tabla 3.4)

De acuerdo con las posibilidades el procesamiento se realizará manual o de forma automatizada, para lo cual el docente organizará el compendio de toda la información obtenida en el grupo.

**Tabla FICHA DE MEDICIÓN POSICIÓN ANTROPOMÉTRICA BÌPEDA 3.2**

Sexo:		Fecha Medición:		Dimensionamiento (cm)									
No.	Características antropométricas	EDAD DE CADA INDIVIDUO											
1	Estatura (E)												
2	Peso total del sujeto (PT)												
3	Altura de los ojos (AO)												
4	Altura del hombro (AH)												
5	Altura del codo (AC)												
6	Altura del puño (AP)												
7	Anchura del cuerpo (ACP)												
6	Profundidad máxima del cuerpo (PMCP)												
9	Alcance asimiento vertical (AAV)												
10	Alcance lateral del brazo (ALB)												

**Fuente:** Creada para esta Obra

**Tabla FICHA DE MEDICIÓN POSICIÓN ANTROPOMÉTRICA MODIFICADA 3.3**

Sexo:		Fecha Medición:		Dimensionamiento (cm)									
No.	Características antropométricas	EDAD DE CADA INDIVIDUO											
1	Alcance máximo del brazo (AMB)												
2	Alcance mínimo del brazo (AMIB)												
3	Alcance asimiento vertical sedente (AAVS)												
4	Altura sentado erguido (ASE)												
5	Altura de los ojos, sentado (AOS)												
6	Altura del codo, sentado (ACS)												
7	Altura del muslo (AM)												
8	Altura iliocrestal, sentado (AI)												
9	Altura subescapular (AS)												
10	Altura de la rodilla (AR)												
11	Altura poplítea (AP)												
12	Longitud sacro rótula (LSR)												
13	Longitud sacro poplítea (LSP)												
14	Longitud del muslo (LM)												
15	Anchura de la cadera sentado (ACS)												
16	Anchura de codo a codo (ACC)												
17	Espesor abdominal sentado (EAS)												

**Fuente:** Creada para esta Obra

**Tabla RESUMEN Y PROCESO DE MEDICIÓN ANTROPOMÉTRICA 3.4**

INFORMACIÓN ANTROPOMÉTRICA DE LA POBLACIÓN ESTUDIADA				PERCENTILES					
No	Características antropométricas	X media	Desviac. Estándar	5	10	20	80	90	95
1	Estatura (E)								
2	Peso total del sujeto (PT)								
3	Altura de los ojos (AO)								
4	Altura del hombro (AH)								
5	Altura del codo (AC)								
6	Altura del puño (AP)								
7	Anchura del cuerpo (ACP)								
8	Profundidad máxima del cuerpo (PMCP)								
9	Alcance asimiento vertical (AAV)								
10	Alcance lateral del brazo (ALB)								
11	Alcance máximo del brazo (AMB)								
12	Alcance mínimo del brazo (AMIB)								
13	Alcance asimiento vertical sedente (AAVS)								
14	Altura sentado erguido (ASE)								
15	Altura de los ojos, sentado (AOS)								
16	Altura del codo, sentado (ACS)								
17	Altura del muslo (AM)								
18	Altura iliocrestal, sentado (AI)								
19	Altura subescapular (AS)								
20	Altura de la rodilla (AR)								
21	Altura poplíteo (AP)								
22	Longitud sacro rótula (LSR)								
23	Longitud sacro poplíteo (LSP)								
24	Longitud del muslo (LM)								
25	Anchura de la cadera sentado (ACS)								
26	Anchura de codo a codo (ACC)								
27	Espesor abdominal sentado (EAS)								

**Fuente:** Creada para esta Obra

## **6 BIBLIOGRAFIA**

1. MURRELL, KPH. Ergonomics: Man in his Working Environment, Chapman and May. Londres, 1971.
2. DREYFUSS, Henry. The measure of man: Human factors in design, Whitney Publications, Nueva York, 1967.
3. SANDERS M., MCCORNICK E. Human Factors in Engineering and Design. McGraw-Hill. 7th edit. 1992.
4. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARIZATION. Basic human body measurements for technological design. ISO, 1996. (ISO 7250)
5. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARIZATION. Ergonomics Evaluation of static working postures. ISO, 2000 (ISO 11226).
6. NORMA TÉCNICA COLOMBIANA. Mediciones básicas del cuerpo humano para diseño tecnológico. Parte 1: Definiciones e indicaciones importantes para mediciones corporales. NTC 2008 (5649).



# LABORATORIO 4

MEDICIÓN Y EVALUACIÓN DEL RUIDO



## INTRODUCCIÓN

Constituye el ruido el agresor físico más difundido en el medio ambiente, tanto en el contexto laboral como social, siendo generador de molestias y daños al ser humano a veces irreparables.

La magnitud de este riesgo a veces no es evaluada adecuadamente en algunas organizaciones, lo que trae consigo que un elevado número de trabajadores anualmente resulten afectados como consecuencia del efecto que el mismo provoca al órgano auditivo.

### 1. OBJETIVOS

- Familiarizar a los estudiantes con el uso del sonómetro digital y el analizador de frecuencias para realizar estudios de ruido.
- Medir el nivel de presión sonora de cada fuente sonora y el nivel sonoro total en un local.
- Analizar las frecuencias que componen el ruido provocado por varias fuentes sonoras.
- Evaluar el riesgo de exposición al ruido. Definir la pertinencia de practicar las medidas de control de ruidos directamente sobre las fuentes, el medio ambiente donde se transmite, el componente que lo refleja, absorbe o transmite o sobre las personas protegiéndolos de daños auditivos.
- Determinar el material absorbente más apropiado y superficie a tratar para atenuar el ruido, basada en el tratamiento acústico de locales.

### 2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

#### 2.1. RUIDO

Es la combinación de tonos puros a distintas frecuencias que poseen un espectro de frecuencias continua, de amplitud y longitud de onda irregulares<sup>13</sup>. Generalmente se presenta como un sonido aleatorio, esto es un sonido cuya amplitud instantánea no está especificada en un instante de tiempo y solo puede ser definido por una función de distribución de amplitudes. La composición de frecuencias de un sonido se conoce como espectro de frecuencias. Se considera que el ruido es un sonido no deseado que puede afectar en forma negativa la salud y bienestar de individuos o poblaciones.

Desde el punto de vista físico, el sonido es una sensación auditiva originada por una onda elástica que llega a nuestro sentido del oído mediante la propagación de la onda de presión o fluctuación rápida de la presión atmosférica, a causa del

---

<sup>13</sup> Espeso Santiago José A. et al. Manual para la formación de técnicos de prevención de riesgos laborales. Editorial Lex Nova, 2006. p. 553

movimiento vibratorio<sup>14</sup>. Se define también como cualquier variación de presión, sobre la presión atmosférica que el oído humano puede detectar.

El sonido se puede valorar bajo dos puntos de vista: subjetivamente como sensación auditiva en el cerebro; y objetivamente al referirse a los aspectos físicos del movimiento ondulatorio tales como: frecuencia, período, longitud de onda, etc. La frecuencia caracteriza el tono y la amplitud el volumen del sonido.

**2.1.1 Frecuencia (f):** La Frecuencia es el número de variaciones de la presión del sonido que se suceden en un segundo<sup>15</sup>. Se mide en hertzios (ciclos por segundo). Los seres humanos sólo podemos percibir el sonido en un rango de frecuencias relativamente reducido, aproximadamente entre 20 y 20.000 hercios. Percibimos la frecuencia de los sonidos como tonos más graves o más agudos.

**Tono puro.** Es un sonido al cual se adjudica una frecuencia simple vibratoria única. Este sonido elemental se origina por el paso de la energía mecánica, a un medio material adyacente, de un elemento vibrante que describe un movimiento periódico puro.

**Sonido real.** Los tonos puros constituyen el sonido elemental y una única frecuencia los caracteriza. En realidad, la mayoría de los sonidos audibles están compuestos por múltiples frecuencias y fluctuaciones irregulares de la presión.

**2.1.2. Longitud de onda (λ):** Es el tiempo transcurrido para que se produzca un ciclo completo de la onda y se expresa en segundos<sup>16</sup>.

La relación entre la longitud de onda y la frecuencia esta determinada por la expresión:

$$\lambda = \frac{v}{f} = v \times T; \quad v = \frac{\lambda}{T} = \lambda \times f$$

**v :** Velocidad del sonido en m/s

**T:** Tiempo que tarda en realizar un ciclo completo

**f :** Frecuencia en Hz

**λ :** Espacio entre dos compresiones máximas

## 2.2. Difusión de las ondas sonoras en el aire

La difusión de las ondas sonoras en el aire, provoca en la presión atmosférica una presión alterna superpuesta (comparativamente muy pequeña en relación con la presión atmosférica). La Potencia sonora, la Presión y la intensidad se miden en unidades denominadas decibelios (dB) o dB(A). La escala de los decibelios no es una escala normal, sino una escala logarítmica, lo cual quiere decir que un pequeño aumento del nivel de decibelios es, en realidad, un gran aumento del nivel de ruido.

<sup>14</sup> Rodellar Lisa Adolfo. Seguridad e higiene en el trabajo. Editorial. Marcombo, 1988. p. 101

<sup>15</sup> Blandón Marín, María A. Fundamentos en Salud Ocupacional. Editorial Universidad de Caldas. 2004. p. 52

<sup>16</sup> Ibid., p. 52

**2.2.1 Presión sonora (P).** Es la variación de presión del sonido y se puede medir en unidades de presión (pascales)<sup>17</sup>. El margen de presión sonora que es capaz de oír una persona joven y normal, oscila entre 20 N/ m<sup>2</sup> y 2.10<sup>-5</sup> N/ m<sup>2</sup> (umbral auditivo). El umbral del dolor sin embargo es de 100 N/ m<sup>2</sup>. El nivel de presión sonora L (dB) este puede expresarse por la expresión siguiente:

$$\text{Nivel de presión sonora} = L(\text{dB}) = 20 \log \left( \frac{P}{P_0} \right) = (L\text{dB}) = 10 \log \left( \frac{P}{P_0} \right)^2$$

**Donde:**

**L (dB):** Nivel de presión sonora

**P:** Valor RMS de presión sonora (Pa)

**Po:** Presión Sonora de referencia, 2. 10<sup>-5</sup> Pa (N/m<sup>2</sup>)

**2.2.2. Intensidad acústica (I).** La distancia a la que se puede oír un sonido depende de su intensidad, Es la energía que atraviesa por segundo la unidad de superficie colocada perpendicularmente a la dirección de propagación<sup>18</sup>.

$$\text{Nivel de intensidad sonora} = L(\text{dB}) = 10 \log \left( \frac{I}{I_0} \right)$$

**Donde:**

**I:** Intensidad sonora del sonido que se mide en pw/ m<sup>2</sup> (1 pw = 10<sup>-12</sup> w/m<sup>2</sup>)

**Io:** 1 pw/ m<sup>2</sup>, que es la intensidad mínima audible por una persona normal en frecuencias de 1000 Hz.

**2.2.3 Potencia Sonora** es la energía sonora total radiada por una fuente en la unidad de tiempo. Es una medida de la habilidad de producir sonido por una fuente y se mide en watts (w) (1 w = 1 j/s).

## 2.3. CÁLCULO DEL VALOR TOTAL DE PRESIÓN SONORA.

La tarea de calcular el nivel de presión sonora se produce cuando se superponen distintas fuentes de sonido de las cuales son conocidos sus niveles de presión sonora (L1; L2; L3;.... Ln ).

- Las fuentes de sonido 1, 2, 3, .....n pueden ser: sonidos de varias fuentes que influyen individualmente en un lugar determinado.
- Las diferentes bandas de frecuencias coincidentes (ej. Bandas de octavas).
- Los distintos valores de frecuencias coincidentes que forman parte de un sonido.

<sup>17</sup> Sibaja Chinchilla Ryan. Salud y seguridad en el trabajo. Editorial EUNED, 2002. p. 111

<sup>18</sup> Fraile Cabrero Francisco J. Imagen radiológica: Principios físicos e instrumentación. Editorial Elsevier España, 2004. p. 16

El cálculo de Nivel Total de Presión Sonora cumple los siguientes objetivos:

- Predeterminación de la influencia que debe esperarse en un lugar, en base de los componentes de las distintas fuentes de ruido (ej. Ubicación de máquinas adicionales).
- Determinación del nivel de Presión Sonora valorado en la escala A, en base de los niveles de sonido de las bandas, bajo la observación de los factores de corrección correspondientes.

Para el cálculo manual existen fórmulas de uso muy simple:

$$L_{total} = L + 10 \log n \text{ dB}$$

Aumento del nivel de Presión sonora en caso de varias fuentes con presión sonora iguales. (Véase tabla 4.1.)

Los valores característicos son:

**Tabla** Aumento del nivel de presión sonora en caso de varias fuentes con presión sonora iguales. 4.1.

N	10 lg n
2	3 dB
4	6 dB
6	10 dB

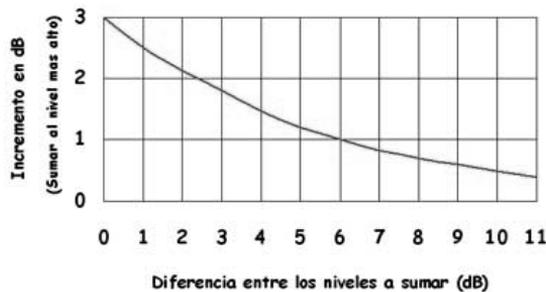
Fuente: Creada para la presente Obra.

Cuando se suman niveles de presión sonora diferentes, entonces:

$$L_{total} = L_1 + \Delta L (dB)$$

$$\text{con } \Delta L (dB) = 10 \lg \left( 1 + 10^{\frac{L_1 - L_2}{10}} \right)$$

En esto L1 es el nivel mayor, es decir  $L_1 \geq L_2$ , adicionándose a L1 un aumento  $\Delta L$ , el cual se puede determinar mediante el gráfico o mediante tablas de acuerdo a la diferencia de los dos niveles de presión sonora  $L_1 - L_2$  en dB. (Véase grafica 4.1.).



**Gráfica 4.1.** Suma de Niveles de Presión Sonora.

Fuente: Creada para la presente Obra.

## 2.4. ABSORCIÓN Y TRANSMISIÓN DEL RUIDO

Las características de transmisión y absorción del sonido están determinadas por la fuente que lo emite y las cualidades del campo sonoro que rodea la misma. Es por ello importante ver como se clasifican las fuentes de sonido y los campos sonoros.

**Campo libre:** Ambiente en el cual no existen superficies reflectivas por lo que la onda sonora se propaga libremente, sin obstáculos. La presión sonora disminuye inversamente con la distancia medida desde la fuente.

**Campo no libre:** Es un ambiente que se caracteriza por la existencia de barreras que se interponen a la libre propagación de la onda sonora, como consecuencia esta se perturba. La perturbación se manifiesta como una desviación o reflexión de la onda al chocar con la superficie.

**Campo reverberante:** Es el campo sonoro que se produce en un local cerrado donde las ondas sonoras producidas por una fuente se proyectan sobre las superficies que rodean el mismo, reflejándose consecutivamente desde estos hacia todas las zonas interiores del local. Este fenómeno conocido como REVERBERANCIA origina un nivel de presión sonora superior al que realmente produjo la fuente y por tanto aumenta el riesgo de exposición al ruido, lo cual determina en que se considere un efecto indeseable y de necesaria evitación. Las fuentes sonoras se clasifican en fuentes de ruido no direccional y fuentes de ruido direccional.

Las fuentes de ruido no direccionales son aquellas que emiten su potencia sonora en todas las direcciones. Este efecto se produce cuando el sonido se propaga “esféricamente”, si además este tipo de fuente emite su sonido en un campo libre (donde la intensidad disminuye inversamente proporcional con la distancia a partir de la fuente) entonces la potencia total radiada por una fuente simple no direccional en un campo libre será igual a:

$$W = 4 \pi r^2 I$$

**Donde:**

W: Potencia Sonora en watts

r: Distancia desde la fuente (radio de la esfera imaginaria en metros)

I: Intensidad sonora en  $W/m^2$

De esta expresión se ve que para que W se mantenga constante, la Intensidad debe variar inversamente proporcional al cuadrado de la distancia (r). Es decir se cumple la “Ley de la inversa de los cuadrados”. Este tipo de fuente es muy poco frecuente en la industria, no así la fuente direccional.

