

Metodologías en evaluación de riesgos biomecánicos y su análisis con sistema de captura 3D

RANDE, MARZO 2012

César André Rivas

*Coordinador del Área de Ergonomía
y Psicosociología Aplicada de Galicia
Sociedad de Prevención de FREMAP*

Metodologías en evaluación de riesgos biomecánicos y su análisis con sistema de captura

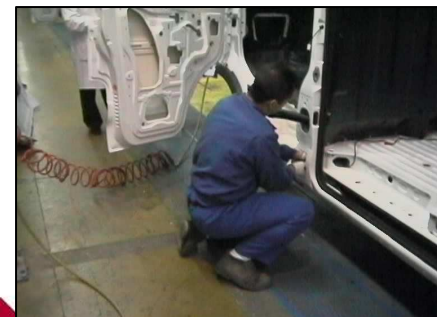
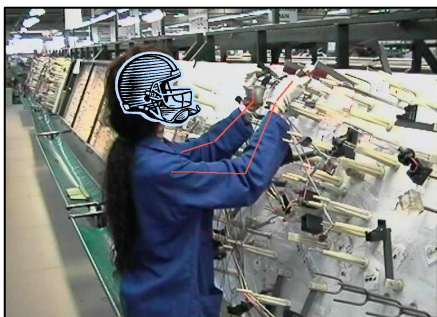
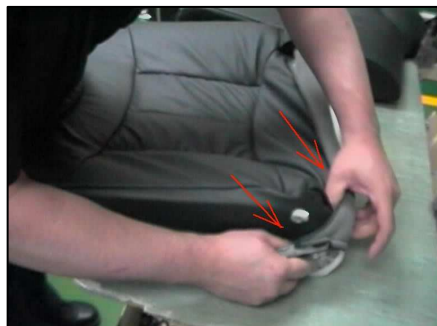
Contenido:

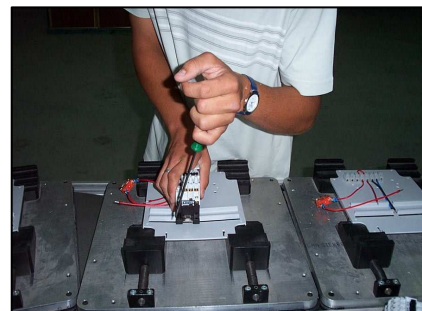
- ***Necesidad de una aplicación avanzada***
- **Intervención con aplicaciones avanzadas. Métodos.**
- ***Limitaciones en las aplicación avanzadas***
- ***Uso de Herramientas de análisis biomecánico con captura en tiempo real***
 - *Aplicaciones al diseño y al rediseño.*



- ¿HAY RIESGO?









- ¿Y SU NIVEL?



CONTENIDOS DEL MÓDULO

- Metodologías de manipulación manual de cargas.
- Metodologías de posturas.
- Metodologías de manipulación repetitiva de alta frecuencia.





MANIPULACION MANUAL DE CARGAS

METODOS



National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)

1994: Determina el límite de peso recomendado (LPR), a partir del cociente de siete factores



EN 1005-2:2003, ISO 11228-1:2003

Ambas normas técnicas (la europea y la internacional) se han basado en el trabajo previamente publicado por el NIOSH



National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)

- ➔ **Biomecánico:** limita el estrés en la región lumbosacra, que es más importante en levantamientos poco frecuentes pero que requieren un sobreesfuerzo.
- ➔ **Fisiológico:** limita el estrés metabólico y la fatiga asociada a tareas de carácter repetitivo.
- ➔ **Psicofísico:** limita la carga basándose en la percepción que tiene el trabajador de su propia capacidad.

Método aplicable a todo tipo de tareas, excepto a aquellas en las que se da una frecuencia de levantamiento elevada (de más de 6 levantamientos por minuto).



Límite de peso recomendado

$$\text{LPR} = \text{LC} \cdot \text{HM} \cdot \text{VM} \cdot \text{DM} \cdot \text{AM} \cdot \text{FM} \cdot \text{CM} \cdot \text{MM} \cdot \text{MP} \cdot \text{MO}$$

LC : constante de carga

HM : fact. de dist. horizontal

VM : fact. de altura

DM : fact. de desplaz. Vertical

AM : fact. de asimetría

FM : factor de frecuencia

CM : factor de agarre

MM: 1 ó 2 manos

MP: 1 ó 2 personas

MO: Otras actividades molestas

→ **EN-1005-2**



Constante de carga

Ecuación del NIOSH

Constante de masa	% M+H	% M	% H
23	XX	75	90



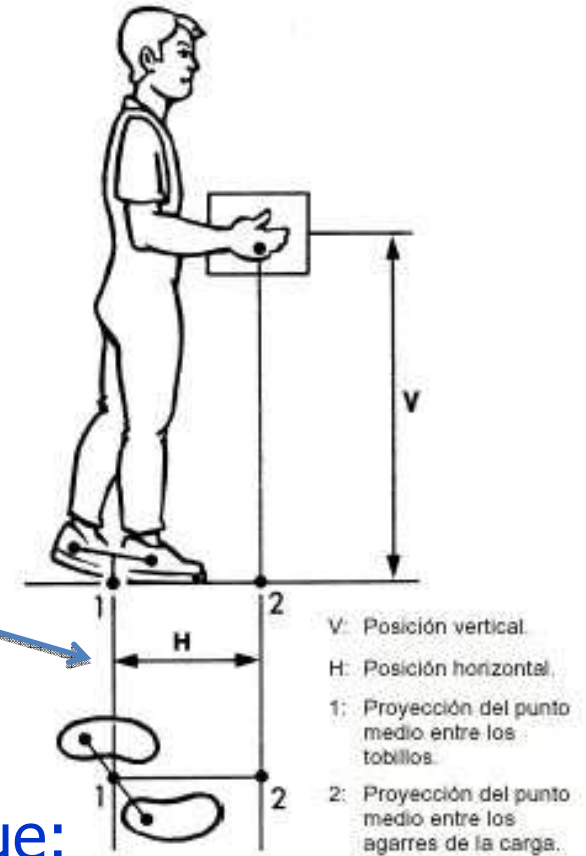
Constante de carga

Ecuación EN-1005-2

	Constante de masa	% M+H	% M	% H	Población usuaria	
Uso Doméstico	5				Niños y ancianos	Población total
	10	99	99	99	General	
Uso Profesional	15	95	90	99	Trabajadores (jóvenes y adultos)	Población trabajadora en general
	25	85	70	95	Trabajadores adultos	
	30	Datos no disponibles			Trabajadores especializados	Trabajadores especializados Circunstancias especiales
	35					
	40					

Factor desplazamiento horizontal

La distancia horizontal (H).



(HM) se determina como sigue:

$$HM = 25 / H$$

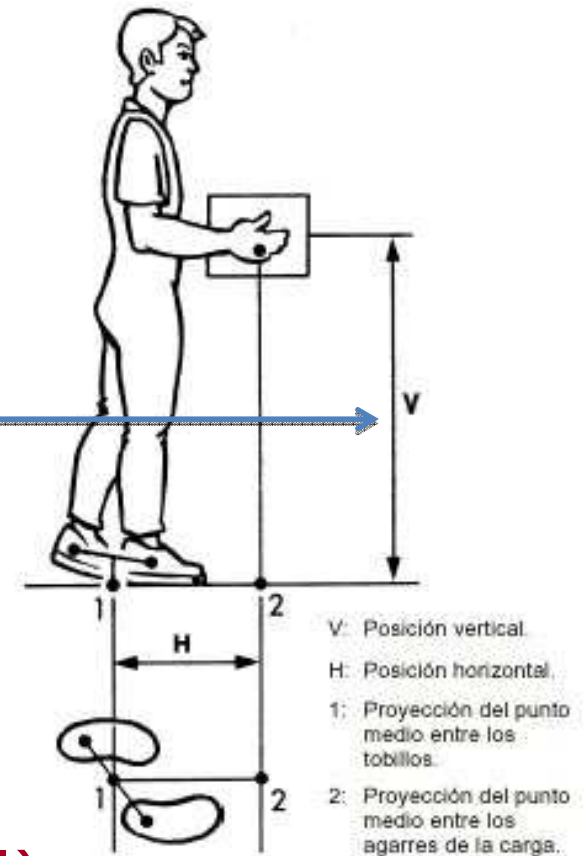
El comité del NIOSH escogió un **60% de disminución** del peso respecto a la constante de carga para el levantamiento más alejado (63 cm).



VM

Factor altura (recogida / dejado)

La distancia vertical (V).



(VM) se determina:

$$VM = (1 - 0,003 |V - 75|)$$

El comité del NIOSH escogió **un 22,5% de disminución** del peso respecto a la constante de carga para el levantamiento hasta el nivel de los hombros y para el levantamiento desde el nivel del suelo.



Factor de desplazamiento vertical

Es la distancia vertical que se desplaza la carga.

(DM) se determina:

$$D = |V_1 - V_2|$$

$$MD = 0,82 + (4,5/D)$$

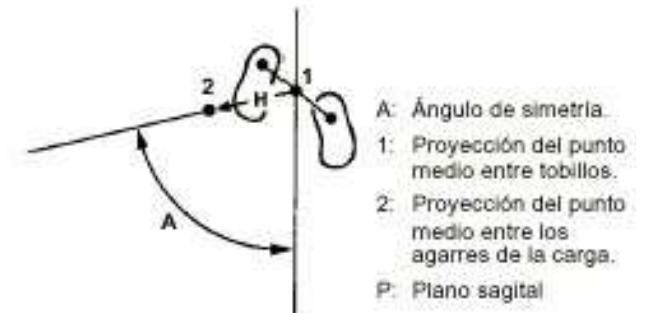
El comité definió un **15% de disminución** en la carga cuando el desplazamiento se realice desde el suelo hasta más allá de la altura de los hombros



Ángulo de asimetría (A).

(AM) se determina:

$$MA = (1 - (0,0032 \cdot A))$$



El comité escogió un **43% de disminución** para levantamientos que impliquen giros del tronco de 135°.



Factor de acoplamiento

Las cargas dotadas de buenos acoplamientos o asas, facilita la elevación y reduce la posibilidad de caídas.

(CM) se determina:

TIPO DE AGARRE	FACTOR DE AGARRE (CM)	
	V < 75	V ≥ 75
Bueno	1	1
Regular	0,95	1
Malo	0,90	0,90



Calidad del agarre

Bueno	Malo	Regular
Recipientes de diseño óptimo en los que las asas o asideros perforados en el recipiente hayan sido diseñados optimizando el agarre.	Recipientes de diseño óptimo con asas o asideros perforados en el recipiente de diseño subóptimo	Recipientes de diseño subóptimo, objetos irregulares o piezas sueltas que sean voluminosas, difíciles de asir o con bordes afilados
Objetos irregulares o piezas sueltas cuando se puedan agarrar confortablemente; es decir, cuando la mano pueda envolver fácilmente el objeto	Recipientes de diseño óptimo sin asas ni asideros perforados en el recipiente, objetos irregulares o piezas sueltas donde el agarre permita una flexión de 90° en la palma de la mano	Recipientes deformables



Factor de frecuencia

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

Corta duración	Periodos de trabajo inferiores a 1 h y seguido de un periodo de recuperación igual o superior a 1,2 veces el de trabajo
Duración moderada	Periodos de trabajo superior a 1 h e inferior a 2 h e ir seguido de un periodo de recuperación igual o superior a 0,3 veces el de trabajo
Larga duración	Periodos de trabajo de más de 2 horas y un max. de 8



Frecuencia (elev/min)	Duración del trabajo (h)					
	≤ 1		$> 1 \leq 2$		$> 2-8$	
	V<75 cm	V $\geq$ 75 cm	V<75 cm	V $\geq$ 75 cm	V<75 cm	V $\geq$ 75 cm
0,2	1	1	0,95	0,95	0,85	0,85
0,5	0,97	0,97	0,92	0,92	0,81	0,81
1	0,94	0,94	0,88	0,88	0,75	0,75
2	0,91	0,91	0,84	0,84	0,65	0,65
3	0,88	0,88	0,79	0,79	0,55	0,55
4	0,84	0,84	0,72	0,72	0,45	0,45
5	0,80	0,80	0,60	0,60	0,35	0,35
6	0,75	0,75	0,50	0,50	0,27	0,27
7	0,70	0,70	0,42	0,42	0,22	0,22
8	0,60	0,60	0,35	0,35	0,18	0,18
9	0,52	0,52	0,30	0,30	0	0,15
10	0,45	0,45	0,26	0,26	0	0,13

Ecuación EN-1005-2

COEFICIENTE		VALOR
MM	Una Mano	0,6
	Dos Manos	1
MP	Dos Personas	0,85
	Una Persona	1
MO	Tareas Adicionales	0,8
	No se realizan tareas adicionales	1



$$IL = \text{peso real} / LPR$$

Índice de Riesgo IL	Nivel de Riesgo	Actuaciones	
$IL \leq 0,85$	Bajo o tolerable	En este caso los trabajadores pueden efectuar la tarea sin peligro	
$0,85 < IL \leq 1$	Significativo o moderado	Posibles actuaciones	Hacer un seguimiento durante algún tiempo y comprobar que el riesgo de manipulación es tolerable
			Rediseñar la carga con el fin de reducir el nivel de riesgo
$1 < IL \leq 2$	Inaceptable. Nivel bajo.	Se recomienda un rediseño de la carga o de la tarea, según las prioridades.	
$2 < IL \leq 3$	Inaceptable. Nivel medio.	Se recomienda un rediseño de la carga o de la tarea, lo antes posible.	
$3 < IL$	Inaceptable. Nivel alto.	Se recomienda un rediseño de la carga o de la tarea, de forma inmediata.	

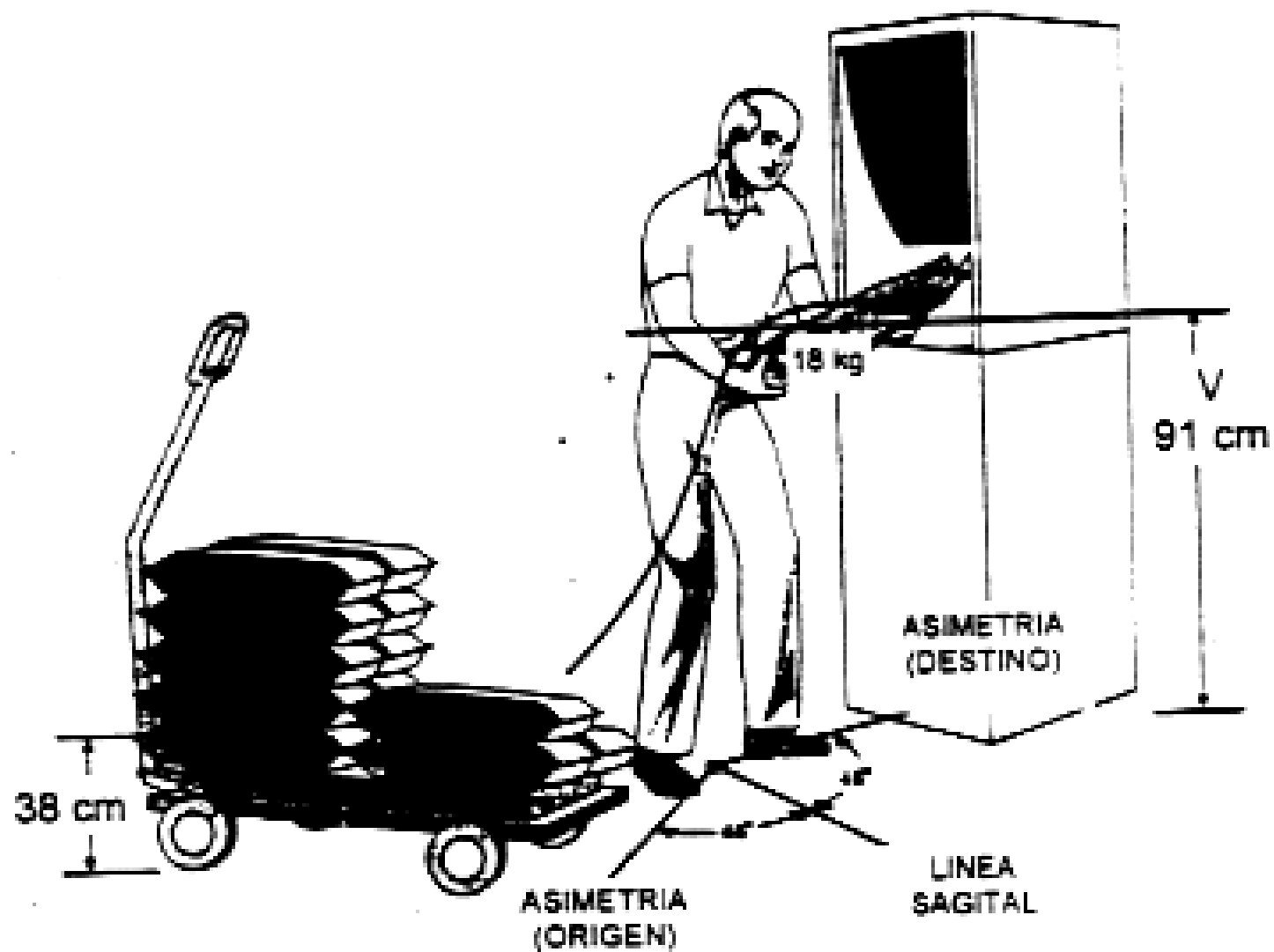


Manipulación Manual de Cargas

Ejemplo Práctico



Ejemplo 1



Ejemplo 1

El trabajador se ubica entre el carro de transporte y la tolva. Sin mover los pies, rota a su derecha y agarra una bolsa. En un movimiento continuo, rota hacia su izquierda y posiciona la bolsa en la boca de la tolva. La apertura de las bolsas se realiza automáticamente mediante un mecanismo instalado en la boca de la tolva. La tarea descrita se efectúa entre 1 y 12 veces por turno, con un tiempo de recuperación prolongado (la relación tiempo de recuperación/tiempo de trabajo es mayor de 1.2). Las restantes tareas que realiza el trabajador tienen un nivel bajo de exigencia física. En el destino de la carga no se requiere control significativo.



Ejemplo 1

La localización horizontal de las manos es de ¿? cm en origen y ¿? cm en destino.



Ejemplo 1

La localización horizontal de las manos es de 45 cm en origen y 25 cm en destino.



