

José Manuel Álvarez Zárate

# Lesiones musculoesqueléticas relacionadas con el trabajo. Metodología para la evaluación de riesgos

Director/es

Rubio Calvo, Emilio  
García de Felipe, Ana  
Bascuas Hernández, Javier

<http://zaguan.unizar.es/collection/Tesis>



© Universidad de Zaragoza  
Servicio de Publicaciones

ISSN 2254-7606



**Universidad**  
Zaragoza

Tesis Doctoral

LESIONES MUSCULOESQUELÉTICAS  
RELACIONADAS CON EL TRABAJO.  
METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE  
RIESGOS

Autor

José Manuel Álvarez Zárate

Director/es

Rubio Calvo, Emilio  
García de Felipe, Ana  
Bascuas Hernández, Javier

**UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA**  
**Escuela de Doctorado**

2006





## **UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA**

Departamento de Microbiología, Medicina Preventiva y Salud Pública

### **TESIS DOCTORAL**

Lesiones musculoesqueléticas relacionadas con el trabajo.  
Metodología para la evaluación de riesgos

Trabajo realizado para optar al título de Doctor por:  
**José Manuel Álvarez Zárate**

Dirigido por:  
**Dr. D. Emilio Rubio Calvo**  
**Dra. Dña. Ana García de Felipe**  
**Dr. D. Javier Bascuas Hernández**

D. Emilio Rubio Calvo, Catedrático de Medicina Preventiva y Salud Pública (Bioestadística) de la Universidad de Zaragoza y los Dres. Dña. Ana García Felipe y D. Javier Bascuas Hernández

CERTIFICAN:

Que D. José Manuel Álvarez Zárate, Ingeniero de Telecomunicaciones orientación Electrónica ha realizado bajo su dirección la Tesis Doctoral titulada:

Lesiones musculoesqueléticas relacionadas con el trabajo. Metodología para la evaluación de riesgos

Una vez revisado el contenido de la memoria que aporta, se estima que reúne las condiciones necesarias para su defensa pública y para alcanzar el Grado de Doctor.

Para que conste, en cumplimiento de la legislación vigente, presenta ante la Facultad de Medicina de la Universidad de Zaragoza la referida memoria para pública defensa.

Zaragoza, 4 de febrero de 2005

Dr. Emilio Rubio Calvo

Dra. Ana García Felipe

Dr. Javier Bascuas Hernández

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Dr. D. Emilio Rubio Calvo, Catedrático del Departamento de Microbiología, Medicina Preventiva y Salud Pública y tutor de este trabajo, por alentarme a concretar en esta tesis unas ideas y experiencias profesionales que le expuse hace algunos años, por sus acertados consejos y su total disponibilidad.

A la Dra. Dña. Ana García Felipe, del Departamento de Microbiología, Medicina Preventiva y Salud Pública por su esmerada labor en aclarar mis dudas y en revisar pacientemente todo el trabajo.

Al Dr. D. Javier Bascuas Hernández, Coordinador de Ergonomía del Departamento de Prevención de General Motors España, compañero de trabajo y, ante todo, un excelente amigo. Su apoyo constante, su entusiasmo por el trabajo bien hecho, sus consejos y su absoluta y desinteresada dedicación han sido fundamentales para el desarrollo de este trabajo.

A Marta Ginés Morón, Mar Pardos Ordovás y Miguel Ipas Blasco, compañeros de trabajo y a Antonio Alfonso López, Director del Instituto de Ergonomía MAPFRE, por su ayuda y por animarme continuamente en la consecución de esta meta.

Al Dr. D. Víctor Alcalde Lapiedra, Gerente del Departamento de Prevención de General Motors España, por apoyar las iniciativas que permitieron recopilar los datos necesarios para la realización de este trabajo.

*A mi esposa Mercedes*

*A mis padres*



## ÍNDICE

1.	JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS .....	1
2.	TRASTORNOS MUSCULOESQUELÉTICOS .....	4
2.1.	INTRODUCCIÓN .....	4
2.2.	BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS TMERT .....	8
2.2.1.	TMRT a nivel de hombro .....	9
2.2.2.	TMRT a nivel de codo.....	10
2.2.3.	TMRT a nivel de muñeca y mano.....	11
2.3.	FACTORES DE RIESGO ASOCIADOS A LOS TMERT .....	12
2.3.1.	Posturas y movimientos .....	17
2.3.2.	Fuerza.....	19
2.3.3.	Repetición.....	22
2.3.4.	Pausas y descansos.....	24
2.3.5.	Factores de riesgo adicionales .....	26
3.	MÉTODOS DE EVALUACIÓN .....	27
3.1.	INTRODUCCIÓN .....	27
3.2.	OWAS .....	30
3.3.	SIEMENS.....	34
3.4.	RODGERS MUSCLE FATIGUE ANALISYS .....	44
3.5.	RULA.....	47
3.6.	VIRA .....	50
3.7.	MÉTODO OPEL .....	52
3.8.	NUEVO R.N.U.R. ....	58
3.9.	MATRIZ DE EXPOSICIÓN - FORD .....	59
3.10.	ANSI PARA CTD's DE EXTREMIDADES SUPERIORES .....	65
3.11.	ERGO IBV .....	67
3.12.	ISO/DIS 11226 .....	71
3.13.	STRAIN INDEX .....	77
3.14.	OCRA.....	82
3.15.	UNE-EN 1005-3 - LÍMITES DE FUERZAS RECOMENDADOS .....	89
3.16.	PENNSYLVANIA .....	94
3.17.	TLV DE LA ACGIH PARA NIVEL DE ACTIVIDAD DE LA MANO .....	100
3.18.	REBA .....	102
3.19.	REFA (BURAND) .....	105
3.20.	NIOSH 1981 .....	112
3.21.	NIOSH 1991 - ECUACIÓN DE NIOSH REVISADA.....	115
3.22.	NORMATIVA EUROPEA .....	135
3.23.	PNE-PREN 1005-2 .....	137
3.24.	GUÍA ADVANCED ERGONOMICS.....	147
3.25.	RESUMEN DE LOS MÉTODOS DE EVALUACIÓN .....	153
4.	MATERIAL Y MÉTODO .....	155
4.1.	INTRODUCCIÓN .....	155
4.1.1.	Introducción.....	155
4.1.2.	General Motors España en cifras.....	155
4.1.3.	Descripción de las instalaciones .....	156
4.2.	DESCRIPCIÓN DE LOS PUESTOS DE TRABAJO .....	157
4.3.	BASES TÉCNICAS PARA EL DESARROLLO Y APLICACIÓN DEL SISTEMA DE EVALUACIÓN.....	168
4.3.1.	Introducción.....	168
4.3.2.	Datos antropométricos de la población laboral de General Motors España.....	170
4.3.3.	Vigilancia epidemiológica .....	172
4.3.4.	Medida de fuerzas.....	175
4.3.5.	Posturas de trabajo.....	181
4.3.6.	Evaluación de los puestos de trabajo .....	190
5.	NUEVA METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN .....	191
5.1.	INTRODUCCIÓN .....	191
5.2.	ELABORACIÓN EMPÍRICA DE LA METODOLOGÍA .....	191
5.2.1.	Factor fuerza (FF).....	193
5.2.2.	Factor Postura (FP) .....	194
5.2.3.	Factor Repetición (FR).....	198

5.2.4. Hoja de trabajo para la aplicación de la metodología.....	201
5.3. ADAPTACIÓN DE LA NTP-330 .....	204
6. RESULTADOS .....	208
6.1. RIS PARA EXTREMIDADES SUPERIORES.....	208
6.2. APLICACIÓN DEL MÉTODO DE EVALUACIÓN .....	210
7. DISCUSIÓN.....	217
7.1. MÉTODOS DE EVALUACIÓN EXISTENTES .....	217
7.2. MÉTODO DE EVALUACIÓN PROPUESTO .....	221
7.3. RESULTADOS Y COMPARACIÓN CON EL RIS.....	227
8. CONCLUSIONES .....	229
9. BIBLIOGRAFÍA.....	231

## 1. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS

El trabajo humano y las condiciones de su realización, así como la salud de los trabajadores y el desarrollo de las capacidades profesionales son objeto de análisis y de estudio continuo en la actualidad<sup>1</sup>.

La Ergonomía se está utilizando como técnica multidisciplinar dedicada, tanto a examinar las condiciones de trabajo con el fin de conseguir la mejor armonía entre el hombre y el sistema laboral, como dirigida a conseguir unas condiciones óptimas de confort y de eficacia productiva. Se trata, pues, de lograr que las interacciones entre el hombre y el sistema sean lo más amplias posibles<sup>1</sup>.

En las últimas décadas y como resultado del creciente interés de la industria por la Ergonomía, se ha realizado un gran esfuerzo para mejorar la utilidad y la eficacia de las técnicas de evaluación para su utilización en campo.

El conjunto de conocimientos relativos al hombre en situación de trabajo se ha recopilado de forma sistemática desde hace varias décadas, dando lugar al desarrollo de diferentes métodos de valoración de las condiciones de trabajo. Desde este punto de vista, puede decirse que la Ergonomía es una técnica multidisciplinar orientada a examinar sistemáticamente las condiciones de trabajo.

Partiendo de esta realidad, es preciso considerar que por condiciones de trabajo se entiende el conjunto de variables que definen la realización de una tarea concreta y el entorno en que ésta se lleva a cabo, en cuanto a que dichas variables determinan la salud del trabajador en el sentido más amplio del término.

El análisis de las condiciones de trabajo, elemento esencial en el desarrollo de la Ergonomía, se realizará para valorar los requerimientos de un puesto de trabajo con el objetivo de determinar posibles niveles de riesgo, comparar puestos de trabajo, objetivar las demandas de un puesto, plantear objetivos de mejora, etc. Así, la adquisición de conocimientos detallados y completos de cada puesto de trabajo es fundamental para conseguir una correcta estructuración del trabajo y en consecuencia un adecuado equilibrio ergonómico.

En base a lo anterior, parece lógico pensar que en la sociedad industrial moderna el estudio de las condiciones de trabajo con el fin de conseguir una protección total de la salud es, indudablemente, uno de los objetivos que mayor interés ha suscitado en los últimos tiempos, como queda reflejado ampliamente desde el punto de vista legal<sup>2,3</sup>.

En el artículo 118A del Acta Única Europea de 1987<sup>4</sup> se reconoce el principio de derecho que tiene todo trabajador a esperar protección contra los riesgos para su salud y seguridad en el trabajo y en el artículo 16 de la Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales<sup>2</sup> se indica que la acción preventiva en la empresa la planificará el empresario a partir de una evaluación inicial de los riesgos para la salud y seguridad de los trabajadores. Esta acción debe ser efectuada con arreglo a la naturaleza de la actividad empresarial y a la exposición de los trabajadores al riesgo. Asimismo, obliga a las empresas a evaluar todos aquellos riesgos que no han podido evitarse y a aplicar, en casos específicos, el contenido de los protocolos de reconocimiento médico elaborados por el Ministerio de Sanidad y Consumo<sup>5</sup> donde se proponen diferentes metodologías de evaluación para la prevención de lesiones musculoesqueléticas.

Destacamos el hecho de que todavía no se hayan definido criterios uniformes para la evaluación de riesgos musculoesqueléticos y, en concreto, a nivel de las extremidades superiores que es el tema que nos ocupa.

Actualmente, los trastornos conocidos como TMERT (trastornos musculoesqueléticos relacionados con el trabajo) constituyen un área prioritaria dentro de la prevención de los riesgos laborales en Europa<sup>6</sup>, ya que, aunque es difícil establecer comparaciones a escala internacional, todos los datos tienden a confirmar un incremento sustancial y uniforme de estos trastornos en todos los países europeos.

La lesión musculoesquelética se ajusta a un modelo de patología multifactorial que, según los datos más recientes de la Agencia Europea para la Seguridad y Salud en el Trabajo, está adquiriendo una gran importancia al afectar a un gran número de trabajadores europeos y constituir una de las más importantes patologías relacionadas con el trabajo en Europa<sup>7</sup>.

Obviamente, si las repercusiones sociales son muy fuertes, también lo son las repercusiones económicas, precisamente en un momento en que las empresas necesitan incrementar su flexibilidad para seguir siendo competitivas. Además, el envejecimiento general de la población activa es otro factor que hace de los TMERT una cuestión preocupante.

Los principales factores de riesgo de los trastornos musculoesqueléticos ya han sido catalogados, en particular los relativos al trabajo repetitivo, el esfuerzo físico y las posturas incómodas. Los sectores de la industria que se ven más afectados (la agroalimentación, la construcción, la industria textil, las industrias de fabricación de componentes electrónicos y de automóviles, etc.). Por lo tanto, el análisis de los

factores biomecánicos sigue siendo la base esencial de la prevención, ya que permite reducir las restricciones físicas del movimiento<sup>8</sup>.

Teniendo presente el enfoque expuesto anteriormente, para la prevención de los TMERT es necesario contar con herramientas que permitan analizar y evaluar el riesgo de lesión a nivel de las extremidades superiores teniendo en cuenta su carácter multifactorial.

El objetivo principal de esta tesis consiste en el diseño empírico de una metodología de evaluación del riesgo de lesión a nivel de las extremidades superiores, planteada fundamentalmente para la prevención de lesiones musculoesqueléticas relacionadas con el trabajo de sencilla aplicación práctica y que valore de manera conjunta los factores de riesgo fundamentales para el desarrollo de TMERT en las extremidades superiores (fuerza, postura y repetición), analizando de manera individualizada muñeca, codo y hombro. Este desarrollo implica, además, el estudio de fuerzas máximas de la población laboral, el análisis de movimientos y la utilización de un sistema centinela para comparar los resultados obtenidos.

Asimismo, la metodología que se plantea en este trabajo es coherente con uno de los sistemas más utilizados actualmente en España para la evaluación de riesgos relacionados con la seguridad (la NTP-330 Sistema simplificado de evaluación de riesgos de accidente del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo<sup>9</sup>), lo que pretende facilitar la interpretación de los resultados y posibilita la unificación de criterios de evaluación en las diferentes disciplinas preventivas contempladas en el R.D. 39/97<sup>3</sup> (Seguridad, Higiene y Ergonomía y Psicosociología Aplicada).

## 2. TRASTORNOS MUSCULOESQUELÉTICOS

### 2.1. INTRODUCCIÓN

La Organización Mundial de la Salud define el trastorno de origen laboral como aquel que se produce por una serie de factores, entre los cuales el entorno laboral y la realización del trabajo contribuyen significativamente, aunque no siempre en la misma medida, a desencadenar la enfermedad<sup>8</sup>.

Algunos de los trastornos clasificados como trastornos musculoesqueléticos relacionados con el trabajo presentan signos y síntomas que están bien definidos, como la tendinitis de muñeca o el síndrome del túnel carpiano. Otros, en cambio, son menos específicos como, por ejemplo, las mialgias, que se asocian a dolor, malestar, entumecimiento y sensaciones de hormigueo. Estos tipos de trastornos, que a veces se denominan TMERT no específicos y que no siempre se diagnostican como una patología clínica, producen sin embargo deterioro físico, bajas laborales y pueden llegar incluso a la discapacidad.

Por lo tanto, los TMERT abarcan una amplia gama de patologías del sistema locomotor, entre las cuales mencionaremos las siguientes:

- Inflamaciones de los tendones (tendinitis y tenosinovitis), en particular en el antebrazo o la muñeca, en los codos y en los hombros.
- Mialgias, esto es, dolor y deterioro funcional de los músculos, que se producen predominantemente en la región del cuello y los hombros.
- Compresión de los nervios que se produce especialmente en la muñeca y el antebrazo.

Estos trastornos son generalmente de curso crónico y los síntomas no suelen manifestarse hasta que la persona no se expone a los factores de riesgo de origen laboral durante un cierto periodo de tiempo.

No existen criterios normalizados para diagnosticar los TMERT de origen laboral en los Estados miembros de la Unión Europea, por lo que se han empleado diversos términos para describirlos en los distintos países. Por ejemplo, cuando afectan a las extremidades superiores, los términos utilizados son: lesiones por los movimientos repetitivos (LMR), trastornos musculoesqueléticos de origen laboral del cuello y las

extremidades superiores (TMOLCES), *Trouble Musculosquelettiques* (TMS) y trastornos traumáticos acumulativos (TTA). Estas diferencias, que se reflejan en los datos de los informes nacionales y en literatura de investigación, dificultan las comparaciones entre los Estados miembros<sup>8</sup>.

Debido a que la mayoría de las lesiones musculoesqueléticas no se producen por accidentes o agresiones únicas o aisladas, sino como resultado de pequeños y repetidos traumatismos, se han venido denominando como traumatismos repetitivos o acumulativos, o con otros acrónimos anglosajones como WMSD (*Work-related Musculoskeletal Disorders*), CTD (*Cumulative Trauma Disorders*), RSI (*Repetitive Strain Injury*), incluso se han aceptado denominaciones de nuevo cuño como es el caso del síndrome de sobrecarga ocupacional u OOS (*Occupational Overuse Syndrome*).

Pero, hoy en día, la tendencia es definir todas estas lesiones no en virtud de la causa que las pueden desarrollar (caso de los traumatismos repetidos) o del efecto (traumatismos acumulativos) sino como lo que son: “Trastornos Musculoesqueléticos Relacionados con el Trabajo” (TMERT).

Se han realizado diversos intentos para alcanzar un acuerdo aceptable entre los profesionales sanitarios en cuanto a la definición de algunos TMERT de origen laboral<sup>10,11</sup> que deben servir de base para lograr un consenso sobre la utilización de las mismas en la prevención primaria y en la vigilancia del lugar de trabajo.

Estos trastornos, de aparición lenta y de carácter inofensivo en apariencia, se localizan fundamentalmente en los tendones y sus vainas, y pueden también dañar o irritar los nervios o alterar el flujo sanguíneo a través de venas y arterias. Son frecuentes en la zona de la mano-muñeca-brazo, y en el hombro y cuello. En otras ocasiones serán las estructuras óseas, principalmente a nivel de la columna lumbar las que resultarán dañadas.

Los mencionados trastornos se caracterizan por presentar una etiología multifactorial (relacionada o no con el trabajo), desarrollarse en un periodo de tiempo largo, asociarse a una lenta recuperación que puede llegar a no ser completa y afectar, fundamentalmente, a la unidad músculo-tendinosa.

Es aceptado que las lesiones musculoesqueléticas conforman un conjunto de trastornos en los que se reúnen una serie de aspectos hoy por hoy reconocidos: su gran prevalencia entre la población trabajadora, su carácter multifactorial y, tal vez por ello, la dificultad a la hora de encontrar una relación causa-efecto clara y coherente<sup>12</sup>,

tratándose de un problema del que se deriva un elevado coste social y económico en términos de incapacidades, jubilaciones anticipadas, pérdidas de jornadas de trabajo y gasto derivado de asistencias médicas, pruebas complementarias y tratamientos, hasta el punto que han llegado a ser consideradas como uno de los puntos de actuación más importantes de la prevención en salud ocupacional.

Dentro de las lesiones ocupacionales de tipo musculoesquelético pueden distinguirse dos grandes grupos en función de la zona corporal afectada<sup>12</sup>:

- Lesiones en la espalda, fundamentalmente en la zona lumbar (59%).
- Lesiones en miembros superiores (15%) y en la zona del cuello y del hombro (18%).

Según el diagnóstico, las lesiones musculoesqueléticas presentan la siguiente distribución:

- 57% de lumbalgias
- 7% de lumbociatalgias
- 6% de cervicalgias
- 7% de tendinitis de extremidades superiores
- 6% de alteraciones músculo-ligamentosas

En EEUU detectaron que las lesiones por sobreesfuerzo afectaban a unos 500.000 trabajadores al año, representando el 25% de las lesiones relacionadas con el trabajo. Estas cifras conllevaron 382,2 millones de días perdidos al año y 126.000 millones de dólares<sup>13</sup>.

En nuestro país, los accidentes con baja debido a este tipo de trastornos alcanzaron el 21% del total según las estadísticas de accidentes de trabajo del Ministerio de Trabajo de 2002<sup>14</sup>.

De igual manera, estudios realizados por el Instituto de Biomecánica de Valencia (IBV) reflejaron que estas lesiones figuraban en el 19% del total de los partes de accidente, siendo la duración media del proceso de 11 días y asociándose un coste unitario de 1.200 Euros<sup>15</sup>.

Independientemente de la vigencia de estos datos, hay referencias históricas que permiten afirmar que las lesiones musculoesqueléticas a buen seguro son tan antiguas como la propia edad del hombre. Ya en 1713 Bernardino Ramazzini, considerado padre de la Medicina del Trabajo, en su tratado *De Morbus Artificum Diatriba*<sup>16</sup>,



expresó lo siguiente: "...he comprobado que ciertos movimientos irregulares y violentos, y posturas antinaturales del cuerpo, dañan la estructura de la máquina viviente de tal forma que, por ello, se desarrollan de manera gradual enfermedades".

Contrariamente a lo que pudiera parecer, estos trastornos no son patrimonio exclusivo de nuestros tiempos sino que siempre han existido. Esto nos hace pensar que, posiblemente, los esfuerzos de los responsables de la salud ocupacional se dirigían fundamentalmente hacia la lucha contra determinadas enfermedades que como la silicosis, la antracosis, etc., o los grandes accidentes minaban día a día la salud de los trabajadores. En la actualidad, estas enfermedades tienen una pequeña incidencia en el conjunto de las enfermedades profesionales, lo que ha dejado emerger otros trastornos, como los TMERT, considerados hoy día como el verdadero "caballo de batalla" de los modernos servicios de prevención.

## 2.2. BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS TMERT

Una de las estructuras más afectadas en este tipo de trastornos es el tendón y los elementos adyacentes. El tendón es una estructura que une al músculo con el hueso, permitiendo la transferencia de fuerza desarrollada en el primero hacia el segundo y logrando así el movimiento articular.

Las tendinitis y tenosinovitis son inflamaciones del tendón y de la membrana o vaina sinovial (estructura que envuelve al tendón y disminuye la fricción entre éste y el hueso). Las peritendinitis son las inflamaciones ocurridas en la estructura tendinosa y los tejidos circundantes a ella (más frecuentemente tejidos musculares). Si bien se tratan de entidades distintas, en la práctica clínica son indistinguibles por lo que en general se habla de tendinitis pudiendo estar afectadas una o varias de las estructuras antes mencionadas.

Estos trastornos pueden contemplarse dentro de una situación inflamatoria generalizada (como por ejemplo en ciertas enfermedades reumáticas) que nada tienen que ver con los factores de riesgo ocupacionales que más tarde veremos, pero también pueden deberse a la interacción de éstos como provocadores de una irritación mecánica y subsiguiente inflamación local a nivel de los tendones, sus vainas e incluso los tejidos adyacentes.

Se definen tres etapas evolutivas en la aparición de estos trastornos<sup>12</sup>:

- Precozmente, puede aparecer dolor y cansancio durante las horas de trabajo, desapareciendo fuera de éste. El rendimiento laboral no suele verse disminuido de manera significativa. Esta fase puede durar semanas o incluso meses, y se caracteriza por ser reversible en cuanto a los efectos que de ella se derivan.
- En una fase más avanzada, los síntomas aparecen al empezar el trabajo, pudiendo permanecer durante el descanso nocturno y alterando, en consecuencia, el sueño y disminuyendo la capacidad física del individuo.
- Finalmente, nos encontramos ante un periodo en el que los síntomas son evidentes durante el descanso, apareciendo dolor incluso con movimientos no repetitivos. Se hace difícil la realización de cualquier tipo de tarea. Esta etapa puede durar meses o años.

Desde el punto de vista de su control, las primeras fases se caracterizan por ser susceptibles de tratamiento ergonómico, mientras que en fases más avanzadas se requiere además la actuación médica

Si bien existen múltiples procesos que cursan con estas anomalías, en este trabajo sólo vamos a abordar, de una manera más explícita, algunos de los más relevantes a nivel de hombro, codo y muñeca, como son:

- Tendinitis de hombro
- Tendinitis de codo
- Tendinitis de muñeca y mano
- Tendinitis de hombro

### **2.2.1. TMRT a nivel de hombro**

Este término incluye cualquier forma de tendinitis, tenosinovitis y peritendinitis, procesos que clínicamente no son fáciles de distinguir, tal y como hemos comentado anteriormente. El cuadro clínico se caracteriza por la presencia de dolor a nivel de la articulación del hombro, de incluso meses de evolución y sin la existencia de un antecedente traumático previo. En las formas más leves suelen darse molestias que pueden incapacitar para la realización de alguno o varios de los movimientos del hombro, y en las formas más avanzadas por una clara incapacidad funcional, que afecta incluso a actos rutinarios como puede ser el peinarse, vestirse, etc. Este tipo de trastornos se ha relacionado, sobre todo, con aquellas actividades en las que el trabajo se sitúa por encima de la cabeza.

Diferentes estudios epidemiológicos (Tabla 1 - Tendinitis de hombro: estudios seleccionados) muestran una alta prevalencia de estos trastornos en trabajadores de montaje, soldadores, empaquetadores y procesadores de la industria del pescado. Trabajos en los que se suelen dar diferentes variables favorecedoras como son, el alto ritmo de trabajo, un significativo uso de fuerza, o la situación del plano de trabajo por encima de la cabeza.

A este respecto y desde el punto de vista biomecánico, es aceptado que la presión que soporta uno de los componentes del denominado “manguito de los rotadores” es mayor conforme el brazo aumenta su separación del cuerpo. Según Levitz y Iannotti<sup>17</sup>, esta presión llega a ser máxima cuando la separación del brazo se encuentra entre los 60° y 120°. En esta situación los vasos sanguíneos que nutren a las estructuras

musculares y tendinosas se colapsan, pudiendo aparecer molestias, fatiga y posiblemente, si las condiciones se mantienen, cierto grado de lesión.

Por ello, si bien existe evidencia de asociación de determinados factores de riesgo como, fuerza, repetición y vibración con la tendinitis de hombro, es preciso, tener en cuenta que no solamente actividades en las que se den tales condicionantes son capaces de desarrollarla, ya que también es conocido que diferentes enfermedades pueden afectar a esta articulación. Incluso, es la propia edad de la persona la que marca un antes y un después en la articulación del hombro, ya que su gran capacidad de movimiento le confiere una mayor vulnerabilidad, que se acentúa a partir de los 35 años, edad en la que se puede observar ya algún signo de envejecimiento articular, independientemente de la actividad laboral. Igualmente es preciso considerar la práctica deportiva que hoy en día aglutina a muchísimas personas y que en consecuencia también puede condicionar, de alguna manera, la presentación de este tipo de afección.

**Tabla 1 - Tendinitis de hombro: estudios seleccionados**

<i>Población a estudio</i>	<i>RR, OR ó PRR*</i>	<i>Autores</i>
Soldadores	13-11	Herberts et al (1984) <sup>18</sup>
Líneas de montaje	2,4-2,6	Luopajarvi et al (1979) <sup>19</sup>
		McCormack et al (1990) <sup>20</sup>
Manufacturas	2,1	McCormack et al (1990)
Limpieza	1,9	McCormack et al (1990)
Trabajo por encima de la cabeza	11	Bjelle et al (1979) <sup>21</sup>

\*RR (Riesgo relativo), OR (odds ratio), PRR (ratio de prevalencia)

Fuente: Hagberg et al.<sup>23</sup>

### 2.2.2. TMRT a nivel de codo

Fundamentalmente la epicondilitis (codo de tenista) y la epitrocleitis (codo de golf) son los dos trastornos, relacionados con el trabajo más conocidos y de mayor incidencia a nivel del codo, si bien como su denominación sugiere, se presentan también en relación con diferentes actividades deportivas.

Según diferentes estudios epidemiológicos (Tabla 2 - Tendinitis de codo: estudios seleccionados), se ha demostrado asociación entre estos trastornos y diversas actividades laborales, como por ejemplo despiece de carne, empaquetadores, actividades de manufactura textil, cajeros de supermercados y procesadores de datos.

La mayor evidencia de relación entre factores de riesgo y epicondilitis se ha dado cuando la asociación fuerza-postura o fuerza-repetición ha estado presente<sup>22,23</sup>.

En consecuencia, si bien no ha podido ser demostrada una asociación estadísticamente significativa en la mayoría de las series, parece que determinados

movimientos repetidos realizados con fuerza (dorsiflexión repetida de muñeca o pronosupinación repetida de antebrazo con, la mayoría de veces, extensión de codo) pueden causar la contracción de las unidades músculo-tendinosas a nivel de los epicóndilos del codo, produciendo las alteraciones descritas.

**Tabla 2 - Tendinitis de codo: estudios seleccionados**

<i>Población a estudio</i>	<i>RR, OR ó PRR*</i>	<i>Autores</i>
Despiece de carne	8,1	Kurppa et al (1991) <sup>22</sup>
Despiece de carne	6,4	Roto y Kivi (1984) <sup>24</sup>
Procesados de carne	6,7	Kurppa et al. (1991) <sup>22</sup>
Líneas de montaje	1,1	McCormack et al (1990) <sup>20</sup>
Manufacturas	1,1	McCormack et al (1990)
Automoción	0,7	Dimberg (1987) <sup>25</sup>
Máquinas de coser	0,7	Anderson y Gaardboe (1993) <sup>26</sup>

\* RR (Riesgo relativo), OR (odds ratio), PRR (ratio de prevalencia)

Fuente: Hagberg et al.<sup>23</sup>

### 2.2.3. TMRT a nivel de muñeca y mano

A nivel de la muñeca y de la mano varios son los trastornos que pueden aparecer en relación con la actividad laboral si bien, como ya se ha comentado anteriormente, estos trastornos no son patrimonio exclusivo de tal actividad sino que otras como por ejemplo la deportiva o las relacionadas con el ocio también puede desencadenarlos.

Los cuadros más relevantes son la tendinitis de los extensores y el denominado Síndrome de De Quervain. Ambos cuadros se pueden producir por una sobresolicitación más o menos importante de la muñeca. En el primero, son los movimientos repetidos de flexión o extensión de la muñeca los invocados como causantes. En el segundo, las acciones que suponen el agarre de un asa asociado a la desviación lateral de la muñeca parecen ser las más relacionadas con la aparición de la lesión. En la Tabla 3 - Tendinitis de muñeca: estudios seleccionados - se describen algunas actividades laborales con riesgo de TMERT en la muñeca.

En el caso de las actividades extralaborales, deportes como el tenis, el golf, la esgrima o el remo se asocian al desarrollo de estas lesiones.

**Tabla 3 - Tendinitis de muñeca: estudios seleccionados**

<i>Población a estudio</i>	<i>RR, OR ó PRR*</i>	<i>Autores</i>
Manufactura de productos cárnicos	24	Kurppa et al. (1991) <sup>22</sup>
Despiece de carne	14	Kurppa et al. (1991) <sup>22</sup>
Empaquetado de productos cárnicos	38	Kurppa et al. (1991) <sup>22</sup>
Trabajo industrial con alta fuerza y repetición	17	Armstrong et al. (1987) <sup>27</sup>
Trabajo industrial con baja fuerza y alta repetición	3,3	Armstrong et al. (1987)

\*RR (Riesgo relativo), OR (odds ratio), PRR (ratio de prevalencia) -

Fuente: Hagberg et al.<sup>23</sup>

Otro proceso que mantiene una elevada incidencia y prevalencia en la población trabajadora es el Síndrome del Túnel Carpiano (STC) si bien, en determinadas

enfermedades como la diabetes y el hipotiroidismo, puede presentarse también esta patología. Asimismo, en ocasiones el STC se presenta asociado a la gestación y a la toma de anticonceptivos orales. Este cuadro clínico, a diferencia de los anteriores, no afecta a la unidad tendinosa sino que se debe a la compresión de un nervio (nervio mediano) a nivel de la muñeca. Los movimientos repetidos de muñeca, solos o asociados a otros factores, como son el uso significativo de fuerza o las posturas extremas de muñeca, aparecen como causantes del desarrollo de este trastorno. En la Tabla 4 - Síndrome del túnel carpiano: estudios seleccionados - se incluyen algunas actividades de riesgo que fueron estudiadas por diferentes profesionales.

**Tabla 4 - Síndrome del túnel carpiano: estudios seleccionados**

<i>Población a estudio</i>	<i>RR, OR ó PRR*</i>	<i>Autores</i>
Manufactura de productos cárnicos	13,8 <sup>†</sup>	Franklin et al. (1991) <sup>28</sup>
Trabajadores de las ostras y cangrejos	14,8 <sup>†</sup>	Franklin et al. (1991) <sup>28</sup>
Flexión de muñeca	8,7 <sup>†</sup>	de Krom et al. (1990) <sup>29</sup>
Extensión de muñeca	5,4 <sup>†</sup>	de Krom et al. (1990) <sup>29</sup>
Movimientos repetitivos	4,6 <sup>†</sup>	Wieslander et al. (1989) <sup>30</sup>
Trabajo industrial con alta fuerza y repetición	15,5 <sup>†</sup>	Silverstein et al. (1987) <sup>31</sup>
Trabajo industrial con baja fuerza y alta repetición	5,5 <sup>†</sup>	Silverstein et al. (1987) <sup>31</sup>
Industria del frío	9,4	Chiang et al (1990) <sup>32</sup>

\*RR (Riesgo relativo), OR (odds ratio), PRR (ratio de prevalencia), <sup>†</sup>p<0,05

Fuente: Hagberg et al.<sup>23</sup>

### 2.3. FACTORES DE RIESGO ASOCIADOS A LOS TMERT

Como ya se ha mencionado anteriormente, los trabajos de investigación enfocados hacia el estudio de las lesiones musculoesqueléticas relacionadas con el trabajo, han puesto de manifiesto la existencia de asociación entre diversos factores específicos (postura de trabajo, fuerza ejercida, repetitividad de movimientos, transmisión de vibraciones, bajas temperaturas) y determinados trastornos<sup>20 a 32</sup>.

Por lo general más de uno de estos factores se hallarán implicados, habiéndose comprobado además, la influencia de otros independientes de la actividad laboral como son la edad, el sexo y las técnicas de trabajo<sup>12</sup>.

Se asumen como factores principalmente relacionados con el desarrollo de estos trastornos:

- La postura adoptada y el tipo de movimiento.
- La frecuencia de repetición del movimiento o de los esfuerzos.
- La fuerza ejercida.

- Otros factores adicionales (vibraciones, precisión de movimiento, exposición al frío, etc.).

En los últimos diez años se han publicado varias revisiones bibliográficas que aportan diferentes evidencias acerca de la relación etiológica entre las principales patologías osteomusculares y los factores de riesgo del trabajo.

Tal vez la más exhaustiva ha sido la realizada por el Instituto de Seguridad y Salud Laboral de los EE.UU. (NIOSH<sup>33</sup>) que revisó más de 600 estudios epidemiológicos publicados. Estos estudios fueron clasificados de acuerdo con su criterio de diseño, el método utilizado de valoración de la exposición y del efecto y la utilización de técnicas de ciego.

Se prestó especial atención a la pérdida o abandono de sujetos en los estudios de seguimiento, la recogida de la exposición en los casos y controles y la relación temporal causa-efecto en los estudios transversales. Además, se tuvieron en cuenta la existencia de los sesgos más habituales en estos estudios, como el efecto del trabajador sano y del trabajador superviviente, los errores de clasificación de la exposición o del efecto y los problemas de validez externa en los estudios sobre poblaciones muy concretas.

Los diagnósticos se agruparon por zonas anatómicas afectadas. Así, en la zona de cuello/hombro se estudió, sobre todo, el síndrome de tensión cervical, en el hombro las tendinitis del manguito de los rotadores y el síndrome del hombro doloroso, en el codo la epicondilitis y en mano-muñeca se estudiaron las tendinitis, el síndrome del túnel carpiano y el síndrome de mano-brazo.

Los factores de riesgo examinados para la extremidad superior fueron los movimientos repetitivos, las posturas forzadas, la fuerza ejercida y las vibraciones sobre el sistema mano-brazo.

Las variables confusoras o modificadoras más comunes fueron la edad, el sexo, el tabaquismo, la resistencia o fuerza del trabajador, sus medidas antropométricas y la actividad física extralaboral.

El resultado de esta revisión se sintetizó en una tabla de evidencia sobre la relación causal entre exposición y los trastornos osteomusculares (

Tabla 5 - Resultados de la revisión de los estudios epidemiológicos <sup>33</sup>).



**Tabla 5 - Resultados de la revisión de los estudios epidemiológicos <sup>33</sup>**

PATOLOGÍA	EVIDENCIA			FACTORES DE CONFUSIÓN	OBSERVACIONES
	Fuerte evidencia	Evidencia	Insuficiente evidencia		
Hombro	Trabajo con las manos encima de la cabeza.	Repetición Postura	Fuerza Vibraciones	Edad Actividad deportiva	Repetición asociado a veces a postura
Codo	Combinación fuerza-repetición y fuerza-postura	Fuerza	Repetición Postura	Edad Tiempo de exposición	Fuerza: en los estudios cuantitativos se ve fuerte evidencia
Síndrome túnel del carpo	Combinación factores	Repetición Repetición-Fuerza Fuerza Vibración mano-brazo	Postura	Edad Tabaco Alcohol Antropometría	Postura muy difícil de medir
Tendinitis mano-muñeca	Combinación factores	Repetición Fuerza Postura		Edad Sexo	Carga estática difícil de valorar
Síndrome mano-brazo	Vibración mano-brazo			Edad	

De la anterior tabla podemos extraer que hay evidencia suficiente de que el riesgo para la extremidad superior está normalmente asociado a una combinación de factores (fuerza, postura y repetición). También puede verse que en el caso del codo existe asociación entre la fuerza aplicada y el riesgo de lesión independientemente de la postura y de la frecuencia de los movimientos. Además, parece haber asociación entre la postura adoptada o la fuerza aplicada, en el caso de riesgo de lesión a nivel de hombro, con independencia de la frecuencia.

Además de esta revisión, podemos citar la que encargó el Consejo Nacional de Investigaciones y la Academia de Ciencias Norteamericana (NRC) a un Comité de Seguimiento de los trastornos osteomusculares relacionados con el trabajo<sup>34</sup>.

En dicho informe se incluyen cinco grandes apartados:

1. Respuesta de los tejidos blandos.
2. Factores biomecánicos (en condiciones de laboratorio).
3. Relación entre los factores físicos y los desórdenes osteomusculares.
4. Relación con factores no físicos.
5. Eficacia de las iniciativas preventivas.

En el capítulo 3 de este trabajo, donde se describe la relación entre los factores físicos y los desórdenes osteomusculares, el NRC constata que:

- Se observan fuertes asociaciones pero rara vez relación temporal. Es decir, que el efecto se produzca seguido a la exposición

- Los métodos de medición en los estudios son muy variables.
- Hay poca información sobre el riesgo atribuible al trabajo en la aparición de la enfermedad en la población.
- En muchos estudios se habla de significación sin aportar la medida concreta (odds ratio o similar).

Las principales conclusiones del informe respecto a la relación causal entre los factores físicos de riesgo y la aparición de enfermedades osteomusculares son:

- Hay evidencia de carga entre los que padecen los efectos.
- La evidencia más fuerte se da entre cargas y efectos muy concretos y poco prevalentes.
- La evidencia en trabajos con cargas de baja intensidad es baja. Se discute la aportación de los factores personales.

En el año 2000 Keyserling<sup>35</sup> publicó, en dos partes, otra revisión. En la primera parte se refiere al dolor de espalda y en la segunda a las patologías de extremidad superior. Esta revisión se centró en estudios de laboratorio y en modelos biomecánicos. Aunque estos estudios no pueden sustituir a los epidemiológicos, pueden ser un buen complemento para ver el comportamiento del cuerpo humano ante diferentes factores de riesgo. En lo referente a la extremidad superior los aspectos más relacionados son la magnitud de la fuerza realizada con manos o dedos, las posturas de los brazos o manos y la duración de la tarea.

Junto a las revisiones de carácter general, existen otras más específicas. Por ejemplo, las revisiones realizadas por Sommerich<sup>36</sup> en 1993 y la realizada por Miranda<sup>37</sup> en 2000 sobre los factores de riesgo ocupacionales en la aparición del dolor de hombro. El primero hace hincapié en las posturas forzadas, los sobreesfuerzos y los movimientos repetitivos, mientras que el segundo repasa 29 estudios de alta calidad metodológica y concluye que tanto los factores físicos como los psicosociales se asocian al efecto, aunque la mayoría de estos factores de riesgo no se asocian de manera consistente. Asimismo, en 1994 Malchaire<sup>38</sup> realizó un estudio sobre los factores de riesgo para las patologías en mano-muñeca. Su conclusión es que las desviaciones cubital o radial y la fuerza son factores asociados al efecto. Hales<sup>39</sup> en 1994 realizó un estudio entre trabajadores de pantallas de visualización de datos. El estudio concluye que son combinaciones de varios factores de riesgo los que provocan los problemas, sobre todo en la zona del cuello y en mano-muñeca (postura, duración de la postura, repetición, etc.).

### 2.3.1. Posturas y movimientos

Las posturas extremas, las posturas mantenidas durante un determinado tiempo (incluso si no son extremas) y las frecuencias elevadas de repetición, se consideran como factores básicos en el desarrollo de los trastornos musculoesqueléticos<sup>40</sup>.

Existen actividades en las que el trabajador debe asumir una variedad de posturas que, de ser inadecuadas, pueden provocarle un estrés biomecánico significativo en diferentes articulaciones y en sus tejidos blandos adyacentes. Entendemos por tales posturas las posiciones estáticas del cuerpo o los movimientos muy restringidos, las que sobrecargan los músculos y tendones, las que afectan a las articulaciones de una manera asimétrica y las que producen carga estática en la musculatura. Existe una relación causa-efecto entre la adopción de estas posturas que podríamos llamar “no ergonómicas” y la aparición de lesiones musculoesqueléticas<sup>41</sup>.

A pesar del conocimiento de tales hechos, los trabajos de investigación no proponen un modelo que permita establecer unos valores límite que protejan a los trabajadores de los efectos de las cargas posturales, no existiendo, por el momento, criterios indicativos del tiempo que puede adoptarse una cierta postura sin riesgo para la parte corporal implicada.

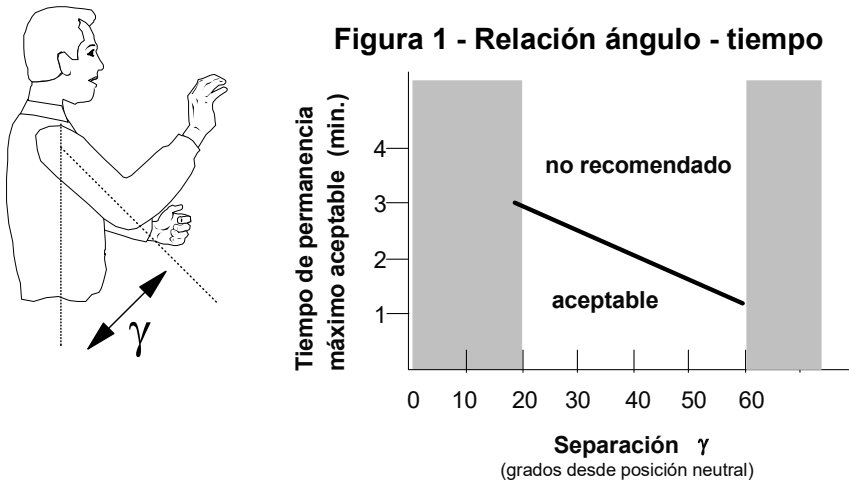
No obstante se han establecido ciertas aproximaciones a lo anteriormente mencionado, tal y como se describe en las normas CEN PNE-prEN 1005-4:1996<sup>42</sup> e ISO/DIS 11226:1995<sup>81</sup> (Tabla 6 - Posturas y movimientos del hombro y Figura 1 - Relación ángulo - tiempo), en las que se proponen los rangos de movilidad para diferentes articulaciones. En el caso del hombro, se establece que las posturas que no excedan los 20° en cuanto a separación, son aceptables, mientras que la extensión se considera inaceptable independientemente del grado de amplitud del movimiento.

**Tabla 6 - Posturas y movimientos del hombro**

Separación $\gamma < 20^\circ$	Aceptable
Separación $\gamma$ entre $20^\circ$ - $60^\circ$	Aceptable con condiciones (I)
Separación $\gamma > 60^\circ$	Aceptable con condiciones (II)
Extensión	No aceptable

(I) Si no permanece mucho tiempo en esta postura o repite el movimiento menos de 10 veces por minuto

(II) Si no permanece mucho tiempo en esta postura o repite el movimiento menos de 2 veces por minuto

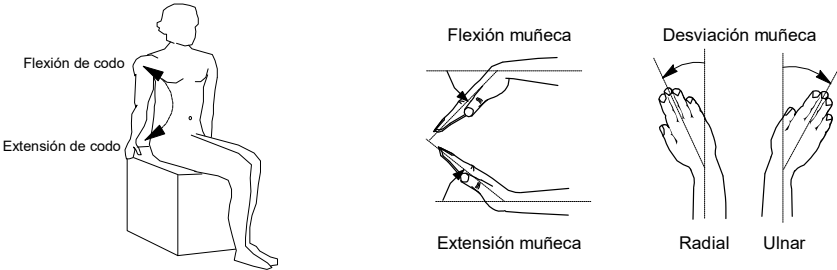


Fuente: PNE-prEN 1005-4:1996

También se establecen unos criterios de aceptabilidad postural para antebrazo y mano (Tabla 7 - Posturas y movimientos de antebrazo y y ).

Tabla 7 - Posturas y movimientos de antebrazo y muñeca

Flexión o extensión extremas de codo	No aceptable
Pronación o supinación extremas de codo	No aceptable
Posturas extremas de muñeca	No aceptable



Fuente: PNE-prEN 1005-4:1996

Se consideran también como factores de riesgo, además de la propia postura adoptada por un grupo articular, el mantenimiento de una postura (postura estática) y determinadas características asociadas al movimiento, como la velocidad a la que se realiza y la repetitividad.

Según la norma ISO anteriormente mencionada, se consideran situaciones críticas si:

- El movimiento se aproxima al límite articular con independencia de la duración.
- La articulación se mantiene en un rango de movimiento intermedio durante un periodo de tiempo mayor que el tiempo de mantenimiento máximo aceptable.

En el caso del hombro, se permite el mantenimiento de la postura entre 20° y 60° de separación por un tiempo inferior a tres minutos, mientras que cuando la elevación del brazo supera los 60°, este tiempo no debe superar el minuto<sup>81</sup>.

En general, si bien no existe unanimidad al respecto, parece lógico considerar una postura como estática cuando se mantiene la misma posición articular durante más de seis segundos.

Igualmente, se consideran críticos aquellos movimientos que se repiten de idéntica o similar manera durante más del cincuenta por ciento del ciclo de trabajo, independientemente de su amplitud. Cuando además los movimientos llegan a los límites articulares la frecuencia no deberían exceder los dos movimientos por minuto<sup>12</sup>.

Las velocidades altas de los movimientos (y posiblemente también las aceleraciones) parecen aumentar el riesgo de aparición de los TMERT<sup>12</sup>.

### **2.3.2. Fuerza**

La fuerza representa el compromiso biomecánico necesario para llevar a cabo una determinada acción o secuencia de acciones. Puede ser externa (fuerza aplicada) o interna (tensión desarrollada por los músculos, tendones y las articulaciones). La necesidad de desarrollar fuerza está relacionada con el hecho de tener que mover objetos y herramientas o tener que mantener una parte del cuerpo en una posición determinada.

Si desde un punto de vista puramente físico y biomecánico, la carga o tensión que se genera en las diferentes articulaciones y en los tejidos blandos puede alcanzar fácilmente cientos de kilogramos, desde el punto de vista fisiológico, a medida que se incrementa el esfuerzo muscular, como consecuencia de la carga, disminuye la circulación sanguínea en el músculo pudiendo aparecer rápidamente fatiga muscular.

Por ello, en aquellas tareas en las que los requerimientos de fuerza son elevados, se puede dar un déficit en el tiempo de recuperación, originándose primero molestias y, posteriormente, lesiones a nivel de los tejidos blandos. Obviamente, si la fuerza requerida y aplicada es excesiva, puede llegarse a la lesión por un mecanismo directo al verse afectadas las propias estructuras óseas, musculares y tendinosas.

Por otra parte, es preciso considerar que existe una interacción multiplicadora entre la fuerza y la repetición, especialmente para los tendones y nervios y que factores añadidos como las vibraciones pueden afectar, por sí mismas, a los vasos sanguíneos, produciendo su constricción (vasoconstricción) y ocasionando un cuadro clínico conocido como síndrome de Raynaud.

Al igual que ocurría con la postura, tampoco existe un modelo probado científicamente que asocie todas las variables que pueden confluir en el efecto de la fuerza, si bien

existen aproximaciones como las que se presentan en el método elaborado por Siemens<sup>68</sup> y que más adelante se comentará.

Elke Reuss<sup>43</sup> concluye que las fuerzas estáticas aplicadas con los dedos que superen el 10 o 15% de la máxima contracción voluntaria (MCV) pueden causar fatiga y, por tanto, no pueden mantenerse indefinidamente. Asimismo, afirma que las fuerzas por debajo del 8% de la MCV apenas requieren de tiempo de recuperación.

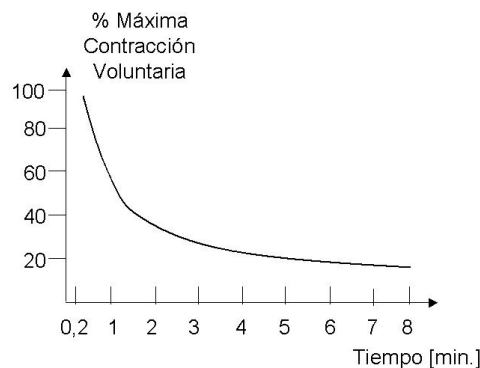
En Ergonomía se utiliza frecuentemente la escala de Borg<sup>44</sup> para valorar el factor fuerza. Esta escala (Tabla 8 - Escala de Borg ) relaciona el esfuerzo percibido con el porcentaje de MCV asignándole un nivel de riesgo.

**Tabla 8 - Escala de Borg <sup>45</sup>**

<i>Valor</i>	<i>Esfuerzo percibido</i>	<i>%MCV</i>	<i>Riesgo</i>
0	No percibido	0	Bajo
0.5	Extremadamente débil (justo percibido)	5	
1	Muy débil	10	
2	Débil (ligero)	20	
3	Moderado	30	
4	Algo intenso	40	Medio
5	Intenso (fuerte)	50	
6		60	
7	Muy intenso	70	Alto
8		80	
9		90	
10	Extremadamente intenso (casi máximo)	100	

En el caso de fuerzas estáticas, también existe evidencia científica sobre el tiempo límite de mantenimiento de una acción que conlleve la aplicación de fuerza. Este tiempo se reduce conforme se incrementa la misma. Así, se ha calculado que una contracción isométrica máxima se puede mantener durante unos 10 segundos, una contracción realizada al 80% de la máxima posible se puede mantener hasta un minuto y si se hace al 20% de la capacidad máxima, se podría ejecutar durante algunas horas. Surge de esta forma una gráfica conocida como Curva de Monod<sup>46</sup> (

Figura 2 - Curva de Monod).

