



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA
CAMPUS D'ALCOI



Departamento de
Proyectos de Ingeniería

GRADO EN INGENIERIA EN DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DE PRODUCTOS

APUNTES DE ERGONOMIA



UNIDAD DIDACTICA 5

**ANTROPOMETRÍA FUNCIONAL:
ÁNGULOS DE CONFORT**

INDICE:

1.- INTRODUCCION. DEFINICION	5
2.- TIPOS DE MOVIMIENTOS DE LOS MIEMBROS DEL CUERPO	5
3.- EVALUACIÓN ERGONÓMICA DE LA POSTURA	8
3.1.- CONCEPTO DE CARGA FÍSICA	8
3.2.- CRITERIOS DE REFERENCIA PARA LAS POSTURAS DE TRABAJO	8
3.2.1.- La norma ISO 11226: 2000	8
3.2.2.- La norma UNE-EN 1005-4:2005+A1:2009	9
3.2.3.- Evaluación de las posturas de trabajo	11
3.2.4.- Procedimiento para determinar las posturas de trabajo	24
4.- ÁNGULOS DE CONFORT Y ANGULOS LIMITE	27
4.1.- ANGULOS LIMITE	27
4.2.- ÁNGULOS DE CONFORT	29
4.3.- LA NORMA ISO 11226: 2000	30
4.4.- ANGULOS LÍMITE Y DE CONFORT DE DIVERSOS AUTORES	31

INDICE FIGURAS:

Figura 1.- Muestra de diferentes movimientos del tronco	6
Figura 2.- Muestra de diferentes movimientos de las extremidades	6
Figura 3.- Movimientos del cuello	7
Figura 4.- Muestra de diferentes posturas de la mano y la muñeca	7
Figura 5.- Modelo de los riesgos para la salud asociados a las posturas y movimientos	10
Figura 6.- Movimientos del tronco (ISO)	11
Figura 7.- Valoración del tiempo de mantenimiento de la postura del tronco	12
Figura 8.- Zonas de flexión del tronco hacia delante o hacia atrás (UNE)	12
Figura 9.- Zonas de flexión lateral y de torsión del tronco (UNE)	14
Figura 10.-Algunas posturas no recomendables para el brazo	15
Figura 11.-Definición del ángulo γ para la evaluación de la postura del brazo	15
Figura 12.-Valoración del tiempo de mantenimiento de la postura del hombro	16
Figura 13.-Definición de algunas posturas del antebrazo y de la mano (ISO)	16
Figura 14.-Zonas para las posturas del brazo (UNE)	17
Figura 15.-Algunas posturas de la extremidad inferior (ISO)	19
Figura 16.-Definición del ángulo β de inclinación de la cabeza (ISO)	20
Figura 17.-Valoración del tiempo de mantenimiento de la postura de la cabeza	21
Figura 18.-Zonas para la línea de visión hacia arriba o hacia abajo (dirección de la mirada) (UNE)	22
Figura 19.-Zonas para la flexión lateral del cuello (UNE)	23
Figura 20.-Zonas para la torsión del cuello (UNE)	23
Figura 21.-Extremidades superiores (UNE)	24
Figura 22.-Parte inferior de la espalda y extremidades inferiores (UNE)	24
Figura 23.-Medición de los ángulos de inclinación de la cabeza y del tronco en la postura de referencia y en la de trabajo (ISO)	25
Figura 24.-Medición de los ángulos de elevación (abducción en la figura) del hombro en la postura de referencia y en la de trabajo	26
Figura 25.-Ángulos de movimiento de partes del cuerpo (lateral)	31
Figura 26.-Ángulos de movimiento de partes del cuerpo (frontal)	32
Figura 27.-Ángulos de movimiento de partes del cuerpo (extremidades inferiores vista superior)	33
Figura 28.-Ángulos de movimiento de partes del cuerpo (vista superior extremidades superiores)	34
Figura 29.-Ángulos de las características visuales (alzado)	35
Figura 30.-Ángulos de las características visuales (planta)	36
Figura 31.-Ángulos límites extremidades (JOHN CRONEY 1)	37
Figura 32.-Ángulos límites extremidades (JOHN CRONEY 2)	37
Figura 33.-Ángulos límites extremidades (JOHN CRONEY 3)	38
Figura 34.-Ángulos límites extremidades (JOHN CRONEY 4)	39
Figura 35.-Ángulos de visión perfil	39
Figura 36.-Ángulos de visión planta	40
Figura 37.-Rangos de confort de algunos ángulos del puesto de trabajo de conducción	40
Figura 38.-Ángulos de confort de Grandjean (1)	42

Figura 39.-Ángulos de confort de Grandjean (2)	42
Figura 40.-Ángulos de confort de Grandjean (3)	43

INDICE TABLAS:

Tabla 1.- Criterios de valoración para la postura del tronco (ISO)	11
Tabla 2.- Criterios de valoración para la postura del tronco (UNE)	13
Tabla 3.- Evaluación de la flexión lateral o de la torsión del tronco (UNE)	14
Tabla 4.- Criterios de valoración para la postura del hombro y del brazo (ISO)	15
Tabla 5.- Criterios de valoración para la postura del antebrazo y de la mano (ISO)	16
Tabla 6.- Evaluación de la postura del brazo (UNE)	18
Tabla 7.- Criterios de valoración para la postura de la extremidad inferior (ISO)	19
Tabla 8.- Criterios de valoración para la postura de la cabeza (ISO)	20
Tabla 9.- Evaluación de la línea de visión hacia arriba o hacia abajo (dirección de la mirada) (UNE)	22
Tabla 10.- Evaluación de la flexión lateral o la torsión del cuello	23
Tabla 11.- Valores límites del movimiento articular	31

BIBLIOGRAFÍA

- John Croney; Antropometría para diseñadores. Editorial Gustavo Gili, S.A. Barcelona. ISBN: 84-252- 0727-4
- Alvin R. Tilley; The Measure of Man and Woman: Human Factors in Design (Revised Edition). John Wiley & Sons; Revised Edition edition (2002-02-13)
- Pedro R. Mondelo, Enrique Gregori, Joan Blasco y Pedro Barrau; Ergonomía 3: Diseño de puestos de trabajo; Edicions UPC, 1998
- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT); Posturas de trabajo: evaluación del riesgo; Madrid 2015
- ISO 11226: 2000. Ergonomics – Evaluation of static working postures
- UNE-EN 1005-4:2005+A1:2009. Seguridad de las máquinas. Comportamiento físico del ser humano. Evaluación de las posturas y movimientos de trabajo en relación con las máquinas

1.- INTRODUCCION. DEFINICION

Antropometría funcional o antropometría dinámica es la parte de la antropometría que estudia

- Rangos de movimiento de las partes del cuerpo
- Alcances
- Medidas de las trayectorias
- Otros movimientos

La antropometría dinámica parte del análisis de la biomecánica de los movimientos (de los desplazamientos de segmentos del cuerpo cuando efectúa alguna actividad).

El análisis o estudio de los movimientos es una labor difícil en el desarrollo ergonómico del estudio de la actividad humana (básico en el trabajo y la seguridad e higiene industrial), ya que, no sólo se tienen en cuenta los factores antropométricos y dimensionales, sino todos los tipos de movimientos que se pueden experimentar en el desarrollo de una actividad.

En el desarrollo de las distintas actividades, el hombre efectúa toda clase de movimientos, que podemos considerar repetitivos. Pero solamente por medio de un análisis dinámico bien hecho se puede entender por qué en algunas actividades aparentemente pesadas no lesionan al hombre y otras, que aparentan ser leves, causan daños severos a la persona, como puede ser la actividad de entrada de datos en una terminal (teclado de PC).

La idea de factibilidad y soportabilidad permite deducir fácilmente que habrá una mayor o menor incidencia de casos cuando los factores en su conjunto o independientemente pasen los límites humanos involucrados.

También se tiene que:

- cuanto menor sea la duración del ciclo, mayor será la incidencia
- a mayor fuerza, mayor será la incidencia
- cuando se toman posturas inadecuadas durante la actividad, mayor es la posibilidad de aparición de lesiones y/o enfermedades.

Las posturas inadecuadas se aprecian con más facilidad en las tareas de ciclos largos que en los cortos.

Se introducen dos conceptos:

- Ángulos límites
- Ángulos de Confort

2.- TIPOS DE MOVIMIENTOS DE LOS MIEMBROS DEL CUERPO

Algunos de los movimientos que hacemos con los brazos, las piernas y otros miembros se consideran básicos. Enumeremos parte de estos movimientos con su denominación en biomecánica:

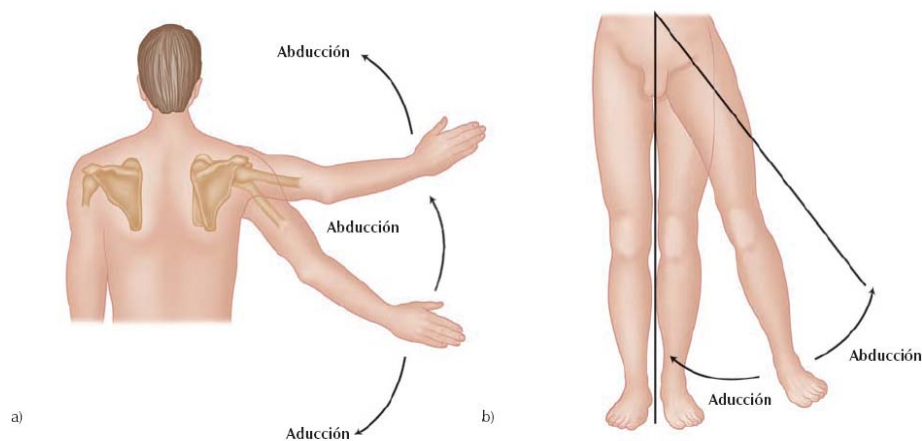
- a) **Posición de referencia anatómica:** es aquella a partir de la cual se miden los movimientos articulares.

- b) **Flexión:** consiste en doblarse o disminuir el ángulo entre las partes del cuerpo, movimiento en el que un segmento corporal se desplaza en un plano sagital respecto a un eje transversal, aproximándose al segmento corporal adyacente.
- c) **Extensión:** consiste en enderezarse o aumentar el ángulo entre las partes del cuerpo, movimiento sagital respecto a un eje transversal tal que, desde una posición de flexión, se vuelve a la posición de referencia anatómica o se sobrepasa.
- d) **Aducción:** consiste en acercarse a la línea media del cuerpo, movimiento que se realiza en el plano frontal, alrededor de un eje antero-posterior, que aproxima el segmento a la línea media.
- e) **Abducción:** consiste en alejarse de la línea media del cuerpo, movimiento que se realiza en un plano frontal, alrededor de un eje antero-posterior, que aleja el segmento de la línea media.
- f) **Pronación:** consiste en girar el antebrazo de modo que la palma de la mano quede hacia abajo.
- g) **Supinación:** consiste en girar el antebrazo de modo que la palma de la mano quede hacia arriba.
- h) **Circunducción:** movimiento en el que una parte del cuerpo describe un cono cuyo vértice está en la articulación y su base en la extremidad distal de esa parte y no requiere rotación.

Figura 1.- Muestra de diferentes movimientos del tronco



Figura 2.- Muestra de diferentes movimientos de las extremidades



Podemos agregar otros en los que no se compromete los miembros, tales como:

- a) **Rotación:** acción de girar un segmento corporal en torno de una articulación o varias.
- b) **Flexión de tronco:** encorvarse, inclinarse hacia delante.
- c) **Lateralización:** es el inclinarse hacia un lado pivotando sobre la cadera

y los correspondientes a los dedos y manos que se verán en el tema siguiente.

Esencialmente, estos movimientos de los miembros del cuerpo están descritos en términos del funcionamiento de los músculos (ej., flexión y extensión), y de la dirección de los movimientos respecto al cuerpo (ej., adducción y abducción).

Figura 3.- Movimientos del cuello

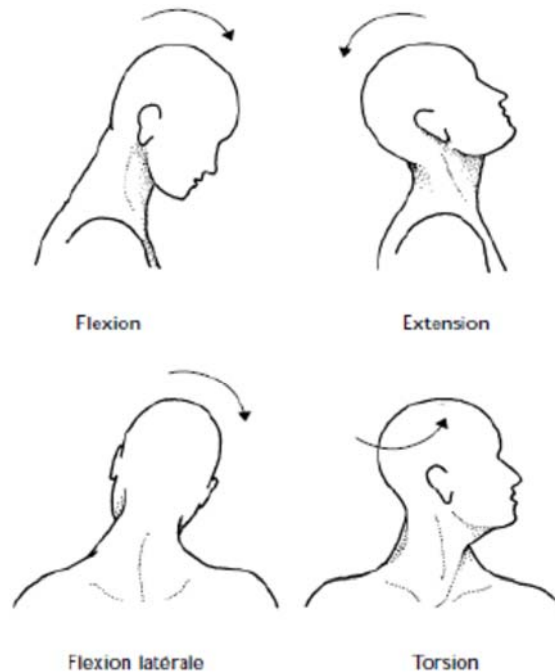
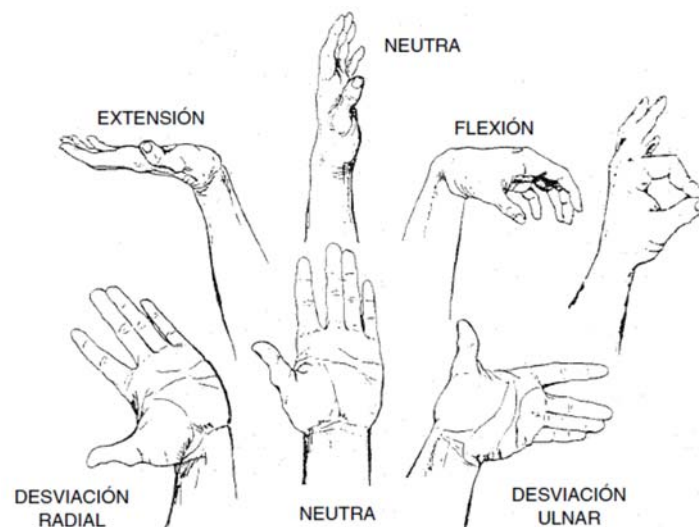


Figura 4.- Muestra de diferentes posturas de la mano y la muñeca



3.- EVALUACIÓN ERGONÓMICA DE LA POSTURA

3.1.- CONCEPTO DE CARGA FÍSICA

Al cuerpo humano se le requiere, continuamente, para realizar un trabajo físico, tanto en el entorno laboral como en el extra laboral. Básicamente, tres son los tipos de demandas que nos podemos encontrar:

- Mover el cuerpo o alguna de sus partes (andar, correr, etc.)
- Transportar o mover objetos (acarrearlos, levantarlos, darles la vuelta, alcanzarlos...)
- Mantener la postura del cuerpo (tronco hacia delante, tronco girado, brazos elevados...)

A la respuesta que se produce en el organismo la denominamos CARGA FÍSICA DE TRABAJO y depende de la capacidad física de cada persona.

3.2.- CRITERIOS DE REFERENCIA PARA LAS POSTURAS DE TRABAJO

Muchos de los estudios, realizados hasta la fecha sobre la asociación de determinadas posturas y los Transtornos Músculo-Esqueléticos (TME), han finalizado en la propuesta de valores de referencia para la posición de los segmentos articulares.

Aunque no hay unanimidad entre los autores sobre estos valores, ya que a veces se han basado en criterios distintos, han sido objeto de normalización por los comités de ISO y de CEN.

Estas normas son: la ***“ISO 11226: 2000. Ergonomics – Evaluation of static working postures”*** y la ***“UNE-EN 1005-4:2005+A1:2009. Seguridad de las máquinas. Comportamiento físico del ser humano. Evaluación de las posturas y movimientos de trabajo en relación con las máquinas”***.