Datos previos:

- Corta duración.
- Sin control significativo

VARIABLE	ORIGEN	DESTINO
CARGA (kg.)	18 kg.	
H (cm.)	45 cm.	25 cm.
V (cm.)	38 cm.	91 cm.
D (cm.)	91 - 38 = 53 cm.	
A (grados)	45	45
FRECUENCIA (lev/min)	< 0.2	
AGARRE	☐ Bueno ☒ Regular ☐ Malo	
HM = 25 / H	0.55	
VM = 1 - 0.003 V - 75	0.889	
DM = 0.82 + 4.5 / D	0.90	
AM = 1 - 0.0032 A	0.856	
FM (Ver tabla)	1.00	
CM (Ver tipo de agarre y V)	0.95	
RWL = 23 HM VM DM AM FM CM	8.23 kg.	
LI = CARGA / RWL	18 / 8.23 = 2.1	



POSTURAS

METODOS



- **POSICIÓN:** Término referido a posturas singulares como *de pie, sentado, agachado, acostado, ...*
- **POSTURA:** Término referido a las distintas formas que adopta el cuerpo en cada posición; por ejemplo, *encorvado, con brazos en alto, ...*
- **POSTURA FORZADA:** Aquellas posturas extremas o asimétricas sobrecargando las estructuras osteomusculares.



Método REBA (Rapid Entire Assessment)



Método para valorar la carga postural.

Publicado por Hignett, S., McAtamney, L. (2000) Applied Ergonomics, 31, 201-5.

Requiere equipamiento mínimo (papel y lápiz).

Nivel de acción a través de una puntuación final.



Gravedad Asistida

Quando el **cuerpo se inclina** hacia delante, el **hombro se flexiona**, en la línea media, para mantener el equilibrio



- **Apéndice obligatorio de la OSHA 1910.900**

HERRAMIENTA	FACTORES DE RIESGO QUE EVALÚA	ZONAS DEL CUERPO AFECTADAS	EJEMPLOS DE TRABAJOS A LOS QUE SE APLICA
Valoración del daño corporal REBA	Repetición Fuerza Posturas forzadas	Muñecas Antebrazos Codos Hombros Cuello Tronco Espalda Piernas Rodillas	Levantamiento y traslado de enfermos Enfermeras Auxiliares de enfermería Celadores Porteros Tareas del hogar Almacenes de alimentación Cajeros de supermercados Telefonistas Técnicos de ultrasonidos Dentistas y Mecánicos dentales Veterinarios



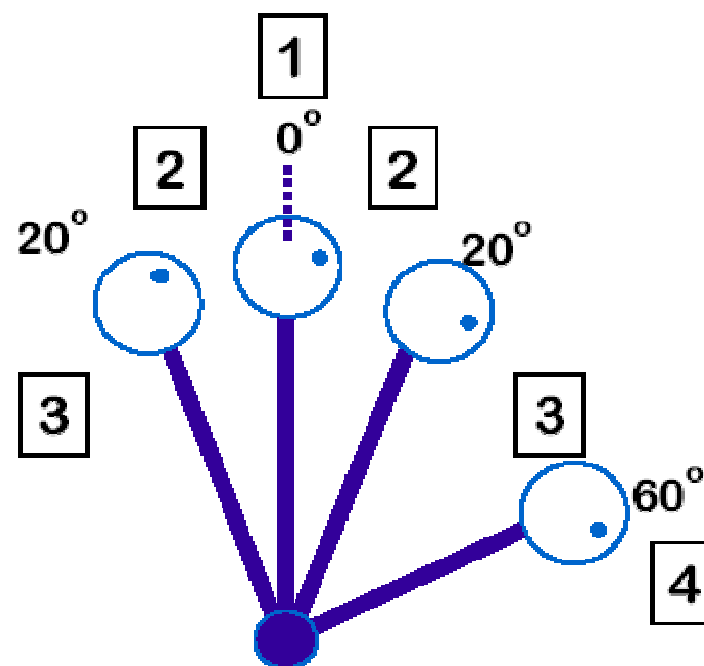
- Aplicación

- 1: Estudio de las tareas realizadas: pausas, ciclos, ...
- 2: Filmar al trabajador.
- 3: Análisis del video:
 - 3.1. Seleccionar las posturas más frecuentes o que se mantienen durante más tiempo.
 - 3.2. Seleccionar las posturas que representan una sobrecarga debido a posiciones extremas del cuerpo o a esfuerzos intensos.
 - 3.3. Analizar cada una de las posturas seleccionando el brazo derecho, izquierdo o ambos.
 - 3.4. Codificar posturas.



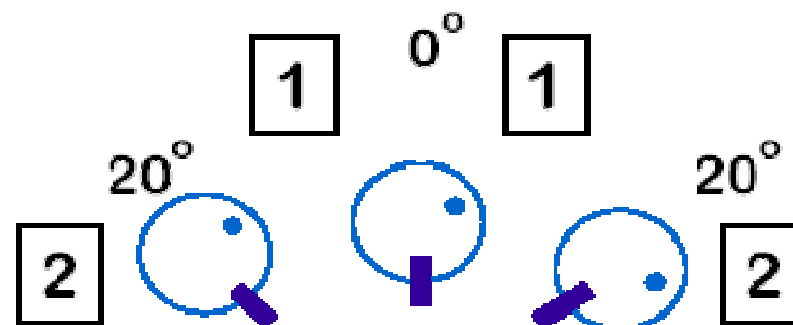
w Puntuación del tronco

Movimiento	Puntuación	Corrección
Erguido	1	Añadir +1 si hay torsión o inclinación lateral
0°-20° flexión 0°-20° extensión	2	
20°-60° flexión > 20° extensión	3	
> 60° flexión	4	



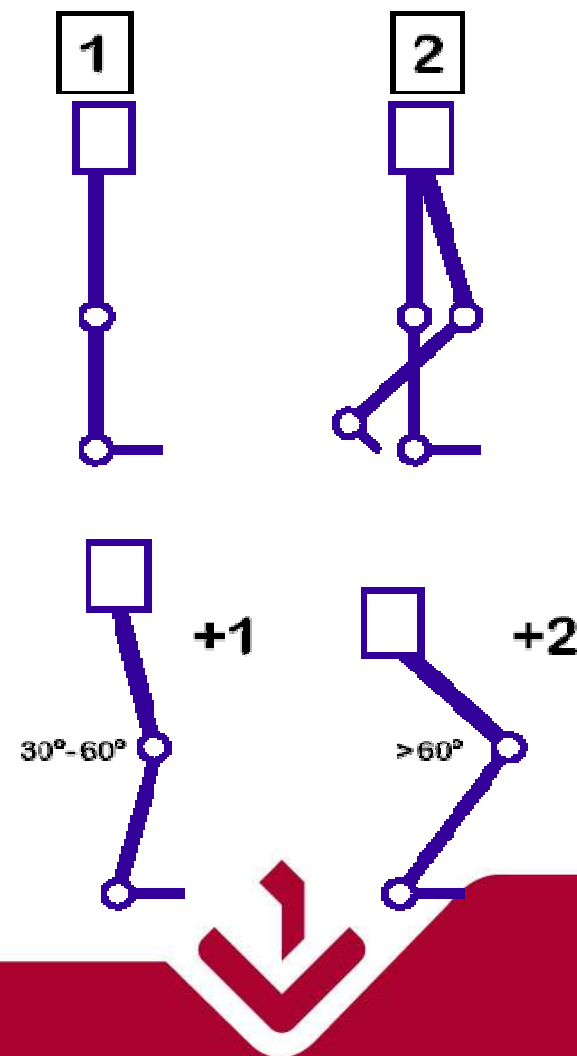
w Puntuación de cuello

Movimiento	Puntuación	Corrección
0º - 20º	1	Añadir +1 si hay torsión o inclinación lateral
> 20º flexión ó	2	
> 20º extensión		



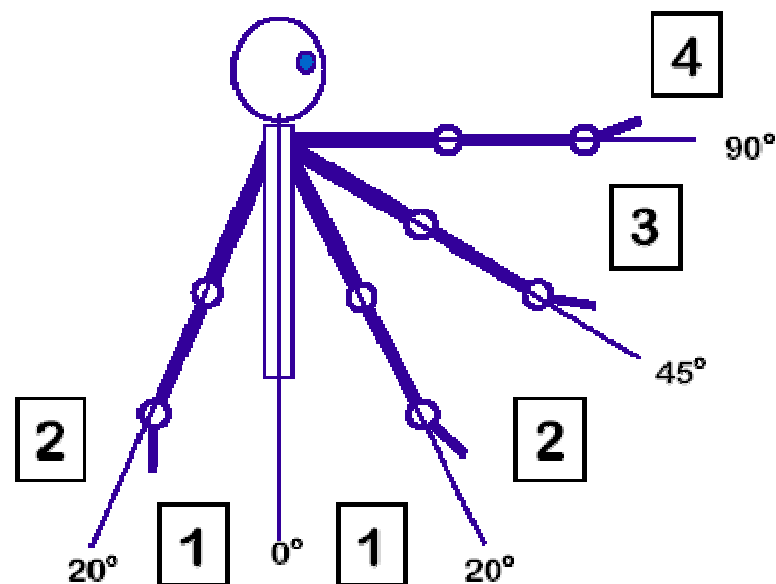
w Puntuación de piernas

Movimiento	Puntuación	Corrección
Soporte bilateral, andando o sentado	1	+ 1 si hay flexión de rodillas entre 30 y 60°
Soporte unilateral, soporte ligero o postura inestable	2	+ 2 si las rodillas están flexionadas más de 60° (salvo postura sedente)



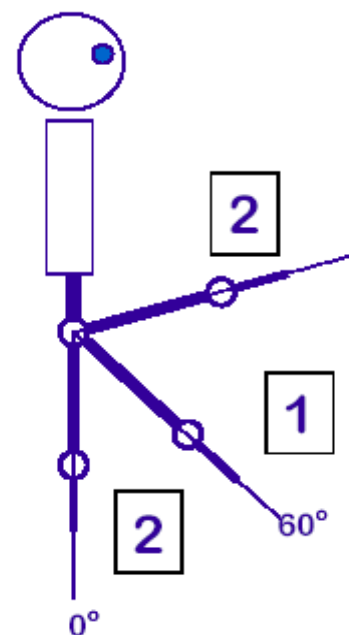
w Puntuación de brazos

Movimiento	Puntuación	Corrección
0-20° flexión/extensión	1	Añadir: + 1 si hay abducción o rotación + 1 elevación del hombro - 1 si hay apoyo o postura a favor de la gravedad
> 20° extensión	2	
20-45° flexión	2	
45-90° flexión	3	
> 90° flexión	4	



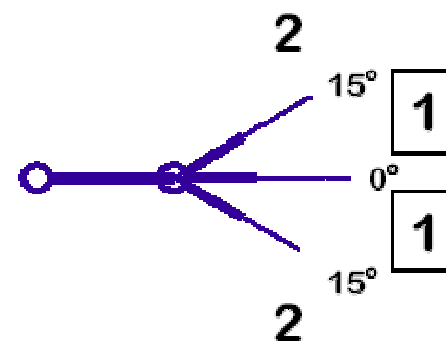
w Puntuación de antebrazos

Movimiento	Puntuación
60°-100° flexión	1
< 60° flexión > 100° flexión	2

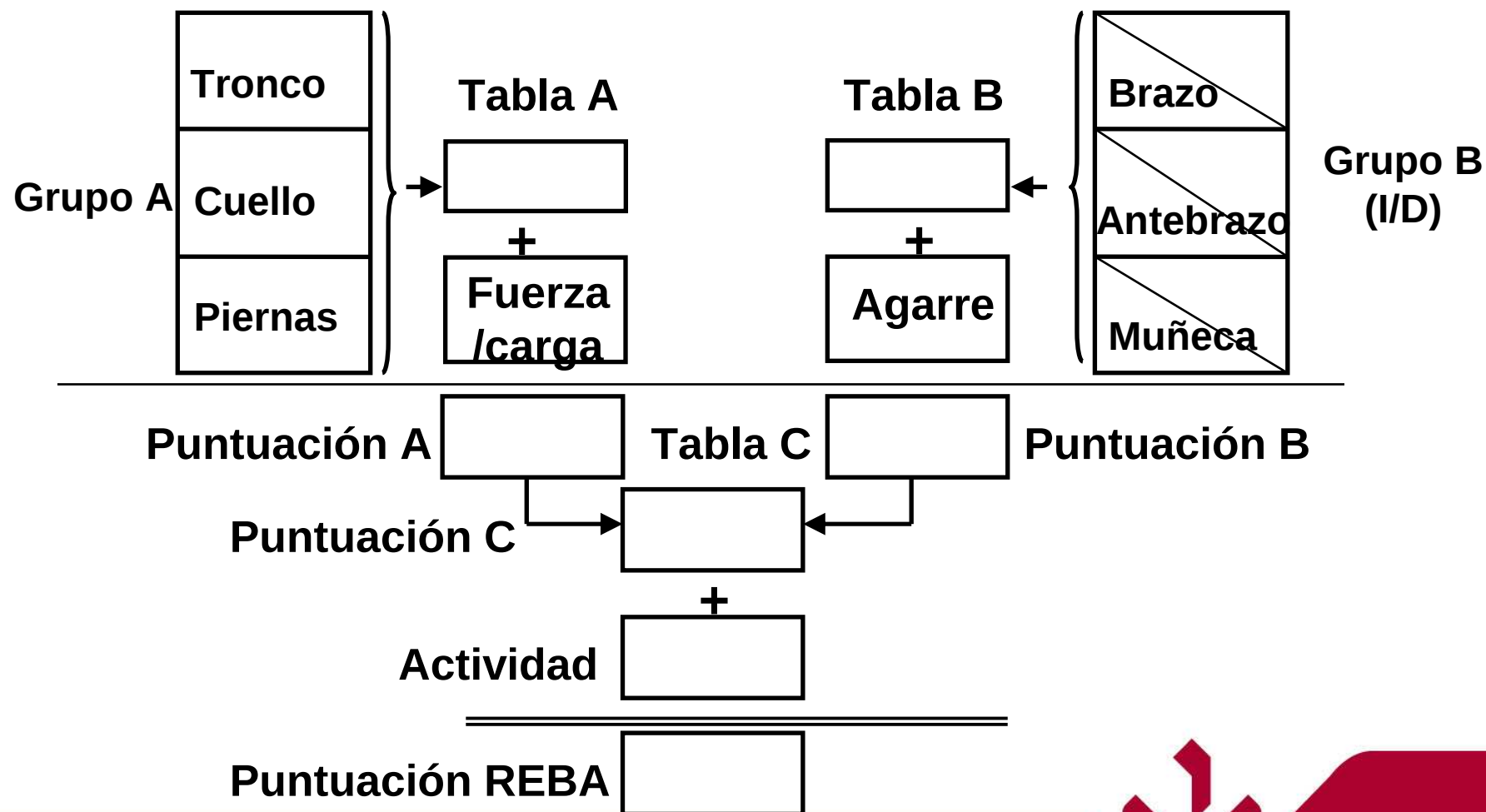


w Puntuación de muñeca

Movimiento	Puntuación	Corrección
0°-15° flexión/ extensión	1	Añadir + 1 si hay torsión o desviación lateral
> 15° flexión/ extensión	2	



w Puntuación



Puntuación final: interpretación

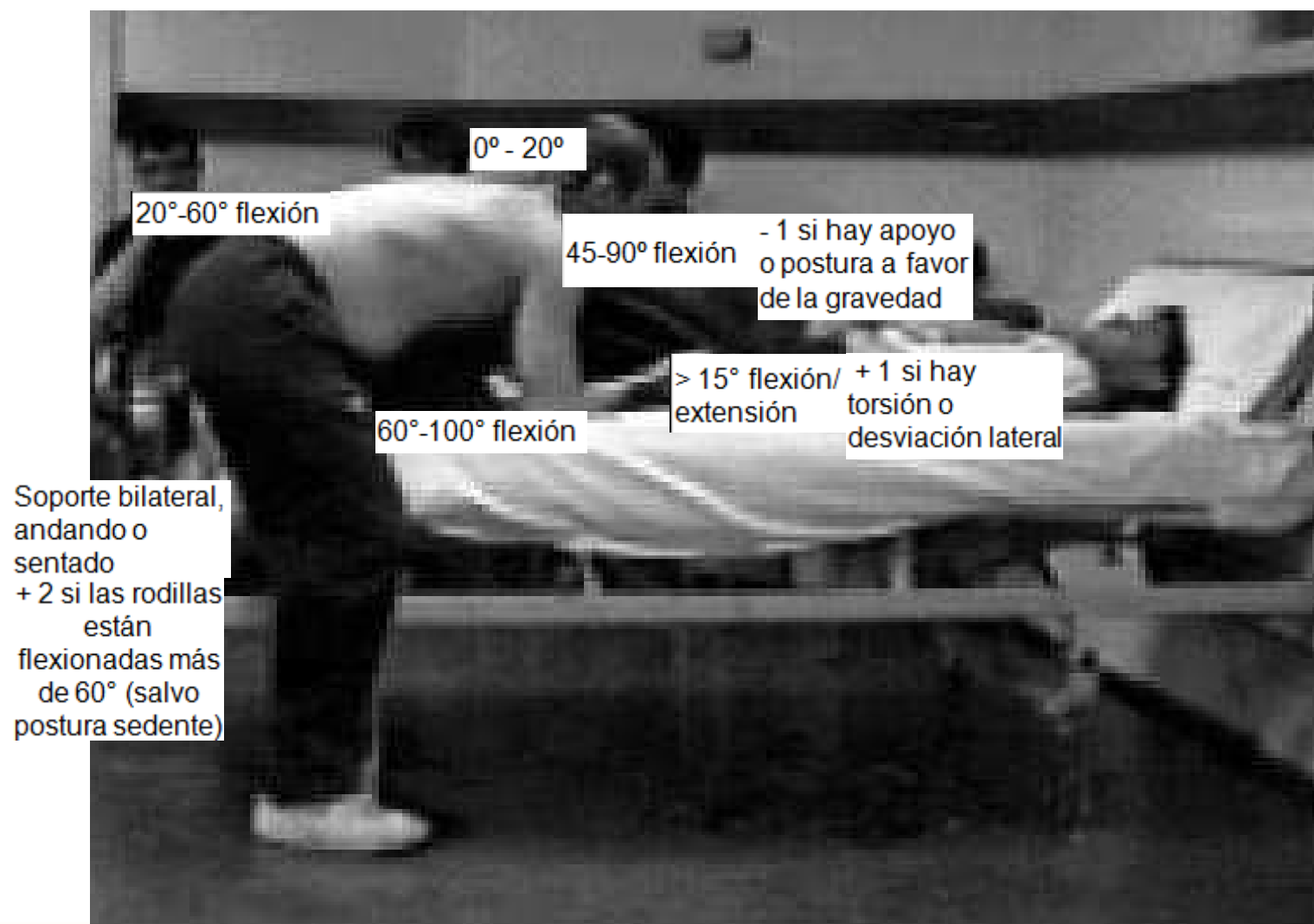
Nivel de acción	Puntuación	Nivel de riesgo	Intervención y posterior análisis
0	1	Inapreciable	No necesario
1	2-3	Bajo	Puede ser necesario
2	4-7	Medio	Necesario
3	8-10	Alto	Necesario pronto
4	11-15	Muy alto	Actuación inmediata

