

NTP 226: Mandos: ergonomía de diseño y accesibilidad



Organes de commande: l'ergonomie de leur et accessibilité
Ergonomic dessin and accesibility of controls

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.

Clotilde Nogareda Cuixart
Licenciada en Psicología

CENTRO NACIONAL DE CONDICIONES DE TRABAJO

Introducción

Podemos considerar el sistema hombre - máquina como una combinación de uno o más seres humanos y uno o más componentes físicos, que actúan recíprocamente para efectuar, a partir de unas entradas de energía e información determinadas, una producción deseada.

En este contexto el concepto "máquina" se emplea en un sentido amplio, entendiéndose como tal cualquier objeto, aparato, equipamiento, etc., que se utilice con el fin de conseguir un propósito o desempeñar alguna función. Esta interrelación implica un circuito de comunicación en el que la persona ocupa una posición clave: a ella le corresponde tomar las decisiones.

El proceso de información es el siguiente: los indicadores, o "displays", de la máquina dan una información sobre la marcha de la producción; el trabajador registra esta información (percepción), debe comprenderla y evaluarla correctamente (interpretación), luego debe tomar una decisión y dar una respuesta, realizando los movimientos apropiados para transmitir la información a la máquina. Una señal de control informa a su vez del resultado de la acción (feed-back). (Fig. 1)

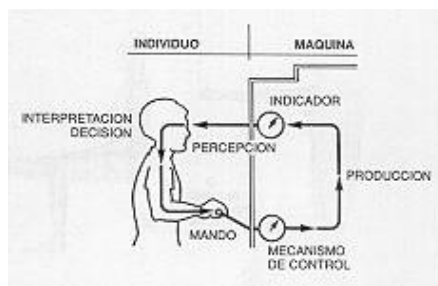


Fig. 1: Proceso de información en el sistema hombre - máquina

Los mandos representan el último eslabón en este circuito de informaciones; unos mandos mal diseñados pueden ocasionar distorsiones en el sistema.

El estudio ergonómico de estas comunicaciones deberá buscar los datos que permitan la mejor adaptación posible de los dos componentes del sistema, evitando los errores en la transmisión y la interpretación de la información: por un lado deberá tenerse en cuenta la percepción de las señales-diseño de indicadores; por otra parte hay que prestar especial atención a la emisión de la respuesta-concepción de mandos.

Para diseñar un sistema de control efectivo hay que tener en cuenta una serie de variables referentes a las aptitudes y conducta del operador y al tipo de respuesta que se requiere.

En esta N.T.P. trataremos brevemente algunos de estos aspectos haciendo especial hincapié en la accesibilidad de los mandos.

Datos antropométricos

En términos de estructura física del cuerpo, las posibles limitaciones para un trabajo eficiente del sistema hombre-máquina residen en la capacidad de la persona para utilizar el cuerpo de manera adecuada.

Para ello es imprescindible el estudio de las dimensiones del cuerpo, ya sea a nivel estático o dinámico.

En este sentido la antropometría aporta los datos necesarios para adaptar la máquina al individuo con el fin de diseñar un sistema que respete las capacidades físicas de la persona, en cuanto a tipo de mandos, tamaño y ubicación de los mismos, ya que el alcance, la velocidad, la precisión y la fuerza del movimiento dependen de la parte del cuerpo utilizada.

El movimiento del cuerpo humano se restringe al alcance y posibilidad de sus miembros; la ergonomía utiliza los datos de la antropometría para adaptar las máquinas y el entorno a las personas, basándose en la parte del cuerpo que va a ser requerida.

La distribución de los datos antropométricos, a pesar de su variabilidad, es suficientemente previsible y se aproxima a una distribución normal.

Esto significa que el máximo porcentaje de distribución se localiza en torno al punto medio y los casos extremos ocupan las puntas de la curva.

Por regla general los datos antropométricos se expresan en percentiles, que expresan el porcentaje de personas pertenecientes a una población que tiene una dimensión corporal de cierta medida o menor.