Ambas difieren poco entre sí; las dos diferencias más importantes son:

- 1º. El campo de aplicación: el de ISO es para todo tipo de puestos, mientras que la UNE-EN es de aplicación a trabajos con máquinas.
- 2º. Mientras ISO solo evalúa la posición de los segmentos corporales y el tiempo de mantenimiento de la postura, UNE-EN tiene en cuenta, también, número de veces en que se adopta, es decir, la repetición de la postura.

El resultado se expresa en función de la zona del cuerpo analizada.

- Tronco
- Cabeza y cuello
- Brazo
- Otras partes del cuerpo

3.2.1.- La norma ISO 11226: 2000

Tiene como objetivo evaluar las posturas de trabajo estáticas.

Recomienda que las tareas y operaciones proporcionen suficiente variación tanto física

como mental. Esto significa que todo trabajo tenga suficiente variedad de tareas:

- un número adecuado de tareas organizadas
- una combinación apropiada de tareas de ciclos largos, medios y cortos
- una distribución equilibrada de tareas sencillas y complejas
- suficiente autonomía
- posibilidades para la comunicación, la información y el aprendizaje
- debe haber suficiente variación entre las posiciones sentada, de pie y andando
- deben evitarse las posturas forzadas, tales como arrodillado o en cuclillas

La norma propone un procedimiento para determinar si una postura es aceptable o no. Este procedimiento analiza por separado varios segmentos corporales y articulaciones en uno o dos pasos.

En el primero, se consideran solo los ángulos articulares, para los que se recomiendan valores basados principalmente en el riesgo de sobrecarga de las estructuras pasivas del cuerpo. El resultado de la evaluación puede ser:

- a. aceptable
- b. ir al paso 2
- c. no recomendado

Si el resultado es **“aceptable”**, significa que la postura lo es solo si también hay VARIACIÓN de la postura. Si este no fuera el caso, deberán tomarse medidas para que la postura de trabajo esté lo más cerca posible de la neutral, es decir:

- tronco erguido,
- brazos colgando libremente
- mirando al frente sin forzar la posición de la cabeza

Si el resultado de la evaluación es “ir al paso 2”, deberá tenerse en cuenta el tiempo de mantenimiento de la postura (las recomendaciones incluidas en la norma están basadas en datos sobre el tiempo de aparición de la fatiga muscular).

Las posiciones extremas de las articulaciones deberán evaluarse como “no recomendado” (en la norma se recogen las halladas más habitualmente en la práctica).

3.2.2.- La norma UNE-EN 1005-4: 2005+A1: 2009

Define postura forzada a aquella en la que el rango articular del segmento corporal o la articulación se aleja de su postura neutra.

Posible requerimiento posturales:

- requerimiento postural estático o mantenido durante un tiempo significativo
- requerimiento postural dinámico, debido a que la postura se adopta debido a movimientos frecuentes o repetición de ellos.

La evaluación se efectúa de manera independiente para las distintas zonas del cuerpo y además para las dos extremidades.

En cada una de las zonas del cuerpo se debe valorar si el requerimiento de la tarea analizada es principalmente estático o dinámico.

- Se considera que una persona está expuesta ante un requerimiento de postura estática cuando ésta, durante la tarea, no modifica la postura en una determinada zona de su cuerpo.
- Se considera que una persona está expuesta a postura dinámica o en movimiento, cuando, ésta realiza una postura determinada durante un breve tiempo (menor de 4 segundos) y retorna a la postura inicial, realizando este movimiento con una cierta frecuencia.

Considera tres niveles de riesgo:

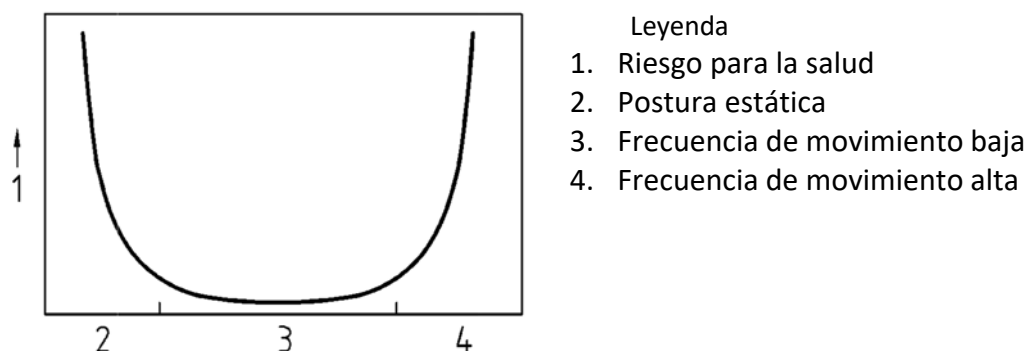
- Aceptable
- Aceptable con condiciones
- No aceptable

1. **Aceptable:** el riesgo para la salud es considerado bajo o insignificante para casi todos los adultos sanos. No se requiere adoptar ninguna medida.
2. **Aceptable con condiciones:** existe un riesgo significativo para la salud de toda la población de operadores o de parte de ella. Debe analizarse el riesgo junto con los factores de riesgo asociados y, a continuación, tan pronto como sea posible, deben disminuirse los riesgos, (es decir, rediseñar) o, si no es posible, deben tomarse otras medidas adecuadas como, por ejemplo, proporcionar al operador directrices para asegurar que el uso de la máquina es aceptable
3. **No aceptable:** El riesgo para la salud no es aceptable en ningún caso para la población de operadores. Es preceptivo llevar a cabo un rediseño para mejorar la postura de trabajo.

El procedimiento de evaluación del riesgo detallado más adelante se basa en el modelo en forma de U, que propone que los riesgos para la salud se incrementan a medida que la tarea se aproxima a cualquiera de los extremos de la curva, es decir, si el movimiento es muy pequeño o nulo (lo que indica una postura estática) o si las frecuencias de movimiento son altas. Véase la figura 2.

Se destaca que el término "frecuencia del movimiento" hace referencia al número de movimientos específicos de una parte del cuerpo por minuto, y no al número de ciclos de trabajo por minuto.

Figura 5.- Modelo de los riesgos para la salud asociados a las posturas y movimientos

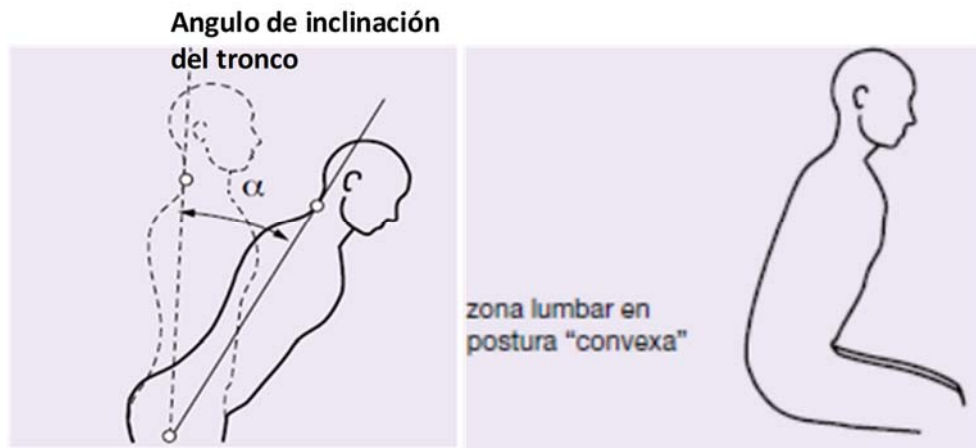


3.2.3.- Evaluación de las posturas de trabajo

3.2.3.1.- Evaluación para la zona del tronco

ISO 11226: 2000

Figura 6.- Movimientos del tronco (ISO)



a) Paso 1

Los criterios de valoración para la postura del tronco se indican en la tabla siguiente:

Tabla 1.- Criterios de valoración para la postura del tronco (ISO)

Característica postural	ACEPTABLE	IR AL PASO 2	NO RECOMENDADO
1) Postura del tronco simétrica^(a)			
No			X
Si	X		
2) Inclinación del tronco α ^(b)			
> 60°			X
20°-60° sin apoyo total del tronco		X	
20°-60° con apoyo total del tronco	X		
0° - 20°	X		
< 0° sin apoyo total del tronco		X	
< 0° con apoyo total del tronco	X		
3) Para posición sentada:			
Postura de la zona lumbar convexa ^(c)			
No	X		
Si			X

(a) Una postura simétrica del tronco implica que no hay rotación axial (o giro) ni flexión lateral de la parte superior del tronco (tórax) respecto a la pelvis.

(b) El ángulo α viene determinado por la postura del tronco durante la realización de la tarea (trazo continuo) con respecto a la postura de referencia (línea punteada). En el caso de la figura, α tiene signo positivo. (Ver figura 6).

(c) Curvatura convexa de la zona lumbar de la columna vertebral. Esta postura se da a menudo cuando: 1º) la zona lumbar no se apoya en un respaldo, y 2º) cuando se adopta un ángulo de cadera pequeño.

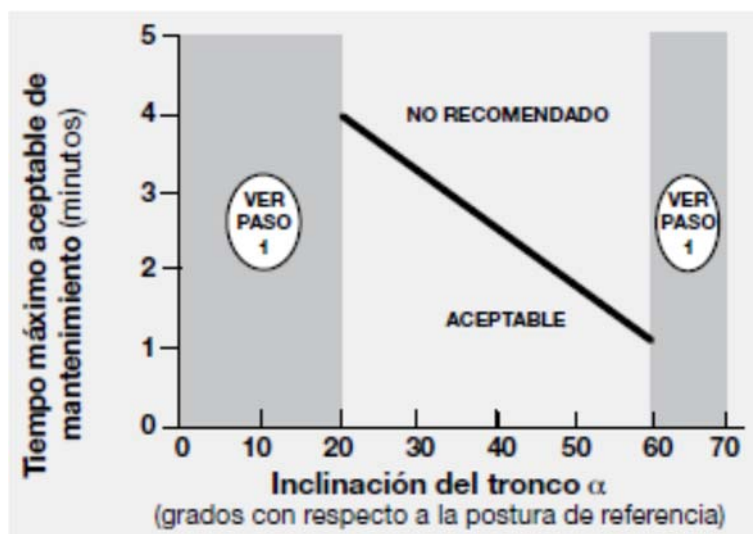
b) Paso 2

Se deberá evaluar el tiempo de mantenimiento de la inclinación del tronco

Tiempo de mantenimiento	ACEPTABLE	NO RECOMENDADO
> tiempo mantenimiento máximo aceptable		X
≤ tiempo de mantenimiento máximo aceptable	X	

El tiempo máximo aceptable de mantenimiento de la inclinación dependerá del ángulo adoptado y del tiempo en que se mantenga. En el gráfico de la figura 6 se representan estos tiempos límites

Figura 7.- Valoración del tiempo de mantenimiento de la postura del tronco

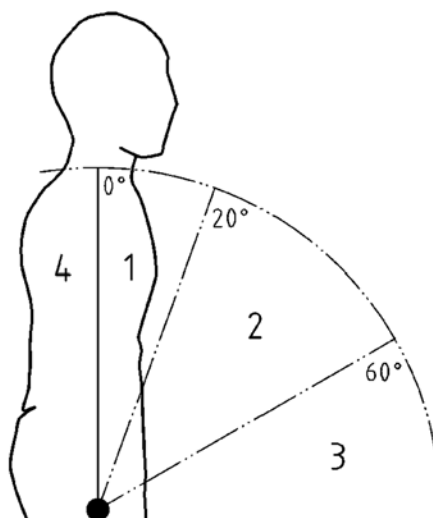


UNE-EN 1005-4:2005+A1:2009

La postura del tronco deber ser evaluada considerando la flexión del tronco hacia delante o hacia atrás, la flexión lateral y su torsión. Los procedimientos se aplican a las posturas sentadas y de pie.

A. Flexión del tronco hacia delante o hacia atrás

Figura 8.- Zonas de flexión del tronco hacia delante o hacia atrás (UNE)



a) Etapa 1

Tabla 2.- Criterios de valoración para la postura del tronco (UNE)

Zona	Postura estática	Movimiento	
		Frecuencia baja (< 2/min)	Frecuencia alta (≥ 2/min)
1 ^a	Aceptable	ACEPTABLE	Aceptable
2	Aceptable con condiciones (etapa 2a)	Aceptable	No aceptable
3	No aceptable	Aceptable con condiciones (etapa 2c)	No aceptable
4	Aceptable con condiciones (etapa 2b)	Aceptable con condiciones (etapa 2c)	No aceptable
^a Se recomienda conseguir posturas de trabajo con el tronco erguido, en particular si la máquina puede ser empleada por la misma persona durante períodos prolongados, requiriendo además una postura estática sin el adecuado tiempo de recuperación o sin un apoyo apropiado para el cuerpo o bien si la frecuencia de movimientos es alta.			

b) Etapa 2

(a) Aceptable si existe para el tronco completo. Si no es así, la aceptabilidad depende de la duración de la postura y del período de recuperación. Un apoyo total durante la flexión del tronco hacia delante no es aceptable, excepto si se demuestra que los riesgos para la salud son bajos o insignificantes para la práctica totalidad de los adultos sanos, considerando el tiempo durante el que puede ser empleada la máquina.

(b) Aceptable si existe apoyo para el tronco completo.

(c) No aceptable si la máquina puede ser empleada durante períodos largos por una misma persona. Excepción: aceptable para frecuencia de movimientos baja dentro de la zona 4, si existe apoyo para el tronco completo. Un apoyo completo durante la flexión del tronco hacia delante no es aceptable, excepto si se demuestra que los riesgos para la salud son bajos o insignificantes para la práctica totalidad de los adultos sanos, considerando el tiempo durante el que puede ser empleada la máquina.

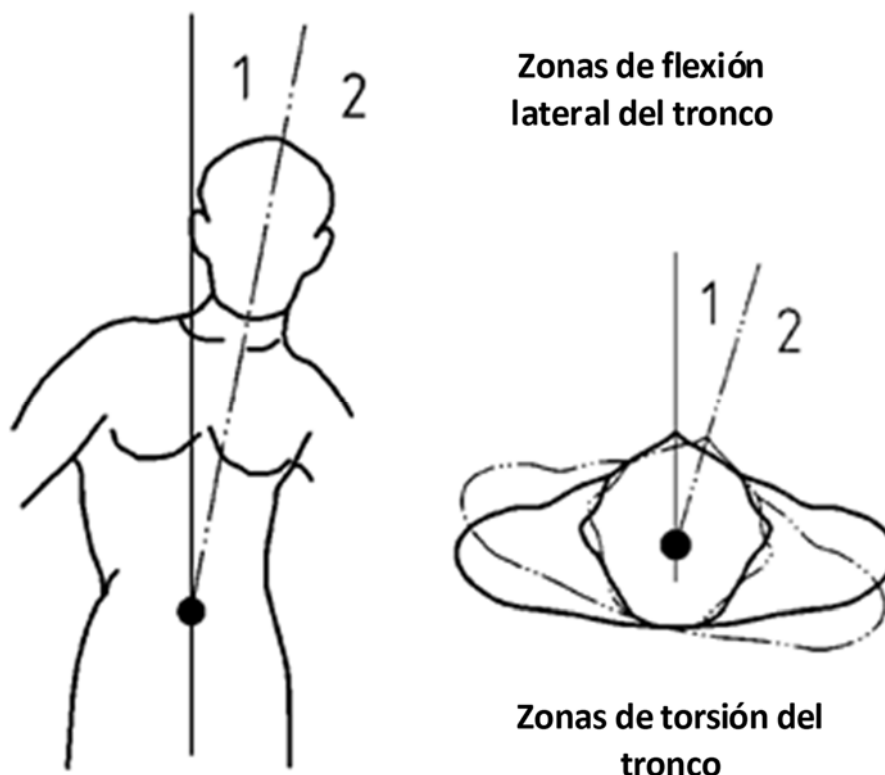
B. Tronco flexionado lateralmente o torsionado (es decir, la parte superior del tronco respecto a la inferior)

En la etapa 1, descrita más adelante, la clasificación en una de las zonas mostradas en la figura 9, viene determinada por la flexión lateral del tronco (hacia la izquierda o la derecha), así como por su giro (hacia la izquierda o la derecha).