**Figura 2 - Curva de Monod**

De lo anteriormente expuesto, puede concluirse que para prevenir la aparición de fatiga muscular, es más efectivo reducir la intensidad de una contracción que la duración de la misma.

Siendo obvio que para la realización de cualquier trabajo se requerirá la contracción de los músculos para la aplicación de fuerzas, resulta también evidente que la forma de aplicarlas puede ser el origen de la aparición de determinadas lesiones. A este respecto, y según Alcalde et al.<sup>12</sup>, como normas elementales de protección para el sistema musculoesquelético hay que considerar que:

- Las tareas ocasionales (aquellas cuya duración es menor de una hora al día con ejercicios no consecutivos) no deberán superar el 50% de la MCV.
- Las tareas poco frecuentes (con una duración inferior a una hora al día con ejercicios de fuerza consecutivos) no deberán superar el 30% de la MCV.
- Las tareas repetidas (aquellas cuya duración supera una hora al día) y el trabajo estático deben efectuarse siempre por debajo del 15% de la MCV.

### 2.3.3. Repetición

Una tarea repetitiva puede definirse como una actividad consecutiva, que dura más de una hora, en la que el sujeto lleva a cabo ciclos de trabajo similares (cada ciclo se parece al siguiente en la secuencia temporal, en el patrón de fuerzas y en las características espaciales del movimiento) y de duración relativamente corta (unos minutos).

Algunos autores (como por ejemplo Silverstein<sup>47</sup>) consideran que un trabajo es repetitivo cuando la duración del ciclo de trabajo fundamental es menor de 30



segundos o cuando se dedica más del 50% del ciclo a la ejecución del mismo tipo de acción.

Otros autores establecieron criterios para definir un trabajo como repetitivo<sup>48</sup>. Algunos de estos criterios son:

- Cuando se realizan dos piezas por minuto, 120 a la hora ó 980 piezas al día.
- Cuando se realizan entre 7.600 y 12.000 movimientos que requieran fuerza al día.
- Cuando se producen 1.500 movimientos de muñeca a la hora.

El trabajo repetitivo a menudo se lleva a cabo con las partes distales de las extremidades superiores (muñeca, mano, dedos), mientras que las partes proximales (los hombros) estabilizan el brazo, realizando por tanto trabajo eminentemente estático. Parece que los trabajos repetitivos (ciclo menor de 30 seg.) con fuerza alta asociada (por ejemplo más de 4 Kg.) presentan tasas de incidencia de lesiones musculoesqueléticas 15 veces superiores a las que se asocian a trabajos con repetitividad y fuerzas bajas<sup>12</sup>. En base a ello, se estima que repetitividades altas pueden tolerarse si las fuerzas son bajas y la articulación se encuentra en postura neutra.

Entre los criterios más extendidos sobre el número máximo de movimientos tenemos los de Kilbom<sup>49</sup> (Tabla 9 - Criterios de Kilbom).

**Tabla 9 - Criterios de Kilbom**

<i>Zona anatómica</i>	<i>Repeticiones / minuto</i>
Hombro	> 2,5
Brazo/Codo	> 10
Antebrazo/Muñeca	> 10
Dedos	> 200

Otro criterio muy extendido es el que figura en el borrador de norma ANSI<sup>50</sup> de los EE.UU., en el que se hace una estimación sobre límites de movimiento se puntúa la repetitividad en una escala de 0 a 2 (Tabla 10 – Criterios ANSI).

**Tabla 10 - Criterios ANSI**

<i>Zona anatómica</i>	<i>Repeticiones por minuto</i>	<i>Puntuación</i>
Hombro	< 1,5	0
	1,5 - 2,5	1
	> 2,5	2
Muñeca	< 15	0
	15 - 30	1
	> 30	2
Dedos	< 250	0
	250 - 300	1
	> 300	2

### 2.3.4. Pausas y descansos

Uno de los aspectos considerados en la prevención de las lesiones relacionadas con el trabajo estático y con los movimientos repetidos es el establecimiento de un régimen de pausas adecuado. Desde el punto de vista fisiológico son preferibles y más efectivas las pausas cortas pero frecuentes que las más largas y muy espaciadas. También es aconsejable intercalar unas tareas con otras que precisen movimientos diferentes y requieran grupos musculares distintos<sup>31,48,54</sup>. Del mismo modo, se ha comprobado, mediante estudios psicofísicos, que son mejor toleradas las pausas activas (estiramientos musculares) que las pausas pasivas o de relajación<sup>54</sup>.

En cuanto al denominado periodo de recuperación es preciso considerar qué se entiende como tal:

- Descansos, incluyendo el descanso de la comida.
- Periodos en que para realizar la tarea no se utilizan los músculos habitualmente implicados.
- Periodos dentro de un ciclo de trabajo, en el que los músculos habitualmente implicados están inactivos. Para ser significativo, tiene que durar de 10 a 20 segundos (son las denominadas micro-pausas).

En líneas generales, se considera beneficioso un descanso de 10 a 15 minutos cada 1 o 2 dos horas de trabajo continuado<sup>54</sup> (Figura 3 - Régimen recomendado de trabajo y descanso). En el trabajo con ordenadores es recomendable realizar una pausa de 5 minutos cada hora y un tiempo máximo de utilización continuada de pantallas inferior a cuatro horas<sup>54</sup>.

**Figura 3 - Régimen recomendado de trabajo y descanso**

50 min. trabajo	10 min. descanso	50 min. trabajo	10 min. descanso	50 min. trabajo	10 min. descanso
--------------------	---------------------	--------------------	---------------------	--------------------	---------------------

Los periodos necesarios para la completa recuperación de los músculos implicados se analizó de acuerdo a la entidad de las contracciones estáticas. Estos estudios están ahora consolidados en la literatura (Rohmert 1973<sup>51</sup> y Rodgers 1987<sup>52</sup>) y sus resultados están resumidos en la Tabla 11 - Cálculo del periodo de recuperación - que muestra distintos niveles de fuerza de contracción como porcentaje de la MCV, y la duración de la contracción (en segundos). Para cada uno de ellos se indica el mínimo periodo de recuperación muscular necesario (en segundos) y, también, como porcentaje de la duración de dicha contracción con respecto a la duración del ciclo.

**Tabla 11 - Cálculo del periodo de recuperación**

<i>Fuerza (escala de Borg)</i>	<i>Duración [seg.]</i>	<i>Periodo de recuperación</i>	
		<i>[seg.]</i>	<i>[%]</i>
20% MCV (2)	20	2	10
	30	3	10
	45	7	15
	120	60	50
	180	180	100
	240	480	200
	300	1200	400
	450	2700	600
30% MCV (3)	20	10	50
	40	40	100
	60	120	200
	90	360	400
	120	720	600
	150	1200	800
40% MCV (4)	20	20	100
	30	60	200
	50	200	400
	70	420	600
50% MCV (5)	20	40	50
	30	120	400
	40	240	600
	90	720	800

Según la Comisión para la Seguridad y Salud australiana (*Victorian Occupational HSC 1998*)<sup>53</sup>, no son admisibles periodos de trabajo con movimientos repetidos que superen los 60 minutos sin un tiempo de recuperación. La proporción adecuada es 5:1, es decir 10 minutos de recuperación por cada 50 minutos trabajados.

### **2.3.5. Factores de riesgo adicionales**

Otros factores adicionales a los anteriormente citados y que pueden actuar multiplicando los efectos son<sup>54</sup>:

- El uso de herramientas vibrantes.
- Los requerimientos de precisión extrema en la realización de la tarea, entendiendo por tal una tolerancia de alrededor de 1 mm.
- La compresión localizada en diversas estructuras anatómicas debida al uso de herramientas o al apoyo contra superficies duras.
- La exposición al frío.
- El uso inadecuado de guantes.
- El manejo de objetos sobre superficies deslizantes.
- Los pares de apriete producidos por el retroceso de las herramientas manuales.

### 3. MÉTODOS DE EVALUACIÓN

#### 3.1. INTRODUCCIÓN

Como ya se ha comentado, tanto en la Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales<sup>2</sup> como en el Real Decreto 39/1997 por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención<sup>3</sup>, se pone de manifiesto el nuevo enfoque en materia de prevención de riesgos laborales que, en nuestra opinión, va más allá del simple cumplimiento de un conjunto de requisitos legales o de la corrección de situaciones de riesgo. La nueva concepción parte de la base de llevar a cabo una prevención integral e integrada dentro de la organización y a todos los niveles desde el momento mismo de la concepción de los sistemas de trabajo.

La evaluación de riesgos es uno de los instrumentos que posibilita la planificación de la acción preventiva y debe ser utilizada como parte fundamental en la estrategia de prevención de riesgos de origen ergonómico.

La adquisición de conocimientos detallados y completos de cada puesto de trabajo es la premisa para una correcta elección del método de evaluación que debe poseer capacidad y sensibilidad suficientes como para detectar y cuantificar adecuadamente las variables del sistema en cuestión.

Es importante resaltar qué se entiende por método de evaluación, ya que en muchas ocasiones se denominan así a las simples listas de comprobación (*check list*) o a los instrumentos de análisis. Valorar, en un sentido estricto, significa estimar, apreciar o calcular el valor de un factor, de un conjunto de factores determinados o de una combinación de ellos; mientras que un análisis simplemente permite establecer relaciones directas sin necesidad de hacer un estudio completo y detallado ni de efectuar valoración alguna.

Teniendo en cuenta que la Ergonomía aglutina los conocimientos prácticos y los modelos teóricos acerca del comportamiento y las características del ser humano (que pueden ser aplicados con validez al elaborar especificaciones, diseñar, evaluar, operar y mantener productos y sistemas, con el objetivo de aumentar la seguridad, la efectividad y la satisfacción de los usuarios y de las organizaciones) entendemos que cualquier método que valore alguna característica que influya sobre la productividad, la calidad o la mejora de las condiciones de trabajo podría calificarse como “ergonómico”

o, más precisamente, de evaluación en Ergonomía. Sin embargo, normalmente se aborda la Ergonomía como una especialidad dentro de la prevención de riesgos laborales, asumiendo que debe intervenir siempre que exista un riesgo para la salud física o la seguridad. Con ello, la evaluación se circunscribe a unos temas concretos dentro del amplio espectro que abarca esta disciplina.

La asunción y el alcance de los métodos de evaluación estarán pues ligados a la política de gestión empresarial en general y a la política preventiva y a la metodología de intervención en particular que cada empresa utilice como modelo.

En un sentido amplio, puede decirse que los métodos de evaluación surgieron con el nacimiento mismo de lo que se conoce como estudio científico del trabajo, en los albores del s. XX, cuando Taylor (*Shop Management*, 1903<sup>55</sup> y *Principles of Scientific Management*, 1911<sup>56</sup>) y Gilbreth (*Applied Motion Study*, 1917<sup>57</sup> y *Fatigue Study*, 1918<sup>58</sup>) iniciaron sus estudios sobre economía de tiempos y movimientos. Aunque se trataba de estudiar los tiempos de descanso asociados a la carga física del trabajo para conseguir eficacia en la producción, estos trabajos fueron los pioneros en el análisis de la fatiga asociada a una actividad. Existen numerosos ejemplos de esta primera época sobre el estudio de cuestiones relacionadas con el trabajo humano y la productividad. Vernon<sup>59</sup> estudió la repercusión sobre la productividad de la disminución de la jornada de trabajo. Barnes<sup>60</sup> estudió la relación trabajo/descanso y los efectos del trabajo sedentario. Estudios de este tipo, orientados a la productividad, continuaron hasta tiempo reciente (como por ejemplo los de Janaro y Bechtold<sup>61</sup>).

En un sentido más estricto, puede afirmarse que el verdadero desarrollo de los métodos de evaluación comienza hacia el final de la II Guerra Mundial. Hasta principios de la década de los 60, muchos de los estudios se centran en el conocimiento de la carga física. En esta época se elaboran criterios para la determinación de tiempo de trabajo y descanso (Monod, 1956<sup>46</sup>) y criterios para el trabajo estático (Rohmert, 1960<sup>62</sup>). Monod y Rohmert inician el estudio de lo que se conoce como criterios fisiológicos de evaluación. Estos estudios se extienden durante toda la década de los 60 (como por ejemplo Astrand, 1967<sup>63</sup> y Grandjean, 1969<sup>64</sup>).

A principios de 1970 comienza una tercera etapa, que se extenderá hasta nuestros días, en la cual el desarrollo de los métodos de evaluación se centra en criterios biomecánicos, orientados básicamente al estudio causa-efecto de factores de riesgo asociados a problemas musculoesqueléticos.

En 1976, la OIT patrocina el Programa Internacional para la Mejora de las Condiciones de Trabajo (PIACT); a través de cual el INRS de Francia desarrolla el método LEST<sup>65</sup> (Laboratorio de Economía y Sociología del Trabajo). Puede afirmarse que el LEST fue el primer método de evaluación global de las condiciones de trabajo en la empresa y sirvió de base para el desarrollo de numerosos métodos de evaluación hasta la década de los 90 e incluso algunos muy recientes como el sistema ERES-Experto desarrollado por el grupo ID-Ergo de la Universidad de Zaragoza para la MAZ (Mutua de Accidentes de Zaragoza<sup>66</sup>).

Teniendo en consideración la gran cantidad de métodos existentes, y en función del objetivo fundamental de este trabajo, hemos creído oportuno hacer una revisión bibliográfica de los métodos más difundidos y utilizados por los especialistas en Ergonomía para la evaluación de riesgos en el sector industrial.

Algunos de estos métodos, que evalúan otros riesgos, se han incluido en su versión original completa y con sus hojas de trabajo correspondientes. Se ha llevado a cabo, por tanto, una revisión bibliográfica de los métodos de evaluación más importantes publicados o elaborados durante los últimos 25 años. La mayor parte de la información se encuentra publicada en revistas especializadas en Ergonomía, principalmente *Ergonomics* (Editorial Taylor and Francis) y *Applied Ergonomics* (Editorial Elsevier) y también en comunicaciones de congresos de la Asociación Internacional de Ergonomía. Otros métodos, aunque no están publicados, han sido incluidos en este trabajo por su importancia como métodos de evaluación desarrollados y utilizados por empresas internacionales, como por ejemplo el método Siemens y los métodos de las empresas de automóviles General Motors (Opel), Renault y Ford. También, se han incluido los últimos borradores de normas internacionales (ISO: *International Organization of Standardization*), europeas (EN: *European Norm*) y americanas (ANSI: *American National Standard Institute*).

### 3.2. OWAS

El método OWAS<sup>67</sup> (*OVAKO Working Posture Analysis System*) se desarrolló en la firma finlandesa OVAKO, dedicada a la producción de barras y perfiles de acero, durante los años 1974 a 1978. Tenía por objetivo mejorar los métodos de trabajo, sobre la base de la identificación y eliminación de aquellas posturas forzadas que parecían ser la causa del aumento del número de bajas y de jubilaciones prematuras de sus trabajadores. Las posturas establecidas en el método y sus valoraciones son las que se muestran en la Tabla 12 - Posturas y valoraciones OWAS.

**Tabla 12 - Posturas y valoraciones OWAS**

<i>Posición de trabajo</i>	<i>Puntuación piernas</i>
Sentado	1
De pie, con las dos rodillas extendidas	2
De pie, con apoyo unipodal y con la rodilla extendida	3
De pie, con las dos rodillas flexionadas	4
De pie, en apoyo unipodal y con la rodilla flexionada	5
Arrodillado, con una o las dos rodillas	6
Caminando	7

<i>Posición de trabajo</i>	<i>Puntuación columna</i>
Recta	1
Flexionada	2
Girada	3
Flexionada y girada	4

<i>Posición de trabajo</i>	<i>Puntuación brazos</i>
Ambos brazos por debajo del hombro	1
Un brazo por encima del nivel del hombro	2
Ambos brazos por encima del nivel del hombro	3

Por otra parte, además de codificar las posturas de trabajo inadecuadas, en el método OWAS se considera el nivel de carga o esfuerzo muscular que se requiere para la realización de la tarea.

**Tabla 13 - Nivel de carga o esfuerzo según OWAS**

<i>Fuerza / Carga [Kg.]</i>	<i>Puntuación</i>
≤ 10	1
10 - 20	2
> 20	3

Aunque en el método original no se contemplaba nada más que la posición del tronco durante el trabajo, en algunos casos los autores señalan que puede ser necesario obtener y codificar las posturas del cuello (por ejemplo, en trabajos sedentarios, en los que pueden darse posturas prolongadas y con elevada carga estática). Para ello, consideran cinco niveles de posturas posibles (Tabla 14 - Puntuaciones OWAS para



posturas de cuello). El resultado de cada codificación la forman un total de siete dígitos, expresados como se indica en la Tabla 15 - Codificación de posturas.

**Tabla 14 - Puntuaciones OWAS para posturas de cuello**

<i>Cuello</i>	<i>Puntuación cuello</i>
Recto	1
Inclinado hacia delante	2
Inclinado lateralmente	3
Inclinado hacia atrás	4
Torsionado	5

**Tabla 15 - Codificación de posturas**

<i>Postura nº</i>	<i>Posición de trabajo</i>	<i>Columna</i>	<i>Brazos</i>	<i>Fuerza/Carga</i>	<i>Cuello</i>
01 a XX	1 a 7	1 a 4	1 a 3	1 a 3	1 a 5

Los riesgos inherentes a cada postura se estimaron según el criterio de un grupo de investigadores expertos en la materia, en función de la postura corporal y el esfuerzo realizado, y se establecen cuatro categorías de acción o intervención ergonómica:

1. Posturas que se consideran normales, sin riesgo de lesiones músculo esqueléticas y en las que no es necesaria ninguna acción correctiva.
2. Posturas con ligero riesgo de lesión en donde es preciso una modificación del proceso de trabajo, aunque no es necesario que sea inmediata.
3. Posturas con alto riesgo de lesión. Se debe modificar el método de trabajo tan pronto como sea posible.
4. Posturas con riesgo extremo de lesión musculoesquelética. Deben tomarse medidas correctoras inmediatas.

El protocolo de aplicación práctica del OWAS es el siguiente:

- Informar al trabajador del estudio que se llevará a cabo. Es muy importante que el trabajador colabore adoptando una actitud natural mientras trabaja, siguiendo pautas y comportamientos de trabajo similares a los que realiza habitualmente.
- Grabar en vídeo la actividad que se está analizando. El tiempo debe ser de 30 minutos como mínimo. Durante la grabación conviene realizar tomas laterales y frontales del trabajador, de manera que puedan estimarse con precisión los ángulos que forman los brazos y el tronco tanto en el plano frontal como sagital.
- Analizar el vídeo, congelando la imagen cada cierto intervalo (entre 10 y 30 segundos), en función del tiempo grabado. Los autores del método consideran que la precisión del método es bastante alta cuando se han realizado entre 80 y 120

codificaciones. También se ha probado la fiabilidad del método, encontrándose que los observadores entrenados durante cinco días son capaces de utilizar los códigos estandarizados correctamente.

- Procesar la información recopilada. Permitirá obtener la siguiente información:
  - Informe descriptivo de las posturas de brazos, tronco y piernas.
  - Diferentes combinaciones de las posturas de trabajo.
  - Nivel de riesgo de las posturas de trabajo.
  - Priorización de la actuación según el nivel de riesgo encontrado. Una vez conocidos los riesgos podemos efectuar cambios de diseño en aquellas tareas que presenten mayor penosidad.

Las puntuaciones se asignan en función de la carga manipulada y de las posturas adoptadas (Tablas 16 a 18).

**Tabla 16 - Tabla OWAS para fuerza o carga inferior a 10 Kg.**

<i>Tronco</i>	<i>Brazos</i>	<i>Postura de trabajo</i>						
		1	2	3	4	5	6	7
1	1	1	1	1	2	2	1	1
	2	1	1	1	2	2	1	1
	3	1	1	1	2	2	1	1
2	1	2	2	2	3	3	2	2
	2	2	2	2	3	3	3	2
	3	3	2	3	3	3	3	2
3	1	2	1	1	3	4	1	1
	2	2	1	1	4	4	3	1
	3	2	1	2	4	4	4	1
4	1	2	2	2	4	4	4	2
	2	3	2	3	4	4	4	2
	3	4	2	3	4	4	4	2

**Tabla 17 - Tabla OWAS para fuerza o carga entre 10 y 20 Kg.**

<i>Tronco</i>	<i>Brazos</i>	<i>Postura de trabajo</i>						
		1	2	3	4	5	6	7
1	1	1	1	1	2	2	1	1
	2	1	1	1	2	2	1	1
	3	1	1	1	2	2	1	1
2	1	2	2	2	3	3	2	3
	2	2	2	3	4	4	3	3
	3	3	2	3	4	4	4	3
3	1	2	1	1	3	4	1	1
	2	2	1	1	4	4	3	1
	3	2	1	3	4	4	4	1
4	1	3	2	2	4	4	4	3
	2	3	3	3	4	4	4	3
	3	4	3	3	4	4	4	3

**Tabla 18 - Tabla OWAS para fuerza o carga superior a 20 Kg.**

Tronco	Brazos	Postura de trabajo						
		1	2	3	4	5	6	7
1	1	1	1	1	2	2	1	1
	2	1	1	1	2	2	1	1
	3	1	1	1	3	3	1	1
2	1	3	3	3	3	3	2	2
	2	3	3	3	4	4	4	3
	3	4	3	3	4	4	4	3
3	1	3	1	2	3	4	1	1
	2	3	1	2	4	4	3	1
	3	3	1	3	4	4	4	1
4	1	3	3	3	4	4	4	3
	2	4	4	4	4	4	4	3
	3	4	4	4	4	4	4	3

La Tabla 19 - Análisis descriptivo de la tarea - se utiliza para registrar las diferentes posturas y las frecuencias o porcentaje de tiempo en una determinada postura.

**Tabla 19 - Análisis descriptivo de la tarea**

	Postura	Frecuencia	Porcentaje
Espalda	Recta		
	Flexionada		
	Girada		
	Flexionada y girada		
	Extendida		
Brazos	Los dos bajos relajados		
	Uno elevado		
	Los dos elevados		
Piernas	Sentado		
	De pie		
	Apoyo unipodal, pierna recta		
	Rodillas flexionadas		
	Apoyo unipodal, flexionada		
	Arrodillado o en cuclillas		
	Caminando		

La Tabla 20 - Análisis de combinaciones de posturas - se emplea para registrar los códigos de posturas, el riesgo y el porcentaje de tiempo o frecuencia en una determinada posición corporal.

**Tabla 20 - Análisis de combinaciones de posturas**

Código de Postura (tronco, brazos, piernas, carga)	Riesgo	Frecuencia	Porcentaje

### 3.3. SIEMENS

#### Introducción

La empresa alemana SIEMENS<sup>68</sup> editó para uso interno, en octubre de 1987, una metodología para la determinación de fuerzas máximas admisibles y de momentos de giro máximos admisibles incluyendo trabajos realizados con las manos y los dedos, los brazos, así como tareas de levantamiento manual de cargas. Si en un puesto de trabajo las fuerzas o los momentos de giro que ha de ejercer el individuo no superan el valor calculado, se estima que habrá un riesgo mínimo de sobrecarga.

Los límites admisibles para fuerzas y momentos de giro se calculan en función de los requerimientos del puesto de trabajo, definidos por el grupo de usuarios y las características de la actividad. Como base para el cálculo se toman las fuerzas máximas halladas por medición sobre varones de aproximadamente 30 años. Las situaciones laborales específicas se contemplan mediante la aplicación de factores.

El procedimiento indicado constituye un método esquemático por el cual el diseñador de los sistemas de trabajo (o el analista de un puesto) puede determinar los valores típicos para las fuerzas y los momentos de giro límites cuyo conocimiento sea de interés para la planificación y el control.

Esta metodología es aplicable para esfuerzos con o sin movimiento. No rige para movimientos con impulso o en casos en que exista la carga simultánea de varios sistemas musculares.

#### Determinación de la influencia del sexo

Normalmente se ha de diseñar para mujeres y varones. Los valores del grupo "mujeres" coinciden con los del grupo "mujeres y varones". La restricción a los varones puede resultar necesaria para los trabajos pesados.

#### Determinación de la influencia de la preparación física

En el factor para la preparación física está incorporada la constitución física. El valor normal del factor es 1. De acuerdo con el área de aplicación este factor puede ser aumentado mediante especificaciones de fábrica (para las áreas en las cuales solo se emplean trabajadores con una robusta constitución física) o reducido (para las áreas

en las cuales solo se emplean trabajadores con una resistencia física inferior a la media).

#### Determinación de la influencia de la edad y de la actividad

La edad de la persona restringe el factor máximo posible. Por ejemplo, si sobre la base del diagrama correspondiente (ver Figuras 1 y 2 en la Tabla 22 - Hoja de trabajo Siemens para el cálculo de la fuerza admisible) se obtiene un factor de 0.80, este valor se aplicará a las personas de alrededor de 30 años, pero, a las personas que rondan los 50 años se les aplicará el factor 0.70.

#### Esfuerzo

Como esfuerzo se cuenta toda tensión ininterrumpida. Por ejemplo, el levantamiento de una carga, juntamente con la operación de depositarla. Si la carga se transporta un trecho durante un lapso superior a 0,1 min. (esfuerzo estático), se computará el levantamiento de la carga como un esfuerzo y la operación de depositarla como otro.

Se considera esfuerzo dinámico el trabajo muscular con claro movimiento, pero sin impulso, o el trabajo muscular realizado muy lentamente o sin movimiento por un lapso inferior a 0,1 min. Trabajo dinámico severo se considera el esfuerzo realizado con una pierna, con ambos brazos o el que corresponde a una tarea de levantamiento de carga. Como trabajo dinámico localizado se considera el esfuerzo realizado con los dedos, las manos o un solo brazo.

Como esfuerzo estático se considera el trabajo muscular sin movimiento o con movimiento lento durante un tiempo superior a 0,1 min.

El tiempo del ciclo de la fuerza ( $t_{cf}$ ) es la suma de los tiempos con tensión muscular ( $t_t$ ) y de los tiempos sin tensión muscular.

Los esfuerzos pequeños (aproximadamente 1/4 de los demás valores) se desechan durante el cálculo.

#### Determinación del tiempo de cálculo y de la frecuencia

El tiempo de cálculo se toma como base para hallar los valores límites y es igual al lapso que media entre el primer y último esfuerzo del sistema muscular considerado.

Si los esfuerzos se interrumpen por más del 50% del lapso precedente, comenzará un nuevo tiempo de cálculo.

Los tiempos de cálculo se obtienen en función de la duración de la tarea según se indica en la Tabla 21 - Determinación de los tiempos de cálculo :

**Tabla 21 - Determinación de los tiempos de cálculo**

<i>D = Duración de la tarea [hs]</i>	<i>Tiempo de cálculo [hs]</i>
$0 < D \leq 1,25$	1
$1,25 < D \leq 5$	4
$5 < D \leq 9$	8

La frecuencia es la cantidad de esfuerzos durante un tiempo de cálculo para un periodo de una, cuatro u ocho horas.

#### Determinación de fuerzas o momentos de giro de referencia

El punto de acción de la fuerza es la interfaz entre la persona y la máquina, la herramienta o el objeto. De la situación del punto de acción y del grupo muscular empleado resulta el sistema muscular considerado (Tabla 23 - Fuerzas y momentos de giro de referencia a Tabla 25 - Fuerzas de referencia)

En el sistema del brazo, si durante el esfuerzo se modifica la posición de la mano o la dirección de la fuerza, se habrá de determinar la fuerza de referencia para todos los casos intermedios. Para el sistema de la mano se toman en cuenta los esfuerzos de la mano, sin carga de los músculos del brazo.


El método dispone de una tabla (Figura 4 - Ejemplo para la determinación de la fuerza máxima) que permite determinar la fuerza máxima ejercida por el brazo en función de la altura de trabajo de la mano, el ángulo de la articulación del codo, la postura de la muñeca (neutra, en pronación o en supinación) y la dirección del esfuerzo.

En el ejemplo se resume la Tabla 23 - Fuerzas y momentos de giro de referencia para el caso en que la posición de la mano sea a la altura de la cintura, la persona que realiza el esfuerzo observe la palma o el dorso de su mano y la fuerza se aplique en diagonal al cuerpo. Con estos datos, se eligen una fila y una columna en donde encontramos seis valores de fuerza correspondientes al sentido de aplicación de la fuerza con respecto a la mano.

**Figura 4 - Ejemplo para la determinación de la fuerza máxima**

**Esfuerzos con los brazos**

**Fuerzas de referencia**



Posición de la mano ↓		Fuerzas [N]					
		vista del dorso o palma			vista del pulgar		
		Front.	Diag.	Later.	Front.	Diag.	Later.
Altura de la mano Ej: cintura	codo 180°						
	codo 135°						
	codo 90°						

Diagrama de fuerza de referencia en la codo 90°:

- empuje
- dorso
- pulgar
- canto
- palma
- tracción

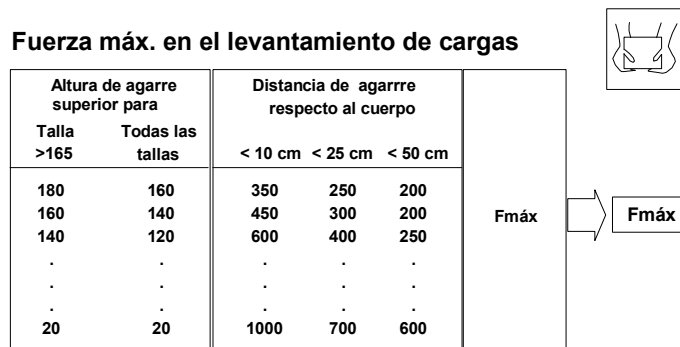
#### Parámetros de entrada para el levantamiento de cargas

Los parámetros a considerar para la evaluación de tareas de levantamiento de cargas son los siguientes (Tabla 25 - Fuerzas de referencia):

- Alturas de agarre inferior y superior.
- Alejamiento de la carga con respecto al cuerpo.
- Modo de levantamiento (cuántas manos, cuántos individuos).
- Dificultad de las tareas secundarias.

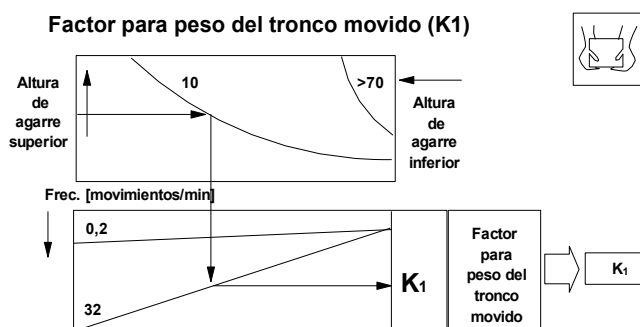
En el caso del manejo manual de cargas la fuerza máxima se determina en función de la talla del sujeto y de la distancia de agarre con respecto al cuerpo (Figura 5 - Ejemplo de obtención de la fuerza máxima en tareas de levantamiento manual de cargas).

**Figura 5 - Ejemplo de obtención de la fuerza máxima en tareas de levantamiento manual de cargas**



Para determinar el factor para peso del tronco se utiliza una gráfica (Figura 6 - Ejemplo de cálculo del factor para peso del tronco). El factor tiene en cuenta la dificultad añadida en el levantamiento del propio peso del torso cuando se flexiona la espalda y se obtiene en función de las alturas de agarre superior e inferior y de la frecuencia de los esfuerzos.

**Figura 6 - Ejemplo de cálculo del factor para peso del tronco**



### Limitaciones del método

El valor límite admisible no se aplica en los casos de:

- Esfuerzo con impulso.
- Carga simultánea de diversos sistemas musculares.

El valor límite admisible se aplica en forma restringida en los casos de:

- Esfuerzos que alternan muy rápidamente.
- Movimientos muy lentos.



- Periodos de retención apenas por debajo de 0,1 min.
- Lecturas en las áreas marginales de los ábacos.

En estos casos límites, entre dos valores posibles (por ejemplo, trabajo dinámico o estático) se ha de utilizar el valor inferior o, si los resultados son dudosos, se ha de descontar el 20%.

El valor límite admisible no ha de entenderse en general como exacto, sino como valor orientativo.

#### Verificación del valor real

El valor real para la fuerza o el momento de giro se mide con un instrumento apropiado (balanza, dinamómetro, celda de torsión, etc.). La medición debe realizarse en el punto de acción de la fuerza (o del brazo de palanca) y en la dirección de la fuerza (o dirección de rotación). Si se modifican los parámetros de entrada en virtud de la adopción de medidas de diseño, se deberá determinar el nuevo valor límite admisible.

#### Esfuerzos de distinta intensidad

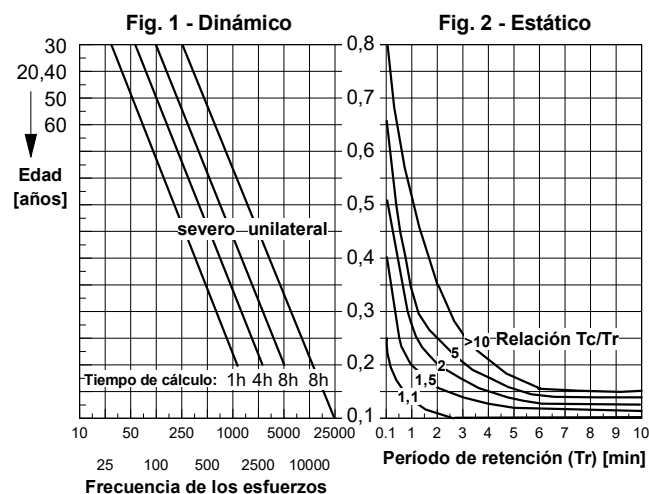
En presencia de esfuerzos de diferente intensidad, se obtendrá la media aritmética respectiva. Los esfuerzos de alta intensidad, que ocurran raramente, no han de exceder el valor límite admisible resultante en la hoja de trabajo.

Tabla 22 - Hoja de trabajo Siemens para el cálculo de la fuerza admisible

$$F_{adm} [N] = K_a \cdot K_b \cdot K_c \cdot F_{m\acute{a}x} [N]$$

$$M_{adm} [Nm] = K_a \cdot K_b \cdot K_c \cdot M_{m\acute{a}x} [Nm]$$

SÍMBOLO	SIGNIFICACIÓN	VALOR	
$F_{adm} [N]$	Fuerza máxima admisible	Calcular	
$M_{adm} [Nm]$	Momento máximo admisible	Calcular	
$F_{m\acute{a}x} [N]$ $M_{m\acute{a}x} [Nm]$	Fuerza máxima Momento de giro máximo	Sistema Muscular	Fig.
		Brazo	3
		Mano	4
		Pierna	5
		Cargas	6
$K_a$	Factor para sexo	Hombres 1.00	Mujeres 0.65
$K_b$	Factor para entrenamiento	Entrenamiento	$K_b$
		Bueno	1.40
		Medio	1
		Regular	0.80
$K_c$	Factor para edad y actividad	Trabajo	Fig.
		Dinámico	1
		Estático	2



$$F_{adm} [N] = \dots = \dots$$

$$M_{adm} [Nm] = \dots = \dots$$

Tabla 23 - Fuerzas y momentos de giro de referencia

Fig. 3 - Fuerzas [N] y Momentos de Giro [Nm] de referencia del sistema brazo para esfuerzos sin impulso.

**Fig. 3 - Fuerzas [N] y Momentos de Giro [Nm] de referencia del sistema brazo para esfuerzos sin impulso.**

posición de la mano		FUERZAS						MOMENTOS DE GIRO					
		Vista sobre el dorso o palma de la mano			Vista sobre uña del pulgar								
C A B E Z A	180°	610 120 225 205 130 420	625 190 130 155 100 415	490 180 140 150 70 410	720 150 180 150 140 555	735 115 225 115 155 490	575 110 210 85 165 480	7 8 8 9 10 10	5 6 6 12 13 13	3 4 4 14 15 15			
	135°	465 185 150 160 190 405	515 170 160 200 140 435	405 220 155 140 170 395	545 140 215 190 175 475	605 105 200 235 190 510	475 105 260 185 200 465	17 19 19 11 19 10	13 15 14 18 17 17	9 10 10 24 23 22			
	90°	230 175 180 150 170 370	250 170 155 130 140 315	215 170 155 115 135 270	270 125 205 175 210 435	250 105 200 150 180 370	255 100 200 135 180 315	15 10 11 7 7 6	12 9 9 23 22 20	8 6 6 32 31 29			
H O M B R O	180°	560 140 155 205 150 470	575 145 155 150 105 410	390 145 140 115 170 425	660 150 165 175 180 550	675 110 170 125 180 480	460 125 170 135 165 500	7 8 8 9 10 10	5 6 6 12 13 13	3 4 4 14 15 15			
	135°	375 175 165 185 205 410	455 205 175 165 190 410	370 150 160 110 170 360	440 160 205 185 220 480	535 140 240 205 195 480	435 125 175 190 130 425	17 19 19 11 10 10	13 15 14 18 17 17	9 10 10 24 23 22			
	90°	300 180 175 155 205 405	325 165 170 155 160 375	315 175 140 135 155 310	350 150 210 180 205 475	380 120 195 180 200 440	370 100 205 165 210 365	15 10 11 7 7 6	12 9 9 23 22 20	8 6 6 32 31 28			
C I N T U R A	180°	470 100 145 155 135 425	395 105 135 110 135 380	340 95 165 145 100 355	550 100 115 170 125 500	465 180 125 160 160 445	400 75 110 170 195 415	7 8 8 9 10 10	5 6 6 12 13 13	3 4 4 14 15 15			
	135°	375 165 205 210 135 355	350 160 140 150 120 330	310 125 185 145 95 300	440 100 195 245 240 415	410 90 190 175 165 385	365 70 145 220 170 350	17 19 19 11 10 10	13 15 14 18 17 17	9 10 10 24 23 22			
	90°	310 190 200 165 150 290	320 155 150 160 120 265	300 145 180 170 100 240	365 110 225 195 235 340	375 80 185 175 190 310	355 75 170 210 200 280	15 10 11 7 6 6	12 9 9 23 22 20	8 6 6 32 31 28			
P E L V I S	180°	395 80 150 140 130 470	335 80 140 115 155 380	355 65 115 150 100 315	465 95 95 165 175 555	395 85 95 185 165 445	420 75 75 175 135 370	7 8 8 9 10 10	5 6 6 12 13 13	3 4 4 14 15 15			
	135°	325 135 190 150 230 340	385 110 170 150 210 350	440 115 170 155 170 385	385 170 180 225 175 400	455 155 140 200 175 410	515 125 135 200 180 450	17 19 19 11 10 10	13 15 14 18 17 17	9 10 10 24 23 22			

empuje  
dorso  
pulgar canto  
palma  
arrastre

dirección de  
la fuerza

\* F = frontal  
D = diagonal  
L = lateral

rotación  
externa  
rotación  
interna

#### Fuerza de peso del brazo


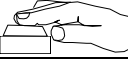
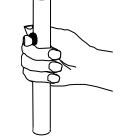
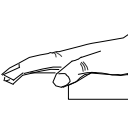
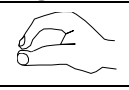
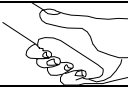


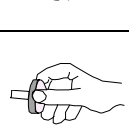
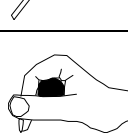
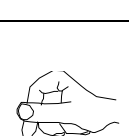


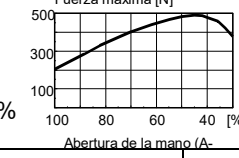

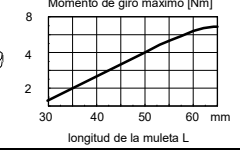

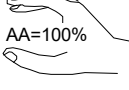
	hombre	Mujer
Para fuerza estática		
Posición brazo/antebrazo horizontal/horizontal	24	20
horizontal/vertical	18	15
suspendido/horizontal	12	10
suspendido/suspendido	0	0
Para fuerza dinámica	0	0
Para momento de giro	0	0

Fuerza de referencia [N] o  
Momento de giro de referencia [Nm] por cada brazo

Tabla 24 - Fuerzas y momentos de giro de referencia



Fig. 4 - Fuerzas [N] y Momentos de Giro [Nm] de referencia del sistema mano para esfuerzos sin impulso

	Pulsador mono-dactilar (índice)	60		Pulsador polidáctil	120
	Pulsador mono-dactilar sobre conmutado manual	80		Accionar pulsador con la parte mollar del pulgar	180
	Pulgar contra punta índice	90		Conmutador con pulsador polidáctil	250
	Pulsador accionado por pulgar	100		Conmutador de accionamiento con pulpejo del pulgar	400
	Accionamiento por pulgar. Dedos en posición contraria	100		Cierre de puño con un cilindro de 40 mm de diámetro	410
	Pulgar contra lado del índice	120	<div></div>		
<div></div>			<div></div>		
	Fuerza máxima entre pulgar y los cuatro dedos	190			

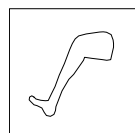


Fig. 5 - Fuerzas [N] del sistema pierna sin impulso, con la espalda apoyada y en posición sentado




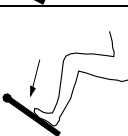
	Pivote en la parte trasera del pedal, esfuerzo en parte delantera del pie.	180		Pivote en parte delantera pedal, esfuerzo con el talón	240
	Pivote en parte delantera pedal, esfuerzo con punta del pie y talón apoyado.	230		Pivote en parte delantera pedal, esfuerzo con todo el pie.	330

Tabla 25 - Fuerzas de referencia

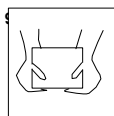
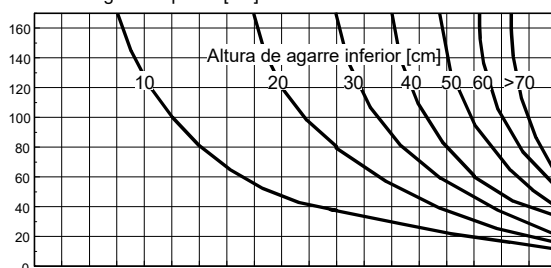


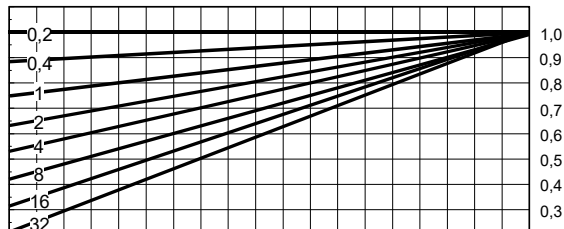
Fig. 6 - Fuerzas [N] de referencia para el levantamiento manual de cargas sin impulso

Altura de agarre superior para:		Distancia de agarre con respecto al cuerpo:			Fuerza máxima [N]
Talla	Todas las tallas	hasta 10 cm	hasta 25 cm	hasta 50 cm	
>165					
180	160	350	250	200	
160	140	450	300	200	
140	120	600	400	250	
120	100	650	400	300	
100	90	750	450	300	
90	80	900	450	300	
80	70	1000	550	350	
60	60	1000	600	450	
40	40	1000	700	550	
20	20	1000	700	600	

Altura de agarre superior [cm]



Frecuencia [movimientos/minuto]



Levantamiento con una mano	0,6	Factor manos
levantamiento con dos manos	1,0	

Levantamiento una sola persona	1,0	Factor número de personas
Levantamiento dos personas	0,85	

Tareas secundarias:		Factor tareas secundarias
leves	1,0	
moderadas	0,9	
pesadas	0,8	

Fuerza de referencia [N]:

### 3.4. RODGERS MUSCLE FATIGUE ANALISYS

El análisis de la fatiga muscular (*Muscle Fatigue Analysis*) fue propuesto por Rodgers<sup>69</sup> como medio para evaluar la fatiga acumulada durante la realización de una tarea. La hipótesis fue que una fatiga muscular rápida se anticipa a una lesión o molestia. Teniendo esto presente, la fatiga puede ser minimizada para evitar molestias o lesiones en los músculos activos.

El método de análisis propuesto es apropiado para evaluar el riesgo por fatiga acumulada durante la realización de una tarea durante una o más horas y donde se presentan posturas inadecuadas o movimiento frecuentes.

Basándose en el riesgo de fatiga, se pueden priorizar los cambios. Para ello, se divide el trabajo en tareas y se determina el porcentaje de tiempo de ciclo para cada una de ellas y, luego, se identifican aquellas que puedan resultar dificultosas de llevar a cabo (durante más del 10% del ciclo). Después, para cada tarea y para cada región anatómica, se evalúan los tres factores de riesgo (esfuerzo, duración y frecuencia) asignando unas ratios.

La Tabla 26 - Análisis de fatiga muscular – es la que se utiliza como hoja de trabajo para volcar la información del puesto. Con la Tabla 28 - Tabla de decisión de necesidad de mejoras (según nivel de esfuerzo, duración y frecuencia) – se obtienen las necesidades de mejora y en la Tabla 29 - Tabla alternativa para medir necesidades de mejora \* - se presenta una forma de determinar las necesidades de mejora.

**Tabla 26 - Análisis de fatiga muscular**

Región Corporal	Nivel de esfuerzo (si el esfuerzo no puede ser realizado por la mayoría de los trabajadores: considerar puntuación esfuerzo=4 y prioridad=muy alta)			Puntuación			Prioridad
	Bajo-1	Moderado-2	Alto-3	Esfuerzo	Duración	Frecuencia	
Cuello	Cabeza inclinada, extensión, flexión ligeras	Cabeza inclinada, en extensión o flexión <20°	Nivel 2 asociado a fuerza o manejos de peso. Flexión o extensión >20°				
Hombro	Brazos ligeramente separados del cuerpo. En extensión con apoyo	Brazos separados del cuerpo. Sin apoyo. Trabajo encima cabeza	Nivel 2 asociado a manejo de cargas o acciones con fuerza				
Lumbar	Inclinación con apoyo, ligera flexión	Flexión. Manejo de cargas moderadas y cercanas al cuerpo. Trabajo encima cabeza	Manejo de cargas o acciones con fuerza con torsión. Altas fuerzas o manejo de cargas en flexión				
Brazo/ Codo	Brazos separados cuerpo, sin carga. Manejo cargas ligeras cercanas a cuerpo	Rotación de antebrazo con fuerza moderada	Rotación con fuerza. Manejo de cargas con brazos extendidos				
Muñeca/ Mano/ Dedos	Acciones con poca fuerza, cargas próximas a cuerpo, muñeca neutral, agarre bueno	Agarres incómodos, desviación de muñeca (especialmente flexión), uso de guantes asociado a fuerza moderada	Pinza, desviación muñeca importante				
Pierna/ Rodilla	De pie, caminar sin inclinación o torsión. Manejo cargas simétrico	Inclinación de cuerpo, manejo de cargas asimétrico. Giro de cuerpo con fuerza	Alta fuerza asociada a empuje, tracción o cargas. Cucullas con fuerza				
Tobillo/ Pie	De pie, caminar sin inclinación o torsión. Manejo de cargas simétricos	Inclinación de cuerpo, manejo de cargas asimétrico. Giro de cuerpo con fuerza	Alta fuerza asociada a empuje, tracción o cargas. Cucullas con fuerza				

**Tabla 27 – Puntuación en función de la duración o frecuencia de los esfuerzos**

Esfuerzo continuo Duración	<6 segundos 1	6-20 segundos 2	20-30 segundos 3	>30 segundos 4 (considerar prioridad muy alta)
Frecuencia de esfuerzo	<1/min 1	1-5/min 2	>5-15/min 3	>15/min. 4 (considerar prioridad muy alta)

**Tabla 28 - Tabla de decisión de necesidad de mejoras (según nivel de esfuerzo, duración y frecuencia)**

Bajo (B)	Medio (M)	Alto (A)	Muy alto (MA)
111	123	223	323
112	132	313	331
113	213	321	332
211	222	322	Nivel de esfuerzo 4
121	231		
212	232		
311	312		
122			
131			
221			

**Tabla 29 - Tabla alternativa para medir necesidades de mejora \***

Nivel de esfuerzo = 1			Nivel de esfuerzo = 2			Nivel de esfuerzo = 3		
Duración	Frecuencia	Prioridad	Duración	Frecuencia	Prioridad	Duración	Frecuencia	Prioridad
1	1	B	1	1	B	1	1	B
1	2	B	1	2	B	1	2	M
1	3	B	1	3	M	1	3	A
2	1	B	2	1	B	2	1	A
2	2	B	2	2	M	2	2	A
2	3	M	2	3	A	2	3	MA
3	1	B	3	1	M	3	1	MA
3	2	M	3	2	M	3	2	MA
3	3	**	3	3	**	3	3	**

\*Si el nivel de esfuerzo es =4, la prioridad es siempre MA

\*\*Esta combinación de duración y frecuencia no es posible



### 3.5. RULA

El método RULA, cuyas siglas significan “*Rapid Upper Limbs Assessment*” (evaluación rápida de las extremidades superiores) fue desarrollado por McAtamney y Corlett<sup>70</sup> y publicado en 1993.

El RULA ha sido y es uno de los métodos más difundidos y utilizados en Ergonomía para la evaluación de puestos de trabajo en la industria. En el análisis tiene en cuenta las posturas del cuello, del brazo, del antebrazo, del tronco, de la muñeca (flexión, extensión, desviaciones radial y cubital y pronosupinación), la posición de las piernas, las fuerzas aplicadas, las cargas manejadas a mano y la actividad muscular (estática o dinámica).

El análisis se realiza en dos etapas. Primero se hace una análisis que involucra al brazo y a la muñeca, obteniéndose una primera valoración (*score*) y luego se hace un análisis que valora (se obtiene otro *score*) el cuello, el tronco y la pierna. Finalmente, ambas valoraciones se combinan para obtener una valoración final global.