### **3 EQUIPOS Y MATERIALES**

- Sonómetro Digital Quest 1900, con analizador de frecuencias.
- Calibrador de sonómetros.
- Osciloscopio.
- Parlante.
- Fuentes de ruido.
- Cinta métrica.
- Lista de materiales absorbentes para el tratamiento acústico de superficies.

### **4 METODOLOGÍA**

1. Se situarán las fuentes de ruido en los puntos que indique el docente. Inicialmente se ubican dichas fuentes en el centro de local, después que se termine la prueba descrita en el punto No. 5, se organizarán como sigue: una de estas fuentes se ubicará en una esquina del local, otra en el centro del local y al menos una en el centro cercana a una sola pared del lugar.

2. Se colocará el sonómetro en el trípode a la altura de un trabajador sentado (1 a 1.20 m), se orientará el micrófono.

3. Se tomarán las mediciones del local (dimensiones de cada una de las superficies) utilizando la cinta métrica, se determinarán los puntos de medición dividiendo el recinto en una rejilla regularmente espaciada, se dibujará un croquis del local, indicando las posiciones de las fuentes de ruido (una vez terminada la medición descrita en el punto No. 5 y las del sonómetro (acorde a la ubicación de las máquinas).

4. Sin conectar las fuentes de ruido se tomarán lecturas del nivel de presión sonora provocado por el ruido de fondo en el local, se medirá el L (dB) total y por cada una de las frecuencias. Es esencial que durante las mediciones en el local se mantenga el mayor silencio posible.

5. Se conectará y medirá el ruido de cada una de las fuentes de ruido, ubicadas en diferentes sitios del local discriminando los niveles de presión sonora por frecuencias (dB).

6. Se procederá nuevamente a la medición del nivel acústico total (todas las fuentes funcionando) colocando el filtro de ponderación A, desarrollando el análisis por frecuencias de forma simultánea.

7. Se procederá a definir características de absorción del material con que se tratarán las paredes del local de laboratorio, se definirá que nivel de reducción se puede alcanzar con la medida de control cuando se concluya el tratamiento acústico de las superficies seleccionadas.

## 5 RESULTADOS E INFORME

1. Presentar el croquis del local.
2. Presentar de forma tabulada todos los datos, siguiendo el orden del método explicado en el paso No. 3 de la metodología. (Véase tabla 4.2.)

**Tabla** registro mediciones de ruidos **4.2.**

REGISTRO DATOS- MEDICIÓN DE RUIDOS												
PARED LARGO	PARED ANCHO											
	P-1	P-2	P-3	P-4	P-5	P-6	P-7	P-8	P-9	P-10	P-11	P-12
P-1												
P-2												
P-3												
P-4												
P-5												
P-6												
P-7												
P-8												
P-9												
P-10												
P-11												
P-12												

**Fuente:** Creada para la presente Obra.

3. Elaborar un gráfico de superficie, acorde a los pasos descritos en el ANEXO No. 1. "PASOS CONSTRUCCIÓN MAPA DE RUIDOS"
4. Calcular el nivel de reducción teórico logrado con el material de absorción definido para el tratamiento acústico del local, conociendo los actuales coeficientes de absorción de las superficies, los tipos y áreas que abarcan, se definirá al final el nivel de reducción real de ruido que puede lograrse cuando todas las fuentes se encuentran funcionando, según las frecuencias afectadas.
5. Se resumirán y evaluarán los efectos causados con la aplicación de cada una de las medidas de control proyectadas al medio que se interpone entre el receptor del ruido y la fuente generadora de sonido.

## 6 BIBLIOGRAFÍA

1. CYRIL M, Harris. Manual de Medidas Acústicas y control del ruido. Tercera Edición. McGraw-Hill.
2. KIELY G. Ingeniería Ambiental. McGraw-Hill. 1999.
3. Resolución 832: 1983 . Normas sobre Protección y Conservación de la audición de la salud y el bienestar de las personas, por causa de la producción y emisión de ruidos.
4. Resolución 1792:1990. Valores límites permisibles para la exposición ocupacional al ruido.
5. CHINER D, Mercedes. Laboratorio de Ergonomía. Alfaomega. Universidad Politécnica de Valencia. 2004.
6. Resolución 0627:2006. establece la norma nacional de emisión de ruido y ruido ambiental.
7. BERANEK, Leo L. "Noise and Vibration Control". Institute of Noise Control Engineering. Washington, USA, 1988.
8. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARIZATION. (E). "Acoustics – Determination of occupational noise exposure and estimation of noise induced hearing impairment". Geneve: ISO, 1990 (ISO 1999). Suiza, 1990.

## ANEXO No. 1

### PASOS PARA CONSTRUIR MAPA DE RUIDOS INSERTAR GRAFICO

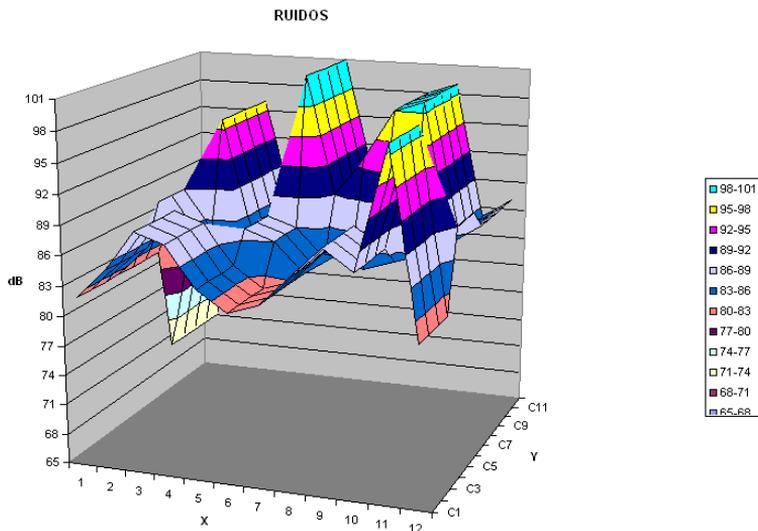
1. Se seleccionan las casillas que contengan información.
2. Se elige la opción de gráfico.
3. Dentro de gráfico se elige la opción superficie (la primera de las opciones).
4. Se presiona el botón siguiente.
5. Se especifica el título del gráfico y los títulos de cada uno de los ejes. (x, y, z (dB)).
6. Presionando el botón siguiente aparece otra ventana donde se selecciona gráfico (hoja nueva), definiendo título a la hoja nueva.
7. Finalmente se presiona la opción terminar.

### OBSERVACIÓN:

El ejemplo les aparece debajo con el título de hoja "gráfico".

Si al gráfico obtenido se le quiere dar otro aspecto más informativo, entonces:

1. Se sitúa el cursor en el eje vertical del gráfico, se pulsa el botón derecho con lo que aparece un botón emergente en el cual se selecciona formato de ejes.
2. Se accede a la solapa escala. Como "mínimo" se sitúa un valor cercano a la mínima de las medidas tomadas. En el ej. 60 porque el mínimo es 63.
3. En unidad mayor se introduce el tamaño del intervalo que representa cada color puede seleccionarse 3 dB, por lo que cada color representa un intervalo de 3 dB.
4. La presentación final del gráfico será más ilustrativa entonces.



**Gráfica 4.2.** Gráfica Mapa de ruidos.  
Fuente: Creada para la presente Obra.



# LABORATORIO 5

MEDICIÓN Y EVALUACIÓN DE VIBRACIONES



## INTRODUCCIÓN

El avance de la tecnología y su intervención en los puestos de trabajo ha provocado que más trabajadores estén expuestas a vibraciones, las cuales en algunos casos no tienen consecuencias, pero en otros puede afectar a la salud y capacidad de trabajo de quién se expone a ellas. En casi todos los casos las vibraciones se detectan fácil y rápidamente por lo que raras veces llegará a producir daños inmediatos a la salud; sin embargo, la exposición prolongada puede causar efectos crónicos que tienden a manifestarse después de un tiempo.

## 1 OBJETIVOS

- Familiarizar a los estudiantes con el uso del acelerómetro digital y transductores para medir y evaluar vibraciones.
- Medir el nivel de vibraciones en cada uno de los puestos de trabajo actividades a desarrollar con equipos manuales vibratorios y actividad donde se aplican vibraciones al cuerpo entero, acorde a la metodología indicada.
- Evaluar el riesgo aplicando la metodología indicada y análisis espectral por frecuencias en bandas de tercio de octava.
- Definir la pertinencia de practicar medidas de control de vibraciones.

## 2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS

La vibración es la oscilación de particular o cuerpos en torno a un punto posición de referencia. Constituyen un movimiento periódico (oscilación) de un sistema material alrededor de su posición de equilibrio<sup>19</sup>. Existen diversas respuestas humanas a las vibraciones de cuerpo completo, las transmitidas a las manos y las causas del mareo, incluido por el movimiento. Los pies, las zonas de los glúteos y las manos, son las áreas del cuerpo que generalmente reciben y transmiten las vibraciones, dependiendo de la actividad que se realice y la posición en que se encuentre el operador.

Las vibraciones del cuerpo completo ocurren cuando el cuerpo está apoyado en una superficie vibrante (por ejemplo, cuando se está sentado en un asiento que vibra, de pie sobre un suelo vibrante o recostado sobre una superficie vibrante). Las vibraciones de cuerpo completo se presentan en todas las formas de transporte y cuando se trabaja cerca de maquinaria industrial.

Las vibraciones transmitidas a las manos son las vibraciones que entran en el cuerpo a través del sistema manos- brazos. Están causadas por distintos procesos de la industria, la agricultura, la minería y la construcción, en los que se agarran o empujan herramientas o piezas vibrantes con las manos o los dedos. La exposición a las vibraciones transmitidas a las manos puede provocar diversos trastornos.

---

<sup>19</sup> Santiago Espeso José A. et al. Coordinadores de seguridad y salud en el sector de la construcción: Manual para la formación. Editorial Lex Nova, 2ª edición. 2005, p. 681

El mareo inducido por el movimiento puede ser producido por oscilaciones del cuerpo de bajas frecuencias, por algunos tipos de rotación del cuerpo y por el movimiento de señales luminosas con respecto al cuerpo.

### **Magnitud**

Los desplazamientos oscilatorios de un objeto implican, alternativamente, una velocidad en una dirección y después una velocidad en dirección opuesta. Este cambio de velocidad significa que el objeto experimenta una aceleración constante, primero en una dirección y después en dirección opuesta. La magnitud de una vibración puede cuantificarse en función de su desplazamiento, su velocidad o su aceleración. A efectos prácticos, la aceleración suele medirse con acelerómetros. La unidad de aceleración es el metro por segundo al cuadrado ( $m/s^2$ ). La aceleración debida a la gravedad terrestre es, aproximadamente, de  $9,81 m/s^2$ .

La magnitud de una oscilación puede expresarse como la distancia entre los extremos alcanzados por el movimiento (valor pico-pico) o como la distancia desde algún punto central hasta la desviación máxima (valor pico). Con frecuencia, la magnitud de la vibración se expresa como el valor promedio de la aceleración del movimiento oscilatorio, normalmente el valor cuadrático medio o valor eficaz ( $m/s^2$  r.m.s.). Para un movimiento de una sola frecuencia (senoidal), el valor eficaz es el valor pico dividido por  $\sqrt{2}$ .

Para un movimiento senoidal la aceleración,  $a$  (en  $m/s^2$ ), puede calcularse a partir de la frecuencia,  $f$  (en ciclos por segundo), y el desplazamiento,  $d$  (en metros):

$$a = (2 \pi f)^2 d$$

Puede usarse esta expresión para convertir medidas de aceleración en desplazamientos, pero solo tiene precisión cuando el movimiento se produce a una sola frecuencia. A veces se utilizan escalas logarítmicas para cuantificar magnitudes de vibración en decibelios. Cuando se utiliza el nivel de referencia de la Norma Internacional 1683, el nivel de aceleración,  $L_a$ , viene dado por la expresión  $L_a = 20 \log_{10}(a/a_0)$ , en donde  $a$  es la aceleración medida (en  $m/s^2$  r.m.s.) y  $a_0$  el nivel de referencia de  $10^{-6} m/s^2$ . En algunos países se utilizan otros niveles de referencia.

### **Frecuencia**

La frecuencia de vibración, es el número de veces que un punto con la misma dirección y dirección pasa en un segundo<sup>20</sup>. Se expresa en ciclos por segundo (hertzios, Hz), afecta a la extensión con que se transmiten las vibraciones al cuerpo (p. ej., a la superficie de un asiento o a la empuñadura de una herramienta vibrante), a la extensión con que se transmiten a través del cuerpo (p. ej., desde el asiento a la cabeza) y al efecto de las vibraciones en el cuerpo. La relación entre el desplazamiento y la aceleración de un movimiento depende también de la frecuencia de oscilación: un desplazamiento de un milímetro

---

<sup>20</sup> Díez Menéndez Faustino. Higiene industrial: Manual para la formación del especialista. Editorial Lex Nova. 8a Edición: 2008. p. 343

corresponde a una aceleración muy pequeña a bajas frecuencias, pero a una aceleración muy grande a frecuencias altas; el desplazamiento de la vibración visible al ojo humano no proporciona una buena indicación de la aceleración de las vibraciones. Los efectos de las vibraciones de cuerpo completo suelen ser máximos en el límite inferior del intervalo de frecuencias, de 0,5 a 100 Hz. En el caso de las vibraciones transmitidas a las manos, las frecuencias del orden de 1.000 Hz o superiores pueden tener efectos perjudiciales. Las frecuencias inferiores a unos 0,5 Hz pueden causar mareo inducido por el movimiento.

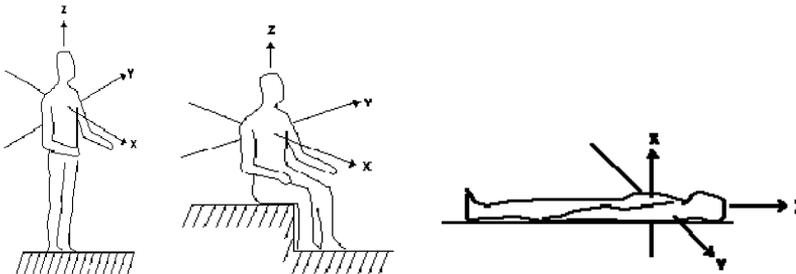
El contenido de frecuencia de la vibración puede verse en los espectros. En muchos tipos de vibraciones de cuerpo completo y de vibraciones transmitidas a las manos, los espectros son complejos, produciéndose algo de movimiento a todas las frecuencias. Sin embargo, suele haber picos a las frecuencias que se presentan en la mayor parte de las vibraciones.

Dado que la respuesta humana a las vibraciones varía según la frecuencia de vibración, es necesario ponderar la vibración medida en función de cuánta vibración se produce en cada una de las frecuencias.

Las ponderaciones en frecuencia reflejan la medida en que las vibraciones causan el efecto indeseado a cada frecuencia. Es necesario realizar ponderaciones para cada eje de vibración. Se requieren ponderaciones en frecuencia diferentes para las vibraciones de cuerpo completo, las vibraciones transmitidas a las manos y el mareo inducido por el movimiento.

### Dirección

Las vibraciones pueden producirse en tres direcciones lineales y tres rotacionales. En el caso de personas sentadas, los ejes lineales se designan como eje x (longitudinal), eje y (lateral) y eje z (vertical). Las rotaciones alrededor de los ejes x, y y z se designan como rx (balanceo), ry (cabeceo) y rz (deriva), respectivamente. Las vibraciones suelen medirse en la interfase entre el cuerpo y las vibraciones. Los sistemas principales de coordenadas para medir las vibraciones de cuerpo completo y las vibraciones transmitidas a las manos se exponen en los dos artículos siguientes del capítulo. (Véase figura 5.1.)