La imposibilidad de diseñar para toda la población obliga a escoger un segmento que comprenda la zona media. Por consiguiente suelen omitirse los extremos y ocuparse del 90% de la población, atendiéndose en la mayoría de los diseños a las medidas que se hallan entre los percentiles 5 y 95.

Las dimensiones funcionales del cuerpo, las dimensiones estructurales combinadas y las dimensiones mano, pie, se indican en la Tabla 1, Tabla 2 y la Tabla 3, respectivamente.

DIMENSIONES FUNCIONALES DEL CUERPO DE HOMBRES Y MUJERES ADULTOS, EN PULGADAS Y CENTIMETROS, SEGUN EDAD, SEXO Y SELECCION DE PERCENTILES													
		A		B		C		D		E		F	
		pulg.	cm	pulg.	cm	pulg.	cm	pulg.	cm	pulg.	cm	pulg.	cm
95	HOMBRES	38.3	97,3	46.1	117,1	51.6	131,1	35.0	88,9	39.0	86,4	88.5	224,8
	MUJERES	36.3	92,2	49.0	124,5	49.1	124,7	31.7	80,5	38,0	96,5	84.0	213,4
5	HOMBRES	32.4	82,3	39.4	100,1	59.0	149,9	29.7	75,4	29.0	73,7	76.8	195,1
	MUJERES	29.9	75,9	34.0	86,4	55.2	140,2	26.6	67,6	27,0	68,6	72.9	185,2

El diagrama ilustra las mediciones funcionales del cuerpo humano:

- A:** ALCANCE PUNTA MANO, EXTENDIDA (Alcance horizontal de la mano extendida).
- B:** LARGURA NALGA-TALÓN (Longitud del cuerpo sentado).
- C:** ALTURA ALCANCE ALTIURA ALCANSE C. VERTICAL SENTADO (Alcance vertical de la mano extendida en posición sentada).
- D:** ALCANCE PUNTA MANO (Alcance horizontal de la mano).
- E:** ALCANCE LATERAL BRAZO (Alcance lateral del brazo).
- F:** ALCANCE VERTICAL ASIMIENTO (Alcance vertical de la mano).

Tabla 1: Dimensiones funcionales del cuerpo humano

		DIMENSIONES ESTRUCTURALES DEL CUERPO DE HOMBRES Y MUJERES ADULTOS, EN PULGADAS Y CENTIMETROS, SEGUN EDAD, SEXO Y SELECCION DE PERCENTILES													
		A		B		C		D		E		F		G	
		pulg.	cm	pulg.	cm	pulg.	cm	pulg.	cm	pulg.	cm	pulg.	cm	pulg.	cm
95	HOMBRES	36.2	91,9	47.3	120,1	68.6	174,2	20.7	52,6	27.3	69,3	37.0	94,0	33.9	86,1
	MUJERES	32.0	81,3	43.6	110,7	64.1	162,8	17.0	43,2	24.6	62,5	37.0	94,0	31.7	80,5
5	HOMBRES	30.8	78,2	41.3	104,9	60.8	154,4	17.4	42,2	23.7	60,2	32.0	81,3	30.0	76,2
	MUJERES	26.8	68,1	38.6	98,0	56.3	143,0	14.9	37,8	21.2	53,8	27,0	68,6	28.1	71,4

Tabla 2: Dimensiones estructurales combinadas del cuerpo humano

		DIMENSIONES DE MANO Y PIE DE HOMBRES Y MUJERES ADULTOS, EN PULGADAS Y CENTIMETROS, SEGUN SELECCION DE PERCENTILES										
		I	J	K	L*	M*	N	O	P	Q	R	
95	pulg.	8.07	4.63	3.78	9.11	10.95	11.44	8.42	4.16	10.62	2.87	
	cm	20,5	11,8	9,6	23,1	27,8	29,1	21,4	10,6	27,0	7,3	
5	pulg.	7.00	3.92	3.24	7.89	9.38	9.89	7.18	3.54	9.02	2.40	
	cm	17,8	10,0	8,2	20,0	23,8	25,1	18,2	9,0	22,9	6,1	

Tabla 3: Dimensiones de mano y pie

Tipos de mandos

Según su función podemos clasificar los mandos a partir del siguiente esquema:









MANDOS UTILIZADOS PARA MOMENTOS CONCRETOS	MANDOS UTILIZADOS PARA ACCIONES CONTINUAS
Activación Entrada de datos Selección (de un punto determinado)	Selección continua (p. ej. frecuencia de una radio) Control continuo (intervenir continuamente en la máquina p. ej. para mantener un nivel de actividad.)