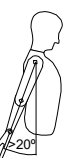
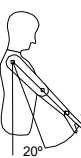
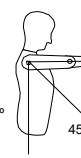
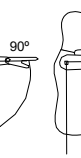
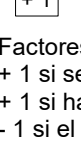
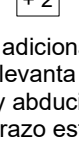
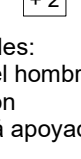



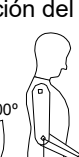

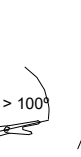

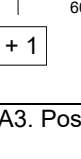
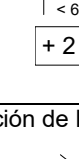
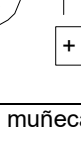

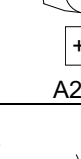

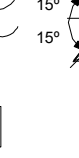


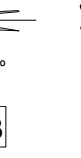
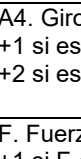
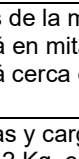
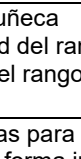
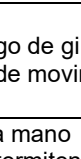
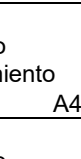
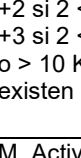
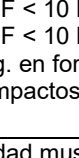
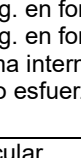
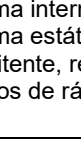
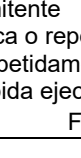
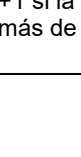
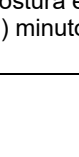
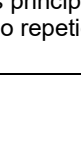
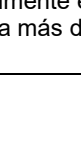
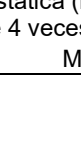
En función de la valoración final, que el método subdivide en cuatro niveles, se puede determinar el nivel de riesgo y una indicación de las acciones a llevar a cabo para prevenir el riesgo de lesión. Esta valoración final se resume en la Tabla 30 - Valoración obtenida en el método RULA.

**Tabla 30 - Valoración obtenida en el método RULA**

<i>Puntos (score)</i>	<i>Nivel</i>	<i>Acciones recomendadas</i>
1-2	1	Postura aceptable. No es necesario intervenir.
3-4	2	Investigar posibles cambios.
5-6	3	Investigar y realizar cambios rápidamente.
≥ 7	4	Investigar y realizar cambios en forma inmediata

A continuación se presentan las hojas de trabajo para la aplicación del método RULA (Tabla 31 - Análisis brazo y muñeca y Tabla 32 - Análisis cuello, tronco y pierna). Para cada extremidad analizada (izquierda o derecha) debe cumplimentarse una hoja. La valoración final será aquella condición que obtenga la puntuación más alta.

Tabla 31 - Análisis brazo y muñeca

A1. Posición del brazo		hombro (A1)	antebrazo (A2)	Tabla A								
				Muñeca (A3)								
				1 giro (A4)		2 giro (A4)		3 giro (A4)		4 giro (A4)		
 +1	 +2	 +2	 +3	 +4	1	2	1	2	1	2	1	2
					1	2	2	2	2	3	3	3
					2	2	2	2	3	3	3	3
 +1	 +2	 +2	 +3	 +4	1	2	3	3	3	3	4	4
					2	3	3	3	3	4	4	4
					3	3	4	4	4	4	5	5
 +1	 +2	 +2	 +3	 +4	1	2	3	4	4	4	5	5
					2	3	4	4	4	4	5	5
					3	4	4	4	4	5	5	5
 +1	 +2	 +2	 +3	 +4	1	2	3	4	4	4	5	5
					2	3	4	4	4	5	5	5
					3	4	4	4	4	5	5	5
 +1	 +2	 +2	 +3	 +4	1	2	3	4	4	4	5	5
					2	3	4	4	4	5	5	5
					3	4	4	4	4	5	5	5
 +1	 +2	 +2	 +3	 +4	1	2	3	4	4	4	5	5
					2	3	4	4	4	5	5	5
					3	4	4	4	4	5	5	5
 +1	 +2	 +2	 +3	 +4	1	2	3	4	4	4	5	5
					2	3	4	4	4	5	5	5
					3	4	4	4	4	5	5	5
 +1	 +2	 +2	 +3	 +4	1	2	3	4	4	4	5	5
					2	3	4	4	4	5	5	5
					3	4	4	4	4	5	5	5

A1 = \_\_\_\_\_

A2 = \_\_\_\_\_

A3 = \_\_\_\_\_

A4 = \_\_\_\_\_

F = \_\_\_\_\_

M = \_\_\_\_\_

Score de la tabla A = \_\_\_\_\_

+

F = \_\_\_\_\_

+

M = \_\_\_\_\_

=

Score final brazo y muñeca = \_\_\_\_\_

Tabla 32 - Análisis cuello, tronco y pierna

B1. Posición del cuello		Tabla B											
		Tronco (B2)											
		1		2		3		4		5		6	
		B3		B3		B3		B3		B3		B3	
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1	1	3	2	3	3	4	5	5	6	6	7	7	7
2	2	3	2	3	4	5	5	5	6	7	7	7	7
3	3	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	7	7
4	5	5	5	6	6	7	7	7	7	7	8	8	8
5	7	7	7	7	7	8	8	8	8	8	8	8	8
6	8	8	8	8	8	8	8	9	9	9	9	9	9

Factores adicionales:  
+1 si hay giro del cuello  
+1 si hay lateralización del cuello  
B1 = \_\_\_\_\_

B2. Posición del tronco

Factores adicionales:  
+1 si hay torsión el tronco  
+1 si hay lateralización el tronco  
B2 = \_\_\_\_\_

B3. Piernas  
+1 si piernas y pies bien apoyados y equilibrados  
+2 si no están bien apoyadas o equilibrados  
B3 = \_\_\_\_\_

F. Fuerzas y cargas  
+0 < 2 Kg intermitentemente  
+1 2-10 Kg intermitentemente  
+2 2-10 Kg estática o repetida  
+3 > 10 kg estática, repetida o impactos  
F = \_\_\_\_\_

M. Actividad muscular  
+1 si la postura es principalmente estática (mantenida más de 1) minuto o repetida más de 4 veces/min.  
M = \_\_\_\_\_

Score de la tabla B = \_\_\_\_\_

+

F = \_\_\_\_\_

+

M = \_\_\_\_\_

=

Score final cuello, tronco y pierna = \_\_\_\_\_

## C. Puntuación final

		Score cuello, tronco y pierna						
		1	2	3	4	5	6	7+
Score brazo muñeca	1	1	2	3	3	4	5	5
	2	2	2	3	4	4	5	5
	3	3	3	3	4	4	5	6
	4	3	3	3	4	5	6	6
	5	4	4	4	5	6	7	7
	6	4	4	5	6	6	7	7
	7	5	5	6	6	7	7	7
	8	5	5	6	7	7	7	7

## VALORACIÓN FINAL

Nivel 1 1-2	Postura aceptable
Nivel 2 3-4	Investigar posibles cambios
Nivel 3 5-6	Investigar y realizar cambios rápidamente
Nivel 4 7+	Investigar y cambiar en forma inmediata

### 3.6. VIRA

Este método fue elaborado para la evaluación de trabajo sedente y repetitivo, o de control visual, donde la actividad de manos no es relevante y no se manipulan objetos pesados. Identifica los factores de riesgo de trastornos cervicobraquiales pero no realiza una valoración de la gravedad<sup>71</sup>.

El método considera aspectos dinámicos y estáticos del trabajo al cuantificar los movimientos, la duración y la frecuencia de las posturas. Para cuantificar los ángulos, se colocan unos marcadores en puntos seleccionados del sujeto. Posteriormente se graba en dos planos (frontal y sagital). Cada punto se corresponde con una tecla del ordenador y se debe pulsar cada vez que se cambia de posición, de esta forma se registra la postura y la duración de la misma. El proceso se repite tantas veces como sea necesario.

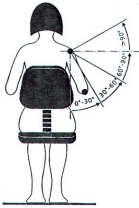
La rutina de evaluación del programa informático disponible permite obtener:

1. El tiempo del ciclo de trabajo y el número de ciclos por hora.
2. El tiempo de reposo de brazos, hombros y cabeza. El número total de periodos de reposo y la duración total y media por ciclo de trabajo y por hora.
3. La frecuencia de los cambios de postura entre los distintos sectores angulares. El número total de cambios y el número de registros en cada sector durante un ciclo de trabajo y por hora.
4. La duración de cada postura en segundos o como porcentaje del ciclo de trabajo.

El método es fácil de aprender pero la desventaja es que consume bastante tiempo de análisis, incluso aunque los ciclos de trabajo puedan durar pocos minutos. El estudio necesita, como mínimo, cuatro veces el tiempo de duración de la tarea.

En la Tabla 33 - Ejemplo de ángulos y puntuaciones método VIRA – se presenta un ejemplo de las hojas de trabajo.

**Tabla 33 - Ejemplo de ángulos y puntuaciones método VIRA**

Hombro		
Abducción		a 0° – 30°
		b 30° – 60°
		c 60° - 90°
		d > 90°
		e Reposo
Flexión		k 0° - 30°
		l 30° – 60°
		m >60°
		n <0°
		o Elevación de hombro

Cuello	
0	Reposo
1	Flexión entre 0 – 20°
2	Flexión > 20°

### 3.7. MÉTODO OPEL

Este método fue elaborado por el Departamento de Prevención de General Motors España en colaboración con el Instituto de Ergonomía MAPFRE en 1996\*. Permite valorar riesgos de Seguridad, Higiene Industrial y Ergonomía. Está basado en la NTP-330<sup>111</sup> adaptándose a las definiciones contenidas en la misma para la estimación del riesgo y la determinación de la severidad del daño y la probabilidad de ocurrencia. Asimismo se adaptó la interpretación del nivel de consecuencias.

En lo que respecta a Ergonomía, el método analiza:

- Antropometría y posturas.
- Pesos y fuerzas.
- Herramientas.
- Operaciones de montaje.
- Energía.

Las posturas se valoran en función de la exposición, así como de las fuerzas requeridas para realizar una determinada acción. Las herramientas se valoran en función de su diseño y de las vibraciones que las mismas producen. En la Figura 8 - Hojas de trabajo para la aplicación del método Opel - se presentan todas las variables analizadas.

#### Estimación del riesgo

Para cada peligro detectado debe estimarse el riesgo. Éste vendrá determinado por dos parámetros:

- Severidad del daño
- Probabilidad de que ocurra el daño

#### Severidad del daño

Para establecer la severidad pueden considerarse:

- Partes del cuerpo afectadas y su amplitud.

---

\* No publicado

- Naturaleza y características del daño, graduándolo desde ligeramente dañino hasta extremadamente dañino (Tabla 34 - Severidad del daño).

**Tabla 34 - Severidad del daño**

Ligeramente dañino	Dañino	Extremadamente dañino
Cortes y heridas pequeñas, irritaciones, dolor de cabeza, discomfort	Laceraciones, quemaduras, conmociones, fracturas menores, sordera, trastornos musculoesqueléticos, dermatitis	Amputaciones y fracturas, lesiones múltiples, cáncer, muerte y otras enfermedades crónicas que acorten severamente la vida

**Probabilidad de que ocurra el daño**

Se puede graduar desde baja hasta alta de acuerdo a los siguientes criterios (Tabla 35 - Probabilidad de ocurrencia):

**Tabla 35 - Probabilidad de ocurrencia**

Baja	Media	Alta
El daño ocurrirá raras veces	El daño ocurrirá en algunas ocasiones	El daño ocurrirá siempre o casi siempre

A la hora de establecer la probabilidad, se debe considerar si las medidas de control ya implantadas son adecuadas.

En función de la probabilidad y de las consecuencias se obtiene el nivel de riesgo (Figura 7 - Determinación del nivel de riesgo) cuya interpretación podemos ver en la (Tabla 36 - Interpretación del nivel de riesgo).

**Figura 7 - Determinación del nivel de riesgo**

<b>PROBABILIDAD</b>	<b>BAJA</b>	TRIVIAL	TOLERABLE	MODERADO
	<b>MEDIA</b>	TOLERABLE	MODERADO	IMPORTANTE
	<b>ALTA</b>	MODERADO	IMPORTANTE	INTOLERABLE
		LIGERAMENTE DAÑINO	DAÑINO	EXTREMADAMENTE DAÑINO
<b>CONSECUENCIAS</b>				

**Tabla 36 - Interpretación del nivel de riesgo**

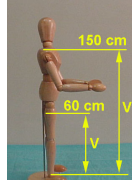
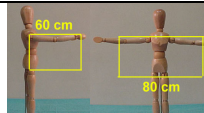
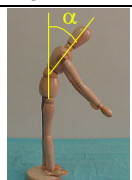
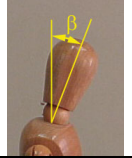
<i>Nivel de riesgo</i>	<i>Interpretación</i>
Trivial	No se requiere acción específica.
Tolerable	No se necesita mejorar la acción preventiva, sin embargo, se deben considerar soluciones más rentables o mejoras que no supongan una carga económica importante. Se requieren comprobaciones periódicas para asegurar que se mantiene la eficacia de las medidas de control.
Moderado	Se deben hacer esfuerzos para reducir el riesgo, determinando las inversiones precisas. Las medidas para reducir el riesgo deben implantarse en un periodo determinado. Cuando un riesgo moderado está asociado a consecuencias extremadamente dañinas, se precisará una acción posterior para establecer, con más precisión, la probabilidad de daño como base para determinar la necesidad de mejora de las medidas de control.
Importante	No se debe comenzar el trabajo hasta que se haya reducido el riesgo. Puede que se precisen recursos considerables para controlarlo. Cuando el riesgo corresponda a un trabajo que se está realizando, debe remediarse el problema en un tiempo inferior al de los riesgos moderados.
Intolerable	No se debe comenzar ni continuar el trabajo hasta que se reduzca el riesgo. Si no es posible reducirlo, incluso con recursos ilimitados, debe prohibirse el trabajo



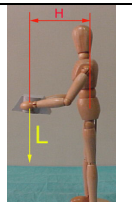
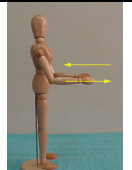
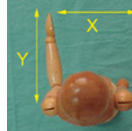
Figura 8 - Hojas de trabajo para la aplicación del método Opel



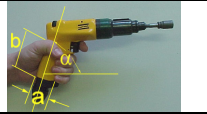


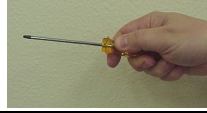
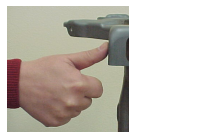
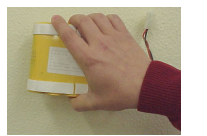



Dpto.		Área:		Fecha:		Analista:	
-------	--	-------	--	--------	--	-----------	--


  

1. ANTROPOMETRÍA Y POSTURAS		EXPOSICIÓN	SÍ	NO
1.1. Altura de trabajo de las manos				
	Altura de trabajo de las manos _____ cm  $60 \text{ cm} \geq V \geq 150 \text{ cm}$ durante más de 10 seg. o más del 40% del ciclo	<input type="checkbox"/> > 1/min. <input type="checkbox"/> > 2h continuas <input type="checkbox"/> > 4h/turno	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.2. Áreas de alcance				
	Alcance de las manos _____ cm Las manos trabajan fuera de un prisma imaginario ( de 60 x 80 cm aprox.) durante más de 10 seg. o más del 40% del ciclo	<input type="checkbox"/> > 1/min. <input type="checkbox"/> > 2h continuas <input type="checkbox"/> > 4h/turno	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.3. Postura de trabajo				
	$\alpha$ _____ grados  $\alpha \geq 40^\circ$ durante más de 10 seg. o más del 40% del ciclo	<input type="checkbox"/> > 1/min. <input type="checkbox"/> > 2h continuas <input type="checkbox"/> > 4h/turno	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.4. Orientación visual				
	$\beta$ _____ grados  $\beta \geq 20^\circ$ durante más de 10 seg. o más del 40% del ciclo	<input type="checkbox"/> > 1/min. <input type="checkbox"/> > 2h continuas <input type="checkbox"/> > 4h/turno	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

2. PESOS Y FUERZAS		EXPOSICIÓN	SI	NO
2.1. Movimiento manual de cargas				
	$\frac{L [\text{kg.}] \times H [\text{cm}]}{600} \times A \geq 1$ L= peso real de la carga. _____ Kg H= alejamiento horizontal _____ cm A=1,0 si el levantamiento es con dos manos A=1,2 si el levantamiento es con una mano	<input type="checkbox"/> > 1/min. <input type="checkbox"/> > 1h <input type="checkbox"/> 1-2 h <input type="checkbox"/> > 2 h	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.2. Empuje y tracción con dos manos				
	Tipo _____ fuerza _____ N  Fuerza empuje/tracción de inicio $\geq 250 \text{ N}$ Fuerza empuje/tracción mantenida $\geq 100 \text{ N}$	<input type="checkbox"/> > 1/min <input type="checkbox"/> > 1h <input type="checkbox"/> 1-2 h <input type="checkbox"/> > 2 h	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.3. Fuerzas con los brazos				
	Fuerza a aplicar _____ N $F_{x,y,z} \geq 70 \text{ N}$	<input type="checkbox"/> > 1/min. <input type="checkbox"/> > 2h continuas <input type="checkbox"/> > 4h/turno	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

3. HERRAMIENTAS		EXPOSICIÓN	SÍ	NO
3.1. Fuerzas y par de apriete				
	Tipo _____ fuerza _____ N Fuerza de agarre (ocasional) $\geq 250$ N ó Fuerza de agarre (repetitiva) $\geq 35$ N	<input type="checkbox"/> $> 6/\text{min.}$ <input type="checkbox"/> $> 2\text{h}$ continuas <input type="checkbox"/> $> 4\text{h}/\text{turno}$	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Neumáticas/Eléctricas Tipo _____ Par _____ Nm Angular $> 35$ Nm Pistola $> 7$ Nm Recto $> 4$ Nm	Electrónicos Par _____ Nm Angular $> 60$ Nm Pistola $> 12$ Nm Recto $> 7$ Nm	<input type="checkbox"/> $> 6/\text{min.}$ <input type="checkbox"/> $> 2\text{h}$ continuas <input type="checkbox"/> $> 4\text{h}/\text{turno}$	<input type="checkbox"/>
3.2. Antropometría y posturas				
	$\alpha < 70^\circ$ $4 > a > 6$ cm. $b < 14$ cm		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	¿Existen posturas de la muñeca como las indicadas?		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.2. Vibraciones				
	$> 10\text{m/s}^2$		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. MONTAJE		EXPOSICIÓN	SÍ	NO
4.1. Acciones con fuerzas de brazos, manos y dedos				
	Fuerza _____ N Prono-supinación antebrazo (ocasional) $\geq 50$ N Prono-supinación antebrazo (repetitiva) $\geq 40$ N	<input type="checkbox"/> $> 6/\text{min.}$ <input type="checkbox"/> $> 2\text{h}$ continuas <input type="checkbox"/> $> 4\text{h}/\text{turno}$	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Fuerza _____ N Fuerza lineal dedos (ocasional) $\geq 45$ N Fuerza lineal dedos (repetitiva) $\geq 20$ N	<input type="checkbox"/> $> 6/\text{min.}$ <input type="checkbox"/> $> 2\text{h}$ continuas <input type="checkbox"/> $> 4\text{h}/\text{turno}$	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Fuerza _____ N Fuerza pulgar-dedos (ocasional) $\geq 100$ N Fuerza pulgar dedos (repetitiva) $\geq 22$ N	<input type="checkbox"/> $> 6/\text{min.}$ <input type="checkbox"/> $> 2\text{h}$ continuas <input type="checkbox"/> $> 4\text{h}/\text{turno}$	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Fuerza _____ N Fuerza de garra (ocasional) $\geq 50$ N Fuerza de garra (repetitiva) $\geq 42$ N	<input type="checkbox"/> $> 6/\text{min.}$ <input type="checkbox"/> $> 2\text{h}$ continuas <input type="checkbox"/> $> 4\text{h}/\text{turno}$	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Fuerza _____ N Fuerza encastre (ocasional) $\geq 20$ N Fuerza encastre (repetitiva) $\geq 17$ N	<input type="checkbox"/> $> 10/\text{min.}$ <input type="checkbox"/> $> 2\text{h}$ continuas <input type="checkbox"/> $> 4\text{h}/\text{turno}$	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. PEDALES		EXPOSICIÓN	SÍ	NO
	Fuerza _____ N Fuerza $\geq 180$ N		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

6. ENERGÍA		EXPOSICIÓN	SÍ	NO
	Pasos/min _____ Escalones _____ metros/min. Pasos minuto $\geq 40$ Escalones $\geq 1,5$ m/min.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Riesgo	Probabilidad			Severidad			Nivel de Riesgo				
	B	M	A	LD	D	ED	TR	T	M	I	INT
Caídas mismo nivel											
Caídas distinto nivel											
Caídas de objetos											
Caídas desde altura											
Golpes/choques con/contra objetos											
Cortes, laceraciones											
Proyecciones											
Atrapamientos											
Sobreesfuerzo / Carga física											
Exposición a temperatura ambiental extrema											
Contactos térmicos											
Contactos eléctricos											
Exposición / contacto a sustancias nocivas											
Exposición a radiaciones											
Explosión											
Incendio											
Accidentes por seres vivos											
Riesgos de tráfico											

B: Baja, M: Media, A: Alta, LD: Ligeramente dañino, D: Dañino, ED: Extremadamente dañino, TR: Trivial, T: Tolerable, M: Moderado, I: Importante, INT: Intolerable

### Descripción

### Contaminantes

Tipo	Concentración	VLA (valor límite admisible)	Observaciones

### Acciones

Riesgo	Acciones Requeridas	Responsable	Fecha	Comprobado/fecha/firma

### 3.8. NUEVO R.N.U.R.

Entre 1993 y 1995 la empresa automovilística francesa Renault elaboró un nuevo método de evaluación de condiciones de trabajo para su aplicación en puestos de trabajo industriales. El método se ha actualizado y simplificado, sin perder el rigor del método anteriormente era utilizado por esta firma<sup>72</sup>.

La evaluación se sintetiza en dos aspectos: carga física y carga cognitiva. En cuanto a carga física se evalúan posturas y esfuerzos. En relación con la carga cognitiva se valoran factores de complejidad (funcionamiento de los modos operatorios, obtención de la calidad, seguridad y ambiente de trabajo) y factores relacionados con la organización (funcionamiento, explotación).

Por razones de confidencialidad, no se incluye en este trabajo el documento completo. No obstante, como ejemplo, en la Tabla 37 - Ejemplo de tablas método RNUR – se muestra la valoración de los esfuerzos en función del tiempo del ciclo de las repeticiones y de la fuerza.

**Tabla 37 - Ejemplo de tablas método RNUR**

#### ESFUERZOS

Tiempo de mantenimiento (como % tiempo de ciclo)	Frecuencia de repetición por hora	Esfuerzos en Kg.									
		0,3 a <1,5	1,5 a <2,5	2,5 a <4	4 a <6	6 a <9	9 a <12	12 a <16	16 a <21	21 a <28	>28
<5	<5	1	1	1	2	2	3	3	3	4	5
6 a 10	6 a 30	1	1	2	2	3	3	3	4	4	5
11 a 20	31 a 60	1	2	2	3	3	3	4	4	5	5
21 a 30	61 a 90	1	2	3	3	3	4	4	5	5	
31 a 40	91 a 140	2	3	3	3	4	4	5	5		
41 a 60	141 a 220	2	3	3	4	4	5	5			
61 a 80	221 a 330	3	3	4	4	5	5				
81 a 90	331 a 500	3	4	4	5	5					
91 a 100	> 501	3	4	5	5						

### 3.9. MATRIZ DE EXPOSICIÓN - FORD

Desarrollado por la empresa automovilística Ford<sup>73</sup>, se trata de un método basado en una matriz tridimensional del tipo exposición-puesto de trabajo diseñada como instrumento para:

- Desarrollar planes de prevención.
- Establecer prioridades en la mejora de puestos de trabajo.
- Organizar la reubicación de trabajadores con limitaciones.
- Orientar adecuadamente los exámenes de salud de trabajadores expuestos a riesgos específicos.

En este método se han seleccionado 29 variables, tratando de obtener un modelo práctico y sencillo pero, al mismo tiempo, capaz de recoger toda la información necesaria y precisa para la evaluación.

Las variables de exposición consideradas incluyen:

- Factores de seguridad (12 variables).
- Factores higiénicos y condiciones ambientales (12 variables).
- Factores ergonómicos (5 variables).

La cumplimentación de la ficha de campo se lleva a cabo asignando un valor de 1 a 5 a cada una de las variables de exposición de acuerdo a la siguiente escala (Tabla 38 - Matriz de exposición Ford):

**Tabla 38 - Matriz de exposición Ford**

<i>Descripción del concepto</i>	<i>Valoración</i>
Exposición evidente en todo momento	5
Exposición muy probable	4
Probable exposición en algún momento	3
Exposición muy poco probable	2
No hay exposición en ningún momento	1

En la Tabla 39 - Hoja de trabajo para la aplicación de la matriz de exposición Ford – se incluyen todos los factores de riesgo considerados en esta metodología.

**Tabla 39 - Hoja de trabajo para la aplicación de la matriz de exposición Ford**

PLANTA PUESTO DE TRABAJO DESCRIPCIÓN FECHA																																																		
<b>1.- RIESGOS DE SEGURIDAD</b>																																																		
1.1.- RIESGOS DE TRAUMATISMO 1.1.1.- CAÍDA DE PERSONAS (MISMO NIVEL) 1.1.2.- CAÍDA DE PERSONAS (DISTINTO NIVEL) 1.1.3.- CAÍDA DE OBJETOS 1.1.4.- PISADAS SOBRE OBJETOS 1.1.5.- GOLPES 1.1.6.- PROYECCIÓN DE PARTÍCULAS 1.1.7.- ATRAPAMIENTOS 1.1.8.- CORTES Y PINCHAZOS 1.1.9.- ATROPELLO	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width: 16.6%;">1</th> <th style="width: 16.6%;">2</th> <th style="width: 16.6%;">3</th> <th style="width: 16.6%;">4</th> <th style="width: 16.6%;">5</th> </tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </table>					1	2	3	4	5																																								
1	2	3	4	5																																														
1.2.- FACTORES DE RIESGO (FÍSICOS) 1.2.1.- ELECTROCUCIÓN 1.2.2.- QUEMADURAS 1.2.3.- POR PRODUCTOS QUÍMICOS	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width: 16.6%;">1</th> <th style="width: 16.6%;">2</th> <th style="width: 16.6%;">3</th> <th style="width: 16.6%;">4</th> <th style="width: 16.6%;">5</th> </tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </table>					1	2	3	4	5																																								
1	2	3	4	5																																														
<b>2.- FACTORES DE RIESGO HIGIÉNICO Y CONDICIONES AMBIENTALES</b>																																																		
2.1.- FACTORES DE RIESGO (QUÍMICOS) 2.1.1.- POLVO 2.1.2.- FIBRAS 2.1.3.- HUMOS DE COMBUSTIÓN 2.1.4.- HUMOS METÁLICOS 2.1.5.- AEROSOL 2.1.6.- NIEBLAS Y BRUMAS 2.1.7.- GASES  2.2.- FACTORES DE RIESGO (FÍSICOS) 2.2.1.- RUIDO 2.2.2.- VIBRACIONES  2.3.- FACTORES AMBIENTALES 2.3.1.- TEMPERATURA, HUMEDAD 2.3.2.- ILUMINACIÓN	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width: 16.6%;">1</th> <th style="width: 16.6%;">2</th> <th style="width: 16.6%;">3</th> <th style="width: 16.6%;">4</th> <th style="width: 16.6%;">5</th> </tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </table>					1	2	3	4	5																																								
1	2	3	4	5																																														
<b>3.- VARIABLES ERGONÓMICAS</b>																																																		
3.1.- REPETITIVIDAD DE LA TAREA 3.2.- LEVANTAMIENTO DE CARGAS 3.2.- TRANSPORTE DE MATERIALES 3.4.- POSTURA 3.5.- TRAUMATISMO ACUMULATIVO	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width: 16.6%;">1</th> <th style="width: 16.6%;">2</th> <th style="width: 16.6%;">3</th> <th style="width: 16.6%;">4</th> <th style="width: 16.6%;">5</th> </tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </table>					1	2	3	4	5																																								
1	2	3	4	5																																														

Criterios de valoración

Los autores escogieron la denominación Magnitud del Riesgo (MR) propuesta por William Fine<sup>74</sup>, que contempla: Gravedad (G), Probabilidad (P) y Exposición (E), de modo que:

$$MR = G \times P \times M$$

**Tabla 40 - Magnitud del riesgo**

<i>MR</i>	<i>Puntuación</i>
MR > 400	5
201 < MR < 400	4
71 < MR < 200	3
20 < MR < 70	2
MR < 20	1

Factores de riesgo higiénicos (contaminantes químicos)

Se ha tomado como criterio de valoración la probabilidad de sobre-exposición (PS) al valor límite ambiental (VLA), expresada en %:

**Tabla 41 - Probabilidad de sobre-exposición**

<i>PS [%]</i>	<i>Puntuación</i>
PS > 10	5
5,1 < PS < 10	4
1,1 < PS < 5	3
0,1 < PS < 1	2
PS < 0,1	1

Para valorar el nivel de ruido (Tabla 42 - Nivel de ruido) se tiene en cuenta el nivel sonoro continuo equivalente al que están expuestos los trabajadores ( $L_{eq}$ ) y el nivel de ruido pico ( $L_{pico}$ ).

**Tabla 42 - Nivel de ruido**

<i><math>L_{eq}</math> o <math>L_{pico}</math> [dB<sub>A</sub>]</i>	<i>Puntuación</i>
$L_{eq} > 90$ o pico > 140	5
85,1 < $L_{eq}$ < 90	4
80,1 < $L_{eq}$ < 85	3
70 < $L_{eq}$ < 80	2
$L_{eq}$ < 70	1

En el caso de las vibraciones, se asigna una puntuación en función de la aceleración equivalente ( $A_{eq}$ ) según las normas UNE-EN-ISO 5349<sup>120</sup> o ISO 2631<sup>75</sup> según se trate de vibraciones sobre el sistema mano-brazo o vibraciones que afectan al cuerpo completo, respectivamente (Tabla 43 - Vibraciones).

**Tabla 43 - Vibraciones**

<i>Aceleración sistema mano-brazo [m/s<sup>2</sup>] (ISO 5349)</i>	<i>Aceleración cuerpo completo [m/s<sup>2</sup>] (ISO 2631)</i>	<i>Puntuación</i>
Aeq < 5,0	Aeq < 0,7	5
2,6 < Aeq < 5,0	0,6 < Aeq < 0,7	4
1,1 < Aeq < 2,5	0,3 < Aeq < 0,5	3
0,3 < Aeq < 1,0	0,2 < Aeq < 0,4	2
Aeq < 0,3	Aeq < 0,2	1

Para el ambiente térmico el método utiliza una escala combinada entre el índice WBGT<sup>76</sup> (siglas en inglés de temperatura de globo y bulbo húmedo) y Índice de Valoración Media (IVM) de Fanger<sup>77</sup>, que contempla el porcentaje de personas insatisfechas a causa del ambiente térmico.

**Tabla 44 - Ambiente térmico**

<i>WBGT / IVM</i>	<i>Puntuación</i>	<i>Interpretación</i>
WBGT <sub>calc.</sub> > WBGT <sub>perm.</sub>	5	Situación de estrés térmico
IVM > 40	4	Altamente inconfortable
20,1 < IVM < 40	3	Medianamente inconfortable
10 < IVM < 20	2	Ligeramente inconfortable
IVM < 10	1	Situación confortable

Para valorar las condiciones de iluminación el método utiliza como criterio una escala en la que se combina el nivel de iluminación existente (L) con unos niveles medios de referencia (R), adoptando como tales los recogidos en la Guía para la Iluminación de Interiores de la Comisión Internacional de Iluminación<sup>78</sup> (Tabla 45 - Condiciones generales de iluminación).

**Tabla 45 - Condiciones generales de iluminación**

<i>Condiciones generales de iluminación</i>	<i>Puntuación</i>
Deslumbramientos molestos o repartición desigual, con áreas adyacentes (>10:1) o $L < 0,5 R$	5
$0,5 R < L < 0,75 R$	4
$0,75 R < L < R$	3
$L > R$	2
$L > R$ y ausencia de deslumbramientos y buena repartición, con áreas adyacentes (<5:1)	1

Los factores ergonómicos que se incluyen son la repetitividad (Tabla 46 - Repetitividad de la tarea (R)), el levantamiento y transporte de cargas (Tabla 47 - Levantamiento de



cargas (L) y Tabla 48 - Transporte de cargas (T)) y las posturas adoptadas (Tabla 49 - Posturas (P)).

**Tabla 46 - Repetitividad de la tarea (R)**

<i>Duración del ciclo [min.]</i>	<i>Puntuación</i>
$1 < R$	5
$1 < R < 3$	4
$3,1 < R < 5$	3
$5,1 < R < 10$	2
$R > 10$	1

**Tabla 47 - Levantamiento de cargas (L)**

<i>Peso de la carga [Kg.]</i>	<i>Puntuación</i>
$L > 15$	5
$10,1 < L < 15$	4
$5,1 < L < 10$	3
$1 < L < 5$	2
$L < 1$	1

**Tabla 48 - Transporte de cargas (T)**

<i>Transporte de cargas [TM/día]</i>	<i>Puntuación</i>
$L > 10$	5
$7,6 < L < 10$	4
$5,1 < L < 7,5$	3
$2,5 < L < 5$	2
$L < 2,5$	1

**Tabla 49 - Posturas (P)**

<i>Postura (Ángulo/Frecuencia)</i>	<i>Puntuación</i>
$P > 45^\circ$ y postura forzada	5
$20^\circ < P < 45^\circ$ y $F > 30\% J$	4
$20^\circ < P < 45^\circ$ y $F < 30\% J$	3
$P < 20^\circ$ y $F > 30\% J$	2
$P < 20^\circ$ y $F < 30\% J$	1

En el caso de las posturas, relaciona el ángulo de flexión, giro o inclinación de cabeza y/o tronco indistintamente, con su frecuencia de repetición durante la jornada de trabajo (J) y también se valoran los llamados Traumatismo acumulativo a través del llamado Índice de Esfuerzo (IE), obtenido como producto de tres variables:

- Intensidad del esfuerzo (I).
- Postura mano/muñeca (M).
- Esfuerzo por minuto (E).

$$IE = I \times M \times E$$

Las variable I, M y E se determinan mediante la Tabla 50 - Calificación del esfuerzo, la postura y la repetición y el índice de esfuerzo con la Tabla 51 - Índice de esfuerzo.

**Tabla 50 - Calificación del esfuerzo, la postura y la repetición**

Intensidad del esfuerzo (I)	Ligero	Medio	Duro
Puntuación	1	2	3
Postura mano-muñeca (M)	Neutral	No neutral	Extrema
Puntuación	0,5	1	1,5
Esfuerzos por minuto (E)	$E < 4$	$4 < E < 8$	$E > 8$
Puntuación	0,5	1	1,5

**Tabla 51 - Índice de esfuerzo**

<i>Índice de esfuerzo (IE)</i>	<i>Puntuación</i>
$IE > 6$	5
$4,1 < IE < 6$	4
$2,1 < IE < 4$	3
$1 < IE < 2$	2
$IE < 1$	1

### 3.10. ANSI PARA CTD'S DE EXTREMIDADES SUPERIORES

Se trata de una lista de comprobación (*checklist*) para el control de los traumatismos acumulativos de la extremidad superior del y cuello que además contempla algunos factores relacionados con la organización. El método está publicado como borrador de norma por el Instituto Nacional de Estandarización americano ANSI (*American National Standard Institute* <sup>79</sup>) y relaciona una serie de factores (movimiento realizado, posturas extremas durante el mismo, velocidad de realización, existencia de movimientos repetidos, duración de la operación y fuerza) con las zonas anatómicas con las que pueden entrar en conflicto: hombro, antebrazo, muñeca, palma de la mano, dedos y cuello.

Cada uno de los factores se evalúa de 0 a 2 según el nivel de riesgo. Si la suma de estos valores es mayor a un valor establecido, indica la presencia de riesgo de lesión y, por lo tanto, se deben investigar con detenimiento las condiciones de trabajo.

Además de valorar las condiciones ergonómicas en relación con los TMERT de la extremidad superior, analiza también determinadas condiciones en cuanto a la organización del trabajo, existencia de maquinaria, pago de incentivos, horas extras, etc.

Se trata de un borrador de estándar dirigido a diseñadores, responsables de producción, servicios médicos, etc. y para ser utilizado como instrumento de control de desórdenes musculoesqueléticos focalizados sobre las extremidades superiores y el cuello y relacionados con tareas de montaje, manipulación de herramientas, máquinas y dispositivos.

Tabla 52 - Hoja de trabajo para la aplicación del método del ANSI

PARTE DEL CUERPO	MOVIMIENTO	POSTURA EXTREMA		VELOCIDAD		MOVIMIENTOS REPETIDOS		DURACIÓN TOTAL OPERACIÓN		FUERZA		PUNTUACIÓN
HOMBRO	FLEXIÓN	0-45 45-90 >90 Extensión	(0) (1) (2) (1)	Estática Lenta Moderada Rápida	(1) (0) (1) (2)	<90 90-150 >150	(0) (1) (2)	<1h 1-4 h >4h	(0) (1) (2)	Ninguna Soporta una parte cuerpo Aplica F	(0) (1) (2)	≥ 6
	ABDUCCIÓN	0-45 45-90 >90	(0) (1) (2)	Estática Lenta Moderada Rápida	(1) (0) (1) (2)	<90 90-150 >150	(0) (1) (2)	<1h 1-4 h >4h	(0) (1) (2)	Ninguna Soporta una parte cuerpo Aplica F	(0) (1) (2)	≥ 6
ANTEBRAZO	ROTACIÓN PRONACIÓN SUPINACIÓN	Neutral Parcial Completa o casi compl.	(0) (1) (2)	Estática Lenta Moderada Rápida	(1) (0) (1) (2)			<1h 1-4 h >4h	(0) (1) (2)	Movimiento forzado? NO SÍ	(0) (1)	≥ 5
MUÑECA	FLEXIÓN/ EXTENSIÓN Y/O DESVIACIÓN ULNAR/ RADIAL	Neutral Parcial Parcial con esf. dedos Parcial en dos planos Fuera rango movimiento	(0) (1) (2) (2) (2)	Estática Lenta Moderada Rápida	(1) (0) (1) (2)	<900 900-1800 >1800	(0) (1) (2)	<1h 1-4 h >4h	(0) (1) (2)	Movimiento forzado? NO SÍ	(0) (1)	≥ 6
INTERFACE MANO	PRESIÓN DIRECTA EN NERVIO MEDIO	Agarre herramienta o contacto fuerte con palma? NO SÍ	(0) (1)			Infrecuente Frecuente	(1) (2)	<1h 1-4 h >4h	(0) (1) (2)	Movimiento forzado? NO SI	(0) (1)	≥ 4
	AGARRE	Ninguno De potencia De pinza	(0) (1) (2)	Estático Dinámico	(1) (2)	<900 900-1800 >1800	(0) (1) (2)	<1h 1-4 h >4h	(0) (1) (2)	Movimiento forzado? NO SI	(0) (1)	≥ 4
DEDOS	TECLEAR	Dos manos Una mano	(0) (1)			<15.000 15. 000 a 18000 > 18.000	(0) (1) (2)	<1h 1-4 h >4h	(0) (1) (2)	Movimiento forzado? NO SI	(0) (1)	≥ 4
	DISPARO CON UN SOLO DEDO SI NO		(0) (1)			<1.000 1.000-2.000 >2.000	(0) (1) (2)	<1h 1-4 h >4h	(0) (1) (2)	Movimiento forzado? NO SI	(0) (1)	≥ 3
CUELLO	FLEXIÓN/ EXTENSIÓN/ ROTACIÓN	Flexión<20 Flexión>=20 Extensión Rotac.>=45 Flex.>20 y Ext. >45	(0) (1) (2) (1) (2)	Estática Lenta Moderada Rápida	(1) (0) (1) (2)	<120 120-180 >180	(0) (1) (2)	<1h 1-4 h >4h	(0) (1) (2)			≥ 4

CONDICIÓN DE RIESGO	CONDICIÓN	FUENTE DE ENERGÍA	EXPOSICIÓN TOTAL DIARIA	INCIDENCIA	TEMPERATURA AMBIENTE	PUNTUACIÓN
VIBRACIONES	¿Se utilizan herramientas con motor?	Si son neumáticas:	>=1 h NO (0) SI (1)	¿Directamente sobre la mano? NO (0) SI (1)	T>=7º (0) 0<T<7º (1) T<=0º (2)	≥ 3
	NO (0) SI (1)	Si son eléctricas o a gasolina:	>=2 h NO (0) SI (1)		T>=7º (0) 0<T<7º (1) T<=0º (2)	≥ 3

ORGANIZACIÓN DEL TRABAJO*	
Trabajo dependiente de la máquina	NO (0) SI (1)
Trabajo por incentivo	NO (0) SI (1)
Horas extras rutinarias	NO (0) SI (1)
Monitoreo electrónico de los empleados	NO (0) SI (1)
Poca capacidad para decisiones cotidianas	NO (0) SI (1)
Trabajo monótono	NO (0) SI (1)

\*FACTOR ORG. DEL TRABAJO =  $\sum \text{PUNTUACIONES} / 10 + 1$

### 3.11. ERGO IBV

Fue elaborado por el IBV (Instituto de Biomecánica de Valencia), en colaboración con Unión de Mutuas y Comisiones Obreras con el objetivo de evaluar las condiciones de trabajo asociadas a lesiones de tipo musculoesquelético<sup>80</sup>.

Se trata de un método, según sus autores, sencillo y objetivo que requiere poca instrumentación y que evalúa el riesgo de lesión musculoesquelética asociado a tareas y puestos de trabajo, determinando los factores que deben modificarse.

Sus características principales, tal y como se expresan en la guía del mismo son:

- No requiere técnicas de análisis o equipos de medición complejos.
- Evalúa riesgos de lesión para las diferentes zonas corporales.
- Ofrece criterios de evaluación de tipo cuantitativo, asociando probabilidades de lesión o trastorno.
- Se basa en estudios de campo.

El método incluye fichas para la filiación (Tabla 53 - Ficha de datos del puesto método IBV), la recopilación de datos (Tabla 54 - Ficha de toma de datos para el análisis de tareas) y para la estimación de los riesgos (Tabla 55 - Ficha de determinación del nivel de exposición a Tabla 57 - Ficha para la estimación de riesgo de lesión o molestias en mano-muñeca).

**Tabla 53 - Ficha de datos del puesto método IBV**

<b>FICHA 1</b>		<b>DATOS DE LA EMPRESA, DEL TRABAJADOR Y DE LA TAREA</b>	
EMPRESA	Nombre: _____	Actividad: _____	
TRABAJADOR	Edad: _____	Talla: _____ cm	Peso: _____ Kg
	Sexo: _____	Esbeltez = $0,707 \{ [(talla-162,9)/8,9] - [(peso-69,5)/12] \}$	
TAREA	Antigüedad en la tarea: _____ años		
	Relación de las actividades fundamentales asociadas al puesto y de la exposición diaria en horas o en % para cada actividad:		
	Actividad	Exposición (h/día o %)	
	1.		
	2.		
	3.		
4.			
5.			

**Tabla 54 - Ficha de toma de datos para el análisis de tareas**

FICHA 2		ANÁLISIS DE POSTURAS, FUERZAS Y REPETICIONES	
Actividad	Postura:	% tiempo actividad:	
<b>POSTURA DE BRAZOS</b>			
Flexión/extensión	1	entre -20° y 20°	
	2	20°-45°	
	3	45°-90°	
	4	>90°	
Repetitividad general de la tarea :		rep./min.	
<b>MUÑECAS</b>			
Flexión/extensión	1	postura neutra	
	2	flexión o extensión de 0-15°	
	3	flexión o extensión >15°	
Desviación radial o cubital	0	no	
	1	sí	
Repetitividad de mano-muñeca:		repeticiones/minuto	
Intensidad del esfuerzo	1	tarea ligera (<10% de la fuerza máxima)	
	3	tarea algo dura (10-30% fmáx)	
	6	tarea dura (30-50% fmáx)	
	9	tarea muy dura (50-80% fmáx)	
	13	casi el máximo (>80% fmáx)	
<b>CUELLO (Si hay torsión o inclinación lateral del tronco sumar un punto)</b>			
Flexión/extensión	1	flexión 0-10°	
	2	flexión 10-20°	
	3	flexión >20°	
	4	extensión	
<b>TRONCO (Si hay torsión o inclinación lateral del tronco sumar un punto)</b>			
	1	sentado, bien apoyado en el respaldo	
	2	flexión 0-20°	
	3	flexión 20-60°	
	4	flexión>60°	
<b>PIERNAS</b>			
1	sentado, pies y piernas bien apoyados, peso simétricamente distribuido		
1	de pie, peso simétricamente distribuido, espacio para cambios de posición		
2	sentado con piernas y pies no apoyados		
2	de pie con el peso asimétricamente distribuido o las rodillas flexionadas		
2	andando		
<b>FUERZA</b>			
0	carga o fuerza intermitente <2 Kg		
1	carga o fuerza intermitente 2-10 Kg		
2	carga estática 2-10 Kg	2 <input type="checkbox"/> carga o fuerza repetida 2-10 Kg	
3	carga estática >10 Kg	3 <input type="checkbox"/> carga o fuerza repetida >10 Kg	
3	golpes o fuerzas rápidamente concentradas		

**Tabla 55 - Ficha de determinación del nivel de exposición**

FICHA 3		DETERMINACIÓN DE LOS NIVELES DE LAS VARIABLES DE EXPOSICIÓN			
VARIABLE INDEPENDIENTE	NIVEL I	NIVEL II	NIVEL III	PUNTUACIÓN PROMEDIO	NIVEL ASIGNADO
Postura de brazos	<1.17	1.17 a 1.6	>1.6		
Postura de cuello	<1.42	1.42 a 2.44	>2.44		
Postura de tronco	<2	2 a 2.2	>2.2		
Postura de piernas	1	1 a 1.2	>1.2		
Flexión de muñeca	<=2	>2			
Desviación de muñeca	<0.06	0.06 a 0.42	>0.42		
Fuerza o carga	0	0 a 0.9	>0.9		
Esfuerzo de la mano	1	1 a 2.8	>2.8		
Repetitividad (rep/min.)	<=7	>7			
(riesgo en el cuello)					
Repetitividad (rep/min.)	<=4	>4			
(riesgo en la mano)					
Antigüedad (años)	exposición a corto plazo (<3 años)	exposición a medio plazo (3-9 años)	exposición a largo plazo (>9 años)		I II III
Esbeltez	<(-0.26)	-0.26 a 0.32	>0.32		

**Tabla 56 - Ficha para la estimación de riesgo de lesión o molestias en cuello**

FICHA 4		RIESGO DE LESIÓN O MOLESTIAS EN EL CUELLO					
		RIESGO A CORTO PLAZO					
		1		2		3	
				REPETICIÓN			
BRAZOS	CUELLO	0	1	0	1	0	1
1		1	1	1	2	2	3
2		2	2	2	3	3	4
3		2	3	3	4	3	4
		RIESGO A MEDIO PLAZO					
		1		2		3	
				REPETICIÓN			
BRAZOS	CUELLO	0	1	0	1	0	1
1		1	1	2	2	2	3
2		2	2	2	3	3	4
3		2	3	3	4	4	4
		RIESGO A LARGO PLAZO					
		1		2		3	
				REPETICIÓN			
BRAZOS	CUELLO	0	1	0	1	0	1
1		2	2	2	2	3	3
2		2	3	3	4	3	4
3		3	4	4	4	4	4

**Tabla 57 - Ficha para la estimación de riesgo de lesión o molestias en mano-muñeca**

FICHA 5		RIESGO DE LESIÓN O MOLESTIAS EN MANO-MUÑECA					
		1		2		3	
				REPETICIÓN			
CUBITAL	MUÑECA	1	2	1	2	1	2
1	1	1	1	2	2	2	2
	2	1	2	2	2	2	2
2	1	2	2	3	3	3	3
	2	2	2	3	3	3	3
3	1	3	4	3	4	4	4
	2	4	4	4	4	4	4

**Tabla 58 - Ficha para la estimación de riesgo de lesión o molestias en la zona lumbar**

FICHA 6		RIESGO DE LESIÓN O MOLESTIAS EN LA ZONA LUMBAR								
ESBELTEZ	TRONCO	1			2			3		
	FUERZA	1	2	3	REPETICIÓN			1	2	3
1	1	1	2	2	1	2	3	2	2	3
	2	1	2	2	1	2	3	2	2	3
	3	2	2	3	2	3	3	3	3	4
2	1	2	2	2	2	3	3	2	3	4
	2	2	2	3	3	3	3	3	3	4
	3	3	3	3	3	3	4	3	4	4
3	1	2	3	3	2	3	3	3	3	4
	2	3	3	3	3	3	3	3	4	4
	3	3	3	4	3	4	4	3	4	4



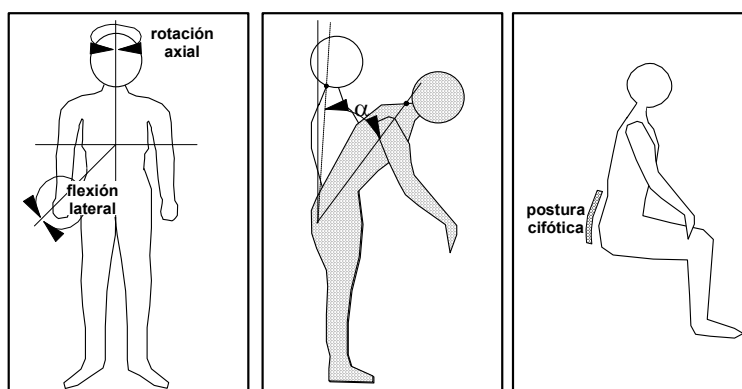
### 3.12. ISO/DIS 11226

Este borrador de norma internacional está diseñado como guía para la evaluación de distintas variables de una tarea en relación con los factores de riesgo para la salud y especifica los límites para posturas de trabajo<sup>81</sup>. La valoración se realiza con la ayuda de tablas (como por ejemplo la Tabla 59 - Determinación de la postura del tronco) y gráficos (como por ejemplo la Figura 9 - Posturas de tronco consideradas)

**Tabla 59 - Determinación de la postura del tronco**

Paso 1			<i>aceptable</i>	<i>ir a paso 2</i>	<i>no recomendada</i>
1. Postura simétrica del tronco	NO				X
	SÍ	X			
2. Inclínación del tronco $\alpha$					
>60°					X
20°-60° sin soporte del tronco				X	
20°-60° con soporte del tronco		X			
0°-20°		X			
<0° sin soporte del tronco					X
<0° con soporte del tronco		X			
3. Para sentado o semisentado					
¿espalda curvada?	NO	X			
	SÍ				X