**Fig. 5.1.** Sistemas principales de coordenadas.

**Fuente:** Tomada de INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. Direcciones de incidencia de las vibraciones sobre el cuerpo humano. ISO 1: 1997 (ISO 2631)

$a_x$ ,  $a_y$ ,  $a_z$  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.

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.

### **Duración**

La respuesta humana a las vibraciones depende de la duración total de la exposición a las vibraciones. Si las características de la vibración no varían en el tiempo, el valor eficaz de la vibración proporciona una medida adecuada de su magnitud promedio. En tal caso un cronómetro puede ser suficiente para evaluar la duración de la exposición. La intensidad de la magnitud promedio y la duración total pueden evaluarse según las normas expuestas en los siguientes artículos.

Si varían las características de la vibración, la vibración promedio medida dependerá del período durante el que se mida. Además, se cree que la aceleración eficaz infravalora la intensidad de los movimientos que contienen choques o son marcadamente intermitentes.

Muchas exposiciones profesionales son intermitentes, tienen una magnitud variable en cada momento o contienen choques esporádicos. La intensidad de tales movimientos complejos puede acumularse de manera que dé un peso apropiado a, por ejemplo, períodos cortos de vibración de alta magnitud y períodos largos de vibración de baja magnitud. Para el cálculo de las dosis se utilizan diferentes métodos para el caso de “Vibraciones de cuerpo completo”; “Vibraciones transmitidas a las manos”, y “Mareo inducido por el movimiento”.

Cuando el NEV supere los límites establecidos, se deben aplicar de inmediato una o más de las medidas siguientes, de tal manera que el operario no se exponga a niveles de vibración superiores a los límites establecidos.

a. Mantenimiento a equipo y herramientas;

b. Medidas técnicas de control como:

- Sustitución de equipos o proceso.
- Reducción de las vibraciones en las fuentes generadoras.
- Modificación de aquellos componentes de la frecuencia que tengan mayor probabilidad de generar daño a la salud del POE.
- Tratamiento de las trayectorias de propagación de las vibraciones por aislamiento de las máquinas y elementos constructivos.

c. 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.

### 3 EQUIPOS Y MATERIALES

Para mediciones de exposición de extremidades superiores.

- a. Transductor de aceleración con respuesta lineal desde 6.3 Hz, con un peso menor a 15 gramos y sensibilidad no menor a 1 mV/(m/seg<sup>2</sup>).
- b. 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.
- c. Calibrador de aceleración.

Se debe contar con los documentos de calibración de toda la instrumentación expedidos por un laboratorio acreditado, y verificar periódicamente que la calibración de dicha instrumentación se realice de conformidad con los procedimientos establecidos sobre Metrología y Normalización.

Para mediciones de exposición de cuerpo entero.

- a. Transductor de aceleración con respuesta lineal desde 1 Hz, con un peso no mayor de 50 gramos y sensibilidad no menor a 1 mV/(m/seg<sup>2</sup>);
- b. Analizador con filtros en bandas de tercios de octava con capacidad para medir desde 1 Hz;
- c. Calibrador de aceleración.

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 sobre Metrología y Normalización.

Otros equipos y materiales:

- Fuentes de vibraciones (equipos manuales) y plataforma vibrante para cuerpo entero.
- Cinta métrica.
- Computador.
- Software de análisis de comportamiento de las vibraciones (graficador histograma de frecuencias).

### 4 METODOLOGÍA

4.1. El grupo se divide en dos equipos a los cuales les son asignadas fuentes de vibraciones diferentes las cuales serán intercambiadas después de terminar las mediciones y el análisis de los resultados obtenidos.

4.2. Se preparan las fuentes generadoras de vibraciones que se van a utilizar.

4.3. Se dispondrán las condiciones para las mediciones de las vibraciones cuerpo entero y extremidades superiores, se preparan los estudiantes en el método de medición a emplear.

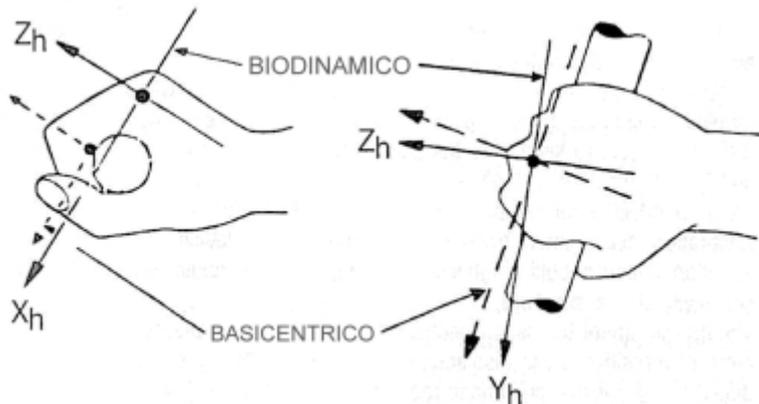
## LA MEDICIÓN DE LA VIBRACIÓN TRANSMITIDA AL SISTEMA MANO-BRAZO

a. Los métodos utilizados podrán implicar un muestreo, que deberá ser representativo de la exposición del trabajador a las vibraciones mecánicas en cuestión; los métodos y aparatos utilizados deberán adaptarse a las características específicas de las vibraciones mecánicas que deban medirse, a los factores ambientales y a las características de los aparatos de medida, con arreglo a la norma ISO 5349-2 (2001).

b. Como se trata de un aparato que tiene que sostenerse con ambas manos, las mediciones deberán realizarse en cada mano. La exposición se determinará por referencia al valor más elevado; también se dará información sobre la otra mano.

c. Los puntos de medición se deben localizar en la empuñadura o mango de la herramienta manual.

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 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. (Véase figura 5.2.)



**Fig. 5.2.** Sistemas biodinámico y basicéntrico de coordenadas.

**Fuente:** Tomada de INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARIZATION. Direcciones de incidencia de las vibraciones sobre el cuerpo humano. ISO 1: 1997 (ISO 2631)

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  $T_i$ .

## **LA MEDICIÓN DE LA VIBRACIÓN TRANSMITIDA AL CUERPO ENTERO**

Cuando se proceda a la medición, de conformidad con los métodos utilizados, podrán implicar un muestreo que deberá ser representativo de la exposición del trabajador a las vibraciones mecánicas en cuestión. Los métodos utilizados deberán adaptarse a las características específicas de las vibraciones mecánicas que deban medirse, a los factores ambientales y a las características de los aparatos de medida.

4.4. Se efectuará la evaluación de las vibraciones cuerpo entero y extremidades.

## **VIBRACIÓN TRANSMITIDA AL SISTEMA MANO-BRAZO**

La evaluación del nivel de exposición a la vibración transmitida al sistema mano-brazo se basa en el cálculo del valor de exposición diaria, normalizado para un período de referencia de 8 horas,  $A(8)$ , expresada como la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados (valor total) de los valores eficaces de aceleración ponderada en frecuencia, determinados según los ejes ortogonales  $a_{hw}$ ,  $a_{hw}$  y  $a_{hw}$ , como se define en el anexo A de la norma ISO 5349-1 (2001).

La evaluación del nivel de exposición puede efectuarse mediante una estimación basada en las informaciones relativas al nivel de emisión de los equipos de trabajo utilizados, proporcionadas por los fabricantes de dichos materiales y mediante la observación de las prácticas de trabajo específicas o mediante medición.

## **VIBRACIÓN TRANSMITIDA AL CUERPO ENTERO**

La evaluación del nivel de exposición a las vibraciones se basa en el cálculo de la exposición diaria  $A(8)$  expresada como la aceleración continua equivalente para un período de 8 horas, calculada como el mayor de los valores eficaces, o el mayor de los valores de dosis de vibración (VDV), de las aceleraciones ponderadas en frecuencia determinadas según los tres ejes ortogonales ( $1,4a_{wx}$ ,  $1,4a_{wy}$ ,  $a_{wz}$ , para un trabajador sentado o de pie), de conformidad con lo establecido en la norma ISO 2631-1 (1997).

La evaluación del nivel de exposición puede efectuarse mediante una estimación basada en las informaciones relativas al nivel de emisión de los equipos de trabajo utilizados, proporcionadas por los fabricantes de dichos materiales y

mediante la observación de las prácticas de trabajo específicas o mediante medición.

Se tendrán en cuenta: LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE EXPOSICIÓN A VIBRACIONES

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 anteriores (Véase Tabla 5.1)

**Tabla** Límites máximos de exposición en manos a vibraciones en direcciones  $x_h$ ,  $y_h$ ,  $z_h$ . **5.1.**

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.

**Fuente:** Adaptada de INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARIZATION. (E) – Part 2 – Continuous and shock induced vibration in building (1 to 80 Hz). ISO, 2 – 1989. (ISO 2631).

#### **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 los cuadros que contemplan los Límites de aceleración longitudinal ( $a_z$ ) (Véase cuadro 5.1) y los Límites de aceleración transversal ( $a_x$ ,  $a_y$ ) (Véase cuadro 5.2) respectivamente.

**Cuadro** Límites de aceleración longitudinal (az) como función de la frecuencia y del tiempo de exposición **5.1.**

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 ACELERACION LONGITUDINAL EN (az), m/s <sup>2</sup>								
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

**Fuente:** Adaptada de INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARIZATION. (E) – Part 2 – Continuous and shock induced vibration in building (1 to 80 Hz). ISO, 2 – 1989. (ISO 2631)

**Cuadro** Límites de aceleración transversal (ax, ay) como función de la frecuencia y del tiempo de exposición **5.2.**

FRECUENCIA CENTRAL DE BANDA 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 ACELERACION TRANSVERSAL EN (ax, ay), ( m/s <sup>2</sup> )								
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	3.5	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

Fuente: Adaptada de INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARIZATION. (E) – Part 2 – Continuous and shock induced vibration in building (1 to 80 Hz). ISO, 2 – 1989. (ISO 2631)

#### **Condiciones para la evaluación**

La evaluación de los NEV en una jornada laboral, debe realizarse bajo condiciones normales de operación. La evaluación debe realizarse en cada uno de los diferentes ciclos de exposición del operario expuesto, de acuerdo al reconocimiento. 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.

#### **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.

4.5. Los estudiantes emiten juicios de los métodos y formas de control más efectivas para cada tipo de exposición.

### **5 RESULTADOS E INFORME**

1. Presentar el croquis del local, así como descripción de las posturas adoptadas por el trabajador durante la exposición a las vibraciones.
2. Presentar de forma tabulada todos los datos, reales y normativos siguiendo el orden establecido en el método de evaluación.
3. Explicar los riesgos a los que se somete la persona de acuerdo a la parte del cuerpo expuesta, la frecuencia analizada y el tiempo de exposición.
4. Se emitirán criterios de cómo es posible la reducción de vibraciones para cada uno de las actividades, según sus fuentes de generación, y el medio ambiente.

## 6 BIBLIOGRAFIA

1. PELMEAR, Peter L., WASSERMAN, Donald E. Hand-Arm Vibration. 2nd Edition; OEM Press 1998.
2. WASSERMAN, Donald E. Human aspects of occupational vibration. Elsevier 1987.
3. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARIZATION. Evaluation of human exposure to whole-body vibration- Part 1- General requirements. ISO, 1 – 1985. (ISO 2631).
4. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARIZATION. Recommends particular methods for calculating the weighted acceleration  $a_w(t)$  depending on the characteristics of vibration. ISO, 1: 1997. (ISO 2631)
5. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARIZATION. (E) – Part 2 – Continuous and shock induced vibration in building (1 to 80 Hz). ISO, 2 – 1989. (ISO 2631)
6. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARIZATION. (E) Mechanical vibration of human exposure to hand-transmitted vibration. ISO, 1986. (ISO 5349).
7. ACGIH – TLVs and BELS – 1999.
8. NIOSH. Criteria for a Recommended Standard Occupational Exposure to Hand-Arm Vibration. U.S. Department of Health and Human Services. September 1989.
9. NOM-008-SCFI-1993, Sistema general de unidades de medida.
10. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARIZATION. Human-response vibration – Measuring instrumentation. ISO, 2005. (ISO 8041)



# LABORATORIO 6

ILUMINACIÓN INDUSTRIAL



## INTRODUCCIÓN

Aproximadamente el 50% de nuestra actividad sensorial es de carácter visual, y en el trabajo, el 80% de la información requerida para ejecutar una tarea se adquiere también por la vista. La iluminación es entonces un factor relevante en la prevención de accidentes y en el mantenimiento de los altos niveles de eficiencia. Una iluminación adecuada aumenta las condiciones de seguridad de los trabajadores y la empresa, disminuye el ausentismo laboral y la fatiga, e incrementa el rendimiento y la productividad.

## 1 OBJETIVOS

- Conocer y utilizar el Luxómetro.
- Determinar y conocer los niveles de iluminación reales en las zonas de trabajo con el fin de valorar el factor de riesgo.
- Definir según tipo de actividad a realizar los niveles de iluminación recomendados por normas.
- Calcular el coeficiente o factor de utilización a través de tablas.
- Calcular el número de luminarias necesarias en cada sitio estudiado.
- Realizar el emplazamiento de las luminarias.

## 2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS

**La visión.** Es el sentido de la vista que percibe la forma, tamaño, color distancia y movimiento de los objetos<sup>21</sup>. En este intervienen factores visuales tales como la agudeza (para percibir y distinguir los detalles más pequeños), la adaptación (del ojo a distintos niveles de luminosidad) y la acomodación (del ojo para enfocar cuerpos a diferentes distancias), y de tipo físico, como el contraste (que permite discriminar los objetos por sus contornos), el color y el parpadeo de la luz.

**Flujo luminoso ( $\Phi$ ).** El flujo luminoso describe toda la potencia de luz dada de una fuente luminosa<sup>22</sup>. Se mide en lúmenes (lm). Un lúmen es el flujo luminoso de la radiación monocromática de frecuencia  $540 \times 10^{-12}$  Hertzios y flujo de energía radiante de 1 / 683 Vatios.

**Intensidad luminosa (I).** Es el flujo luminoso emitido en una dirección determinada (flujo luminoso por unidad de ángulo sólido)<sup>23</sup>. Se mide en candelas (cd). Una candela es la intensidad luminosa de una fuente puntual que emite un flujo luminoso de 1 lúmen en un ángulo sólido de un estereorradián.

**Nivel de iluminación (E).** La luz emitida por una fuente que cae sobre una superficie<sup>24</sup>. Es la relación entre el flujo luminoso (lm) recibido en una unidad de superficie ( $m^2$ ) y la unidad de medida es el Lux.

---

<sup>21</sup> Gilberto Harper Enríquez, Manual práctico del alumbrado. Editorial Limusa Noriega Editores, 2005. p. 1,

<sup>22</sup> Rüdiger Ganslandt Harald Hofmann COMO PLANIFICAR CON LUZ. ERCO Edición. Editorial Vieweg p. 40,

<sup>23</sup> Senner Adolf. Principios de Electrotecnia. Editorial Reverté, sa. 1994, p. 350

<sup>24</sup> Espeso Santiago José A.et al. Manual para la formación de técnicos de prevención de riesgos laborales. Editorial Lex Nova, 9ª edición. 2007. p. 780

$$E = \Phi / S$$

Se mide en luxes (lx). Un lux es el nivel de iluminación de una superficie de 1 m<sup>2</sup> que recibe un flujo luminoso uniforme de 1 lúmen.

**Brillo o luminancia (L).** Es la intensidad luminosa (cd) emitida por unidad de superficie (m<sup>2</sup>) en la dirección de la mirada<sup>25</sup>.

$$L = I / S \text{ APARENTE}$$

El brillo puede ser directo, cuando es emitido por las fuentes luminosas, o indirecto, cuando es reflejado por los cuerpos iluminados.

