

Evaluación de posturas de trabajo estáticas: el método de la posición de la mano

*Evaluation of static working postures
L'évaluation des postures de travail statiques*

Redactor:

Alfredo Álvarez Valdivia
Ingeniero industrial

CENTRO NACIONAL DE
CONDICIONES DE TRABAJO

En esta NTP se presentan los métodos de evaluación de posturas de trabajo estáticas más relevantes y se detalla el método de evaluación de la postura de la mano, dejando la explicación del resto de métodos para futuras notas técnicas.

Las NTP son guías de buenas prácticas. Sus indicaciones no son obligatorias salvo que estén recogidas en una disposición normativa vigente. A efectos de valorar la pertinencia de las recomendaciones contenidas en una NTP concreta es conveniente tener en cuenta su fecha de edición.

1. INTRODUCCIÓN

Existen situaciones de trabajo en las que una determinada postura debe mantenerse durante largos períodos de tiempo. Algunos ejemplos pueden ser el trabajo de operador de máquina, algunos trabajos en cadenas de montaje, trabajo con pantallas de visualización, etc.

La norma ISO 11226:2000 en el apartado 2.12 define postura de trabajo estático como aquella postura que se mantiene durante más de 4 segundos, en la que se pueden dar ligeras variaciones alrededor de un mismo nivel de fuerza generado por los músculos y otras estructuras corporales.

Al mantener una postura estática (contracción muscular isométrica), se dificulta el aporte sanguíneo al músculo y se dificulta la eliminación de los residuos generados.

Una postura inadecuada, una carga pesada y un excesivo tiempo durante el cual se mantiene la postura puede causar fatiga y trastornos músculo-esqueléticos. Con el fin de reducir la carga de trabajo estática, se debe actuar sobre alguno de los siguientes factores (Douwes et al. 1999):

- La mejora de la postura de trabajo, optimizando tanto el equipo como el espacio de trabajo.
- La disminución de la fuerza externa aplicada. Tanto la fuerza como la postura se pueden controlar a través de variables tales como la altura del plano de trabajo, los alcances y la fuerza requerida para operar un determinado dispositivo.
- La reducción del tiempo durante el cual se mantiene la postura así como la aplicación de pausas de descanso suficientes y adecuadamente distribuidas.

Existen distintos métodos para la evaluación de posturas estáticas. De entre ellos, los más relevantes son:

- Método de evaluación de la posición de la mano. Este método recomienda unos tiempos máximos que no deben superarse para mantener una determinada postura estando de pie. La clasificación de la postura se hace en función de la posición de la mano.
- Modelo WR. A diferencia del método anterior, el modelo WR pretende establecer recomendaciones en relación al descanso necesario para la recuperación de los músculos.

- ISO 11226:2000. Esta norma recoge algunas recomendaciones genéricas que tienen su origen en los dos métodos anteriores y las aplica a distintas partes del cuerpo: cuello, espalda, brazo, muñeca y pierna.

Definición de conceptos

Existen una serie de conceptos, comunes a los tres métodos mencionados, que es preciso definir y comprender antes de entrar en la explicación de cada uno de ellos.

Tiempo máximo sostenido

Una postura puede mantenerse durante un período limitado de tiempo. El tiempo máximo sostenido (MHT, del inglés *maximum holding time*) es aquel tiempo durante el cual una postura puede ser mantenida (independientemente de si se está ejerciendo o no una fuerza externa), de forma continua y partiendo de una situación de descanso adecuado, hasta que se alcanza la situación de máxima molestia o malestar.