Según el tipo de acción a desarrollar será más indicada la utilización de un tipo de mando u otros. (Cuadro I)

TIPO DE CONTROL	ACCIONAMIENTO PUNTUAL			ACCIONAMIENTO CONTINUO	
	ACTIVACION	ENTRADA DE DATOS	SELECCION	SELECCION CONTINUA (Cuantitativa)	CONTROL CONTINUO
Pulsador manual	Excelente	Bueno	No recomendado	No aplicable	No aplicable
Pulsador de pie	Bueno	No aplicable	No recomendado	No aplicable	No aplicable
Interruptor de palanca	Bueno, pero propenso a activación accidental.	No aplicable	Bueno	No aplicable	No aplicable
Interruptor giratorio	Utilizable. Pueden confundirse sus posiciones	No aplicable	Excelente	No aplicable	No aplicable
Botón	No aplicable	No aplicable	Pobre	Bueno	Regular
Manivela	Sólo si hay que hacer mucha fuerza	No aplicable	No aplicable	Regular	Buena
Volante	No aplicable	No aplicable	No aplicable	Bueno	Excelente
Palanca	Buena	No aplicable	Buena	Buena	Buena
Pedal	Regular	No aplicable	No aplicable	Bueno	Regular

Cuadro I: Tipos de control y sus funciones

En general, según el esfuerzo exigido es más recomendable un tipo de mando que otro. (Cuadro II):

TIPO DE CONTROL		RAPIDEZ	PRECISION	FUERZA
	MANIVELA Pequeña Grande	Buena Pobre	Pobre No adecuada	No adecuada Buena
	VOLANTE	Pobre	Bueno	Utilizable
	BOTON	No utilizable	Regular	No utilizable
	PALANCA Horizontal Vertical (Perpendicular al cuerpo) Vertical (Siguiendo al cuerpo) "Joystick"	Buena Buena Regular Bueno	Pobre Regular Regular Regular	Pobre Corta: Pobre Larga: Buena Regular Pobre
	PEDAL	Bueno	Pobre	Bueno
	PULSADOR	Bueno	No utilizable	No utilizable
	INTERRUPTOR GIRATORIO	Bueno	Bueno	No utilizable
	INTERRUPTOR DE PALANCA	Bueno	Bueno	Pobre

Cuadro II: Adecuación de los controles a la acción requerida

- Mandos que exigen un esfuerzo muscular pequeño, accionados fácilmente con los dedos (botones, teclas, interruptores).
- Mandos que exigen cierto esfuerzo muscular, haciendo intervenir grupos importantes de los músculos de brazos y piernas (palancas, manivelas, volantes y pedales)

Estas dos variables, acción requerida y función que cumple el mando, determinarán el mando a utilizar así como el tamaño y dimensiones del mismo, que evidentemente deberán corresponderse con los datos antropométricos de los miembros del cuerpo a utilizar. En el momento del diseño, y haciendo referencia al tamaño, hay que considerar si se utilizan o no prendas de protección personal, principalmente guantes o botas de seguridad, en cuyo caso deberá preverse una mayor holgura que permita el manejo del mando. También habrá que tener en cuenta que los guantes influyen en la habilidad del operario y en la percepción de la textura de las manos.

Cabe hacer mención especial al predominio manual. Los mandos, y las herramientas en general, están diseñados para personas con predominio de la mano derecha, por lo que las personas zurdas pueden encontrar dificultades en su manejo, lo que puede llevar a un estado de fatiga. La solución a este problema no es fácil pues estriba en hasta qué punto es posible adaptar el puesto de trabajo a los trabajadores zurdos. Ello exigiría, evidentemente, reconsiderar la forma de los mandos o herramientas y la dirección de los movimientos y prever una versión para diestros y una para zurdos. En estos casos, sin embargo, es crucial valorar los requerimientos de la tarea y las consecuencias de los posibles errores de forma que el puesto pueda adaptarse lo máximo posible a las capacidades del individuo.