Rendimiento o eficiencia luminosa ( $\eta$ ). Mide la cantidad de energía que se convierte en luz en relación con la energía total consumida<sup>26</sup>. Se mide en lúmenes por Vatio (lm / W).

$$\eta = \Phi / W$$

No toda la energía eléctrica consumida por una luminaria se convierte en luz visible, parte de esta se pierde en forma de calor, de radiaciones no visibles (infrarrojas o ultravioletas), etc.

### TIPOS DE ALUMBRADO.

**Alumbrado general.** La luz se distribuye uniformemente y produce en todo el lugar idénticas condiciones de visión.

**Alumbrado localizado.** La luz no se distribuye de manera uniforme en todo el lugar, sino que se localiza en puntos específicos, tanto como requieran las condiciones de visión para la tarea que se realiza en cada punto.

**Alumbrado suplementario.** La luz se distribuye de tal manera que puedan ser resaltados ciertos objetos.

### TIPOS DE LUMINARIAS.

Entre las más comunes se encuentran las lámparas incandescentes, las fluorescentes y las lámparas de vapor de mercurio y de vapor de sodio.

**Mantenimiento del sistema de iluminación.** Enfatiza en la limpieza de las luminarias, la edad de las fuentes luminosas y el por ciento de reflexión de techos y paredes.

---

<sup>25</sup> Ibid., p. 780

<sup>26</sup> Zúñiga Hernández Alfonso. Seguridad e higiene industrial at al. Editorial Limusa Noriega Editores 1999. p. 66

## MÉTODOS DE EVALUACIÓN DE LA ILUMINACIÓN

### MÉTODO IES

Se utiliza para evaluar el nivel de iluminación promedio en el área de trabajo, con base en la geometría del área y la disposición de las luminarias, cuando:

- El área sea regular y las luminarias se hallen simétricamente espaciadas en dos o más filas.
- El área sea regular con una luminaria colocada simétricamente.
- El área sea regular con una fila de luminarias.
- El área sea regular con una o más lámparas continuas.
- El área es regular con una fila de luminarias continuas.
- El área es regular con techo luminoso.

Con este método, las mediciones se toman en unos pocos puntos del lugar de trabajo considerado representativo de las mediciones que podrían llevarse a cabo en otros puntos de igual condición, con base en la regularidad del área del lugar y la simetría en la distribución de las luminarias.

### MÉTODO DE LA CONSTANTE DEL SALÓN

Se utiliza para evaluar el nivel de iluminación promedio en el lugar de trabajo a partir de cierto número de mediciones y puntos de medición en función de la constante del salón, K, que viene dada por donde L es el largo del salón, A el ancho y h la altura de las luminarias sobre el plano útil. (Véase tabla 6.1.):

$$K = (A * L) / [h (A + L)]$$

Tabla para definir constante del Salón 6.1

Constante del Salón	No. Mínimo de Puntos de Medición
< 1	4
1 y < 2	9
2 y < 3	16
≥ 3	25

Fuente: Creada para la presente Obra.

### DETERMINACIÓN DE LA ILUMINACIÓN PROMEDIO (Ep):

Cuando se realizan mediciones con el propósito de verificar los valores correspondientes a una instalación nueva, se deben tomar las precauciones necesarias para que las evaluaciones se lleven a cabo en condiciones apropiadas (tensión nominal de alimentación, temperatura ambiente, elección de lámparas, etc.) o para que las lecturas del medidor de iluminancia se corrijan teniendo en cuenta estas condiciones.

El cálculo del nivel promedio de iluminación por el método de la constante del salón, se realiza con la siguiente expresión:

$$E_p = \frac{1}{N} (\sum E_i)$$

**Donde:**

$E_p$  = Nivel promedio en lux o bujía pie.

$E_i$  = Nivel de iluminación medido en lux o bujía pie en cada punto.

$N$  = Número de medidas realizadas

### Niveles de Iluminación Recomendados

A continuación, en la tabla 6.2 se describen los niveles de iluminación recomendados por la “Sociedad de Ingenieros Eléctricos de los EE.UU. (IES)”, para los diferentes oficios de tipo industrial, comercial y recreativo, con el fin de asegurar una visión confortable y segura. Estos valores que son los más usados en el mundo, han sido elaborados basados en las características de los trabajos especificados (fineza de detalles, grado de exactitud, reflexión de las superficies, rapidez de movimientos, ritmo de trabajo, color de las superficies) y con las exigencias visuales de una persona adulta con visión normal:

**Tabla Niveles de Iluminación Recomendados 6.2.**

Tipo de Actividad	Categoría Iluminancia	Rangos de la Iluminancia		Referencia Plano de trabajo
		Lux	Bujía – Pie (Footcandle)	
<i>Espacios Públicos con áreas oscuras alrededor de estas.</i>	A	20-30-50	2-3-5	Iluminación General en espacios abiertos.
<i>Orientación simple para visita cortas.</i>	B	50-75-100	5-7.5-10	
<i>Espacios de trabajo donde la tarea visual es exigente ocasionalmente.</i>	C	100-150-200	10-15-20	
<i>Ejecución de la tarea visual con altos contrastes y tamaño grande.</i>	D	200-300-500	20-30-50	
<i>Ejecución de la tarea visual con contrastes medios de tamaño pequeño.</i>	E	500-750-1000	50-75-100	Iluminación localizada sobre el puesto de trabajo.
<i>Ejecución de la tarea visual de bajo contraste o tamaño pequeño.</i>	F	1000-1500-2000	100-150-200	
<i>Ejecución de tareas visual de bajo contraste y tamaño muy pequeño por periodos prolongados.</i>	G	2000-3000-5000	200-300-500	Iluminación sobre el puesto de trabajo obtenido por una combinación general y localizada (iluminación suplementaria).
<i>Ejecución de tareas visuales exactas y muy prolongadas.</i>	H	5000-7500-10000	500-750-1000	
<i>Ejecución de tareas muy especiales de extremadamente bajo contraste y pequeño tamaño.</i>	I	10000-15000-20000	1000-1500-2000	

**Fuente:** Adaptada de ILLUMINATING ENGINEERING SOCIETY OF NORTH AMERICAN. IES LIGHTING HANDBOOK. Application Volume. New York. 1981.

### RELACIÓN DE BRILLOS RECOMENDADOS

La función de los ojos es más eficiente cuando el brillo de las otras áreas que conforman el campo visual se considera relativamente uniforme. Estas condiciones raramente se consiguen, considerándose por lo regular un contraste o relación de brillo alrededor del puesto de trabajo no mayor de 3:1 y en cualquier parte del campo visual no mayores de 10:1. La relación de brillos en áreas industriales no deben exceder los valores que se muestran en la tabla 6.3.

**Tabla 6.3.** Relación de Brillos 6.3.

RELACIÓN ENTRE PUNTOS DE OBSERVACIÓN	A	B	C
Entre punto de trabajo y sombras adyacentes circundantes	3 a 1	3 a 1	5 a 1
Entre punto de trabajo e iluminación adyacente circundante	1 a 3	1 a 3	1 a 5
Entre punto de trabajo y superficies oscuras lejanas	10 a 1	20 a 1	*
Entre punto de trabajo y superficies iluminadas lejanas	1 a 10	1 a 20	*
Entre luminarias (o ventanas, tragaluces) y superficies adyacentes a ellas	20 a 1	*	*
Algún lugar dentro del campo de la persona	40 a 1	*	*

**Fuente:** Adaptada de CEAC. ENCICLOPEDIA DE ELECTRICIDAD. LUMINOTECNIA. Barcelona, 1982.

El control de relación de iluminancia no es una solución práctica cuando existen:

- A. Áreas interiores donde las reflectancias en todo el espacio pueden ser controladas con recomendaciones para condiciones de visión óptima.
- B. Áreas donde las reflexiones de toda el área de trabajo pueden ser controladas, pero el control de las áreas es limitado.
- C. Áreas donde es completamente impracticable el control de reflectancias, dificultado por las variaciones de las condiciones ambientales.

### MÉTODO DEL LUMEN PARA LA ILUMINACIÓN GENERAL.

Este método consiste en calcular un número de luminarias y de lámparas necesarias para suministrar un nivel de iluminación requerido en un área determinada. El método es el siguiente:

- a. Determine el nivel de iluminación requerido por tablas.
- b. Seleccione el tipo de lámpara.
- c. Seleccione el tipo de luminaria.
- d. Calcule la altura y la separación de las luminarias.
- e. Determine el número de luminarias a lo largo y ancho del salón.
- f. Defina el flujo luminoso total.
- g. Determine el flujo luminoso de la lámpara y calcule el número de lámparas a instalar.
- h. Distribuya las lámparas en el número de luminarias mínimas calculadas para garantizar la distribución uniforme de la iluminación.

## **CONSIDERACIONES GENERALES DEL DISEÑO**

El diseño de la iluminación deberá estar íntimamente ligado con el área que va a ser iluminada. Los factores a tener en cuenta son la forma y tamaño de los espacios, los colores y la reflectancia de la superficie del salón, la actividad a ser desarrollada, la disponibilidad de la iluminación natural y también los requerimientos estéticos requeridos por el cliente. Debe haber una colaboración estrecha entre el diseñador de la iluminación y el arquitecto. Los más importantes ítems que el diseñador necesita conocer son los siguientes:

- Conocer con detalles las actividades asociadas con cada espacio.
- Las exigencias visuales de cada puesto de trabajo y su localización.
- Condiciones de reflexión de las superficies
- Necesidades para el espacio, modelación y rendimiento del color.
- Disponibilidad de la iluminación natural.
- Apariencia del color de la fuente de luz y su unión con la iluminación natural.
- Control de luz directa e indirecta que ingresa por ventanas.
- Localización de las luminarias y su acceso a ellas.
- Requerimientos especiales en la calidad de las luminarias, tales como ambientes peligrosos, dificultad para encontrar acceso a ellas o para cumplir requerimientos de mantenimiento.

## **DISTRIBUCIÓN DEL BRILLO**

El ambiente visual debe ser el adecuado para que los ocupantes vean con facilidad y precisión los detalles de un oficio específico, de modo que además puedan realizar el trabajo con eficiencia y de manera confortable.

Las luminarias deben estar distribuidas adecuadamente, de tal manera que se eviten contraste de luz – sombras alrededor de los puestos de trabajo. Para mejorar las condiciones de brillo en los puestos de trabajo es necesario detectar las fuentes que producen el deslumbramiento, con el fin de retirar la fuente o modificar las superficies que produzcan alta reflexión (reflexión especular o directa) o cambiarlas por superficies difusas.

## **3 EQUIPOS Y MATERIALES**

- Luxómetro.
- Flexómetro.

#### **4 MÉTODOLOGIA**

1. Zonificar el área donde se realizará el rediseño del sistema de alumbrados.
2. Se seleccionan los puntos específicos donde se realizarán las mediciones de los niveles de iluminación actuales.
3. Se realiza la medición de los niveles de iluminación en los puntos previamente seleccionados.
4. Se determina el nivel medio de iluminación y la efectividad del sistema de iluminación actual en su conjunto.
5. Se determinan o procuran los niveles de iluminación normativos para el tipo de actividad estudiada.
6. Se realizan las comparaciones de los niveles medidos con los normativos y se define la problemática actual. Se definirán las insuficiencias de iluminación por áreas de trabajo.
7. Se rediseña el sistema actual de alumbrados.

#### **5 RESULTADOS E INFORME**

1. Se presentará una tabla contentiva de los valores de Iluminación medidos en cada punto del local.
2. Se calculará el nivel de iluminación media a través de la expresión indicada.
3. Se determinará el valor de iluminación normativo para el tipo de actividad que se realiza en el local seleccionado.
4. Se elaborará propuesta de rediseño del sistema de alumbrado, comprobando finalmente su efectividad.

## **6 BIBLIOGRAFIA**

1. W, Robert Allen. Industrial Hygiene. Prentice Hall, New Jersey, 1976.
2. INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. ICONTEC, 1998. (NTC 8 de 1998).
3. Illuminating Engineering Society of North American. IES Lighting Handbook. Application Volume. New York. 1981.
4. Manual de iluminación Philips. Primera edición en español. Argentina.
5. Minsalud. Resolución 2400 de 1979. Título III, Capítulo III, Artículos 77 al 87. Colombia.
6. Standards Association of New Zealand. Code of practice for interior lighting design. Wellington, 1984.
7. TREGENZA P. y LOE D. The Design of Lighting. London, 1998.
8. ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DEL TRABAJO. Introducción al Estudio del Trabajo. México: Limusa, 2002.

# LABORATORIO 7

MEDICIÓN Y EVALUACIÓN DEL ESTRÉS TÉRMICO



## INTRODUCCIÓN

La existencia de calor en el ambiente laboral constituye frecuentemente una fuente de problemas que se traducen en quejas por falta de confort, bajo rendimiento en el trabajo y, en ocasiones, riesgos para la salud.

El estudio del ambiente térmico requiere el conocimiento de una serie de variables del ambiente, del tipo de trabajo y del individuo. La mayor parte de las posibles combinaciones de estas variables que se presentan en el mundo del trabajo, dan lugar a situaciones de inconfort, sin que exista riesgo para la salud. Con menor frecuencia pueden encontrarse situaciones laborales térmicamente confortables y, pocas veces, el ambiente térmico puede generar un riesgo para la salud. Esto último está condicionado casi siempre a la existencia de radiación térmica (superficies calientes), humedad (> 60%) y trabajos que impliquen un cierto esfuerzo físico.

El riesgo de estrés térmico, para una persona expuesta a un ambiente caluroso, depende de la producción de calor de su organismo como resultado de su actividad física y de las características del ambiente que le rodea, que condiciona el intercambio de calor entre el ambiente y su cuerpo. Cuando el calor generado por el organismo no puede ser emitido al ambiente, se acumula en el interior del cuerpo y la temperatura de éste tiende a aumentar, pudiendo producirse daños irreversibles.

## 1 OBJETIVOS

- Conocer y utilizar el monitor de estrés térmico
- Calcular la humedad relativa del aire a través de la carta psicrométrica.
- Determinar y conocer el índice WBGT con el fin de valorar el factor de riesgo por estrés térmico.
- Calcular el índice de temperatura efectiva e índice de temperatura efectiva corregida.
- Calcular el índice de tensión térmica o índice de Belding y Hatch
- Evaluar los niveles de riesgos por exposición a combinaciones de temperaturas, humedad y el gasto energético que exigen las actividades.

## 2 FUNDAMENTOS TEORICOS:

La exposición térmica muy intensa puede representar para el organismo humano consecuencias graves; por ello en estos casos es necesario como medida de control limitar el tiempo de exposición a tales condiciones. Se considera que existe carga térmica cuando deben entrar en funcionamiento los mecanismos fisiológicos destinados a posibilitar la pérdida de calor<sup>27</sup>.

---

<sup>27</sup> Duran, J. C.: Carga térmica. Editorial C.E.I.:L.L.R, Facultad de Ingeniería. Universidad de Buenos Aires. 1986.

El Índice de estrés térmico desarrollado por Belding y Hatch<sup>28</sup> en base a trabajos anteriores de Haines y Hatch<sup>29</sup> y normalizada a través de la ISO/7933.1989. Se basa en el cálculo de la magnitud de los intercambios térmicos entre el hombre y el ambiente por medio de los tres mecanismos fundamentales a través de los cuales tiene lugar dicho intercambio: convección, radiación y evaporación. El cálculo se efectúa a partir de tres hipótesis principales:

- a. Hombre standard de 70 Kg. de peso.
- b. El vestido es ligero (camisa y pantalón de verano o similar).
- c. La temperatura de la piel es de 35°C.

La temperatura de la piel no debe confundirse con la temperatura interna del cuerpo que es la que estimamos cuando la medimos con un termómetro dentro de la cavidad oral, axilar o rectal. Ante un valor normal de la temperatura así medida de 36,5 a 37°C, la temperatura de la piel de un hombre en actividad moderada y en un ambiente confortable se sitúa alrededor de 32°C; en una situación de estrés térmico la temperatura de la piel asciende notablemente (de ahí la elección de los 35°C aludidos más arriba) pero la temperatura interna del cuerpo se modifica en mucha menor medida, gracias a la actuación de los mecanismos termorreguladores del organismo humano. Una vez efectuado el cálculo de la magnitud de los intercambios que tendrán lugar por convección y radiación, y de la cantidad máxima de calor que el sujeto es capaz de eliminar por evaporación del sudor (evaporación máxima, E máx.) en las condiciones ambientales existentes, el método procede al cálculo de la cantidad de calor que el individuo debería eliminar por evaporación para alcanzar el equilibrio térmico (pérdida = ganancia) mediante la expresión:  $E_{req} = M + C + R$ .