Para una postura estática y frecuencias de movimiento altas y bajas (según sea el caso), la tabla proporciona los resultados de la evaluación para cada zona. En el caso de que dicho resultado sea "aceptable con condiciones", la etapa 2a, descrita a continuación, proporciona las condiciones para la asignación de las calificaciones "aceptable" o "no aceptable".

a) Etapa 1

Figura 9.- Zonas de flexión lateral y de torsión del tronco (UNE)



Pos 1 Flexión lateral o torsión del tronco poco visible (aproximadamente 10° o menos)

Pos 2 Flexión lateral o torsión del tronco claramente visible (aproximadamente 10° o más)

Tabla 3.- Evaluación de la flexión lateral o de la torsión del tronco (UNE)

Zona	Postura estática	Movimiento	
		Frecuencia baja (< 2/min)	Frecuencia alta (≥ 2/min)
1	Aceptable	ACEPTABLE	Aceptable
2	No aceptable	Aceptable con condiciones (etapa 2a)	No aceptable

b) Etapa 2

(a) No aceptable si la máquina puede ser empleada, durante períodos largos, por una misma persona.

3.2.3.2.- Postura de la extremidad superior

ISO 11226: 2000

A. Postura del hombro y del brazo

a) Paso 1:

Debe evaluarse la postura del hombro y del brazo

Tabla 4.- Criterios de valoración para la postura del hombro y del brazo (ISO)

Característica postural	ACEPTABLE	IR AL PASO 2	NO RECOMENDADO
1) Postura del brazo forzada ^(a)			
No			X
Si	X		
2) Elevación del brazo γ ^(b)			
> 60°			X
20°-60° sin apoyo total de la extremidad superior		X	
20°-60° con apoyo total de la extremidad superior	X		
0° - 20°	X		
3) Hombro levantado ^(c)			
No	X		
Si			X

(a) En la figura 10 se representa la retroflexión (codo por detrás del tronco, cuando miramos el cuerpo de perfil), la aducción (codo no visible cuando miramos desde detrás del tronco) y la rotación externa extrema del brazo (la rotación del hombro realizada hacia fuera alrededor del eje longitudinal del brazo).

(b) El ángulo γ viene determinado por la postura durante la ejecución de la tarea (en trazo oscuro) con respecto a la postura de referencia (línea discontinua).

Figura 10.- Algunas posturas no recomendables para el brazo

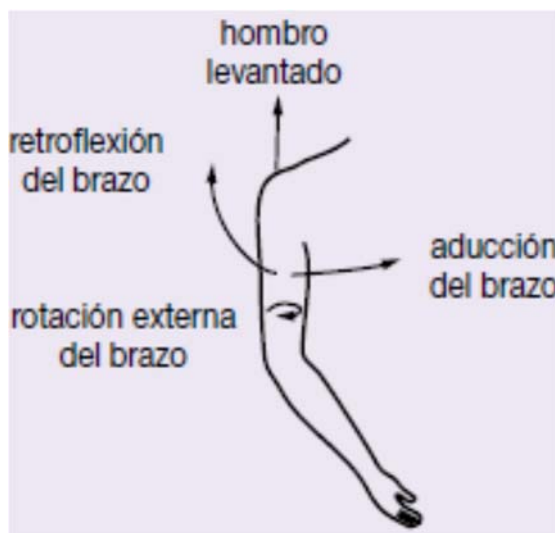
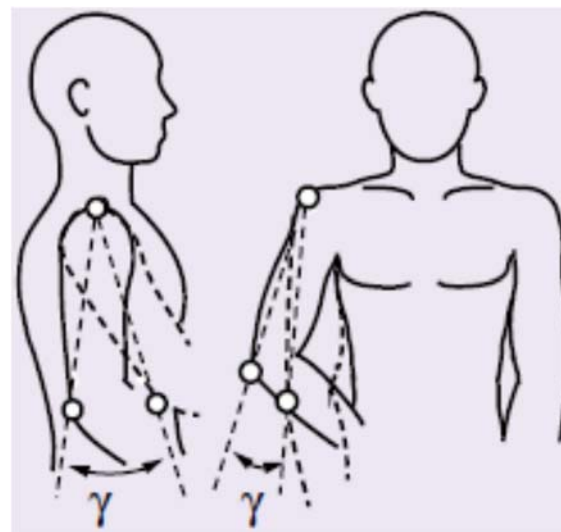


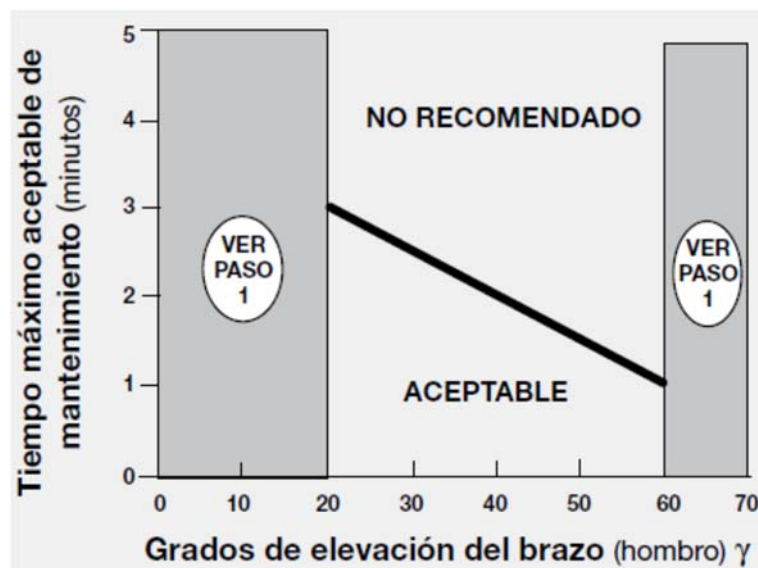
Figura 11.- Definición del ángulo γ para la evaluación de la postura del brazo



b) Paso 2:

Se evalúa el tiempo de mantenimiento de la elevación del brazo teniendo en cuenta el gráfico representado en la figura 12.

Figura 12.- Valoración del tiempo de mantenimiento de la postura del hombro



B. Postura del antebrazo y de la mano

a) Paso 1:

Se evaluarán las posturas de antebrazo y mano teniendo presente los puntos 1, 2 y 3 contemplados en la tabla 5.

Tabla 5.- Criterios de valoración para la postura del antebrazo y de la mano (ISO)

Característica postural	ACEPTABLE	NO RECOMENDADO
1) Flexión/extensión extrema del codo ^(a)		
No	X	
Si		X
2) Pronación/ supinación extrema del antebrazo ^(a)		
No	X	
Si		X
3) Postura extrema de la muñeca ^(b)		
No	X	
Si		X

(a) Ver figura 13

(b) Abducción radial/cubital y/o flexión/extensión de la muñeca

Figura 13.- Definición de algunas posturas del antebrazo y de la mano (ISO)

Pronación del antebrazo: palma de la mano hacia abajo

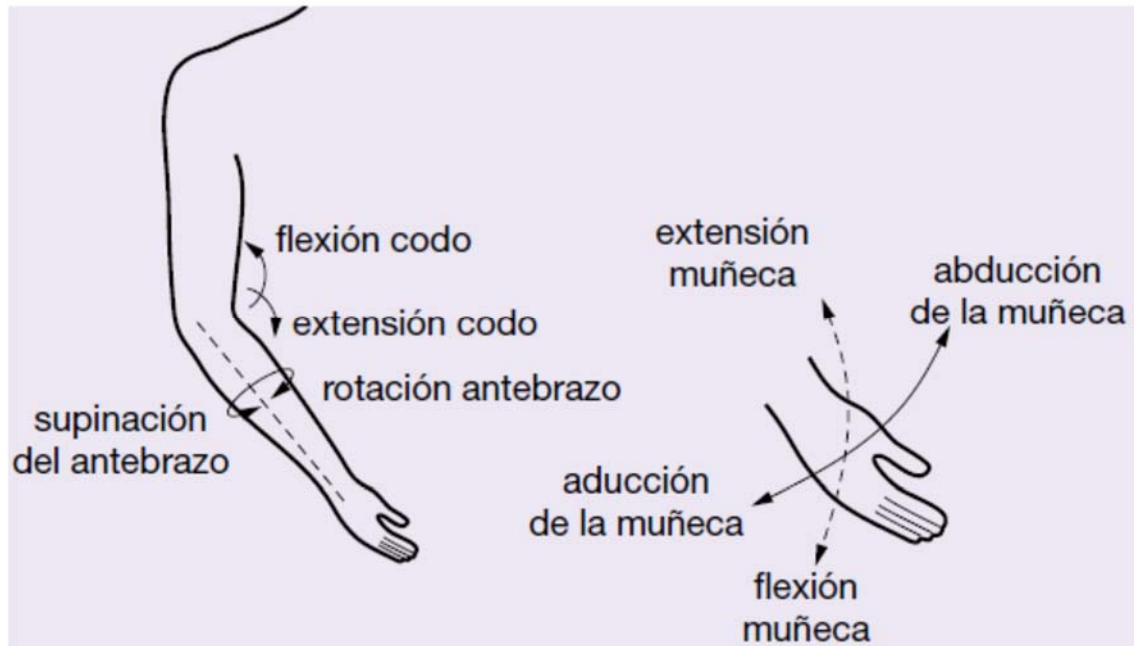
Supinación del antebrazo: palma de la mano hacia arriba

Abducción de la muñeca o desviación radial: pulgar hacia el antebrazo

Aducción de la muñeca o desviación cubital: meñique hacia el antebrazo

Flexión de la muñeca: palma de la mano hacia el antebrazo

Extensión de la muñeca: dorso de la mano hacia el antebrazo



UNE-EN 1005-4:2005+A1:2009

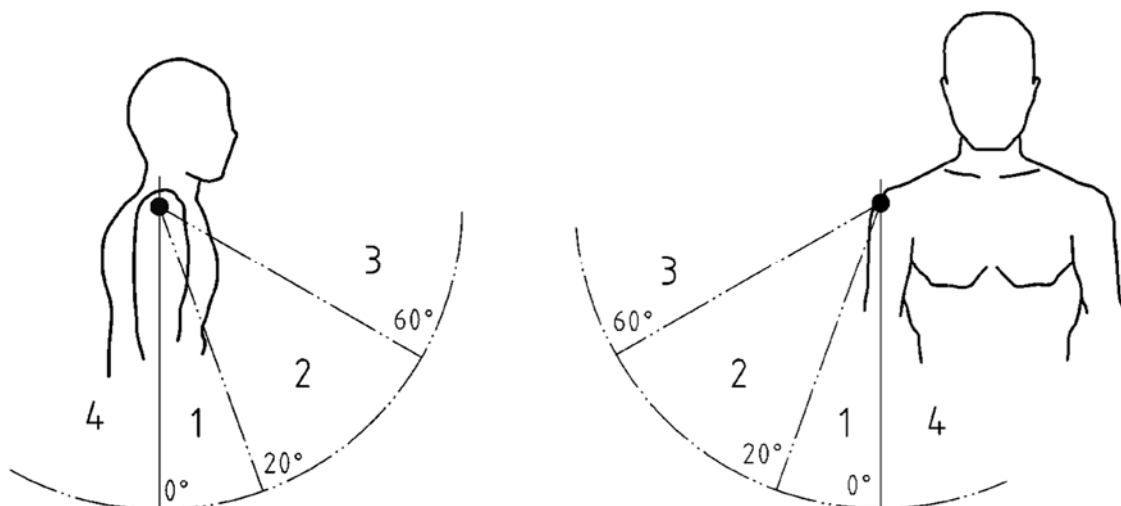
A. Brazo

En la etapa 1, la postura del brazo debe determinarse y clasificarse dentro de una de las zonas mostradas en la figura 14. (El capítulo A.3 de la Norma ISO 11226:2000 contiene una descripción detallada del procedimiento para la determinación de la postura y el movimiento del brazo).

Para una postura estática y frecuencias de movimiento altas y bajas (según sea el caso), la tabla 6 proporciona los resultados de la evaluación para cada zona. Si el resultado fuera "aceptable con condiciones", la etapa 2, proporciona las condiciones para la asignación de las calificaciones "aceptable" o "no aceptable".

El procedimiento se aplica para las posturas sentadas y de pie. Para otras posturas y movimientos de las extremidades superiores, véase 4.3.5.

Figura 14.- Zonas para las posturas del brazo (UNE)



La zona 4 hace referencia a la posición del brazo respecto al tronco, es decir, con el codo situado detrás del tronco, visto desde el lateral del tronco (parte izquierda de la figura 14) o con el codo no visible si se mira desde la parte de atrás del tronco (parte derecha de la figura 14). Las zonas 1, 2 y 3 hacen referencia al ángulo entre el brazo y la vertical, que es el ángulo "real", es decir, no depende de la dirección de visión, como ocurría en el caso de la zona 4.

a) Etapa 1

Tabla 6.- Evaluación de la postura del brazo (UNE)

Zona	Postura estática	Movimiento	
		Frecuencia baja (< 2/min)	Frecuencia alta (≥ 2/min)
1 ^a	Aceptable	ACEPTABLE	Aceptable
2	Aceptable con condiciones (etapa 2a)	Aceptable	Aceptable con condiciones (etapa 2c)
3	No aceptable	Aceptable con condiciones (etapa 2b)	No aceptable
4	No aceptable	Aceptable con condiciones (etapa 2b)	No aceptable
^a Se recomienda conseguir posturas de trabajo con los brazos colgando, en particular si la máquina puede ser empleada por la misma persona durante períodos prolongados, requiriendo además una postura estática sin el adecuado tiempo de recuperación o sin un apoyo apropiado para el cuerpo o bien si la frecuencia de movimientos es alta.			

b) Etapa 2

a) Aceptable si existe apoyo para todo el brazo. Si no es así, la aceptabilidad depende de la duración de la postura y del período de recuperación.

b) No aceptable si la máquina puede ser empleada durante períodos largos por una misma persona.

c) No aceptable si la frecuencia es ≥ 10/min o si la máquina puede ser empleada durante períodos largos por una misma persona.

NOTA El apoyo total para el peso del brazo puede ser conseguido, por ejemplo, situando el antebrazo o el codo sobre la máquina. No obstante, conviene señalar que un apoyo de cualquier tipo puede restringir el libre movimiento y dar lugar a puntos de presión localizados.

3.2.3.3.- Postura de la extremidad inferior

a) Paso 1:

La postura de la extremidad inferior se evalúa de acuerdo con la tabla 7. El ítem 3 de la tabla se refiere solo a la posición de pie, excepto cuando se utiliza un "apoyo de pie" (esto es, un dispositivo que permite descansar parte del peso del cuerpo en un pequeño asiento, mientras se permanece de pie). El ítem 4 de la tabla se refiere solo a la posición "sentado".