Teniendo en cuenta que el esfuerzo muscular es la fuerza o momento de fuerza que se necesita para mantener una postura dada, es plausible pensar que pueden darse infinitas combinaciones de posturas y esfuerzo muscular y, por este motivo, los datos existentes relativos al MHT son limitados. Es por tanto que, en las ocasiones en que sea necesario estimar la relación entre MHT y el esfuerzo muscular, se puede utilizar la siguiente expresión obtenida a través de los estudios de Rohmert, Björkstén y Jonson y Sjøgaard (Douwes et al. 1999).

$$\ln(\text{MHT}) = 8.65 - 2.14 \cdot \ln(\% \text{MVC})$$

Es decir, tal y como se muestra en la figura 1, existe una relación logarítmica entre MHT y el esfuerzo muscular expresado como porcentaje de la fuerza máxima que puede ser ejercida estando en la misma postura (MVC, del inglés *maximum voluntary contraction*). A medida que aumenta el esfuerzo muscular para adoptar una determinada postura, disminuye el tiempo durante el cual puede mantenerse dicha postura.

Otro concepto relacionado con el MHT es la capacidad de resistencia restante (REC, del inglés *remaining endurance capacity*). La REC es aquel tiempo durante el cual una postura puede ser mantenida después de un

período de esfuerzo muscular (figura 2). De forma informal puede pensarse como el tiempo complementario para alcanzar el 100% del MHT. Habitualmente se expresa como porcentaje del MHT.

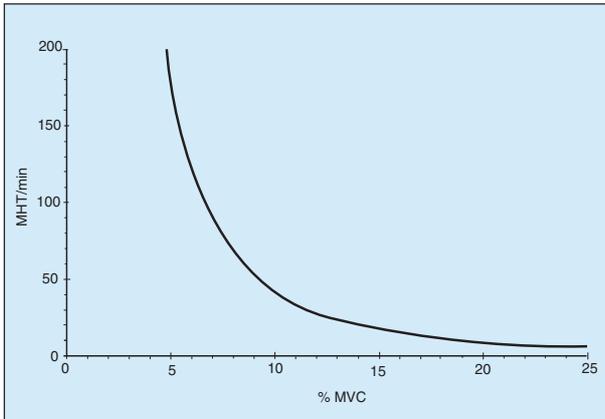


Figura 1. Tiempo máximo sostenido (MHT) en función del % MVC

En la figura 2 se muestra, de forma gráfica, el significado de la REC. Sea una postura que tiene un MHT de t_2 . Si la postura se mantiene hasta t_1 tal que $t_1 < t_2$ entonces la REC es la capacidad restante que corresponde al intervalo que va de t_1 a t_2 .

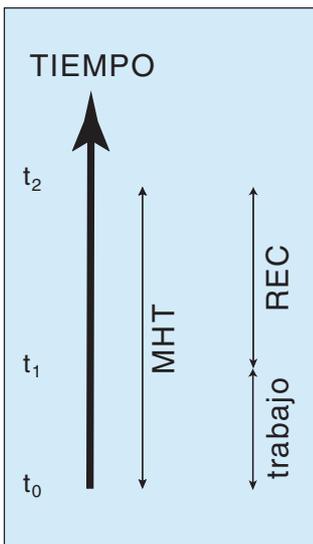


Figura 2. Relación entre MHT y REC

Por otro lado, existe una relación lineal entre el malestar medido mediante una escala de Borg (1998) y el tiempo medido como porcentaje del MHT (tabla 1).

Es decir, si se da un nivel 4 de malestar después de mantener una determinada postura durante 9 minutos, entonces dicho tiempo corresponde al 40% del MHT y, por lo tanto, el MHT es de 22.5 minutos. Además, en dicho instante, la capacidad restante es del 60% del MHT, pero si se realiza una pausa, entonces la REC aumentará tanto más cuanto más larga sea la pausa.

La elección de un nivel de molestia límite depende tanto de factores y criterios científicos como del acuerdo entre las partes interesadas. Algunos estudios proponen una división arbitraria de la escala de Borg en tres categorías, de forma que la puntuación media de un grupo de trabajadores se considera aceptable cuando toma valores comprendidos entre 1 y 3. En cambio, otros estudios muestran que cuando se permite al trabajador determinar la duración de una postura estática, en promedio dicha duración corresponde al 20% del MHT.