### ESTRÉS TÉRMICO

La sobrecarga térmica es el resultado de la combinación e interacción de factores ambientales y físicos que determinan el exceso de calor o frío total que soporta el cuerpo. Los datos ambientales requeridos son: Temperatura del aire, presión de vapor de agua, calor radiante y movimiento del aire. El intercambio calórico se mide en Kilocalorías/ hora o en Watts. (1Watt = 0.8606 Kcal/ h)

La ecuación de balance térmico es la base para entender el intercambio térmico entre el ambiente y el cuerpo humano.

Ecuación 1.

$$M \pm R \pm C \pm K \pm E = S$$

Donde:

- M = Calor metabólico
- R = Calor radiante
- C = Calor convectivo
- K = Calor conductivo
- E = Calor evaporativo
- S = Almacenamiento de calor en el organismo

<sup>28</sup> BELDING, H.S., HATCH, T. F. Index for Evaluating Heat Stress in Terms of Resulting Physiological Strains. Heating, Piping, Air Cond., 1955, N° 8, 129-136.

<sup>29</sup> HAINES, G.F., HATCH, T.F. Industrial Heat Exposures - Evaluation and Control. Heating and Ventilating, 1952, Vol. 49, N° 11, 93-104.

### Índice de Tensión Térmica (ITT)

Desarrollado por Belding y Hatch en 1965, especialmente para actividades en climas cálidos, lo cual aplica en países tropicales entre ellos Colombia. Este índice se utiliza para conocer de manera particular la cantidad de energía que se presenta como calor Convectivo, Radiante y de Evaporación en los diferentes puestos de trabajo en estudio y como inciden cada uno de ellos en las condiciones de estrés por calor. También permite saber cual o cuales de estas situaciones térmicas requieren de intervención con el fin de disminuir las condiciones de exposición a este factor de riesgo. Por las anteriores razones, este índice se utiliza para definir los criterios de diseño de los sistemas de control en los ambientes de trabajo con exposición a calor.

Este índice expresa la relación entre la evaporación de calor requerida, para mantener el cuerpo en equilibrio térmico ( $E_{req}$ ) y la máxima capacidad evaporativa para unas condiciones climáticas determinadas ( $E_{max}$ ). Se expresa en porcentaje según la siguiente ecuación:

Ecuación 1.

$$ITT = \left( \frac{E_{req}}{E_{max}} \right) * 100$$

El índice asume individuos de 35 años de edad, 70 Kg. de peso corporal, 1.7 m de talla, 1.8 m<sup>2</sup> de superficie corporal, vestido con pantalón corto y zapatos de gimnasia, temperatura de la superficie de la piel 35<sup>o</sup> C y no almacena calor al interior de su cuerpo. Cálculo de la evaporación requerida:

Ecuación 2.

$$E_{req} = M + R + C$$

Ecuación 3.

$$R = \left[ K_R * (T_{rm} - T_S) \right]$$

Ecuación 4.

$$\bar{t}_r = \left[ (t_g + 273)^4 + 2,5 \times 10^8 \times v_a^{0,6} (t_g - t_a) \right]^{1/4} - 273$$

Ecuación 5.

$$C = \left[ K_c * V^{0,6} (T_a - T_s) \right]$$

**Donde:**

- M = Metabolismo total en Kilocalorías /hora  
 R = Intercambio térmico por radiación en Kilocalorías /hora  
 C = Intercambio térmico por convección en Kilocalorías/ hora  
 Kr = Coeficiente de calor radiante, según vestimenta (Véase tabla 7.1)  
 Trm = Temperatura radiante media (°C)  
 Ts = Temperatura de la piel sudando (35 °C)  
 Kc = Coeficiente de calor convectivo, según vestimenta (Véase tabla 7.1)  
 V = Velocidad del aire (m/ seg)  
 Ta = Temperatura seca del aire (°C)

Cálculo de evaporación máxima.

Ecuación 6.

$$E_{\max} = K_e * V^{0.6} * (P_{ws} - P_{wa})$$

**Donde:**

- Ke = Coeficiente de evaporación máxima, según vestimenta (Véase tabla 7.1)  
 Pws = Presión de vapor a la temperatura de la piel (42 mm de Hg)  
 Pwa = Presión de vapor en el aire (mm Hg) este valor es determinado de la carta Psicométrica.

**Tabla** Coeficiente de evaporación máxima según vestimenta 7.1.

Coeficiente	Semidesnudo (1)	Ropa ligera (2)	Ropa de trabajo (3)
Kc	1	0.7	0.6
Kr	11	7.9	6.6
Ke	2	1.4	1.2

**Fuente:** Adaptada de INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARIZATION. Hot Environments – Estimation of Heat Stress on Working man based on WBGT Index. ISO-1989 (7243).

**Nota:**

- (1) Semidesnudo: Hombre con pantalón corto y torso desnudo  
 (2) Ropa ligera: Hombre con camisa y pantalón liviano  
 (3) Ropa de trabajo: Hombre con uniforme de trabajo

**Índice de temperatura efectiva (I.T.E.)**

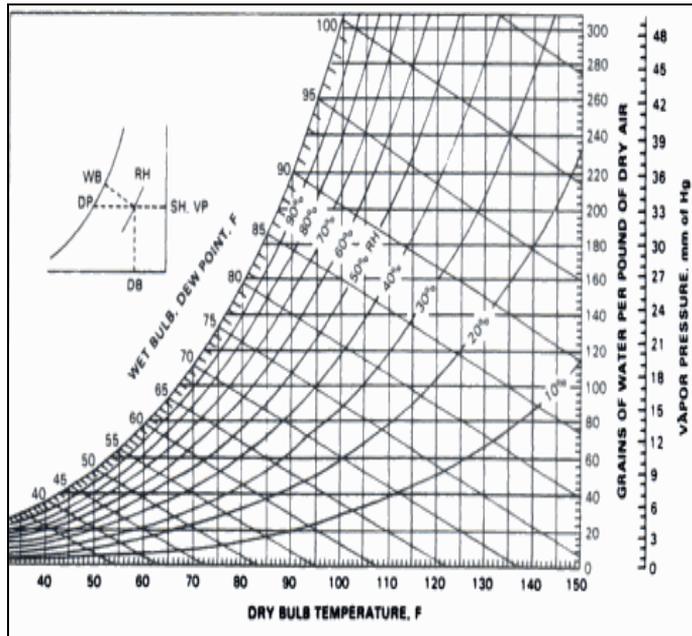
Índice propuesto en 1923 por American Society of Heating and Ventilating (ASHVE), inicialmente propuesto como un criterio para evaluar confort. Se fundamenta en el estudio de las respuestas de grandes grupos de personas que trabajan en distintos ambientes con variaciones de temperatura, humedad relativa y movimiento de aire<sup>30</sup>.

La temperatura efectiva es un índice de la sensación de calor o de frío experimentada por el cuerpo y que no significa necesariamente que se deba tener una situación idéntica de confort para todas las parejas de valores de

<sup>30</sup> Gil Hernandez, F. Tratado de medicina del trabajo. Editorial MASSON, 1ª 2005. p. 308

temperatura-humedad relativa correspondientes a una misma temperatura efectiva<sup>31</sup>.

Conociendo la temperatura de bulbo seco y bulbo húmedo, se define el valor de T efectiva en la carta psicrométrica (Véase gráfica 7.1) y en un diagrama de temperatura efectiva que tiene en cuenta la velocidad del aire, la vestimenta de las personas y estudios estadísticos del grado de confort de las personas, se lee la condición ambiental necesaria para garantizar un ambiente confortable a los trabajadores.



**Gráfica 7.1.** Carta Psicrométrica

**Fuente:** Tomada de Talty T. John. Industrial Hygiene Engineering: Recognition, Measurement, Evaluation, and Control. Editorial Noyes Data Corporation, Second Edition 1988. p. 343

### Diagrama de temperatura efectiva, incluye vestimenta y velocidad del aire

Uno de los métodos fisiológicos es el método del Índice de Temperatura Efectiva (TE), este método solo se utiliza como criterio de evaluación del confort térmico dado que no toma en cuenta la carga metabólica ni las influencias de la carga térmica total de aporte por radiación.

<sup>31</sup> Santiago Díaz Victorio; Raul Berreche. Acondicionamiento térmico de los edificios/ Thermal Preparation of The Buildings. Editorial Nobuko, 2005 p. 45

El método de TE se basa en el estudio de las respuesta de grandes grupos de personas, de las cuales se toman las observaciones y se las lleva a diagramas psicométricos modificados permitiendo de esta manera evaluar una temperatura la cual nos indica el grado de confort del medio.

En los puestos de trabajo las condiciones climáticas se determinan por medio de las siguientes magnitudes:

- Temperatura del aire (temperatura de bulbo seco) en °C.
- Temperatura de bulbo húmedo en °C.
- Humedad relativa porcentual del aire (%).
- Temperatura radiante media en °C.
- Velocidad del aire en m/s.

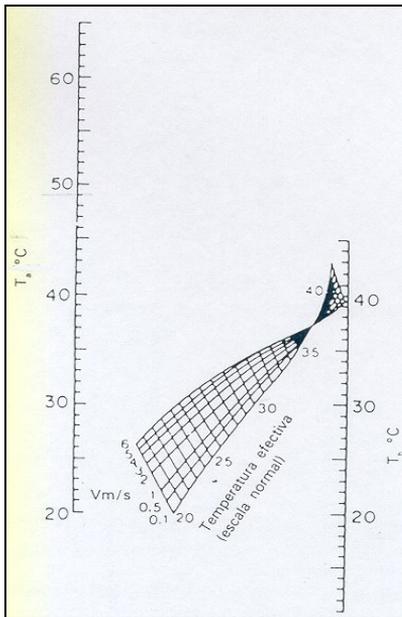
Como referencia sobre aparatos de medición y la manera de efectuarla hay estudios realizados por Wenzel y Piekarki en 1980 de las magnitudes básicas mencionadas surge el desarrollo de las tablas de combinaciones equivalentes para la apreciación del clima en el medio ambiente. Dichos valores tienen en cuenta que combinaciones distintas de humedad relativa, velocidad del aire (viento) y temperatura ambiente pueden dar la misma sensación climática, estas combinaciones sin tener en cuenta la temperatura efectiva según Yaglou, basada sobre la temperatura de un ambiente con el 100 % de humedad relativa y con una velocidad del aire (viento) de tan solo 0,1 m/s.

Para una persona el confort térmico se refiere a la sensación de comodidad termofísica en relación con el ambiente que le rodea, sea este al aire libre o en un espacio interior<sup>32</sup>. No se puede definir con exactitud en forma individual, sino que se debe realizar en forma grupal, para poder tener precisión, la cual mayor es cuanto mayor sea el grupo de personas, ya que en forma individual se presentan considerables diferencias en la apreciación del clima. Sobre la base de apreciaciones del clima se desarrollan las denominadas curvas de confort que tienen en cuenta las condiciones térmicas, la actividad y la vestimenta.

El índice TE hace intervenir la temperatura seca, la humedad y la velocidad de movimiento del aire, en figuras anteriores pudimos apreciar distintas relaciones entre estos parámetros, pero nos hace falta ver la relación existente entre la temperatura de bulbo húmedo y la de bulbo seco. La TE es representada en ábacos los cuales varían mucho, esto no se debe a una diferencia de criterio o errores, sino que estas diferencias aparecen como consecuencia de la falta de una normalización sobre como debe tomarse, entonces cada investigador aplica su criterio, se deben hacer las mediciones con la persona desnuda, parcialmente vestida, con ropa liviana, de invierno, etc., por ello antes de usar un ábaco hay que verificar la información para saber como se encontraba el hombre durante el estudio. (Véase gráficas 7.2 y 7.3).

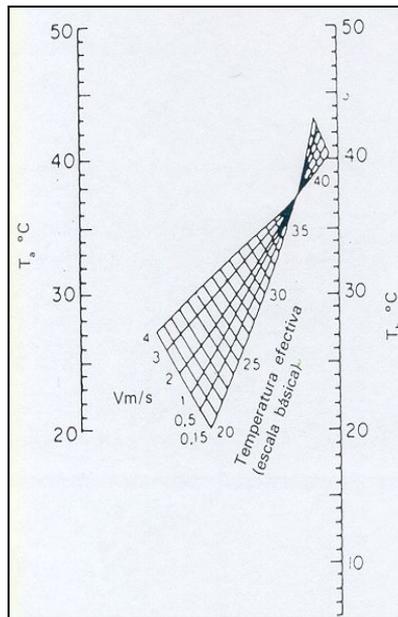
---

<sup>32</sup> Mermet Gabriel A; Eduardo Yarke. Ventilación natural en edificios. Fundamentos y métodos de cálculo para aplicación de ingenieros y arquitectos. Editorial Nobuko, 2005. p. 21



**Gráfica 7.2.** Ábaco de temperatura efectiva, válido para personas vestidas normalmente.

**Fuente:** Tomada de The Stress of Hot Environments. Kerslake, D. McK. 1972: Cambridge University Press, 316 p



**Gráfica 7.3.** Ábaco de temperatura efectiva, válido para personas con el torso desnudo.

**Fuente:** Tomada de The Stress of Hot Environments. Kerslake, D. McK. 1972: Cambridge University Press, 316 p

La toma de uso de los nomogramas es sumamente sencilla partiendo de los datos de las temperaturas de bulbo húmedo y de bulbo seco en el medio ambiente, se unen estas en gráfico con un línea recta, y en la intersección de estas con la correspondiente a la curva de velocidad de desplazamiento del aire en el lugar que se está investigando se obtiene un punto, se verifica cual es la temperatura efectiva correspondiente trazando una línea oblicua casi perpendicular a la de las velocidades del aire.

#### Índice de temperatura efectiva corregida (I.T.E.C.)

El índice de temperatura efectiva es solo apto donde no existan fuentes que irradien calor, por lo tanto en zonas donde hay focos de radiación elevada como son hornos, inyectores de plástico, etc. no es útil. Para poder aplicar este índice en los lugares mencionados se hicieron una cantidad de correcciones, con la intención de hacer intervenir la temperatura radiante media a través de la lectura en un termómetro de globo ( $T_g$ ).

En los casos que existe una tasa alta de radiación, las correcciones que se realizan son:

- Se coloca la temperatura de globo Tg en la escala de la temperatura seca (sustituir Tg por Ta o Tbs).
- Se busca en la carta psicométrica (véase la gráfica 7.1) la temperatura de bulbo húmedo que corresponda al aire (con la misma humedad absoluta), si se calentase desde la temperatura seca Ta o Tbs, hasta la temperatura de globo Tg.
- La temperatura de bulbo húmedo corregida Tbh' en la escala de la temperatura húmeda.
- Uniendo los puntos y en donde corta el ábaco de la velocidad de movimiento del aire correspondiente, se toma la temperatura que es la temperatura efectiva corregida (T.E.C.).

Existen valores límites de temperatura efectiva corregida en °C en función del metabolismo y del estado de aclimatación de la persona, (Véase tabla 7.2).

**Tabla** Temperatura efectiva corregida 7.2.

METABOLISMO	TEMPERATURA EFECTIVA CORREGIDA (T.E.C.) en °C	
	PERSONA NO ACLIMATADA	PERSONA ACLIMATADA
<i>M = 220 W</i>	30	32
<i>M = 350 W</i>	28	30
<i>M = 530 W</i>	26,5	28,5

**Fuente:** Adaptada de INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARIZATION. Hot Environments – Estimation of Heat Stress on Working man based on WBGT Index. ISO-1989 (7243).