Diferenciación

Los cuadros de control suelen estar provistos de numerosos mandos, cada uno de los cuales cumple una función distinta. Es importante pues que los mandos puedan ser identificados y diferenciados sin dificultad. Para ello existen distintos criterios:

- La estructura o el material; la textura del material empleado, o del propio mando (liso, estriado, rugoso) puede ayudar a identificarlo, especialmente cuando una operación se realiza "a ciegas", sin fijar la vista en el mando. (Fig. 2)

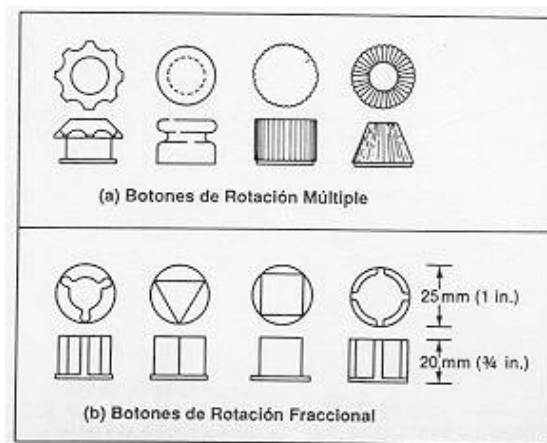


Fig. 2: Diferenciación de los mandos según su estructura

- El color está indicado cuando se encuentra en el campo visual; si la iluminación es tenue deberá disponerse de iluminación localizada.
- El tamaño: Da información visual y táctil aunque generalmente, por sí mismo, no es tan fiable como la forma o el color. La diferencia de tamaño ha de ser tal que puedan distinguirse fácilmente unos de otros, lo que puede resultar en un tamaño inadecuado para el movimiento requerido.

Disposición de los mandos

Además del diseño de los controles hay que prestar especial atención a su disposición. En ella además de la estética deberán prevalecer criterios de seguridad del trabajador, confort, separación entre mandos para evitar errores (seguridad del sistema), medidas antropométricas, etc.

Hay que tener en cuenta:

- El diseño del espacio de trabajo. (Fig. 3)
- La posición de los controles.

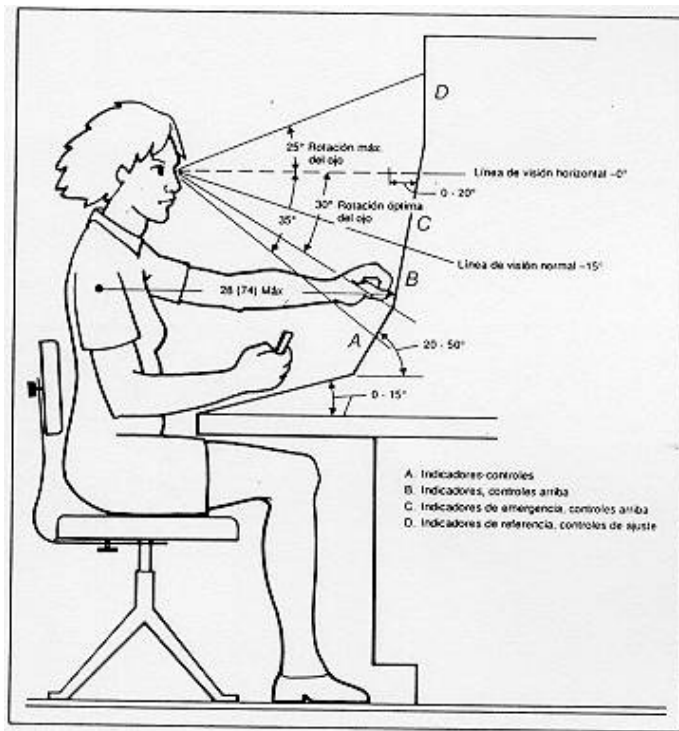


Fig. 3: Características de diseño recomendadas para tableros de mando. Estas características están diseñadas para que se adapten a personas entre porcentajes 5 y 95