En esta NTP se tomará como referencia este último criterio: el tiempo máximo sostenido recomendado (MHTr) de una postura estática no deberá exceder del 20% del MHT de dicha postura, ya que se estima que cuando el nivel de molestia es de 2 (malestar ligero), según la escala de Borg, al menos el 50% de la población tendrá un nivel inferior a 2 y el 95% de la población tendrá un nivel inferior a 5 (fuerte malestar). En la práctica el

Tiempo (%MHT)	Capacidad de resistencia restante (%MHTr)	Malestar, molestia (escala de Borg)	
0 %	100 %	0	Inapreciable
10 %	90 %	1	Ligeramente perceptible
20 %	80 %	2	Ligero
30 %	70 %	3	Moderado
40 %	60 %	4	
50 %	50 %	5	Fuerte
60 %	40 %	6	
70 %	30 %	7	Muy fuerte
80 %	20 %	8	
90 %	10 %	9	
100 %	0 %	10	Extremadamente fuerte

Tabla 1. Relación entre el porcentaje de MHT y el malestar

MHTr, según este criterio, se calcula mediante la siguiente expresión:

$$\text{MHTr} = \frac{\text{MHT}}{5}$$

2. MÉTODO DE EVALUACIÓN DE LA POSICIÓN DE LA MANO

Este modelo realiza una clasificación de la postura en función de la posición de la mano (Miedma 1997). Según dicha clasificación, establece un valor máximo de MHTr. El método parte de la información recogida sobre el MHT obtenido a través de 7 estudios. En ellos, se dieron un total de 19 posturas diferentes, estando definidas, cada una de ellas, por dos parámetros:

- Altura del hombro (SH del inglés *shoulder height*): distancia vertical desde el suelo hasta el acromión (referencia 4.1.4 en ISO 7250:1996).
- Alcance máximo horizontal (AR del inglés *arm reach*): distancia horizontal desde una superficie vertical hasta el eje de agarre de la mano y apoyando la espalda contra dicha superficie vertical (referencia 4.4.2 en ISO 7250:1996).

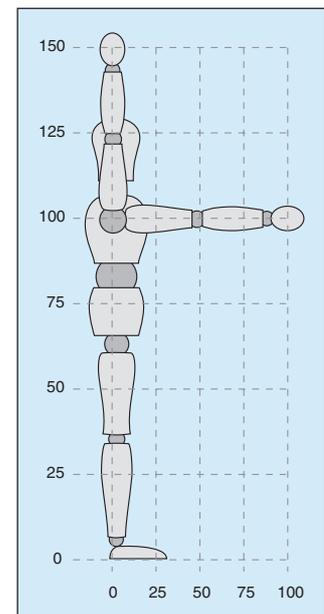


Figura 3. División del espacio en función de SH (ordenadas) y AR (abscisas)

Las 19 posturas surgen de la combinación de estos dos parámetros expresados en porcentaje, tal y como se muestra en la figura 3. La forma de clasificar las posturas según estos parámetros es a través del valor de SH y del valor de AR expresados en porcentaje. Por ejemplo, cuando el brazo está en posición vertical tal y como se muestra en la figura 3, dicha postura se etiqueta como 150/0