### **Cálculo del índice WBGT**

El índice WBGT (Wet Bulb Globe Thermometer) se va a utilizar para establecer cuándo una situación presenta riesgos de estrés térmico. A su vez, también ayuda a tomar decisiones acerca de las medidas preventivas necesarias para paliar tales situaciones. La denominación WBGT proviene de que en su cálculo van a ser necesarios los valores de la temperatura húmeda, temperatura seca y temperatura de globo, medidas respectivamente mediante un termómetro de bulbo húmedo (Wet Thermometer), un termómetro de bulbo seco (Bulb Thermometer) y un termómetro de globo (Globe Thermometer).

Las expresiones que se utilizan para calcular el índice WBGT son:

### **Cálculo de WBGT en interior de edificaciones o sin radiación solar**

$$WBGT = 0.7 \times \text{Temperatura Húmeda} + 0.3 \times \text{Temperatura globo}$$

### **Calculo de WBGT con radiación solar**

$$WBGT = 0.7 \times \text{Temperatura Húmeda} + 0.2 \times \text{Temperatura globo} + 0.1 \times \text{Temperatura Seca}$$

**CALCULO WBGT PONDERADO WBGT promedio**

$$WBGT_p = \frac{WBGT_{CABEZA} + 2 \times WBGT_{ABDOMEN} + WBGT_{TOBILLOS}}{4}$$

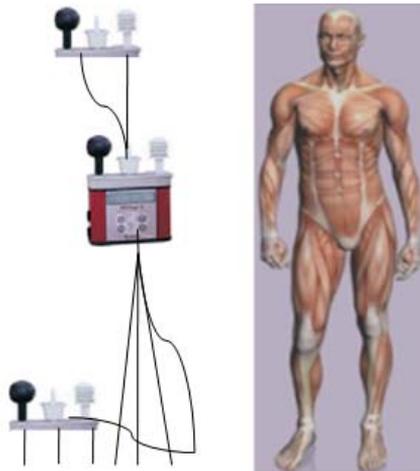
Las mediciones deben realizarse a 0.1 m, 1.1 m, y 1.7 m del suelo si la posición en el puesto de trabajo es de pie (Véase figura 7.4) y a 0.1 m, 0.6 m, y 1.1 m, si es sentado. Si el ambiente es homogéneo, basta con una medición a la altura del abdomen.

**En donde:**

Th= temperatura húmeda (°C)

Tg= temperatura de globo (°C)

Ta= temperatura seca del aire (°C)



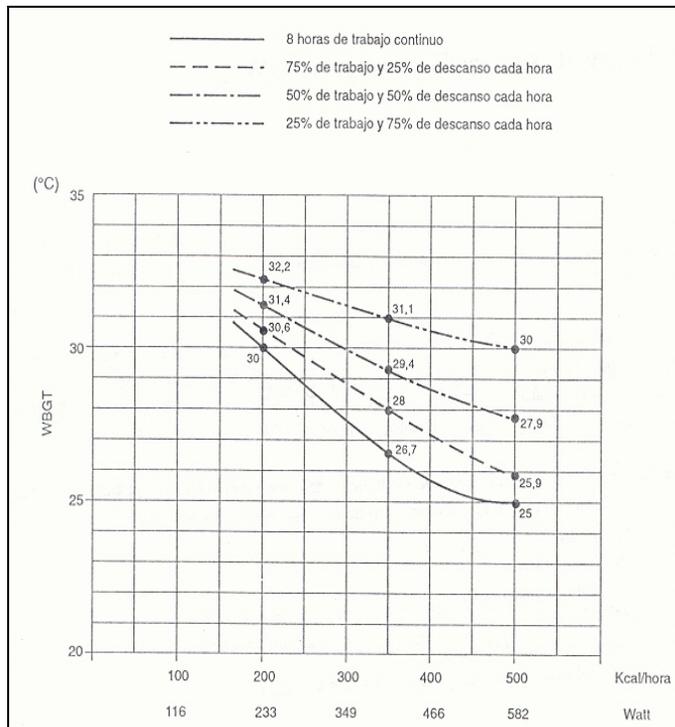
**Figura 7.4.** Monitor de estrés térmico digital ubicado a diferentes alturas  
**Fuente:** Creada para esta obra

Este índice así hallado, expresa las características del ambiente y no debe sobrepasar un cierto valor límite que depende del consumo metabólico que el individuo presenta durante el trabajo (Véase tabla 7.3 o gráfica 7.5)

**Tabla Límites del índice WBGT 7.3.**

Consumo Metabólico (Kcal/h)	WBGT Limite (en °C)			
	Persona aclimatada		Persona no aclimatada	
	V= 0	V ≠ 0	V= 0	V ≠ 0
≤ 100	33	33	32	32
100-200	30	30	29	29
200-310	28	28	26	26
310-400	25	26	22	23
> 400	23	25	28	20

**Fuente:** Adaptada de INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARIZATION. Hot Environments – Estimation of Heat Stress on Working man based on WBGT Index. ISO-1989 (7243).



**Gráfica 7.5** Límites del Índice WBGT y condiciones de estrés térmico

**Fuente:** Tomada de INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. Hot environments. Estimation of the heat stress on working man, based on the WBGT index (Wet bulb globe temperatures). ISO 1989 (7243).

### 3.- EQUIPOS Y MATERIALES

- Monitor de estrés térmico
- Cabina de estrés térmico
- Fuente generadora de calor
- Termo anemómetro
- Beaker de 1000 ml

## 4 METODOLOGÍA

### MEDICIÓN DE ESTRÉS TÉRMICO PARA AMBIENTES SECOS

Introducir en la cabina de estrés térmico una fuente generadora de calor durante un período de 15 minutos.

Tomar las temperaturas de globo, bulbo húmedo y bulbo seco con el monitor de estrés térmico al nivel de la cabeza, tronco y pies.

Medir la velocidad del aire utilizando el termo anemómetro

Registrar en la tabla 7.4 los valores respectivos.

**Tabla** Medición de valores de temperatura ambiente seco 7.4.

Variables e Índice	Segmentos corporales		
	Cabeza	Tronco	Pies
<b>Bulbo Húmedo</b>			
<b>Bulbo Seco</b>			
<b>Bulbo de globo</b>			
<b>WBGT</b>			

**Fuente:** Creada para la presente Obra.

### MEDICIÓN DE ESTRÉS TÉRMICO PARA AMBIENTES HÚMEDOS

Utilizando los equipos y elementos se repite la experiencia siguiendo el procedimiento anterior colocando en la fuente de calor un beaker con agua. Tomar las temperaturas de globo, bulbo húmedo y bulbo seco con el monitor de estrés térmico al nivel de la cabeza, tronco y pies.

Medir la velocidad del aire utilizando el termo anemómetro

Registrar en la tabla 7.5 los valores respectivos.

**Tabla** Valores de temperatura ambiente húmedo 7.5.

Variables e Índice	Segmentos corporales		
	Cabeza	Tronco	Pies
<b>Bulbo Húmedo</b>			
<b>Bulbo de globo</b>			
<b>WBGT</b>			

**Fuente:** Creada para la presente Obra.

## 5 RESULTADOS E INFORME

### 5.1. ÍNDICE DE TENSIÓN TÉRMICA AMBIENTE SECO

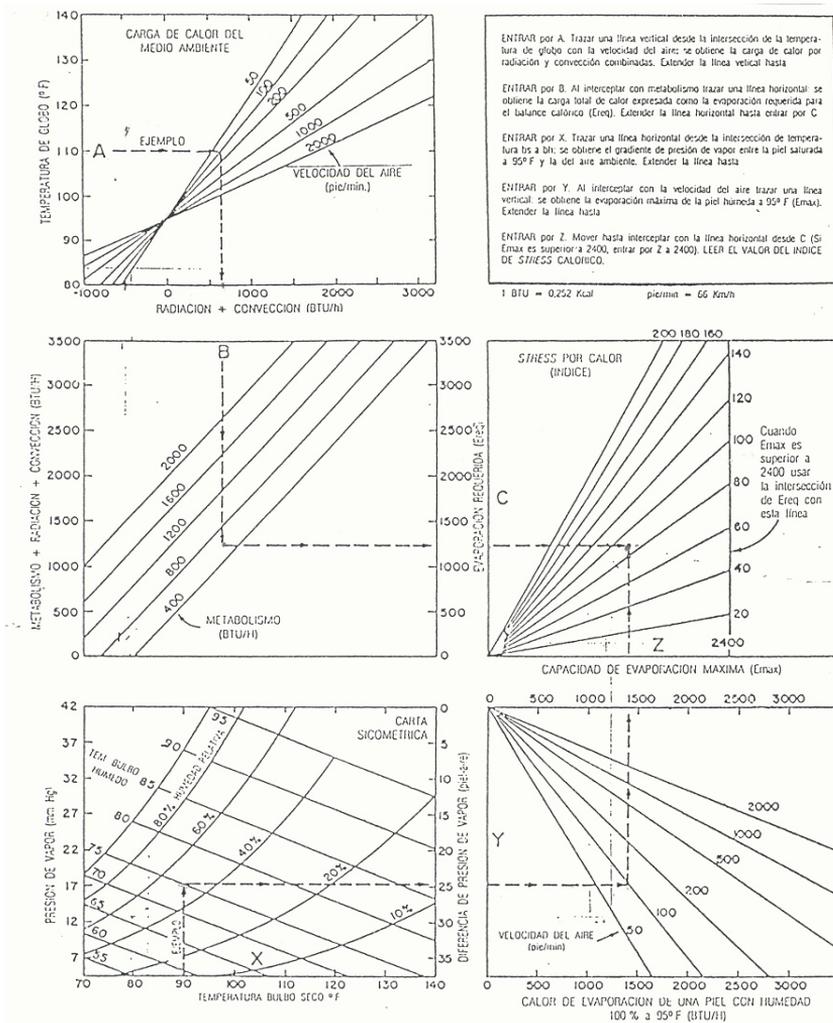
1. Determinar el consumo metabólico para la actividad de preparación de canal de colada. (Véase Tabla 7.6).
2. Calcular el índice de tensión térmica. (Véase gráfica 7.6).
3. Calcular el Índice de Temperatura efectiva.
4. Calcular el Índice de Temperatura efectiva corregida.

**Tabla** Algunos tipos de trabajos clasificados de acuerdo con el nivel de carga de trabajo. **7.6**

Nivel	Carga de Trabajo	Gasto energético
1	Descanso	100 Kcal/h (o menos).
2	<b>Ligero:</b> Sentado: trabajos manuales ligeros (escribir, mecanografiar, coser); trabajo con manos y brazos (pequeñas herramientas, inspección montaje de materiales ligeros); trabajo con brazos y piernas (conducir en condiciones normales, funcionar mandos de pie). De pie: (prensa taladradora, pequeñas piezas; fresadora, pequeñas piezas; devanado de pequeño inducido; fabricación con pequeñas herramientas eléctricas; paseos (hasta 3 kph).	101 - 200 Kcal/h
3	<b>Moderado:</b> trabajos con brazos y manos (clavar, archivar); trabajos con brazos y piernas (manejar furgonetas, tractores o equipos de construcción fuera de la carretera); trabajos con brazos y tronco (martillo de aire, montaje tractores, emplaste, manejo intermitente de materiales moderadamente pesados, desherbado, cava, escoger frutas o verduras); empujar o tirar de carros o carretillas ligeros, andar 3-5 kph.	201 - 300 Kcal/h
4	<b>Pesado:</b> trabajos pesados con el tronco y brazos; traslado de materiales pesados; paleado; martillar; aserrar; cincelar madera; cortar césped a mano; cavar; andar 6 kph; empujar o tirar de carros cargados; colocar cemento.	301 - 400 Kcal/h
5	<b>Muy pesado:</b> actividad pesado a paso rápido; trabajo con hacha; paleado pesado o cavado pesado; subir escaleras de mano; futing; correr, andar más de 6 kph; levantar pesos de más de 44 libras, 10 veces/minuto.	Más de 401 Kcal/h

(\* Para una determinación exacta del gasto energético del trabajador en la tarea mediante la medición del consumo de oxígeno del hombre, ver AIHA 1971, Ergonomic Guides J., 32: 560)

**Fuente:** Citado en el informe de Jerry D. Ramsey. Department of Industrial Engineering Texas Technical University Lubbock TX 79407. Publicado por: American Industrial Hygiene Association Journal. Año 1978.



**Gráfica 7.6** Índice de estrés térmico según BELDING Y HATCH  
**Fuente:** Tomado de Belding, H.S. and Hatch, T. F. Index for Evaluating Heat Stress in Terms of Resulting Physiological Strains. Heating, Piping, Air Cond., 1955, N° 8, 129-136. Madrid. 1950.

**5.2. ÍNDICE DE TENSIÓN TÉRMICA AMBIENTE HÚMEDO.**

Para los datos de ambiente húmedo, realice el mismo procedimiento del punto 5.1.

Haga finalmente la valoración del riesgo para las dos situaciones a partir de la información contenida en la tabla 7.7.

**Tabla Interpretación del índice según BELDING Y HATCH 7.7.**

Índice de «stress» calórico	Implicaciones fisiológicas e higiénicas de exposiciones de 8 h a varios «stresses» calóricos
-20	Esfuerzo leve por frío. Esta condición se observa frecuentemente en áreas donde las personas se recuperan de una exposición al calor.
-10	
0	No esfuerzo térmico.
+10	Esfuerzo leve a moderado por calor. Cuando el trabajo involucra funciones intelectuales, destreza o estado de alerta intensos, pueden esperarse disminuciones sutiles o sustanciales en el desempeño. En la realización de trabajo físico pesado, a menos que la capacidad de los individuos para cumplirlo bajo condiciones donde no existe stress térmico sea marginal, se espera una disminución muy baja.
20	
30	
40	Esfuerzo severo por calor, que involucra un riesgo para la salud a menos que se trate de individuos físicamente aptos. Para los que no están previamente aclimatados son necesarios períodos de descanso. Se espera algún decremento en el desempeño del trabajo físico. Es aconsejable una selección médica del personal porque estas condiciones no son aptas para los que padecen de problemas cardiovasculares, respiratorios o dermatitis crónica. Estas condiciones laborales son también inadecuadas para actividades que requieren un esfuerzo mental sostenido.
50	
60	
70	Esfuerzo muy severo por calor. Puede esperarse que sólo un pequeño porcentaje de la población esté calificado para este tipo de trabajo. El personal debe ser seleccionado a) por examen médico y b) por pruebas en el trabajo (luego de la aclimatación). Es necesario tomar medidas especiales para asegurar una ingestión adecuada de agua y sal. Es altamente aconsejable que se mejoren las condiciones laborales por cualquier medida que sea factible y puede esperarse una disminución en el peligro para la salud así como un aumento en la eficiencia del trabajo. «Indisposiciones» leves que en la mayoría de los trabajos serían insuficientes para afectar el desempeño, pueden dar lugar a trabajadores no aptos para esta exposición.
80	
90	
100	El máximo de esfuerzo tolerable por día para hombres jóvenes, aptos y aclimatados.

**Fuente:** Tomado de BELDING, H.S., HATCH, T. F. Index for Evaluating Heat Stress in Terms of Resulting Physiological Strains. Heating, Piping, Air Cond., 1955, N° 8, 129-136.

### 5.3. INDICE WBGT

1. Calcular el índice WBGT para el cuerpo, tronco y pies tanto para el ambiente seco y ambiente húmedo.
2. Calcular el índice WBGT ponderado para el ambiente seco y el ambiente húmedo.
3. Si el consumo metabólico para la persona es de 200 Kcal/ Hora, determine los niveles límites de exposición tanto para el ambiente seco como para el ambiente húmedo teniendo en cuenta la gráfica 7.3 o la tabla 7.3.
4. De acuerdo a los resultados concluya y de recomendaciones para este puesto de trabajo.