El diseño del espacio de trabajo

Como criterios generales deberán considerarse los siguientes aspectos:

- Evitar imponer posturas forzadas; los movimientos naturales son más eficaces y menos fatigantes.
- Evitar tener los brazos extendidos.
- Dar la posibilidad de alternar la posición sentada y de pie.
- Procurar que los movimientos de los brazos sean opuestos o simétricos; el movimiento de un solo brazo implica una carga estática de los músculos del tronco.
- El plano de trabajo debe respetar las distancias óptimas de visión para el operario.
- Tener en cuenta la estabilidad de la posición del cuerpo.
- Si el esfuerzo es continuado, distribuir la actividad muscular en diferentes miembros.

La posición de los controles

La posición de los controles es de suma importancia. Un espacio demasiado amplio entre ellos obligará a movimientos innecesarios, mientras que un espacio reducido puede provocar errores.

El espacio mínimo depende del tipo de mandos, y por tanto, de la parte del cuerpo utilizado; de cómo deber ser accionado (sucesivamente, simultáneamente, rara vez) y de si se utiliza o no protección personal. (Cuadro III)

TIPO DE ACCION REQUERIDA	DEDO		MANO			PIE	
	Botón	Interruptor	Palanca	Manivela	Botón	Entre pedales	Entre centros
Utilización de un dedo, mano o pie:							
Sucesivamente	2,5	2,5	12,5	12,5	12,5	10	20
Esporádicamente	5	5	10	10	10	15	25
Más de un dedo	1	1,5					

Cuadro III: Distancias deseables en cm

El diseño racional de un panel de mandos facilita su control, reduciendo la fatiga y el riesgo de error debido a una lectura equivocada. Para ello es útil atenerse a los siguientes principios:

- El mando y el indicador correspondiente deben estar situados lo más cerca posible, estando el mando encima o a la izquierda del indicador.
- Si han de estar en dos paneles distintos ha de haber una correspondencia evidente según la situación de cada uno en el panel.
- Cuando una serie de mandos corresponden a una secuencia de operaciones, su situación debe respetar el orden de la

secuencia, de izquierda a derecha.

- Si no existe una secuencia temporal se ordenarán siguiendo criterios de frecuencia de uso o importancia, colocando los más utilizados delante del trabajador, y de lado los de uso menos frecuente.
- Respetar los estereotipos de conducta (Cuadro IV)

ARRIBA	ABAJO
En marcha	Parado
Poner en marcha	Parar
Alto	Bajo
Rápido	Lento
Aumentar	Disminuir
Abierto	Cerrado
Conectado	Desconectado
Automático	Manual
Adelante	Atrás
Positivo	Negativo

Cuadro IV: Estereotipos de conducta para interruptores

- Los equipos de dimensiones pequeñas deben destacarse claramente.
- Las empuñaduras o palancas debe estar situadas de tal manera que los movimientos más frecuentes puedan realizarse con los codos hacia abajo y cerca del cuerpo, estando las manos a 25-30 cm. de los ojos.

Estas recomendaciones parecen superfluas, pero cobran especial importancia en trabajos monótonos, que entrañan una reducción de la vigilancia, aumentando, por tanto, el riesgo de error.

En estos casos el diseño adecuado de los mandos, especialmente en cuanto a su diferenciación y ubicación, es básico para conseguir un sistema seguro y fiable.