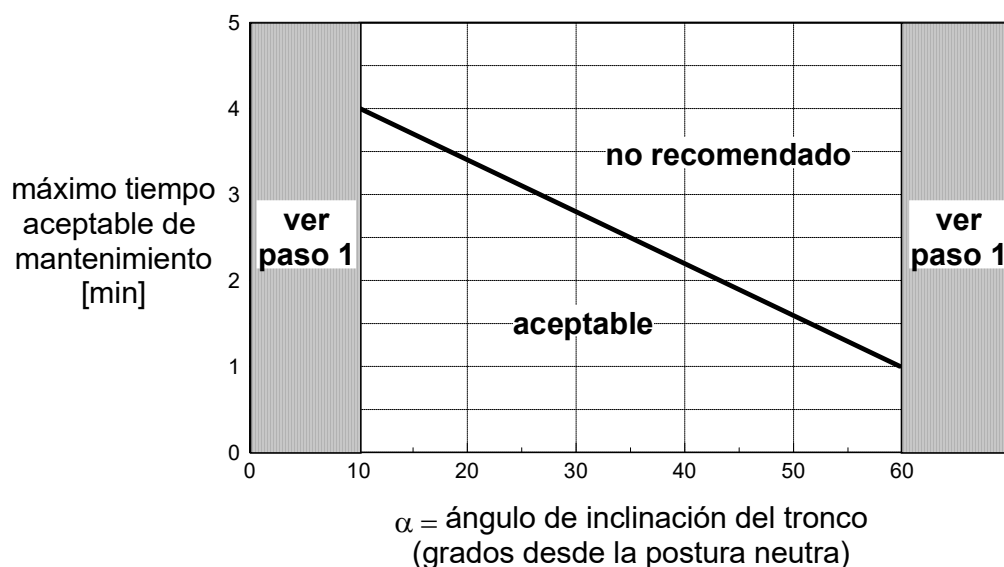
**Figura 9 - Posturas de tronco consideradas**



## Paso 2

El tiempo de mantenimiento para inclinación del tronco se evalúa con la siguiente gráfica:

**Figura 10 - Relación ángulo – tiempo aceptable**



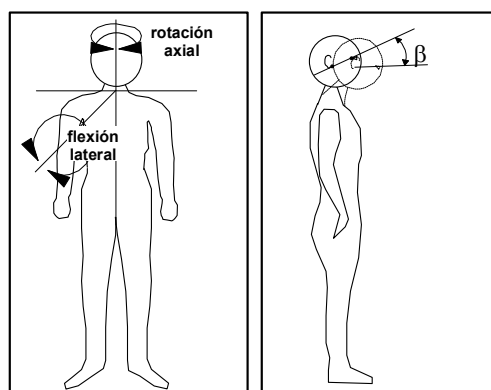
**Tabla 60 - Decisión sobre la valoración de la exposición**

Tiempo de mantenimiento	aceptable	no recomendado
> máximo tiempo de mantenimiento aceptable*		X
< máximo tiempo de mantenimiento aceptable	X	

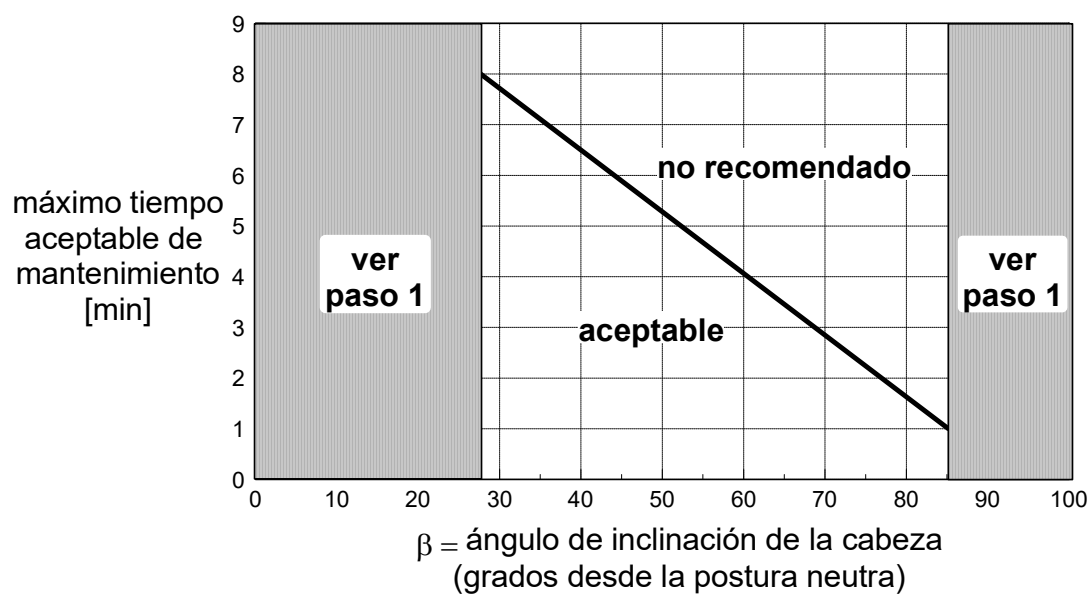
\* Igual al 20% del máximo tiempo de mantenimiento

**Tabla 61 - Determinación de la postura de la cabeza**

Paso 1	aceptable	ir a paso 2	no recomendada
1. Postura simétrica del cuello			
NO			X
SÍ	X		
2. Inclinación de la cabeza $\beta$			
>85°			X
25°-85° sin soporte del tronco			
ir al punto 3		X	
25°-85° con soporte del tronco	X		
0°-25°	X		
<0° sin soporte del tronco			X
<0° con soporte del tronco	X		
3. Flexión/Extensión de cuello			
>25°			X
0°-25°	X		
<25°			X

**Figura 11 - Posturas de cabeza consideradas****Paso 2**

El tiempo de mantenimiento para inclinación de cabeza se evalúa con la siguiente gráfica:

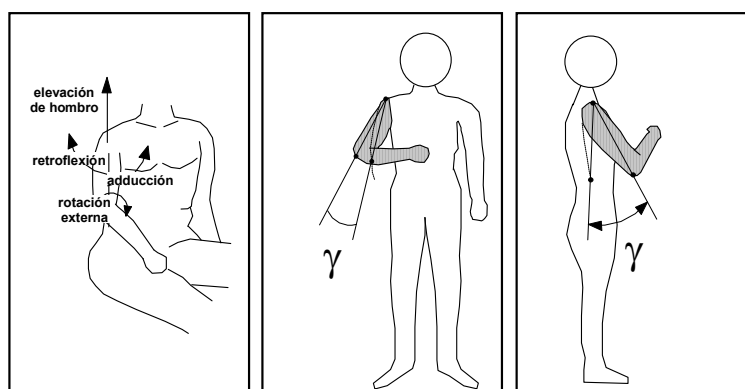
**Figura 12 - Relación ángulo – tiempo aceptable****Tabla 62 - Decisión sobre la valoración de la exposición**

Tiempo de mantenimiento	aceptable	no recomendado
> máximo tiempo de mantenimiento aceptable*		X
< máximo tiempo de mantenimiento aceptable	X	

\* Igual al 20% del máximo tiempo de mantenimiento

**Tabla 63 - Determinación de la postura del brazo**

Paso 1			<i>acceptable</i>	<i>ir a paso 2</i>	<i>no recomendada</i>
1. Postura forzada de brazo	NO		X		
	SÍ				X
2. Elevación de brazo $\gamma$					
>60					X
20°-60° sin soporte de brazo				X	
20°-60° con soporte de brazo			X		
0°-20°			X		
3. Elevación del hombro	NO		X		
	SÍ				X

**Figura 13 - Posturas de los brazos consideradas****Paso 2**

El tiempo de mantenimiento para elevación del brazo se evalúa con la siguiente gráfica:

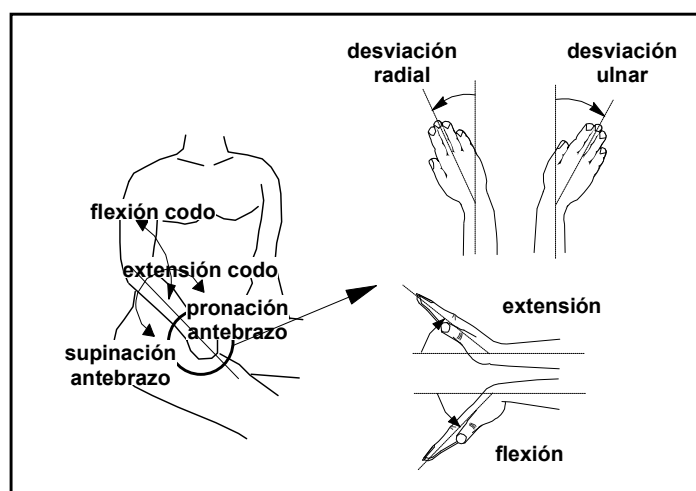
**Tabla 64 - Decisión sobre la valoración de la exposición**

Tiempo de mantenimiento	<i>acceptable</i>	<i>no recomendado</i>
> máximo tiempo de mantenimiento aceptable*		X
< máximo tiempo de mantenimiento aceptable	X	

\* Igual al 20% del máximo tiempo de mantenimiento

**Tabla 65 - Determinación de la postura del antebrazo y de la mano**

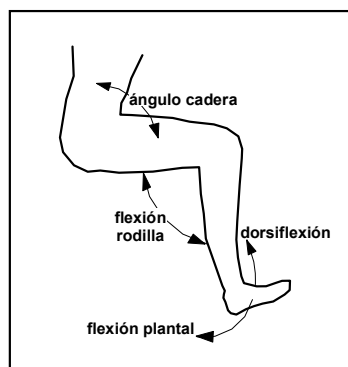
Paso 1		<i>aceptable</i>	<i>ir a paso 2</i>	<i>no recomendada</i>
1. Flexión/Extensión extrema de codo	NO SÍ	X		X
2. Pronación/Supinación extrema de antebrazo	NO SÍ	X		X
3. Postura extrema de muñeca	NO SÍ	X		X

**Figura 14 - Posturas del antebrazo y de la mano consideradas**

**Tabla 66 - Determinación de la postura de las extremidades inferiores**

Paso 1				
		<i>acceptable</i>	<i>ir a paso 2</i>	<i>no recomendada</i>
1. flexión extrema de rodillas	NO	X		
	SÍ			X
2. Flexión/Dorsiflexión extrema de tobillo	NO	X		
	SÍ			X
3. Flexión de rodilla (postura de pie)	NO	X		
	SÍ			X
4. Ángulo de la rodilla (posición sentado)				
>135°				X*
90°-135°		X		
<90°				X

\* aceptable con respaldo para el tronco inclinado

**Figura 15 - Posturas de las piernas consideradas**

### 3.13. STRAIN INDEX

El “*Strain Index*” o índice de esfuerzo fue desarrollado por los Prof. Steven More y Arun Garg del Dpto. de Medicina Preventiva del Colegio Médico de Wisconsin y del Dpto. de Ingeniería Industrial y de Sistemas de la Universidad de Wisconsin, respectivamente. El método es una propuesta para el análisis de tareas que conlleven un riesgo de lesión para la extremidad distal<sup>82</sup>.

Las variables consideradas en este índice son la intensidad del esfuerzo, la duración del ejercicio, el número de esfuerzos o acciones por minuto, la postura mano/muñeca, la velocidad de trabajo y la duración de la tarea.

En cuanto a los factores individuales el método hace las siguientes consideraciones:

#### Intensidad del ejercicio

Se denomina intensidad del ejercicio a una estimación de la fuerza requerida para llevar a cabo una tarea o acción que refleja la magnitud del esfuerzo muscular que se debe efectuar como porcentaje de la fuerza máxima. Para obtener la intensidad del ejercicio el método propone emplear la escala de Borg, la medida y el cálculo del porcentaje de fuerza respecto a la fuerza máxima o el criterio del analista evaluando el esfuerzo percibido. Una vez estimado o calculado, se asigna un valor según la siguiente tabla (Tabla 67 - Multiplicador de intensidad del ejercicio):

**Tabla 67 - Multiplicador de intensidad del ejercicio**

Valor	Mult.*	Criterio	% Fuerza Máxima	Escala de Borg	Esfuerzo Percibido
1	1	Suave	<10	≤2	Apenas percibido
2	3	Algo molesto	10-29	3	Percibido
3	6	Duro	30-49	4-5	No hay cambio expresión cara
4	9	Muy duro	50-79	6-7	Cambio expresión cara
5	13	Cerca del máximo	≥80	>7	Utiliza hombros o tronco para generar fuerza

\*Mult.= Multiplicador

#### Duración del ejercicio

Este factor refleja el estrés fisiológico y biomecánico relacionado con la duración mantenida del ejercicio y fue determinado en forma empírica.

El porcentaje de duración del ejercicio debe ser calculado como:

$$\% \text{ Duración del ejercicio} = 100 \times \frac{\text{duración media del ejercicio por ciclo}}{\text{tiempo medio del ciclo}}$$

En función de este porcentaje el método define diferentes valores y un multiplicador asociado (Tabla 68 - Multiplicador de duración):

**Tabla 68 - Multiplicador de duración**

<i>Valor</i>	<i>Multiplicador</i>	<i>Duración del ejercicio [%]</i>
1	0.5	<10
2	1	10-29
3	1	30-49
4	2	50-79
5	3	≥80

### Esfuerzos por minuto

Es el número total de esfuerzos o acciones similares realizadas por cada minuto de trabajo, o lo que es lo mismo, la frecuencia de las acciones. El número de acciones se calcula de la siguiente forma:

$$\text{número de acciones por minuto} = \frac{\text{número total de acciones observadas}}{\text{duración de la observación en minuto}}$$

En función de la frecuencia el método define diferentes valores y multiplicadores (Tabla 69 - Multiplicador de esfuerzos por minuto).

**Tabla 69 - Multiplicador de esfuerzos por minuto**

<i>Valor</i>	<i>Multiplicador</i>	<i>Esfuerzos / minuto</i>
1	0.5	<4
2	1	4-8
3	1.5	9-14
4	2	15-19
5	3	≥20

### Postura mano-muñeca

La postura se refiere a la posición anatómica de la muñeca o de la mano con respecto a la postura neutra. En este método hay que determinar en forma cualitativa cada postura analizada.

Las posturas consideradas en el análisis son la flexión, la extensión y la desviación cubital. Para clasificar las posturas y obtener el multiplicador correspondiente se utiliza la siguiente tabla (Tabla 70 - Postura mano/muñeca):



**Tabla 70 - Postura mano/muñeca**

Valor	Mult.	Criterio	Extensión muñeca	Flexión muñeca	Desv. cubital muñeca	Postura percibida
1	1	Muy buena	0°-10°	0°-5°	0°-10°	Neutral
2	1	Buena	11°-25°	6°-15°	11°-25°	Casi neutra
3	1.5	Regular	26°-40°	16°-30°	16°-20°	Desviada
4	2	Mala	41°-55°	31°-50°	21°-25°	Desv. importante
5	3	Muy mala	>60°	>50°	>25°	Desviación extrema

Velocidad de trabajo

Los autores introdujeron este factor para tener en consideración el efecto de la velocidad, lo que conlleva una disminución de la máxima contracción voluntaria y un incremento de la actividad electromiográfica. Ello se traduce en que los músculos no se relajarán adecuadamente a altas velocidades de trabajo (Tabla 71 - Multiplicador por velocidad de trabajo).

**Tabla 71 - Multiplicador por velocidad de trabajo**

Valor	Multiplicador	Criterio	Comparado con MTM-1 <sup>a</sup>	Velocidad percibida
1	1	Muy lenta	<80%	Ritmo muy relajado
2	1	Lenta	81%-90%	Se toma su tiempo
3	1	Media	91%-100%	Velocidad "normal"
4	1.5	Rápida	101%-115%	Rápido pero capaz de seguirlo
5	2.0	Muy rápida	>115%	Rápido e incapaz de seguirlo

Duración diaria de la tarea

Este multiplicador tiene en cuenta el tiempo total de exposición al riesgo. Los valores correspondientes se muestran en la Tabla 72 - Multiplicador de duración diaria.

**Tabla 72 - Multiplicador de duración diaria**

Valor	Multiplicador	Horas / día
1	0.25	≤ 1
2	0.5	1-2
3	0.75	2-4
4	1	4-8
5	1.5	≥ 8

En la Tabla 73 - Hoja de trabajo para la determinación del Strain Index – se muestra la lista de comprobación donde se recopilan los datos necesarios y figuran los diferentes multiplicadores utilizados en el cálculo del Strain Index.

<sup>a</sup> Sistema de tiempos predeterminados denominado MTM que permite calcular el tiempo necesario para un micromovimiento en función del tipo del método de trabajo.

**Tabla 73 - Hoja de trabajo para la determinación del Strain Index****1. Recogida de datos****1.1 Intensidad del esfuerzo**

<i>Criterio</i>	<i>% MCV*</i>	<i>Escala RPE †</i>	<i>Esfuerzo Percibido</i>
Suave	< 10%	≤ 2	Apenas percibido
Algo molesto	10-29%	3	Percibido
Duro	30-49%	4-5	No hay cambio en la expresión de la cara
Muy duro	50-79%	6-7	Hay cambio en la expresión de la cara
Cerca del máximo	≥ 80%	> 7	Se utilizan los hombros o el tronco para generar fuerza

\*Porcentaje de fuerza máxima o de máxima contracción voluntaria

†Borg CR-10 Scale

**1.2. Duración del esfuerzo**

$$\% \text{ Duración del esfuerzo} = 100 \times \frac{\text{duración de los esfuerzos [seg.]}}{\text{duración de la observación* [seg.]}} = 100 \times \frac{\quad}{\quad} = \frac{\quad}{\quad}$$

\*Duración del ciclo, operación, etc.

**1.3 Esfuerzos por minuto**

$$\text{Esfuerzos por minuto} = \frac{\text{número de esfuerzos}}{\text{duración de la observación* [min.]}} = \frac{\quad}{\quad} = \frac{\quad}{\quad}$$

\*Duración del ciclo, operación, etc.

**1.4 Postura mano/muñeca**

<i>Criterio</i>	<i>Extensión</i>	<i>Flexión</i>	<i>Desviación cubital</i>	<i>Postura percibida</i>
Muy buena	0°-10°	0°-5°	0°-10°	Neutral
Buena	11°-25°	6°-15°	11°-25°	Casi neutra
Regular	26°-40°	16°-30°	16°-20°	Desviada
Mala	41°-55°	31°-50°	21°-25°	Desviación importante
Muy mala	>60°	>50°	>25°	Desviación extrema

**1.5 Velocidad del trabajo**

<i>Criterio</i>	<i>Comparado con MTM-1*</i>	<i>Velocidad percibida</i>
Muy lenta	<80%	Ritmo muy relajado
Lenta	81%-90%	Se toma su tiempo
Media	91%-100%	Velocidad "normal"
Rápida	101%-115%	Rápido pero capaz de seguirlo
Muy rápida	>115%	Rápido e incapaz de seguirlo

\* Método tiempo - movimiento

**1.6 Duración diaria de la tarea**

Tiempo de permanencia diaria en la operación a estudio = \_\_\_\_\_

<i>Criterio</i>	<i>Horas / día</i>
1	≤1
2	1-2
3	2-4
4	4-8
5	≥8

## 2. Estimación de valores

Valor	Intensidad (ver 1.1)	Duración [seg.] (ver 1.2)	Esfuerzos/min (ver 1.3)	Postura mano/muñeca (ver 1.4)	Velocidad de trabajo (ver 1.5)	Duración diaria [horas] (ver 1.6)
1	Suave	<10	<4	Muy buena	Muy lenta	≤1
2	Algo molesto	10-29	4-8	Buena	Lenta	1-2
3	Duro	30-49	9-14	Regular	Media	2-4
4	Muy duro	50-79	15-19	Mala	Rápida	4-8
5	Cerca del máximo	≥80	≥20	Muy mala	Muy rápida	≥8

## 3. Determinación de multiplicadores

Valor	1.1 Intensidad	1.2 Duración	1.3 Esfuerzos/min	1.4 Postura mano/muñeca	1.5 Velocidad de trabajo	1.6 Duración diaria
1	1	0,5	0,5	1	1	0,25
2	3	1	1	1	1	0,5
3	6	1,5	1,5	1,5	1	0,75
4	9	2	2	2	1,5	1
5	13	3*	3*	3	2	1,5

\* Si duración del esfuerzo 100% considerar como factor multiplicador 3

## 4. Análisis de datos

	Intensidad	Duración	Esfuerzos/min.	Postura mano/muñeca	Velocidad de trabajo	Duración diaria
Criterio o Medición obtenida (ver 1)						
Asignación de valores (ver 2)						
Coefficientes multiplicadores (ver 3)						

## 5. Cálculo del Strain Index (SI)

Intensidad	x	Duración	x	Esfuerzos minuto	x	Postura muñeca/mano	x	Velocidad de trabajo	x	Duración diaria	=	Strain Index
_____	x	_____	x	_____	x	_____	x	_____	x	_____	=	_____

El valor obtenido (SI) se interpreta de la siguiente forma:

**Tabla 74 – Interpretación del Strain Index**

Strain Index (SI)	Interpretación
≤ 3	Indica mínima probabilidad de riesgo para la región distal de extremidades superiores
3 - 7	Indican que puede existir cierto riesgo para la región distal de extremidades superiores
> 7	Indican marcada probabilidad de riesgo para la región distal de extremidades superiores

### 3.14. OCRA

Este método fue desarrollado en Italia por los Dres. Daniela Colombini y Enrico Occhipinti<sup>54</sup>. Se basa en la observación y cuantificación de las posturas de las extremidades superiores durante la realización de una o varias tareas teniendo en cuenta los siguientes factores de riesgo: repetitividad (frecuencia de los movimientos), fuerzas, posturas desfavorables y tipo de movimientos y la posible ausencia de tiempos de recuperación suficientes. Además, aunque de forma secundaria, considera algunos factores de riesgo adicionales (por ejemplo vibraciones, velocidad, precisión, etc.).

El método permite calcular un índice de riesgo global para la extremidad superior, como cociente entre el número total de acciones técnicas (movimientos realizados al llevar a cabo una tarea) y el número máximo recomendado de acciones. Este último valor es función del número máximo teórico de movimientos y de una serie de factores de corrección determinados en función de los restantes factores de riesgo existentes.

En cuanto a los factores de riesgo individuales, se hacen las siguientes apreciaciones:

#### Frecuencia de las repeticiones

Se puede decir que existe una tarea repetida para la extremidad superior cuando, al menos durante una hora, se realizan ciclos de trabajo similares, de relativamente corta duración (algunos minutos) y en el que se requiera efectuar ciertas acciones mecánicas.

#### Fuerza

Para aplicar este método es necesario conocer la fuerza asociada a cada movimiento o acción mecánica. Cuando se habla de fuerza, nos podemos referir a la fuerza externa aplicada o a la interna, aquella ejercida por músculos, tendones y ligamentos. Asimismo, la fuerza se puede relacionar con acciones de tipo estático (cuando la contracción muscular se mantiene) o con acciones de tipo dinámico. Este método permite analizar fuerzas dinámicas mediante la determinación de la fuerza interna ejercida. Para la evaluación de la fuerza, el método propone utilizar técnicas de electromiografía o estimar el porcentaje de fuerza ejercida respecto a la máxima contracción voluntaria (%MCV) mediante la aplicación de la escala de Borg. El método

también propone hacer un promedio ponderado en el tiempo si existen diferentes fuerzas en la tarea analizada.

#### Posturas y tipos de movimientos

Las posturas y movimientos extremos de las articulaciones, las posturas mantenidas (aunque no sean extremas) y los movimientos repetidos a alta frecuencias contribuyen a un mayor riesgo de lesión de la extremidad superior. Por ejemplo, para la aplicación del método es preciso observar los movimientos articulares que se producen en el transcurso de la tarea analizada en hombro, codo, muñeca y mano/dedos, registrando los ángulos y apreciando la duración aproximada de cada uno de ellos con respecto al ciclo completo. La combinación de las posturas y los tiempos permite cuantificar el esfuerzo llevado a cabo por cada segmento corporal.

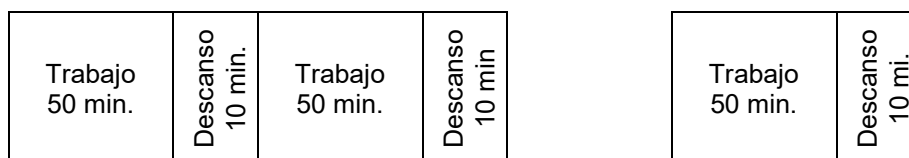
#### Tiempo de recuperación

Se entiende por periodo de recuperación el tiempo durante el cual uno o más grupos musculares que intervienen en la tarea objeto de análisis se encuentran básicamente inactivos. En el método se establecen como periodos de recuperación las pausas programadas (incluyendo la pausa disponible para comer) y el tiempo durante la tarea o el ciclo en el que no intervienen los sistemas musculares analizados, siempre que su duración sea mayor a 10 o 20 segundos consecutivos.

Es importante analizar tanto los periodos de recuperación dentro de un mismo ciclo como los periodos de recuperación en el conjunto de la actividad diaria. En tareas que implican una alta repetición de movimientos de la extremidad superior (por ejemplo 40 a 50 acciones por minuto), los periodos de recuperación entre ciclos serán prácticamente inexistentes. Para determinar la duración de los periodos de recuperación se deben contabilizar las pausas efectivas o aquellos momentos con una muy baja actividad muscular y de duración apreciable.

Según se indica en una publicación australiana<sup>83</sup>, para la prevención de lesiones por movimientos repetidos el tiempo de trabajo continuo no debe exceder de 60 minutos sin un periodo de recuperación y recomienda, como criterio general, que la relación entre tiempo de trabajo y descanso debe ser de 5:1 cuando se trata de movimientos repetidos. Esto significa que en líneas generales la recomendación se traduciría en que cada 50 minutos de trabajo debería haber 10 minutos de descanso por cada hora. Con lo cual, la distribución óptima de trabajo/descanso sería la siguiente:

**Figura 16 - Ejemplo distribución trabajo/descanso**



El sugerido en el método para calcular el tiempo sin adecuado periodo de recuperación es el que se describe en el siguiente ejemplo:

**Tabla 75 - Ejemplo de distribución de tiempos de trabajo y descanso**

		1 h	1 h	1 h	1 h	1 h	1 h	1 h	1 h	1 h
		A	A	A		A	A	A		
		10 min.				10 min.				
Hora	Tarea	<i>Tiempo trabajado con adecuada recuperación [min.]</i>				<i>Tiempo en potencial sobrecarga [min.]</i>				
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				

#### Ejemplo de cálculo de tiempo en sobrecarga

Para calcular el factor correspondiente a un tiempo de recuperación insuficiente ( $F_r$ ) cuando existen varias tareas se procede de la siguiente forma:

- a) Para cada tarea se calcula el número de acciones recomendadas ( $pCF_x$ ) teniendo en cuenta los factores de fuerza ( $F_f$ ), postura ( $F_p$ ) y elementos adicionales ( $F_a$ ).
- b) El resultado obtenido anteriormente para cada tarea se multiplica por el tiempo (en minutos) en que el periodo de recuperación es suficiente ( $D_{re}$ ) y por el tiempo en el que el tiempo de recuperación es insuficiente ( $D_{so}$ ).

Por ejemplo:

$$pCF_x \times D_{re} = A_x$$

$$pCF_x \times D_{so} = B_x$$

- c) Para cada tarea existente se debe proceder como se indicó anteriormente y luego efectuar la suma de estos valores parciales, afectados por el multiplicador  $F_r$  correspondiente (Tabla 76 - Factor  $F_r$  en función de la duración del trabajo).

**Tabla 76 - Factor  $F_r$  en función de la duración del trabajo**

<i>Duración total del trabajo repetitivo [hs]</i>	<i>Factor multiplicador (<math>F_r</math>)</i>
1	1
2	0,75
3-5	0,5
6-8	0,25

Cuando se realiza un análisis mediante el modelo complejo, los elementos para determinar el factor  $F_r$  se calculan de la siguiente manera:

$$\sum_{i=1}^n A_x = n^{\circ} \text{ total de acciones recomendadas con periodo de recuperación suficiente } (A_{r1})$$

$$\sum_{i=1}^n B_x = n^{\circ} \text{ total de acciones recomendadas sin periodo de recuperación suficiente } (A_{r2})$$

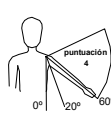
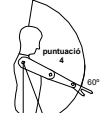

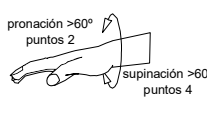


- d) La suma entre el número total de acciones recomendadas mientras el periodo de recuperación es suficiente y el número total de acciones recomendadas cuando el periodo no es suficiente (potencial sobrecarga), dará por resultado el número total de acciones recomendadas para todo el ciclo.

$$Ar1 + Ar2 = A_{r \text{ TOTAL}}$$

En la publicación original del método se presentan unas hojas de trabajo para el registro de la información que será utilizada para llevara a cabo la evaluación y para

calcular el índice de esfuerzo (IE) o también conocido como índice OCRA. Para cada extremidad (izquierda y derecha) y para cada tarea que se desee evaluar hay que cumplimentar las correspondientes hojas de registro (Tabla 77 - Hoja de trabajo para la aplicación del método OCRA).

**Tabla 77 - Hoja de trabajo para la aplicación del método OCRA**

Tarea analizada: .....				extremidad <input type="checkbox"/> izq. <input type="checkbox"/> dcha..																																									
Posturas y movimientos hombro	   <p>[A1] Movimientos articulares extremos, en <input type="checkbox"/> 1/3 <input type="checkbox"/> 2/3 <input type="checkbox"/> 3/3 del ciclo</p> <p>[A2] Ausencia de variaciones (similares movimientos &gt;50% ciclo) <input type="checkbox"/> 4</p> <p>[A3] Mantener el brazo levantado (sin soporte) con extensión &gt;60°</p> <p><input type="checkbox"/> 1/3 <input type="checkbox"/> 2/3 <input type="checkbox"/> 3/3 del ciclo</p> <p>[A4] Mantener el brazo levantado (sin soporte) en forma continua &gt;50% ciclo <input type="checkbox"/> 4</p>				puntuación hombro																																								
Movimientos codo	  <p>[B1] Movimientos articulares extremos, en</p> <p><input type="checkbox"/> 1/3 <input type="checkbox"/> 2/3 <input type="checkbox"/> 3/3 del ciclo (supinación)</p> <p><input type="checkbox"/> 1/3 <input type="checkbox"/> 2/3 <input type="checkbox"/> 3/3 del ciclo (pronación)</p> <p><input type="checkbox"/> 1/3 <input type="checkbox"/> 2/3 <input type="checkbox"/> 3/3 del ciclo (flexión)</p> <p>[B2] Ausencia de variaciones (similares movimientos &gt;50% ciclo) <input type="checkbox"/> 4</p>				puntuación codo																																								
Posturas y movimientos muñeca	 <p>[C1] Movimientos articulares extremos</p> <p><input type="checkbox"/> 1/3 <input type="checkbox"/> 2/3 <input type="checkbox"/> 3/3 del ciclo (desviación radial o cubital)</p> <p><input type="checkbox"/> 1/3 <input type="checkbox"/> 2/3 <input type="checkbox"/> 3/3 del ciclo (extensión)</p> <p><input type="checkbox"/> 1/3 <input type="checkbox"/> 2/3 <input type="checkbox"/> 3/3 del ciclo (flexión)</p> <p>[C2] Ausencia de variaciones (similares movimientos &gt;50% ciclo) <input type="checkbox"/> 4</p> <p>[C3] Mantener el brazo levantado (sin soporte) con extensión &gt;60°</p> <p><input type="checkbox"/> 1/3 <input type="checkbox"/> 2/3 <input type="checkbox"/> 3/3 del ciclo</p> <p>[C4] Mantener la muñeca en flexión o extensión o desviada continuamente &gt;50% del ciclo o tiempo de la tarea <input type="checkbox"/> 4</p>				puntuación muñeca																																								
Tipo de agarre y movimientos de dedos	<p>[D1] Tipo de agarre y movimientos de los dedos</p> <table border="0"> <tr> <td><input type="checkbox"/> Agarre sujeción (1,5 cm)</td> <td><input type="checkbox"/> 1/3</td> <td><input type="checkbox"/> 2/3</td> <td><input type="checkbox"/> 3/3</td> <td></td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Pinza</td> <td><input type="checkbox"/> 1/3</td> <td><input type="checkbox"/> 2/3</td> <td><input type="checkbox"/> 3/3</td> <td></td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Agarre de fuerza</td> <td><input type="checkbox"/> 1/3</td> <td><input type="checkbox"/> 2/3</td> <td><input type="checkbox"/> 3/3</td> <td></td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Agarre en gancho</td> <td><input type="checkbox"/> 1/3</td> <td><input type="checkbox"/> 2/3</td> <td><input type="checkbox"/> 3/3</td> <td>del ciclo</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Teclear</td> <td><input type="checkbox"/> 1/3</td> <td><input type="checkbox"/> 2/3</td> <td><input type="checkbox"/> 3/3</td> <td></td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> _____</td> <td>1/3</td> <td>2/3</td> <td>3/3</td> <td></td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> _____</td> <td>1/3</td> <td>2/3</td> <td>3/3</td> <td></td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> _____</td> <td>1/3</td> <td>2/3</td> <td>3/3</td> <td></td> </tr> </table> <p>Ausencia de variaciones:</p> <p>[D2] Acciones similares que involucren mismo/s dedo/s &gt;50% del ciclo <input type="checkbox"/> 4</p> <p>[D3] Sostener o asir un objeto en forma continua &gt;50% del ciclo <input type="checkbox"/> 4</p>				<input type="checkbox"/> Agarre sujeción (1,5 cm)	<input type="checkbox"/> 1/3	<input type="checkbox"/> 2/3	<input type="checkbox"/> 3/3		<input type="checkbox"/> Pinza	<input type="checkbox"/> 1/3	<input type="checkbox"/> 2/3	<input type="checkbox"/> 3/3		<input type="checkbox"/> Agarre de fuerza	<input type="checkbox"/> 1/3	<input type="checkbox"/> 2/3	<input type="checkbox"/> 3/3		<input type="checkbox"/> Agarre en gancho	<input type="checkbox"/> 1/3	<input type="checkbox"/> 2/3	<input type="checkbox"/> 3/3	del ciclo	<input type="checkbox"/> Teclear	<input type="checkbox"/> 1/3	<input type="checkbox"/> 2/3	<input type="checkbox"/> 3/3		<input type="checkbox"/> _____	1/3	2/3	3/3		<input type="checkbox"/> _____	1/3	2/3	3/3		<input type="checkbox"/> _____	1/3	2/3	3/3		puntuación agarre/mano
<input type="checkbox"/> Agarre sujeción (1,5 cm)	<input type="checkbox"/> 1/3	<input type="checkbox"/> 2/3	<input type="checkbox"/> 3/3																																										
<input type="checkbox"/> Pinza	<input type="checkbox"/> 1/3	<input type="checkbox"/> 2/3	<input type="checkbox"/> 3/3																																										
<input type="checkbox"/> Agarre de fuerza	<input type="checkbox"/> 1/3	<input type="checkbox"/> 2/3	<input type="checkbox"/> 3/3																																										
<input type="checkbox"/> Agarre en gancho	<input type="checkbox"/> 1/3	<input type="checkbox"/> 2/3	<input type="checkbox"/> 3/3	del ciclo																																									
<input type="checkbox"/> Teclear	<input type="checkbox"/> 1/3	<input type="checkbox"/> 2/3	<input type="checkbox"/> 3/3																																										
<input type="checkbox"/> _____	1/3	2/3	3/3																																										
<input type="checkbox"/> _____	1/3	2/3	3/3																																										
<input type="checkbox"/> _____	1/3	2/3	3/3																																										
Factores adicionales	Alta precisión <input type="checkbox"/> 4	Movimientos bruscos o tirones <input type="checkbox"/> 4	Compresión localizada <input type="checkbox"/> 4		puntuación																																								



1) Cálculo de  $A_e$  (nº total de acciones en el turno)

Tarea:	A	B	C	D
Duración de cada tarea en un turno [min.]				
Duración media del ciclo [min.]				
Frecuencia de las acciones [nº de acciones/min.]				
Total de acciones en la tarea				

Total de acciones observadas en el turno (A+B+C+D)  =  $A_e$

Caracterización de las tareas no-repetitivas llevadas a cabo durante el turno:

	X	Y	Z	
<input type="checkbox"/> duración [min.]				
<input type="checkbox"/> comparable a recuperación				
<input type="checkbox"/> no comparable a recuperación				

Total de min. de tareas no repetitivas comparables con recuperación

min.

- ☐ duración pausas de comida [min.]
- ☐ duración otro tipo de pausas
- ☐ duración total de las pausas [min.]

Distribución de las pausas en el ciclo:

1h	1h	1h	1h	1h	1h	1h	1h
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Número de horas en el turno sin suficiente tiempo de recuperación:

	A	B	C	D	
<input type="checkbox"/> min. de trabajo con adecuado tiempo de recuperación					$D_{re}$
<input type="checkbox"/> min. de trabajo sin adecuado tiempo de recuperación					$D_{so}$

## 2) Cálculo de Ar (nº total recomendado de acciones repetidas en el turno)

CF: Constante de frecuencia de acciones

30	30	30	30
----	----	----	----

Ff: Factor fuerza (esfuerzo percibido)

%MCV A= \_\_\_\_\_ B= \_\_\_\_\_ C= \_\_\_\_\_ D= \_\_\_\_\_

%MCV	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

X X X X

--	--	--	--

Fp: Factor postura

X X X X

Nota: trasladar el valor más bajo de entre hombro (H), codo (C), muñeca (MU) y mano (MA)

H		H		H		H	
C		C		C		C	
MU		MU		MU		MU	
MA		MA		MA		MA	

puntos	0-3	4-7	8-11	12-15	16
Fp	1	0.7	0.6	0.5	0.33

--	--	--	--

Fa: Factores adicionales

A= \_\_\_\_\_ B= \_\_\_\_\_ C= \_\_\_\_\_ D= \_\_\_\_\_

puntos	0	4	8	12
Fp	1	0.95	0.9	0.8

X X X X

--	--	--	--

D: Duración del trabajo repetido [min.]

X X X X

--	--	--	--

= = = =

Nº de acciones por tarea repetitiva

--	--	--	--

 $\alpha$   $\beta$   $\chi$   $\delta$ Nº total de acciones ( $\alpha+\beta+\chi+\delta$ )  =  $\pi$ 

Fr: Factores por tiempo de recuperación insuficiente

Horas	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Fr	1	0.9	0.8	0.7	0.6	0.45	0.25	0.1	0

X

--

=

Nº total de acciones recomendadas en el turno  =  $A_r$ 

## 3) Cálculo del Índice de Esfuerzo (IE) u OCRA Index

$$IE = \frac{\text{Total de acciones observadas en el turno}}{\text{Nº total de acciones recomendadas en el turno}} = \frac{A_e}{A_r} = \text{  }$$

I (verde)  $IE < 0.75$ II (amarillo)  $0.75 \leq IE \leq 4$ III (rojo)  $IE > 4$

### 3.15. UNE-EN 1005-3 - LÍMITES DE FUERZAS RECOMENDADOS

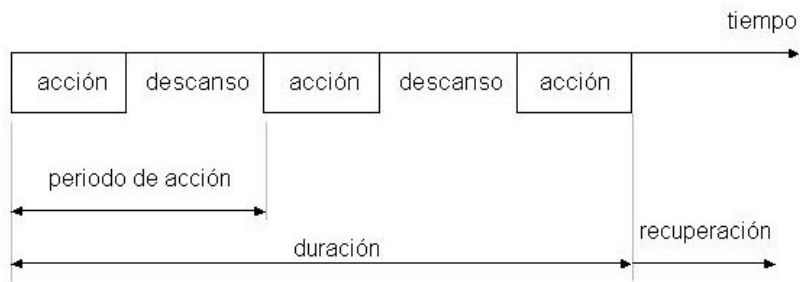
Esta norma española, armonizada para toda la Unión Europea<sup>84</sup>, contiene límites de fuerza y de frecuencias de acción que, aunque orientados al diseño, también pueden ser de utilidad para la evaluación de riesgos.

La parte tercera del proyecto de normativa fue elaborada por el grupo de trabajo número cuatro del comité técnico 122 del CEN (CEN TC122/WG4) y especifica las fuerzas límite para tareas que impliquen agarre, empuje, tracción y trabajos con brazos y pedales. Las condiciones establecidas fueron:

- Utilizando todo el cuerpo durante los ejercicios de empuje y tracción, agarrando con ambas manos en forma simétrica y en posición de pie (parado o andando).
- Actuación normal (desde/hacia, arriba/abajo, dentro/fuera) trabajando con una mano mientras se está de pie o sentado.
- Actuación con las piernas, con la fuerza de uno o de ambos pies (empujando o presionando) mientras se está sentado o de pie.

La norma, concebida como guía para su aplicación para el diseño de maquinaria, se deriva de investigaciones acerca de las características de fuerza así como de la frecuencia para la población europea y es aplicable al 85% (hombres y mujeres) de los trabajadores adultos sanos, con capacidad física normal y en óptima posición para la aplicación de la fuerza. Ello incluye alrededor del 99% de los hombres y el 75% de las mujeres dentro de una población laboral.

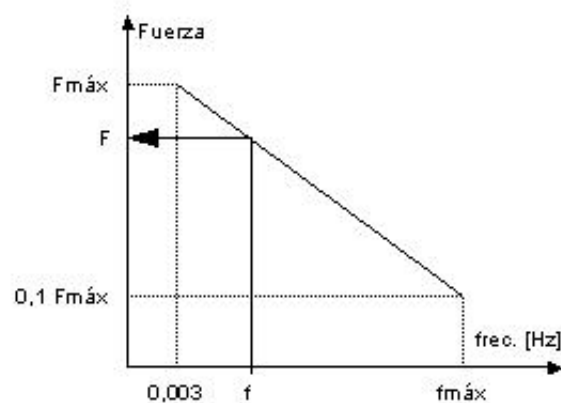
En la norma se especifican, para diferentes situaciones, los límites de aplicación de fuerzas y las frecuencias de acción máximas, los cuales no deberían ser sobrepasados durante el trabajo para la prevención de lesiones musculoesqueléticas. Además, recomienda evitar operaciones repetidas continuas y que después de cortos periodos de operación (3 a 30 minutos) a la máxima frecuencia, es necesaria la recuperación de los músculos involucrados en la acción. La recuperación completa puede alcanzarse después de varias horas de descanso o durante el desarrollo de otra actividad que involucre otros músculos y articulaciones (Figura 17 - Distribución trabajo/descanso).

**Figura 17 - Distribución trabajo/descanso**

El tiempo máximo de acción para cada contracción muscular (acción) es de 4 segundos. El tiempo de acción deberá ser lo suficientemente corto como para permitir un tiempo de descanso de al menos 1 segundo.

Si la acción incluye tanto la realización de una tarea como el movimiento de las extremidades, la frecuencia de acción deberá ser lo suficientemente baja como para permitir un tiempo de descanso de al menos 1 segundo.

La fuerza máxima no deberá desarrollarse con una frecuencia superior a 1 vez cada 5 minutos (0,003 Hz). La relación entre fuerza y frecuencia, en todos los casos, deberá ser lineal (Figura 18 - Relación fuerza máxima y frecuencia de acción).

**Figura 18 - Relación fuerza máxima y frecuencia de acción**

La expresión que relaciona linealmente la fuerza (F) con la frecuencia (f), dentro del rango de validez (0,003 Hz a fmáx), es la siguiente:

$$F[N] = K_a f [Hz] + K_b$$

donde:

$$K_a = 0,9 F_{máx} [N] / (0,003 - f_{máx} [Hz])$$

$$K_b = F_{\text{máx}} - 0,003 K_a$$

En las tablas se incluyan los valores de  $K_a$  y de  $K_b$  correspondientes a cada tipo de esfuerzo (ver Tabla 78 - Fuerzas agarre y fuerzas de empuje y tracción utilizando las dos manos a Tabla 81 - Fuerzas con el pie).

**Tabla 78 - Fuerzas agarre y fuerzas de empuje y tracción utilizando las dos manos**


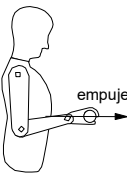
Esquema	F <sub>máx</sub> [N]	Cálculo del límite de fuerza en función de la frecuencia			
		Duración [min.]	f <sub>máx</sub> [Hz]	1/min.	F[N] = $K_a f$ [Hz] + $K_b$
	200	3	0,67	40	-296,86
		30	0,33	20	-550,46
		continuo	0,017	1	-12857,14
		Nota: la fuerza límite es la misma para tareas con una o dos manos			
	fuerza inicial de empuje 160	3	0,3	18	-484,85
		30	0,2	12	-730,96
		continuo	0,08	5	-1870,13
		Nota: altura de las asas de 0,9 a 1,5 m			
	fuerza inicial de tracción 115	3	0,3	18	-380,48
		30	0,2	12	-525,38
		continuo	0,08	5	-1344,15
		Nota: altura de las asas de 0,9 a 1,5 m			
	fuerza sostenida de empuje 130	1	0,17	10	-700,60
		2	0,13	8	-921,26
		4	0,08	5	-1519,48
		7	0,05	3	-2489,36
		10	0,025	1,5	-5318,18
		duración de la tarea = trabajo continuo			
		1 a 10	0,08	5	-1519,48
		Nota: f <sub>máx</sub> [Hz] = 0,2 e <sup>-0,2 d [m]</sup>			
	fuerza sostenida de tracción 90	1	0,17	10	-485,03
		2	0,13	8	-637,79
		4	0,08	5	-1051,95
		7	0,05	3	-1723,40
		10	0,025	1,5	-3681,81
		duración de la tarea = trabajo continuo			
		1 a 10	0,08	5	-1051,95
		Nota: f <sub>máx</sub> [Hz] = 0,2 e <sup>-0,2 d [m]</sup>			

Tabla 79 - Fuerzas con el brazo en postura sentado y con apoyo lumbar

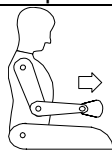
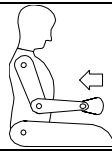
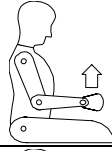
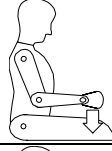
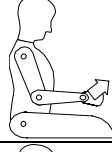
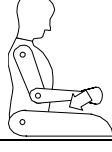
Fuerzas con el brazo en posición sentado (apoyo lumbar)	Esquema	F <sub>máx</sub> [N]	Cálculo del límite de fuerza en función de la frecuencia				
		Empuje 220	Duración [min.]	f <sub>máx</sub>		F[N] = Ka f [Hz] + Kb	
				[Hz]	1/min.	Ka	Kb
			3	0,67	40	-296,85	220,89
			30	0,33	20	-605,50	221,82
			continua	0,017	1	-14142,9	262,42
		Tracción 180	Duración [min.]	f <sub>máx</sub>		F[N] = Ka f [Hz] + Kb	
				[Hz]	1/min.	Ka	Kb
			3	0,67	40	-242,88	180,73
			30	0,33	20	-495,41	181,49
			continua	0,017	1	-11571,4	214,71
		Levantar 40	Duración [min.]	f <sub>máx</sub>		F[N] = Ka f [Hz] + Kb	
				[Hz]	1/min.	Ka	Kb
			3	0,67	40	-53,97	40,16
			30	0,33	20	-110,09	40,33
			continua	0,017	1	-2571,43	47,71
		Bajar 60	Duración [min.]	f <sub>máx</sub>		F[N] = Ka f [Hz] + Kb	
				[Hz]	1/min.	Ka	Kb
			3	0,67	40	-80,96	60,24
			30	0,33	20	-165,14	60,49
			continua	0,017	1	-3857,14	71,57
		Adducción 60	Duración [min.]	f <sub>máx</sub>		F[N] = Ka f [Hz] + Kb	
				[Hz]	1/min.	Ka	Kb
			3	0,67	40	-80,96	60,24
			30	0,33	20	-165,14	60,49
			continua	0,017	1	-3857,14	72,07
		Abducción 45	Duración [min.]	f <sub>máx</sub>		F[N] = Ka f [Hz] + Kb	
				[Hz]	1/min.	Ka	Kb
			3	0,67	40	-60,72	45,18
			30	0,33	20	-123,85	45,37
			continua	0,017	1	-2892,86	53,68

Tabla 80 - Fuerzas con el brazo en posición de pie

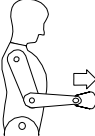
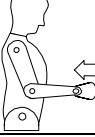
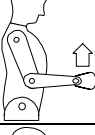
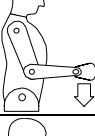
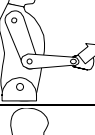
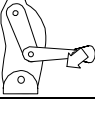

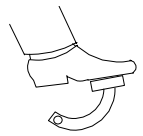
	Esquema	F <sub>máx</sub> [N]	Cálculo del límite de fuerza en función de la frecuencia				
			Duración [min.]	f <sub>máx</sub> [Hz]	1/min.	F[N] = K <sub>a</sub> f [Hz] + K <sub>b</sub>	
Fuerzas con el brazo en posición de pie		Empuje 95	3	0,67	40	-128,18	95,38
			30	0,33	20	-261,48	95,78
			continua	0,017	1	-6107,14	113,32
			F[N] = K <sub>a</sub> f [Hz] + K <sub>b</sub>				
		Tracción 70	3	0,67	40	-94,45	70,01
			30	0,33	20	-192,66	70,58
			continua	0,017	1	-4500	83,50
			F[N] = K <sub>a</sub> f [Hz] + K <sub>b</sub>				
		Levantar 70	3	0,67	40	-94,45	70,28
			30	0,33	20	-192,66	70,58
			continua	0,017	1	-4500	83,50
			F[N] = K <sub>a</sub> f [Hz] + K <sub>b</sub>				
		Bajar 85	3	0,67	40	-114,69	85,34
			30	0,33	20	-233,94	85,70
			continua	0,017	1	-5464,30	101,39
			F[N] = K <sub>a</sub> f [Hz] + K <sub>b</sub>				
		Adducción 60	3	0,67	40	-80,96	60,24
			30	0,33	20	-165,14	60,49
			continua	0,017	1	-3857,14	72,07
			F[N] = K <sub>a</sub> f [Hz] + K <sub>b</sub>				
		Abducción 45	3	0,67	40	-60,72	45,18
			30	0,33	20	-123,85	45,37
			continua	0,017	1	-2892,86	53,68
			F[N] = K <sub>a</sub> f [Hz] + K <sub>b</sub>				

Tabla 81 - Fuerzas con el pie

	Esquema	F <sub>máx</sub> [N]	Cálculo del límite de fuerza en función de la frecuencia				
			Duración [min.]	f <sub>máx</sub> [Hz]	1/min.	F[N] = K <sub>a</sub> f [Hz] + K <sub>b</sub>	
Fuerzas con pedal		Accionado con tobillo 200	3	0,67	40	-269,85	200,81
			30	0,33	20	-550,46	201,65
			continua	0,017	1	-12857,14	238,57
			Nota: el rango de confort es de 15 a 45 N				
		Accionado con pierna 380	3	0,67	40	-512,74	381,54
			30	0,33	20	-1045,87	383,14
			continua	0,017	1	-24428,57	453,28
			Nota: el rango de confort es de 45 a 150 N				

### 3.16. PENNSYLVANIA

Este modelo de evaluación fue elaborado por los Prof. Vishal Seth, Roberta Lee Weston y Andris Freivalds en el Departamento de Ingeniería Industrial y Manufacturas de la Universidad Estatal de Pennsylvania<sup>85</sup> y se desarrolló para predecir una ratio de incidencia de riesgo de lesión por trauma acumulativo.