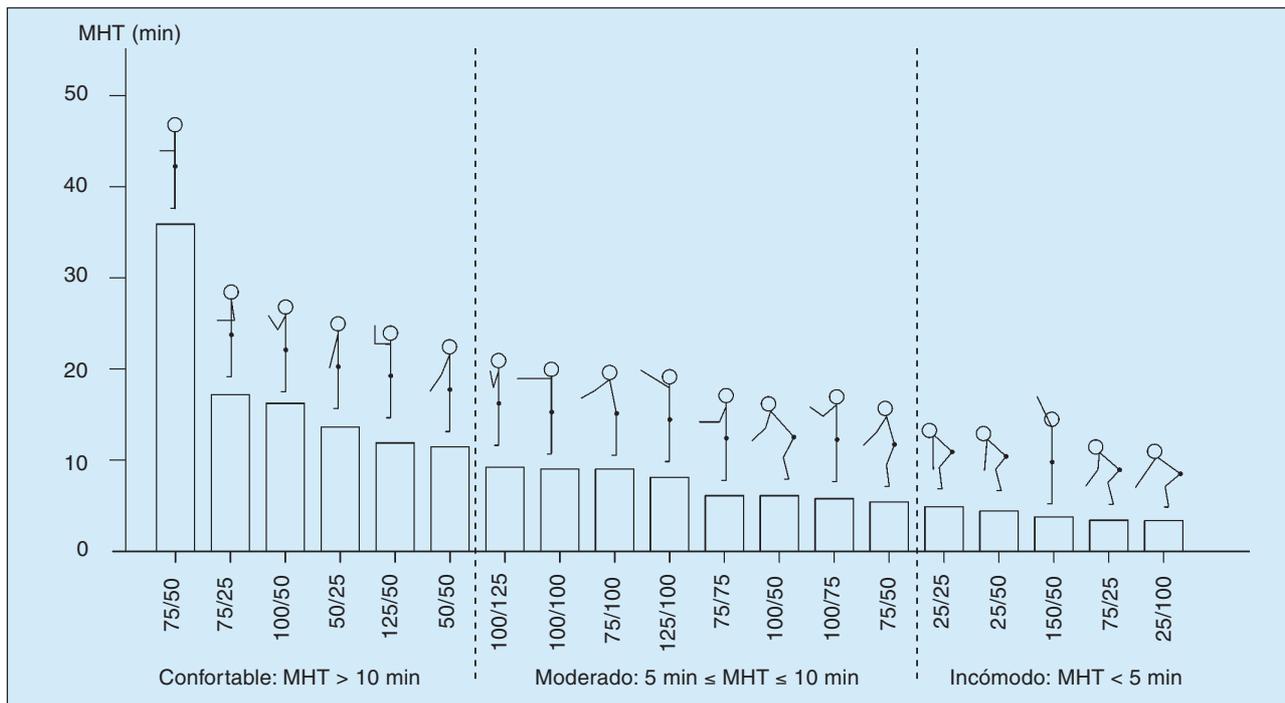


Figura 4. Tiempo máximo sostenido para las 19 posturas estudiadas

(la altura de la mano al suelo es el 150% de la altura del hombro mientras que el alcance horizontal es el 0% del alcance máximo horizontal), mientras que a la postura con el brazo en posición horizontal le corresponde la clasificación 100/100.

El método experimental es común a los 7 estudios: todos los participantes debían mantener la postura propuesta durante el máximo tiempo posible mientras se registraba el nivel de disconfort. En el instante en que se alcanzaba un valor de 10 en la escala de Borg; es decir, cuando se alcanzaba el máximo disconfort se consideraba que se había alcanzado el MHT y se registraba dicho instante. En la figura 4 se resumen los valores de MHT para las 19 posturas estudiadas.

Se observa que la postura 75/50 (figura 5) tiene el máximo valor de MHT, 35,7 minutos, mientras que la postura 25/100 tiene el valor mínimo, 2,7 minutos.

Las partes del cuerpo que presentan molestias dependen de la postura adoptada. En general, todos los sujetos (sanos) que adoptan la misma postura experimentan molestias en, aproximadamente, la misma zona del cuerpo. Aquellas posturas en las que la altura corresponde a 50% SH o inferior presentan molestias dorsolumbares y dolor de piernas. Cuando la altura es de 100% SH o inferior, las zonas críticas son los brazos y los hombros. En general, puede afirmarse que a medida que se aumenta la distancia de trabajo, aumentan las molestias de brazos y hombros.