Se deberá prestar una atención especial en proporcionar:

- 1º una distribución equilibrada del peso del cuerpo sobre ambos pies cuando se está de pie o se usa un "apoyo de pie"

- 2º un apoyo adecuado del cuerpo mediante un asiento estable, un reposapiés, o un “apoyo de pie”, sea cualquiera el que se aplique
- 3º una posición favorable del tobillo y de la rodilla cuando se acciona un pedal estando sentado

Figura 15.- Algunas posturas de la extremidad inferior (ISO)

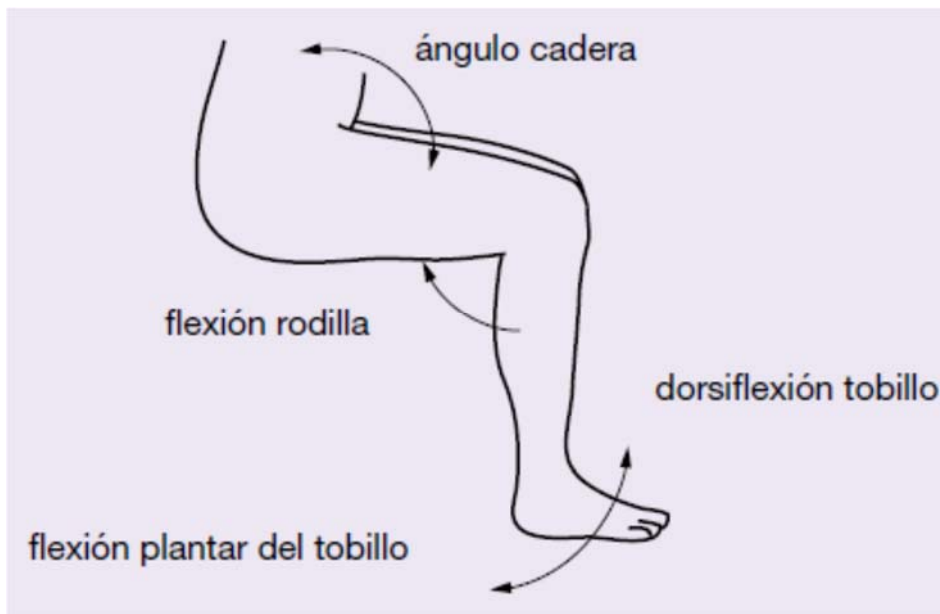


Tabla 7.- Criterios de valoración para la postura de la extremidad inferior (ISO)

Característica postural	ACEPTABLE	NO RECOMENDADO
1) Flexión extrema de la rodilla ^(a)		
No	X	
Si		X
2) Dorsiflexión/flexión plantar extrema del tobillo ^(a)		
No	X	
Si		X
3) Estando de pie (excepto cuando se use un apoyo de pie): Rodilla flexionada ^(b)		
No	X	
Si		X
4) Estando sentado: Ángulo de la rodilla ^(c)		
> 135°		X ^(d)
90° - 135°	X	
< 90°		X

(a) Ver figura 15

(b) Cualquier posición de la articulación diferente de 180° (muslo en línea con la pierna)

(c) 180° = muslo en línea con la pierna

(d) Aceptable con un tronco inclinado hacia atrás

3.2.3.4.- Cabeza y cuello

ISO 11226: 2000

A. Postura de la cabeza

a) Paso 1:

La postura de la cabeza debe evaluarse considerando tanto la inclinación de la cabeza (ítem 2 de la tabla 8), como la postura de la cabeza con respecto a la postura del tronco (ítems 1 y 3).

Figura 16.- Definición del ángulo β de inclinación de la cabeza (ISO)

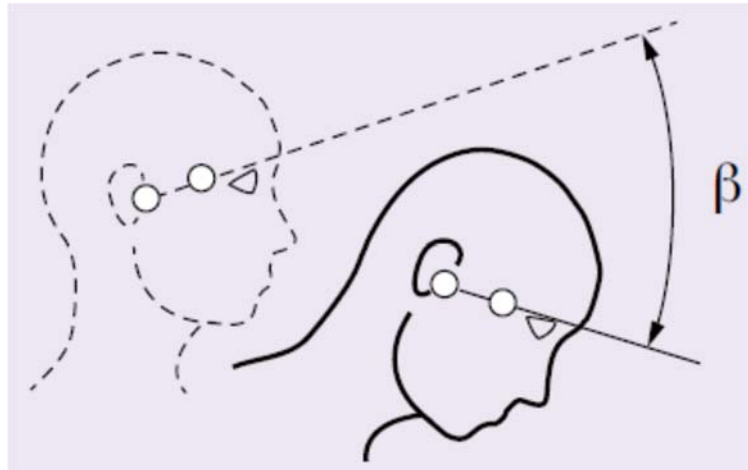


Tabla 8.- Criterios de valoración para la postura de la cabeza (ISO)

Característica postural	ACEPTABLE	IR AL PASO 2	NO RECOMENDADO
1) Postura del cuello simétrica ^(a)			
No			X
Si	X		
2) Inclinación de la cabeza β ^(b)			
> 85°			X
25°-85° sin apoyo total del tronco ^(c)			
ir al ítem 3			
25°-85° con apoyo total del tronco		X	
0° - 25°	X		
< 0° sin apoyo total de la cabeza			X
< 0° con apoyo total de la cabeza	X		
3) Flexión/extensión del cuello ($\beta - \alpha$) ^(b)			
> 25°			X
0° - 25°	X		
< 0°			X

(a) Una posición simétrica del cuello implica que no haya rotación axial (giro) ni flexión lateral de la cabeza con respecto a la parte superior del tronco (tórax).

(b) El ángulo β viene determinado por la postura de la cabeza durante la realización de la tarea (trazo continuo) con respecto a la postura de referencia (línea punteada). En el caso de la figura 16, β tiene signo positivo.

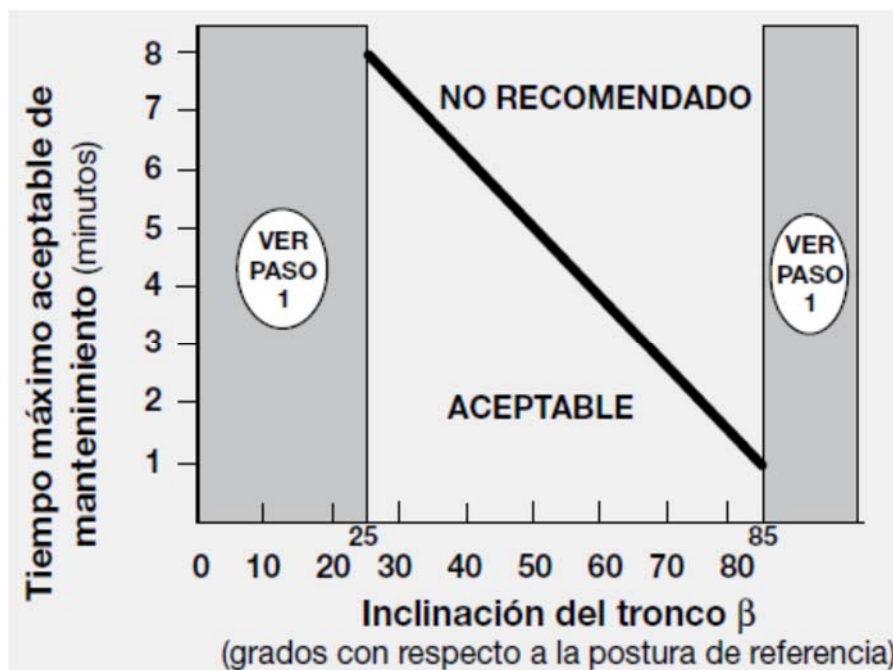
Hablamos de **flexión del cuello** cuando la diferencia " $\beta - \alpha$ " es positiva, y de **extensión del cuello** cuando es negativa (α es el ángulo de inclinación del tronco).

(c) Para una determinada inclinación de cabeza y de tronco, el tiempo en que este se mantiene inclinado es crítico, porque el tiempo máximo de mantenimiento aceptable para el tronco es menor que el tiempo máximo aceptable para la cabeza. En el caso de apoyo total del tronco, el tiempo de mantenimiento de la inclinación de la cabeza es crítico y deberá ser evaluado.

b) Paso 2:

Se debe evaluar el tiempo de mantenimiento de la inclinación de la cabeza. Para ello se tendrán en cuenta los límites aceptables propuestos en el gráfico de la figura 17

Figura 17.- Valoración del tiempo de mantenimiento de la postura de la cabeza



UNE-EN 1005-4:2005+A1:2009

La postura de la cabeza y el cuello debe ser evaluada considerando:

- la línea de visión hacia arriba o hacia abajo (dirección de la mirada)
- la flexión lateral del cuello
- su torsión

El procedimiento se aplica a las posturas sentadas y de pie.

a) Línea de visión hacia arriba o hacia abajo (dirección de la mirada)

Se emplea la línea de visión puesto que los ojos son capaces de percibir un área en torno a la línea de visión de, aproximadamente, 10° hacia arriba y 10° hacia abajo. El procedimiento de evaluación es una versión simplificada del procedimiento descrito en la Norma ISO 11226:2000

a) Etapa 1

la línea de visión hacia arriba o hacia abajo (dirección de la mirada) debe determinarse y clasificarse dentro de una de las zonas de la figura 18. Para una postura estática y frecuencias

de movimiento bajas o altas (según sea el caso), la tabla 9 proporciona los resultados de la evaluación para cada zona. Si el resultado fuera "aceptable con condiciones", la etapa 2a, descrita más adelante, proporciona las condiciones para la asignación de las calificaciones "aceptable" o "no aceptable".

Figura 18.- Zonas para la línea de visión hacia arriba o hacia abajo (dirección de la mirada) (UNE)

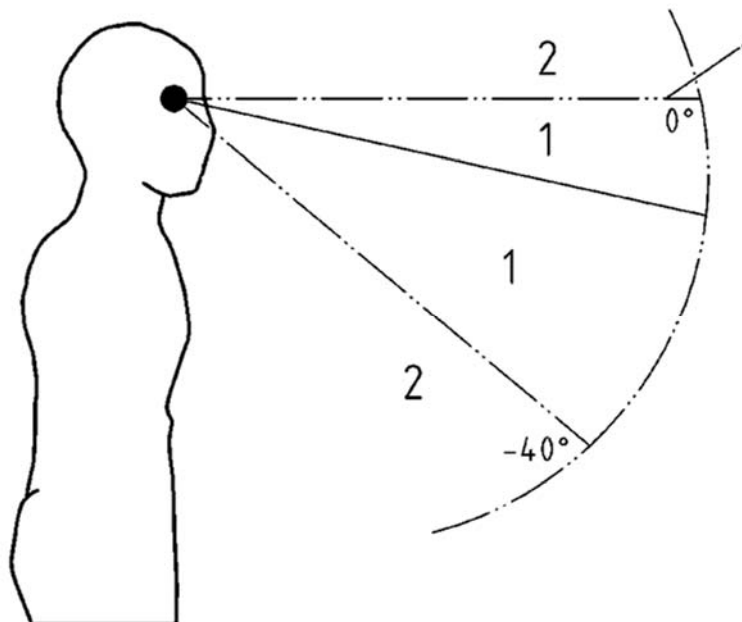


Tabla 9.- Evaluación de la línea de visión hacia arriba o hacia abajo (dirección de la mirada) (UNE)

Zona	Postura estática	Movimiento	
		Frecuencia baja (< 2/min)	Frecuencia alta (≥ 2/min)
1 ^a	Aceptable	ACEPTABLE	Aceptable
2	No aceptable	Aceptable con condiciones (etapa 2a)	No aceptable

^a Se recomienda que, en el caso de que el tronco esté erguido, se consiga que las líneas de visión (direcciones de la mirada) estén algo por debajo de la horizontal, en particular si la máquina puede ser empleada por la misma persona durante períodos prolongados, requiriendo además una postura estática sin el adecuado tiempo de recuperación o bien si la frecuencia de movimientos es alta.

b) Etapa 2

(a) No aceptable si la máquina puede ser empleada durante períodos largos por una misma persona.

b) Flexión lateral o torsión del cuello (es decir, de la cabeza respecto a la parte superior del tronco)

En la etapa 1 deben determinarse la flexión lateral del cuello (a la derecha o a la izquierda) y su torsión (a la izquierda o a la derecha) y clasificarse dentro de una de las zonas mostradas en las figuras 19 y 20, respectivamente. Para una postura estática y frecuencias de movimiento bajas o altas (según sea el caso), la tabla 10 proporciona los resultados de la evaluación para

cada zona. Si el resultado fuera "aceptable con condiciones", la etapa 2a, descrita más adelante, proporciona las condiciones para la asignación de las calificaciones "aceptable" o "no aceptable"

a) Etapa 1

Figura 19.- Zonas para la flexión lateral del cuello (UNE)

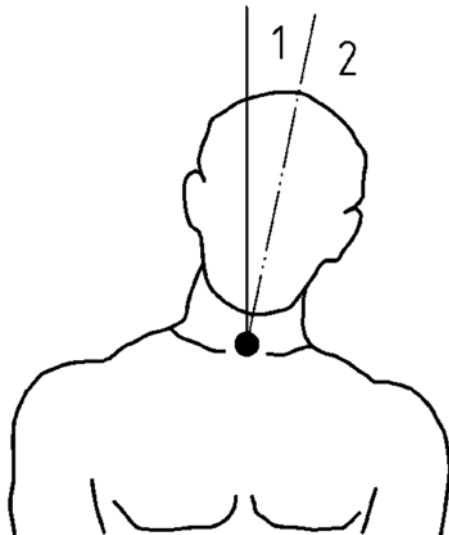


Figura 20.- Zonas para la torsión del cuello (UNE)

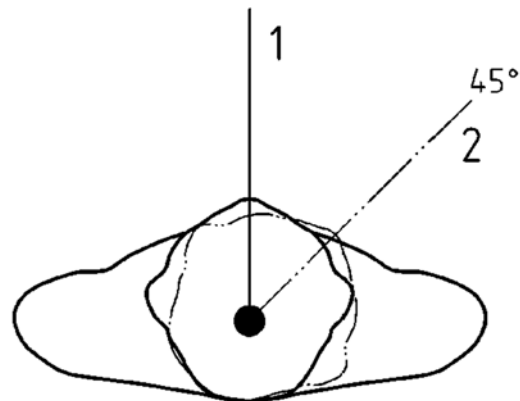


Tabla 10.-Evaluación de la flexión lateral o la torsión del cuello

Zona	Postura estática	Movimiento	
		Frecuencia baja (< 2/min)	Frecuencia alta (≥ 2/min)
1	Aceptable	ACEPTABLE	Aceptable
2	No aceptable	Aceptable con condiciones (etapa 2a)	No aceptable

b) Etapa 2

(a) No aceptable si la máquina puede ser empleada durante períodos largos por una misma persona.

3.2.3.5.- Otras partes del cuerpo UNE-EN 1005-4:2005+A1:2009

Para una postura estática y frecuencias de movimiento bajas o altas (según sea el caso) de cualquier otra parte del cuerpo no evaluada anteriormente. El procedimiento se aplica a las posturas sentadas y de pie, excepto que se especifique otra cosa.

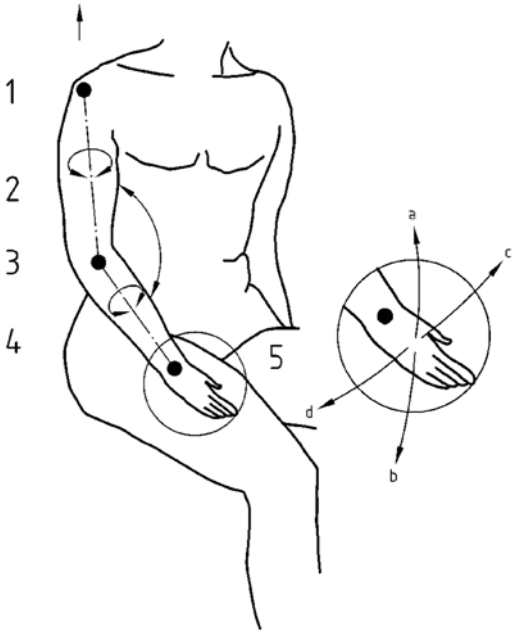
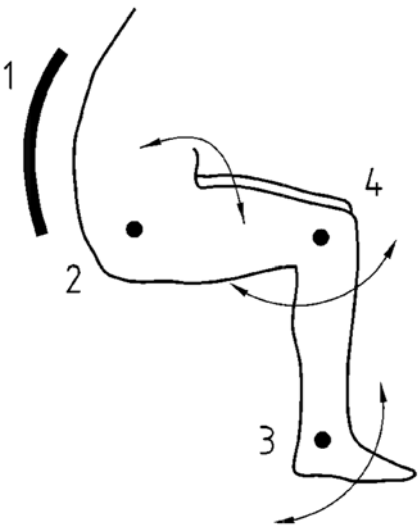
3.2.3.1.- Evaluación del resto de partes del cuerpo

Postura estática: es decir, posturas incómodas tales como mantener convexa la parte baja de la espalda (estando sentado), tener la rodilla extendida o elevada sin que el tronco esté inclinado hacia atrás (estando sentado), tener la rodilla flexionada (estando de pie), los hombros elevados, el peso corporal no distribuido por igual sobre ambos pies (estando de pie) y posiciones de las articulaciones cerca de los límites de su rango de movimientos (como ejemplos, véanse las figuras 21 y 22). Siempre NO ACEPTABLE

Movimiento: tal como flexión de la rodilla (estando de pie), elevación de hombros y aproximación de las articulaciones a los límites de sus rangos de movimiento ^a (como ejemplo, véanse las figuras 21 y 22)

- Frecuencia baja (< 2/min): Aceptable
- Frecuencia alta (≥ 2 /min): No aceptable

(a) Para las articulaciones, se recomienda conseguir que los movimientos que excedan los límites de sus rangos de movimiento se produzcan con una frecuencia baja. Véase el capítulo A.4 de la Norma ISO 11226:2000 para un procedimiento de determinación de las posiciones de una articulación próximas al límite del rango de movimiento.