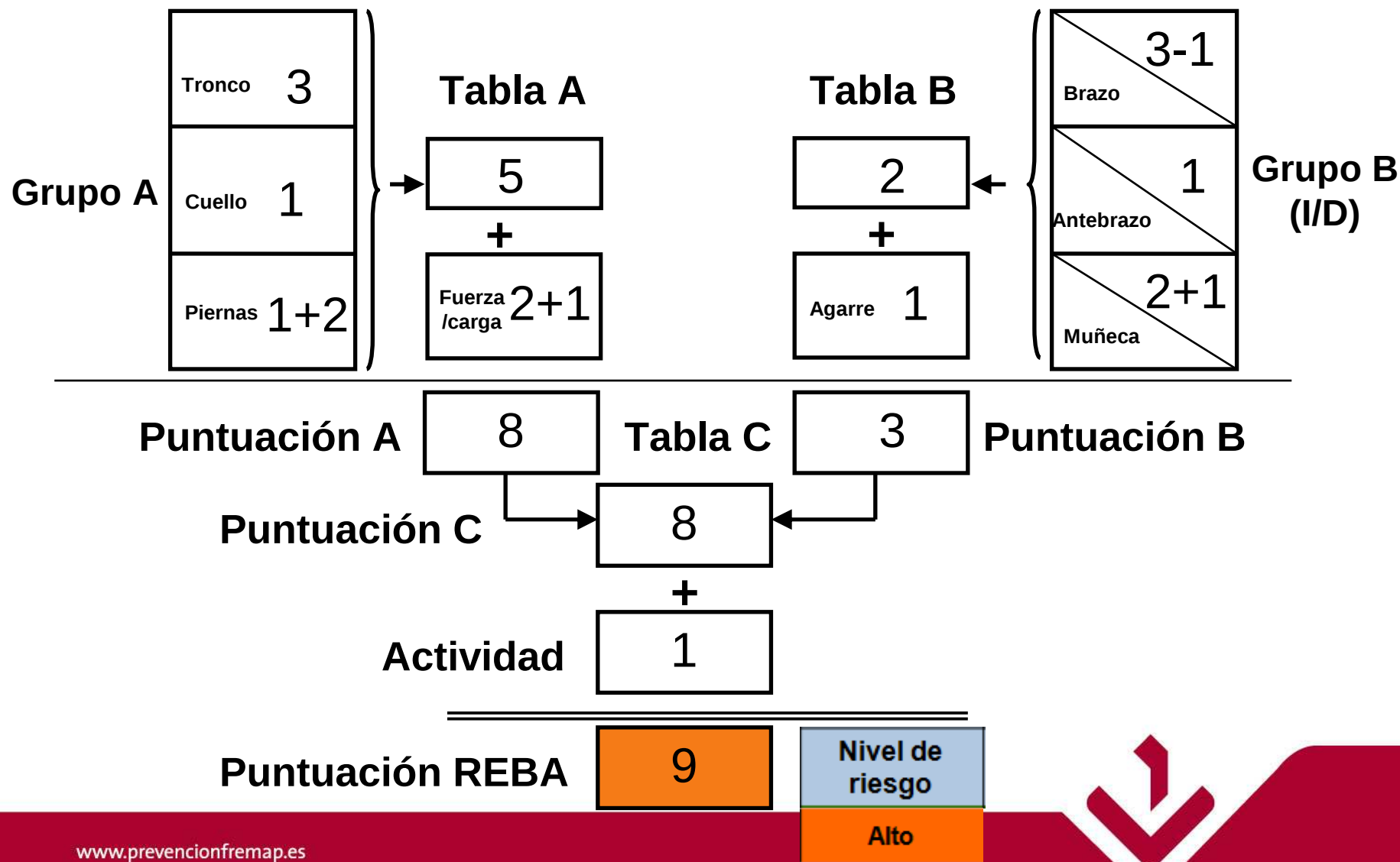


- Se analiza la postura que adopta un trabajador sanitario para deslizar a un paciente hasta la cabecera de la cama. En este caso la manipulación se realiza entre dos personas y con apoyo de una pierna y de los dos brazos en la cama. Se analiza sólo la extremidad superior derecha por no ser visible la izquierda.



METODO REBA





w Caso práctico



Colada Molde

La tarea consiste en vaciar la colada del crisol en el molde.

Esta operación se realiza repetidamente a lo largo de la jornada.

La postura se mantiene durante 28 segundos, el peso de la colada más el crisol es de 8 kg.

La jornada laboral es de 7,30 horas, disponiendo de un descanso de 30 minutos a mitad de la jornada.

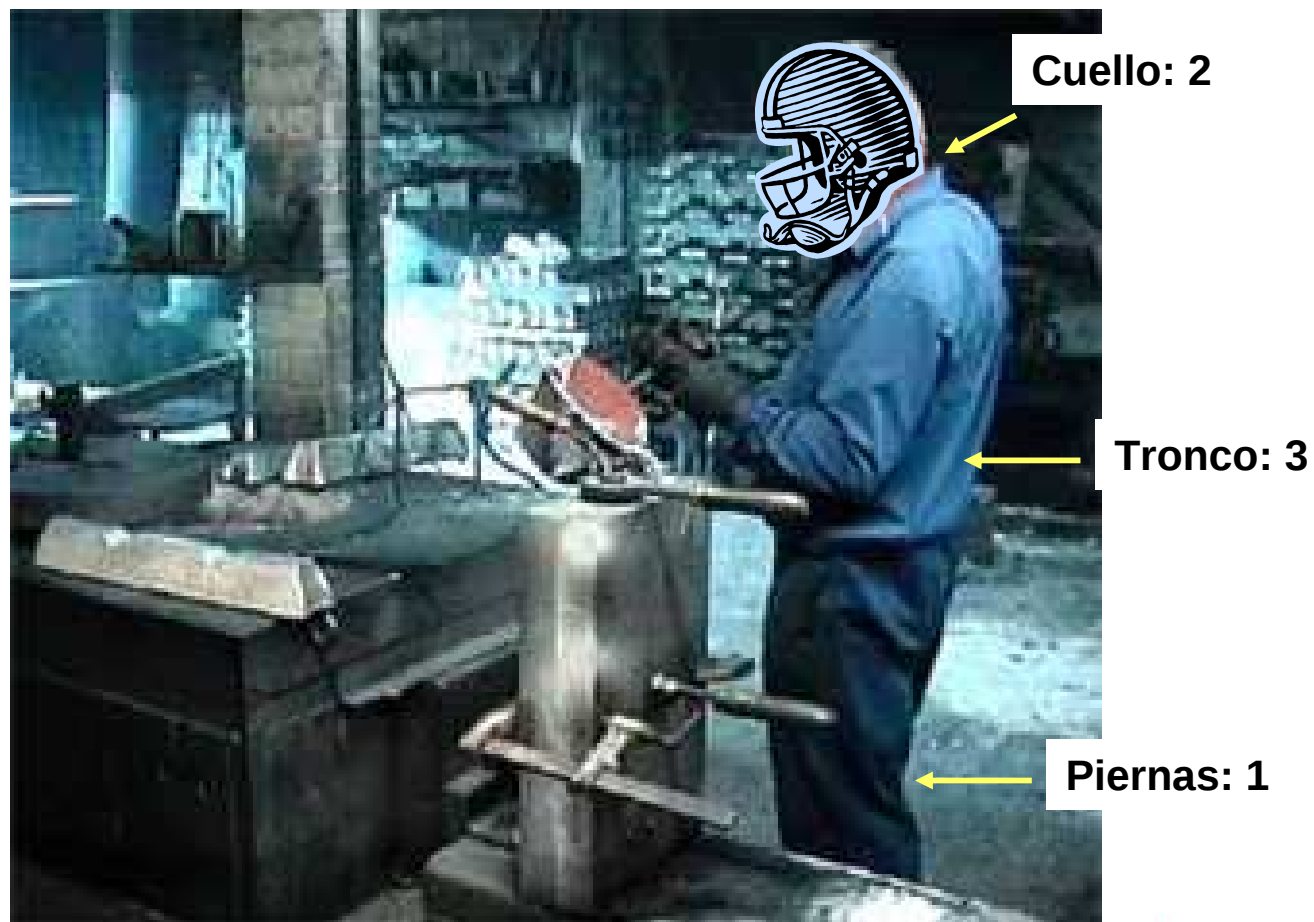




Cuello: ?

Tronco: ?

Piernas: ?



Carga: 8 kilos.



Tabla de puntuación grupo A

TABLA A		Tronco				
Cuello	Piernas	1	2	3	4	5
1	1	1	2	2	3	4
	2	2	3	4	5	6
	3	3	4	5	6	7
	4	4	5	6	7	8
2	1	1	3	4	5	6
	2	2	4	5	6	7
	3	3	5	6	7	8
	4	4	6	7	8	9
3	1	3	4	5	6	7
	2	3	5	6	7	8
	3	5	6	7	8	9
	4	6	7	8	9	9

Carga/fuerza

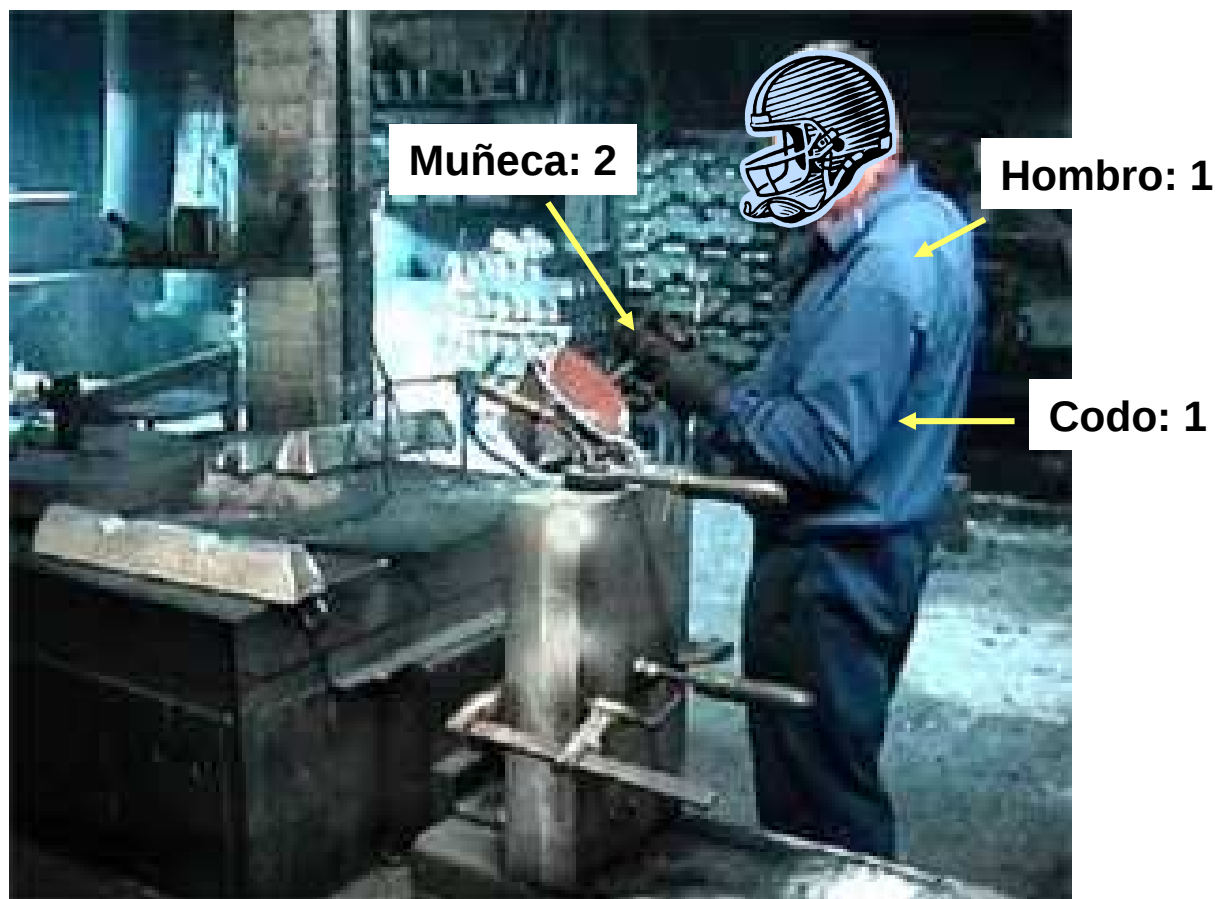
0	1	2	+1
<5 kg	5-10 kg	>10 kg	Brusco o rápido aumento de fuerza



Valoración grupo B

REBA: Grupo B			
3. Postura		Puntos	Total
Hombro			Izdo: Dcho:
Flexión 0-20° Extensión 0-20°	1	Brazo separado / rotado: +1 Hombro elevado: +1 Brazo con apoyo o favorecido por gravedad : -1	
Flexión 20-45° Extensión >20°	2		
Flexión 45-90°	3		
Flexión >90°	4		
Codo		Izdo:	Dcho:
Flexión 60-100°	1		
Flexión <60° ó >100°	2		
Muñeca		Izdo:	Dcho:
Flexión 0-15° Extensión 0-15°	1	Si existe desviación o giro de muñeca: +1	
Flexión >15° Extensión >15°	2		





Acoplamiento: bueno **Postura** se mantiene 28 segundos



Tabla de puntuación grupo B

TABLA B		Hombro					
		1	2	3	4	5	6
Codo=1	Muñeca						
	1	1	1	3	4	6	7
	2	2	2	4	5	7	8
	3	2	3	5	5	8	8
Codo=2	Muñeca						
	1	1	2	4	5	7	8
	2	2	3	5	6	8	9
	3	3	4	5	7	8	9



TABLA C

		Puntos A											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Puntos B	1	1	1	2	3	4	6	7	8	9	10	11	12
	2	1	2	3	4	4	6	7	8	9	10	11	12
	3	1	2	3	4	4	6	7	8	9	10	11	12
	4	2	3	3	4	5	7	8	9	10	11	11	12
	5	3	4	4	5	6	8	9	10	10	11	12	12
	6	3	4	5	6	7	8	9	10	10	11	12	12
	7	4	5	6	7	8	9	9	10	11	11	12	12
	8	5	6	7	8	8	9	10	10	11	12	12	12
	9	6	6	7	8	9	10	10	10	11	12	12	12
	10	7	7	8	9	9	10	11	11	12	12	12	12
	11	7	7	8	9	9	10	11	11	12	12	12	12
	12	7	8	8	9	9	10	11	11	12	12	12	12

Actividad

+ 1	Postura se mantiene más de un minuto con una o más partes del cuerpo
+ 1	Postura que se repite más de 4 veces por minuto (salvo caminar)
+ 1	Se requieren rápidos o amplios cambios de postura o superficie inestable

Criterios de valoración

Nivel de acción	Puntuación REBA	Nivel de riesgo	Intervención Ergonómica
0	1	Inapreciable	No necesaria
1	2-3	Bajo	Pueden ser necesarias acciones correctivas
2	4-7	Medio	Se necesitan acciones correctivas
3	8-10	Alto	Se deben instaurar en corto espacio de tiempo
4	11-15	Muy alto	Actuación inmediata



ISO 11226: 2.000 Ergonomics. Evaluation of static working postures



Consideraciones previas:

POSTURA ESTÁTICA: Postura de trabajo que debe ser *mantenida* durante *más de 4 segundos*.

Método de valuación:

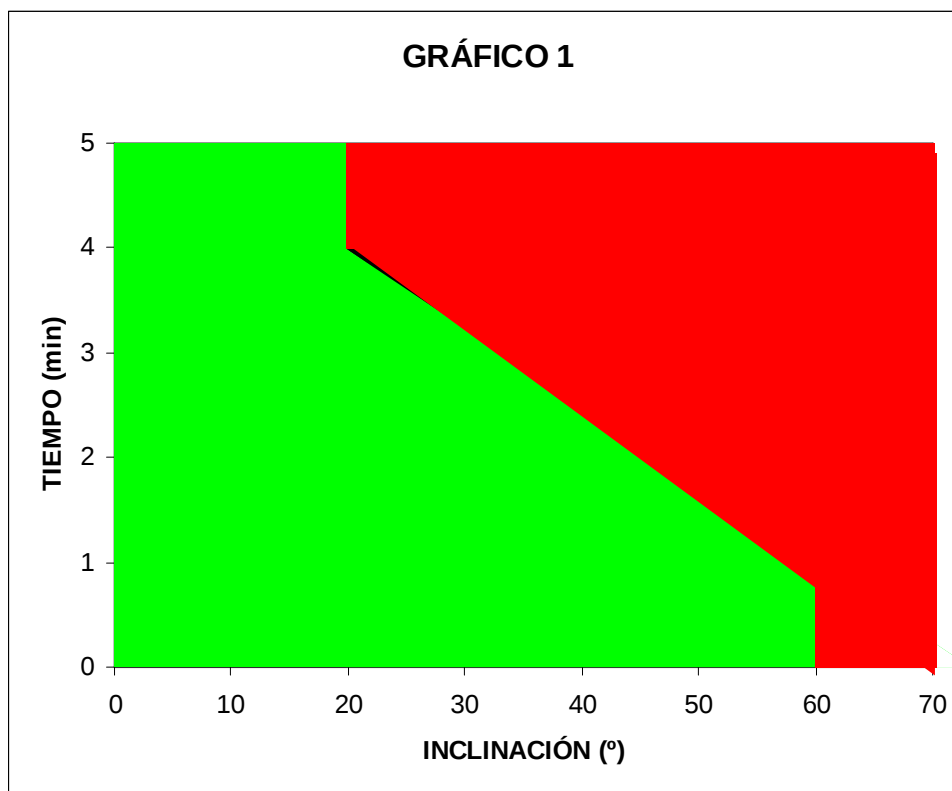
- PRIMER PASO: Considera ángulos, siendo el resultado “Aceptable”, “No recomendado”, o “Segundo paso”.
- SEGUNDO PASO: Tiene que ser considerada la duración de la postura de trabajo.