Sobre el tema del diseño de mandos el Consejo de las Comunidades Europeas hace especial hincapié en su Directiva, de 14 de junio de 1989, (D.O.C.E., 29.6.1989) relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre máquinas, que en su Anexo I : "Requisitos esenciales de seguridad y de salud relativas al diseño y fabricación de las máquinas", incluye el siguiente apartado, que reproducimos a modo de conclusión:

Mandos

Órganos de accionamiento

Los órganos de accionamiento :

- Serán claramente visibles e identificables, y si fuera necesario, irán marcados de forma adecuada,
- Estarán colocados de tal manera que se puedan maniobrar con seguridad, sin vacilación ni pérdida de tiempo y de forma inequívoca,
- Se diseñarán de tal manera que el movimiento del órgano de accionamiento sea coherente con el efecto ordenado,
- Estarán colocados fuera de zonas peligrosas excepto, si fuera necesario, ciertos órganos tales como una parada de emergencia, una consola de aprendizaje para robots, etc.,
- Estarán situados de forma que su maniobra no acarree maniobras adicionales,
- Estarán diseñados o irán protegidos de forma que el efecto deseado, cuando pueda acarrear un riesgo, no pueda producirse sin una maniobra intencional,
- Estarán fabricados de forma que resistan esfuerzos previsibles; se prestará una atención especial a los dispositivos de parada de urgencia que puedan estar sometidos a esfuerzos importantes.

Cuando se diseñe y fabrique un órgano de accionamiento para ejecutar varias acciones distintas, es decir, cuando su acción no sea unívoca, (por ejemplo utilización de teclados, etc.), la acción ordenada deberá visualizarse de forma clara y, si fuera necesario, requerirá una confirmación.

Los órganos de accionamiento tendrán una configuración tal que su disposición, su recorrido y su esfuerzo resistente sean compatibles con la acción ordenada, habida cuenta los principios ergonómicos. Deberán tenerse en cuenta las molestias provocadas por el uso, necesario o previsible, de equipos de protección individual (por ejemplo calzado, guantes, etc.).

Bibliografía

(1) AFNOR

(2) AFNOR

Postures et dimensions pour l'homme au travail sur machines et appareils
NF X 35-104 Avril, 1983

(3) CAZAMIAN, P.

Traité d'ergonomie
Octarés entreprises, Marseille, 1987

(4) Mc. CORMICK, E.

Ergonomia
Gustavo Gili, Barcelona, 1976

(5) CLARK, T.S., CORLETT, E.N.

The ergonomics of workspaces and machines
Taylor and Francis, Londres, 1984

(6) EASTMAN KODAK, Co.

Ergonomic design for people at work. (Vol.1)
Belmont, 1983

(7) GRANDJEAN, E.

Précis d'ergonomie
Les éditions d'organization, Paris, 1983

(8) GRANDJEAN, E.

Fitting the task to the man
Taylor and Francis, Londres, 1971.

(9) HANROT, S.

Ergonomie de conception
Revue des Conditions de Travail, 1986, n° 25 (24)

(10) HETTINGER, Th., KAMINSKY, G., SCHMALE, H.

Ergonomie am Arbeitsplatz. Daten zur menschengerechten Gestaltung der Arbeit
Friedrich Keihl Verlag, GMBW, Ludwigshafen 1976.

(11) HOLLNAGEL, E.

What we do know about man-machines systems
International Journal of Man-Machine Studies, 1983,18,(135-143)

(12) I. N. R. S.

23 Congrès d'Ergonomie de langue française
C. N. D., 1988, 1er. trim.

(13) KVÅLSETH, T.O.

Ergonomics of workstation design
Buttersworth, 1983.

(14) OBORNE, D.J.

Ergonomics at work
John Wiley and Sons, Chichester, 1982

(15) PANERO, J., ZELNIK, M.

Las dimensiones humanas en los espacios interiores
Gustavo Gili, Barcelona, 1983.

(16) PHEASANT, S.

Bodyspace, Anthropometry, Ergonomics and Design
Taylor and Francis, Londres, 1986.

(17) PIGANIOL, C.

Techniques et politiques d'amélioration des conditions de travail
Entreprise Moderne d'édition, Paris, 1980

(18) SCHACHEL, B.

Applied ergonomics handbook
I.P.C. Bussines Press Ltd., Surrey, 1974

(19) SCHERRER, J.

Précis de physiologie du travail: Ergonomie
Masson, Paris, 1967

(20) SINGLETON, W.I.
The body at work: Biological ergonomics
Cambridge University Press, 1982.

(21) TICHAUER, Z.R.
The biomechanical basis of ergonomics
John Wiley and Sons, New York, 1978