Figura 21.- <i>Extremidades superiores (UNE)</i>	Figura 22.- <i>Parte inferior de la espalda y extremidades inferiores (UNE)</i>
	
<p>1.- Hombro 2.- Brazo 3.- Codo 4.- Antebrazo 5.- Muñeca a. Dorso de la mano movida hacia el antebrazo b. Palma de la mano movida hacia el antebrazo c. Pulgar movido hacia el antebrazo d. Dedo meñique movido hacia el antebrazo</p>	<p>1.- Parte baja de la espalda 2.- Cadera 3.- Tobillo 4.- Rodilla</p>

3.2.4.- Procedimiento para determinar las posturas de trabajo

La norma ISO 11226:2000, en su anexo A, incluye un procedimiento para medir la inclinación del tronco y de la cabeza, la flexión/extensión del cuello y la elevación del brazo, basado

en el uso del vídeo o de la fotografía (medidas bidimensionales) y/o, mediante sistemas de medición optoelectrónicos tridimensionales o por ultrasonidos.

También contempla el uso de un goniómetro para determinar posiciones extremas de algunas articulaciones.

Para aplicar este procedimiento deben marcarse dos puntos en cada uno de los segmentos corporales afectados. Para ello se requiere que:

- 1) Los puntos estén relacionados con el segmento corporal
- 2) Sean detectables por el sistema de medida
- 3) No estén muy próximos uno del otro (con el objeto de reducir el error de la medición).

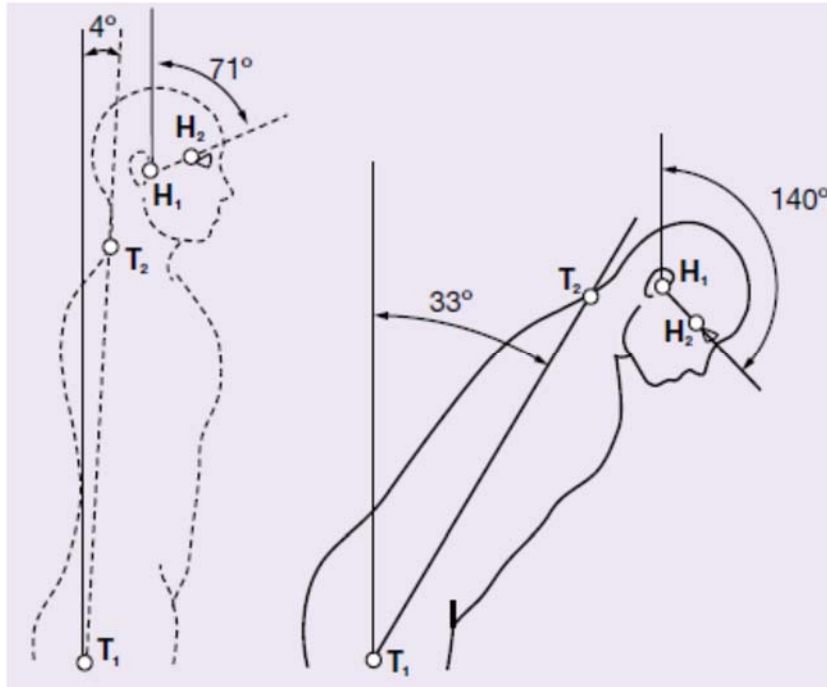
Lo principal es que se empleen los mismos puntos en la medición de la postura de referencia y en la de trabajo.

La norma propone el empleo de unos determinados puntos, pero podrían emplearse otros, siempre que se cumplan los requisitos anteriores.

3.2.4.1.- Procedimiento para medir la inclinación del tronco, de la cabeza y la flexión/extensión del cuello

Los segmentos tronco y cabeza se definen por una línea recta que pasa por dos puntos situados en el segmento, visto desde un lado del cuerpo.

Figura 23.- Medición de los ángulos de inclinación de la cabeza y del tronco en la postura de referencia y en la de trabajo (ISO)



El procedimiento es:

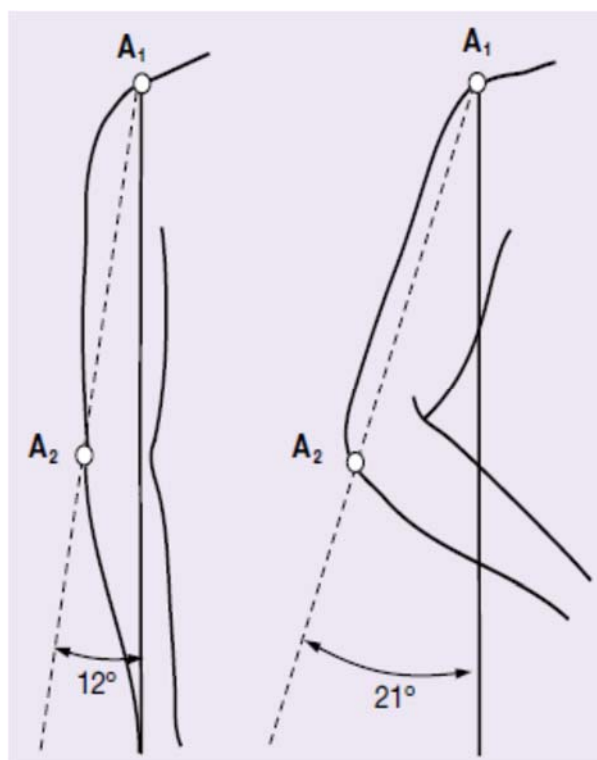
- 1º marcar dos puntos de medida en el tronco, por ejemplo:
 - en el eje superior del trocánter mayor (señalado en la figura 23 como T1)
 - en el proceso espinoso de la vértebra 7ª cervical (señalado como T2)

- 2º dos puntos en la cabeza, por ejemplo:
 - junto al lóbulo de la oreja (H1)
 - al rabillo del ojo (H2).
- 3º se mide el ángulo formado por la vertical y la línea a lo largo del segmento corporal (T1 - T2 para el tronco, H1 - H2 para la cabeza) en la postura de referencia.
- 4º Se mide el ángulo formado por la vertical y la línea que pasa por el mismo segmento T1 - T2 para el tronco y H1 - H2 para la cabeza en la postura adoptada durante la ejecución de la tarea.
- 5º Por último, la inclinación del segmento corporal, denominada α para el tronco y β para la cabeza, se calcula como la diferencia entre el ángulo en la postura de referencia y el ángulo en la postura de trabajo.

La flexión/extensión del cuello (es decir, la posición de la cabeza con respecto al tronco) es la diferencia entre la inclinación de la cabeza y la inclinación del tronco, señalada como $\alpha - \beta$.

3.2.4.2.- Procedimiento para medir la elevación del brazo

Figura 24.- Medición de los ángulos de elevación (abducción en la figura) del hombro en la postura de referencia y en la de trabajo



Los pasos siguientes se refieren a ángulos reales, es decir, que no dependen del punto desde dónde miremos al realizar la medición. El procedimiento es:

- 4º marcar dos puntos en el brazo; el segmento "brazo" se define como una línea recta que pasa por los puntos:
 - en la articulación acromio-clavicular (señalada en la figura 24 como A1)

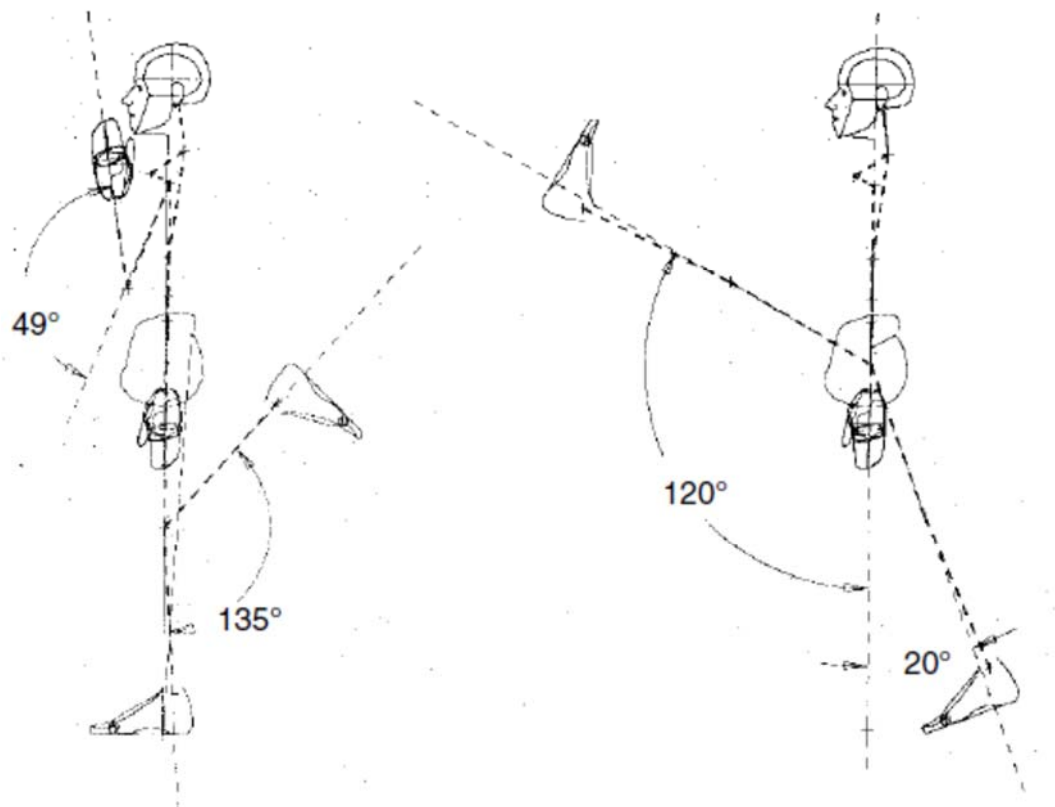
- la húmero-radial (A2).
- 5º medir el ángulo entre la vertical y la línea que pasa a lo largo del brazo (A1-A2) en la postura de referencia (ver figura 24).
- 6º medir el ángulo entre la vertical y la línea del brazo en la postura adoptada durante la tarea.
- 7º Por último, se calcula la elevación del brazo como la diferencia entre el ángulo en la postura de referencia y el ángulo en la postura de trabajo (al que hemos denominado γ anteriormente).

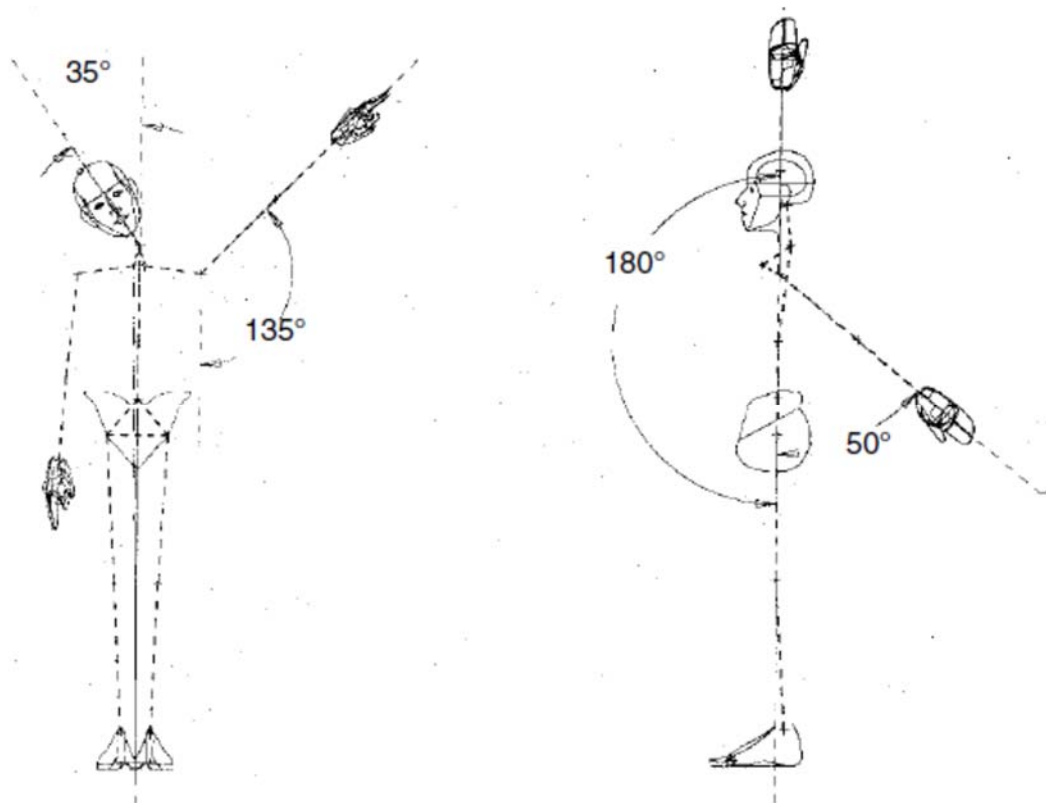
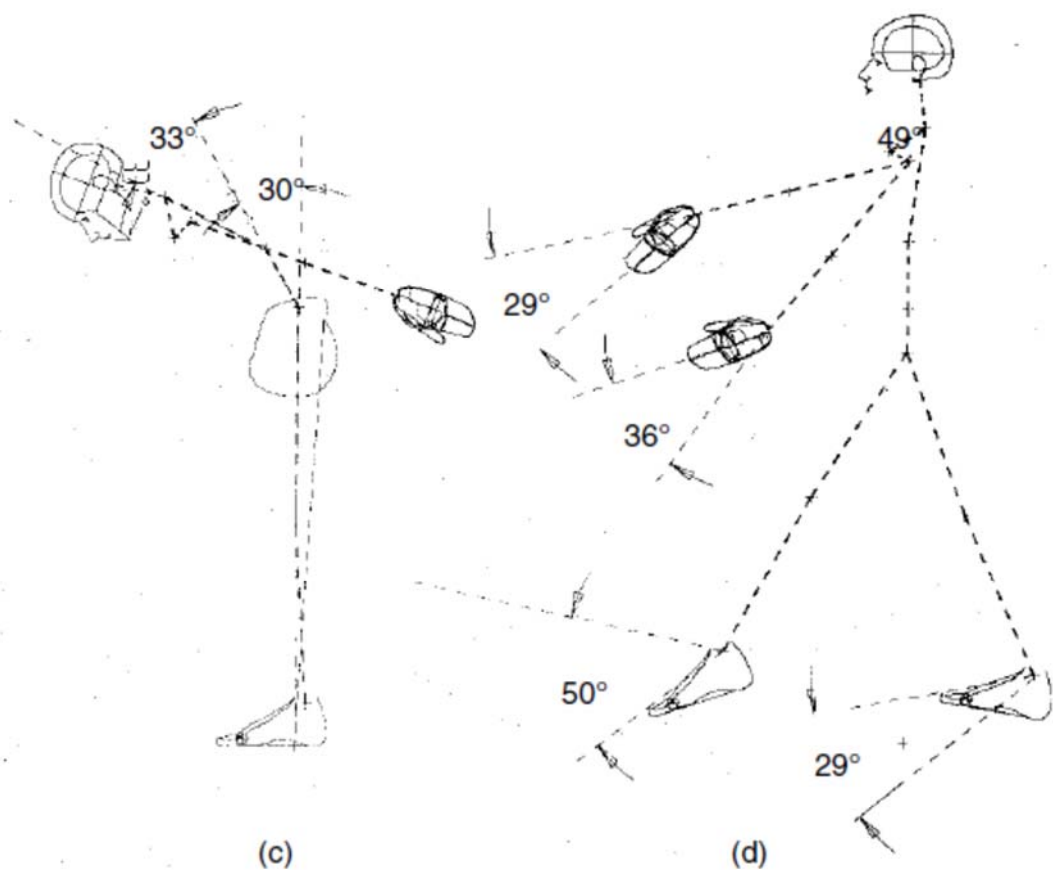
4.- ÁNGULOS DE CONFORT Y ANGULOS LIMITE