Se puede hacer una clasificación de las 19 posturas en tres categorías arbitrarias: cómoda, moderada e incómoda (figura 4), que corresponden a valores de MHT altos, medios y pequeños respectivamente. El MHTr para cada categoría es el mínimo MHTr de las posturas de dicha categoría. De esta forma, se pueden definir las tres categorías de la siguiente forma (figura 6):

- Posturas cómodas: (50%, 75% 100% y 125% SH) y distancias cortas de trabajo (25% y 50% AR), a excepción de la postura 100/25. El MHTr es de 2 minutos.
- Posturas moderadas: son aquellas posturas con una altura de trabajo moderada (50%, 75%, 100% y

125% SH) y grandes distancias de trabajo (75% y 100% AR). El MHTr es de 1 minuto.

- Posturas incómodas: son todas aquellas posturas con valores extremos de altura de trabajo (25% y 150%). El MHTr es de 0 minutos y, por lo tanto, son posturas inaceptables.

No hay que interpretar el MHT o el MHTr como el tiempo durante el cual se puede mantener una postura y, a continuación, realizar una pausa en el trabajo ya que este método no pretende determinar el número de pausas de trabajo ni establecer la duración de las mismas. Como se trata de posturas estáticas, una vez se alcanza el valor de MHT o MHTr se puede alterar la postura de tal forma que las zonas afectadas puedan recuperarse. Es decir, debe producirse una recuperación del grupo muscular y articular afectado disminuyendo la carga de dicho grupo.

Las condiciones de aplicación del método vienen determinadas por las condiciones experimentales de los estudios en los que se basa. De esta forma, este método será adecuado para aquellas situaciones en las que concurren los siguientes supuestos:

- Posturas de pie
- Posturas sin fuerzas externas
- Posturas simétricas en el plano sagital
- Posturas en las que no se realizan pausas
- Aplicable a trabajadores jóvenes y sanos.

Debe tenerse en cuenta que en este método, la postura se determina en función de la posición de la mano. La consecuencia inmediata de este hecho es que puede darse una misma clasificación de la postura pero con diferentes valores de ángulo para rodillas, caderas, espalda, hombros y codos en diferentes sujetos. Esta simplificación en la clasificación de la postura conlleva una variación intraindividual importante en los valores de MHT.

Por otro lado, el método está desarrollado para posturas estáticas puras sin ningún tipo de movimiento corporal. En la mayoría de posturas de trabajo se dan pequeños cambios en las posturas y en las cargas, de forma que

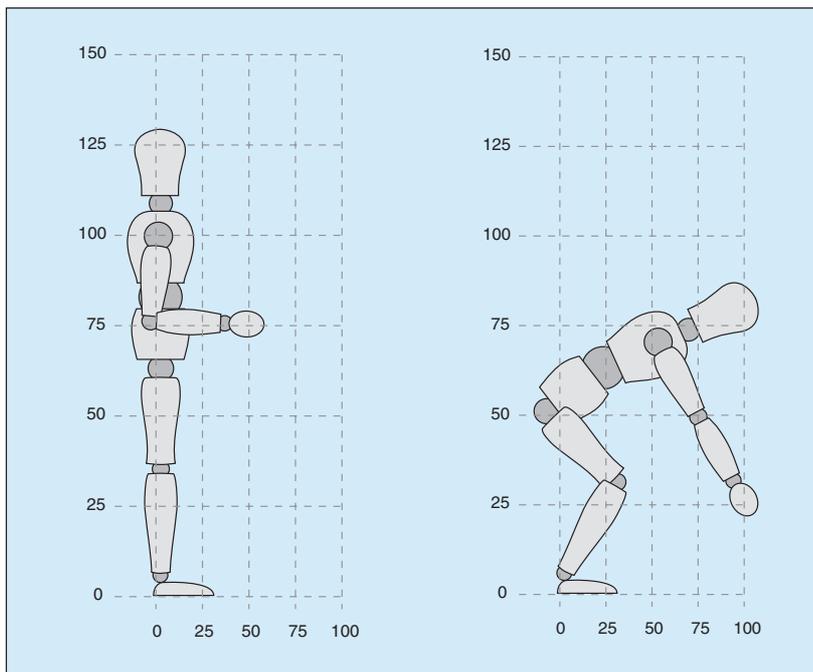


Figura 5. Postura 75/50 (izquierda) y postura 25/100 (derecha)