La desviación de la muñeca y la rotación del brazo producen una reducción de la máxima contracción voluntaria (%MCV). Los autores, basándose en los estudios de Terrel y Purswell<sup>86</sup>, desarrollaron unas ecuaciones que permiten calcular el %MCV en un esfuerzo de agarre para cinco posiciones diferentes de la muñeca (neutral, flexión, extensión, desviación radial y desviación cubital) y en tres posturas distintas del brazo (pronación, neutral y supinación). Por otra parte, sobre la base de los estudios de Imrahm<sup>87</sup>, los autores también desarrollaron ecuaciones para esfuerzos en pinza y, sobre la base de los estudios de Hallbeck, Kamal y Harmon<sup>88</sup>, determinaron que la capacidad para ejercer fuerza se reduce solamente en un 6% cuando el brazo está en pronación.

Además, en la metodología propuesta también se introdujeron los resultados obtenidos por Greenberg y Chaffin<sup>89</sup> y por Petrofsky<sup>90</sup> en relación con la disminución del %MCV en función de la apertura de la mano en un agarre de fuerza.

Para tener en cuenta los efectos de la fatiga se utiliza la ecuación de Schutz<sup>91</sup> para calcular el %MCV máximo permitido. Si el %MCV requerido para realizar el esfuerzo es superior al %MCV máximo permitido, el método penaliza este supuesto. La ecuación de Schutz es la siguiente:

$$\%MCV_{\text{permitido}} = [(0,95 \times TW^{-0,394}) \times (TR^{0,225}) \times (HW^{-0,258} \times 0,475)] \times 100 \quad (1)$$

Donde TW es el tiempo del movimiento [min.], TR el tiempo de recuperación entre movimientos [min.] y HW el tiempo diario de trabajo [min.].

Para cada esfuerzo de agarre se calcula el porcentaje de capacidad de fuerza de la siguiente forma:

$$\%Capacidad \text{ de Fuerza} = [\%MCV_{\text{postura de muñeca}} \times \%MCV_{\text{agarre}}] / 100 \quad (2)$$



El  $\%MCV_{\text{requerido (ajustado)}}$  se calcula en base al  $\%MCV_{\text{requerido}}$  durante el movimiento (medido por ejemplo con un dinamómetro):

$$\%MCV_{\text{requerido (ajustado)}} = [\%MCV_{\text{requerido}} / \%Capacidad \text{ de Fuerza}] \times 100 \quad (3)$$

El  $\%MCV_{\text{requerido (ajustado)}}$  se compara con el  $\%MCV_{\text{permitido}}$  obtenido en la ecuación (1). Si el  $\%MCV_{\text{permitido}}$  es mayor al  $\%MCV_{\text{requerido (ajustado)}}$ , no se penaliza el esfuerzo o movimiento de agarre y la puntuación de frecuencia y fuerza (FFS = “*force frequency score*”) será igual a 1. Si resultara inferior, la puntuación FFS deberá ser calculada de la siguiente forma:

$$FFSi = \%MCV_{\text{requerido (ajustado)}} / \%MCV_{\text{permitido}} \quad (4)$$

Los valores individuales de cada esfuerzo de agarre se deben sumar para obtener la puntuación total (FS = “*force frequency score*”):

$$FS = \# \text{ Ciclos} \times \sum FFSi / 10.000 \quad (5)$$

A través de las ecuaciones de Schutz, este modelo también permite calcular el % de capacidad de resistencia,  $\%EC$  (*endurance capacity en %*), analizando en forma grosera las posturas adoptadas. La ecuación es la siguiente:

$$\%EC = [1 - (1,1 \times F_{MCV}^{1,863} \times TW^{0,734} \times TR^{-0,413} \times MW^{0,481})] \times 100 \quad (6)$$

Donde TW es el tiempo del movimiento [min.], TR el tiempo de recuperación entre movimientos [min.], MW el tiempo diario de trabajo [min.] y  $F_{MCV}$  el peso retenido dividido 51 lb. (aproximadamente 23 Kg). Estos 23 Kg están basados en la constante de carga la ecuación revisada de NIOSH<sup>59</sup>.

En el caso de las posturas de cuello, la evaluación se realiza en función de la inclinación de la cabeza:

**Tabla 82 - Criterios de Chaffin y Anderson**

Nivel	Ángulo	$F_{MCV}$
1	30°	0,125
2	45°	0,175
3	60°	0,2

Según los autores, mantener el hombro, el codo o la espalda en determinado ángulo produce fatiga y puede que dolor. La postura calificada como de nivel 1 causa

solamente algo de dolor o molestia. El nivel 2 incrementa el dolor y la fatiga al 100% y el nivel 3 al 400%. Debido a esto, los autores han dado unas puntuaciones de 0,5, 1 y 2 respectivamente. El único caso en el que se asignan puntuaciones diferentes es para las posturas de cuello. La asignación de la puntuación de cuello está asociada a la capacidad de resistencia.

La puntuación para postura PS (*posture score*) para cada parte del cuerpo se obtiene multiplicando primero el %EC por los puntos asignados y dividiendo el producto por 50. El valor 50 se utiliza debido a que Schutz definió como inconfortable el superar el 50% de la MCV.

$$PS_{ij} = 50 / (\%EC \times \text{puntos asignados}) \quad (7)$$

donde:

i = hombro, codo, cuello, espalda

j= derecho o izquierdo (hombro y codo)

Este proceso de cálculo se repite para cada extremidad, para cuello y para espalda. La puntuación total para postura es la máxima obtenida:

$$PS = \text{máximo } PS_{ij} \quad (8)$$

En el método también se han incluido valoraciones por factores adicionales, como puede ser el impacto sobre la salud de las vibraciones considerado por Cannon<sup>92</sup> o de la temperatura por Armstrong<sup>93</sup>. En este caso se han asignado puntuaciones de 7,5 y 3 en forma empírica y son los componentes más subjetivos del modelo, aunque estos factores misceláneos (M), luego no se introduzcan en el modelo estadístico.

Los autores aplicaron el modelo propuesto a 24 trabajos industriales diferentes, obteniendo la puntuación para fuerza-frecuencia, postura y factores adicionales en cada caso y, luego, intentaron correlacionarlo con las lesiones que habían aparecido en esos mismos puestos de trabajo. Las ratios de incidencia (RI) fueron calculados según se establece en la OSHA 200 log<sup>94</sup>:

$$RI = \# \text{ lesiones} \times 200.000 / \text{horas de exposición} \quad (9)$$

Con los datos anteriores se obtuvo la siguiente ecuación de regresión:

$$RI = 1,48 + 2,71 FS + 3,47 PS - 14,8 M \quad (10)$$

El  $R^2$  fue de 26,5% ( $p < 0,05$ ). Estos resultados hicieron que se modificara el modelo. Una minuciosa revisión de las tareas evaluadas demostró que los trabajos con tiempo de ciclo inferiores a 4 segundos eran los que tenían mayores ratios de incidencia. Una regresión lineal múltiple para estas tareas dio por resultado un  $R^2$  de 52,4%. Indudablemente, una parte considerable de variabilidades no explicables se debieron a características individuales (edad, sexo, tamaño de la muñeca, etc.) y no fueron tenidas en consideración en el estudio. La nueva ecuación de regresión obtenida fue:





$$RI = -7,21 + 5,33 FS + 3,84 PS - 2,1 M \quad (11)$$

Un análisis del valor  $p$  para los tres factores reveló que la puntuación para los factores misceláneos (M) no era significativa ( $p < 0,871$ ) para predecir la ratio de incidencia. El análisis de regresión se volvió a repetir sin considerar el factor M. La ecuación final de regresión (con  $p < 0,001$  y  $R^2 = 52,3\%$ ) resultó:

$$RI = -7,8 + 5,33 FS + 3,89 PS \quad (12)$$





Para calcular la capacidad de esfuerzo se utilizan las expresiones incluidas en las siguientes tablas:

**Tabla 83 - Ecuaciones para calcular la capacidad de fuerza (según ángulo muñeca)**

Tipo de agarre		Postura	%MCV en función de la postura de muñeca ( $\alpha$ )	%MCV <sub>postura</sub>
de fuerza		F/E/P	$-0.0113 \alpha^2 + 0.1826 \alpha + 88$	
		F/E/N	$-0.0114 \alpha^2 + 0.1308 \alpha + 99$	
		F/E/S	$-0.0112 \alpha^2 + 0.0979 \alpha + 100$	
		DC/P	$-0.0337 \alpha^2 + 0.0250 \alpha + 99$	
		DC/N	$-0.0538 \alpha^2 + 0.2750 \alpha + 88$	
		DC/S	$-0.0338 \alpha^2 + 0.0750 \alpha + 100$	
de pinza	 lateral	F/E/S	$-0.0124 \alpha^2 + 0.1905 \alpha + 100$	
		DC/P	$-0.0409 \alpha^2 + 0.1525 \alpha + 100$	
	 varios dedos	F/E/S	$-0.0158 \alpha^2 + 0.2191 \alpha + 98$	
		DC/P	$-0.0626 \alpha^2 + 0.1275 \alpha + 98$	
	 dos dedos	F/E/S	$-0.0114 \alpha^2 + 0.1423 \alpha + 72.4$	
		DC/P	$-0.0053 \alpha^2 + 72.4$	

Posturas: F= flexión, E= extensión, N= neutral, S= supinación, P=pronación, DC= desviación cubital

**Tabla 84 - Ecuaciones para calcular la capacidad de fuerza (según apertura muñeca)**

Tipo de agarre		%MCV en función de apertura del agarre (A) [cm]	%MCV <sub>agarre</sub>
 de fuerza		$-0.3624 A^3 + 4.6865 A^2 - 3.6186 A + 14.4$	
de pinza	 lateral	$-0.8308 A^2 + 3.0288 A + 97.594$	
	 varios dedos	$-0.2363 A^2 + 0.7093 A + 100.22$	
	 dos dedos	$-0.3931 A^2 + 1.6383 A + 99.219$	

%Capacidad de fuerza = (%MCV<sub>postura</sub> x %MCV<sub>agarre</sub>) / 100 = \_\_\_\_\_

%MCV<sub>requerido</sub> = \_\_\_\_\_ (medir)

%MCV<sub>requerido</sub> (ajustado) = (%MCV<sub>requerido</sub> / %Capacidad de fuerza) x 100 = \_\_\_\_\_

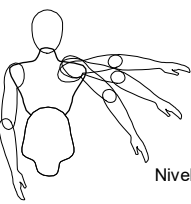
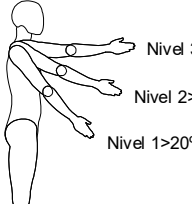
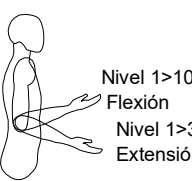
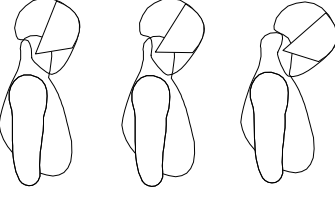
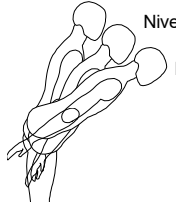
%MCV<sub>permitido</sub> = [(0,95 x TW<sup>-0,394</sup>) x (TR<sup>0,225</sup>) x (HW<sup>-0,258</sup> x 0,475)] x 100 = \_\_\_\_\_

Donde TW es el tiempo del movimiento [min.], TR el tiempo de recuperación entre movimientos [min.] y HW el tiempo diario de trabajo [min.].

FFSi = %MCV<sub>requerido</sub> (ajustado) / %MCVC<sub>permitido</sub> = \_\_\_\_\_

FS = # Ciclos x  $\sum$  FFSi / 10.000 = \_\_\_\_\_

**Tabla 85 - Puntuaciones hombro, codo, columna y cuello**

Hombro		Codo	
<b>Abd. Hombro</b>  Nivel 3 >90° Nivel 2 >60° Nivel 1 >30° Nivel 1 = 0,5 Nivel 2 = 1 Nivel 3 = 2	<b>Flex. Hombro</b>  Nivel 3 >90° Nivel 2 >45° Nivel 1 >20°	<b>Flex-Ext Codo</b>  Nivel 1 >10° Flexión Nivel 1 >30° Extensión Nivel 1 0,5 Nivel 2 1 Nivel 3 2	
Cuello		Columna Lumbar	
 Nivel 1 >30° Nivel 2 >45° Nivel 3 >60° Nivel 1 0.125 Nivel 2 0.175 Nivel 3 0.2		 Nivel 1 >10° Nivel 2 >20° Nivel 3 >45° Nivel 1 0,5 Nivel 2 1 Nivel 3 2	

%EC = [1 - (1,1 x F<sub>MCV</sub><sup>1,863</sup> x TW<sup>0,734</sup> x TR<sup>-0,413</sup> x MW<sup>0,481</sup>)] x 100 = \_\_\_\_\_

Donde TW es el tiempo del movimiento [min.], TR el tiempo de recuperación entre movimientos [min.], MW el tiempo diario de trabajo [min.] y F<sub>MCV</sub> el peso retenido dividido 51 lb. (aprox. 23 Kg).

$$PS_{ij} = 50 / (\%EC \times \text{Puntos asignados}) = \underline{\hspace{2cm}}$$

Donde: i = hombro, codo, cuello, espalda y j = derecho o izquierdo (hombro y codo)

$$PS = \text{máximo } PS_{ij} = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$IR = -7,8 + 5,33 FS + 3,89 PS = \underline{\hspace{2cm}}$$

### 3.17. TLV DE LA ACGIH PARA NIVEL DE ACTIVIDAD DE LA MANO

En diciembre de 2000 el Comité de Agentes Físicos de la ACGIH (*American Conference of Governmental Industrial Hygienists*) ratificó como recomendación el TLV (valor límite umbral) para actividad de la mano<sup>95</sup>. El método, denominado “*Hand Activity Level*” (Nivel de actividad de la mano), establece un valor límite umbral especificado para 4 o más horas de actividad. Para llevar a cabo la valoración se basa en las repeticiones y en la determinación de la fuerza pico normalizada.

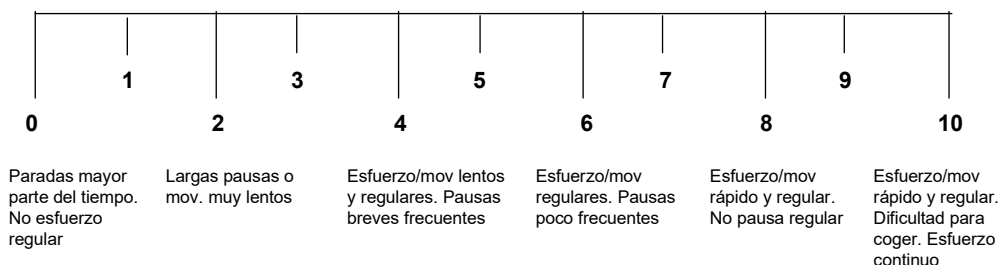
El límite de exposición involucra a la mano, la muñeca y el antebrazo y es aplicable a trabajos tipo mono-tarea, es decir, aquellos en los que se realizan un conjunto de esfuerzos o movimientos similares en forma repetida.

Esta recomendación de la ACGIH se basa en investigaciones llevadas a cabo desde el punto de vista epidemiológico, psicofísico y biomecánico<sup>96</sup>.

**Tabla 86 - Hoja de datos para la determinación del nivel de actividad de la mano**

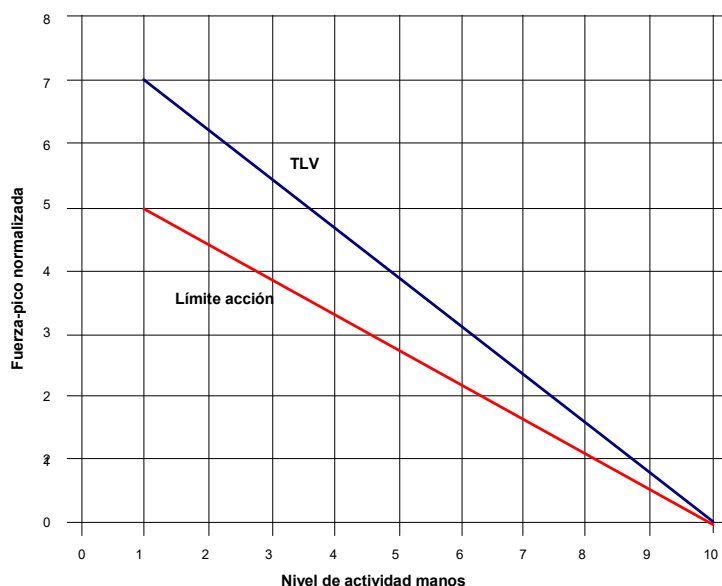
Tarea:	Izquierda	Derecha
Nivel de actividad de mano (HAL) (ver Figura 19 - Escala de Nivel de actividad para mano - HAL)		
Fuerza pico normalizada (NPF) (ver Tabla 87 - Valoración de la fuerza pico normalizada)		
Resultado (ver Figura 20 - Gráfica para TLV de actividad de manos)	>TLV <input type="checkbox"/> AL a TLV <input type="checkbox"/> <AL <input type="checkbox"/>	>TLV <input type="checkbox"/> AL a TLV <input type="checkbox"/> <AL <input type="checkbox"/>

**Figura 19 - Escala de Nivel de actividad para mano - HAL -**



**Tabla 87 - Valoración de la fuerza pico normalizada**

%MCV	Escala de Borg		Moore-Garg Strain Index (método alternativo)	NPF
	Puntos	Descripción		
0	0	Ningún esfuerzo		0
5	0.5	Extremadamente suave	Esfuerzo apenas evidente	0.5
10	1	Muy suave		1
20	2	Suave (ligero)	Esfuerzo evidente	2
30	3	Moderado		3
40	4		Esfuerzo que no se asocia a cambio de la expresión en la cara	4
50	5	Fuerte		5
60	6		Esfuerzo que se asocia a cambio de la expresión en la cara	6
70	7	Muy fuerte		7
80	8			8
90	9			9
100	10	Extremadamente fuerte	Utilización de hombros, tronco o cuerpo entero para aplicación de fuerza	10

**Figura 20 - Gráfica para TLV de actividad de manos**

El nivel de actividad de la mano (HAL) también puede obtenerse a partir la frecuencia del esfuerzo y el ciclo de ocupación (Tabla 88 - HAL en relación con la frecuencia del esfuerzo y el ciclo de ocupación).

**Tabla 88 - HAL en relación con la frecuencia del esfuerzo y el ciclo de ocupación**

Frecuencia [esfuerzos/seg.]	Periodo [seg./esfuerzo]	Ciclo de ocupación [%]				
		0-20	20-40	40-60	60-80	80-100
0.125	8	1	1	-	-	-
0.25	4	2	2	3	-	-
0.5	2	3	4	5	5	6
1	1	4	5	5	6	7
2	0.5	-	5	6	7	8

### **3.18. REBA**

Este método fue propuesto por McAtamney e Hignettas para la evaluación de riesgo de lesiones musculoesqueléticas relacionados con las posturas adoptadas durante el desarrollo de una tarea<sup>97</sup>.

En la evaluación se consideran las tareas críticas del ciclo de trabajo. Para cada una de ellas se determinan las posturas y se asigna una puntuación. Las puntuaciones se encuentran agrupadas en tablas. Las del grupo A (ver Tabla 89 - Hoja de trabajo para la aplicación del método REBA) están asociadas a tronco, cuello y piernas, las del grupo B a las extremidades superiores y la muñeca (tanto para extremidad izquierda como derecha). Finalmente, las puntuaciones de los grupos A (Tabla 90 - Puntuación en función de las posturas de tronco, piernas y cuello) y B (Tabla 91 - Puntuaciones en función de la postura de las extremidades superiores) se combinan en la tabla C (Tabla 92 - Puntuación combinada) para determinar la valoración final y, por consiguiente, obtener la evaluación global de la tarea analizada.



**Tabla 89 - Hoja de trabajo para la aplicación del método REBA**

Grupo A			Grupo B		
1. Postura	Puntos	Total	3. Postura	Puntos	Total
Tronco			Hombro		Izdo.: Dcho.:
Neutral	1	Si espalda torsionada: +1	Flexión 0-20° Extensión 0-20°	1	Brazo separado/rotado: +1
Flexión 0-20° Extensión 0-20°	2		Flexión 20-45° Extensión >20°	2	Brazo extendido: +1
Flexión 20-60° Extensión >20°	3		Flexión 45-90°	3	Brazo con apoyo: -1
Flexión >60°	4		Flexión >90°	4	
Cuello			Codo		Izdo.: Dcho.:
Flexión 0-20°	1	Si cuello torsionado: +1	Flexión 60-100°	1	
Flexión >20° Extensión >20°	2		Flexión <60° Flexión >100°	2	
Pierna			Muñeca		Izdo.: Dcho.:
Andar, sentado, de pie sin plano inclinado	1	Flexión de rodillas 30-60°: +1	Flexión 0-15° Extensión 0-15°	1	Si desviación o giro de muñeca: +1
De pie con plano inclinado, inestable	2	Flexión rodillas >60°: +2	Flexión >15° Extensión >15°	2	
Puntuación de Tabla A			Puntuación de Tabla B		Izdo.: Dcho.:
2. Cargas/Fuerza			4. Acoplamiento		Izdo.: Dcho.:
<5 Kg	0	Ejecutado de manera brusca: +1	Bueno	0	
5-10 Kg	1		Regular	1	
>10 Kg	2		Malo	2	
Puntuación A (Puntos Tabla A + puntos cargas/fuerza)			Inaceptable	3	
Actividad			Puntuación B (Puntos de Tabla B + puntos por acoplamiento)		Izdo.: Dcho.:
Una o más partes del cuerpo se encuentran en misma postura más de 1 minuto de forma estática		+1	Puntos C (Tabla C)		Izdo.: Dcho.:
Movimientos repetidos de mismo grupo articular > 4 veces por minuto		+1	Puntos Actividad		Izdo.: Dcho.:
Cambios postura poco frecuentes o superficie inestable		+1	Puntuación REBA (Puntos C + Puntos por actividad)		Izdo.: Dcho.:

**Tabla 90 - Puntuación en función de las posturas de tronco, piernas y cuello**

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

**Tabla 91 - Puntuaciones en función de la postura de las extremidades superiores**

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 92 - Puntuación combinada**

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

**Tabla 93 - Tabla de decisión REBA**

<i>Puntos REBA</i>	<i>Nivel de riesgo</i>
1	Inapreciable
2-3	Bajo
4-7	Medio
8-10	Alto
11-15	Muy alto

### 3.19. REFA (BURAND)

La Asociación REFA para el Estudio del Trabajo y Organización de Empresas de Alemania publicó en 1987, a través de *REFA-Fachausschuß Chemie*, una guía para el levantamiento manual de cargas<sup>98</sup>. El procedimiento indicado constituye una guía práctica de referencia para la evaluación y el diseño de puestos de trabajo que incluyan tareas de manipulación manual de cargas y es una herramienta de gran utilidad para las personas dedicadas al estudio de métodos y tiempos, Seguridad e Higiene industrial, Ergonomía, Salud Laboral y para los diseñadores de puestos de trabajo.

Para la aplicación de esta metodología es necesario definir algunos conceptos:

#### Fuerza normal (Fn)

La fuerza normal es la fuerza máxima promedio para una población masculina de edades comprendidas entre los 20 y los 30 años.

#### Fuerza máxima individual (Fi)

La fuerza máxima individual es la fuerza realizable por un grupo de población en particular según sexo, edad, entrenamiento y condiciones de levantamiento.

#### Límite de carga (L)

El límite de carga es el peso máximo (Kg) que no debe ser excedido durante una manipulación por parte de un grupo de población en determinadas condiciones de levantamiento y con una dada frecuencia en un periodo de tiempo.

#### Obtención de la fuerza normal (Fn)

La Fn en Newton se extrae de la Tabla 94 - Fuerzas máximas para el levantamiento de cargas.

**Tabla 94 - Fuerzas máximas para el levantamiento de cargas**

Talla (cm)		Alcance	Fn = Fuerza normal (N)											
≤165	>165													
Altura de agarre final (cm)	160	180	lejano	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
			medio	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250
			cercano	350	350	350	350	350	350	450	450	400	400	400
	140	160	lejano	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
			medio	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	250
			cercano	550	550	550	500	450	450	550	650	600	400	400
	120	140	lejano	250	250	250	250	250	250	250	250	200	200	200
			medio	400	400	400	400	400	400	400	400	350	250	250
			cercano	650	650	600	600	550	500	600	700	600	400	400
	100	120	lejano	300	300	300	300	300	250	250	250	200	200	200
			medio	400	400	400	400	400	400	400	400	350	250	250
			cercano	650	650	600	650	550	500	600	600	600	400	400
	90	100	lejano	350	350	350	300	300	300	250	250	200	200	200
			medio	450	450	450	450	400	400	400	400	350	250	250
			cercano	850	900	900	650	650	500	550	600	600	400	400
	80	90	lejano	350	350	300	300	300	300	250	250	200	200	200
			medio	450	450	450	450	450	400	400	400	350	250	250
			cercano	1050	1100	1100	1050	1000	500	550	600	600	400	400
	70	80	lejano	400	400	350	350	300	300	250	250	200	200	200
			medio	550	550	500	500	450	400	400	400	350	250	250
			cercano	1200	1250	1300	1300	900	500	550	600	600	400	400
	60	60	lejano	450	450	450	350	300	300	250	250	200	200	200
			medio	600	600	600	500	400	400	400	400	350	250	250
			cercano	1250	1300	1350	1250	900	500	550	600	600	400	400
	40	40	lejano	550	550	450	350	300	300	250	250	200	200	200
			medio	700	700	600	500	400	400	400	400	350	250	250
			cercano	1250	1250	1250	1250	900	500	550	600	600	400	400
	20	20	lejano	600	550	450	350	300	300	250	250	200	200	200
			medio	700	700	600	500	400	400	400	400	350	250	250
			cercano	1250	1250	1250	1250	900	500	550	600	600	400	400
				20	40	60	80	90	100	120	140	160	180	180
				20	40	60	70	80	90	100	120	140	160	160

- Altura de agarre inicial: medida desde el apoyo de los pies hasta el punto de sujeción de la carga al iniciar el movimiento.
- Altura de agarre final: medida desde el apoyo de los pies hasta el punto de sujeción de la carga al finalizar el movimiento.
- Talla: ≤ 165 cm o > 165 cm.
- Alejamiento: distancia entre el eje vertical del cuerpo y el punto de sujeción de la carga. El alejamiento (o alcance) puede ser considerado cercano (hasta unos 30 cm), medio (entre 30 y 60 cm) o lejano (mayor de 60 cm).

**Notas:**

1. Valores intermedios se extrapolan linealmente.
2. En alzamientos con inclinación del tronco y alturas de agarre variables, reducir Fn en un 10%.

**Cálculo de la fuerza máxima individual (Fi)**

La Fi se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$Fi [N] = Ka \cdot Kb \cdot Kc \cdot Kd \cdot Fn [N]$$

Los factores Ka, Kb, Kc y Kd se extraen de tablas (Tabla 95 - Factor Ka que tiene en cuenta la edad y el sexo a Tabla 98 - Factor para alzamientos con una sola mano).

**Tabla 95 - Factor Ka que tiene en cuenta la edad y el sexo**

<i>Edad</i>	<i>Ka hombres</i>	<i>Ka mujeres</i>
15 - 18	0,7	0,5
19 - 35	1	0,6
36 - 45	0,95	0,55
46 - 55	0,85	0,5
> 55	0,7	0,4

**Tabla 96 - Factor Kb que tiene en cuenta el entrenamiento de la persona para realizar un trabajo físico**

<i>Entrenamiento</i>	<i>Kb</i>
Bueno	1,25
Medio	1
Regular	0,85

**Tabla 97 - Factor para alzamientos muy lejanos**

<i>Alejamiento</i>	<i>Kc</i>
Cercano (< 30 cm)	1
Medio (30 - 60 cm)	1
Lejano (> 60 cm)	0,85

**Tabla 98 - Factor para alzamientos con una sola mano**

<i>Alzamiento</i>	<i>Kd</i>
Con dos manos	1
Con una mano	0,65

Cálculo de la carga límite (L)

La carga límite se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$L \text{ [Kg]} = 0,1 \times K_f \times K_t \times K_p \times F_i \text{ [N]}$$

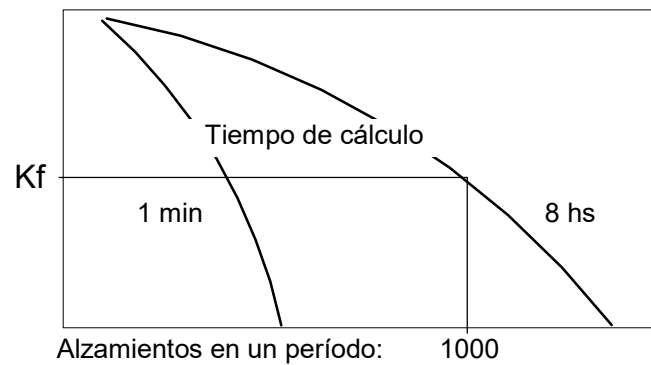
Donde:

Kf es un factor que tiene en cuenta la frecuencia de los alzamientos en un periodo de tiempo (tiempo de cálculo). Cada flexión o enderezamiento se cuenta como un movimiento (Figura 21 - Ejemplo de cálculo del factor Kf y Figura 24 - Determinación del factor Kf).

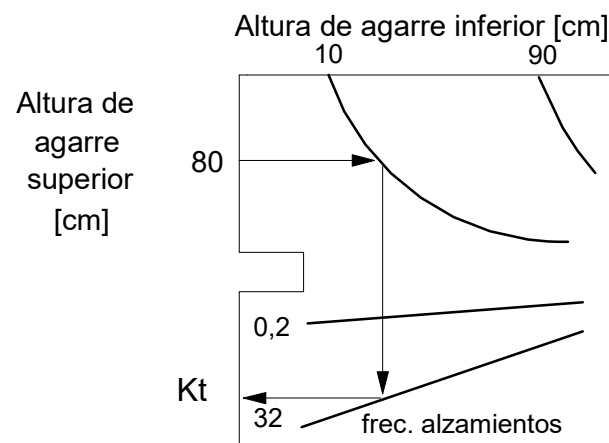
Kt es un factor denominado para “peso del torso” y se utiliza cuando éste se desplaza de su posición normal. Es válido para alturas de agarre menores a 70 cm y frecuencia de movimientos mayor a 0,2 por minuto (Figura 22 - Ejemplo de cálculo del factor Kt y Figura 25 - Determinación del factor Kt).

$K_p$  es un factor que se aplica cuando existen tareas secundarias pesadas. Si además de la manipulación de cargas se realizan otras tareas que exijan un elevado consumo metabólico este factor será igual a 0.8, de lo contrario adopta el valor 1.

**Figura 21 - Ejemplo de cálculo del factor  $K_f$**



**Figura 22 - Ejemplo de cálculo del factor  $K_t$**



En la Tabla 99 - Resumen de los pasos a seguir para la determinación del límite de carga según REFA - se detallan los pasos a seguir para la determinación del límite de peso.

**Tabla 99 - Resumen de los pasos a seguir para la determinación del límite de carga según REFA**

---

Paso 1	Extraer de tabla 1 el valor de la fuerza normal $F_n$ en función de: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Talla (<math>\leq 165\text{cm}</math> o <math>&gt; 165\text{cm}</math>)</li> <li>• Alturas inicial y final de agarre</li> <li>• Alejamiento (cercano, medio o lejano)</li> </ul> Nota: Valores intermedios interpolar linealmente.
Paso 2	Comprobar si son necesarios trabajos en posiciones corporales inclinadas para alturas de agarre variables. Si esta situación existe, entonces reducir $F_n$ en un 10%.
Paso 3	Hallar $K_a$ , $K_b$ y $K_c$ .
Paso 4	Calcular la fuerza individual $F_i [\text{N}] = K_a \cdot K_b \cdot K_c \cdot K_d \cdot F_n [\text{N}]$
Paso 5	Extraer $K_f$ de la Fig.1, en función de: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Periodo de trabajo (tiempo de cálculo)</li> <li>• Frecuencia de los alzamientos en un periodo</li> </ul>
Paso 6	Extraer $K_t$ de la Fig.2, en función de: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Alturas de agarre inicial y final</li> <li>• Número de movimientos por minuto</li> </ul> $K_t$ es sólo válido para alturas de agarre menores a 70 cm y frecuencia de movimientos mayor a 0.2 por min. Cada flexión o enderezamiento se cuenta como un movimiento.
Paso 7	Registrar el factor $K_p$ si existen tareas secundarias pesadas.
Paso 8	Calcular el límite de carga: $L [\text{Kg}] = (0,1) \cdot K_f \cdot K_t \cdot K_p \cdot F_i [\text{N}]$
Paso 9	Comparar el límite de carga ( $L$ ) con el valor real ( $L_r$ ) de carga a manipular. $L \gg L_r \Rightarrow$ La tarea es realizable $L \approx L_r \Rightarrow$ Estudiar la situación con mayor detenimiento $L < L_r \Rightarrow$ Deben aplicarse medidas para corregir la situación

---

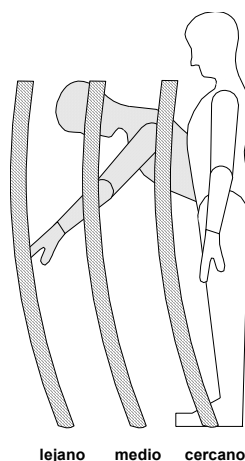
**Tabla 100 - Hoja de trabajo para la determinación del límite de carga admisible en tareas de levantamiento manual de cargas según REFA**

$$F_i [N] = K_a \cdot K_b \cdot K_c \cdot K_d \cdot F_n [N]$$

$$L [Kg] = 0,1 \cdot K_f \cdot K_t \cdot K_p \cdot F_i [N]$$

SÍMBOLO	SIGNIFICADO	VALOR		
Fi [N]	Fuerza máxima individual	Calcular		
Fn [N]	Fuerza normal	Extraer de la Tabla 94 - Fuerzas máximas para el levantamiento de cargas		
L [Kg]	Límite de carga	Calcular		
Ka	Factor para sexo y edad	Edad	Hombres	Mujeres
		15-18	0,7	0,5
		19-35	1	0,6
		36-45	0,95	0,55
		46-55	0,85	0,4
Kb	Factor para entrenamiento	Entrenamiento		
		Bueno	1,25	
		Medio	1	
		Regular	0,85	
Kc	Factor para alzamientos muy lejanos	Alejamiento		
		Cercano $\leq 30\text{cm}$	1	
		Medio 30-60cm	1	
		Lejano $\geq 60\text{cm}$	0,85	
Kd	Factor para alzamientos con una sola mano	Alzamiento		
		Con dos manos	1	
		Con una mano	0,65	
Kf	Factor para la frecuencia de los alzamientos	Extraer de la Figura 24 - Determinación del factor Kf		
Kt	Factor para el peso del tronco (cada flexión o enderezamiento se cuenta como un movimiento)	Alturas de agarre interiores a 0,7 m y $f \geq 0,2 \text{ lev/min}$ Extraer de la Figura 25 - Determinación del factor Kt		
		$> 70 \text{ cm}$	1	
		$\leq 70 \text{ cm}$	Extraer Fig. B	
Kp	Factor para tareas secundarias pesadas	0,80 si existen 1 si no existen		

**Figura 23 - Tipos de alcances**



lejano medio cercano



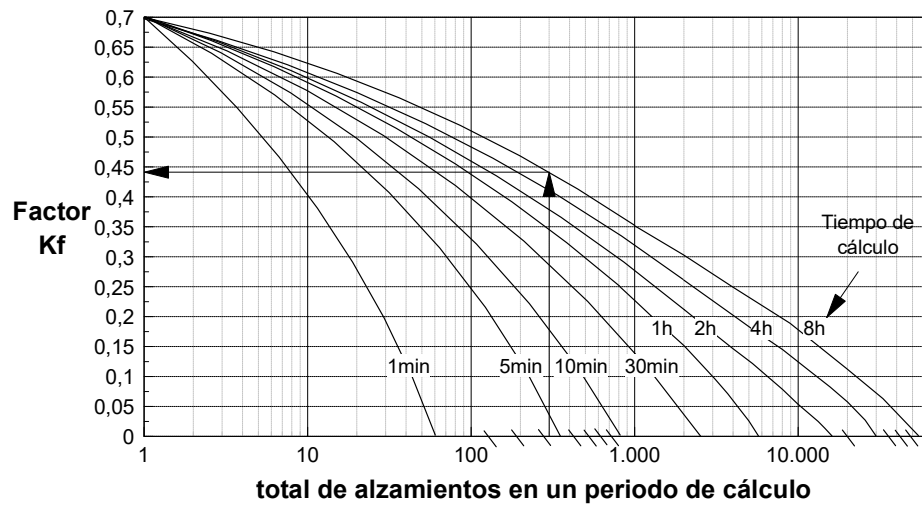
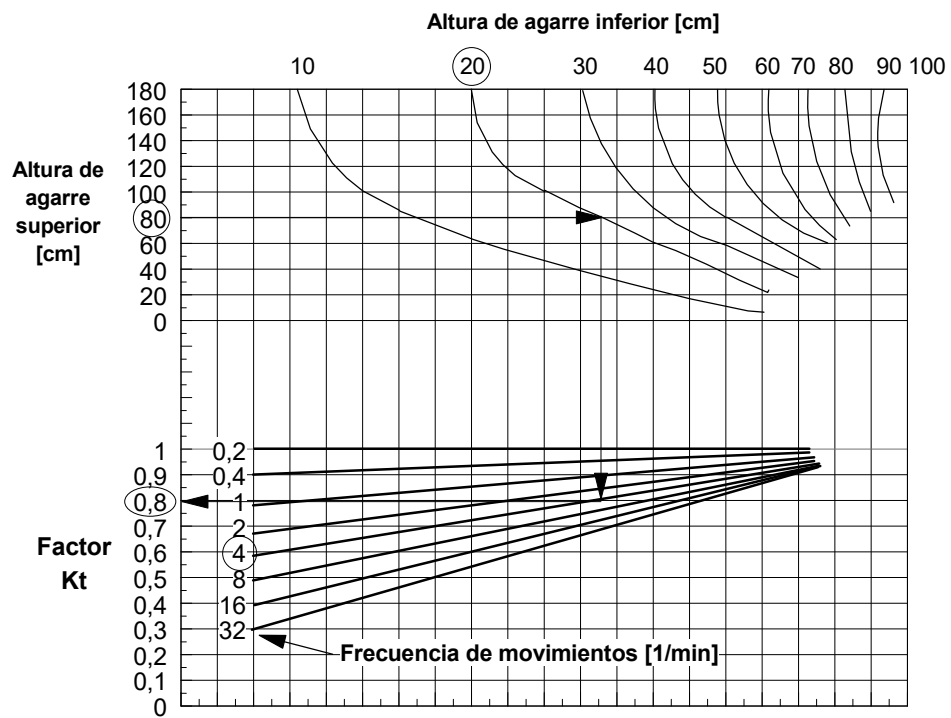
Figura 24 - Determinación del factor  $K_f$ Figura 25 - Determinación del factor  $K_t$ 

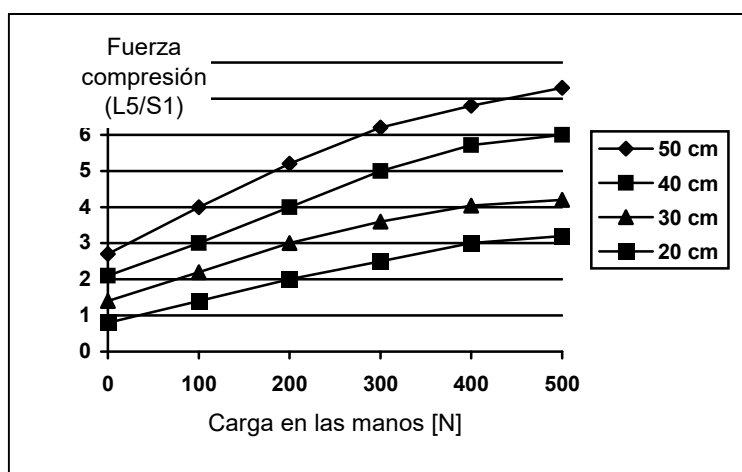
Fig. B

### 3.20. NIOSH 1981

En 1981, Chaffin y Anderson desarrollaron modelos biomecánicos que representan al hombre en diversas operaciones de movimiento de cargas para predecir los posibles riesgos de dolor lumbar, combinando distintas cargas y posturas específicas<sup>99</sup>.

En la Figura 26 - Efecto de las cargas en la columna vertebral - se ilustra de forma gráfica y esquemática cuál es la predicción de la fuerza de compresión entre L5 y S1 en función de la carga [N] y de diferentes alejamientos ( $H = 15\text{cm} + 1/2$  de la anchura de la carga) del cuerpo:

**Figura 26 - Efecto de las cargas en la columna vertebral**



El NIOSH de los Estados Unidos de América estableció los conceptos de límite de acción (LA) y de límite máximo permitido (LMP).

El límite de acción corresponde al valor de carga máxima que pueden manipular la mayoría de los individuos en determinadas condiciones geométricas y a una frecuencia dada y que sólo resultaría peligroso para algunas personas. Exceder el límite máximo permitido implica que la tarea resultaría peligrosa para la mayoría de las personas.

El NIOSH sugirió un límite de acción de 3 a 4 kN para las fuerzas de compresión de la espina dorsal, lo que se debía considerar como límite para cualquier diseño.

El método analítico propuesto en la ecuación de NIOSH de 1981 para el cálculo del LA y del LMP es el siguiente:

$$LA [N] = 400 \times K_H \times K_V \times K_D \times K_F$$

$$\text{LMP [N]} = 3 \text{ LA}$$

- Factor de alejamiento ( $K_H$ )

$$K_H = 15 / H$$

Donde H es la distancia horizontal, en centímetros, medida desde el centro de gravedad de la carga hasta el eje central del cuerpo (valor mínimo = 15 cm).

$$H [\text{cm}] = 15 \text{ cm} + 1/2 \text{ de la anchura de la carga } [\text{cm}].$$

- Factor de altura ( $K_V$ )

$$K_V = 1 - (0,004 | V - 75|)$$

Donde V es la distancia vertical, en centímetros, medida desde el centro de gravedad de la carga hasta el origen de la vertical de elevación (valor máximo = 175 cm).

- Factor de desplazamiento ( $K_D$ )

$$K_D = 0,07 + 7,5 / D$$

Donde D es la distancia vertical de desplazamiento efectivo de la carga en centímetros (valor mínimo = 7,5 cm y valor máximo = 200 cm).

- Factor de frecuencia ( $K_F$ )

$$K_F = 1 - F / F_{\text{máx}}$$

Donde F es la frecuencia media de elevación, en elevaciones por minuto (valor mínimo para elevaciones ocasionales de 0,2 y valor máximo = 12 - 18 elevaciones por minuto), y  $F_{\text{máx}}$  es la frecuencia máxima de elevación, en elevaciones por minuto, según la duración de la tarea (tiempo de cálculo) y la distancia vertical.

En la Tabla 101 - Hoja de Trabajo para la determinación del Límite de Acción y del Límite Máximo Permitido según NIOSH 1981 - se incluyen todas las ecuaciones y los factores.

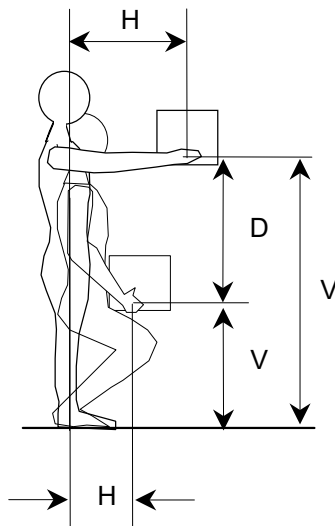
**Tabla 101 - Hoja de Trabajo para la determinación del Límite de Acción y del Límite Máximo Permitido según NIOSH 1981**

$$LA [N] = 400 \times K_H \times K_V \times K_D \times K_F$$

$$LMP [Nm] = 3 \times LA$$

<i>Símbolo</i>	<i>Significación</i>	<i>Valor</i>									
LA [N]	Límite de Acción	Calcular									
LMP [N]	Límite Máximo Permitido	Calcular									
$K_H$	Factor de Alejamiento	$K_H = 15 / H$									
$K_V$	Factor de Altura	$K_V = 1 - (0,004  V - 75 )$									
$K_D$	Factor de Desplazamiento	$K_D = 0,07 + 7,5 / D$									
$K_F$	Factor de Frecuencia	$K_F = 1 - F / F_{\text{máx.}}$									
<table> <tr> <th>Duración</th><th><math>V &gt; 75 \text{ cm}</math></th><th><math>V \leq 75 \text{ cm}</math></th></tr> <tr> <td>1 hora</td><td>18 lev/min.</td><td>15 lev/min.</td></tr> <tr> <td>8 horas</td><td>15 lev/min.</td><td>12 lev/min.</td></tr> </table>			Duración	$V > 75 \text{ cm}$	$V \leq 75 \text{ cm}$	1 hora	18 lev/min.	15 lev/min.	8 horas	15 lev/min.	12 lev/min.
Duración	$V > 75 \text{ cm}$	$V \leq 75 \text{ cm}$									
1 hora	18 lev/min.	15 lev/min.									
8 horas	15 lev/min.	12 lev/min.									
lev/min. = levantamientos por minuto											

**Figura 27 - Alturas de trabajo y alcances**



$$LA [N] = 400 \cdot \dots \cdot \dots \cdot \dots = \dots$$

$$LMP [N] = 3 \cdot \dots = \dots$$

### 3.21. NIOSH 1991 - ECUACIÓN DE NIOSH REVISADA

#### Introducción

En esta parte del documento se describe el procedimiento a seguir para calcular correctamente las demandas físicas de un trabajo de levantamiento manual de cargas según la ecuación revisada de NIOSH<sup>100</sup>.

Para el cálculo del límite de peso recomendado (RWL) según NIOSH existen dos procedimientos de acuerdo al método de levantamiento: simple-tarea y multi-tarea. En este caso solo nos centraremos en el primer procedimiento.

Un trabajo de levantamiento manual tipo simple-tarea se define como aquel trabajo de levantamiento en el que las variables no se modifican significativamente de tarea en tarea o cuando solo una tarea es de interés como, por ejemplo, cuando se trata de analizar el peor caso. También se debe realizar un análisis simple-tarea cuando los efectos de las restantes tareas sobre la seguridad, la fatiga muscular localizada o la fatiga muscular total no se diferencian demasiado del considerado como peor caso.

Un trabajo de levantamiento manual tipo multi-tarea se define como aquel trabajo de levantamiento en el que las variables implicadas se modifican significativamente de tarea en tarea. Este es el caso más difícil de analizar puesto que se debe evaluar cada tarea en forma individual y, para lo cual, se requiere un procedimiento especial de análisis para trabajos de levantamiento multi-tarea.

#### Definiciones

##### Tarea de levantamiento

Se define como tarea de levantamiento al acto de asir con las dos manos un objeto con unas dimensiones y un peso definidos, efectuando un movimiento vertical y sin ningún tipo de ayuda mecánica.

##### Límite de peso recomendado (RWL)

El RWL (*Recommended Weight Limit*) se determina a partir de un conjunto de datos sobre la forma en que se realiza el levantamiento y se define como el peso de la carga

que la mayoría de los trabajadores sanos pueden manipular, en un periodo de tiempo, sin incrementar el riesgo de desarrollar patologías a nivel dorso-lumbar.

Por trabajadores sanos se entiende aquellos individuos que no padecen ningún problema de salud que pueda incrementar el riesgo de lesiones musculoesqueléticas.

La ecuación revisada de NIOSH para el cálculo del límite de peso recomendado (RWL) responde a un modelo multiplicativo que pondera seis variables relacionadas con la tarea. Estas ponderaciones se incluyen en la ecuación a través de unos coeficientes de reducción de la constante de carga (LC).

$$RWL = LC \times HM \times VM \times DM \times AM \times FM \times CM$$

En la Tabla 102 - Factores de la ecuación de NIOSH - se definen los factores que intervienen en la ecuación.

**Tabla 102 - Factores de la ecuación de NIOSH**

<i>Factor</i>	<i>Denominación</i>	<i>Valor</i>	<i>Notas</i>
LC	Constante de carga	23 Kg	
HM	Multiplicador horizontal	$(25 / H)$	H : Distancia horizontal (cm)
VM	Multiplicador vertical	$1 - (0.003   V - 75   )$	V es la distancia vertical (cm)
DM	Multiplicador de distancia	$0.82 + ( 4,5 / D )$	D es la Distancia de desplazamiento vertical (cm)
AM	Multiplicador de asimetría	$1 - 0,0032 A$	A es el ángulo de asimetría (°)
FM	Multiplicador de frecuencia	Se obtiene de la Tabla 108 - Multiplicador de frecuencia	
CM	Multiplicador de acoplamiento	Se obtiene de la Tabla 110 - Multiplicador de acoplamiento	

### Índice de levantamiento (LI)

LI (*Lifting Index*) es un término que proporciona una estimación relativa del nivel de estrés físico asociado con una determinada tarea de levantamiento manual de cargas.

La estimación del nivel de estrés físico se define como la relación entre el peso de la carga y el límite de peso recomendado:

$$LI = \text{Peso de la carga} / \text{Límite de peso recomendado}$$

### Constante de carga (LC)

LC (*Load Constant*) representa el límite de peso recomendado en condiciones ideales de levantamiento y su valor es de 23 Kg.

### Multiplicador horizontal (HM)

HM (*Horizontal Multiplier*) es igual a  $25/H$  [cm.]. Siendo H la distancia horizontal medida desde el punto medio de la línea imaginaria que une ambos tobillos hasta la proyección del punto de agarre de las manos sobre el suelo (normalmente el centro de la carga), determinada tanto en el origen como en el destino de la carga.

Típicamente, los pies del trabajador no están alineados con el plano sagital, pero pueden tener una rotación interna o externa. En este caso, el plano sagital estará definido por la postura corporal neutral del trabajador.