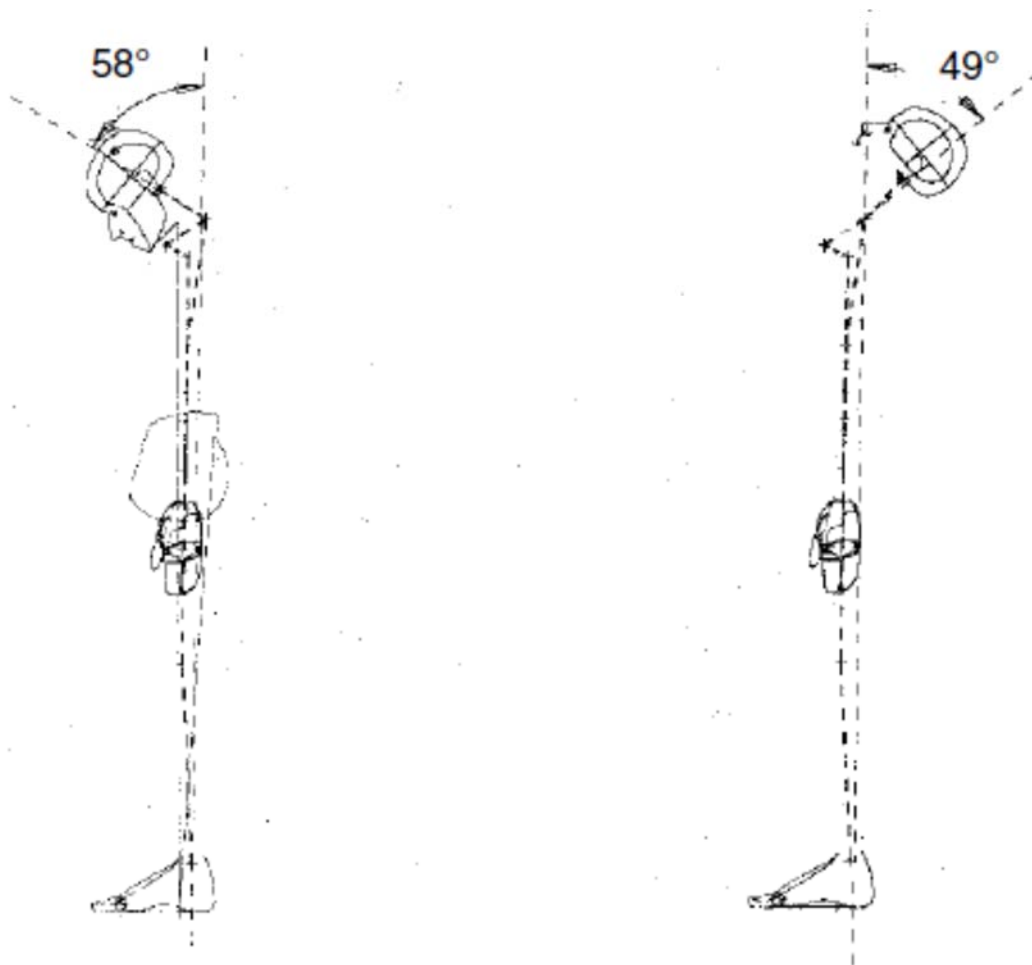
4.1.- ANGULOS LIMITE

Los movimientos que podemos realizar con las diversas articulaciones de las personas tienen unos ángulos límites, fuera de los cuales no se puede llevar ningún miembro, si bien es cierto que también aquí existen diferencias en función de los individuos, podemos caracterizar los ángulos con unos valores de referencia que agrupan a la mayoría de la población, excepción hecha de algunas patologías específicas que pueden aumentar la elasticidad de contorsionistas, de roturas de huesos mal soldadas.

Figuras de algunos ángulos límites relevantes







4.2.- ÁNGULOS DE CONFORT

En cualquier actividad(trabajo) adquirimos posturas, estas deben ser consideradas como aceptables, (posturas más funcionales o definidas como cómodas) y que significan un menor riesgo para el sistema músculo-esquelético, es decir, que están sometidas a una mínima tensión estática

Es necesario verificar si los diversos valores angulares del cuerpo y/o segmentos corporales se encuentran incluidos en los rangos de movilidad o de desplazamiento que las personas pueden adoptar para alcanzar una condición de confort, puesto que, las posturas cómodas no son únicas.

Se dice, por lo demás, que la mejor postura es aquella que está por venir, la próxima. En este sentido la ubicación espacial de las articulaciones ha dado origen, según variados estudios, a los denominados ángulos de confort o ángulos de comodidad.

Los ángulos de confort de un movimiento articular varían de una articulación a otra y, para una misma articulación varía según el eje de rotación considerado. En cada caso, los ligamentos, los extremos óseos, las masas musculares y el estiramiento de los músculos imponen límites diferentes a la amplitud del desplazamiento.

Existen variaciones individuales con relación a:

- la edad
- el sexo

- la constitución física del sujeto
- al entrenamiento
- a ciertas enfermedades patológicas o traumáticas.

Es necesario considerar en el contexto del desempeño de una actividad, factores como:

- la aplicación de fuerzas
- la frecuencia de esta aplicación y el tiempo de exposición.

Al mismo tiempo, en situación de trabajo es necesario considerar las trabas de movimiento de las extremidades a causa de la vestimenta y otros accesorios incorporados a la persona.

El estudio y la determinación de los valores otorgados a los ángulos de confort se obtienen, primordialmente, por medio de la información suministrada por muestras de sujetos encuestados a través de:

- técnicas de observación directa
- fotografías
- grabaciones de vídeo
- por medio de la medición del desplazamiento de los segmentos

Existen otros procedimientos, como por

- el análisis de datos anatomopatológicos obtenidos de observaciones clínicas y constataciones radiológicas
- los valores de la intensidad de la contracción de los músculos posturales obtenidos por métodos electroneuromiográficos

Algunos autores entregan valores angulares para diferentes puestos de trabajo. Entre ellos, Wisner y Rebiffé (1963); para el puesto de conducción de automóviles (datos que se presentarán más adelante). También, Bialoskorski y Mascot (1976), reúnen y reexaminan los valores angulares de diversos autores (Yllo y Lundervold, 1958, Avon y Schmitt, 1975) para el diseño de una máquina de escribir ergonómica.

Existe una apreciable cantidad de datos de referencias que conciernen los ángulos de confort, que son de gran utilidad para el diseñador. Podemos mencionar, por ejemplo, los datos obtenidos por Murrell (1969), Pheasant (1988), los reproducidos por Panero (1983) y Croney (1978), o bien, los de Alvin (1994).

4.3.- LA NORMA ISO 11226: 2000

Existe una considerable variabilidad en los rangos de valores de los movimientos articulares recogidos en las publicaciones científicas. Basándose en esta literatura, la norma proporciona algunas indicaciones de los límites del rango de movimientos para aquellas posiciones extremas de las articulaciones mencionadas en la norma.

En la tabla siguiente se recogen estos valores límites.

Tabla 11.-Valores límites del movimiento articular

PARÁMETRO POSTURAL	RANGO DEL MOVIMIENTO
Rotación externa del brazo	90°
Flexión del codo	150°
Extensión del codo	10°
Pronación del antebrazo	90°
Supinación del antebrazo	60°
Abducción radial de la muñeca	20°
Abducción cubital de la muñeca	30°
Flexión de la muñeca	90°
Extensión de la muñeca	90°
Flexión de la rodilla	40°
Dorsiflexión del tobillo	20°
Flexión plantar del tobillo	50°

4.4.- ÁNGULOS LÍMITE Y DE CONFORT DE DIVERSOS AUTORES

A. ALVIN R. TILLEY - THE MEASURE OF MAN AND WOMAN: HUMAN FACTORS IN DESIGN - HENRY DREYFUSS ASSOCIATES- REVISED EDITION

Figura 25.- Ángulos de movimiento de partes del cuerpo (lateral)

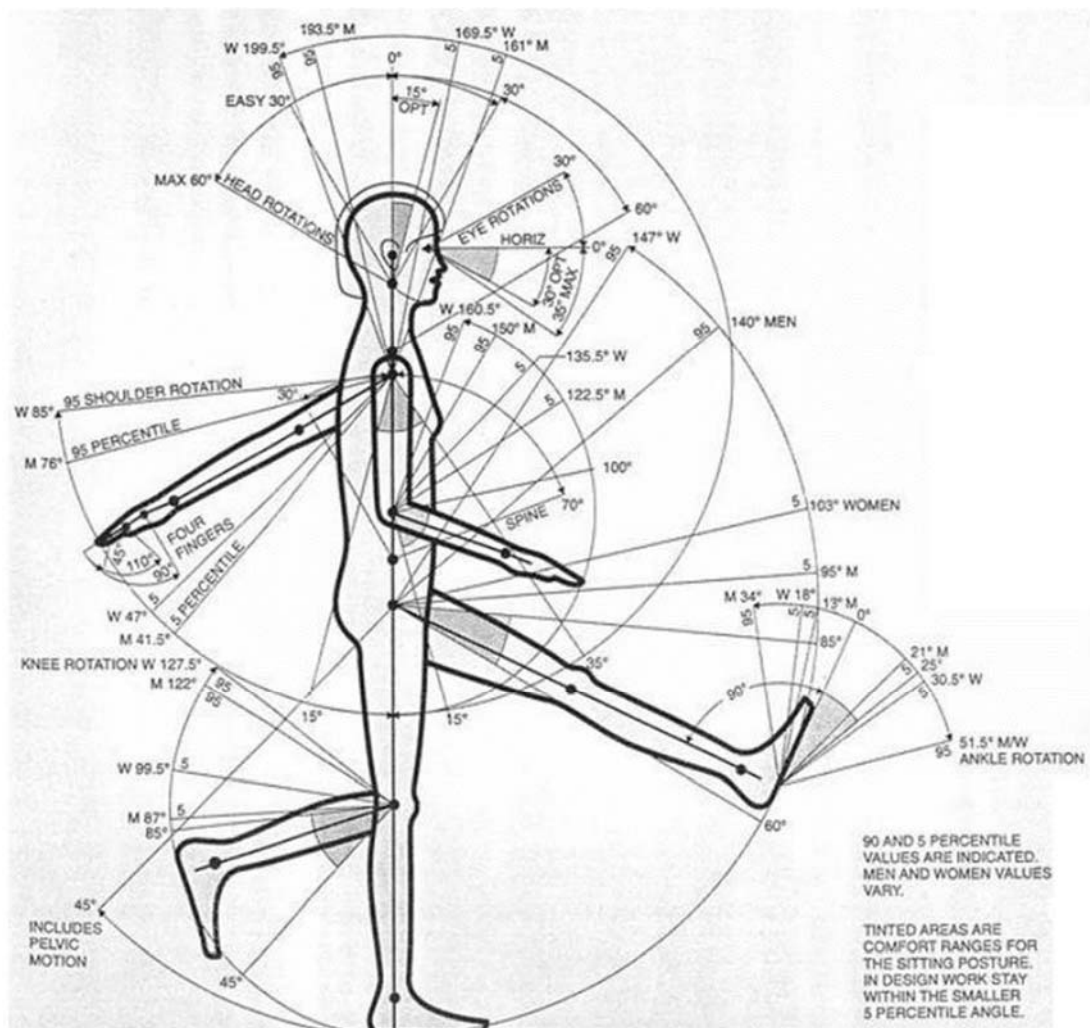


Figura 27.- *Ángulos de movimiento de partes del cuerpo (extremidades inferiores vista superior)*

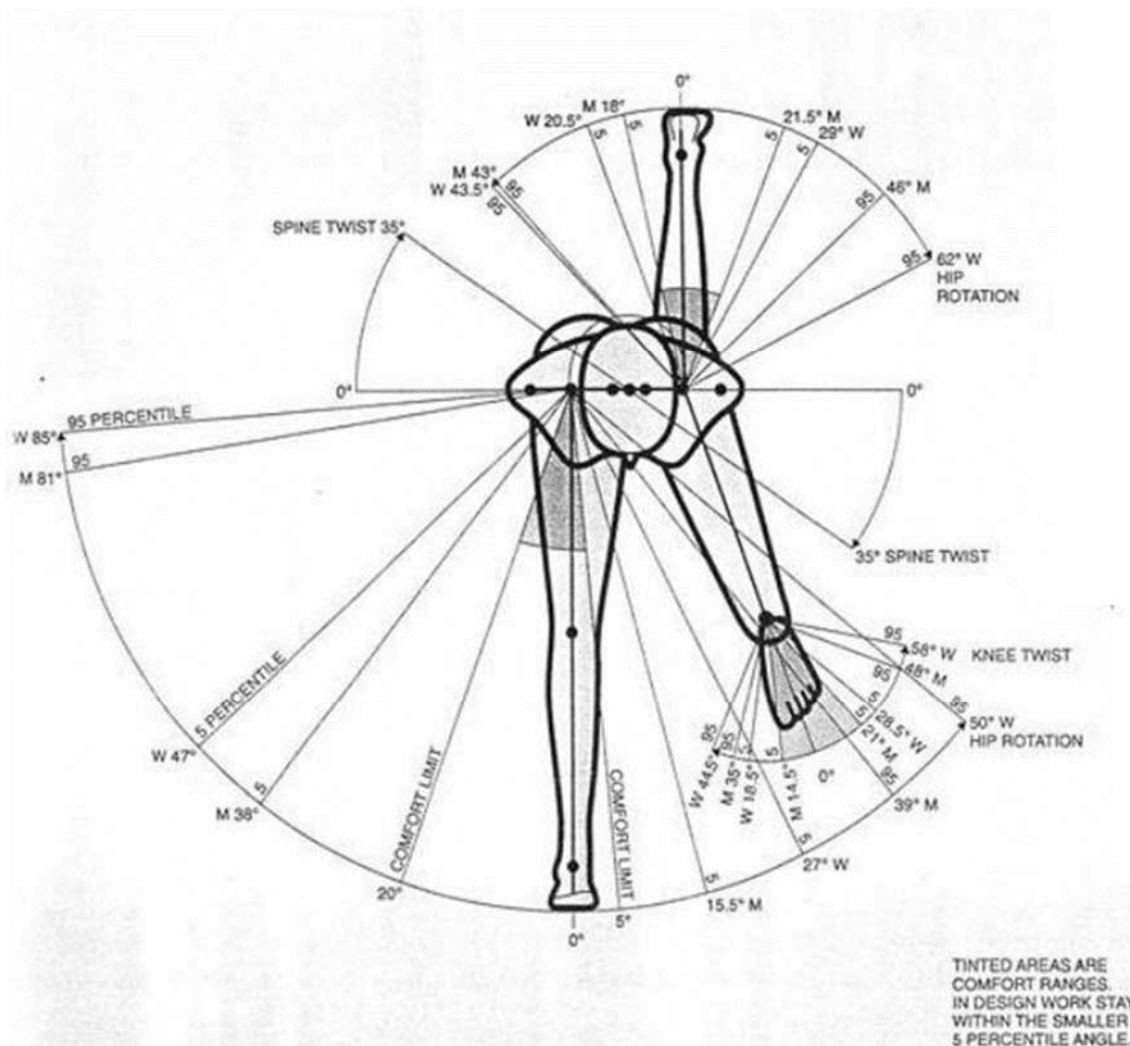


Figura 28.- *Ángulos de movimiento de partes del cuerpo (vista superior extremidades superiores)*