Evaluación de postura de tronco.

Característica postural	Aceptable	Ver gráfico	No recomendado
Lateralización o rotación: Si No	X		X
Inclinación (α): > 60° 20° a 60° con soporte 20° a 60° sin soporte 0° a 20° < 0° con soporte < 0° sin soporte	X X X X	X	X
Postura sentada (con espina dorsal convexa) Si No	X		X

Evaluación de postura de tronco.



 Aceptable

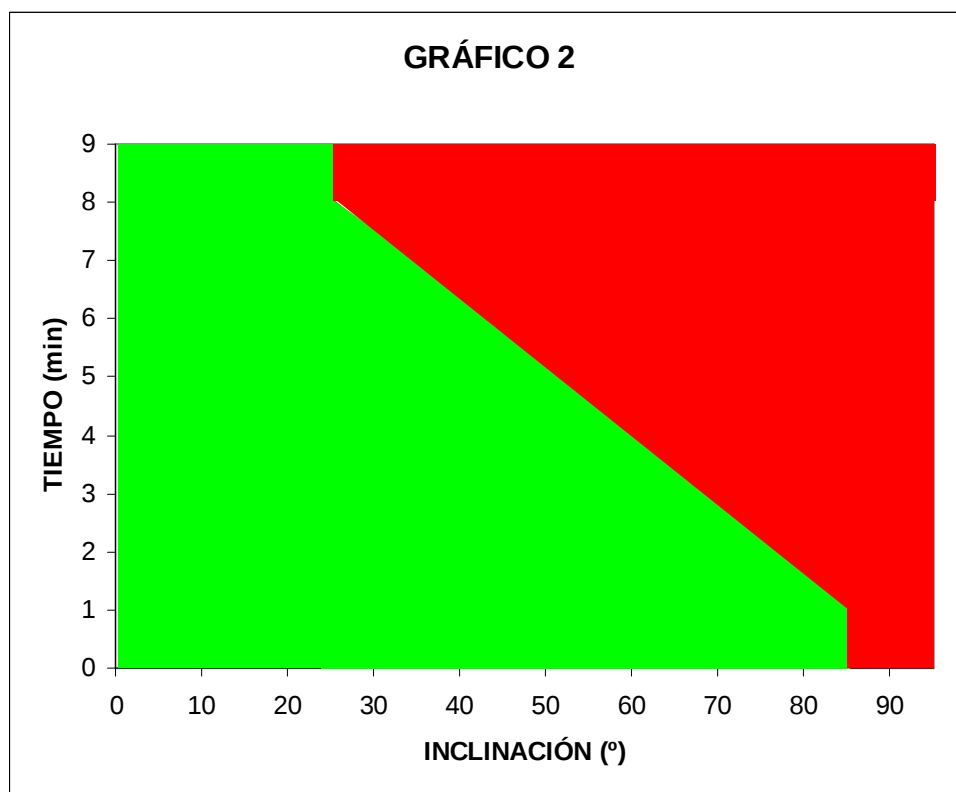
 No recomendado



Evaluación de postura de cabeza.

Característica postural	Aceptable	Ver gráfico	No recomendado
Lateralización o rotación:			
Si			X
No	X		
Inclinación cabeza (β):			
> 85°			X
25° a 85° sin soporte de tronco	* (1)		
25° a 85° con soporte de tronco		X	
0° a 25°	X		
< 0° con soporte de cabeza	X		
< 0° sin soporte de cabeza			X
Flexión/Extensión de cuello ($\beta-\alpha$)			
> 25° (flexión)			X
0° a 25° (flexión)	X		
< 0° (extensión)			X
*(1) Comprobar la flexión de cuello. El tiempo de mantenimiento de la postura vendrá determinado por el tiempo máximo aceptable para el tronco, ya que éste es menor que el de cuello. El tiempo de mantenimiento del tronco es crítico porque el tiempo máximo de mantenimiento aceptable para el tronco es menor que el aceptable para la cabeza. En caso de apoyo del tronco, la inclinación de cabeza es crítica y debe ser evaluada.			

Evaluación de postura de cabeza.



 Aceptable

 No recomendado

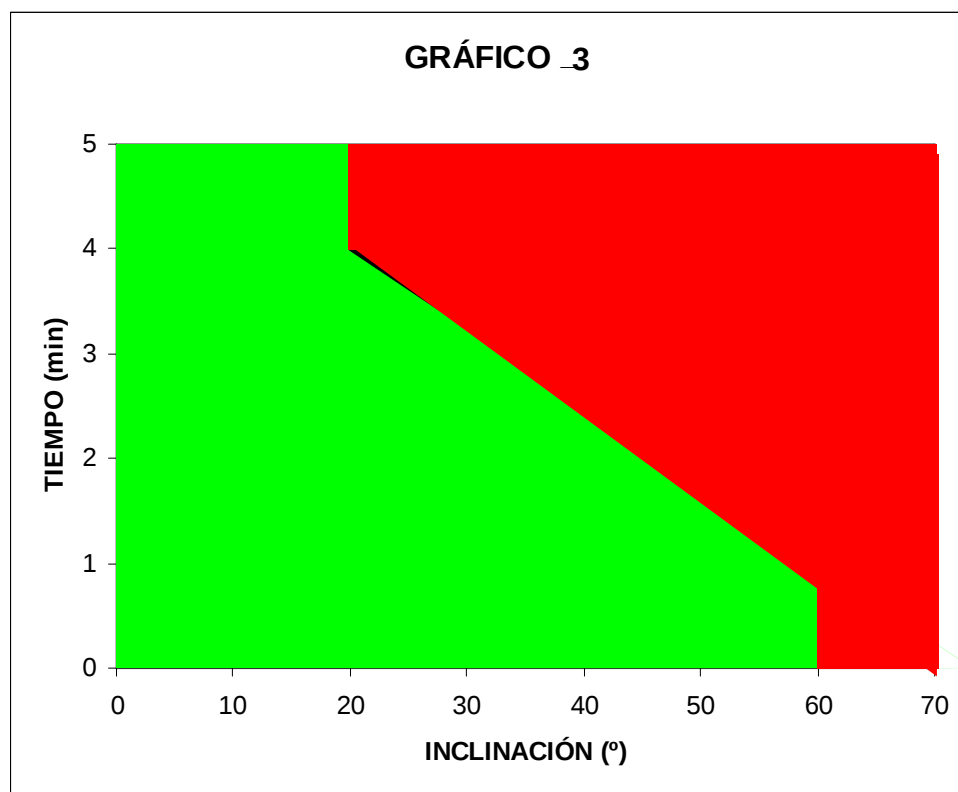


Evaluación de postura de brazo.

Característica postural	Aceptable	Ver gráfico	No recomendado
Postura incómoda de brazo (a): Si No	X		X
Elevación-Abducción de brazo (γ) (b): > 60° 20° a 60° sin soporte de brazo 0° a 60° con soporte de brazo 0° a 20°	 X X	 X 	 X
Elevación de hombro (c) No Si	 X		 X
(a) Cualquier retroflexión del brazo, abducción o rotación externa extrema del mismo. (b) Postura durante la ejecución de la tarea con respecto a la postura de referencia. (c) No referido a la elevación natural del hombro como consecuencia de una elevación del brazo.			



Evaluación de postura de brazo.

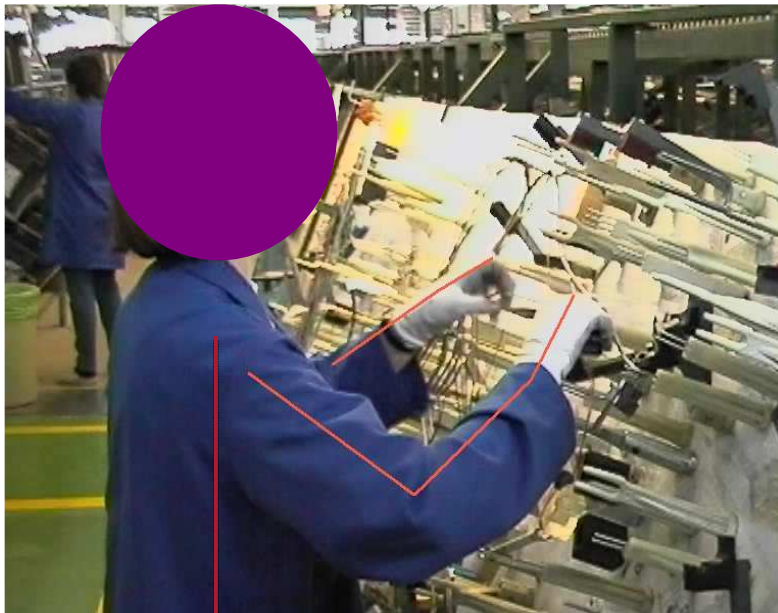


 **Aceptable**

 **No recomendado**



Ejemplo Práctico Método ISO 11226:2000:

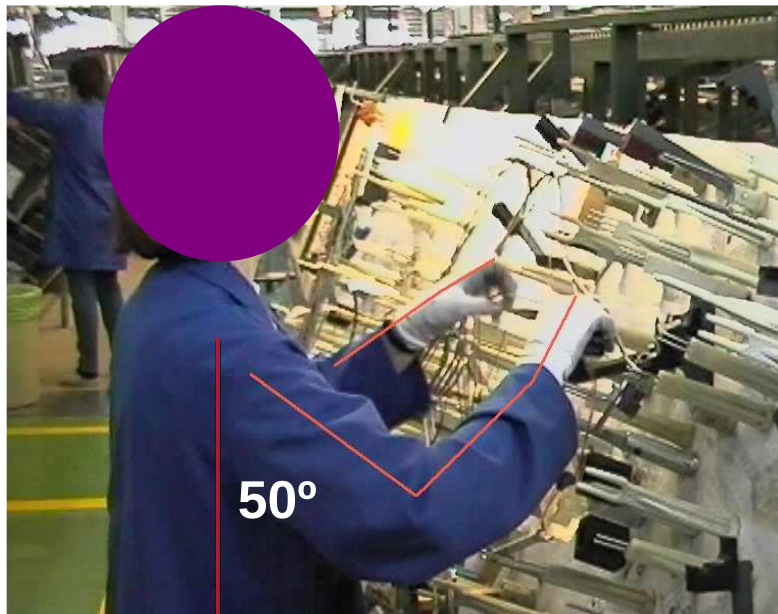


La trabajadora realiza la tarea.

¿ángulo brazo?



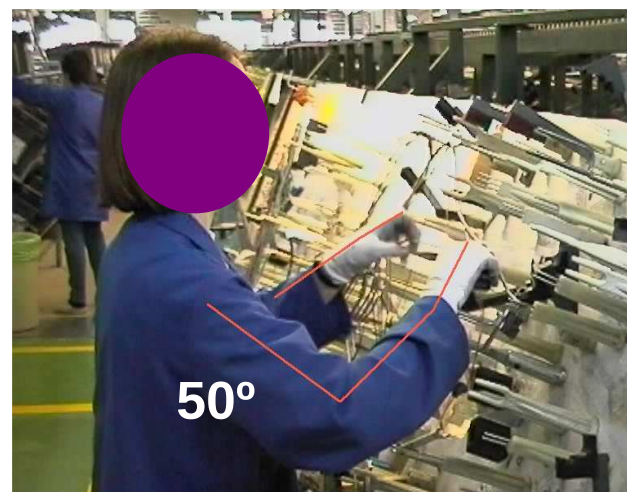
Ejemplo Práctico Método ISO 11226:2000:



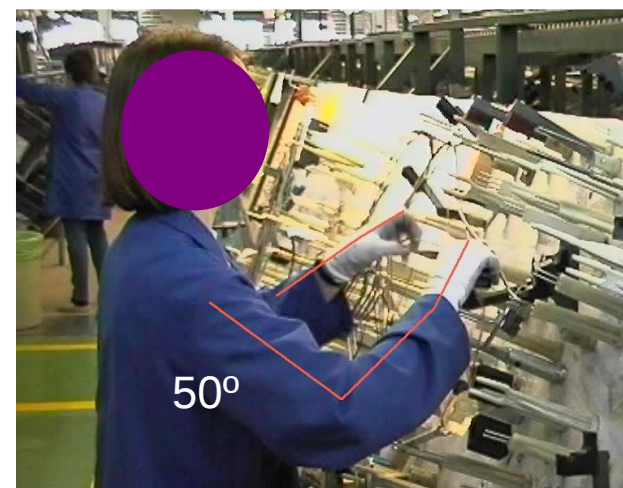
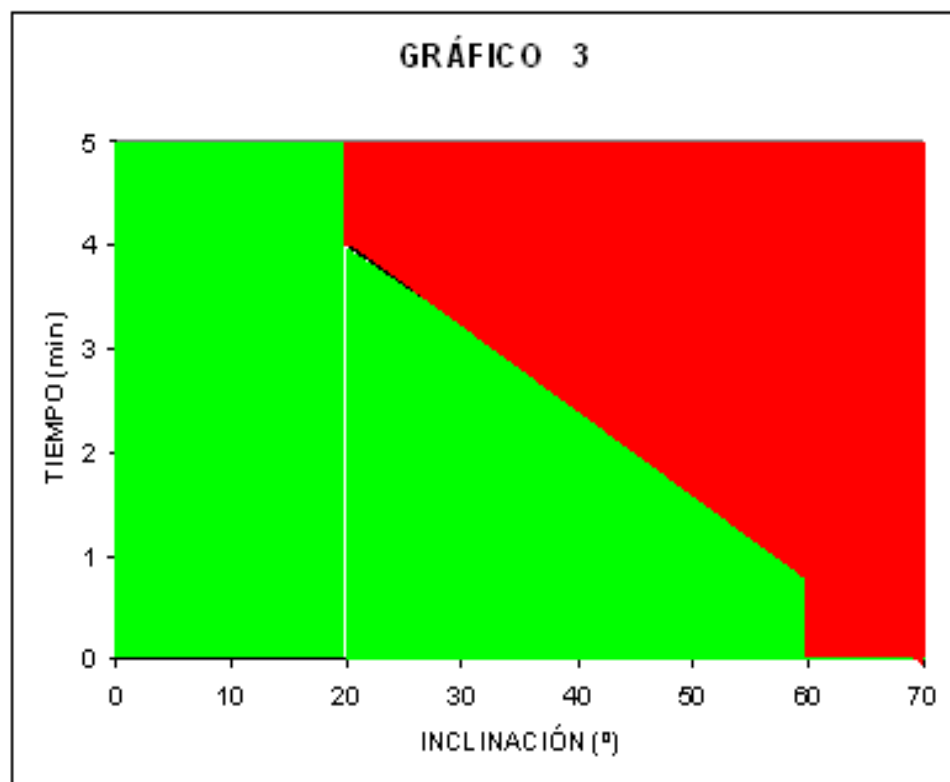
La trabajadora realiza la tarea permaneciendo en dicha posición durante aproximadamente 2'5 minutos.

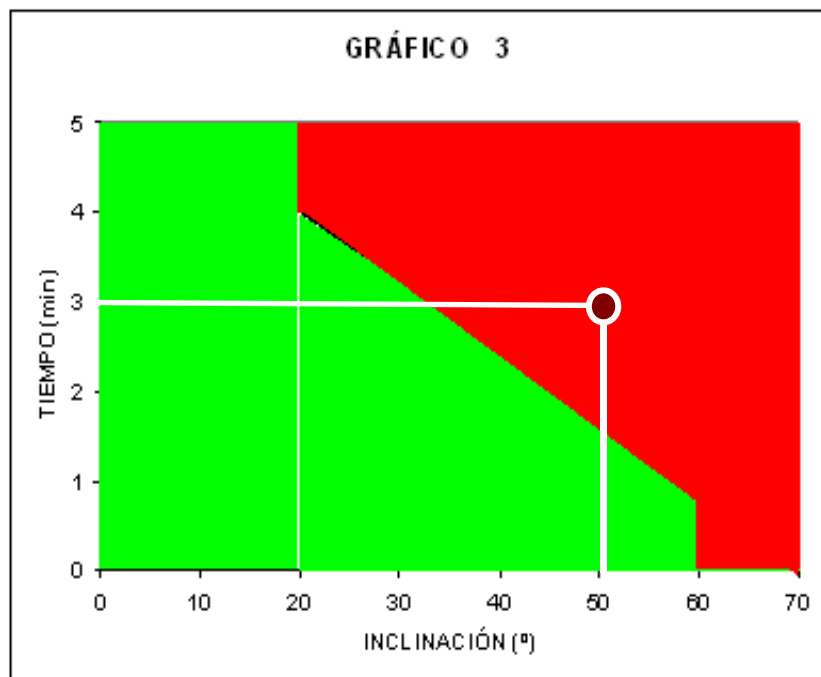
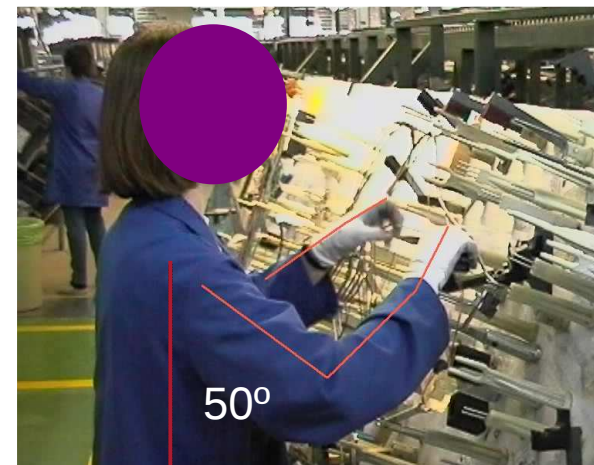
¿La postura estática en cuestión es dañina para la articulación del brazo?