Si es necesario un control significativo de la carga en el punto de destino (como por ejemplo un emplazamiento preciso), la distancia H debe ser medida tanto en el origen como en el destino del levantamiento.

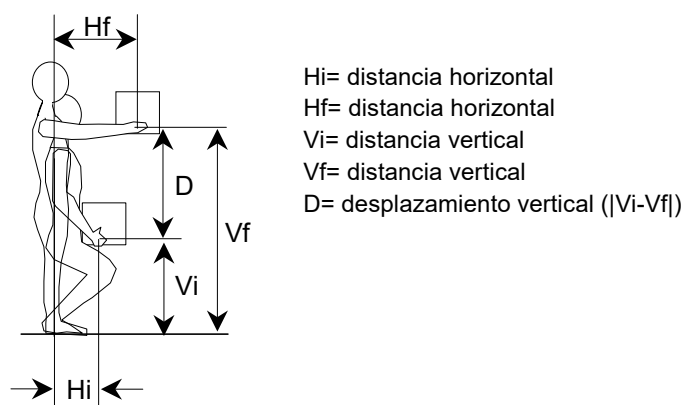
En aquellos casos en que H no ha sido medido, su valor puede ser hallado mediante la siguiente aproximación:

$$H = 20 \text{ cm.} + W [\text{cm}] / 2 \quad \text{para } V \geq 25 \text{ cm}$$

$$H = 25 \text{ cm} + W [\text{cm}] / 2 \quad \text{para } V < 25 \text{ cm}$$

Donde W es la anchura del contenedor en el plano sagital y V la localización vertical de las manos.

La ecuación revisada es válida para distancias H comprendidas entre 25 y 63 cm. Si H es menor de 25 cm, entonces el multiplicador horizontal adopta el valor 1. Si H fuera mayor a 63 cm, implicaría que el levantamiento se debería efectuar bien con inclinación del tronco, bien con una hiperextensión de los hombros.

**Figura 28 - Alturas de trabajo y alcances**

El valor del multiplicador horizontal (HM) en función de la distancia horizontal (H) puede obtenerse de la Tabla 103 - Multiplicador de alcance horizontal.

**Tabla 103 - Multiplicador de alcance horizontal**

$H [cm]$	$HM$
$\leq 25$	1
28	0,89
30	0,83
32	0,78
34	0,74
36	0,69
38	0,66
40	0,63
42	0,6
44	0,57
46	0,54
48	0,52
50	0,5
52	0,48
54	0,46
56	0,45
58	0,43
60	0,42
63	0,4
$> 63$	0

#### Multiplicador vertical (VM)

VM (*Vertical Multiplier*) es igual a:  $[1 - (0.003 | V [cm] - 75 \text{ cm} | )]$ . Siendo V la distancia vertical (altura) medida desde las manos hasta el suelo. V se mide desde el punto medio de agarre de las manos.

El valor mínimo de V está limitado por la superficie del suelo y su valor máximo por el límite de alcance superior (175 cm). La localización vertical debe ser medida tanto en el origen como en el destino del levantamiento para poder así determinar D.



Cuando V es igual a 75 cm, el multiplicador vertical (VM) es 1. A medida que V se aleja (por encima o por debajo) de 75 cm, el VM decrece. A nivel del suelo VM es 0.78 y a una altura de 175 cm de 0.7. Si V es mayor de 175 cm, entonces VM es 0. El valor de VM en función de V puede determinarse con ayuda de la siguiente Tabla 104 - Multiplicador de alcance vertical.

**Tabla 104 - Multiplicador de alcance vertical**

V [cm]	VM
0	0,78
10	0,81
20	0,84
30	0,87
40	0,90
50	0,93
60	0,96
70	0,99
80	0,99
90	0,96
100	0,93
110	0,90
120	0,87
130	0,84
140	0,81
150	0,78
160	0,75
170	0,72
175	0,7
>175	0

#### Multiplicador de distancia (DM)

DM (*Distance Multiplier*) es igual a:  $[0,82 + (4,5/D[\text{cm}])]$ . Siendo D la distancia vertical recorrida por las manos entre el origen y el destino de la carga; que puede ser calculada como el valor absoluto de la diferencia entre la V inicial y la V final del levantamiento.

El valor máximo que puede adoptar la variable D es 175 cm y su valor mínimo es 0. Sin embargo, para valores de D menores a 25 cm, DM adopta el valor 1. Asimismo, el multiplicador de distancia decrece con el incremento de D. El valor de DM en función de D puede determinarse con ayuda de la Tabla 105 - Multiplicador de desplazamiento vertical.

**Tabla 105 - Multiplicador de desplazamiento vertical**

<i>D [cm]</i>	<i>DM</i>
≤25	1
40	0,93
55	0,9
70	0,88
85	0,87
100	0,87
115	0,86
130	0,86
145	0,85
160	0,85
175	0,85
>175	0

**Multiplicador de asimetría (AM)**

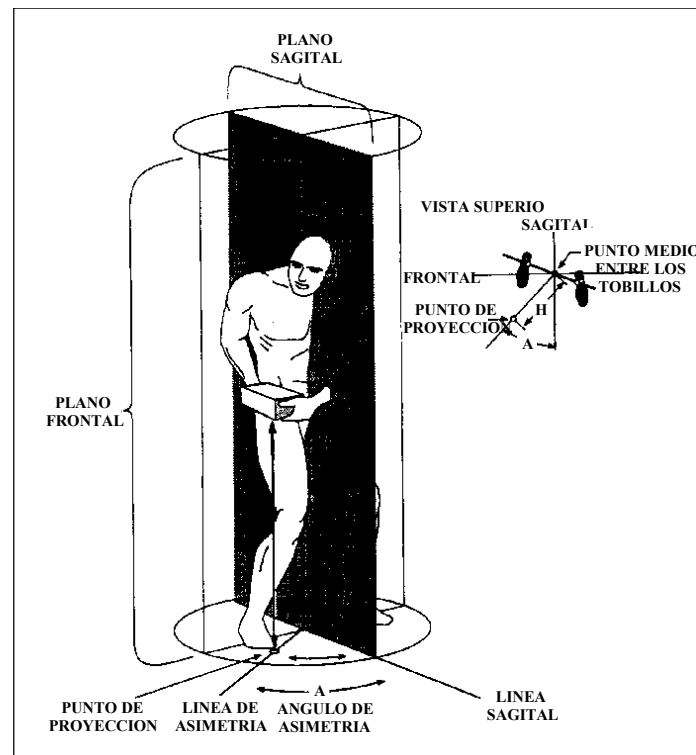
AM (*Asymmetric Multiplier*) es igual a:  $1 - 0,0032 A[^\circ]$ . Siendo A el ángulo de asimetría, el cual representa el desplazamiento angular del cuerpo del trabajador, medido con respecto al plano sagital en el origen y en el destino del levantamiento (Figura 29 - Determinación del ángulo de asimetría).

Se define como asimétrico aquel levantamiento que comienza o termina fuera del plano medio sagital. Como regla general, los movimientos asimétricos deben ser eliminados. Cuando esto no es posible, el RWL se reduce.

AM decrece en forma lineal con el aumento del ángulo de asimetría. El valor mínimo de A es 0 y su valor máximo 135° (AM = 0). El valor de AM en función de A puede determinarse con ayuda de la Tabla 106 - Multiplicador de asimetría.

**Tabla 106 - Multiplicador de asimetría**

<i>A [°]</i>	<i>AM</i>
0	1
15	0,95
30	0,9
45	0,86
60	0,81
75	0,76
90	0,71
105	0,66
120	0,62
135	0,57
>135	0

**Figura 29 - Determinación del ángulo de asimetría**

### Multiplificador de frecuencia (FM)

FM (*Frequency Multiplier*) está definido por el número de levantamientos por minuto (frecuencia), el tiempo invertido en la actividad de levantamiento y la altura vertical de levantamiento (V).

La frecuencia de levantamiento (F) es el número de elevaciones hechas por minuto, y se debe medir durante un tiempo de observación de al menos 15 minutos. En algunos casos, la determinación de F puede dificultarse debido a las variantes propias de la actividad desarrollada. Si existieran variaciones significantes de la frecuencia durante el trabajo, entonces, deben emplearse técnicas de muestreo del trabajo para determinar el número de levantamientos por minuto.

La duración del levantamiento se clasifica en tres categorías: corta, media y larga. Estas categorías se basan en la relación existente entre el tiempo de trabajo (tiempo durante el que se realiza el levantamiento) y el tiempo de recuperación subsiguiente (tiempo durante el que se realiza una actividad ligera).

Un periodo de trabajo continuo es aquel en el cual la actividad es ininterrumpida. Como tiempo de recuperación se entiende el periodo que sigue a la tarea de

levantamiento en el que se realiza un trabajo ligero (montajes manuales sencillos, control e inspección, etc.).

Como levantamientos de corta duración se definen las tareas con una duración menor o igual a 1 hora, seguidas de un tiempo de recuperación de al menos 1.2 veces el tiempo de trabajo.

Como levantamientos de media duración se definen las tareas con una duración mayor a 1 hora pero no mayor a 2 horas, seguidas de un periodo de recuperación de al menos 0.3 veces el tiempo de trabajo.

Como levantamientos de larga duración se definen las tareas con una duración comprendida entre 2 y 8 horas, con tiempos de descanso según estándares industriales normales.

En la Tabla 107 - Determinación del tiempo de cálculo – se recoge la clasificación de la duración de la actividad (corta, media o larga) en función de la relación entre el tiempo de recuperación y el tiempo de levantamiento.

**Tabla 107 - Determinación del tiempo de cálculo**

	<i>D = Duración de la actividad [hs]</i>		
	corta	media	larga
	$D \leq 1$	$1 < D \leq 2$	$2 < D \leq 8$
Relación entre el $T_{\text{recuperación}}$ y el $T_{\text{levantamiento}}$	$\geq 1,2$	$\geq 0,3$	---

La diferencia en la relación que debe existir entre el tiempo de levantamiento y el tiempo de recuperación para trabajos de corta y media duración radica en el valor del multiplicador de frecuencia asociado con cada categoría de duración de la actividad.

La frecuencia de levantamiento (F) para tareas continuas tienen un rango que va desde 0.2 levantamientos por minuto hasta un máximo que depende de la localización vertical del objeto (V) y de la duración del levantamiento. El multiplicador de frecuencia (FM) se puede obtener utilizando la Tabla 108 - Multiplicador de frecuencia.

**Tabla 108 - Multiplicador de frecuencia**

<i>Frecuencia (F)</i>	<i>D ≤ 1 h</i>		<i>1 &lt; D ≤ 2 hs</i>		<i>2 hs &lt; D ≤ 8 hs</i>	
lev / min	V < 75	V ≥ 75	V < 75	V ≥ 75	V < 75	V ≥ 75
≤0,2	1	1	0,95	0,95	0,85	0,85
0,5	0,97	0,97	0,92	0,92	0,81	0,81
1	0,94	0,94	0,88	0,88	0,75	0,75
2	0,91	0,91	0,84	0,84	0,65	0,65
3	0,88	0,88	0,79	0,79	0,55	0,55
4	0,84	0,84	0,72	0,72	0,45	0,45
5	0,8	0,8	0,6	0,6	0,35	0,35
6	0,75	0,75	0,5	0,5	0,27	0,27
7	0,70	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	0,3	0,3	0	0,15
10	0,45	0,45	0,26	0,26	0	0,13
11	0,41	0,41	0,23	0,23	0	0
12	0,37	0,37	0,21	0,21	0	0
13	0	0,34	0	0	0	0
14	0	0,31	0	0	0	0
15	0	0,28	0	0	0	0
>15	0	0	0	0	0	0

**Procedimiento especial para ajustar la frecuencia**

Para determinar la frecuencia de levantamiento apropiada, en ciertas tareas repetitivas donde los trabajadores no realizan un levantamiento continuo durante los 15 minutos del periodo de muestreo, se desarrolló un procedimiento especial de ajuste. Esto sucede cuando la secuencia de trabajo es tal que el levantamiento se produce durante un corto tiempo, seguido de un periodo en el que se realiza un trabajo ligero antes de comenzar un nuevo ciclo.

Siempre que no se sobrepase el límite de 15 levantamientos por minuto, la frecuencia de levantamiento puede determinarse de la siguiente forma:

- Registrar el número total de levantamientos realizados en un periodo de 15 minutos.
- Dividir el número total de levantamientos por 15.
- Usar el valor resultante (F) para determinar el multiplicador de frecuencia.

Por ejemplo, si la secuencia de trabajo consiste en una serie de sesiones cíclicas realizando levantamientos durante 8 min., a un ritmo de 10 lev./min., seguidos de 7 min. de trabajo ligero; entonces la frecuencia de levantamiento que se debe emplear para determinar FM será de 5,33 (10 x 8 / 15).

Cuando se utiliza el procedimiento especial, la categoría de duración se basa en la magnitud de los periodos de recuperación entre sesiones de trabajo, y no en los periodos de recuperación dentro de cada sesión. En otras palabras, si la secuencia de trabajo es intermitente y se aplica el procedimiento especial, el tiempo de recuperación intermitente no es considerado como periodo de recuperación para la determinación de la categoría de duración. Por ejemplo, si la secuencia de trabajo para un levantamiento manual está compuesta de ciclos repetidos de 1 min. haciendo levantamiento continuo a un ritmo de 10 lev./min., seguidos de 2 min. de recuperación, el procedimiento correcto será ajustar la frecuencia de acuerdo al procedimiento especial ( $F = 10 \times 5 / 15 = 3,4 \text{ lev./min.}$ ). Los 2 min. de periodo de recuperación no deben computarse para la relación tiempo de trabajo / tiempo de recuperación.

#### Multiplicador de acoplamiento

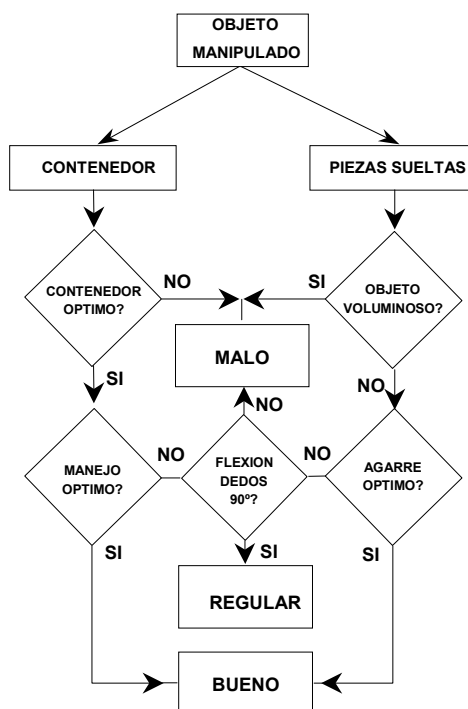
El CM (*Coupling Multiplier*) refleja el grado de acoplamiento entre las manos y el objeto manipulado.

La naturaleza del acoplamiento manos-objeto, el método de agarre y la localización vertical de las manos durante el levantamiento, pueden afectar a la fuerza máxima que el trabajador ejerce o debe ejercer sobre el objeto. Un buen acoplamiento reducirá la fuerza de agarre máxima requerida e incrementará el peso aceptable en el levantamiento. Un acoplamiento *malo* determinará unos mayores requerimientos de fuerza y reducirá el valor del peso aceptable.

La efectividad del acoplamiento no es un fenómeno estático, puede variar en la trayectoria del objeto desde el origen hasta el destino del levantamiento. El analista deberá clasificar, cualitativamente, si el acoplamiento es bueno, regular o malo de acuerdo con los criterios indicados en la Tabla 109 - Determinación del tipo de acoplamiento. La Figura 30 - Árbol de decisión para clasificar el acoplamiento- permite también clasificar el tipo de acoplamiento.

**Tabla 109 - Determinación del tipo de acoplamiento**

Bueno	Contenedores con un diseño óptimo (cajas, cajones, etc.) provistos de asas u orificios para las manos (troqueles). Como guía se consideran óptimos los siguientes diseños:	
	Contenedores	anchura $\leq 40$ cm, altura $\leq 30$ cm superficie lisa y antideslizante
	Asas	cilíndricas, con un $\varnothing$ entre 1,9 y 3,8 cm, longitud $\geq 11,5$ cm, zona libre para las manos $\geq 5$ cm, superficie lisa y antideslizante.
	Orificios	ovales de longitud $\geq 11,5$ cm, altura $\geq 3,8$ cm, zona libre para las manos $\geq 5$ cm, superficie lisa y antideslizante, espesor $\geq 6$ cm (por ejemplo el espesor del cartón de una caja)
	Piezas sueltas u objetos irregulares que puedan ser asidos perfectamente, sin producir desviaciones en la muñeca ni que conduzcan a posturas inapropiadas.	
Regular	Contenedores que, aún con un diseño apropiado, no reúnen algunos de los requisitos como para ser considerados óptimos.	
	Piezas sueltas u objetos irregulares con alguna dificultad de agarre.	
Malo	Contenedores mal diseñados, distribución irregular del peso, objetos voluminosos, etc.	
	Cuando se utilizan guantes o se manipulan bolsas o paquetes no rígidos.	

**Figura 30 - Árbol de decisión para clasificar el acoplamiento**

El multiplicador de acoplamiento (CM) es función del tipo de acoplamiento y de la distancia vertical (V), según se especifica en la Tabla 110 - Multiplicador de acoplamiento.

**Tabla 110 - Multiplicador de acoplamiento**

<i>Tipo de acoplamiento</i>	<i>CM</i>	
	<i>V &lt; 75 cm</i>	<i>V ≥ 75 cm</i>
Bueno	1	1
Regular	0,95	1
Malo	0,9	0,9

#### Utilización del RWL y del LI como guía de diseño

Un correcto análisis y una buena comprensión de los conceptos de límite de peso recomendado y de índice de levantamiento, pueden servir como guía para el diseño/rediseño ergonómico del puesto:

- 1) Los multiplicadores pueden utilizarse individualmente como indicadores de problemas específicos relacionados con el trabajo. La magnitud de cada uno de ellos indica su contribución relativa en el conjunto de la tarea analizada.
- 2) El RWL puede emplearse como guía en el diseño u optimización de trabajos que incluyan tareas de levantamiento manual de cargas.
- 3) El LI puede usarse para estimar la magnitud relativa del estrés físico de una tarea y permite, además, comparar distintas tareas bajo un único patrón de medida. También puede resultar de utilidad para priorizar las medidas correctivas cuando se han analizado una gran cantidad de puestos de trabajo.

#### Recopilación de datos

Las variables relevantes de la tarea deben ser medidas con atención y claramente recogidas en un formato conciso. En este apartado se presentan las hojas de trabajo para los dos posibles tipos de trabajos a analizar (Tabla 111 - Hoja de trabajo para el análisis simple tarea según NIOSH y Tabla 112 - Hoja de trabajo para el análisis multi-tarea según NIOSH). Se trata de formularios que posibilitan una sencilla recogida de la información necesaria para calcular el RWL y el LI. La información que debe incluirse es:

1. Peso del objeto levantado.



Si el peso de la carga varía de un levantamiento a otro, registrar los valores máximo y promedio.

2. Posición horizontal y vertical de las manos.

H y V tanto en el origen como en el destino de la carga.

3. Ángulo de asimetría.

Tanto en el origen como en el destino de la carga.

4. Frecuencia de levantamiento.

Determinar la frecuencia promedio [lev/min] observando la sesión de trabajo en periodos de unos 15 minutos de duración. Si la frecuencia varía entre sesión y sesión en más de 2 lev/min, cada sesión de trabajo debe ser analizada como una tarea independiente.

5. Duración del levantamiento.

Determinar el tiempo total empleado en el levantamiento continuo y el suplemento de recuperación asignado para cada tarea. Computar el tiempo de recuperación en correspondencia con el tiempo de trabajo (por ejemplo corto, moderado, largo).

6. Tipo de acoplamiento.

Clasificar el acoplamiento mano-objeto/contenedor (bueno, regular o malo).

Además de las hojas de trabajo, se presenta una hoja con las tablas correspondientes a cada multiplicador y unos esquemas que pueden ayudar a comprender mejor cómo medir las variables del sistema.

**Tabla 111 - Hoja de trabajo para el análisis simple tarea según NIOSH**

Departamento:						Descripción del trabajo:					
Puesto de trabajo:											
Analista:											
Fecha:											
<b>PASO 1 - Medir y registrar las variables de la tarea</b>											
PESO OBJETO [Kg]		LOCALIZACIÓN DE LAS MANOS [cm]				DISTANCIA VERTICAL [cm]	ÁNGULO DE ASIMETRÍA [°]		FRECUENCIA [lev/min]	DURACIÓN [hs]	ACOPLAMIENTO
Lmed	Lmáx	ORIGEN		DESTINO		D	ORIGEN	DESTINO	F		C
		H	V	H	V		A	A			
<b>PASO 2 - Determinar los multiplicadores y hallar el LIMITE DE PESO RECOMENDADO (RWL)</b>											
RWL = LC x HM x VM x DM x AM x FM x CM											
ORIGEN RWL = 23 Kg x _____ x _____ x _____ x _____ x _____ x _____ = _____											
DESTINO RWL = 23 Kg x _____ x _____ x _____ x _____ x _____ x _____ = _____											
<b>PASO 3 - Determinar el ÍNDICE DE LEVANTAMIENTO (LI)</b>											
<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: flex-start;"> <div style="text-align: right; width: 15%;">ORIGEN</div> <div style="text-align: right; width: 10%;">LI</div> <div style="flex-grow: 1;"> <math display="block">= \frac{\text{PESO DEL OBJETO [Kg]}}{\text{RWL}} = \frac{\quad}{\quad} =</math> </div> <div style="width: 15%; text-align: center;"> <div style="border: 1px solid black; width: 80px; height: 40px; margin: 0 auto;"></div> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: flex-start; margin-top: 10px;"> <div style="text-align: right; width: 15%;">DESTINO</div> <div style="text-align: right; width: 10%;">LI</div> <div style="flex-grow: 1;"> <math display="block">= \frac{\text{PESO DEL OBJETO [Kg]}}{\text{RWL}} = \frac{\quad}{\quad} =</math> </div> <div style="width: 15%; text-align: center;"> <div style="border: 1px solid black; width: 80px; height: 40px; margin: 0 auto;"></div> </div> </div>											

Tabla 112 - Hoja de trabajo para el análisis multi-tarea según NIOSH

Departamento:				Descripción del trabajo:			
Puesto de trabajo:							
Analista:							
Fecha:							

**PASO 1 - Medir y registrar las variables de las tareas**

# TAREA	PESO OBJETO [Kg]		LOCALIZACIÓN DE LAS MANOS [cm]				DISTANCIA VERTICAL [cm] D	ÁNGULO DE ASIMETRÍA [°]		FRECUENCIA [lev/min] F	DURACIÓN [hs]	ACOPLA-MIENTO C
	Lmed	Lmáx	ORIGEN		DESTINO			ORIGEN	DESTINO			
			H	V	H	V						

**PASO 2 - Determinar los multiplicadores y hallar FIRWL, STRWL, FILI y STLI de cada tarea**

# TAREA	LC	x	HM	x	VM	x	DM	x	AM	x	CM	FIRWL	x	FM	STRWL	FILI = L/FIRWL	STLI = L/STRWL	NUEVO # TAREA	F
	23 kg																		
	23 kg																		
	23 kg																		
	23 Kg																		
	23 Kg																		

**PASO 3 - Determinar el ÍNDICE DE LEVANTAMIENTO COMPUESTO DEL TRABAJO (CLI)**  
 (después de reenumerar las tareas)
 

CLI =	STLI	+	ΔFILI <sub>2</sub>	+	ΔFILI <sub>3</sub>	+	ΔFILI <sub>4</sub>	+	ΔFILI <sub>5</sub>
			FILI <sub>2</sub> (1/FM <sub>1,2</sub> - 1/FM <sub>1</sub> )		FILI <sub>3</sub> (1/FM <sub>1,2,3</sub> - 1/FM <sub>1,2</sub> )		FILI <sub>4</sub> (1/FM <sub>1,2,3,4</sub> - 1/FM <sub>1,2,3</sub> )		FILI <sub>5</sub> (1/FM <sub>1,2,3,4,5</sub> - 1/FM <sub>1,2,3,4</sub> )
CLI =									

Tabla 103 - Multiplicador de alcance horizontal

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

Tabla 104 - Multiplicador de alcance vertical

$VM = 1 - 0.003 / V - 75 /$	
V [cm]	VM
0	0,78
10	0,81
20	0,84
30	0,87
40	0,90
50	0,93
60	0,96
70	0,99
80	0,99
90	0,96
100	0,93
110	0,90
120	0,87
130	0,84
140	0,81
150	0,78
160	0,75
170	0,72
175	0,70
> 175	0

Tabla 105 - Multiplicador de desplazamiento vertical

$DM = 0.82 + 4.5 / D$	
D [cm]	DM
≤ 25	1
40	0,93
55	0,90
70	0,88
85	0,87
100	0,87
115	0,86
130	0,86
145	0,85
160	0,85
175	0,85
>175	0

Tabla 106 - Multiplicador de asimetría

$AM = 1 - 0.32 A$	
A [°]	AM
0	1
15	0,95
30	0,90
45	0,86
60	0,81
75	0,76
90	0,71
105	0,66
120	0,62
135	0,57
>135	0

Tabla 110 - Multiplicador de acoplamiento

Tipo de acoplamiento	CM	
	V < 75 cm	V ≥ 75 cm
Bueno	1	1
Regular	0,95	1
Malo	0,9	0,9

Tabla 108 - Multiplicador de frecuencia

frecuencia (F) Lev. / min.	$D \leq 1 \text{ hora}$		$1 \text{ h} < D \leq 2 \text{ h}$		$2 \text{ h} < D \leq 8 \text{ h}$	
	V < 75	V ≥ 75	V < 75	V ≥ 75	V < 75	V ≥ 75
≤ 0,2	1	1	0,95	0,95	0,85	0,85
0,5	0,97	0,97	0,92	0,92	0,81	0,81
1	0,94	0,94	0,88	0,88	0,75	0,75
2	0,91	0,91	0,84	0,84	0,65	0,65
3	0,88	0,88	0,79	0,79	0,55	0,55
4	0,84	0,84	0,72	0,72	0,45	0,45
5	0,80	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
11	0,41	0,41	0,23	0,23	0	0
12	0,37	0,37	0,21	0,21	0	0
13	0	0,34	0	0	0	0
14	0	0,31	0	0	0	0
15	0	0,28	0	0	0	0
>15	0	0	0	0	0	0

### Análisis multi-tarea

El nuevo método está basado en las siguientes suposiciones:

1. Que ejecutar múltiples tareas de levantamiento puede incrementar la carga física o la carga metabólica; y que este incremento de carga debe ser reflejado en una reducción del límite de peso recomendado (RWL) y en un incremento del índice de levantamiento (LI).
2. Que el incremento del índice de levantamiento depende de las características resultantes de la adición de tareas de levantamiento.
3. Que el incremento del índice de levantamiento debido a la adición de una o más tareas es independiente del índice de levantamiento de cualquiera de las tareas precedentes.

Aunque el procedimiento no considera la interacción potencial entre las tareas de levantamiento individual, se estima que estos efectos son mínimos.

### Índice de Levantamiento Compuesto (CI)

El nuevo procedimiento está basado en el concepto de índice de levantamiento compuesto ( $CLI = \text{Composite Lifting Index}$ ), que representa las demandas totales del trabajo, y que es igual a la suma de los índices de levantamiento de simple-tarea ( $STLI = \text{Single-Task Lifting Index}$ ) y de las variaciones incrementales en el CLI de cada tarea adicionada. La variación incremental en el CLI para una tarea específica está definida como la diferencia entre el índice de levantamiento (LI) para esa tarea a la frecuencia acumulada y el índice de levantamiento para esa misma tarea a su frecuencia actual. Por ejemplo; al considerar dos tareas idénticas A y B, cada una con una frecuencia de 1 lev/min, utilizando el nuevo método resulta:

$$CLI = LI_{A,1} + (LI_{B,2} - LI_{B,1})$$

En esta ecuación, la parte numérica del subíndice representa la frecuencia. Por lo tanto,  $LI_{B,2}$  indica el valor LI para la tarea B a una frecuencia de 2 lev/min y  $LI_{B,1}$  corresponde al LI para la tarea B a una frecuencia de 1 lev/min. Siendo idénticas ambas tareas,  $LI_{A,1}$  y  $LI_{B,2}$  se eliminan y, entonces,  $CLI = LI_{B,2}$ . Como es de esperar, el CLI para este trabajo es equivalente al LI para una simple-tarea con una actividad inicial de 2 lev/min. Ahora, si ambas tareas son diferentes, entonces:

$$CLI = LI_{A,1} + (LI_{B,2} - LI_{B,1})$$

En este caso,  $LI_{A,1}$  y  $LI_{B,1}$  no se eliminan. El CLI es igual a la suma de  $LI_{A,1}$ , con referencia a la demanda de la tarea A, y el incremento de la demanda para la tarea B, con el incremento inicial igual al incremento en la demanda cuando la frecuencia para la tarea B se incrementa desde 1 lev/min (correspondiente a la frecuencia de la tarea A) hasta los 2 lev/min (correspondiente a la suma de frecuencias de las tareas A y B). Así, cada tarea adicional es sumada y el CLI se incrementa.

Muchas de las tareas de levantamiento en los puestos de trabajo comprenden múltiples actividades de levantamiento y, por esta razón, pueden ser analizados como trabajos simple o multi-tarea. Cuando se necesita información detallada para especificar modificaciones de ingeniería, es cuando debe utilizarse el análisis multi-tarea. Por otra parte, el procedimiento multi-tarea es más complicado que el simple-tarea y requiere un buen entendimiento de la terminología de cálculo y de los conceptos matemáticos. La decisión de emplear uno u otro procedimiento debe fundamentarse en la necesidad de información detallada, la precisión requerida y del nivel de conocimientos del analista.

#### Procedimiento multi-tarea

1. Obtener el límite de peso recomendado independiente de la frecuencia (*FIRWL = Frequency-Independent Recommended Weight Limit*) y el límite de peso recomendado para simple-tarea (*STRWL = Single-Task Recommended Weight Limit*) de cada tarea.
2. Obtener el índice de levantamiento independiente de la frecuencia (*FILI = Frequency-Independent Lifting Index*) para cada tarea.
3. Obtener el índice de levantamiento compuesto (*CLI = Composite Lifting Index*) para el trabajo en conjunto.

#### Obtención del FIRWL para cada tarea

El FIRWL de cada tarea se obtiene calculando su respectivo RWL para un valor del multiplicador de frecuencia (FM) de 1. De esta forma, el FIRWL refleja, para cada tarea, la fuerza de compresión y la demanda muscular para una repetición simple. Si, para cualquier tarea individual, se requiere un control significativo en el destino, entonces, el FIRWL debe obtenerse tanto para el origen como para el destino del levantamiento, tal como se describió en el análisis de simple-tarea.

Obtención del STRWL para cada tarea

El STRWL de cada tarea se obtiene multiplicando el FIRWL por su correspondiente multiplicador de frecuencia (FM). El STRWL refleja las demandas totales de cada tarea en forma individual. Este valor nunca es de utilidad para determinar el estrés de un trabajo en su conjunto.

Obtención del FILI para cada tarea

El FILI se obtiene dividiendo la carga máxima (L<sub>máx</sub>) para cada tarea por su respectivo FIRWL. Se utiliza el peso máximo porque éste determina la máxima carga biomecánica a la que está expuesto el sujeto, independientemente de la frecuencia. Con el valor FILI pueden identificarse las tareas con potenciales problemas de estrés para levantamientos infrecuentes. Si cualquier FILI excede el valor 1, deben aplicarse cambios ergonómicos.

Obtención del STLI para cada tarea

El STLI se obtiene dividiendo la carga promedio (L<sub>med</sub>) para cada tarea por su correspondiente STRWL. Se utiliza el peso promedio porque este provee la mejor representación de la demanda metabólica. El STLI puede utilizarse para identificar tareas con excesiva demanda física. Este valor no indica el estrés relativo de tareas individuales en el contexto del trabajo corporal, pero puede emplearse como indicador para priorizar las tareas individuales en relación a la magnitud del estrés físico. Si cualquier STLI excede el valor 1, indica que son necesarios cambios ergonómicos.

En casos donde los FILI excedan los STLI para alguna tarea, el peso máximo puede representar un problema importante y será necesaria una evaluación más rigurosa.

Obtención del CLI para el trabajo

Las tareas deben enumerarse en orden decreciente de estrés físico, comenzando por la tarea con mayor STLI hasta la tarea con menor STLI.

El CLI para el trabajo se calcula con la siguiente fórmula:

$$CLI = STLI + \sum \Delta LI$$

donde:

$$\Delta LI = FILI_2 \left[ \frac{1}{FM_{1,2}} - \frac{1}{FM_1} \right] + FILI_3 \left[ \frac{1}{FM_{1,2,3}} - \frac{1}{FM_{1,2}} \right] +$$

$$+ FILI_4 \left[ \frac{1}{FM_{1,2,3,4}} - \frac{1}{FM_{1,2,3}} \right] + \dots + FILI_n \left[ \frac{1}{FM_{1,2,3,4,\dots,n}} - \frac{1}{FM_{1,2,3,\dots,n-1}} \right] +$$

Notas:

1. Los números de subíndice se refieren a las tareas reenumeradas.
2. Los FM se obtienen de la tabla correspondiente.



### 3.22. NORMATIVA EUROPEA

Este proyecto de norma (CEN TC122/WG4) recogía, como metodología de evaluación, el método NIOSH 1981. Sin embargo, aclaraba que en cuanto estuviera disponible el nuevo método elaborado por NIOSH se valoraría la posibilidad de incluirlo en la norma.

Además de referirse al método NIOSH de 1981, el proyecto de norma aportaba algunos conceptos que pueden resultar de interés:

#### Valores de Tonelaje Máximo (TM)

La norma recomienda, para elevar y transportar cargas, un tonelaje máximo de 10 Toneladas por día; teniendo en cuenta el peso máximo de 25 Kg y la frecuencia máxima de 12 elevaciones por minuto. Esto es aplicable sólo en circunstancias ideales y no en ambientes calurosos o fríos o en situaciones donde el suelo está resbaladizo.

Dependiendo de la distancia de transporte (d) de las cargas el tonelaje máximo (TM) se ve limitado según se muestra en la siguiente tabla (Tabla 113 - Tonelaje máximo en función del desplazamiento):

**Tabla 113 - Tonelaje máximo en función del desplazamiento**

<i>d [m]</i>	<i>TM [Tn]</i>
20	0,75
10	1,5
4	3
2	4,5
1	6
0	10

Bajo condiciones desfavorables se recomendaba adoptar como límite la mitad del valor que figura en la tabla anterior.

Con respecto a las posturas adoptadas durante la manipulación de la carga, la norma proponía unos factores de reducción del límite de acción en función del ángulo de rotación del tronco y de la inclinación de la espalda durante los levantamientos (Tabla 114 - Multiplicador por rotación y Tabla 115 - Multiplicador por postura).

**Tabla 114 - Multiplicador por rotación**

<i>Rotación</i>	<i>FR</i>
30°	0,9
60°	0,85
90°	0,3

**Tabla 115 - Multiplicador por postura**

<i>Postura de la espalda</i>	<i>FR</i>
Recta (con rodillas flexionadas) o inclinación < 20°	1
Encorvada	0,65

Por otra parte, se tienen presentes algunas consideraciones en función de la población expuesta según:

- Para menores de 18 y mayores de 55 años, se deben reducir los valores a una carga máxima de 15 Kg.
- No es necesario discriminar entre hombres y mujeres.
- Durante el embarazo y los primeros tres meses después del parto, se deben evitar los trabajos "pesados". Se recomienda en estos casos seguir estrictamente el consejo médico.
- En el caso de minusválidos, personas con antecedentes de dolores lumbares y partos anormales se recomienda seguir estrictamente el consejo médico.

Por último, debe indicarse que esta norma incluía los principios de mejora y concepción de los sistemas de trabajo con el fin de evitar al individuo los posibles trastornos musculoesqueléticos. Entre estos principios, recomienda el diseño y uso de ayudas mecánicas siempre que la carga a manipular supere los 25 Kg.

### **3.23. pNE-PREN 1005-2**

Este proyecto de norma europea<sup>101</sup>, preparado por el comité de biomecánica, está dividido en las siguientes partes:

Parte 1: Términos y definiciones

Parte 2: Manejo manual de maquinarias y partes componentes de maquinarias

Parte 3: Límites de fuerzas recomendados para la operación de maquinarias

Parte 4: Evaluación de posturas de trabajo en relación con la maquinaria

#### **Parte 1: Términos y definiciones**

La primera parte de este borrador incluye todos los términos y definiciones relacionados con el movimiento manual de cargas y la aplicación de fuerzas en maquinarias.

#### **Parte 2: Manejo manual de maquinarias y partes componentes de maquinarias**

El procedimiento descrito en este borrador de normativa europea, basado en la ecuación revisada de NIOSH<sup>100</sup> incluye algunos criterios de otras metodologías (como por ejemplo Burand<sup>62</sup>) y describe tres procedimientos de evaluación de actividades de manejo manual de cargas:

- Una lista de chequeo.
- Una estimación por medio de tablas.
- Un cálculo analítico.

## Método 1: lista de chequeo

### Paso 1: Considerar la constante de masa

1. identificar el grupo de usuarios
2. seleccionar la constante de masa (MC) según el grupo de usuarios

**Tabla 116 - Constante de carga en función del grupo de población**

	MC [Kg]	%H y M	%M	%H	Usuario	
uso doméstico	5				niños y ancianos	total de la población
	10	99	99	99		
uso profesional	15	95	90	99	población laboral en general (incluidos jóvenes y mayores)	población laboral en general
	25	85	70	90	población laboral adulta	
	30	datos no disponibles			población laboral especializada	únicamente en casos especiales
	35					
	40					

### Paso 2: Realizar la evaluación de riesgos

- ☐ ambiente térmico moderado
- ☐ levantamiento solo con dos manos
- ☐ postura de pie sin restricciones
- ☐ levantamiento por una sola persona
- ☐ levantamiento con suavidad
- ☐ buen acoplamiento manos-objeto
- ☐ buen acoplamiento pies-suelo
- ☐ tareas secundarias mínimas
- ☐ el objeto a manipular no está frío, caliente o contaminado

#### Continuación:

- si uno o más de estos supuestos no se cumplen, pasar al método 2.
- si todos los supuestos se cumplen, indicar si se dan las siguientes situaciones durante un turno  $\leq 8$  hs.:

#### *masa crítica*

- ☐ carga manipulada  $\leq 70\%$  MC
- ☐ el tronco se mantiene recto y sin rotación
- ☐ la carga está cercana al cuerpo
- ☐ la frecuencia de levantamiento es  $\leq 0,0033$  Hz (1 lev / 5 min.)

#### *desplazamiento vertical crítico*

- ☐ carga manipulada  $\leq 60\%$  MC
- ☐ el desplazamiento vertical está por debajo de la altura de los hombros y por encima de la altura de las rodillas
- ☐ el tronco se mantiene recto y sin rotación
- ☐ la carga está cercana al cuerpo
- ☐ la frecuencia de levantamiento es  $\leq 0,0033$  Hz (1 lev / 5 min.)

#### *frecuencia crítica*

- ☐ carga manipulada  $\leq 30\%$  MC
- ☐ la frecuencia de levantamiento es  $\leq 0,08$  Hz (5 lev / min.)
- ☐ el tronco se mantiene recto y sin rotación
- ☐ la carga está cercana al cuerpo
- ☐ carga manipulada  $\leq 50\%$  MC
- ☐ la frecuencia de levantamiento es  $\leq 0,04$  Hz (2,5 lev / min.)
- ☐ el tronco se mantiene recto y sin rotación

- ☐ la carga está cercana al cuerpo

### **Paso 3: Determinar la acción requerida**

Si no se cumplen satisfactoriamente los criterios analizados anteriormente:

- rediseñar la máquina o el procedimiento
- evaluar la situación mediante los métodos 2 o 3.

## Método 2: estimación por tablas

### Paso 1: Considerar la constante de masa

1. identificar el grupo de usuarios
2. seleccionar la constante de masa (MC) según el grupo de usuarios

**Tabla 116 - Constante de carga en función del grupo de población**

	MC [Kg]	%H y M	%M	%H	Usuario	
uso doméstico	5				niños y ancianos	total de la población
	10	99	99	99		
uso profesional	15	95	90	99	población laboral en general (incluidos jóvenes y mayores)	población laboral en general
	25	85	70	90	población laboral adulta	
	30	datos no disponibles			población laboral especializada	únicamente en casos especiales
	35					
	40					

### Paso 2: Realizar la evaluación de riesgos

- ☐ ambiente térmico moderado
- ☐ levantamiento solo con dos manos
- ☐ postura de pie sin restricciones
- ☐ levantamiento por una sola persona
- ☐ levantamiento con suavidad
- ☐ buen acoplamiento pies-suelo
- ☐ tareas secundarias mínimas
- ☐ el objeto a manipular no está frío, caliente o contaminado

#### Continuación:

- si uno o más de estos supuestos no se cumplen, pasar al método 3.
- si todos los supuestos se cumplen, evaluar el riesgo:
  1. calculando el límite de masa recomendado (RMLI)
  2. calculando el índice de riesgo (RI)

$$\text{RMLI} = \text{MC} \times \text{HM} \times \text{VM} \times \text{DM} \times \text{AM} \times \text{CM} \times \text{FM}$$

$$\text{RI} = \text{masa real} / \text{RML}$$

**Tabla 117 - Multiplicador horizontal (HM)**

H [cm]	25	30	40	50	55	60	≥63
HM	1	0,83	0,63	0,50	0,45	0,42	0

**Tabla 118 - Multiplicador vertical (VM)**

V [cm]	0	25	50	75	100	130	≥175
VM	0,78	0,85	0,93	1	0,93	0,84	0

**Tabla 119 - Multiplicador de distancia vertical (DM)**

D [cm]	25	30	40	50	70	100	≥175
DM	1	0,97	0,93	0,91	0,88	0,87	0

**Tabla 120 - Multiplicador de asimetría (AM)**

<i>A [°]</i>	0	30	60	90	120	135	>135
AM	1	0,9	0,81	0,71	0,62	0,57	0

**Tabla 121 - Multiplicador de acoplamiento (CM)**

<i>Calidad</i>	<i>bueno</i>	<i>regular</i>	<i>malo</i>
CM	1	0,95	0,9

**Tabla 122 - Multiplicador de frecuencia (FM)**

<i>Duración</i> <i>[hs]</i>	<i>F [levantamientos /minuto]</i>						
	0,2	1	4	6	9	12	>15
< 1	1	0,94	0,84	0,75	0,52	0,37	0
1-2	0,95	0,88	0,72	0,5	0,3	0	0
2-8	0,85	0,75	0,45	0,27	0	0	0

**Paso 3: Determinar la acción requerida**

$RI \leq 0.85$	el riesgo puede considerarse aceptable
$0.85 < RI < 1.0$	existe un riesgo significativo. Es recomendable: <ul style="list-style-type: none"> <li>• aplicar el método 3</li> <li>• rediseñar la máquina o el procedimiento</li> <li>• consultar con un especialista</li> </ul>
$RI \geq 1.0$	requiere un rediseño

### Método 3: cálculo por fórmula

#### Paso 1: Considerar la constante de masa

1. identificar el grupo de usuarios
2. seleccionar la constante de masa (MC) según el grupo de usuarios

**Tabla 116 - Constante de carga en función del grupo de población**

	MC [Kg]	%H y M	%M	%H	Usuario	
uso doméstico	5				niños y ancianos	total de la población
	10	99	99	99		
uso profesional	15	95	90	99	población laboral en general (incluidos jóvenes y mayores)	población laboral en general
	25	85	70	90	población laboral adulta	únicamente en casos especiales
	30	datos no disponibles			población laboral especializada	
	35					
	40					

#### Paso 2: Realizar la evaluación de riesgos

- ☐ ambiente térmico moderado
- ☐ postura de pie sin restricciones
- ☐ levantamiento con suavidad
- ☐ buen acoplamiento pies-suelo
- ☐ el objeto a manipular no está frío, caliente o contaminado

#### Continuación:

- si uno o más de estos supuestos no se cumplen, consultar con un experto.
- si todos los supuestos se cumplen, evaluar el riesgo:
  1. calculando el límite de masa recomendado (RML)
  2. calculando el índice de riesgo (RI)

$$\text{RML} = \text{MC} \times \text{HM} \times \text{VM} \times \text{DM} \times \text{AM} \times \text{CM} \times \text{FM} \times 1\text{HM} \times 2\text{PM} \times \text{NM}$$

$$\text{RI} = \text{masa real} / \text{RML}$$

#### Cálculo del RML:

$$\text{RML} = \text{MC} \times (25/\text{H}) \times (1 - 0,003 | \text{V} - 75 |) \times [0,82 + (4,5/\text{D})] \times (1 - 0,0032 \text{A}) \times \text{CM} \times \text{FM} \times 1\text{HM} \times 2\text{PM} \times \text{NM}$$

Donde:

MC es la constante de masa

H es la distancia horizontal en cm.

V es la localización vertical en cm.

D es el desplazamiento vertical en cm.