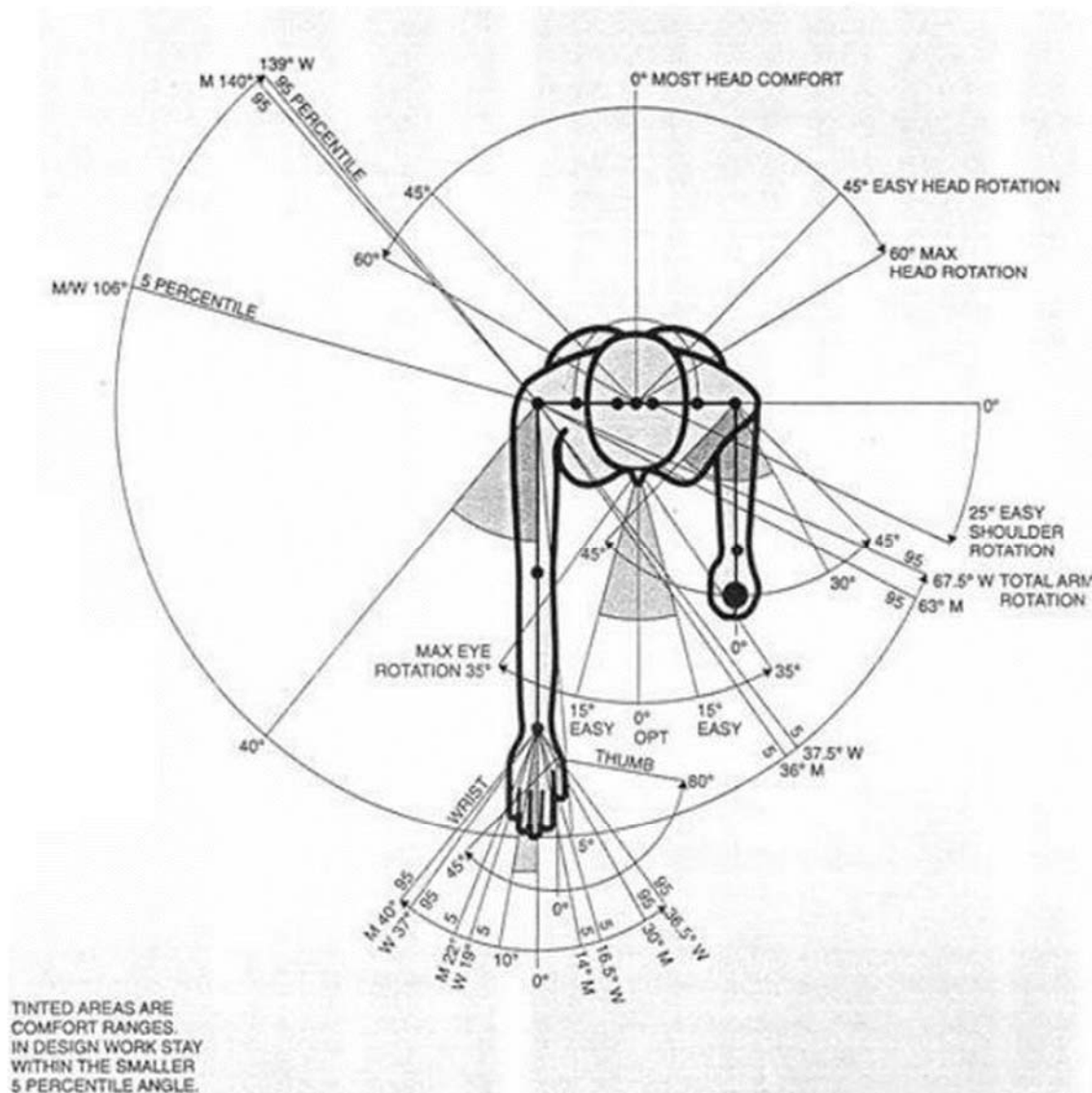
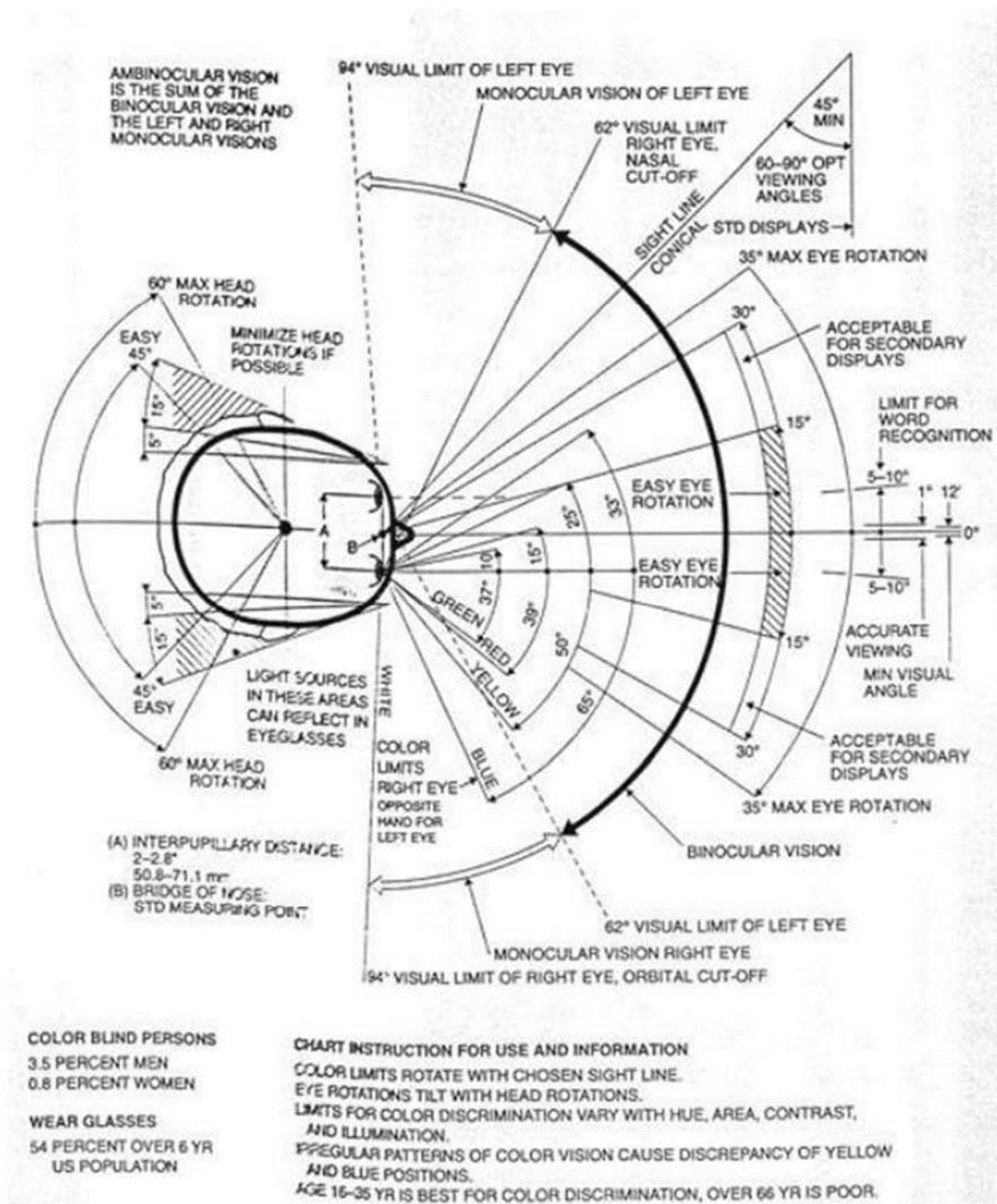


Figura 30.- Ángulos de las características visuales (planta)



B. JOHN CRONEY "ANTROPOMETRIA PARA DISEÑADORES", 1978

- Flexión del hombro a partir de la horizontal hasta la parte posterior de la cabeza. Extensión del hombro hasta la parte posterior de la línea central del cuerpo. Flexión del codo.
- Hiperextensión del hombro detrás del cuerpo y abducción del hombro situando el brazo extendido diagonalmente frente al cuerpo.
- Rotación del codo.
- d flexión del codo hada/a línea medial

Figura 31.- *Ángulos límites extremidades (JOHN CRONEY 1)*

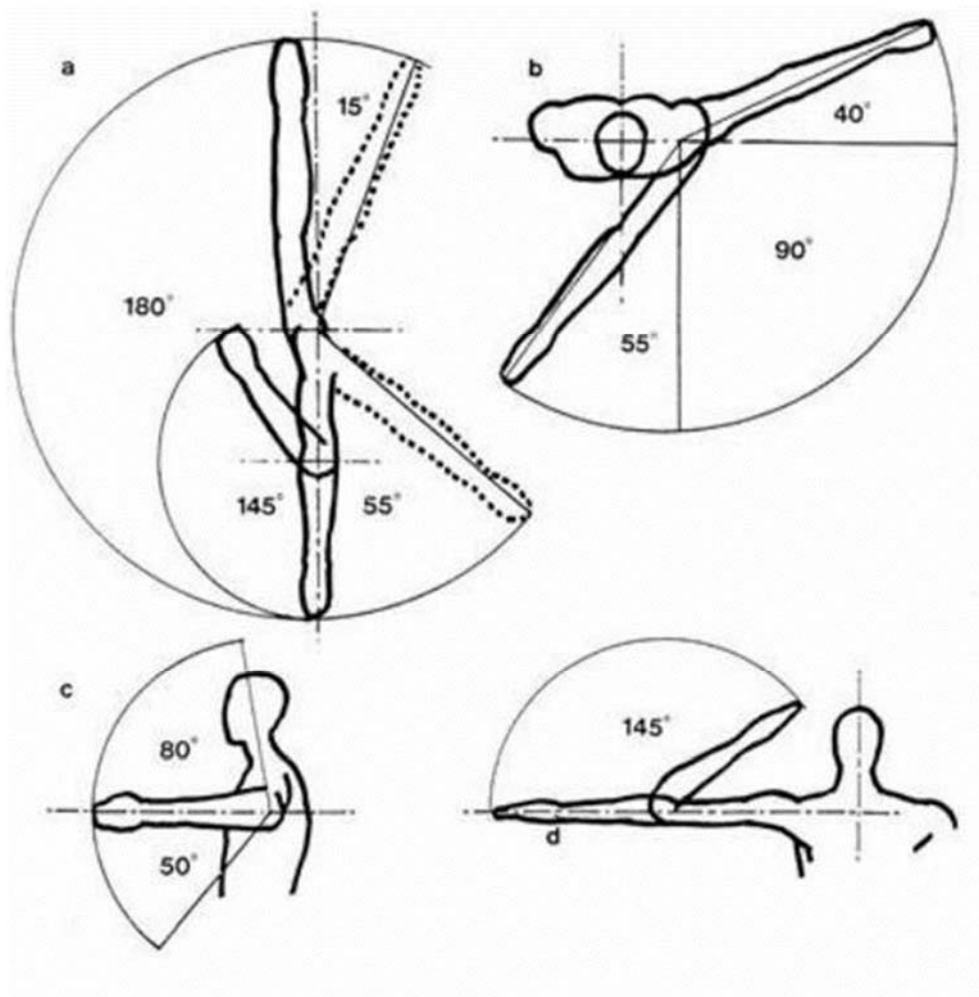
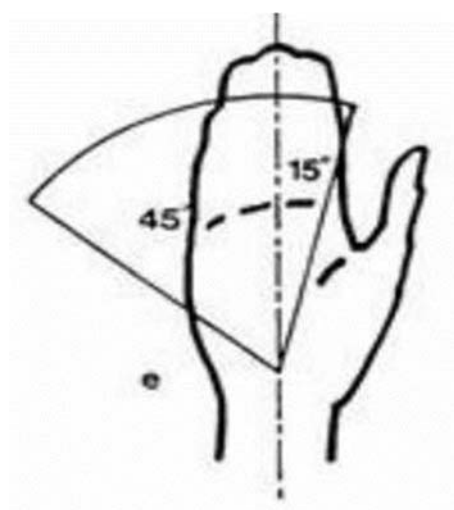
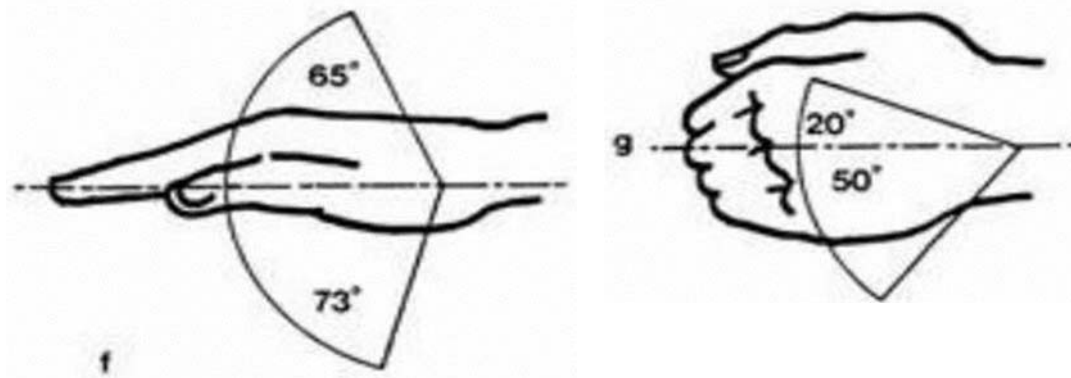


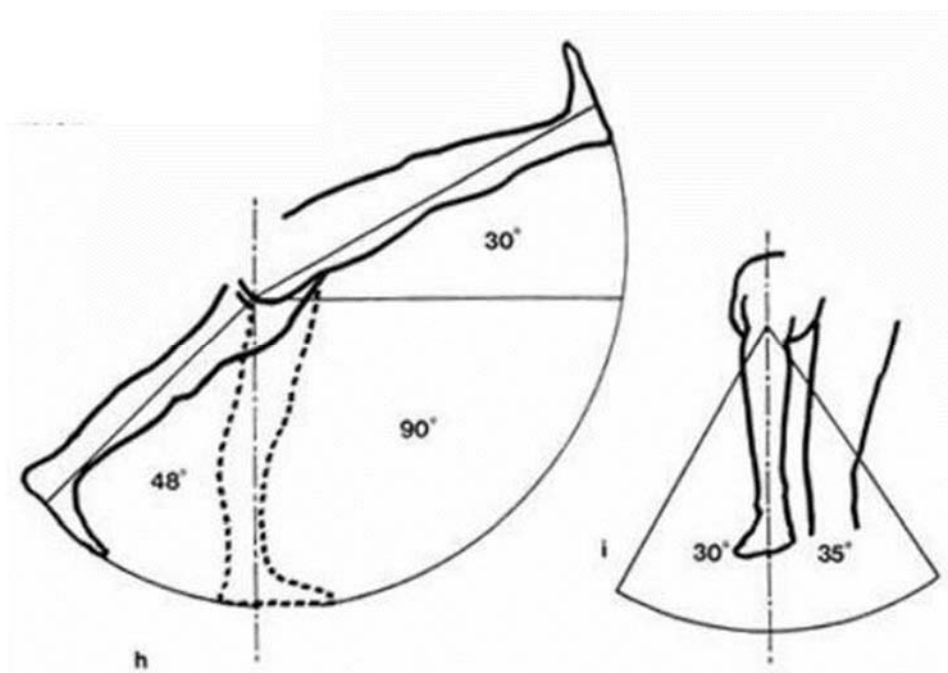
Figura 32.- *Ángulos límites extremidades (JOHN CRONEY 2)*