## 6 BIBLIOGRAFÍA

1. INDUSTRIAL HYGIENE, ENVIRONMENTAL, OCCUPATIONAL HEALTH. TLVs y BEIs. Threshold Limit Values for Chemical substances and Physical Agents. 2001.
2. BARTUAL SANCHEZ, J. y et al. (1994). Higiene industrial. Madrid: INSHT.
3. GUYTON, A.C. Manual de fisiología médica. Editorial Interamericana. México, 1971.
4. FINUCANE, Edward W. Definitions, Conversions and calculation for occupational safety and health professionals. Second Edition. ED Lewis publishers. USA 1998.
5. FUNDACIÓN MAPFRE. Manual de Higiene Industrial. ED Mapfre. Madrid, 1995.
6. LEHMAN, G. Fisiología práctica del trabajo. Editorial Aguilar. 1960.
7. INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO (1990). Condiciones de Trabajo y Salud (2ª Edición). Madrid: INSHT.
8. MCKARNS, J.S., BRIEF, R.S. Nomographs Give Refined Estimate of Heat Stress Index. Heating, Piping, Air Cond., 1966, N° 1.113-116.
9. HAINES, G.F., HATCH, T.F. Industrial Heat Exposures - Evaluation and Control. Heating and Ventilating, 1952, Vol. 49, N° 11, 93-104.
10. THE NATIONAL INSTITUTE FOR OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH (NIOSH). Hot Environments, Bases for a Recommended Standard. 1986.
11. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARIZATION. WBGT. Hot Environments – Estimation of Heat Stress on Working man based on WBGT Index. ISO, 1989. (ISO 7243).
12. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARIZATION. Confort. ISO, 1984. (ISO 7730).
13. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARIZATION. Hot Environments – Analytical Determination and Interpretation of Thermal Stress using calcul of Required Sweat Rate. . ISO, 1989. (ISO 7933).
14. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARIZATION. Calor metabólico. Ergonomics – Determination of Metabolic Heat Production. ISO, 1990 (ISO 8996).
15. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARIZATION. Tensión térmica. Evaluation of Thermal Strain by Physiological measurement. ISO, 1992. (ISO 9890)

16. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARIZATION. Ambientes térmicos moderados. Determinación de los índices PMV y PPD y especificaciones de las condiciones para el bienestar térmico. ISO, 1996. (ISO 7739).
17. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARIZATION. Evaluación de ambientes fríos. Determinación del aislamiento requerido para la vestimenta. ISO, 1998. (ISO 11079).
18. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARIZATION. Evaluation of thermal strain by physiological measurements. ISO, 1992. (ISO 9886).
19. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARIZATION. Ergonomics of the thermal environment - Estimation of the thermal insulation and evaporative resistance of a clothing ensemble. ISO, 1995. (ISO 9920).
20. NORMA TÉCNICA COLOMBIANA. Ergonomía del ambiente térmico. Instrumentos para medición de cantidades físicas. NTC 2005 (5381).

# LABORATORIO 8

MOVIMIENTO MANUAL, TRANSPORTE,  
EMPUJE Y TRACCIÓN DE CARGAS



## INTRODUCCION

Para el estudio de los esfuerzos que las personas pueden realizar y la evaluación por medio de la comparación con los límites tolerables, existen diversos métodos de evaluación, en la fase de concepción como en la aplicación de la ergonomía correctiva. En esta práctica la mejor solución para conocer si el movimiento manual, el empuje y la tracción de carga es o no excesiva se aplicará el método NIOSH y las tablas LIBERTY MUTUAL.

### 1. OBJETIVOS

- Registro y análisis de la información que se origina de la actividad de manipulación manual, empuje, movimiento y tracción de carga a partir de las posturas asumidas por el trabajador según posición inicial y final de la carga, la altura de los brazos sosteniendo y moviendo la carga, el nivel de agarre, los movimientos del tronco respecto a la posición de los tobillos y los pesos reales a manipular.
- Evaluar los riesgos por movimiento manual de carga mediante la aplicación del método NIOSH.
- Evaluar los riesgos por empuje, movimiento y tracción de cargas mediante la aplicación de las tablas LIBERTY MUTUAL.
- Aplicar el control de ingeniería en la generación de alternativas de control de riesgos disergonómicos para el desarrollo del trabajo, valorando el impacto en el mejoramiento de las condiciones de manipulación.

### 2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

Para llevar a cabo la práctica es importante que el estudiante tenga claro los siguientes conceptos:

- Fundamento del método NIOSH y los criterios empleados en su evaluación.
- Los componentes de la ecuación de NIOSH y sus significados.
- Las restricciones del método NIOSH.

El manejo y el levantamiento de cargas son las principales causas de lumbalgias.

Éstas pueden aparecer por sobreesfuerzo o como resultado de esfuerzos repetitivos. Otros factores como son el empujar o tirar de cargas, las posturas inadecuadas y forzadas o la vibración están directamente relacionadas con la aparición de este trauma.

La ecuación NIOSH para el levantamiento de cargas determina el límite de peso recomendado (LPR), a partir del cociente de siete factores, siendo el índice de riesgo asociado al levantamiento, el cociente entre el peso de la carga levantada y el límite de peso recomendado para esas condiciones concretas de levantamiento, carga levantada Índice de levantamiento

$$\text{Índice de levantamiento} = \frac{\text{carga levantada}}{\text{límite de peso recomendado}}$$

**NIOSH 1994**

$$LPR = LC \cdot HM \cdot VM \cdot DM \cdot AM \cdot FM \cdot CM$$

LC : constante de carga  
 HM : factor de distancia horizontal  
 VM : factor de altura  
 DM : factor de desplazamiento vertical  
 AM : factor de asimetría  
 FM : factor de frecuencia  
 CM : factor de agarre

Límite de peso recomendado (**LPR**) según condiciones reales de levantamiento.

**La constante de carga (LC, load constant)** es el peso máximo recomendado para un levantamiento desde la localización estándar y bajo condiciones óptimas; es decir, en posición sagital (sin giros de torso ni posturas asimétricas), haciendo un levantamiento ocasional, con un buen asimiento de la carga y separación de la carga y la columna hasta 25 cm. El valor de la constante quedó fijado en 23 kg. La elección del valor de esta constante obedece a criterios biomecánicos y fisiológicos. El levantamiento de una carga igual al valor de la constante de carga bajo condiciones ideales sería realizado por el 75% de la población femenina y por el 90% de la masculina, de manera que la fuerza de compresión en el disco L5/S1, producto del levantamiento, no superara los 3,4 kN.

La ecuación emplea 6 coeficientes que pueden variar entre 0 y 1, según las condiciones en las que se dé el levantamiento. El carácter multiplicativo de la ecuación hace que el valor límite de peso recomendado vaya disminuyendo a medida que nos alejamos de las condiciones óptimas de levantamiento.

**Factor de distancia horizontal, HM (horizontal multiplier)**

Estudios biomecánicos y psicofísicos indican que la fuerza de compresión en el disco aumenta con la distancia entre la carga y la columna. El estrés por compresión (axial) que aparece en la zona lumbar está, por tanto, directamente relacionado con dicha distancia horizontal (H en cm) que se define como la distancia horizontal entre la proyección sobre el suelo del punto medio entre los agarres de la carga y la proyección del punto medio entre los tobillos.

**Factor de altura, VM (vertical multiplier)**

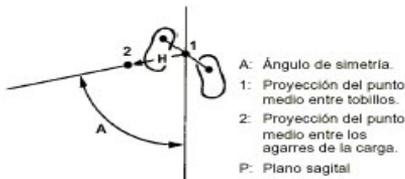
Penaliza los levantamientos en los que las cargas deben cogerse desde una posición baja o demasiado elevada.

**Factor de desplazamiento vertical, DM (distance multiplier)**

Se refiere a la diferencia entre la altura inicial y final de la carga. El comité definió un 15% de disminución en la carga cuando el desplazamiento se realice desde el suelo hasta más allá de la altura de los hombros.

### Factor de asimetría, AM (asymetric multiplier)

Se considera un movimiento asimétrico aquel que empieza o termina fuera del plano medio-sagital, como muestra la figura 2.1 Este movimiento deberá evitarse siempre que sea posible. El ángulo de giro (A) deberá medirse en el origen del movimiento y si la tarea requiere un control significativo de la carga (es decir, si el trabajador debe colocar la carga de una forma determinada en su punto de destino), también deberá medirse el ángulo de giro al final del movimiento.



**Figura 2.1.** Representación gráfica del ángulo de asimetría del levantamiento

**Fuente:** Creada para la presente Obra

### Factor de frecuencia, FM (frequency multiplier)

Este factor queda definido por el número de levantamientos por minuto, por la duración de la tarea de levantamiento y por la altura de los mismos.

### Factor de agarre, CM (coupling multiplier)

Se obtiene según la facilidad del agarre y la altura vertical del manejo de la carga. Estudios psicofísicos demostraron que la capacidad de levantamiento se veía disminuida por un mal agarre en la carga y esto implicaba la reducción del peso entre un 7% y un 11%.

### TABLAS LIBERTY MUTUAL

Estas tablas incluyen un conjunto de tablas con los pesos máximos aceptables para diferentes acciones como el levantamiento, el descenso, el empuje, el arrastre y el transporte de cargas, diferenciados por géneros.

El peso máximo aceptable corresponde al mayor peso que una persona puede levantar a una frecuencia dada y durante determinado tiempo, sin llegar a estresarse o cansarse excesivamente. Los pesos máximos aceptables son determinados para cinco percentiles (10, 25, 50, 75, 90) que indican los pesos

máximos permitidos para que la acción sea segura para estos percentiles de la población femenina y masculina.

El objetivo de las tablas es proporcionar directrices para la evaluación y el diseño de tareas sensibles a las limitaciones y capacidades de los trabajadores, y de este modo, contribuir a la reducción de las lesiones de tipo lumbar.

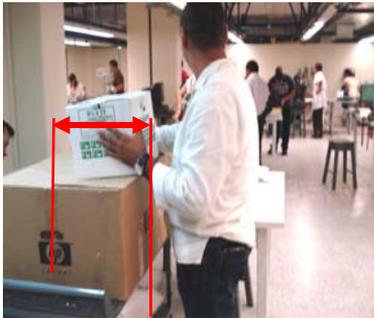
### 3.- EQUIPOS Y MATERIALES:

- Carga a manipular: canastas, cajas o sacos con diferentes pesos 15; 20 y 25 kilogramos.
- Carreta para la tracción y empuje de cargas.
- Mesas (2)
- Cronómetro
- Flexómetro
- Formato NIOSH y tablas LIBERTY MUTUAL
- Instalaciones.
- Un computador con acceso a Internet. (Software: e-NIOSH, empuje y tracción de cargas))

### 4.- METODOLOGÍA

A partir de las responsabilidades asignadas a los estudiantes en la práctica y por equipo, una persona registra la información de las características y condiciones en que se realiza el movimiento manual de carga, definiendo lo siguiente:

- 4.1. Distancia entre el punto medio entre los agarres de la carga y la proyección del punto medio entre los tobillos en la posición de origen y destino del ciclo.



**Figura 4.1.** Representación gráfica de la distancia entre el centro de gravedad de la carga y la vertical por la columna vertebral de la persona

**Fuente:** Elaboración propia para esta obra

- 4.2. Distancia entre el suelo y el centro de gravedad de la carga en reposo (antes de ser levantada y al ser dispuesta en el sitio final) en la posición de origen y destino del ciclo respectivamente.



**Figura 4.2.** Representación gráfica de la distancia entre el suelo y el centro de gravedad de la carga en reposo inicio y final.

**Fuente:** Elaboración propia para esta obra

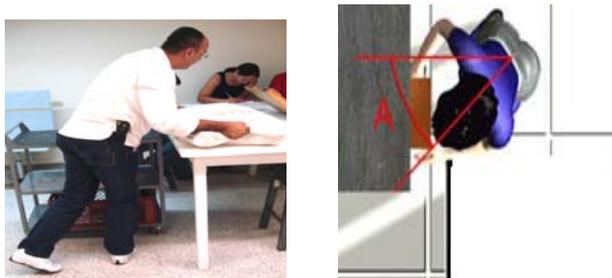
- 4.3. Desplazamiento vertical. Se refiere a la diferencia entre la altura inicial y final de la carga a la altura del transporte para la posición origen y destino.



**Figura 4.3.** Representación gráfica de la diferencia entre la altura inicial y final de la carga a la altura del transporte.

**Fuente:** Elaboración propia para esta obra

- 4.4. Ángulo en grados entre el plano sagital de la persona y el centro de gravedad de la carga para la posición de origen y destino.



**Figura 4.4.** Representación gráfica en grados entre el plano sagital de la persona y el centro de gravedad de la carga.

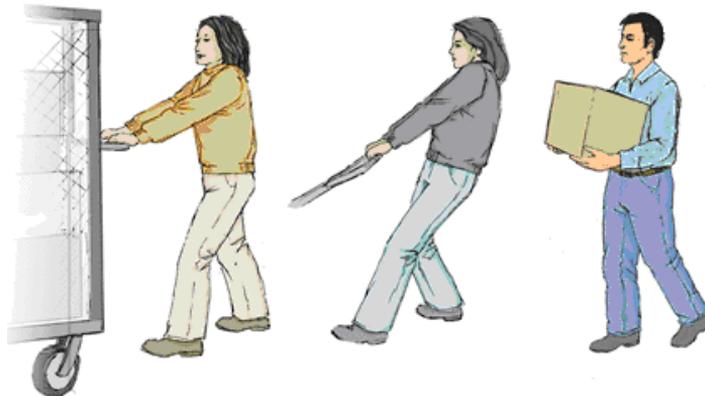
**Fuente:** Elaboración propia para esta obra

- 4.5. Número de veces que se repite la elevación de la carga por minuto.
- 4.6. Tipo de acoplamiento: (bueno, regular o malo).
- 4.7. Peso en Kg de la carga.

#### **Empuje- tracción y transporte de cargas**

A los efectos de desarrollar la segunda parte del laboratorio los estudiantes pasan la carga a una carreta la cual será conducida desde la entrada de los salones de diseño hasta el lugar indicado en el laboratorio, así mismo esa carga será también transportada desde el sitio anterior hasta el punto indicado en laboratorio, definiendo lo siguiente:

- Distancia recorrida.
- Peso de la carga.
- Tiempo de cada unidad transportada.
- Altura de agarre desde el suelo hasta el lugar del asimiento de las agarraderas.
- Percentil de población abarcada.



**Figura 4.5.** Representación gráfica del alcance del análisis y valoración de riesgos a través de las Tablas LIBERTY MUTUAL

**Fuente:** <http://ergonomics.healthandsafetycentre.org/calculator/ergo/ppcc/push/maleAdvanced.htm>

Para la evaluación de la información recogida se tomarán como referentes las tablas de texto: *Ergonomía y lumbalgias ocupacionales*. Prado León Lilia Roselia y posteriormente se trabajará online en el sitio:

<http://ergonomics.healthandsafetycentre.org/calculator/ergo/ppcc/push/maleAdvanced.htm>

Se valorará el riesgo y se dictarán las medidas de control de ingeniería más apropiada para cada caso.

## **5. RESULTADOS E INFORMES**

El informe de la práctica del laboratorio se elaborará acorde al esquema mínimo de presentación del informe.

Obtenida la puntuación final se analizará y comentará el resultado, especificando si la manipulación manual, el transporte, empuje y tracción de cargas acarrea riesgos para la salud, las causas de estos riesgos y las alternativas de control de ingeniería, realizando un informe completo, el cual deberá incluir:

- Descripción de las posturas seleccionadas.
- Imágenes de las mismas donde se aprecien las mediciones realizadas.
- Valores obtenidos con la aplicación del método NIOSH, identificación y valoración de riesgos.
- Valores obtenidos en las tablas LIBERTY MUTUAL, identificación y valoración de riesgos online.
- Resultado final.
- Valoración del proceso analizado.
- Alternativas de control de ingeniería.
- Nueva evaluación del puesto de trabajo una vez realizadas las modificaciones.