A es el ángulo de asimetría en grados

CM es el multiplicador de acoplamiento

FM es el multiplicador de frecuencia

1HM es el multiplicador para una mano

$$1\text{HM} = 0.60$$

2PM es el multiplicador para dos personas

$$2\text{PM} = 0.85$$

NM es el multiplicador para tareas secundarias

$$\text{NM} = 0.80$$



**Tabla 123 - Hoja de trabajo para la determinación del límite de peso**

EN1005 - Parte 2: Manejo manual de cargas	
Método 1: lista de chequeo	
Paso 1:	Considerar la constante de masa 1. identificar el grupo de usuarios 2. seleccionar la constante de masa (MC) según el grupo de usuarios
Paso 2:	Realizar la evaluación de riesgos <input type="checkbox"/> ambiente térmico moderado <input type="checkbox"/> levantamiento solo con dos manos <input type="checkbox"/> postura de pie sin restricciones <input type="checkbox"/> levantamiento por una sola persona <input type="checkbox"/> levantamiento con suavidad <input type="checkbox"/> buen acoplamiento manos-objeto <input type="checkbox"/> buen acoplamiento pies-suelo <input type="checkbox"/> tareas secundarias mínimas <input type="checkbox"/> el objeto a manipular no está frío, caliente o contaminado  <u>Continuación:</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>• si uno o más de estos supuestos no se cumplen, pasar al método 2.</li> <li>• si todos los supuestos se cumplen, indicar si se dan las siguientes situaciones durante un turno <math>\leq 8</math> hs.:</li> </ul> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px 0;"> <b>masa crítica</b>  <input type="checkbox"/> carga manipulada <math>\leq 70\%</math> MC  <input type="checkbox"/> el tronco se mantiene recto y sin rotación  <input type="checkbox"/> la carga está cercana al cuerpo  <input type="checkbox"/> la frecuencia de levantamiento es <math>\leq 0,0033</math> Hz (1 lev / 5 min.)         </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px 0;"> <b>desplazamiento vertical crítico</b>  <input type="checkbox"/> carga manipulada <math>\leq 60\%</math> MC  <input type="checkbox"/> el desplazamiento vertical está por debajo de la altura de los hombros y por encima de la altura de las rodillas  <input type="checkbox"/> el tronco se mantiene recto y sin rotación  <input type="checkbox"/> la carga está cercana al cuerpo  <input type="checkbox"/> la frecuencia de levantamiento es <math>\leq 0,0033</math> Hz (1 lev / 5 min.)         </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px 0;"> <b>frecuencia crítica</b>  <input type="checkbox"/> carga manipulada <math>\leq 30\%</math> MC  <input type="checkbox"/> la frecuencia de levantamiento es <math>\leq 0,08</math> Hz (5 lev / min.)  <input type="checkbox"/> el tronco se mantiene recto y sin rotación  <input type="checkbox"/> la carga está cercana al cuerpo  <input type="checkbox"/> carga manipulada <math>\leq 50\%</math> MC  <input type="checkbox"/> la frecuencia de levantamiento es <math>\leq 0,04</math> Hz (2,5 lev / min.)  <input type="checkbox"/> el tronco se mantiene recto y sin rotación  <input type="checkbox"/> la carga está cercana al cuerpo         </div>
Paso 3:	Determinar la acción requerida Si no se cumplen satisfactoriamente los criterios analizados anteriormente: <ul style="list-style-type: none"> <li>• rediseñar la máquina o el procedimiento</li> <li>• evaluar la situación mediante los métodos 2 o 3.</li> </ul>

**Tabla 124 - Hoja de trabajo para la determinación del límite de peso**

EN1005 - Parte 2: Manejo manual de cargas																																																																																																															
Método 2: estimación por tablas																																																																																																															
Paso 1:	Considerar la constante de masa 1. identificar el grupo de usuarios 2. seleccionar la constante de masa (MC) según el grupo de usuarios																																																																																																														
Paso 2:	Realizar la evaluación de riesgos <input type="checkbox"/> ambiente térmico moderado <input type="checkbox"/> levantamiento solo con dos manos <input type="checkbox"/> postura de pie sin restricciones <input type="checkbox"/> levantamiento por una sola persona <input type="checkbox"/> levantamiento con suavidad <input type="checkbox"/> buen acoplamiento pies-suelo <input type="checkbox"/> tareas secundarias mínimas <input type="checkbox"/> el objeto a manipular no está frío, caliente o contaminado <u>Continuación:</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>• si uno o más de estos supuestos no se cumplen, pasar al método 3.</li> <li>• si todos los supuestos se cumplen, evaluar el riesgo:               <ol style="list-style-type: none"> <li>1. calculando el límite de masa recomendado (RMLI)</li> <li>2. calculando el índice de riesgo (RI)</li> </ol> <math display="block">RMLI = MC \times HM \times VM \times DM \times AM \times CM \times FM</math> <math display="block">RI = \text{masa real} / RML</math> </li> </ul> <b>Multiplicador horizontal (HM)</b> <table border="1"> <tr> <td>H [cm]</td> <td>25</td> <td>30</td> <td>40</td> <td>50</td> <td>55</td> <td>60</td> <td>≥63</td> </tr> <tr> <td>HM</td> <td>1</td> <td>0,83</td> <td>0,63</td> <td>0,50</td> <td>0,45</td> <td>0,42</td> <td>0</td> </tr> </table> <b>Multiplicador vertical (VM)</b> <table border="1"> <tr> <td>V [cm]</td> <td>0</td> <td>25</td> <td>50</td> <td>75</td> <td>100</td> <td>130</td> <td>≥175</td> </tr> <tr> <td>VM</td> <td>0,78</td> <td>0,85</td> <td>0,93</td> <td>1</td> <td>0,93</td> <td>0,84</td> <td>0</td> </tr> </table> <b>Multiplicador de distancia vertical (DM)</b> <table border="1"> <tr> <td>D [cm]</td> <td>25</td> <td>30</td> <td>40</td> <td>50</td> <td>70</td> <td>100</td> <td>≥175</td> </tr> <tr> <td>DM</td> <td>1</td> <td>0,97</td> <td>0,93</td> <td>0,91</td> <td>0,88</td> <td>0,87</td> <td>0</td> </tr> </table> <b>Multiplicador de asimetría (AM)</b> <table border="1"> <tr> <td>A [°]</td> <td>0</td> <td>30</td> <td>60</td> <td>90</td> <td>120</td> <td>135</td> <td>&gt;135</td> </tr> <tr> <td>AM</td> <td>1</td> <td>0,90</td> <td>0,81</td> <td>0,71</td> <td>0,62</td> <td>0,57</td> <td>0</td> </tr> </table> <b>Multiplicador de acoplamiento (CM)</b> <table border="1"> <tr> <td>Calidad</td> <td>bueno</td> <td>regular</td> <td>malo</td> </tr> <tr> <td>CM</td> <td>1</td> <td>0,95</td> <td>0,90</td> </tr> </table> <b>Multiplicador de frecuencia (FM)</b> <table border="1"> <tr> <td>F lev/min</td> <td>0,2</td> <td>1</td> <td>4</td> <td>6</td> <td>9</td> <td>12</td> <td>&gt;15</td> </tr> <tr> <td>&lt; 1h</td> <td>1</td> <td>0,94</td> <td>0,84</td> <td>0,75</td> <td>0,52</td> <td>0,37</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>1-2 h</td> <td>0,95</td> <td>0,88</td> <td>0,72</td> <td>0,50</td> <td>0,30</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>2-8 h</td> <td>0,85</td> <td>0,75</td> <td>0,45</td> <td>0,27</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> </table>							H [cm]	25	30	40	50	55	60	≥63	HM	1	0,83	0,63	0,50	0,45	0,42	0	V [cm]	0	25	50	75	100	130	≥175	VM	0,78	0,85	0,93	1	0,93	0,84	0	D [cm]	25	30	40	50	70	100	≥175	DM	1	0,97	0,93	0,91	0,88	0,87	0	A [°]	0	30	60	90	120	135	>135	AM	1	0,90	0,81	0,71	0,62	0,57	0	Calidad	bueno	regular	malo	CM	1	0,95	0,90	F lev/min	0,2	1	4	6	9	12	>15	< 1h	1	0,94	0,84	0,75	0,52	0,37	0	1-2 h	0,95	0,88	0,72	0,50	0,30	0	0	2-8 h	0,85	0,75	0,45	0,27	0	0	0
H [cm]	25	30	40	50	55	60	≥63																																																																																																								
HM	1	0,83	0,63	0,50	0,45	0,42	0																																																																																																								
V [cm]	0	25	50	75	100	130	≥175																																																																																																								
VM	0,78	0,85	0,93	1	0,93	0,84	0																																																																																																								
D [cm]	25	30	40	50	70	100	≥175																																																																																																								
DM	1	0,97	0,93	0,91	0,88	0,87	0																																																																																																								
A [°]	0	30	60	90	120	135	>135																																																																																																								
AM	1	0,90	0,81	0,71	0,62	0,57	0																																																																																																								
Calidad	bueno	regular	malo																																																																																																												
CM	1	0,95	0,90																																																																																																												
F lev/min	0,2	1	4	6	9	12	>15																																																																																																								
< 1h	1	0,94	0,84	0,75	0,52	0,37	0																																																																																																								
1-2 h	0,95	0,88	0,72	0,50	0,30	0	0																																																																																																								
2-8 h	0,85	0,75	0,45	0,27	0	0	0																																																																																																								
Paso 3:	Determinar la acción requerida $RI \leq 0.85$ el riesgo puede considerarse aceptable $0.85 < RI < 1.0$ existe un riesgo significativo. Es recomendable: <ul style="list-style-type: none"> <li>• aplicar el método 3</li> <li>• rediseñar la máquina o el procedimiento</li> <li>• consultar con un especialista</li> </ul> $RI \geq 1.0$ requiere un rediseño																																																																																																														

**Tabla 125- Hoja de trabajo para la determinación del límite de peso (hoja 1)**

EN1005 - Parte 2: Manejo manual de cargas	
Método 3: cálculo por fórmula	hoja 1 de 2
Paso 1:	<p>Considerar la constante de masa</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. identificar el grupo de usuarios</li> <li>2. seleccionar la constante de masa (MC) según el grupo de usuarios</li> </ol>
Paso 2:	<p>Realizar la evaluación de riesgos</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> ambiente térmico moderado</li> <li><input type="checkbox"/> postura de pie sin restricciones</li> <li><input type="checkbox"/> levantamiento con suavidad</li> <li><input type="checkbox"/> buen acoplamiento pies-suelo</li> <li><input type="checkbox"/> el objeto a manipular no está frío, caliente o contaminado</li> </ul> <p><u>Continuación:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• si uno o más de estos supuestos no se cumplen, consultar con un experto.</li> <li>• si todos los supuestos se cumplen, evaluar el riesgo:             <ol style="list-style-type: none"> <li>1. calculando el límite de masa recomendado (RML)</li> </ol> </li> </ul> <p>Calculando el índice de riesgo (RI)</p> $RMLI = MC \times HM \times VM \times DM \times AM \times CM \times FM \times 1HM \times 2PM \times NM$ $RI = \text{masa real} / RML$ <p>Cálculo a partir del RMLI (método 2):</p> $RML = RMLI \times 1HM \times 2PM \times NM ; \text{donde:}$ <p>1HM es el multiplicador para una mano <span style="float: right;">1HM = 0.60</span></p> <p>2PM es el multiplicador para dos personas <span style="float: right;">2PM = 0.85</span></p> <p>NM es el multiplicador para tareas secundarias <span style="float: right;">NM = 0.80</span></p> <p>Cálculo del RML:</p> $RML = MC \times (25/H) \times (1 - 0,003  V - 75 ) \times [0,82 + (4,5/D)] \times (1 - 0,0032 A) \times CM \times FM \times 1HM \times 2PM \times NM$ <p>donde:</p> <p>MC es la constante de masa</p> <p>H es la distancia horizontal en cm.</p> <p>V es la localización vertical en cm.</p> <p>D es el desplazamiento vertical en cm.</p> <p>A es el ángulo de asimetría en grados</p> <p>CM es el multiplicador de acoplamiento</p> <p>FM es el multiplicador de frecuencia</p> <p>1HM es el multiplicador para una mano <span style="float: right;">1HM = 0.60</span></p> <p>2PM es el multiplicador para dos personas <span style="float: right;">2PM = 0.85</span></p> <p>NM es el multiplicador para tareas secundarias <span style="float: right;">NM = 0.80</span></p>

**Tabla 126 - Hoja de trabajo para la determinación del límite de peso (Hoja 2)**

EN1005 - Parte 2: Manejo manual de cargas						
Método 3: cálculo por fórmula					hoja 2 de 2	
Multiplicador de acoplamiento (CM)						
Calidad	bueno		regular		malo	
CM	1		0,95		0,90	
Multiplicador de frecuencia (FM)						
F [lev/min,]	duración de la actividad					
	≤ 8 h		≤ 2 h		≤ 1 h	
	V<75	V≥75	V<75	V≥75	V<75	V≥75
0,2	0,85	0,85	0,95	0,95	1	1
0,5	0,81	0,81	0,92	0,92	0,97	0,97
1	0,75	0,75	0,88	0,88	0,94	0,94
2	0,65	0,65	0,84	0,84	0,91	0,91
3	0,55	0,55	0,79	0,79	0,88	0,88
4	0,45	0,45	0,72	0,72	0,84	0,84
5	0,35	0,35	0,60	0,60	0,80	0,80
6	0,27	0,27	0,50	0,50	0,75	0,75
7	0,22	0,22	0,42	0,42	0,70	0,70
8	0,18	0,18	0,35	0,35	0,60	0,60
9	0	0,15	0,30	0,30	0,52	0,52
10	0	0,13	0,26	0,26	0,45	0,45
11	0	0	0	0,23	0,41	0,41
12	0	0	0	0,21	0,37	0,37
13	0	0	0	0	0	0,34
14	0	0	0	0	0	0,31
15	0	0	0	0	0	0,28
>15	0	0	0	0	0	0
<b>Paso 3:</b> Determinar la acción requerida						
RI ≤ 0.85 el riesgo puede considerarse aceptable						
0.85 < RI < 1 existe un riesgo significativo. Es recomendable:						
<ul style="list-style-type: none"><li>• utilizar el método 3 para reducir el riesgo</li><li>• rediseñar la máquina o el procedimiento</li><li>• consultar con un especialista</li></ul>						
RI ≥ 1 requiere un rediseño						

### 3.24. GUÍA ADVANCED ERGONOMICS

En esta sección se recogen resultados de diferentes investigadores sobre manejo manual de cargas; los cuales están recopilados en *"The Advanced Ergonomics Manual"*<sup>102</sup>. Los datos contenidos en el Capítulo II de este manual corresponden a las siguientes tareas:

- Elevación y descenso de cargas con dos manos.
- Elevación y descenso de cargas con una mano.
- Transporte de cargas con dos manos.
- Transporte de cargas con una mano.
- Empuje con dos manos.
- Empuje y tracción con una mano.
- Elevación, descenso y movimiento al mismo nivel de cargas en posturas desfavorables.

Elevación y descenso de cargas con dos manosFuente<sup>103</sup>:

A Guide to Manual Materials Handlig

Mital, Nicholson y Ayoub

Taylor &amp; Francis (1993)

Contenido:

Pesos máximos aceptables para el 75 percentil mujer sin incremento de riesgo de lesiones. Se presupone que el riesgo al levantar o bajar una carga es el mismo.

$$L \text{ [Kg]} = K_1 \times K_2 \times K_3 \times K_4 \times K_5 \times K_6 \times F_{\text{máx}}$$

**Tabla 127 - K<sub>1</sub>: Multiplicador de asimetría**

<i>Ángulo de rotación del tronco</i>			
0° - 30°	30° - 60°	60° - 90°	> 90°
1	0,924	0,848	0,8

**Tabla 128 - K<sub>2</sub>: Multiplicador de inclinación del tronco**

<i>Ángulo de inclinación del tronco</i>				
0°	5°	10°	20°	30°
1	0,60	0,40	0,38	0,36

**Tabla 129 - K<sub>3</sub>: Multiplicador de duración de la tarea**

<i>Duración de la Tarea (tiempo de cálculo)</i>			
1 h	4 hs	8 hs	12 hs
1,14	1,08	1	0,92

**Tabla 130 - K<sub>4</sub>: Multiplicador de acoplamiento manos/carga**

<i>Tipo de acoplamiento manos / carga</i>		
Bueno	Razonable	Pobre
1	0,925	0,850

**Tabla 131 - K<sub>5</sub>: Multiplicador de espacio libre de agarre**

<i>Espacio libre a cada lado del objeto (e)</i>		
e ≥ 3cm	3cm > e ≥ 1,5cm	1,5 > e ≥ 0,25cm
1	0,91	0,87

**Tabla 132 - K<sub>6</sub>: Multiplicador de asimetría de la carga**

<i>Desplazamiento del centro de gravedad de la carga *</i>			
0 cm	10 cm	20 cm	30 cm
1	0,96	0,89	0,84

\* Medido desde el punto medio de la carga en dirección a las manos

**Tabla 133 - F<sub>máx</sub> - Fuerzas máximas [Kg]**

Dimensiones de la carga [cm]	Frecuencia							
	1 lev/8h	1 lev/30 min	1 lev/5 min	1 lev/min	4 lev/min	8 lev/min	12 lev/min	16 lev/min
0 cm a 80 cm (80 cm a 0 cm)								
75	14	11	9,75	9	9	8	7	6
48	16	12	10	10	9	8	7	6
33	19	14	13	12	11	9	8	7
0 cm a 132 cm (132 cm a 0 cm)								
75	12	9	8	7,5	7,5	6,5	6	5
48	13	10	8	8	7,5	6,5	6	5
33	16	11,5	11	10	9	8	6,5	5,5
0 cm a 183 cm (183 cm a 0 cm)								
75	11	7,8	7	7	7	6	7	4,5
48	12	9	7	7	7	6	7	4,5
33	14	10	10	9	8	7	7,5	5
80 cm a 132 cm (132 cm a 80 cm)								
75	15	13	12	11	9	7	7	6
48	15	13	12	11	9	7	7	6
33	17	14	13	12	11	8,5	8,5	8
80 cm a 183 cm (183 cm a 80 cm)								
75	13	11	10,5	9,5	8	6	6	5
48	13	11	10,5	9,5	8	6	6	5
33	15	12	11	10,5	10	7,5	7,5	7
132 cm a 183 cm (183 cm a 132 cm)								
75	11	9	9	8	8	6	5	4
48	12	10	9	9	8	6	5	4
33	14	12	11	11	9	7	7	7

Elevación y descenso de cargas con una mano

Límites de carga para el 50 percentil hombre en movimientos efectuados con la mano dominante. Otras situaciones se contemplan mediante el uso de factores.

$$L \text{ [Kg]} = K_1 \times K_2 \times F_{\text{máx}}$$

**Tabla 134 - K<sub>1</sub>: Multiplicador de mano utilizada**

<i>Mano utilizada para sujetar la carga</i>	
Dominante	No dominante
1,0	0,9

**Tabla 135 - K<sub>2</sub>: Multiplicador según sexo**

<i>Hombre</i>	<i>Mujer</i>
1	0,65

**Tabla 136 - F<sub>máx</sub> - Fuerza máxima mano dominante [Kg]**

Posición de trabajo	Distancia acromial de agarre [cm]	Frecuencia < 1 lev / min			Frecuencia ≥ 1 lev / min		
		Edad [edad]			Edad [edad]		
		≤ 40	41-50	51-60	≤ 40	41-50	51-60
De pie o algo agachado	65	10	10	9	7	7	6,3
	60	12	12	11	8,4	8,4	7,7
	50	15	15	13	10,5	10,5	9,1
	35	20	20	18	14	14	12,6
	20	25	25	22	17,5	17,5	15,4
	5	30	30	27	21	21	18,9
Sentado	65	10	9	8	7	6,3	5,6
	60	15	14	12	10,5	9,9	8,4
	50	20	18	16	14	12,6	11,1
	35	25	23	20	17,5	16	14
	20	30	27	24	21	18,9	16,8
	5	35	32	28	24,4	22,4	19,5
Arrodillado	65	12	10	9	8,4	7	6,3
	60	15	12	11	10,5	8,4	7,7
	50	17	13	12	11,9	9,1	8,4
	35	20	16	15	14	11,1	10,5
	20	25	20	18	17,5	14	12,6
	5	30	23	22	21	16	15,4



Transporte de cargas con dos manos

Pesos máximos aceptables para el 75 percentil mujer.

$$L \text{ [Kg]} = F_{\text{máx}}$$

**Tabla 137 - F<sub>máx</sub> - Fuerzas máximas [Kg]**

Posición de la carga	Distancia de acarreo [m]	Frecuencia [levantamientos/minuto]						
		10	5	1	0,5	0,2	2	2
A nivel de codo	2	13	14	15	15	16	16	20
	4	11	12	15	15	16	16	20
	8	11	12	14	14	14	14	19
A nivel de los nudillos	2	15	17	18	18	18	19	25
	4	11	13	16	16	17	17	23
	8	11	13	16	16	17	17	23

Transporte de cargas con una mano

Pesos máximos aceptables para el 75 percentil mujer.

$$L \text{ [Kg]} = K_1 F_{\text{máx}}$$

**Tabla 138 - K<sub>1</sub>: Multiplicador de mano utilizada**

<i>Mano utilizada para sujetar la carga</i>	
Dominante	No dominante
1,0	0,9

**Tabla 139 - F<sub>máx</sub> - Fuerza máxima mano dominante [Kg]**

Distancia de acarreo [m]	Frecuencia	
	< 1 lev/min	≥ 1 lev/min
30	7	4,9
60	6,5	4,5
90	6	4,2

Empuje con dos manos

Fuerzas máximas (inicial y sostenida) para el 75 percentil mujer.

$$F \text{ [Kg]} = F_{\text{máx}}$$

**Tabla 140 - F<sub>máx</sub> - Fuerzas máximas [Kg]**

Altura de trabajo de la mano	Distancia de empuje [m]	Fuerza máxima inicial [Kg]								Fuerza máxima sostenida [Kg]							
		Frecuencia								Frecuencia							
		10 lev/min	5 lev/min	1 lev/min	0,5 lev/min	0,2 lev/h	2 lev/h	1 lev/8h		10 lev/min	1 lev/min	0,5 lev/min	0,2 lev/h	2 lev/h	1 lev/8h	1 lev/8h	
Hombro	2	16	19	20	21	24	25	26		7	10	13	14	15	16	20	
	7,5	X	X	19	19	21	22	24		X	X	12	12	13	14	18	
	15	X	X	16	16	18	19	20		X	X	9	10	11	12	15	
	30	X	X	14	16	17	18	20		X	X	7	9	10	10	14	
	45	X	X	14	16	17	18	20		X	X	6	9	9	9	12	
	60	X	X	X	14	15	16	18		X	X	X	6	7	7	10	
Codo	2	16	19	21	22	25	26	27		7	10	13	14	15	16	19	
	7,5	X	X	19	20	21	23	25		X	X	11	12	13	14	17	
	15	X	X	17	17	18	20	21		X	X	9	10	11	12	14	
	30	X	X	15	16	18	19	21		X	X	7	9	9	10	13	
	45	X	X	15	16	18	19	21		X	X	6	8	9	9	12	
	60	X	X	X	15	16	19	21		X	X	X	5	7	7	9	
Pierna	2	17	20	22	23	26	27	28		6	9	12	12	13	14	18	
	7,5	X	X	20	21	23	24	26		X	X	11	11	12	13	16	
	15	X	X	17	18	20	21	22		X	X	8	9	10	11	13	
	30	X	X	16	17	18	20	22		X	X	6	8	9	9	12	
	45	X	X	16	17	18	20	22		X	X	6	8	8	8	11	
	60	X	X	X	15	16	18	20		X	X	X	5	6	6	9	

X = no aplicable

Empuje y tracción con una mano

Límites de Fuerza en empuje y tracción en postura de pie.

$$F \text{ [Kg]} = K_1 F_{\text{máx}}$$

**Tabla 141 - K<sub>1</sub>: Multiplicador de mano utilizada**

<i>Mano utilizada en el empuje / tracción</i>	
Dominante	No dominante
1,0	0,9

**Tabla 142 - F<sub>máx</sub> - Fuerzas máximas [Kg]**

Movimiento	Frecuencia	
	< 1 vez / min	≥ 1 vez / min
Empuje	11	7,5
Tracción	10	6,8

### 3.25. RESUMEN DE LOS MÉTODOS DE EVALUACIÓN

En la revisión bibliográfica hemos recogido los métodos de evaluación que se cuentan entre los más difundidos entre los profesionales de la prevención de riesgos laborales, muchos de los cuales son o han sido de uso habitual en nuestra práctica diaria. En la Tabla 143 - Clasificación de métodos de evaluación que permiten valorar riesgos en extremidades superiores y en la Tabla 144 - Clasificación de métodos de evaluación específicos de tareas de movimiento manual de cargas resumimos las características más relevantes de cada uno de los métodos que hemos comentado.

**Tabla 143 - Clasificación de métodos de evaluación que permiten valorar riesgos en extremidades superiores**

Método	Factores de riesgo considerados (a)					Partes anatómicas consideradas (b)						Aplicación (c)					
	F	P	R	D	O	P	E	C	B	H	M	MR	PF	TE	TD	MC	AF
OWAS	•	✓				✓	✓	✓	✓				✓				
SIEMENS	✓	✓	✓	✓	■	✓	✓	✓	✓		✓	✓		✓	✓	✓	✓
RODGERS	•	✓	✓			✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	•	✓	•	•
RULA ☒	•	✓	•				✓	✓	✓		✓	✓	•	•	✓		
VIRA		✓	✓	•				✓		✓			✓	✓			
OPEL	✓	✓	✓	✓	▽	✓	✓		✓		✓	✓			•		•
RNUR ☒	✓	✓	✓		□		✓		•	•		✓			✓	✓	✓
FORD	✓	✓	✓		○		✓	✓	•		✓	✓			✓	✓	✓
ANSI	✓	✓	✓	✓				✓		✓	✓	✓			✓		✓
ERGO IBV	✓	✓	✓	✓			✓	✓	✓		✓	✓			✓	✓	✓
ISO 11226		✓	✓			✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓			
STRAIN INDEX	✓	✓	✓	✓							✓	✓			✓		✓
OCRA	✓	✓	✓	✓					✕	✓	✓	✓	•	•	✓		✓
prEN 1005-3	✓	✓	✓	•		✓	•		✓	•		✓			✓		✓
PENNSYLVANIA	✓	✓	✓						•		✓	✓			✓		✓
TLV ACGIH	✓		•								✓	✓			✓		✓
REBA ☒		✓				✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	•	•	✓	•

**Notas:**

(a) F= fuerza, P= postura, R= repetición D= duración O= otros

(b) P= piernas, E= espalda, C= cuello, B= brazo/s, H= hombro y M= Manos/Muñecas

(c) MR= movimientos repetidos, PF= posturas forzadas, TE= trabajo estático, TD= trabajo dinámico, MC= movimiento manual de cargas y AF= aplicación de fuerzas con brazos y/o manos

✓ factor de riesgo o parte anatómica considerada explícitamente

• factor de riesgo o parte anatómica que se incluye pero no evaluado plenamente

✕ incluye codo

■ permite evaluar momentos de giro

□ evalúa carga cognitiva

○ evalúa riesgos de seguridad e higiénicos (factores ambientales)

☒ da una puntuación global

▽ evalúa torque de las herramientas

**Tabla 144 - Clasificación de métodos de evaluación específicos de tareas de movimiento manual de cargas**

Método	Factores de riesgo considerados (a)					Método Base (b)			Análisis (c)	
	F	P	R	D	O	F	B	P	ST	MT
REFA (Burand)	✓	✓	✓	✓			✓		✓	
NIOSH 1981	✓	✓	✓	✓			✓		✓	
NIOSH 1991	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓
prEN 1005	✓	✓	✓	✓	□	✓	✓	✓	✓	
Advanced Ergonomics	•	•	•		■		✓		✓	
Guía INSHT ☒	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	

**Notas:**

(a) F= fuerza, P= postura, R= repetición D= duración O= otros/observaciones

(b) F= fisiológico, B= biomecánico, P= psicofísico

(c) ST= simple tarea, MT= multitarea

✓ factor de riesgo considerado explícitamente

• factor de riesgo evaluado total o parcialmente en función del tipo de esfuerzo

■ permite evaluar manejo de cargas en posturas desfavorables

□ permite evaluar tareas que se realizan con una mano

☒ criterio oficial en España

## **4. MATERIAL Y MÉTODO**

### **4.1. INTRODUCCIÓN**

#### **4.1.1. Introducción**

El trabajo de campo se llevó a cabo en la factoría de General Motors España (ex Opel España) en Figueruelas (Zaragoza) y que fue inaugurada en 1982 para la fabricación del modelo Corsa.

Los hitos históricos más destacables de la planta de Figueruelas en la que se ha realizado este trabajo son:

1979 – Constitución de General Motors España

1980 – Colocación de la primera piedra

1982 – Comienzo de la producción

1983 – Comienza el segundo turno

1988 – Comienza el tercer turno

1993 – Nuevo modelo de Corsa

1994 – Comienzo de la producción del Opel Tigra

2000 – Nuevo modelo de Corsa

2002 – Producción del Corsa 7 millones

2003 – Comienzo de la producción del Opel Meriva y record de producción anual (460.000 unidades).

#### **4.1.2. General Motors España en cifras**

Cuota de mercado nacional: 9,72%

Producción anual: 460.000 vehículos y 132.000 componentes

Plantilla: 8100 personas

Empresas proveedoras: 52 (alrededor de 4500 puestos de trabajo)

Modelos producidos: Corsa de 3 y 5 puertas y Meriva

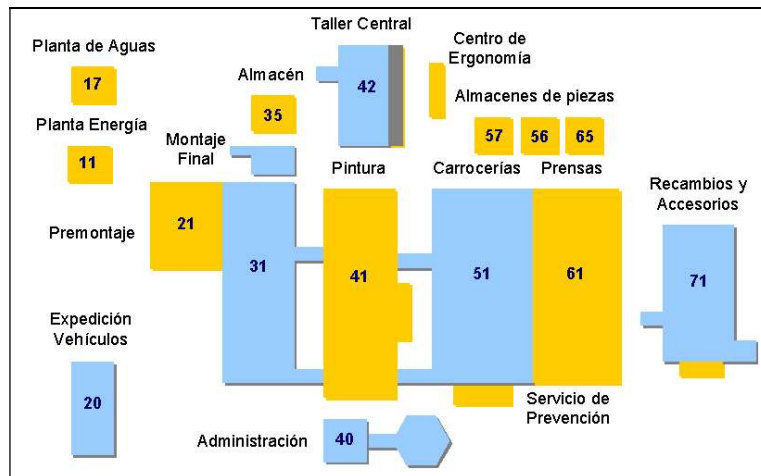
#### **4.1.3. Descripción de las instalaciones**

La factoría de General Motors España cuenta con cinco naves dedicadas a la producción del vehículo:

- Nave de prensas (Edificio 61), donde se cortan y conforman las distintas piezas que formarán parte de la carrocería del vehículo.
- Nave de carrocerías (Edificio 51), donde se ensamblan y sueldan todas las piezas del vehículo.
- Nave de pinturas (Edificio 41), donde se hacen los tratamientos superficiales y el sellado y pintado de las carrocerías. En esta nave también se realizan algunas tareas de montaje (por ejemplo colocación de algunos insonorizantes, colocación de molduras, anagramas, etc.).
- Nave de acabado final (Edificio 31), donde se ensamblan todas las piezas del vehículo.
- Nave de componentes (Edificio 21), donde se fabrican distintas piezas que luego se montan en la nave de acabado final.

Además cuenta con otros edificios dedicados a almacenes (Edificios 35, 57, 56, 65 y 71), servicios (Planta de aguas y planta de energía), taller central (Edificio 42), administración (Edificio 40), expedición (Edificio 20), Servicio de Prevención y Centro de Ergonomía (ver Figura 31 - Instalaciones de General Motors España).

**Figura 31 - Instalaciones de General Motors España**



#### 4.2. DESCRIPCIÓN DE LOS PUESTOS DE TRABAJO

El sistema de análisis diseñado que es objeto de este trabajo ha sido básicamente pensado para aquellos puestos en los que se desempeñan trabajos del tipo manufactura. En general, todos ellos se llevan a cabo en el interior de diferentes naves, a temperatura adecuada al gasto energético y con iluminación artificial. La atmósfera es limpia, estando exenta de polvo, humos o nieblas.

Se pueden manejar diferentes tipos de producto formando parte todos ellos de la secuencia de montaje del vehículo. Dichos componentes pueden ser de tipo metálico, plástico, pintura, etc., encontrándose, en dependencia de la fase de producción. Para el desarrollo de las tareas pueden ser necesarios diferentes tipos de útiles y herramientas: martillos, pistolas (neumáticas, eléctricas y electrónicas), elementos de soldadura, pistolas de pintura, etc.

En cuanto a sus implicaciones biomecánicas, el trabajo se realiza (salvo contadas excepciones) en bipedestación y requiere fundamentalmente de la utilización de las extremidades superiores. La columna lumbar y cervical pueden verse implicadas en el desarrollo de la tarea tanto desde el punto de vista postural como en la realización de acciones con fuerza en el caso de la manipulación de piezas o de la conducción de vehículos. El proceso de trabajo (excepción hecha del abastecimiento de piezas) se sucede en ciclos de trabajo definidos dentro de lo que se denomina proceso de producción en cadena.

Además de los operarios que realizan alguna de las tareas que componen los diferentes procesos y que, en consecuencia, están en contacto directo bien con el vehículo, o con alguno de sus componentes, existen otros cuya función es suministrar las piezas de montaje a la línea (carretilleros). En el caso de este tipo de tarea, el

trabajador la lleva a cabo, en su mayoría, dentro de un espacio amplio y cerrado, aunque en ocasiones deba realizar salidas al exterior.

La tarea en sí consiste en el transporte de materiales mediante la utilización de los vehículos destinados a tal propósito, normalmente carretilla o tractor. En ocasiones, el trabajador debe realizar otras funciones distintas a la de conducción del vehículo como son el preparado de contenedores o el manejo manual de cargas. Los pesos a manipular pueden oscilar entre unos pocos gramos y 18 Kg. Desde el punto de vista funcional, para desarrollar la tarea, el operario se encuentra de manera habitual en posición de sedestación, cambiando de postura cuando se le exige subir o bajar del vehículo. Las extremidades superiores intervienen tanto en la conducción (sobre todo el miembro superior izquierdo) como en las tareas manuales de plegado de contenedores o manejo de cargas. La columna cervical se encuentra habitualmente en posición neutra, aunque puntualmente realiza movimientos de rotación.

En el resto de departamentos analizados se realizan tareas de tipo administrativo. Se trata por tanto de tareas que no se relacionan con el montaje del vehículo o el abastecimiento y manejo de materiales.

En las siguientes tablas (Tabla 145 - Departamento 3001 a Tabla 157 - Departamento 1214) se describen las tareas llevadas a cabo en los puestos de trabajo de cada uno de los departamentos analizados.



**Tabla 145 - Departamento 3001**

<i>Puesto de trabajo / Tarea</i>
1. Protector aletas - taco frontal
2. Montar portón lado derecho
3. Montar portón lado izquierdo
4. Premontaje tapa columna y montaje emblema portón
5. Medir puertas y aprovisionar insonorizante
6. Protector aletas-taco frontal
7. Montar portón
8. Premontaje tapa columna y montaje insonorizante motor
9. Medir puertas y aprovisionar insonorizante
10. Medir puertas y aprovisionar bombines
11. Insonorizante interior + placa delantera izda.
12. Insonorizante interior + placa delantera dcha.
13. Soporte viga paragolpes y muelle capo
14. Montar sirga capo y posicionar BCM
15. Aprovisionar BCM y cables
16. Insonorizantes maletero y tapa bomba
17. Mazo de cables delantero en caja de aguas
18. Premontaje + montaje pedalera Meriva
19. Montaje base antena y placa puerta trasera
20. Montaje mazo cables trasero izdo.
21. Cableado pedalera LHD y sensor airbag izdo.
22. Montaje interruptor y conector pilar "B" izdo.
23. Montaje mazo de cables trasero derecho
24. Montaje interruptor y conector pilar "B" dcho.
25. Insonorizante interior + placa delantera izda.
26. Insonorizante interior + placa delantera dcha.
27. Premontaje pedalera
28. Cargar, apuntar y fijar pedalera , LHD y RHD
29. Airbag de cortina (coordinador mix)
30. Montar sirga capo y posicionar BCM
31. Aprovisionar cables, montaje caja ECR y fijar BCM
32. Montaje mazo de cables trasero izquierdo
33. Cableado pedalera LHD y sensor airbag izdo.
34. Montaje interruptor y amortiguador trasero izda.
35. Montaje mazo de cables trasero derecho
36. Montaje interruptor y amortiguador trasero dcho.
37. Desmontar puerta delantera y trasera izq. L1
38. Desmontar puerta delantera y trasera dcha. L1
39. Desmontar puerta delantera y trasera izq. L2
40. Desmontar puerta delantera y trasera dcha. L2
41. Montar tapa columna dirección L1
42. Montar tapa columna dirección L2

**Tabla 146 - Departamento 3003**

<i>Puesto de trabajo / Tarea</i>
1. Ruteado mazo de cables portón
2. Burletes antipolvo izdo. Meriva y conector izdo.
3. Burletes antipolvo dcho. Meriva y sensor deposito
4. Masas mazo delantero y soporte motor dcho.
5. Montar mazo paragolpes y tapones
6. Soporte motor izdo. y cable viga paragolpes
7. Montar burlete puerta delantera derecha
8. Burlete puerta trasera derecha + guía de cinturón
9. Montar insonorizante exterior y soportes vierteaguas
10. Montar + ajuste techo solar + tuberías airbag de cortina
11. Montar tubo limpia portón
12. Montar burlete puerta delantera izda.
13. Burlete puerta trasera izda. + guía de cinturón
14. Masas: larguero delantero izdo., portón y maletero
15. Terminales pilotos + tacos portón
16. Cableado lateral y espiga capo
17. Luz adicional de freno
18. Mazo de cables delantero en caja de aguas
19. Ruteado mazo de cables portón
20. Masas mazo delantero y soporte motor dcho.
21. Soporte motor izdo. Y cable viga paragolpes
22. Placa puerta trasera dcha., tacos y espiga
23. Montar burlete puerta delantera derecha
24. Burlete puerta trasera dcha. + guía cinturón
25. Cableado maletero y masas
26. Fijar amortiguadores, tapones y placa trasera
27. Montaje base de antena y tapones
28. Airbag de cortina (coordinador MIX)
29. Montar burlete puerta delantera izquierda
30. Burlete puerta tras. Izda. + guía cinturón
31. Montar tubo limpia portón
32. Bandeja batería RHD. E intermitente lateral izdo.
33. Bandeja batería LHD. E intermitente lateral dcho.
34. Desagüe techo solar (coordinador MIX)

**Tabla 147 - Departamento 3004**

<i>Puesto de trabajo / Tarea</i>
1. Montar carta de montaje + frenillo lado izdo.
2. Montar mazo de cables o tapón en puerta lado izdo.
3. Montar protector + maneta puerta lado izdo.
4. Montar conjunto cerradura en puerta lado izdo.
5. Montaje antirrobo + comprobaciones en puerta lado izdo.
6. Premontaje cerraduras lado izdo. y dcho.
7. Montar frenillo + distribuir bombines lado dcho.
8. Montar mazo de cables o tapón en puerta lado dcho.
9. Montar protector + maneta puerta lado dcho.
10. Montar conjunto cerradura en puerta lado dcho.
11. Montaje antirrobo + comprobaciones en puerta lado dcho.
12. Montar y repasar goma guía puerta lado izdo.
13. Montar cristal + lamelunas exterior puerta lado izdo.
14. Montar espejo + rail guía trasero puerta lado izdo.
15. Montar rail guía del. + elevalunas puerta lado izdo.
16. Fijar rail guía + elevalunas puerta lado izdo.
17. Comprobar y fijar elevalunas puerta lado izdo.
18. Montar y repasar goma guía puerta lado dcho.
19. Montar cristal + lamelunas exterior puerta lado dcho.
20. Montar espejo + rail guía trasero puerta lado dcho.
21. Montar rail guía del. + elevalunas puerta lado dcho.
22. Fijar rail guía + elevalunas puerta lado dcho.
23. Comprobar y fijar elevalunas puerta lado dcho.
24. Montar folios + altavoz inferior en puertas lado izdo.
25. Montar panel puerta lado izdo.
26. Montar lameluna int. + tapa interior a puerta lado izdo.
27. Montar tapa tirador + fijar panel parte inf. puerta lado izdo.
28. Situar gomas protector puerta + comprobaciones lado izdo.
29. Montar folios + altavoz inferior en puertas lado dcho.
30. Montar panel puerta lado dcho.
31. Montar lameluna int. + tapa interior a puerta lado dcho.
32. Montar tapa tirador + fijar panel parte inf. puerta lado dcho.
33. Situar gomas protector puerta + comprobaciones lado dcho

**Tabla 148 - Departamento 3006**

Puesto de trabajo / Tarea
1. Carrete cinturón trasero lado izquierdo
2. Carrete cinturón trasero lado derecho
3. Bandeja batería LHD e intermitente lateral derecho
4. Montaje techo zona delantera + módulo luz cortesía del.
5. Techo solar (coordinador mix)
6. Bandeja bat. RHD e inter. Lat. izdo.+ Rutear mazo cables Meriva
7. Montaje cerradura portón y placa cierre
8. Premontaje techo + Montaje zona trasera
9. Tubería embrague hidráulico
10. Montaje burlete, tirador y bombín portón
11. Fijación perno capó + Tuberías de freno + Tuberías Master
12. Fijar unidad ABS Meriva
13. Premontaje conjuntos distribuidor + Hidrounidad ABS
14. Montaje bombín, tirador y perno cierre portón
15. Tubería embrague hidráulico
16. Montaje techo + Módulo lámpara
17. Montaje agarramanos traseros
18. Montaje burlete pestaña luneta
19. Techo solar (coordinador mix)
20. Montaje cerradura y burlete portón
21. Fijación perno capó + Montaje tuberías de freno
22. Premontaje conjuntos distribuidor + Hidrounidad ABS
23. Inspectores
24. Reparador
25. Inspectores

**Tabla 149 - Departamento 3012**

<i>Puesto de trabajo / Tarea</i>
1. Montaje revestimiento pilar "B" izdo. + Premontaje encendedor
2. Montaje revestimiento pilares "C" "D" izdo. + Encendedor Corsa
3. Fijar módulo revestimiento pilar "B" izdo.
4. Conector + Interruptor puerta + Fijar cable masa LHD
5. Conectores mazo cables izdo. + Revestimiento lateral inferior
6. Montaje revestimiento estribo izdo. + Apertura capó LHD
7. Montaje revestimiento pilar "B" dcho.
8. Fijar módulo revestimiento pilar "B" dcho.
9. Montaje revestimiento pilares "C" "D" dcho. + Cinturones Corsa
10. Conector puerta + Mazo cables dcho. + Fijar cable masa RHD
11. Conectores mazo cables dcho. + Revestimiento lateral inferior
12. Montaje revestimiento estribo dcho. + Apertura capó LHD
13. Montaje barra + Soporte panel de instrumentos
14. Montaje barra + Soporte panel de instru. / Soporte inferior salpicadero
15. Caja de conexiones + Aprovisionar consola + Insp. Unidad de control
16. Montaje de unidad de control Airbag + Clip en RHD
17. Montar palanca de cambios (lado izdo.)
18. Montar freno de mano y sensor de velocidad (lado dcho.)
19. Montar insonorizador (Diesel) + Tapa cámara
20. Fijar masas y conexión freno de mano (lado dcho.)
21. Montar revestimiento pilar "B" + Apuntar cinturón pilar "C" (lado izdo.)
22. Montar insonorizante + Revestimiento lateral + Fijar pilar "B" (lado izdo.)
23. Fijar cinturones traseros + Premontaje encendedor 5P
24. Conector + Interruptor puerta delantera izda.
25. Fijar cable masa LHD + Revestimiento lateral inferior pilar "A"
26. Montaje revestimiento estribo + Apertura capó LHD
27. Montar revestimiento pilar "B" + Apuntar cinturón pilar "C" (lado dcho.)
28. Montar insonorizante + Revestimiento lateral + Fijar pilar "B" (lado dcho.)
29. Conector + Interruptor puerta delantera dcha.
30. Fijar cable masa RHD + Revestimiento lateral inferior pilar "A"
31. Montaje revestimiento estribo + Apertura capó RHD
32. Montaje soporte inferior salpicadero
33. Montaje de unidad de control Airbag
34. Montar palanca de cambios (lado izdo.)
35. Montar freno de mano y desmontar tuercas de masas (lado dcho.)
36. Fijar masas y conexión freno de mano + Sensor de estabilidad (lado dcho.)

**Tabla 150 - Departamento 3013**

<i>Puesto de trabajo / tarea</i>
1. Montar consola + conector asiento lado izdo.
2. Montar tapa cámara y consola + insonorizante lado dcho.
3. Extensión consola lado izdo.
4. Extensión consola lado dcho.
5. Montar insonorizante y tapa inferior salpicadero/guantera lado izdo.
6. Montar insonorizante y tapa inferior salpicadero/guantera lado dcho.
7. Aprovisionar piezas y fijar asiento central lado izdo.
8. Aprovisionar y fijar asiento central lado dcho.
9. Fijar respaldo trasero. + cinturón central y base asiento lateral izdo
10. Fijar respaldo trasero + cinturón central y base asiento lateral dcho
11. Fijar asiento delantero izdo. Con 4 tornillos
12. Fijar asiento delantero dcho. Con 4 tornillos
13. Fijar regletas y montar tapa cámara y consola lado izdo.
14. Montar tapa cámara y consola lado derecho
15. Montar cinturón pilar "B" y trasero piso lado izdo.
16. Montar cinturón pilar "B" y trasero piso lado dcho.
17. Montar insonorizante y tapa inferior salpicadero/guantera lado izdo.
18. Montar insonorizante y tapa inferior salpicadero/guantera lado dcho.
19. Fijar respaldo trasero
20. Aprovisionar asiento y respaldo trasero/separador lado derecho
21. Cinturón central y base asiento y fijar revestimiento (3P.) lado izdo.
22. Cinturón central y base asiento./tir.separador y fijar revestimiento (3P.) lado izdo.
23. Fijar asiento delantero lado izdo. con 4 tornillos
24. Fijar asiento delantero lado dcho. con 4 tornillos
25. Inspección reparación L1
26. Inspección reparación L2

**Tabla 151 - Departamento 3101**

<i>Puesto de trabajo / Tarea</i>
1. Preparación + carta + etiquetas
2. Montar clips + deslizante y viga trasera derecha
3. Montar clips + deslizante y viga trasera izquierda
4. Fijar viga paragolpes trasero
5. Cableado + tubo de freno
6. Preparación módulo de combustible ( puesto nº 1 )
7. Preparación módulo de combustible ( puesto nº 2 )
8. Preparación módulo de combustible ( puesto nº 3 )
9. Premontar compresor / escape 1,8 y diesel
10. Impresión carta de inspección
11. Apretar tubo de llenado de combustible
12. Sirga freno de mano +
13. Mantas anticalóricas + BL5/BL6
14. Tubos combustible hueco motor
15. Insonorizante + filtro carbono activo
16. Montaje viga gancho remolque
17. Latiguillos frenos delanteros Izq. + sensor
18. Latiguillos frenos delanteros dcho.+ ABS
19. Montaje paragolpes trasero
20. Montar tapones de drenaje + tornillos
21. Montaje de opciones
22. Depósito líquido de frenos
23. Llenado de frenos
24. Retirar cabezal llenado de frenos
25. Conexiones eléctricas
26. Depósito expansión + manguitos
27. Conexiones eléctricas

**Tabla 152 - Departamento 3103**

<i>Puesto de trabajo / Tarea</i>
1. Tubo de escape a caballete
2. Cuna de motor a caballete
3. Carga de motor a caballete
4. Apriete suspensión delantera izquierda
5. Apriete suspensión delantera derecha
6. Sellado carta atornillado
7. Montaje palier lado izquierdo
8. Montaje palier lado derecho
9. Apuntar tubo de escape a motor
10. Montaje suspensión derecha
11. Montaje suspensión izquierda
12. Módulo de radiador a caballete
13. Conexión radiador + barra estabilizadora (lado derecho)
14. Conexión radiador + barra estabilizadora (lado izquierdo)
15. Llenado caja de cambios
16. Abastecimiento + Apuntar amortiguadores traseros
17. Apretar amortiguadores traseros + silenciosos
18. Casamiento eje trasero lado izdo.
19. Casamiento eje trasero lado dcho.
20. Montaje sirga freno de mano
21. Latiguillos delanteros (izq. Y dcho.)
22. Latiguillos traseros (izq. Y dcho.)
23. Conexiones + tendido de cables + ABS
24. Apretar colector + fijar tubo de escape + silencioso

**Tabla 153 - Departamentos 3121, 3122, 3123**

<i>Puesto de trabajo / Tarea</i>
1. ECOS
2. P+I, chapa y protectores de aletas
3. Reparación interior de bandas
4. Reparación final 3ª banda
5. Reparación pintura
6. Reparación chapa
7. Reparación mecánica
8. Reparación eléctrica + TRIM
9. Care line + prueba de aguas + ruidos

**Tabla 154 - Departamento 2821**

<i>Puesto de trabajo / Tarea</i>
Pintado de carrocerías



**Tabla 155 - Departamentos 2171, 3071, 5323**

Puesto de trabajo / Tarea  
Movimiento de materiales

**Tabla 156 - Departamentos 2801, 3099, 5310, 5320**

Puesto de trabajo / Tarea  
Administración

**Tabla 157 - Departamento 1214**

Puesto de trabajo / Tarea  
Montaje tubo de llenado

Independientemente de la descripción general anterior, se podría concretar el tipo de actividad en relación con los factores de riesgo que se analizan (postura, fuerza, repetición), tal como planteamos en la Tabla 158 - Relación entre departamentos analizados, tarea y factores de riesgo ergonómico fundamentales.

**Tabla 158 - Relación entre departamentos analizados, tarea y factores de riesgo ergonómico fundamentales**

<i>Departamento</i>	<i>Tipo de actividad</i>	<i>Factores de riesgo</i>		
		<i>Postura</i>	<i>Fuerza</i>	<i>Repetición</i>
3001 3003 3004 3006 3012 3013 3101 3103	Montaje y acabado final del vehículo	+	+	+
3121 3122 3123	Reparación final vehículo	+/-	-	-
2821	Pintado vehículo	+	+/-	+
1214	Montaje componentes	-	+/-	+
2171 3071 5323	Transporte materiales	+/-	+/-	-
2801 3099 5310 5320	Administración	-	-	-

### **4.3. BASES TÉCNICAS PARA EL DESARROLLO Y APLICACIÓN DEL SISTEMA DE EVALUACIÓN**

#### **4.3.1. Introducción**

En base a las necesidades descritas en la introducción y a la bibliografía consultada, nos planteamos el desarrollo de un sistema de evaluación ergonómica destinado a valorar el riesgo de padecer un TMERT en la planta de automóviles de General Motors España.

Para la aplicación de la metodología se han utilizado los recursos que dispone la factoría y, en concreto de su Departamento de Prevención, para la Vigilancia de la Salud de los trabajadores.

Además de los recursos de aplicación y uso habitual, pasamos a describir aquellos que han sido necesarios tanto para el diseño como para la aplicación del método desarrollado:

a) Datos antropométricos de la población laboral de General Motors España<sup>108</sup>

Se utilizaron los datos antropométricos de la población laboral de General Motors España (que normalmente se emplean para el diseño ergonómico de los puestos de trabajo) para establecer las alturas a las que se deberían medir las fuerzas máximas.

b) Residual de Incidentabilidad Estandarizado (RIS)<sup>104, 106</sup>

Como la mayoría de autores<sup>104,105</sup> consideran, la vigilancia de la salud es el instrumento fundamental que la Medicina del Trabajo debe utilizar para el control y el seguimiento de la repercusión de las condiciones de trabajo sobre la salud de la población trabajadora y, como tal, debe considerarse como una técnica que no puede entenderse aislada dentro del campo de la prevención, de tal manera que sólo tendrá sentido cuando se encuentre completamente integrada en el plan de prevención global de la empresa.<sup>106</sup>

De esta manera se podrán posteriormente, utilizar los datos en la planificación de intervenciones con objeto de modificar los factores que producen esos episodios no deseados.

La vigilancia de las enfermedades y lesiones profesionales, desde un punto de vista conceptual, consiste en el control sistemático de los episodios relacionados con la salud, en la población activa, con el fin de prevenir y controlar los riesgos

profesionales, así como las enfermedades y lesiones asociadas a ellos. Para ello, se deberá recopilar la información sobre los casos de enfermedades y lesiones relacionadas con el trabajo, depurar y analizar los datos obtenidos y, finalmente, divulgarlos a todas las partes interesadas.

Por ello se deben no sólo observar y describir los casos de lesiones y enfermedades sino utilizar un instrumento de medida que, de alguna manera, aporte información fiable sobre el posible origen de un determinado problema de salud.

Hay que partir por tanto de la necesidad de los indicadores como instrumentos que permiten medir los cambios que se dan en ciertas condiciones de interés, básicos en la descripción y síntesis de un suceso en un momento determinado o en su evolución en el tiempo y en el análisis con otros sucesos en Ciencias de la Salud. Es decir, se trata de una herramienta que permite medir o tipificar fenómenos cuya diacronía les confiere carácter dinámico.

Además, los indicadores deben estar estrechamente relacionados con los medios disponibles para el acopio y ordenación de datos, lo que conlleva a considerarlos, tanto a ellos como a sus fuentes de datos, como sistemas de información<sup>23</sup>, entendiendo como tal todo conjunto de elementos, ordenadamente relacionados entre sí de acuerdo con unas ciertas reglas, que aporta al sistema objeto (es decir, a la organización a la cual sirve y que le marca las directrices de funcionamiento) la información necesaria para el cumplimiento de sus fines, para lo cual tendrá que recoger, procesar y almacenar datos, procedentes tanto de la misma organización como de fuentes externas, facilitando la recuperación, elaboración y presentación de los mismos.

En nuestro caso, se utilizó como indicador el Residual de Incidentabilidad Estandarizado (RIS), que más adelante se comentará, para determinar en qué departamentos existía exposición a riesgos de TMERT y en cuáles no.

#### c) Fuerzas máximas de la población laboral de General Motors España

Como se puso de manifiesto en la introducción, la fuerza aplicada constituye uno de los factores de riesgos más importantes en los TMERT. Siendo que no encontramos en la totalidad de la bibliografía consultada datos de fuerzas compatibles con las tareas desarrolladas en la factoría y aplicables a la población laboral expuesta, un equipo de investigación realizó la medición de las mismas durante los reconocimientos médicos anuales para poder utilizar dicha información en el cálculo de la máxima contracción voluntaria.

#### d) Posturas de trabajo (sistema HADA/Move-Human)

Uno de los objetivos de la metodología de evaluación desarrollada fue que pudiera ser aplicada de forma sencilla y con una mínima utilización de equipos de medida. No obstante, en algunos casos para contrastar la apreciación subjetiva del evaluador y, en otros, por tratarse de tareas complejas, se empleó para el análisis de posturas y movimientos el equipo HADA/Move-Human (Herramienta de Análisis y Diseño Asistido).

En la actualidad existen diferentes sistemas muy avanzados para la captura de movimiento (VICON, Clima, etc.)<sup>107</sup>. Sin embargo, la mayoría son de uso restringido a condiciones de laboratorio, con un coste elevado y requieren una alta capacitación de los profesionales que los utilizan.

El sistema que hemos utilizado se ha diseñado con el propósito de permitir la captura de movimiento en el propio puesto de trabajo. Mediante este sistema es posible realizar un análisis tridimensional del movimiento (medida de ángulos, alturas, velocidades, aceleraciones, entre otros), facilitando el análisis ergonómico correspondiente y la valoración de los posibles riesgos derivados.