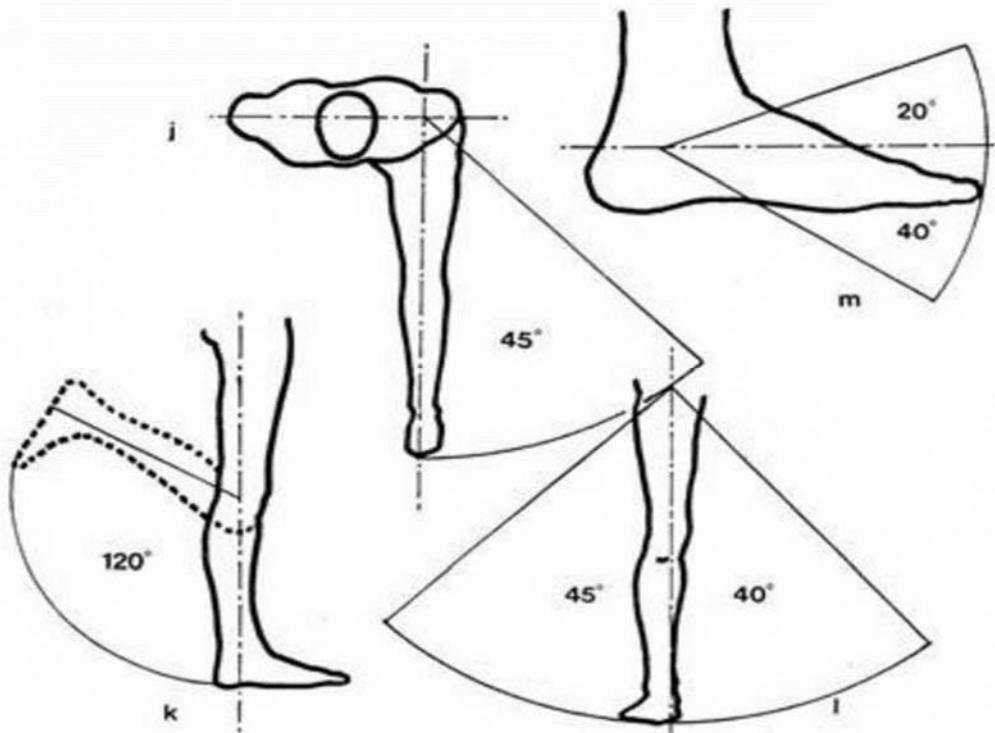
- e) Con la palma vuelta hacia el frente, aducción de la muñeca hacia la línea medial del cuerpo y abducción de la muñeca.
- f) Dorsiflexión de la muñeca y flexión de la palma. El antebrazo está pronado.
- g) Flexión de la muñeca y extensión del antebrazo supinado en el plano perpendicular.

Figura 33.- Ángulos límites extremidades (JOHN CRONEY 3)



- h) Flexión de la cadera encima de la línea horizontal, extensión e hiperextensión por detrás de la línea de gravedad.
- i) Rotación de la cadera, lateral y medial.

Figura 34.- *Ángulos límites extremidades (JOHN CRONEY 4)*



- j) Balanceo de la cadera, lateral y medial.
- k) Flexión de la rodilla.
- l) Aducción de la cadera atravesando la línea medial del cuerpo y abducción.
- m) Flexión dorsal del tobillo, encima de la línea central y flexión plantar.

C. P. MONDELO. ERGONOMÍA 3. ÁNGULOS DE VISIÓN

Figura 35.- *Ángulos de visión perfil*

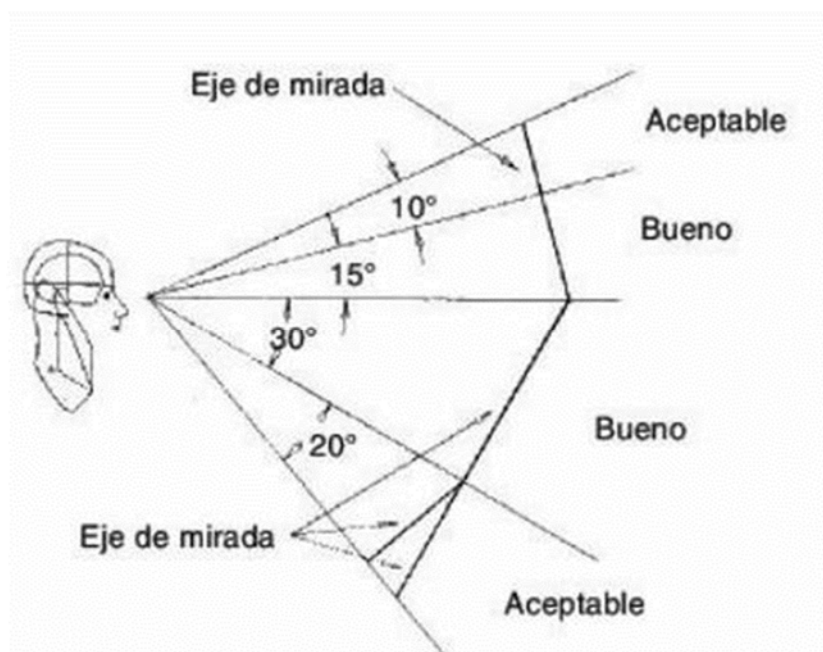
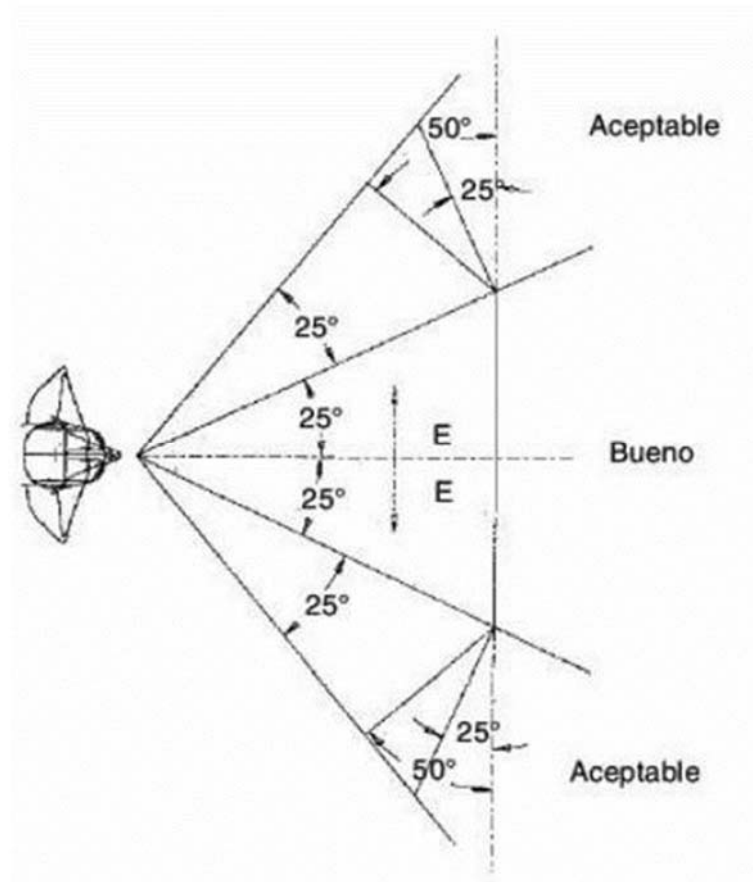
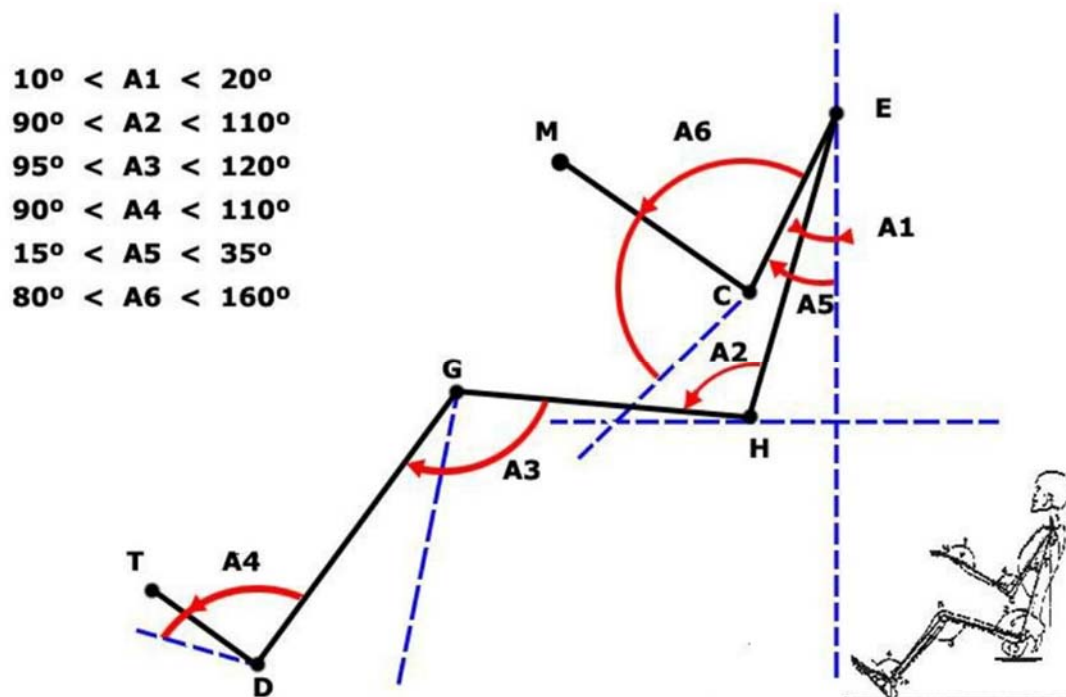


Figura 36.- *Ángulos de visión planta*



D. Wisner, A. y Rebiffe, R., 1963

Figura 37.- *Rangos de confort de algunos ángulos del puesto de trabajo de conducción*



1º. Ángulo A.1

Delimitado por la vertical y el segmento hombro-cadera, varía en función de la tarea que se deba desarrollar. En efecto, se sabe que los ojos no pueden estar mucho tiempo fuera de la posición de equilibrio (ángulo de confort visual) entre los diversos músculos oculares. La cabeza se colocará en una posición tal, que la visión se haga en condiciones satisfactorias. El ángulo entre el cuello y el segmento espalda-cadera no podrá ser superior a 25° , ni inferior a 10° . Fuera de estos límites, aparece una fatiga importante a nivel de nuca.

En la práctica, el valor A.1 está alrededor de 15° .

2º. Ángulo A.2

Está definido por los segmentos hombro-cadera, y cadera-rodilla. El muslo debe quedar paralelo al suelo, y no debe, en ningún caso, estar inclinado hacia abajo, so pena de comprimir el paquete neurovascular de la cara posterior del muslo, por el borde de la silla.

El ángulo A.2 debe estar comprendido entre 90° y 110° .

3º. Ángulo A.3

Está delimitado por los segmentos cadera-rodilla y rodilla-tobillo. Los valores límites de este ángulo están comprendidos entre 95° y 120° , con el fin de evitar un riesgo circulatorio, así como una hiperextensión de la pierna.

4º. Ángulo A.4

Es el que forma el segmento rodilla-tobillo con una recta paralela a la planta del pie.

Se trata de una dimensión crítica, como testimonian los calambres sufridos por algunas personas después de un trabajo prolongado. El valor del ángulo debe estar comprendido entre 90° y 110° máximo.

5º. Ángulo A.5

Este ángulo está limitado por el segmento hombro-codo y la vertical pasando por el hombro.

Hemos visto que el segmento hombro-cadera forma con la vertical un ángulo A.1 de 15° cuando la persona está sentada normalmente.

El brazo no puede encontrarse detrás del segmento cadera-hombro, pues es proyectado hacia adelante por la forma del respaldo. Para evitar una fatiga de los músculos de los miembros superiores, el ángulo A.5. no debe de pasar de un valor máximo de 35° .

Los valores límites del ángulo A.5 serán, pues, de 15° y 35° . El ángulo puede ser de 45° cuando los codos reposen sobre un apoyo.

6º. Ángulo A.6

El ángulo A.6. está limitado por el segmento hombro-codo y el segmento codo-muñeca. Los límites de los movimientos son muy largos; estos límites de confort han sido evaluados de 80° a 160° .

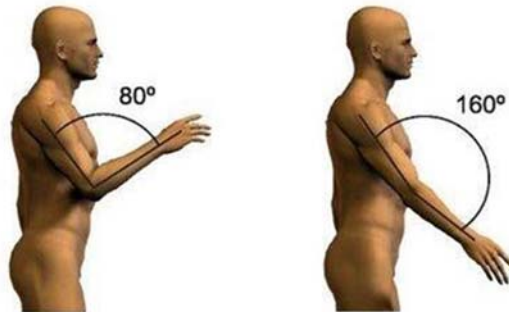
7º. Ángulo A.7

Está limitado por el segmento codo-muñeca y el segmento puño-articulación metacarpo-falanges. En lo que concierne al puesto de trabajo, se dará al ángulo A.7 un valor de 180° .

E. ÁNGULOS DE CONFORT DE GRANDJEAN

Figura 38.- Ángulos de confort de Grandjean (1)

FLEXIÓN Y EXTENSIÓN CODO



FLEXIÓN Y EXTENSIÓN HOMBRO

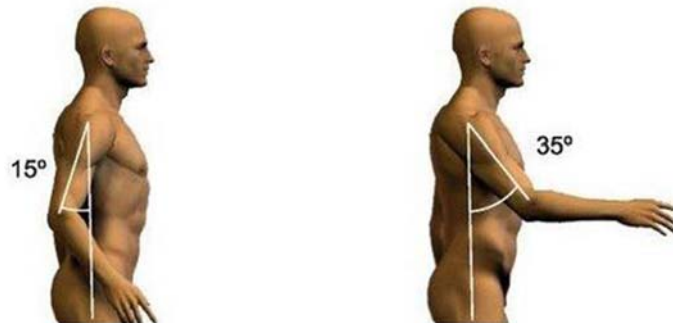
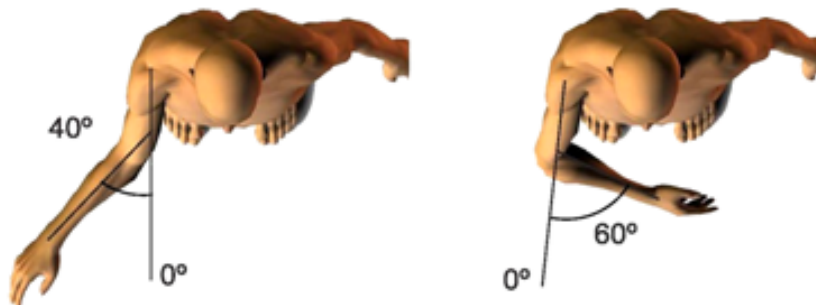


Figura 39.- Ángulos de confort de Grandjean (2)

ABDUCCION Y EXTENSION CODO

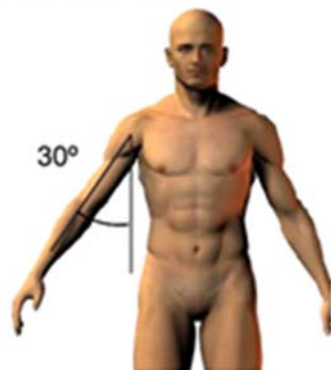


EXTENSION Y FLEXION FÉMUR



Figura 40.- Ángulos de confort de Grandjean (3)

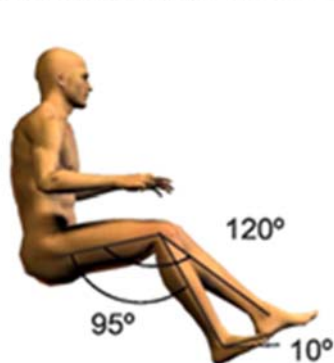
ABDUCCION HOMBRO



FLEXIÓN TRONCO



FLEXION Y EXTENSION PIERNA



20°