Característica postural	Aceptable	Ver gráfico	No recomendado
Postura incómoda de brazo (a): Si No	 X		 X
Elevación-Abducción de brazo (γ) (b): > 60° 20° a 60° sin soporte de brazo 0° a 60° con soporte de brazo 0° a 20°	 X X	 X	 X
Elevación de hombro (c) No Si	 X		 X
(a) Cualquier retroflexión del brazo, adducción o rotación externa extrema del mismo. (b) Postura durante la ejecución de la tarea con respecto a la postura de referencia. (c) No referido a la elevación natural del hombro como consecuencia de una elevación del brazo.			





**Conclusión:
Movimiento no
recomendable**



UNE-EN 1.005-4: Evaluación de las posturas y movimientos de trabajo en relación con las máquinas



Flexión de tronco hacia delante/atrás

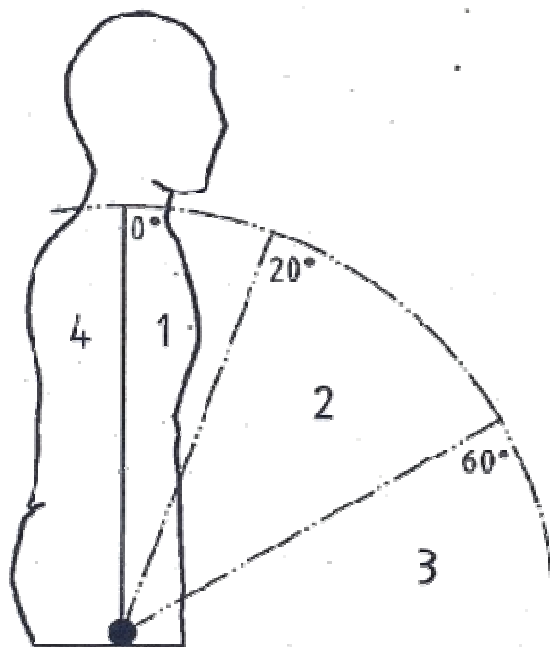
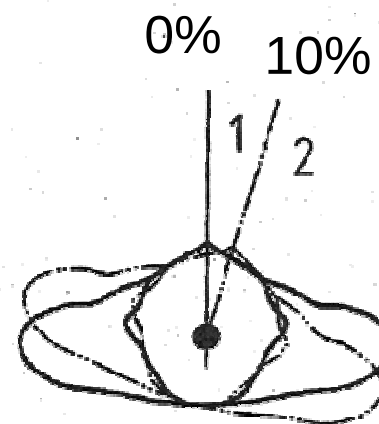
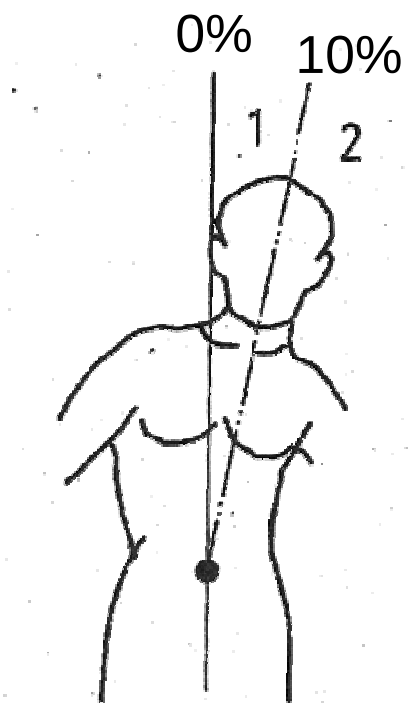


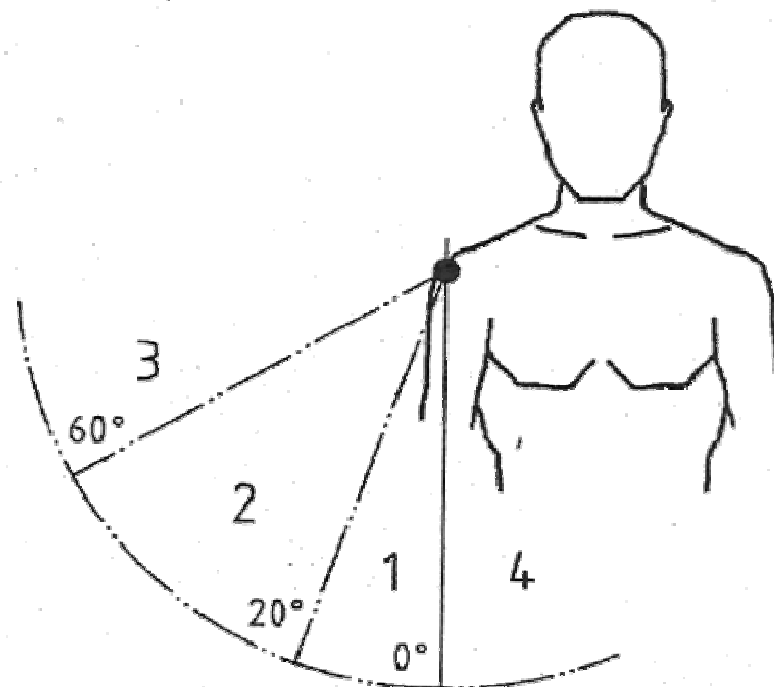
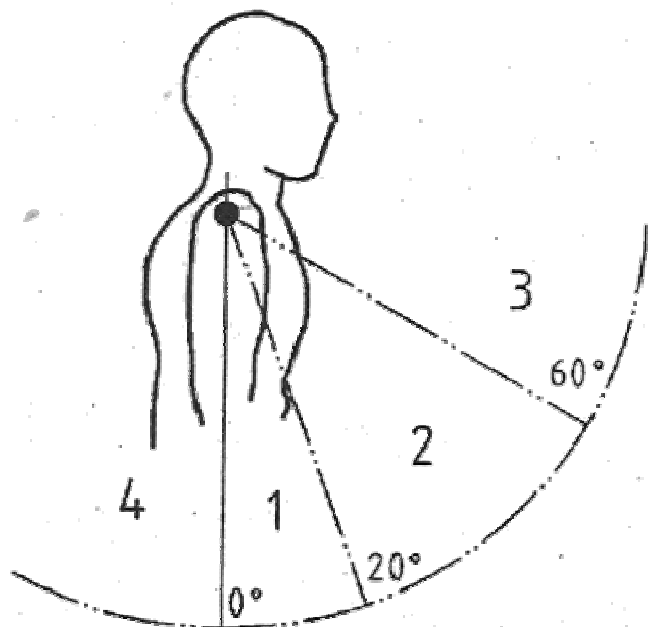
Fig. 3 – Zonas de flexión del tronco hacia delante o hacia atrás



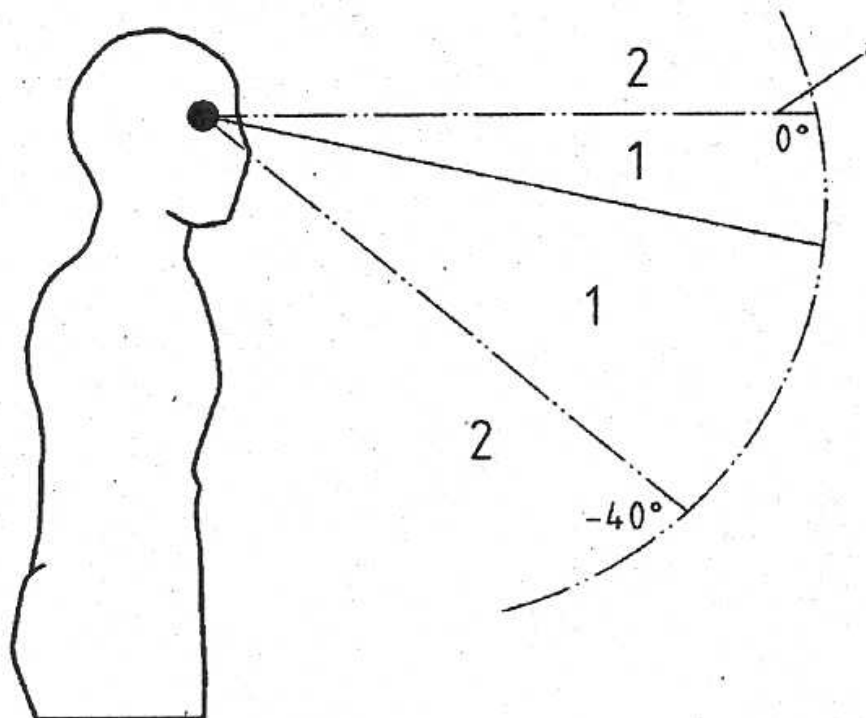
Tronco flexionado lateralmente o torsionado



Brazo



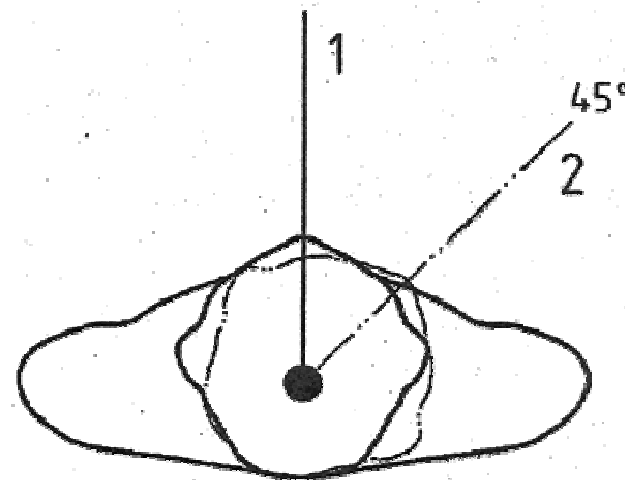
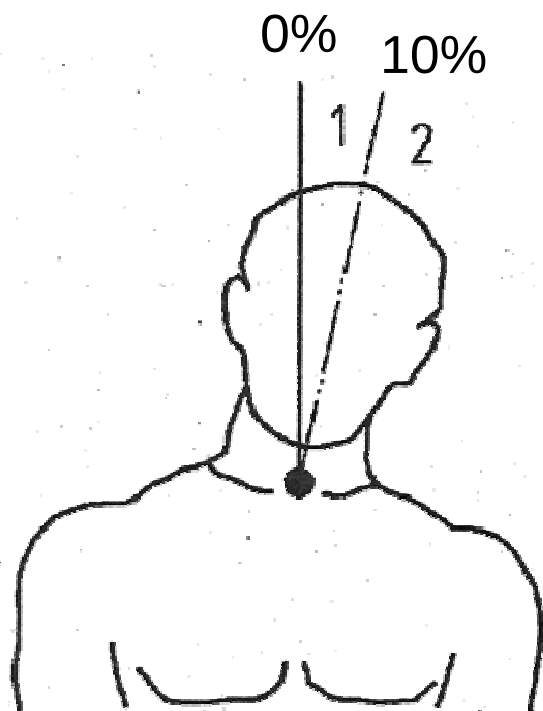
Cabeza y cuello



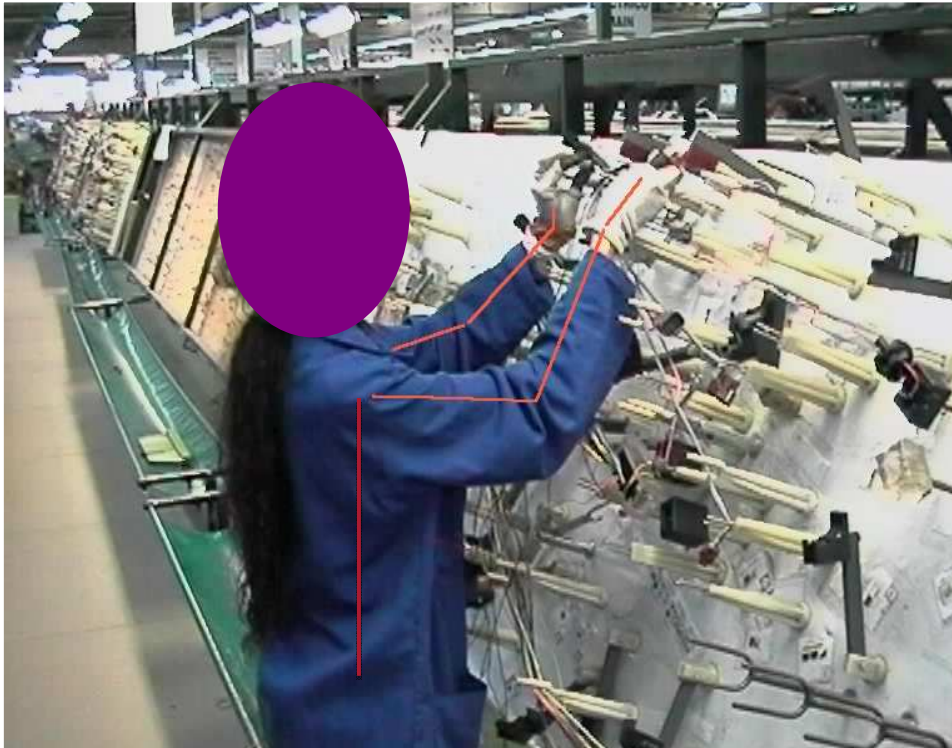
Leyenda
a Horizontal



Flexión lateral o torsión de cuello



Ejemplo Práctico UNE-EN 1005-4:

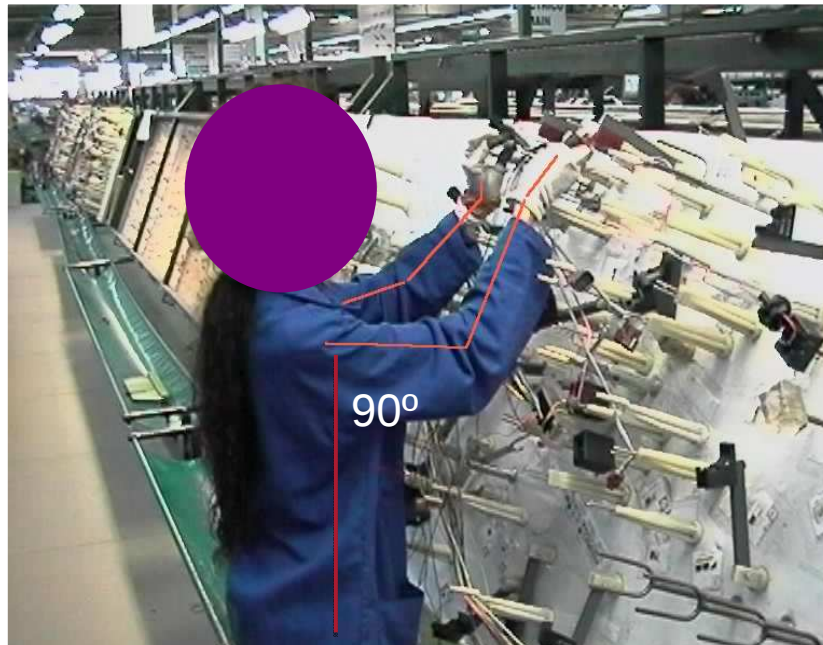


La trabajadora realiza la tarea de la fotografía.

¿ángulo brazo?



Ejemplo Práctico UNE-EN 1005-4:

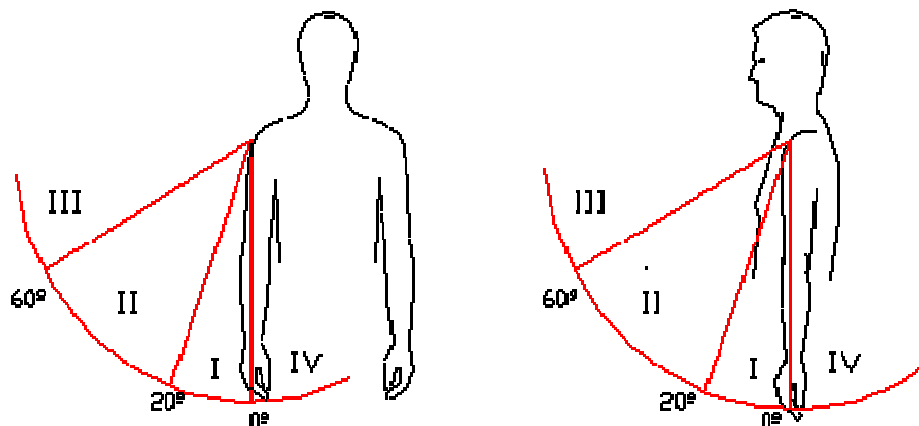


La trabajadora realiza la tarea de la fotografía. Considerar dos casos:

- a) Permanece en dicha posición durante periodos de 1'5 minutos.
- b) Adopta dicha posición durante 2 segundos cada 20 segundos.

¿Las posturas en cuestión son dañinas para la articulación del brazo?





rEN 1005-4 .- Evolution of working postures in relation to machinery.

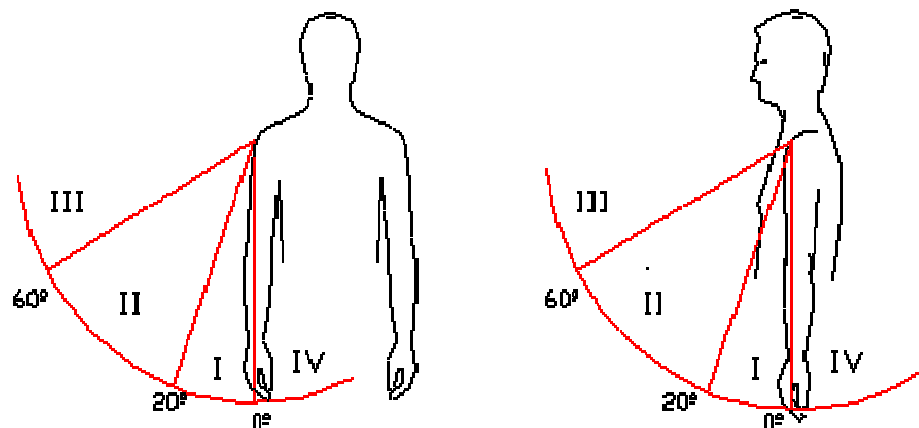
	Postura Estática	Postura Dinámica	
		Baja Frecuencia (< 2 por minuto)	Alta Frecuencia (≥ 2 por minuto)
I	Aceptable	ACEPTABLE	Aceptable
II	Condicionamente aceptable (Step 2A)	Aceptable	Condicionamente aceptable (Step 2c)
III	No recomendado	Condicionamente aceptable (Step 2B)	No recomendado
IV	No recomendado	Condicionamente aceptable (Step 2B)	No recomendado

Step:

A.- Aceptable cuando los brazos tienen soporte. Si no tiene soporte depende de la duración de la postura y tiempos de descanso.