**Tabla 5.1.** Multiplicador HM

HM =25/H	
H(cm)	HM
< 25	1,00
28	0,89
30	0,83
32	0,78
34	0,74
36	0,69
38	0,66
40	0,63
42	0,60
44	0,57
46	0,54
48	0,52
50	0,50
52	0,48
54	0,46
56	0,45
58	0,43
60	0,42
63	0,40
>63	0,00

**Tabla 5.2.** Multiplicador VM

VM =1-0,003 [V-75]	
V(cm)	VM
0	0,78
10	0,81
20	0,84
30	0,87
40	0,90
50	0,93
60	0,96
70	0,99
80	0,99
90	0,96
100	0,93
110	0,90
120	0,87
130	0,84
140	0,81
150	0,78
160	0,75
170	0,72
175	0,70
>175	0,00

**Tabla 5.3.** Multiplicador desplazamiento

DM =0,82 + 4,5 /D	
D(cm)	DM
<25	1,00
40	0,93
55	0,90
70	0,88
85	0,87
100	0,87
115	0,86
130	0,85
145	0,85
160	0,85
175	0,85
>175	0,00

**Tabla 5.4.** Multiplicador de asimetría

AM =1 - 0,0032 A	
A (°)	AM
0	1,00
15	0,95
30	0,90
45	0,86
60	0,81
75	0,76
90	0,71
120	0,62
135	0,57
>135	0,00

**Tabla 5.6.** Multiplicador de Acoplamiento (CM)

Tipo de Acoplamiento	CM	
	V < 75 cm	V > 75 cm
BUENO	1,00	1,00
REGULAR	0,95	1,00
MALO	0,90	0,90

**Fuente:** Adaptada de Applications Manual for the revised NIOSH Lifting Equation. Thomas R. Waters, Vern Putz- Anderson, Arun Garg. U. S. Department of Health and Human Services. Cincinnati, Ohio. January 1994.

**Tabla 5.5.** Multiplicador de Frecuencia (FM)

Frecuencia Lev. / min	t < 1 h		1 h < t < 2 h		2h < t < 8 h	
	V < 75 cm	V > 75	V < 75	V > 75	V < 75	V > 75
>0,2	1	1	0,95	0,95	0,85	0,85
0,5	0,97	0,97	0,92	0,92	0,81	0,81
1	0,94	0,94	0,88	0,88	0,75	0,75
2	0,91	0,91	0,84	0,84	0,65	0,65
3	0,88	0,88	0,79	0,79	0,55	0,55
4	0,84	0,84	0,72	0,72	0,45	0,45
5	0,8	0,8	0,6	0,6	0,35	0,35
6	0,75	0,75	0,5	0,5	0,27	0,27
7	0,7	0,7	0,42	0,42	0,22	0,22
8	0,6	0,6	0,35	0,35	0,18	0,18
9	0,52	0,52	0,3	0,3	0	0,15
10	0,45	0,45	0,26	0,26	0	0,13
11	0,41	0,41	0,23	0,23	0	0
12	0,37	0,37	0,21	0,21	0	0
13	0	0,34	0	0	0	0
14	0	0,31	0	0	0	0
15	0	0,28	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0

Fuente: Adaptada de Applications Manual for the revised NIOSH Lifting Equation. Thomas R. Waters, Vern Putz- Anderson, Arun Garg. U. S. Department of Health and Human Services. Cincinnati, Ohio. January 1994.

## 6.- BIBLIOGRAFIA

1. Ayoub M. Control of Manual Lifting Hazards: III. Preemployment Screening. *Journal of Occupational Medicine*, 1982. 10 (24): 751- 761.
2. Chavarria R. La carga física de trabajo: definición y evaluación. *Notas Técnicas de Prevención INSHT*, 1991. NTP 295: 1-6.
3. Chirivella C, García C, Page A. Evaluación de riesgos laborales asociados a la carga física. *Prevención*, 1997. 141: 9-21.
4. Chiner Dasi, Mercedes. Diego Mas, J. Antonio. Alcaide Marzal, Jorge. Laboratorio de Ergonomía. Universidad Politécnica de Valencia. Alfaomega. 2004.
5. Díaz C, Ipas M. Método de evaluación de carga física en puestos de trabajo. *Mapfre Seguridad*, 1996. 62: 15-19.
6. Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relativos a la manipulación manual de cargas. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. 1997: 1-108.
7. *Work practices guide for handling manual lifting*, NIOSH (1987).
8. NIOSH 1994. Waters, T.R., Putz-Anderson, V. Applications Manual for the revised NIOSH lifting equation. Publication No. 94-110. US. Department of Health and Human Services, National Institute for Occupational Safety and Health, Cincinnati, OH.
9. Waters, T.R., Puzt-Anderson, V., Garg, A. and Fine, L.J. 1993. Revised NIOSH equation for the design and evaluation of manual lifting tasks, *Ergonomics* 36, (7) 749-776.
10. ISO: ISO/CD 11228: Ergonomics - Manual handling - Part 1: Lifting and carrying.
11. Ciriello, V. M. Snook S. H. 1983. A study of size distance height, and frequency effects on manual handling tasks *Human factors* 25 5. pp. 473-483.
12. S. H. Snook and V. M. Ciriello. The design of manual handling tasks: revised tables of maximum acceptable weights and forces. *Ergonomics* 34(9):1197-1213, 1991
13. Prado León Lilia Roselia. *Ergonomía y lumbalgias ocupacionales*. Universidad de Guadalajara. Centro Universitario de Arte, arquitectura y diseño. Editora CUAAD. Primera Edición, 2001: pg. 189.
14. <http://ergonomics.healthandsafetycentre.org/calculator/ergo/ppcc/push/maleAdvanced.htm>

# LABORATORIO 9

CARGA POSTURAL Y MOVIMIENTOS  
REPETITIVOS



## INTRODUCCIÓN

La población trabajadora está ampliamente expuesta a la carga física, siendo las posturas inadecuadas adoptadas en el trabajo uno de los principales factores de riesgo; una gran mayoría de trabajadores manifiesta, de forma creciente en los últimos años, sentir alguna molestia músculo esquelética que achaca a las posturas y esfuerzos derivados de su trabajo. Para el análisis de la carga postural son varios los métodos que se pueden utilizar, aunque no todos son aplicables a todas las situaciones, ni aportan los mismos resultados. La decisión principal en el estudio de las alteraciones músculo esqueléticas derivadas de las posturas de trabajo, es la selección de los métodos más apropiados para medir los factores de interés. Además de la adecuación del método, la elección también depende de que sea factible su aplicación, del costo y de los recursos económicos y humanos de que se disponga.

En numerosas ocasiones, durante la ejecución de la actividad ocupacional el trabajador realiza sobreesfuerzos, mantiene posturas inadecuadas por tiempo prolongado y/o lleva a cabo movimientos repetitivos que asociados a otros factores de origen laboral pueden generar alteraciones musculoesqueléticas<sup>1</sup>

### 1. OBJETIVO:

- Evaluar el riesgo de sobrecarga postural mediante la aplicación informática del REBA.
- Evaluar el riesgo de sobrecarga física por movimientos repetitivos mediante la aplicación del método (lista de chequeo) OCRA.
- Desarrollar una experiencia práctica de su aplicación, apoyándose en el uso de la informática para un despliegue rápido del método.

### 2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

Dada la necesidad de establecer la asociación entre la adopción de posturas inadecuadas y el riesgo de lesiones músculo esqueléticas a fin de implementar las medidas preventivas se plantea la aplicación del método Rapid Entire Body Assessment (REBA). Hignett, *et al.* 2000, debido a que es un método que garantiza una buena aproximación de los grados de riesgo, variación en la fisiología individual, historia de la lesión, métodos de trabajo y otros factores que pueden influir para que una persona adopte

Posturas incorrectas en el puesto de trabajo incrementando la probabilidad de padecer alteraciones músculo esqueléticas.

El método REBA surge en el año 2000 como una forma nueva de evaluación ergonómica basado en valoración postural de cuerpo entero el cual simplifica el mencionado proceso y es de gran utilidad para la evaluación de posturas y riesgos músculos esqueléticos relacionados en los puestos de trabajo con independencia de los procesos operacionales donde se exige una participación activa de los trabajadores en las diferentes áreas productivas.

<sup>1</sup> Bravo, P. & Chicharro, E. Problemas Posturales músculo esquelético en el trabajo La salud en el trabajo. Tomo I (30). 249-264 (1988)

Debido a que la adopción de posturas inadecuadas en el puesto de trabajo conlleva a desórdenes músculo esqueléticos, como resultado de la exposición a estrés físico en alguna parte del cuerpo durante periodos prolongados, ocasionando principalmente deformidades posturales, por utilización incorrecta de la distribución del peso, de la fuerza de gravedad y de las presiones a ejecutar y siendo conocido que las acciones del ambiente de trabajo para minimizar el riesgo ocupacional deben ser preventivas, resulta fundamental que los programas de salud laboral estén centrados en la identificación de los factores de riesgos para su respectivo control. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo. 2003

La lista de chequeo OCRA para la evaluación rápida del riesgo asociado a movimientos repetitivos de los miembros superiores fue propuesto por los autores Colombini D., Occhipinti E., Grieco A., en el libro *"Risk Assessment and Management of Repetitive Movements and exertions of upper limbs"* (Evaluación y gestión del riesgo por movimientos y esfuerzos repetitivos) bajo el título *"A check-list model for the quick evaluation of risk exposure (OCRA index)"* publicado en el año 2000.

El modelo o procedimiento para la lista de chequeo OCRA es el resultado de la simplificación del método OCRA *"Occupational Repetitive Action"*. El método OCRA fue presentado, por los mismos autores, en la revista especializada *"Ergonomics"* con el título *"OCRA: a concise index for the assessment of exposure to repetitive movements of the upper limbs"* en el año 1998.

### **3. EQUIPOS Y MATERIALES**

- Mesa
- Cronómetro
- Flexómetro
- Goniómetro.
- Instalaciones.
- Cámara de video
- Un computador con acceso a Internet. (Software: REBA, y hoja de cálculo OCRA).
- Formatos con los ítems informativos de ambos métodos.
- Cajas y libros.

### **4. METODOLOGÍA**

El trabajo se realizará por grupos, cada grupo elaborará un análisis postural y de carga física por movimientos repetitivos del puesto elegido mediante la aplicación de los métodos REBA y OCRA respectivamente. Los pasos a seguir serán los siguientes:

#### **4.1. Identificación de un periodo de trabajo representativo.**

Es necesario realizar una observación previa del puesto, de las actividades que en este se realizan durante la jornada laboral.

Hay que tener en cuenta varios ciclos de trabajo efectivo que contemplen tanto las actividades cíclicas que se repiten en el tiempo, así como las actividades específicas que interconectan las mismas.

#### **4.2. Descomposición del trabajo en operaciones elementales**

Se descompone la actividad observada en operaciones y estas a su vez en elementos, definiendo el orden o secuencia cronológica a lo largo del ciclo de trabajo.

#### **4.3. Registro por videos**

Ubicar la cámara en el o los campos visuales que permitan observar la integridad del movimiento realizado por la zona o las zonas donde mejor se pueda evidenciar el movimiento o ángulos de desplazamiento de las extremidades superiores. Se recomienda a este efecto hace tomas laterales, frontales y cuando sea posible superiores. Se filmará las posturas adoptadas por el trabajador durante el desarrollo de las operaciones, escogiendo aquellas que se consideren desfavorables.

Una vez seleccionadas las posturas, se obtendrán los ángulos y medidas necesarios para la aplicación del método.

- Midiendo directamente sobre el estudiante que realiza la actividad objeto de estudio.
- Obteniendo imágenes de las posturas y realizando las mediciones pertinentes.
- Se deben obtener imágenes de los planos cenital, frontal y sagital del estudiante.
- Es necesario insistir en que todos los ángulos medidos deben corresponder a una sola postura.

#### **4.4. Las actividades a estudiar son las que se realizan en el puesto de:**

Envase de libros en cajas manteniendo postura bipedestal. Trabajo a la altura de los codos, con un ritmo de 30 movimientos por minuto, ciclo de 2 segundos.

#### **4.5. Aplicación de los métodos y lista de chequeos**

Una vez obtenidos los datos necesarios se procederá a la aplicación de los métodos, inicialmente de forma manual, mediante tablas asociadas al REBA y lista de chequeo OCRA obteniendo la puntuación final. Posteriormente para el primero se hará uso de un programa informático DEMO Universidad Politécnica de Valencia y la lista de chequeo Universidad Politécnica de Catalunya para estudios de movimientos repetitivos.

#### **4.6. Análisis y comentarios de los resultados**

Obtenida la puntuación final se analizará y comentará el resultado especificando si la postura acarrea riesgos disergonómicos, las posibles causas y sus soluciones, realizando un informe completo. Este informe incluirá al menos:

- Descripción de la postura seleccionada.
- Imágenes de la misma donde se aprecien los ángulos medidos.
- Datos introducidos para la aplicación del método REBA y la lista de chequeo OCRA.
- Valores obtenidos en las tablas.
- Resultado final.
- Valoración de las posturas y movimientos analizados.
- Posibles mejoras.
- Nueva evaluación del puesto de trabajo con el método REBA y la lista de chequeo OCRA una vez realizada las modificaciones.

## **5. RESULTADOS E INFORMES**

El informe de la práctica del laboratorio se elaborará acorde al esquema mínimo de presentación del informe. Obtenida la puntuación final se analizará y comentará el resultado, especificando si la carga postural sobre los segmentos y grupos osteomusculares y los movimientos repetitivos causan daños a la salud, cuales son las causas asociados a estos riesgos y las alternativas de control de ingeniería, realizando un informe completo, el cual deberá incluir:

- Descripción de las tareas y operaciones estudiadas. Exigencias psicofisiológicas al trabajador.
- Descripción de las posturas estudiadas.
- Imágenes de las mismas donde se aprecien las mediciones realizadas.
- Datos introducidos para la aplicación de los métodos REBA y la lista de chequeo OCRA.
- Valores obtenidos en la aplicación de los métodos REBA y la lista de chequeo OCRA.
- Identificación y valoración de riesgos.
- Resultado final.
- Valoración final del proceso analizado.
- Alternativas de control de ingeniería.
- Nueva evaluación del puesto de trabajo una vez realizadas las modificaciones.

## 6. BIBLIOGRAFIA

1. Colombini D., Occhipinti E., Grieco A. *"Risk Assessment and Management of Repetitive Movements and exertions of upper limbs"*. 2002 Elsevier. pp. 111-117.
2. Colombini D., Occhipinti E., Grieco A. *Evaluación y gestión del riesgo por movimientos repetitivos de las extremidades superiores*. Cap. 13. Colección cátedra mutual CYPLOPS UPC.
3. Colombini D., Occhipinti E. *"Assessment of exposure to repetitive movements upper limbs movement: an IEA consensus document"*. Newsletter of the European trade Union Technical Bureau for Health and Safety, No. 11-12, 22-26, junio 1999.
4. Griego. *Application of the concise exposure index (OCRA) to task involving repetitive movements of the upper limbs in a variety of manufacturing industries: preliminary validations*. Ergonomics 1998, 41 (9). 1347 -1356.
5. HIGNETT, S and McATAMNEY, L. *Rapid Entire Body Assessment: REBA*. Applied Ergonomics, 31, 201-5, 2000
6. NTP 629: *Movimientos repetitivos: métodos de evaluación Método OCRA: actualización*. INSHT. ([www.mtas.es/insht/ntp/ntp\\_629.htm](http://www.mtas.es/insht/ntp/ntp_629.htm)).
7. CORLETT, E N.; WILSON, J.; MANENICA, I. *The ergonomics of working postures*. Taylor & Francis. London, 1986.
8. CORLETT, E N.; MADELEY, S J.; MANENICA, I. *Posture Targetting: a technique for recording working postures*. Ergonomics, 1979, vol. 22, nº 3, pp. 357-366.
9. McATEMNEY, L. and CORLETT, E N. *RULA: A survey method for the investigation of workrelated upper limb disorders*. Applied Ergonomics, 1993, vol. 24, nº 2, pp. 91-99.
10. NTP 601: *Evaluación de las condiciones de trabajo: carga postural. Método REBA. (Rapid entire Body Assessment)* Hignett y McAtamney. Nottingham. 2000.  
[http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/601a700/ntp\\_601.pdf](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/601a700/ntp_601.pdf)