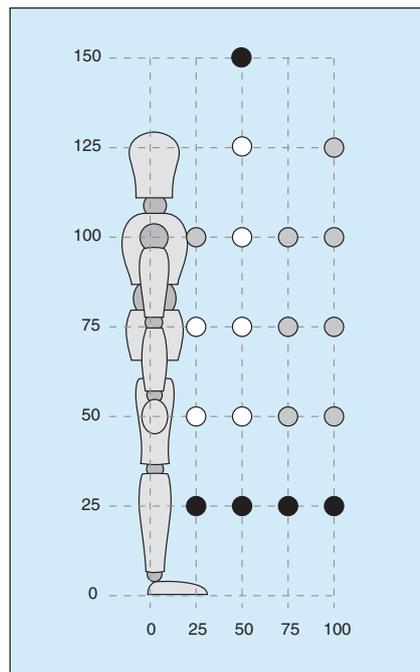


Figura 6. Clasificación de posturas:
○ cómodas ● moderadas ● incómodas

se pueden producir ligeras recuperaciones parciales. Otro factor común a muchas situaciones de trabajo es que existe un apoyo de determinadas extremidades corporales (mesas, repisas, apoyabrazos, etc.). Este apoyo supone una descarga de los músculos y articulaciones afectadas. Es por todo esto que puede suponerse que el MHT de una postura dinámica (o una postura en la que existe algún tipo de apoyo) es mayor que el MHT de la postura estática correspondiente.

Es posible comparar esta clasificación de posturas con la clasificación que se obtendría aplicando el método OWAS (Karhu et al. 1977) teniendo en cuenta la correspondencia entre ambas clasificaciones, mostrada en la tabla 2.

En general, los resultados obtenidos mediante la clasificación de MHT son más estrictos que los obtenidos mediante el método OWAS. No es, de hecho, un resultado extraño debido a las diferentes condiciones experimentales empleadas en cada uno de los métodos: el método

Categorías del método de la posición de la mano	Categorías de riesgo según el método OWAS
Posturas cómodas	1 (no se necesita intervención)
Posturas moderadas	2 (se requiere intervención en el futuro)
Posturas incómodas	3 (se requiere intervención pronto)
	4 (se requiere intervención inmediata)

Tabla 2. Relación entre el método de la posición de la mano y el método OWAS.

OWAS se basa en trabajadores de sexo masculino, dándose posturas más dinámicas y en condiciones de trabajo pesado con existencia de cargas externas.

BIBLIOGRAFÍA

(1) BORG, G.
Borg's perceived exertion and pain scales
Estocolmo, 1998 Human Kinetics Publishers.

(2) DOUWES, M., MIEDMA, M. C., DUL, J.
Methods based on maximum holding time for evaluation of working postures, The occupational ergonomics handbook
Boca Raton FL, CRC Press, 1999.

(3) KARHU, O., KANSI, P., Y KUORINKA, L.
Correcting working postures in industry: A practical method for analysis
Applied Ergonomics, 8, 1977, 199-201.

(4) ISO 7250:1996, Basic human body measurements for technological design.

(5) ISO 11226:2000, Ergonomics - Evaluation of static working postures.

(6) MIEDMA, M. C., DOUWES, M., DUL, J.
Recommended maximum holding times for prevention of discomfort of static standing postures
International Journal of Industrial Ergonomics, 19, 1997, 9-18.