B.- No recomendado si la máquina puede ser usada por largo tiempo.

C.- No recomendado para frecuencias superiores a 10 movimientos por minuto o si la máquina puede ser usada por largos periodos de tiempo.



rEN 1005-4 .- Evolution of working postures in relation to machinery.

	Postura Estática	Postura Dinámica	
		Baja Frecuencia (< 2 por minuto)	Alta Frecuencia (≥ 2 por minuto)
I	Aceptable	ACEPTABLE	Aceptable
II	Condicionamente aceptable (Step 2A)	Aceptable	Condicionamente aceptable (Step 2c)
III	No recomendado	Condicionamente aceptable (Step 2B)	No recomendado
IV	No recomendado	Condicionamente aceptable (Step 2B)	No recomendado

Caso a – No recomendado
Caso b – No recomendado

Step:

A.- Aceptable cuando los brazos tienen soporte. Si no tiene soporte depende de la duración de la postura y tiempos de descanso.

B.- No recomendado si la máquina puede ser usada por largo tiempo.

C.- No recomendado para frecuencias superiores a 10 movimientos por minuto o si la máquina puede ser usada por largos periodos de tiempo.





MOVIMIENTOS REPETITIVOS

METODOS



Cálculo del Índice de OCRA

ISO/DIS 11228-3: 2006. Ergonomics — Manual handling — Part 3: Handling of low loads at high frequency. ANEXO C.

UNE EN 1005-05:2007. Seguridad en máquinas. Evaluación del riesgo por movimiento repetitivo de alta frecuencia.



Evaluación del **riesgo** de aparición de trastornos músculo-esqueléticos asociados a **movimientos repetidos** efectuados por las **extremidades superiores**



Ocupational Repetitive Action (OCRA)

Colombini, Grieco y Occhipinti (1998)

Objetivo:

Analizar exposición a tareas con varios factores de riesgo de lesión de miembro superior.



Índice de Exposición (IE)

$$\frac{Ae}{Ar} = \frac{\text{Cálculo de Ae (nº total de acciones similares observadas en el turno)}}{\text{Cálculo de Ar (nº de acciones recomendadas)}}$$

$$Ar = \sum \left[CF \times (Ff \times Fp \times Fad) \times D \right] \times Fr \times Fd$$



No confundir con **CHECK-LIST OCRA**

- ✓ Herramienta nivel 1
- ✓ Más sencilla de aplicar
- ✓ No exime de aplicar NIVEL 2 = ÍNDICE OCRA



Relación con TME:

$(4.2 \pm 1) \times IE = \text{Prevalencia esperada de lesiones (\%)}$

$(0,336 \pm 0,095) \times IE = \text{Incidencia esperada de lesiones (\%)}$



DEFINICIONES:

Turno de trabajo: jornada diaria de trabajo en la que el operario desempeña varias tareas.

Tarea: actividad de trabajo cuyo objetivo es la consecución de una operación específica. Pueden ser:

- **Repetitivas:** constituidas por ciclos repetidos de acciones mecánicas.
- **No repetitivas:** caracterizadas por acciones no cíclicas de las extremidades superior.



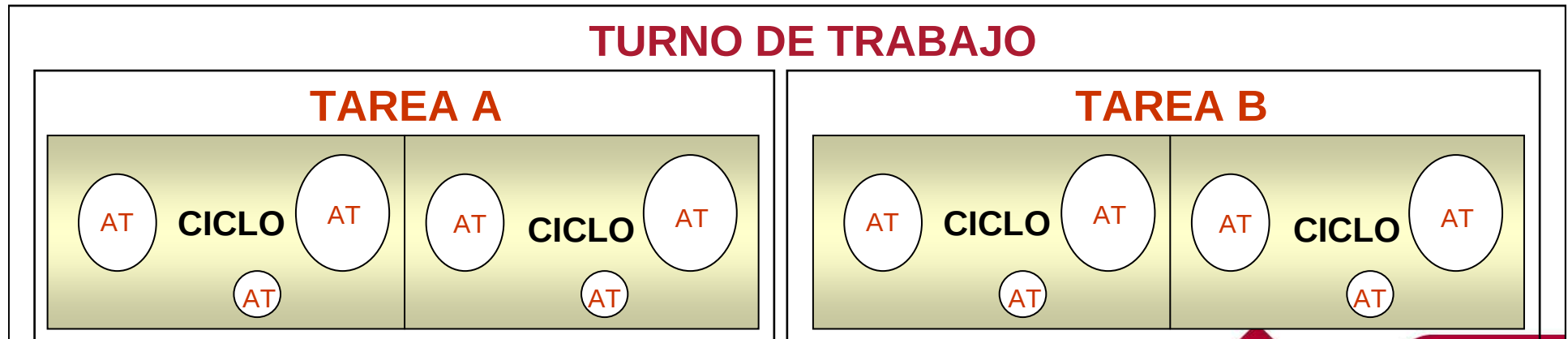
Ciclo: secuencia de acciones técnicas de extremidad superior con una duración relativamente corta que se repiten una y otra vez, siempre de la misma forma.

Acción técnica: operaciones elementales que posibilitan la consecución de un ciclo.

Ejemplos: empujar, cortar, hacer girar, búsqueda de defectos, etc.



Por ejemplo en tarea de empaquetado de fruta en cajas, supongamos, la misma y única tarea durante toda la jornada de trabajo; un ciclo de trabajo será llenar una caja (unos pocos minutos), mientras que el empaquetado de cada fruta es un subciclo o ciclo de trabajo fundamental (puede durar unos pocos segundos). Acciones técnicas sería extender el brazo, agarrar la fruta, levantarla, envolverla en papel y dejarla en la caja.



Factores de riesgo:

Falta de Recuperación

Repetitividad

Frecuencia

Fuerza

Postura

Factores Adicionales



Trabajo Repetido

Actividad laboral consecutiva, que **dura al menos una hora**, en la que se lleva a cabo ciclos de trabajo **<30 segundos** o en los que realiza la misma acción el **50% del ciclo**

Los ciclos han de ser similares:

En la secuencia temporal.

En el patrón de fuerzas.

En las características espaciales del movimiento.



Riesgo:

Posturas o movimientos extremos

Aquellos que excedan el 50% de rango de movilidad durante al menos 1/3 ciclo.

Posturas mantenidas largo tiempo

Movimientos de alta repetición

Gestos del mismo tipo durante más 50% del ciclo.



Medidas organizativas:

Tiempo neto de cada tarea repetida

Número de ciclos y duración neta de cada ciclo

Acciones técnicas realizadas en cada tarea:

Acciones por unidad de tiempo: nº acciones/minuto.

Número de acciones por ciclo

*Número total de acciones (izquierda-derecha) en la
tarea/s y durante toda la jornada*



Acciones técnicas:

Acciones específicas del proceso: doblar, apretar, girar, ajustar, bajar...

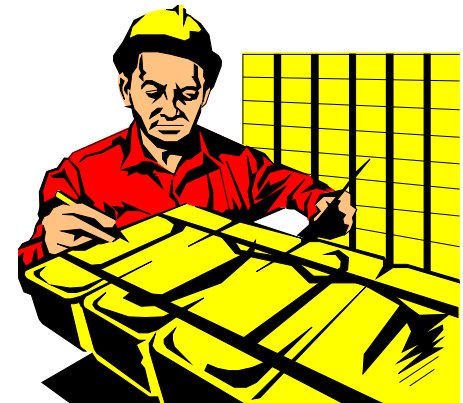
Alcanzar: si el objeto está fuera de zona de alcance.

Empujar/traccionar: si se requiere fuerza

Introducir/sacar: si se requiere fuerza

Transporte: >3 kilos y más de un metro

Mover: >2kg en agarre, ó pinza >1kg,
más de dos pasos



Acciones técnicas:

Arrancar una herramienta: si requiere accionar un botón o palanca con la mano, con uno o más dedos

Si la misma acción se repite más de una vez, cada repetición se debe contar como una sola acción

La acción que se lleva a cabo repetidamente, pero no en todas las piezas, se cuenta como una fracción

OCRA: contabiliza la aparición no su duración



Ejemplo:

Una tarea consiste en envasar una caja llena de huevos de Pascua.

Envolver cada huevo requiere 60 segundos.

Se llena una caja cada 20 minutos y, después de cerrarla, se coloca en una estantería.

El tiempo empleado es de 5 segundos.



Tarea repetitiva	1 CICLO (60 segundos): envolver cada huevo.	· Coger un huevo · Coger una hoja de papel · Colocar la hoja en la mesa · Colocar el huevo en la hoja · Doblar la hoja sobre el huevo · Envolver el huevo · Coger un lazo · Cortar el lazo · Liar el lazo en el huevo · Tensar el lazo · Arreglar el nudo · Coger el huevo envuelto · Colocarlo en la caja	13 acciones técnicas cada 60 segundos
Tarea no repetitiva	5 segundos cada 20 minutos:	· Cerrar la caja · Coger la caja · Colocar la caja en la bandeja · Coger otra caja · Colocarla en la superficie de trabajo	5 acciones técnicas cada 20 minutos con una duración de 5 segundos



$$Ar = \sum \left[CF \times (Ff \times Fp \times Fad) \times D \right] \times Fr \times Fd$$



nº de acciones recomendadas

CF: constante de frecuencia = 30

Ff: Factor fuerza

Fp: Factor postura

Fad: Factores adicionales

D: Duración de la tarea

Fr: Factor de P. de recuperación

Fd: Factor de duración diaria trabajo repetitivo

Ae

Cálculo de Ae (nº total de acciones similares observadas en el turno)

Ar

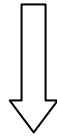
Cálculo de Ar (nº de acciones recomendadas)



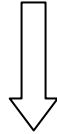
Constante de frecuencia (CF):

Mayoría autores: recomiendan un límite de 10-25 acciones/minuto

Frecuencia alta de AT: 50-60/min



↓ Tiempo de contracción/relajación



Válido ocasionalmente o muy corta duración (<1 h)

OCRA: Límite en 30 acciones/min (puede ser modificado)



Valoración de la fuerza:

Peso objeto manejado

Dinamometría

EMG

Escala de Borg CR-10 RPE



Valor en CR-10 RPE x 10 = %MVC
(obtenido por EMG) (Grant et al., 1994)



Escala de Borg (CR-10 RPE)

0	Nulo
0,5	Apenas perceptible
1	Muy ligero
2	Ligero
3	Moderado
4	Algo pesado
5	Pesado (Duro)
6	
7	Muy duro
8	
9	
10	Extremadamente duro
*	Máximo



Factor FUERZA (Ff):

Calcular %MVC ó Escala de Borg

Identificar multiplicador

Varias acciones : calcular a partir de F. media ponderada

%MVC	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
Borg	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5
Ff	1	0.85	0.75	0.65	0.55	0.45	0.35	0.2	0.1	0.01

Si $Ff > 5$ durante al menos 10% ciclo: **Alto riesgo**



En una tarea industrial se realiza una **fuerza 1** en la escala de Borg al montar pequeños elementos eléctricos **durante un 60% del tiempo** y, para insertar componentes, es necesario emplear una **fuerza 3** durante un **10% del tiempo**.

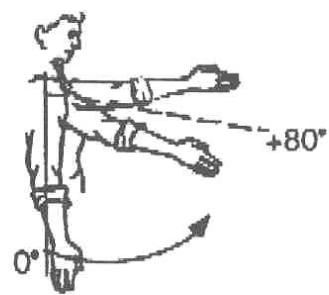
Fuerza media ponderada:

$$(0,85 \times 60\%) + (0,45 \times 10\%) + (1 \times 30\%) = 0,86.$$

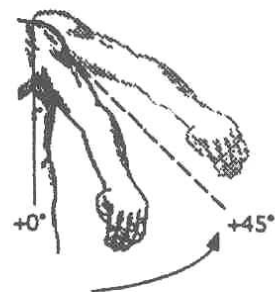
%MVC	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
Borg	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5
Ff	1	0.85	0.75	0.65	0.55	0.45	0.35	0.2	0.1	0.01



SHOULDER POSITIONS AND MOVEMENTS



FLEXION

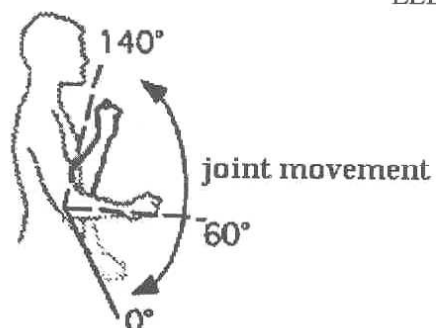


ABDUCTION

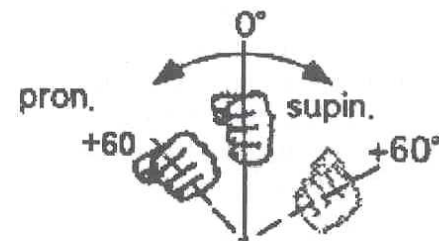


EXTENSION

ELBOW MOVEMENTS

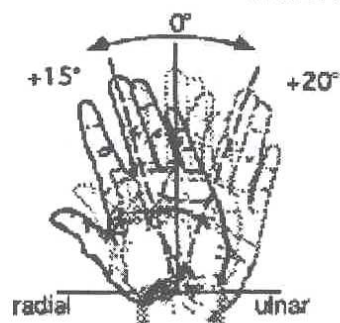


FLEXION-EXTENSION

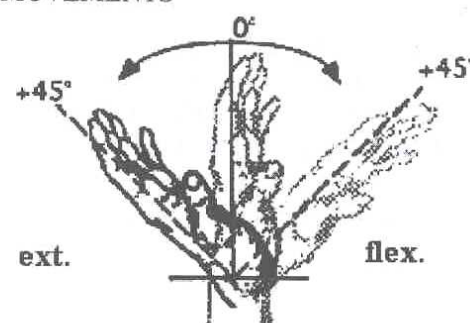


PRONATION AND SUPINATION

WRIST POSITIONS AND MOVEMENTS



RADIO-ULNAR DEVIATION

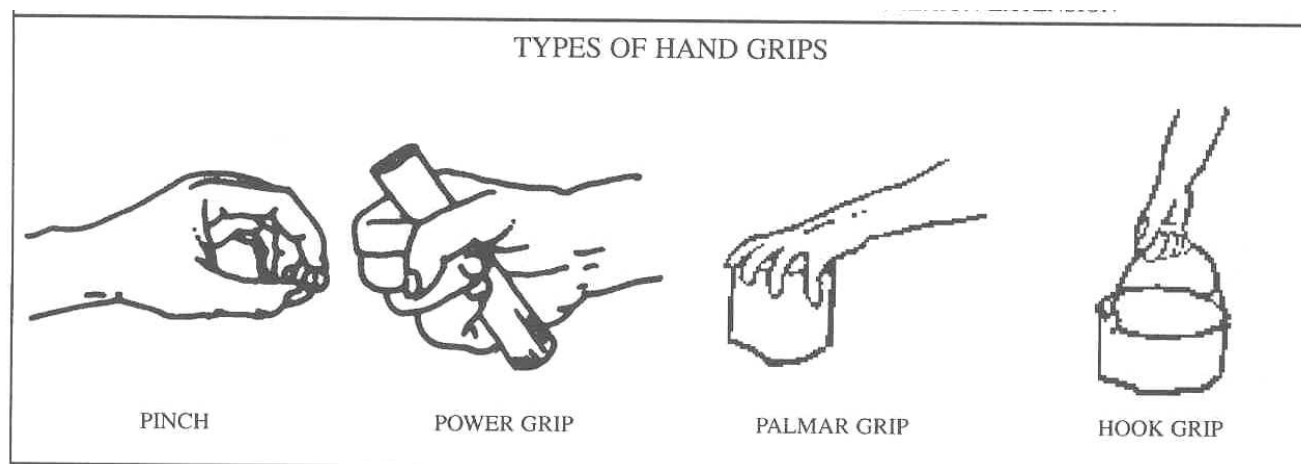


FLEXION-EXTENSION

Gestos > 25% - 50% de rango de movilidad → 1/3 ciclo

Articulación escapulo-humeral (hombro)	Abducción	(+45°)	Puntuación: 4
	Flexión	(+80°)	Puntuación: 4
	Extensión	(+20°)	Puntuación: 4
Codo	Supinación	(+60°)	Puntuación: 4
	Pronación	(+60°)	Puntuación: 2
	Flexión-extensión	(+60°)	Puntuación: 2
Muñeca	Extensión	(+45°)	Puntuación: 4
	Flexión	(+45°)	Puntuación: 3
	Desviación radial	(+15°)	Puntuación: 2
	Desviación ulnar	(+20°)	Puntuación: 2





OCRA: Criterios de referencia

TIPO DE AGARRE	Puntos OCRA
Agarre amplio (4-6 cm)	1
Agarre estrecho (1,5 cm)	2
Movimientos finos de dedos	3
Pinza o tecleo	3
Agarre palmar	4
Agarre de gancho	4



OCRA: mismo movimiento >50% ciclo = 4  **↓ 30% de Ar**



Factor POSTURA (Fp):

Elegir la peor puntuación entre codo, muñeca y mano

Resultado postural	0-3	4-7	8-11	12-15	16
F _p	1	0.70	0.60	0.50	0.3

Si el hombro es la articulación de mayor riesgo  **CF = 10**

Disminución de hasta el 70% de las Ar



Factores adicionales:

- Uso de aparatos que transmiten vibración
- Precisión extrema (1-2 mm)
- Compresión localizada mano o antebrazo
- Exposición al frío
- Uso de guantes inadecuados
- Manejo de objetos resbaladizos
- Acciones de sacudida o “tirón”
- Gestos con “retro-acción” (ej. martillear)



Factor FACTORES ADICIONALES (Fad):

Presencia cada 1/3 del ciclo  **Puntos OCRA = 4**

Factores adicionales	0	4	8	12
F _a	1	0.95	0.90	0.80

Disminuye un máximo del 20% de Ar



Tiempo de recuperación: el periodo de tiempo en el turno, o en el ciclo, durante el cual **no se lleva a cabo** ninguna acción técnica

Descansos

Periodos en que no afecta a músculos implicados

Control visual

Paradas de máquina >15 minutos/jornada

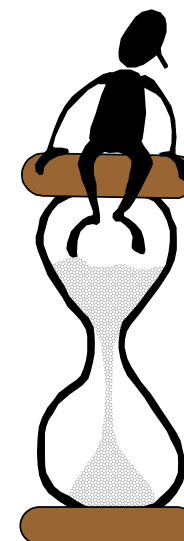
Periodos dentro del ciclo en que los músculos implicados están inactivos.

>10" cada pocos minutos de trabajo repetido



1ª h	2ª h	3ª h	4ª h	5ª h	6ª h	7ª h	8ª h	9ª h
A	A		A		A	A		A
Pausa (10 min)			Comida			Pausa (10 min)		

Hora	Tarea	Minutos O.K.	Minutos sobrecarga
1	A	50	10
2	A	—	50
3	A	50	10
4	A	—	60
5	Comida	—	—
6	A	50	10
7	A	—	50
8	A	50	10
9	A	—	60
Total		200	260



Factor RECUPERACIÓN (Fr):

Según la recuperación tras pausa



Identificar el factor

Nº de horas sin recuperación	0	1	2	3	4	5	6	7	8
F_r	1	0.90	0.80	0.70	0.60	0.45	0.25	0.10	0



Factor DURACIÓN (Fd):

Minutos	<120	120-239	240-480	>480
Fd	2	1.5	1	0.5

OCRA se basa en Ar para tareas repetitivas de >4 horas/turno



Criterios de evaluación ISO 11228-3:2007, UNE EN 1005-5:2007

Zona	Valor <i>OCRA</i>	Nivel de riesgo	Consecuencias
Verde	$\leq 2,2$	Sin riesgo Previsión de PA de TME-MS no es significativamente diferente de la esperada en la población de referencia.	Aceptable Sin consecuencias
Amarillo	de 2,3 a 3,5	Riesgo muy bajo Previsión de PA de TME-MS es mayor que la precedente, menos del doble que la esperada en la población de referencia.	Se recomienda poner en marcha mejoras en los factores de riesgo estructurales (postura, fuerza, acciones técnicas, etc.); de no ser así, debería mencionarse en el manual de usuario la existencia de un “riesgo residual” que puede ser gestionado mediante “otras medidas organizativas”.
Rojo	$> 3,5$	Riesgo Previsión de PA de TME-MS es más del doble que la esperada en la población de referencia. Cuanto mayor es el índice, mayor es el riesgo.	Rediseño de tareas y de puestos de trabajo: si no es posible la reducción del riesgo a una condición aceptable, debería mencionarse en el manual de usuario la existencia de un “riesgo residual” que puede ser gestionado mediante “otras medidas organizativas”.

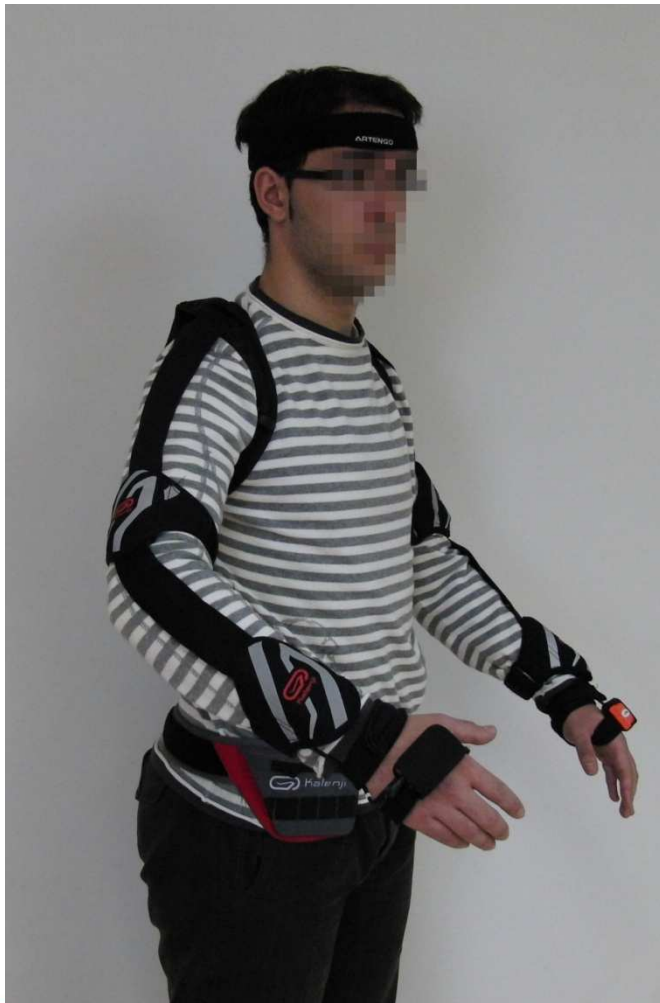
HADA / Move-Human Sensor



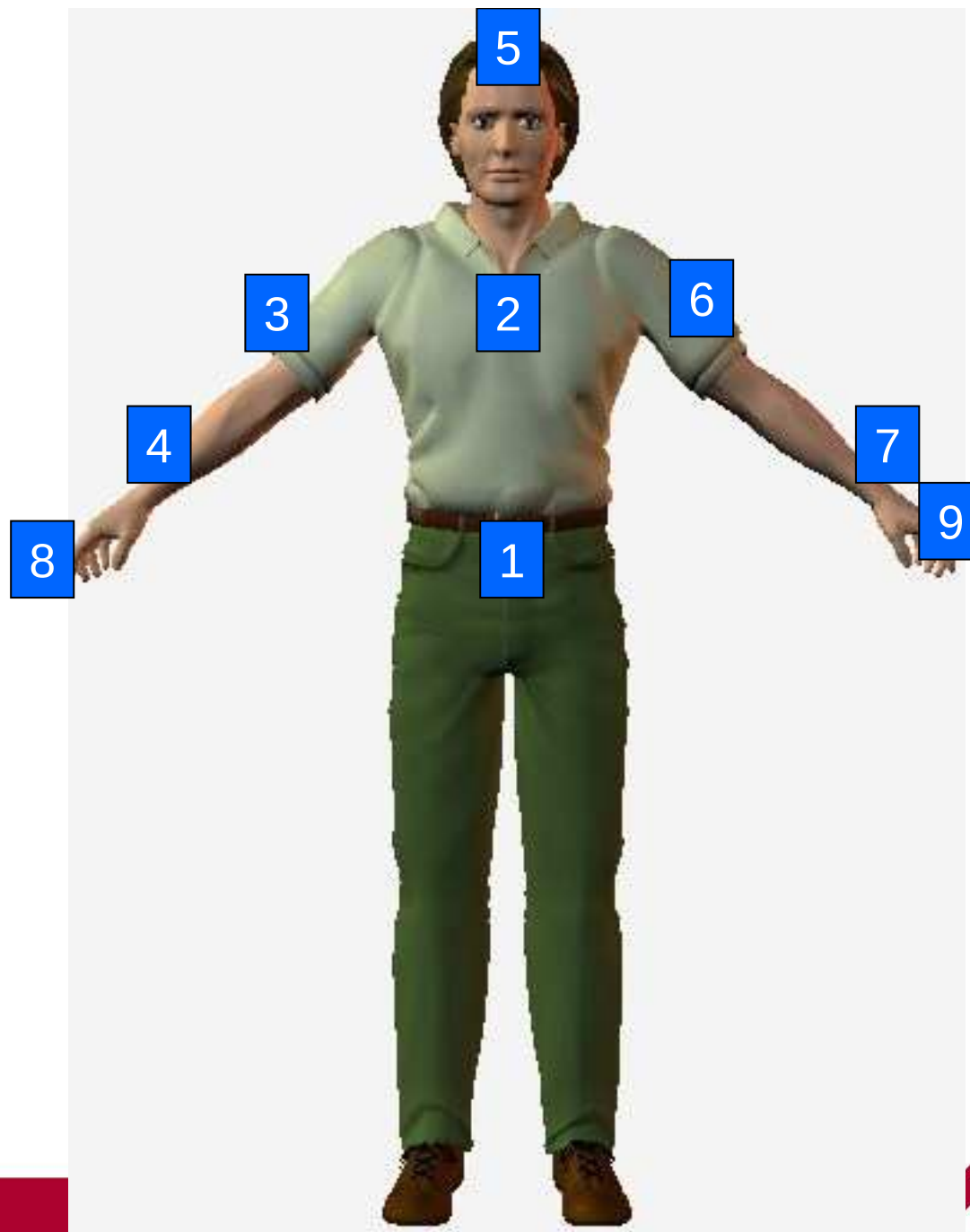
**Herramienta de Análisis y
Diseño Asistido**

Sistema MoveHuman – Sensors

Análisis ERGONÓMICO



Extremidades Superiores 9 sensores



Sistemas MoCap actuales

- Utilización de varias cámaras.
- Utilización de goniómetros.
- Condiciones de laboratorio.
- Requieren calibración.



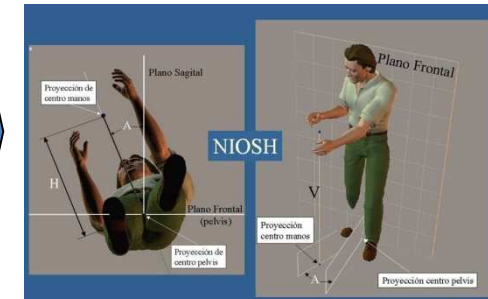
MoCap



En campo



Análisis biomecánico



Análisis Ergonómico

Simulación 3D Modelos humanos



Sistema portátil para captura de movimientos basado en sensores inerciales

- Utiliza una cámara tipo webcamHD.
- No precisa marcadores sino sensores.
- No requiere goniómetros.
- Se transporta fácilmente.
- No requiere calibración.
- Funciona con bajos niveles de iluminación.
- Se pueden reproducir los movimientos de partes ocultas para las cámaras.

UTILIZAR EN CAMPO



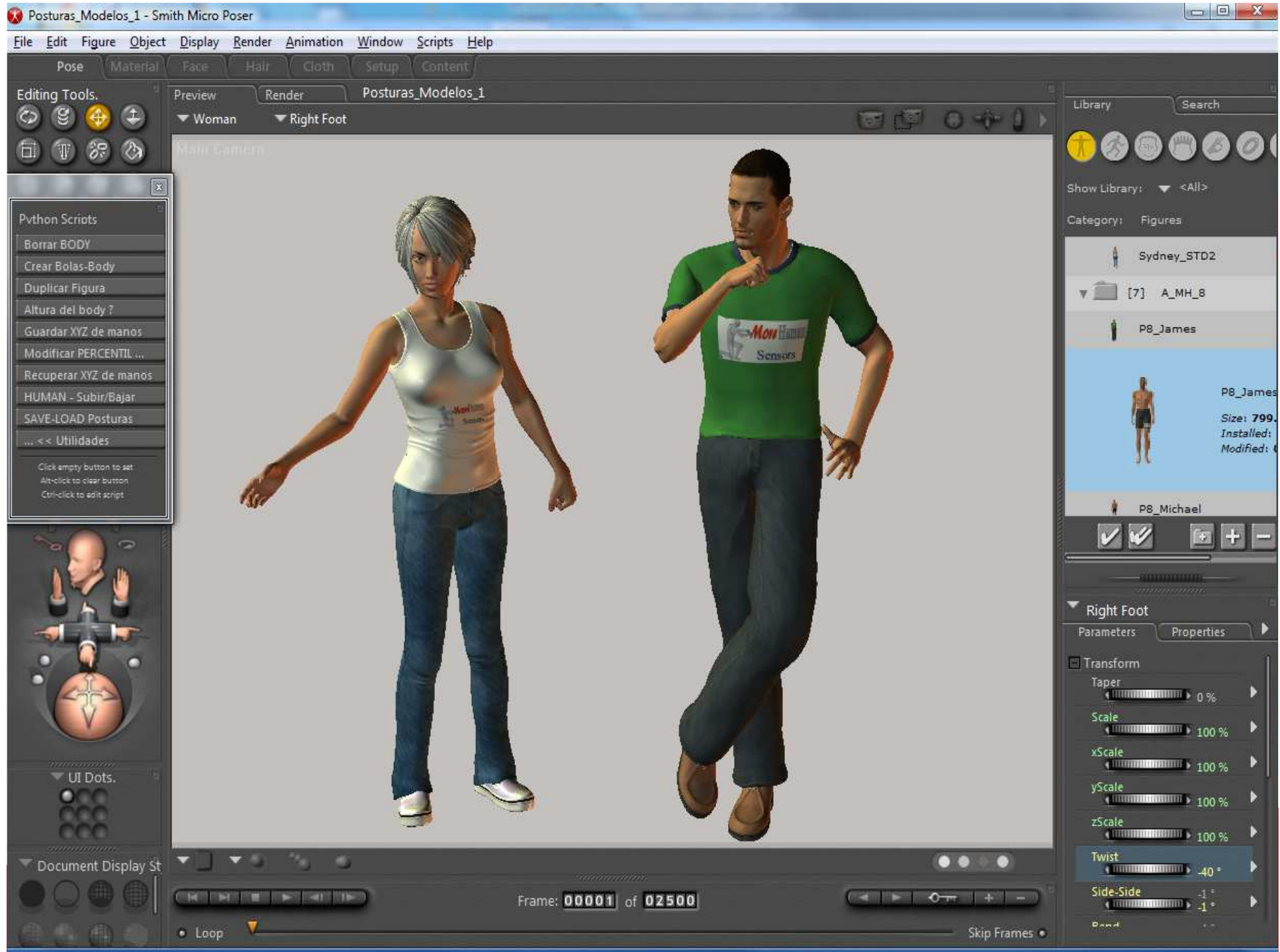


Tablet



En campo
y oficina





Captura de imágenes

- Posicionamiento de la cámara tipo webcam y la de gran angular (opcional).
- Se generan archivos de video

Podremos obtener:

- Posiciones, Distancias y Ángulos



Una vez realizada la simulación es posible:

Modificar el sexo y la antropometría del modelo (simulación con distintos percentiles).

Llevar a cabo un análisis de movimientos y campo visual.

Recrear o diseñar un puesto de trabajo.

Generar fotos para incluir en informes.

Generar vídeos para presentaciones.



Modos visualización

Cámara fija



Foto sin trabajador real



Cámara virtual



Modificar el sexo y la antropometría del modelo:





Percentiles de Mujer:

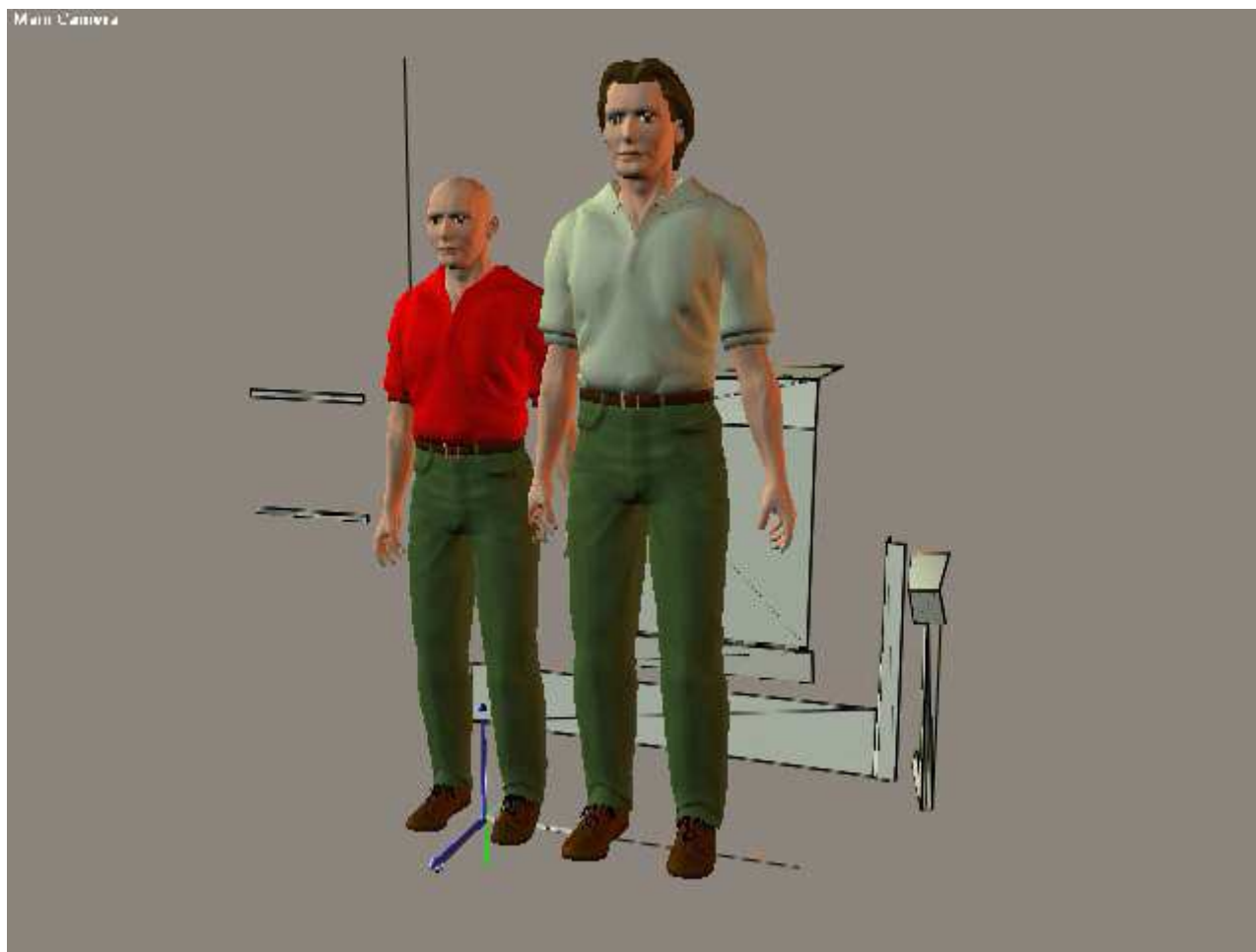
- P05 149.0 cm
- P50 159.6 cm
- P95 170.1 cm

Percentiles de Hombre:

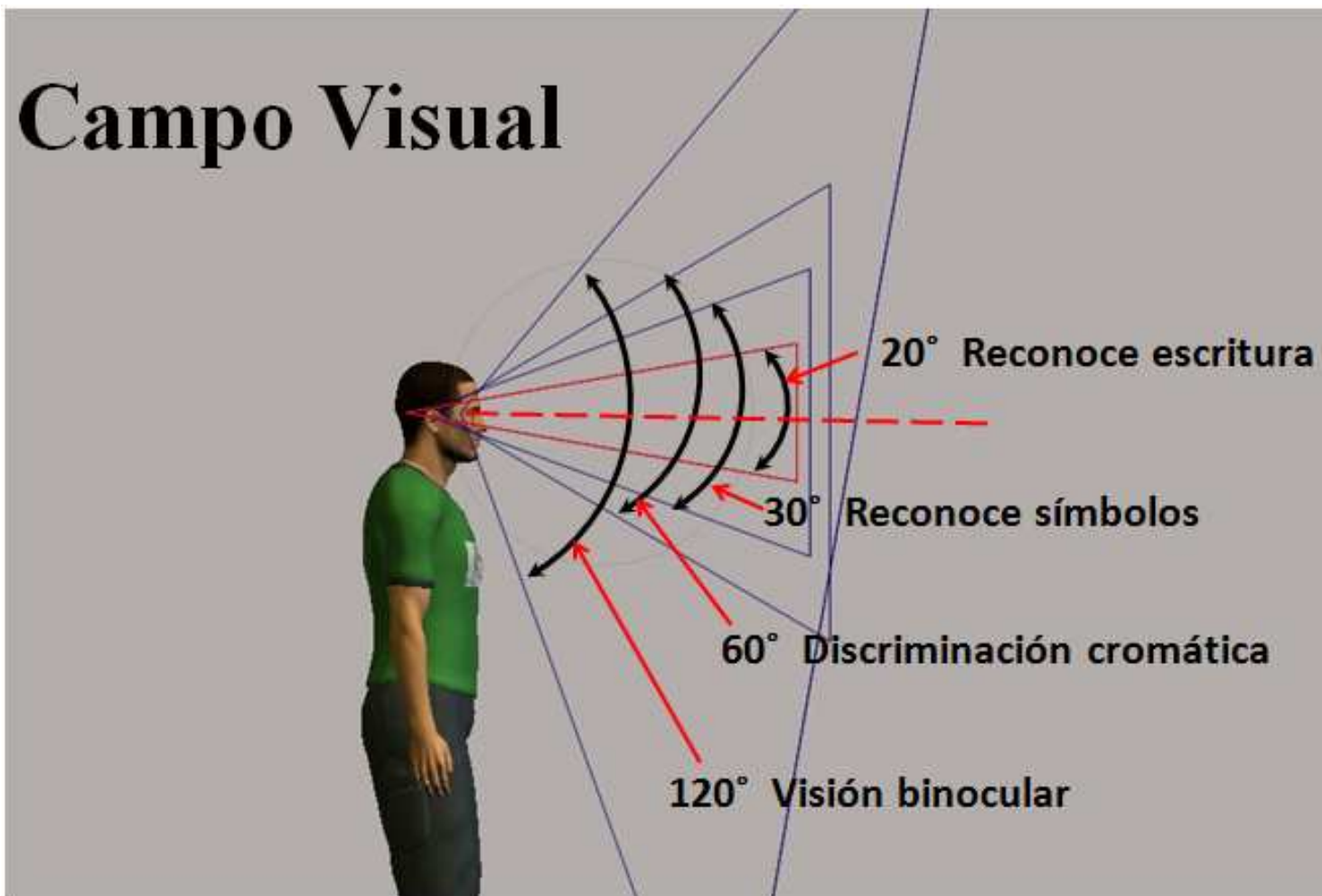
- P05 158.3 cm
- P50 169.8 cm
- P95 182.0 cm

Simulación con distintos percentiles

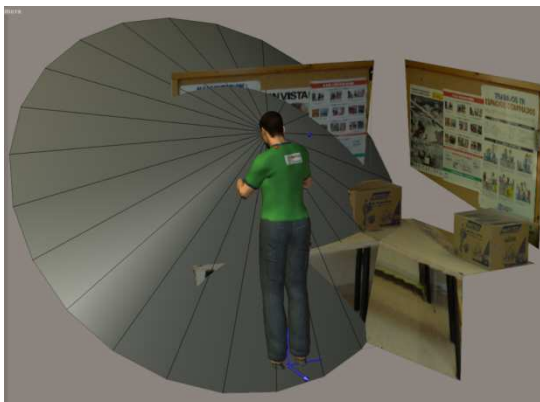
Altura real = 160cm versus P95 (182cm)



Análisis del campo visual



Análisis del campo visual



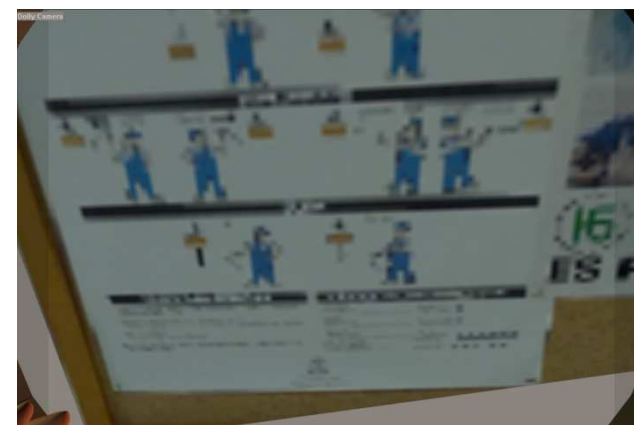
Visión binocular

Amplitud 120°



Discriminación
cromática

Amplitud 60°



Análisis del campo visual



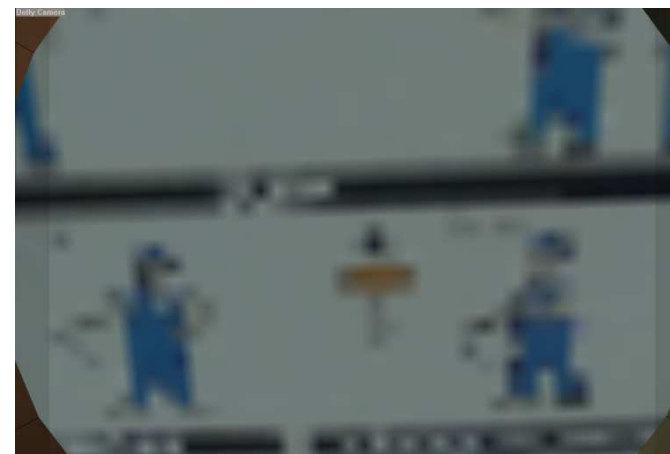
Reconoce
símbolos

Amplitud 40°



Reconoce
escritura

Amplitud 20°



Métodos...

- Análisis Biomecánico.
- REBA (Carga Postural)
- NIOSH (Manipulación Cargas)
- OCRA (UNE-EN 1005-5: 2007)
- Análisis aceleraciones / alta velocidad.
- Análisis del campo visual.



Análisis de movimientos

C. Datos considerados.

Actividad:				
Frames		Estático	Repetitivo	cambios e inestables
Inicial	Final	(sí / no)	(sí / no)	(sí / no)
5	243	N	S	S

Sentado	
Inicial	Final
-	-

Peso:				
Frames		Peso	Rápido	Agarre
ini	fin	kg	Sí / no	0-1-2-3
5	7	2.1	S	1
9	11	2.95	S	1
13	16	2.95	S	1
17	19	2.1	S	1
21	30	2.1	S	1
32	62	2.95	S	1
65	92	2.95	S	1
95	129	0.5	N	2
135	175	0.5	N	2
179	189	2.1	N	1
195	214	0.5	N	2
224	243	2.1	S	1

Brazo Izq. apoyado	
Inicial	Final
9	27
33	44
50	72
80	95
177	180
189	201
233	243

Piernas Inestables	
Inicial	Final
132	137
191	200
209	219

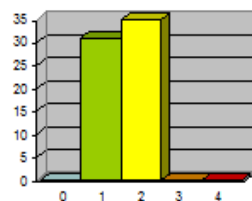
Brazo dcho. apoyado	
Inicial	Final
-	-



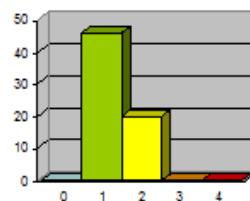
Análisis de movimientos

General

Izquierda		
Nivel_IQZ	Frecuencia	%
0	0	0.0
1	31	47.0
2	35	53.0
3	0	0.0
4	0	0.0
Total	66	100.0

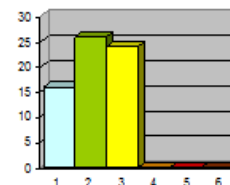


Derecha		
Nivel_DCHA	Frecuencia	%
0	0	0.0
1	46	69.7
2	20	30.3
3	0	0.0
4	0	0.0
Total	66	100.0

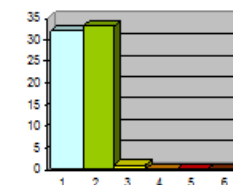


Brazos:

Izquierda		
Nivel_IQZ	Frecuencia	%
1	16	24.2
2	26	39.4
3	24	36.4
4	0	0.0
5	0	0.0
6	0	0.0
Total	66	100.0

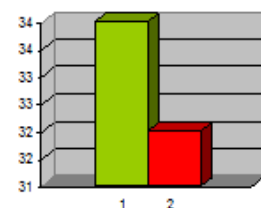


Derecha		
Nivel_DCHA	Frecuencia	%
1	32	48.5
2	33	50.0
3	1	1.5
4	0	0.0
5	0	0.0
6	0	0.0
Total	66	100.0

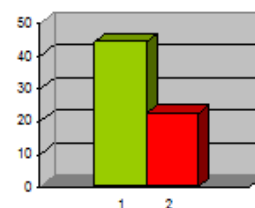


Antebrazos:

Izquierda		
Nivel_IQZ	Frecuencia	%
1	34	51.5
2	32	48.5
Total	66	100.0

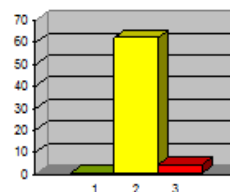


Derecha		
Nivel_DCHA	Frecuencia	%
1	44	66.7
2	22	33.3
Total	66	100.0

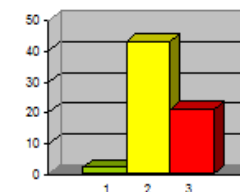


Muñecas:

Izquierda		
Nivel_IQZ	Frecuencia	%
1	0	0.0
2	62	93.9
3	4	6.1
Total	66	100.0



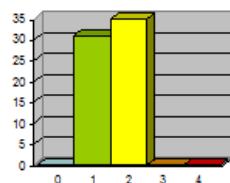
Derecha		
Nivel_DCHA	Frecuencia	%
1	2	3.0
2	43	65.2
3	21	31.8
Total	66	100.0



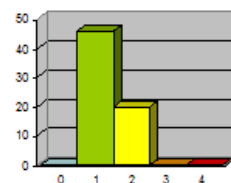
Análisis de movimientos

General

Izquierda		
Nivel_IQZ	Frecuencia	%
0	0	0.0
1	31	47.0
2	35	53.0
3	0	0.0
4	0	0.0
Total	66	100.0

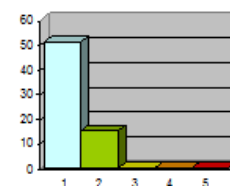


Derecha		
Nivel_DCHA	Frecuencia	%
0	0	0.0
1	46	69.7
2	20	30.3
3	0	0.0
4	0	0.0
Total	66	100.0

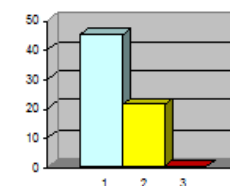


Tronco/ Cuello:

Tronco		
Nivel_IQZ	Frecuencia	%
1	51	77.3
2	15	22.7
3	0	0.0
4	0	0.0
5	0	0.0
Total	66	100.0

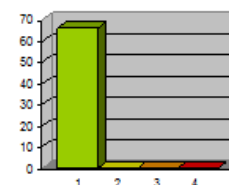


Cuello		
Nivel_DCHA	Frecuencia	%
1	45	68.2
2	21	31.8
3	0	0.0
Total	66	100.0

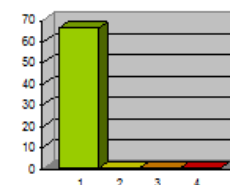


Piernas:

Izquierda		
Nivel_IQZ	Frecuencia	%
1	66	100.0
2	0	0.0
3	0	0.0
4	0	0.0
Total	66	100.0



Derecha		
Nivel_DCHA	Frecuencia	%
1	66	100.0
2	0	0.0
3	0	0.0
4	0	0.0
Total	66	100.0



Análisis de movimientos



Nivel de riesgo		
Valor (0-4)		
Izq.	Dcha.	
2	2	
Grupo A-B		
Valor (1-12)		Actividad (0-3)
Izq.	Dcha.	
4	3	
		2

Grupo A								
Valor (1-12)		Tronco (1 5)	Cuello (1-3)	Pierna(1-4)		Carga (0-3)		
Izq.	Dcha.			Izq.	Dcha.			
3	3	2	2	1	1	0		
Grupo B								
Valor (1-12)		Brazo (1-6)		Antebrazo (1-2)		Muñeca (1-3)		Agarre (0-3)
Izq.	Dcha.	Izq.	Dcha.	Izq.	Dcha.	Izq.	Dcha.	
5	4	3	2	2	2	2	3	0

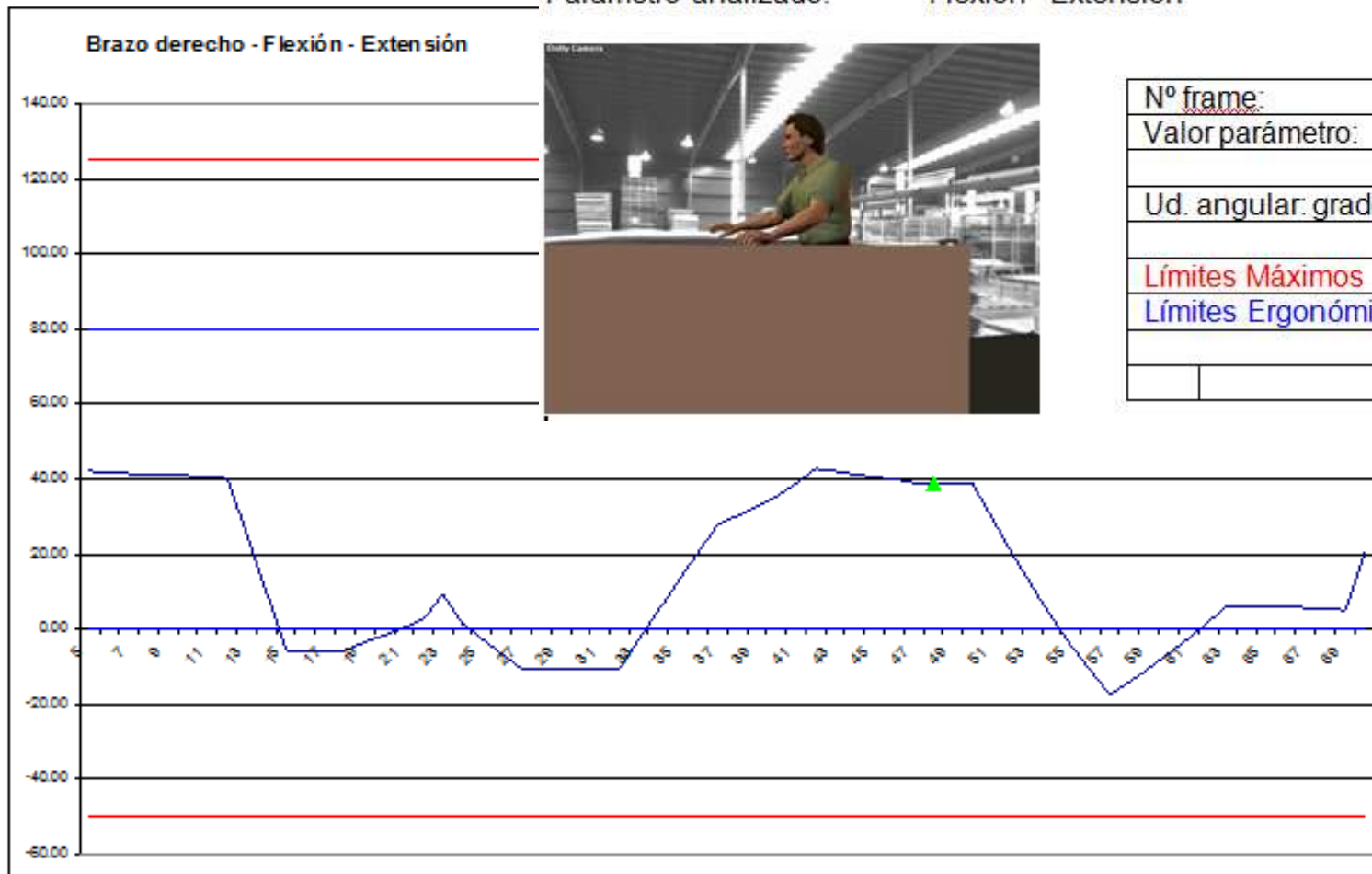


Análisis de movimientos

Postura:

Segmento corporal:
 Parámetro analizado:

Brazo derecho
 Flexión - Extensión



Nº frame:	48
Valor parámetro:	-8.98
Ud. angular: grados. Ud. longitud: cm	
Límites Máximos	(-50) / (125)
Límites Ergonómico	(0) / (80)

- **Puestos de Trabajo:** Evaluación, diseño, rediseño...
- **Productos:** Evaluación. Análisis de usabilidad. Diseño. Manuales de uso. Catálogos.
- **Discapacidad:** Ayudas técnicas. Accesibilidad.
- **Evaluación del daño corporal.** Rehabilitación.
- **Entrenamiento y formación** en distintos ámbitos



Diseño de puestos virtuales, Rediseño de PT, productos, ...



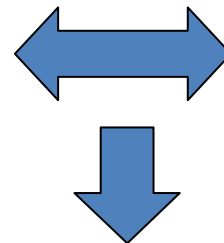
Conclusiones

La aplicación de herramientas en ergonomía



Mejora la detección de las condiciones de trabajo
Potencia la mejor concreción de las acciones
“preventivas”

**Mejora la calidad de
las condiciones de
trabajo**



**Mejora la calidad
de los productos**

Mejora de CALIDAD de vida



Muchas gracias

César André Rivas

cesar_andre@prevencionfremap.es

Telf.: +34 986 425 724

<http://www.prevencionfremap.es>