El desarrollo del equipo es fruto de un acuerdo de colaboración entre el Instituto de Ergonomía MAPFRE y el Grupo ID\_ERGO (Investigación y Desarrollo en Ergonomía) del Instituto de Investigación en Ingeniería de Aragón (I3A) adscrito a la Universidad de Zaragoza, contando además con el apoyo del Departamento de Prevención de General Motors España en las pruebas de campo realizadas durante la etapa de diseño.

HADA/Move-Human se caracteriza por capturar el movimiento del sujeto trasladándolo a un modelo virtual biomecánico (denominado *Human*) de antropometría similar al operario observado, a partir de la filmación de su actividad en el puesto de trabajo por medio de una cabeza de estéreo-visión.

#### **4.3.2. Datos antropométricos de la población laboral de General Motors España**

A continuación se incluyen los datos antropométricos más relevantes correspondientes a la población laboral de General Motors España<sup>108</sup> (1997), así como los mismos datos para postura de pie (Tabla 159 - Datos Antropométricos en postura de pie) y sentado (Tabla 160 - Datos Antropométricos en postura sentado) obtenidos del informe preliminar del Centro Nacional de Medios de Protección<sup>109</sup>. En el caso de General Motors España se proporcionan los datos para hombres y para mujeres (percentiles 5,

50 y 95), mientras que el estudio del INSHT recoge datos combinados de población laboral (hombres y mujeres).

**Tabla 159 - Datos Antropométricos en postura de pie**

Dimensión antropométrica	<i>Datos INSHT*</i>			<i>Datos GM España*</i>		
	5%	50%	95%	5%	50%	95%
1 Estatura (talla)	1525	1665	1803	1605 1477	1705 1610	1818 1755
2 Altura de los ojos	1423	1558	1699	1510 1380	1605 1510	1705 1648
3 Altura de los hombros	1256	1384	1508	1341 1212	1435 1335	1535 1463
4 Altura de los codos	932	1027	1122	1020 930	1095 1025	1180 1120
5 Altura de la espina ilíaca	843	940	1048	880 797	960 900	1040 1000
6 Altura tercer metacarpiano	664	735	810	720 670	785 750	860 839
7 Altura de la tibia	400	457	529	420 384	460 430	510 480
8 Alcance máximo horizontal	606	700	785	610 540	665 610	710 690

\*Datos en mm

**Tabla 160 - Datos Antropométricos en postura sentado**

Descripción	<i>Datos INSHT*</i>		
	5%	50%	95%
9 Altura de la cabeza	1525	1665	1803
10 Altura de los ojos	1423	1558	1699
11 Altura de los hombros	1256	1384	1508
12 Altura de los codos	932	1027	1122
13 Altura de las piernas	843	940	1048
14 Altura del asiento	664	735	810

\*Datos en mm

#### **4.3.3. Vigilancia epidemiológica**

Previo a la realización del estudio de campo y para comprobar la eficacia de la metodología de valoración propuesta, nos apoyamos en el sistema centinela cuyo indicador es el Residual de Incidentabilidad Estandarizado<sup>104,106</sup> (RIS) que viene siendo utilizado por el Departamento de Prevención de General Motors desde 2000 y constituye un indicador de incidentabilidad evitable. Este indicador centinela permite establecer un cierto valor, o rango de valores, a partir del cual se puede considerar que se está produciendo un aumento significativo del número de incidentes respecto a lo esperable en la población general, lo cual provoca una situación de alerta en el sentido de que algo está ocurriendo en esa determinada planta, departamento de empresa o puesto de trabajo. Este indicador no sólo sirve como método de análisis dentro de un área, departamento o empresa sujeta al estudio, sino también como sistema a aplicar con fines comparativos, como un análisis temporal o entre distintas localizaciones.

El RIS fue desarrollado específicamente por un grupo de trabajo y aplicado en la planta de General Motors España durante dos periodos. El primero, comprendido entre 1995 y 1999, en el que se aplicó de forma retrospectiva y, el segundo, a partir de 2000, en el que se siguió utilizando una vez integrado en el sistema centinela que la factoría tiene dispuesto para el control de los TMERT. Los beneficios probados de la aplicación del mismo han hecho que este sistema de análisis de casos forme parte hoy en día del conjunto de herramientas de prevención para el control de los TMERT en General Motors España.

Una de las conclusiones del citado estudio realizado sobre una población de 5.553 trabajadores seguidos durante 6 años, es que se pudo observar que los departamentos en los que el RIS superaba 1,96 (y en consecuencia se debía estimar asociación estadísticamente significativa entre el tipo de trabajo y la aparición de lesión y o enfermedad relacionada con el mismo) realizaban tareas muy similares o lo que es lo mismo, se encontraban expuestos a factores de riesgo equiparables desde el punto de vista ergonómico.

En consecuencia, el RIS ha resultado fundamental para este trabajo ya que gracias a este sistema se registran, en un documento informático, todos aquellos casos que requieren asistencia médica, independientemente de la gravedad. Sobre esta base, hemos utilizado los datos provenientes de la aplicación del RIS de manera constante y

durante 3 años para cada uno de los departamentos dependientes del área de manufacturas, departamentos críticos para el objetivo de este trabajo.

La información básica que se dispone, para cada uno de los sujetos del estudio, es su estado de incidentado o no y el departamento al que pertenece.

Desde el año 2000, el Departamento de Prevención dispone de una base de datos en MS-Excel (Tabla 161 - Contenido de la base de datos) donde se registran los incidentes.

**Tabla 161 - Contenido de la base de datos**

Columna 1 <sup>a</sup>	Datos de filiación del departamento/s a estudio.
Columna 2 <sup>a</sup>	Número de casos con un determinado problema de salud (lesión o enfermedad) en un determinado departamento.
Columna 3 <sup>a</sup>	Población que no ha sufrido un determinado problema de salud (lesión o enfermedad) en un determinado departamento.
Columna 4 <sup>a</sup>	Número de casos con un determinado problema de salud (lesión o enfermedad) en el resto de la población laboral.
Columna 5 <sup>a</sup>	Población que no ha sufrido un determinado problema de salud (lesión o enfermedad) en el resto de la población laboral.
Columna 6 <sup>a</sup>	RIS.
Columna 7 <sup>a</sup>	Calificación según el valor RIS sea superior o inferior a 1,96.
Columna 8 <sup>a</sup>	Número de casos esperados.

El cálculo del RIS (Columna 6<sup>a</sup>) se realiza a partir de la siguiente tabla 2x2:

**Tabla 162 - Tabla 2x2**

	Expuestos	No expuestos	
Enfermos	A (Columna 2ª)	B (Columna 4ª)	A+B
No enfermos	C (Columna 3ª)	D (Columna 5ª)	C+D
	A+C	B+D	A+B+C+D

Mediante la hoja de cálculos se determina residual tipificado (RT):

$$RT = \frac{\text{Observados} - \text{Esperados}}{\sqrt{\text{Esperados}}}$$

Donde:

$$\text{Esperados} = \frac{(A+B)(A+C)}{(A+B+C+D)}$$

Luego, se calcula la varianza del residual tipificado ( $V_{(RT)}$ ):

$$V(RT) = \left(1 - \frac{(A+B)}{(A+B+C+D)}\right) \left(1 - \frac{(A+C)}{(A+B+C+D)}\right)$$

Y, por último, se determina el residual ajustado (RA) al que se denomina RIS:

$$RA = \frac{RT}{\sqrt{V(RT)}} = RIS$$

Una vez obtenido el RIS, la regla de decisión es:

**Tabla 163 - Regla de decisión para el RIS**

<i>RIS</i>	<i>Casos esperados</i>	<i>Significado</i>
>1,96	≥ 5	Alarma significativa
>1,96	<5	Alarma no significativa
<1,96		No alarma

Por tanto, para cada departamento se disponía de información sobre número de incidentes observados, número de incidentes esperados si se mantuviera la incidentabilidad de la fábrica y el resto de la información que correspondería a una tabla 2x2 en la que la variable tiene dos modalidades: el departamento en cuestión y la suma del resto de departamentos, con lo cual se obtendrá el valor final del indicador, por tanto se construyen tantas tablas 2x2 como departamentos existan.



#### 4.3.4. Medida de fuerzas

Como ya se ha comentado, la fuerza con la que se ejecutan las acciones se considera como uno de los factores más importantes en la génesis de los TMERT, es por ello por lo que este factor debe ser tenido en cuenta en la evaluación y en el diseño de un puesto de trabajo.

De igual manera hemos visto que, desde un punto de vista ergonómico, la fuerza representa el compromiso biomecánico necesario para llevar a cabo una determinada acción o secuencia de acciones y que si tenemos en cuenta, por una parte, que la necesidad de desarrollar fuerza es habitual en el ámbito laboral y, por otra, que una fuerza excesiva puede ocasionar algún tipo de lesión, es fácil comprender la necesidad de conocer la fuerza que es capaz de soportar una determinada unidad anatómico-funcional.

Ahora bien, si su determinación en la práctica diaria puede ser dificultosa, más lo es aún si cabe, llegar a establecer los que podríamos denominar como valores de fuerza admisibles o valores de fuerza máxima para la población general. Tal vez es por ello por lo que no abundan las referencias bibliográficas relativas a dichos valores en la ejecución de diferentes acciones.

Una de las más recientes fuentes de información respecto a este factor de riesgo ocupacional deriva de un estudio realizado por un grupo de investigación en General Motors España<sup>110</sup>. En este trabajo se determinaron las fuerzas máximas de referencia para el sistema mano-brazo en determinadas acciones llevadas a cabo por la población laboral (Tabla 164 - Características de la muestra estudiada).

**Tabla 164 - Características de la muestra estudiada**

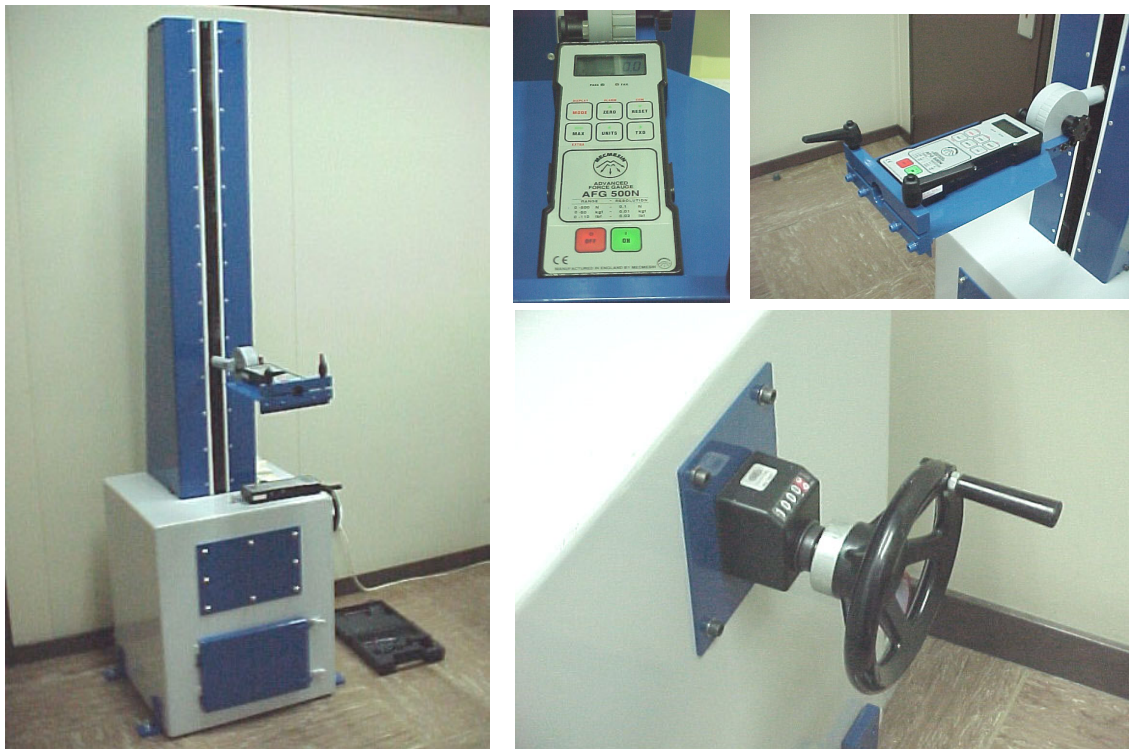
Número de determinaciones	6114
Número de trabajadores	1927
Peso medio	79 Kg.
Talla media	170 cm.
Índice de masa corporal medio (Kg/m <sup>2</sup> )	27

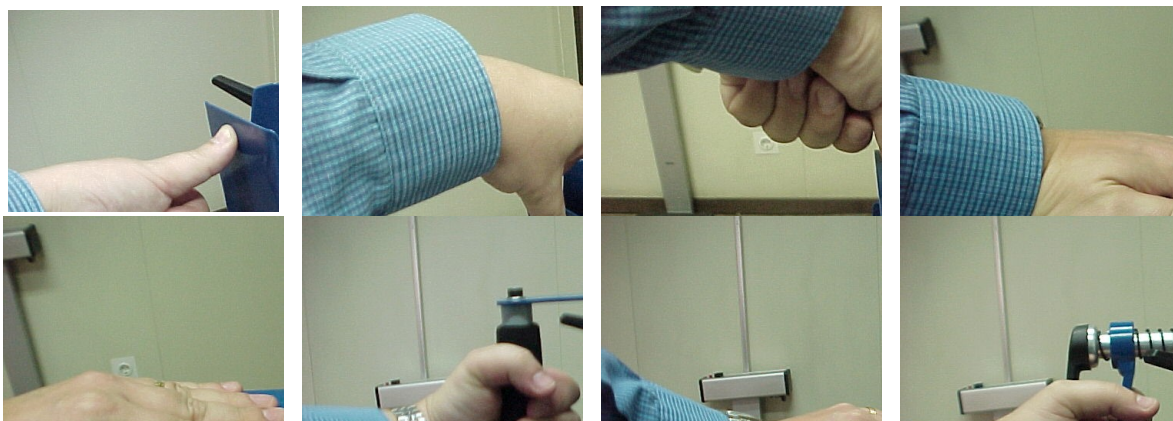
El objetivo fue medir las fuerzas ejercidas por una población laboral durante la realización de distintas acciones con el fin de determinar las fuerzas máximas de referencia para el sistema mano-brazo y así poder conseguir una mejor valoración de la carga física de trabajo para extremidades superiores y obtener datos de aplicación práctica. Las fuerzas incluidas en el estudio han sido las siguientes: fuerza de pulgar, fuerza de dedos, fuerza de palma, fuerza de pinza termino-terminal, fuerza de pinza

término-lateral, fuerza de agarre, fuerza de empuje y fuerza de tracción. Independientemente de presentar los valores obtenidos, se realiza una comparación con los aportados en diversas fuentes bibliográficas.

El equipo de medida (un dinamómetro marca MECMESIN modelo AFG500) se instaló en las dependencias del Servicio de Prevención y las medidas se llevaron a cabo durante la realización de los reconocimientos médicos periódicos programados. En la Figura 32 - Diferentes vistas del equipo para la medición de fuerzas máximas - y en la Figura 33 - Accesorios para la medida de fuerzas - se muestran el dispositivo de medida y sus accesorios:

**Figura 32 - Diferentes vistas del equipo para la medición de fuerzas máximas**



**Figura 33 - Accesorios para la medida de fuerzas**

Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

a) Fuerza dedos

Los valores más altos se han obtenido cuando el punto de aplicación de la fuerza se ha encontrado a 140 cm. Este hecho se ha dado en todos los percentiles. El valor máximo obtenido ha sido 551 N. El valor medio más alto se ha situado en los 397,9 N a una altura de 140 cm. Para las alturas de 120 y 140 cm se ha encontrado que los valores obtenidos seguían mayoritariamente una distribución normal. No ha ocurrido esto cuando la acción se ha realizado a 100 cm. No se han observado diferencias importantes entre los valores obtenidos con una u otra mano dentro de los diferentes percentiles y alturas de trabajo (Tabla 165 - Valores de fuerza máxima de dedos).

**Tabla 165 - Valores de fuerza máxima de dedos**

<i>Mano</i>	<i>5P</i>	<i>50P</i>	<i>95P</i>	<i>Media</i>	<i>D. Típica</i>	<i>Mínimo-Máximo</i>
100 cm. N=105						
Dominante	107,7	142,2	232,8	154,1	40,7	99-241,2
No dominante	104,5	148,2	224,8	154,3	40,9	95-253,8
120 cm. N=105						
Dominante	235,8	343,8	441,2	344,3	61,3	125,8-466,4
No dominante	223,6	351,8	433,6	343,9	65,3	164-476,8
140 cm. N=105						
Dominante	277,6	401,6	513	397,9	68,7	229,1-551
No dominante	273,6	397,6	507,1	390,9	69,6	205,4-544,2

b) Fuerza palma

Los valores más altos se han obtenido cuando el punto de aplicación de la fuerza se ha encontrado a 140 cm. Este hecho se ha dado en todos los percentiles. El valor máximo obtenido ha sido 556 N. El valor medio más alto se ha situado en los 398,9 N a una altura 140 cm. Para las alturas de 120 y 140 cm se ha encontrado que los

valores obtenidos seguían mayoritariamente una distribución normal. No ha ocurrido así cuando la acción se ha realizado a 100 cm. No se han observado diferencias importantes entre los valores obtenidos con una u otra mano dentro de los diferentes percentiles y alturas de trabajo (Tabla 166 - Valores de fuerza máxima con la palma).

**Tabla 166 - Valores de fuerza máxima con la palma**

<i>Mano</i>	<i>5P</i>	<i>50P</i>	<i>95P</i>	<i>Media</i>	<i>D. Típica</i>	<i>Mínimo-Máximo</i>
100 cm. N=105						
Dominante	93,6	133,2	201,6	140,8	37,1	82,4-220,4
No dominante	91,8	133,6	208,5	139,5	37,5	80-231,4
120 cm. N=105						
Dominante	241,9	376,6	485,2	376,4	72,7	113-556
No dominante	226,3	384	475,2	370,8	72,9	149,4-495,4
140 cm. N=103						
Dominante	273,5	411,8	506	398,9	66,4	244,6-524
No dominante	256,4	393,4	489,6	386,7	64,9	224,8-501

c) Fuerza pulgar

Los valores más altos se han obtenido cuando el punto de aplicación de la fuerza se ha encontrado a 120 cm. Este hecho se ha dado en todos los percentiles excepto en el percentil 5. También resulta llamativo que los valores mínimos más altos se dan en la altura de 140 cm. El valor máximo obtenido ha sido 413 N. El valor medio más alto se ha situado en los 276,2 N a una altura 120 cm. Para las alturas de 120 y 140 cm se ha encontrado que los valores obtenidos seguían una distribución normal. No ha ocurrido lo mismo cuando la acción se ha realizado a 100 cm. No se han observado diferencias importantes entre los valores obtenidos con una u otra mano dentro de los diferentes percentiles y alturas de trabajo (Tabla 167 - Valores de fuerza máxima con el pulgar).

**Tabla 167 - Valores de fuerza máxima con el pulgar**

<i>Mano</i>	<i>5P</i>	<i>50P</i>	<i>95P</i>	<i>Media</i>	<i>D. Típica</i>	<i>Mínimo-Máximo</i>
100 cm. N=105						
Dominante	98,7	137	215,2	150,1	66,4	91,4-101,6
No dominante	101,5	137,6	214,5	146,9	36,3	95,2-227,8
120 cm. N=105						
Dominante	174,6	280,4	348,1	276,2	53,5	116,8-413
No dominante	177,6	260,4	349,5	262,8	49,6	106,8-367
140 cm. N=103						
Dominante	188,4	270	331	266,1	43,4	140,2-362,8
No dominante	177,7	256,8	325,6	253	47,4	113,6-412

d) Fuerza pinza término-lateral

Dadas las características biomecánicas asociadas a esta acción, el experimento para determinar la fuerza máxima sólo se ha realizado a dos alturas 100 y 120 cm. En general, los valores más altos se han obtenido cuando el punto de aplicación de la

fuerza se ha encontrado a 100 cm, exceptuando los hallados en 50 y 95 percentil para la mano no dominante. El valor máximo obtenido ha sido 99,8 N. El valor medio más alto se ha situado en los 43,4 N, ambos a una altura 120 cm. La distribución para los valores de mano dominante no ha sido normal, en contra de lo que ocurre con la mano no dominante que sigue una distribución normal (Tabla 168 - Valores de fuerza máxima con pinza término-lateral).

**Tabla 168 - Valores de fuerza máxima con pinza término-lateral**

<i>Mano</i>	<i>5P</i>	<i>50P</i>	<i>95P</i>	<i>Media</i>	<i>D. Típica</i>	<i>Mínimo-Máximo</i>
100 cm. N=93						
Dominante	19,8	42	74,7	42,2	16,1	14,4-83,2
No dominante	16,3	35,9	75,8	39,9	18,2	10,6-78,6
120 cm. N=121						
Dominante	18,1	39,6	74,1	43,3	16,9	12,4-88,4
No dominante	16,2	40,9	77	43,4	18,9	13,4-99,8

e) Fuerza pinza término-terminal

A igual que con la pinza término-lateral, el experimento para determinar la fuerza máxima en esta acción, sólo se ha realizado a dos alturas 100 y 120 cm. Los valores más altos se han obtenido cuando el punto de aplicación de la fuerza se ha encontrado a 100 cm. Este hecho se ha dado en todos los percentiles. El valor máximo obtenido ha sido 105 N. El valor medio más alto se ha situado en los 49,4 N a una altura 100 cm. Los valores encontrados no siguen una distribución normal (Tabla 169 - Valores de fuerza máxima con pinza término-terminal).

**Tabla 169 - Valores de fuerza máxima con pinza término-terminal**

<i>Mano</i>	<i>5P</i>	<i>50P</i>	<i>95P</i>	<i>Media</i>	<i>D. Típica</i>	<i>Mínimo-Máximo</i>
100 cm. N=112						
Dominante	20,4	43,7	88,4	49,4	20,4	16-103,6
No dominante	19,5	41,8	92,1	46,2	21,7	13,6-105
120 cm. N=113						
Dominante	17,5	42,2	77,7	44,9	18,6	14-93,6
No dominante	17,6	39,5	77,7	43,5	18,9	16-94,8

f) Fuerza empuje (sistema mano-brazo)

Respecto a esta acción, es preciso hacer hincapié en que se ha pretendido determinar la fuerza máxima de empuje utilizando exclusivamente el sistema mano-brazo por lo que el diseño del movimiento excluyó en todo momento la aplicación de fuerza de cuerpo entero. El valor máximo obtenido ha sido 325 N. El valor medio más alto se ha situado en los 94 N a una altura 120 cm. Para las alturas de 120 y 140 cm se ha encontrado que los valores obtenidos seguían una distribución normal. No ha ocurrido

así cuando la acción se ha realizado a 100 cm (Tabla 170 - Valores de fuerza máxima en empuje con sistema mano-brazo).

**Tabla 170 - Valores de fuerza máxima en empuje con sistema mano-brazo**

<i>Mano</i>	<i>5P</i>	<i>50P</i>	<i>95P</i>	<i>Media</i>	<i>D. Típica</i>	<i>Mínimo-Máximo</i>
100 cm. N=109						
Dominante	47,8	85,6	142,4	89,5	35,2	42,2-252
No dominante	44,9	80,8	132	86,8	40,1	36,6-325
120 cm. N=106						
Dominante	60,1	92,4	142	94	24	47-152,8
No dominante	52,5	85,9	128,9	88,2	23,4	46-159,8
140 cm. N=111						
Dominante	29,1	83,2	123,2	80	26,4	16,2-151
No dominante	41,2	76,2	111,4	76,8	21,3	28,6-139,2

g) Fuerza tracción (sistema mano-brazo)

Al igual que ha ocurrido con el empuje, se ha pretendido determinar la fuerza máxima de esta acción utilizando exclusivamente el sistema mano-brazo por lo que el diseño del movimiento excluyó en todo momento la aplicación de fuerza de cuerpo entero. En general, los valores más altos se han obtenido cuando el punto de aplicación de la fuerza se ha situado a 140 cm. El valor máximo obtenido ha sido 616 N. El valor medio más alto se ha situado en los 208,2 N a una altura 140 cm. Para las alturas de 100 y 140 cm se ha encontrado que los valores obtenidos no seguían una distribución normal (Tabla 171 - Valores de fuerza máxima en tracción con sistema mano-brazo).

**Tabla 171 - Valores de fuerza máxima en tracción con sistema mano-brazo**

<i>Mano</i>	<i>5P</i>	<i>50P</i>	<i>95P</i>	<i>Media</i>	<i>D. Típica</i>	<i>Mínimo-Máximo</i>
100 cm. N=106						
Dominante	70,7	147,7	343,5	167,1	85,8	46,6-515
No dominante	75	133,3	352,2	163,8	87,4	49,6-616
120 cm. N=97						
Dominante	68,9	141,6	375,9	176,7	92,9	52,6-439
No dominante	73,3	152,2	359,6	174,5	85,9	53,2-391,2
140 cm. N=92						
Dominante	68,7	181,2	393	208,2	105,1	41,4-414,4
No dominante	78,5	190,8	410,9	207,8	103,2	50-431,3

h) Agarre

Los valores más altos se han obtenido cuando el punto de aplicación de la fuerza se ha encontrado a 120 cm, si bien los encontrados a 140 cm, distan muy poco de los anteriores. Este hecho se ha dado en todos los percentiles. El valor máximo obtenido ha sido 581,2 a 120 cm. N. El valor medio más alto se ha situado en los 416 N a una altura 120 cm. Para la altura de 140 cm se ha encontrado que los valores obtenidos seguían una distribución normal. No ha ocurrido lo mismo cuando la acción se ha

realizado a 100 y 120 cm. Estos datos y otros de interés quedan reflejados en la Tabla 172 - Valores de fuerza máxima en agarre.

**Tabla 172 - Valores de fuerza máxima en agarre**

<i>Mano</i>	<i>5P</i>	<i>50P</i>	<i>95P</i>	<i>Media</i>	<i>D. Típica</i>	<i>Mínimo-Máximo</i>
100 cm. N=100						
Dominante	178,7	379,9	493,6	366,9	93,6	76-554,9
No dominante	203,1	236,8	472,5	332,2	79,7	99,3-537,1
120 cm. N=101						
Dominante	252	412	561,5	416	82,7	201,7-576,8
No dominante	251,7	361,4	501,1	372,6	74,3	185,8-581,2
140 cm. N=102						
Dominante	210,8	342,3	520,3	355	83,7	193,2-575,1
No dominante	161,2	282,9	441,1	298,8	84,8	56,6-580,1

Una vez analizados los valores de fuerza hallados para cada tipo de acción y altura del punto de trabajo, se elaboró una tabla que contiene los valores máximos observados para cada acción y el percentil (independientemente de que corresponda a la mano dominante o a la contralateral), además de los valores medio, máximo y mínimo de fuerza encontrados, haciendo también referencia a la altura de trabajo en la que se observó el valor indicado Tabla 173 - Valores máximos de fuerza (N) para el sistema mano-brazo).

**Tabla 173 - Valores máximos de fuerza (N) para el sistema mano-brazo**

	<i>5%</i>	<i>50%</i>	<i>95%</i>	<i>Media</i>	<i>D. Típica</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>
Fuerza dedos	277,6	401,6	513	397,9	68,7	95	551
Altura de acción*	140	140	140	140		100	140
Fuerza palma	273,5	411,8	506	398,9	66,4	80	556
Altura de acción	140	140	140	140		140	120
Fuerza pulgar	188,4	280,4	349,5	276,2	53,5	91,4	413
Altura de acción	140	120	120	120		100	120
Fuerza pinza T-L	19,8	42	77	43,4	18,9	10,6	99,8
Altura de acción	100	100	120	120		100	120
Fuerza pinza T-T	20,4	43,7	92,1	49,4	20,4	13,6	105
Altura de acción	100	100	100	100		100	100
Fuerza agarre	252	412	561,5	416	82,7	56,6	581,2
Altura de acción	120	120	120	120		140	120
Fuerza empuje	29,1	92,4	142,4	94	24	16,2	325
Altura de acción	140	120	100	120		140	120
Fuerza tracción	68,7	190,8	410,9	208,2	105,1	41,4	616
Altura de acción	140	140	140	140		100	100

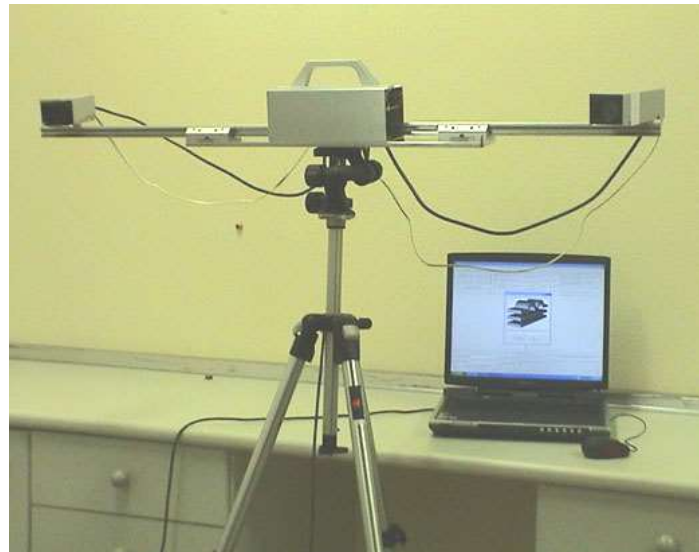
\*Altura de acción en cm.

#### 4.3.5. Posturas de trabajo

La determinación de las posturas de trabajo se llevó a cabo, en la mayoría de los casos, por observación directa y en aquellas situaciones donde la determinación de la postura no era tan evidente, se empleó el sistema HADA/Move Human (Figura 34 -

Equipo HADA/*Move-Human* de INERMAP) de análisis de movimientos que ya hemos comentado en este mismo capítulo (4.3.1. Introducción). Una vez capturado el movimiento y trasladado a un modelo virtual, se reprodujeron los movimientos reales del sujeto. La información obtenida se exporta a una base de datos MS-Excel obteniéndose un completo análisis de movimientos, lo que facilita la interpretación de los resultados.

**Figura 34 - Equipo HADA/*Move-Human* de INERMAP**



El sistema está compuesto por un ordenador portátil (con ratón y fuente de alimentación), una cabeza de estereo-visión (compuesta por dos cámaras de fotos digitales, un Hub de conexión y sistema de anclaje y nivelación) y un trípode con rótula. El software incluye el sistema *MH-Camera* para adquisición de estéreo-imágenes en el puesto de trabajo, el sistema *Move-Human* para captura de movimiento desarrollado en *Python*<sup>b</sup> bajo entorno *Poser4*<sup>c</sup>, Office XP (Word y Excel)<sup>d</sup> y sistema operativo Windows XP-Home.

HADA / *Move-Human* dispone de las funciones de simulación y animación 3D para reproducir adecuadamente el movimiento del trabajador. Una vez ajustadas las posturas claves del modelo virtual con las correspondientes del trabajador, el resto de posturas intermedias se calcularán por interpolación, de esa forma tendremos un modelo virtual 3D (con las dimensiones antropométricas del sujeto real) que se mueve de forma similar a como lo hace el trabajador a lo largo de todos los *frames* de la

<sup>b</sup> Lenguaje de programación script, interpretado, interactivo y orientado a objetos

<sup>c</sup> POSER es una marca registrada de Curious Labs

<sup>d</sup> Windows y MS Office son marcas registradas de Microsoft Corp.



filmación resultante del equipo de estéreo-visión. El sistema permite realizar las siguientes acciones:

- Modificar el sexo y las dimensiones antropométricas del modelo virtual seleccionando distintos percentiles de hombre o mujer. Al modificar las dimensiones del modelo virtual (*Human*) las posturas serán idénticas al modelo original respecto a las posiciones relativas (ángulos) entre los segmentos corporales.
- Generar animaciones virtuales del movimiento en formato tipo AVI (*Audio Video Interleave*) en distintas modalidades:
  - a) Animación del *Human* superpuesto con el cuerpo real del sujeto, pudiendo elegir como fondo la filmación tomada desde cualquiera de las cámaras del equipo de estéreo-visión.
  - b) Animación del *Human* sin visualizar el movimiento del sujeto, pudiendo elegir como fondo una foto fija tomada desde cualquiera de las cámaras del equipo de estéreo-visión. Es útil si se ha modificado el sexo o antropometría del sujeto observado.
  - c) Animación 3D del movimiento del *Human* (sin fondo de imagen real) conjuntamente con el escenario 3D recreado (de los elementos del puesto de trabajo previamente modelados), desde cualquier punto de vista que se desee, haciendo uso de las funciones de “zoom” o giro de las cámaras virtuales disponibles, que podrán estar fijas o móviles a lo largo de la animación.

Otras características destacables son:

- No es necesario colocar marcadores sobre el sujeto ya que utiliza el método de determinación del movimiento por superposición interactiva de un modelo virtual 3D con las imágenes del sujeto observado.
- El sistema informático de modelización 3D permite situar, en coordenadas cartesianas XYZ, un punto visualizado en cualquier par de imágenes sincronizadas (estéreo-imágenes) resultantes de la filmación del movimiento del sujeto en su puesto de trabajo.
- El punto identificado en ambas fotos de la estéreo-imagen, y en el *frame* (fotograma) deseado, puede corresponder a cualquier punto de la escena del puesto de trabajo (estático o en movimiento) o a cualquier punto de la superficie corporal del trabajador. En consecuencia, se podrá recrear en el entorno virtual 3D,

tanto los elementos u objetos con los que interactúa el trabajador, así como su movimiento a lo largo de todo el intervalo de tiempo filmado.

- Permite la recreación 3D del entorno del puesto de trabajo. A partir de una estéreo-imagen del puesto de trabajo, preferiblemente sin trabajador, se puede situar en el entorno 3D cualquier punto deseado. Las coordenadas cartesianas XYZ de dichos puntos se pueden unir fácilmente por rectas o ubicar objetos 3D elementales (cubos, esferas, planos, cilindros u otros) referenciados a esos puntos, con el fin de recrear virtualmente el puesto de trabajo a estudio con el nivel de detalle que se desee. Esta recreación virtual en 3D de la escena o puesto de trabajo no es requerida para posteriormente reproducir el movimiento del trabajador con el modelo biomecánico virtual, pero es conveniente si deseamos modificar la distribución o disposición física de ciertos elementos a efectos de evaluar su impacto desde el punto de vista ergonómico. También es posible importar objetos provenientes de otras aplicaciones para insertarlos en la escena (sillas, mesas, herramientas, etc.).
- Si la complejidad de la escena y/o movimiento del trabajador lo aconseja, se puede modificar la posición y altura del sistema de estéreo-visión, y seguir filmando desde una nueva ubicación. Para ello, se deberán situar dos puntos cualesquiera concretos en el entorno 3D, antes y después de cada cambio de ubicación. Las coordenadas de los puntos visualizados desde distintas ubicaciones del equipo de estéreo-visión estarán referenciadas respecto al mismo sistema de coordenadas cartesianas, permitiendo la reconstrucción 3D de escenas complejas cuyos elementos no se pueden visualizar desde una única posición del equipo de filmación por ocultaciones, obstáculos u otros. Se permite varios cambios de ubicación del equipo durante la filmación.
- El sistema dispone de las funciones necesarias para calcular distancias y ángulos entre distintos puntos identificados en ambas parejas de fotos estéreo y en cualquier *frame* o instante deseado de la filmación.
- El sistema permite simular la postura del trabajador con el modelo humano virtual y en el instante o *frame* que se desee. El ajuste entre el modelo virtual 3D y el modelo real del sujeto sólo es necesario realizarlo en determinados *frames* o posturas claves del trabajador, las posturas intermedias del modelo virtual se calculan por interpolación. En consecuencia, con un número reducido de posturas claves ajustadas del modelo virtual con el real, es posible reproducir la totalidad del

movimiento del trabajador con el modelo virtual 3D a lo largo de todo el tiempo de filmación realizado.

- El modelo virtual está dotado de cinemática inversa que simplifica notablemente el proceso de ajuste modelo virtual y real. En concreto, para ajustar el modelo virtual a la postura del trabajador en un determinado *frame*, el sistema dispone de las siguientes características:
  - a) La simulación del movimiento del trabajador con el *Human* se basa en relacionar puntos de la superficie corporal del trabajador, cuyas coordenadas XYZ se calculan por triangulación al marcarlos en ambas parejas de fotos del *frame* correspondiente, con los puntos homólogos del *Human*. Los puntos sobre el *Human* también se calculan por triangulación, pero en este caso se pueden visualizar y señalar fácil y cómodamente haciendo uso de las distintas cámaras disponibles en el sistema de modelización 3D, las cuales disponen de funciones de aproximación y giro entre otras.
  - b) Los puntos elegidos para realizar la citada correspondencia entre modelo virtual y real puede ser cualquier referencia visualmente destacada (ojos, nariz, boca, orejas, muñecas, codos, rodillas, pies, entre otros).
  - c) Para ajustar el *Human* a la postura del trabajador bastará localizar, simplemente, las posiciones de manos, pelvis y pies. Una vez trasladado el *Human* a la posición deseada, el resto de elementos corporales del *Human* se moverán automáticamente por cinemática inversa. Para un ajuste fino entre modelo virtual y real se podrá mover ligeramente y de forma interactiva otros elementos corporales. Se han determinado límites en los movimientos de los segmentos corporales del *Human* con el fin de que las posturas resultantes sean anatómicamente factibles.
  - d) Incluye un método para mover las extremidades del modelo 3D previa selección de la mano o pie, derecho o izquierdo, correspondiente. De igual forma, identificando un punto sobre el *Human* y su homólogo en la superficie corporal del trabajador, por ejemplo la parte dorsal o lateral de la muñeca, los elementos involucrados en esa extremidad (antebrazo y brazo o pierna y muslo) se moverán consecuentemente por cinemática inversa hasta que la mano o el pie alcance la posición deseada.
  - e) Es posible trasladar el *Human* marcando un punto de referencia en el *Human* e identificando como destino el punto homólogo en la superficie corporal del

trabajador. El *Human* se moverá a esa nueva posición. También se puede trasladar y girar a la vez, para ello es necesario identificar dos puntos de origen y sus homólogos puntos destino en el cuerpo del trabajador.

En la Figura 35 – Sujeto llevando a cabo la tarea analizada – puede observarse un ejemplo de captura de las imágenes de un sujeto en el puesto de trabajo real y en las Figura 36 – Personaje virtual en 3D superpuesto al sujeto real a Figura 39 – Simulación cambiando la antropometría del sujeto – diferentes tipos de presentación y posibilidades de simulación incluyendo el modelo virtual.

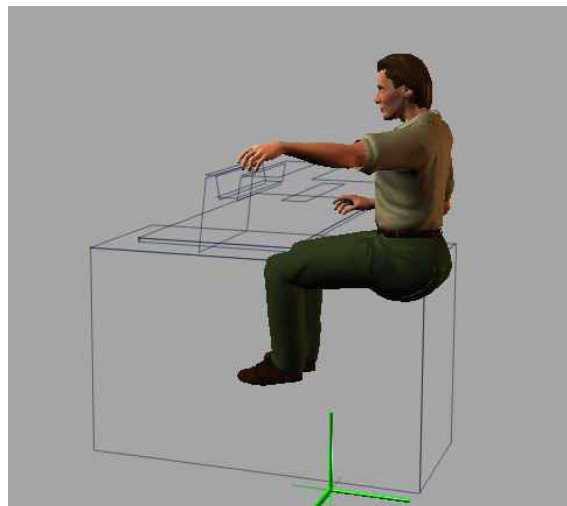
**Figura 35 – Sujeto llevando a cabo la tarea analizada**



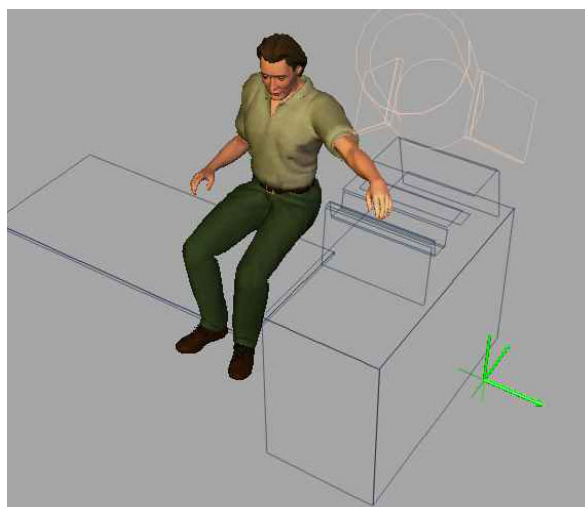
**Figura 36 – Personaje virtual en 3D superpuesto al sujeto real**

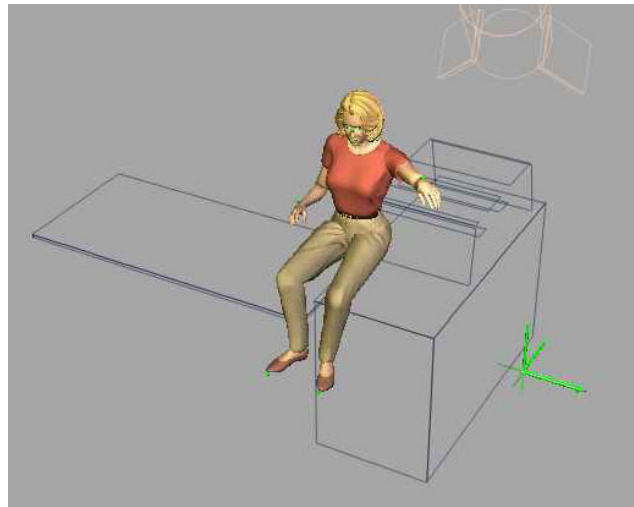


**Figura 37 – Personaje virtual en el mundo 3D**



**Figura 38 – Personaje virtual en el mundo 3D cambiando de cámara**



**Figura 39 – Simulación cambiando la antropometría del sujeto**

Es posible realizar el análisis tridimensional del movimiento del trabajador a partir del movimiento del modelo virtual resultante. De cada segmento corporal del *Human* se podrá visualizar gráficamente la variación de ciertos parámetros a lo largo de los distintos *frames* de la filmación realizada con el equipo de estéreo-visión. En concreto se podrá observar, dentro del rango de imágenes o *frames* que se desee, la variación de los siguientes parámetros:

- Ángulos adoptados por cuello, extremidades superiores e inferiores, columna, etc. en los diferentes planos biomecánicos o ángulos relativos de un segmento corporal con respecto a otro, así como los ángulos de rotación.
- Velocidades y aceleraciones.
- Desplazamientos del centro de gravedad del cuerpo y de los extremos de brazos y piernas y las velocidades y aceleraciones de dichos desplazamientos.
- Desplazamientos o giros de objetos que se han manipulado.

En la Figura 40 - Hoja Excel para análisis de movimientos – y en la Figura 41 - Ejemplo de hoja de análisis de movimientos se incluyen ejemplos de la hoja de cálculo para el análisis de los movimientos.

Figura 40 - Hoja Excel para análisis de movimientos

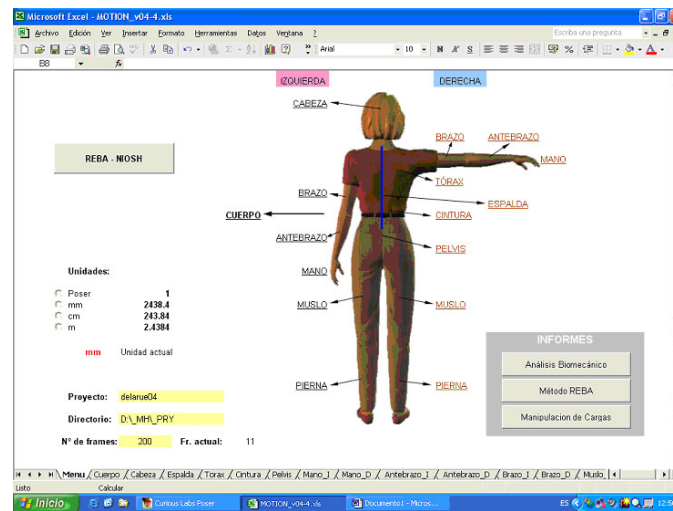
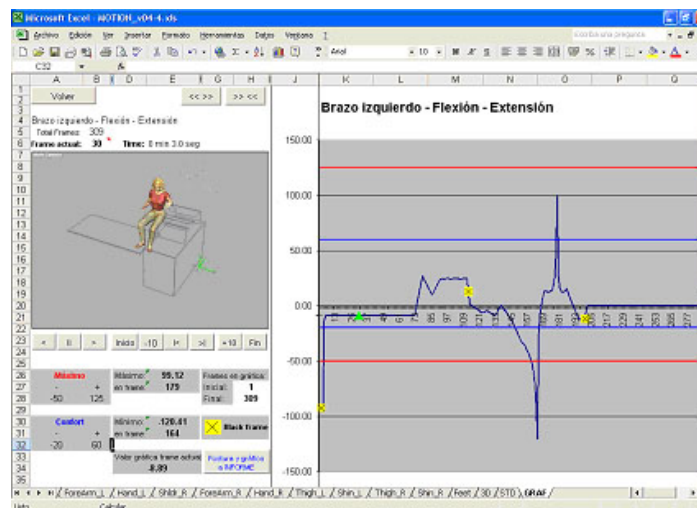


Figura 41 - Ejemplo de hoja de análisis de movimientos



El programa dispone de funciones precisas para simular posibles propuestas de mejora. El conjunto de funcionalidades anteriormente expuestas (captura, simulación y animación 3D), se podrá utilizar y activar después de modificar cierta disposición de los elementos que integran el puesto de trabajo. Esa nueva configuración quizás requiera modificar ciertas posturas del *Human* para acomodarlo a esa nueva situación.

El análisis del movimiento resultante permitirá observar la bondad de posibles propuestas de mejora. De esa forma se podrán analizar posibles modificaciones de las condiciones del puesto de trabajo previo a la implementación física de las mismas, y estudiar su impacto a efectos de evaluación de riesgos, rendimiento o productividad de la actividad del trabajador.

Los trabajos de campo realizados han demostrado que el sistema HADA / *Move-Human* constituye una herramienta extraordinariamente útil para el análisis y evaluación de puestos de trabajo desde el punto de vista de la Ergonomía; así como para el rediseño de puestos de trabajo. Facilita en gran medida la labor del técnico y proporciona información relevante sobre las posturas y movimientos del sujeto. De una forma rápida se obtienen los ángulos de los diferentes segmentos corporales que gráficamente pueden compararse con los límites articulares y con los ángulos de confort prefijados.

#### 4.3.6. Evaluación de los puestos de trabajo

Con objeto de ensayar la metodología elaborada, se decidió aplicar el sistema de evaluación desarrollado en aquellos departamentos en los que el RIS había resultado positivo (mayor de 1,96) y en otros departamentos donde el RIS se encontraba por debajo de 1,96 (RIS negativo). Por lo tanto, se estudiaron todos los casos con RIS positivo y algunos, donde se desarrollan tareas similares, pero con resultado negativo así como puestos con RIS negativo y tareas totalmente distintas. Para ello, se revisó la información disponible en el Departamento de Prevención sobre las diferentes operaciones llevadas a cabo en los distintos departamentos, se visitaron los puestos de trabajo y se recopiló la información relativa a las variables consideradas (fuerza, postura y repetición). Los resultados se volcaron a una hoja MS-Excel que nos permitió calcular los distintos factores (factores fuerza, postura y repetición) en función de los valores que empíricamente habíamos adoptado (Tabla 174 - Secuencia de valoración de los puestos de trabajo).

**Tabla 174 - Secuencia de valoración de los puestos de trabajo**

1	Identificación de puestos de trabajo con $RIS \geq 1,96$
2	Identificación de puestos de trabajo con $RIS < 1,96$
3	Observación del puesto de trabajo y recopilación de información
4	Volcar la información a MS-Excel
5	Cálculo de los factores (FF, FP y FR)



## 5. NUEVA METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN

### 5.1. INTRODUCCIÓN

Como se ha visto en el capítulo dedicado a la revisión bibliográfica, son múltiples los métodos para valorar la posible exposición a riesgos de TMERT. Sin embargo, en nuestra opinión, ninguno de ellos contempla los riesgos de lesión a nivel del codo ni tienen en cuenta las fuerzas máximas de la población de la factoría. Asimismo, tampoco resultaba sencillo determinar las posturas de trabajo.

Por ello, basándonos por una parte en los criterios existentes y por otra en nuestra experiencia diaria, nos planteamos el desarrollo de un método de evaluación sencillo de aplicar y que, no requiriendo de instrumentación, fuera capaz de aportar una valoración coincidente con el indicador (RIS) que el Departamento de Prevención venía utilizando como sistema centinela y cuya eficacia había sido demostrada.

### 5.2. ELABORACIÓN EMPÍRICA DE LA METODOLOGÍA

A través de la extensa revisión bibliográfica llevada a cabo y de acuerdo con nuestra propia experiencia buscamos obtener un “valor” o valoración que represente el riesgo de TMERT en extremidades superiores a partir de los factores de riesgo que entendemos más importantes en el desarrollo de este tipo de patologías. Los factores de riesgo que creemos que nos permitirán calcular un valor representativo del nivel de riesgo son, en principio, los siguientes:

- Fuerza
- Postura
- Repetición en el caso de trabajo dinámico o duración de la contracción en el caso de trabajo estático.
- Tiempo de exposición (asociado con las pausas de recuperación, rotaciones y duración de las tareas)

El modelo general de evaluación propuesto es el siguiente:

$$FF \times FP \times FR = \text{Valor}$$

Ecuación 1

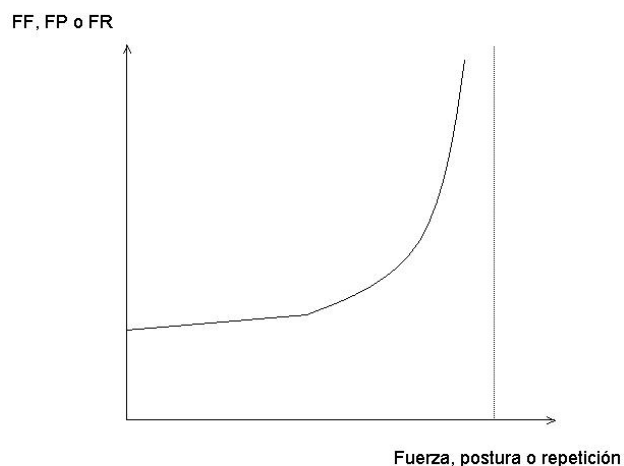
Donde:

- FF lo denominamos factor fuerza y es función del porcentaje de máxima contracción voluntaria (MCV),
- FP lo denominamos factor postura y es función de la articulación considerada (muñeca, codo u hombro) y del ángulo adoptado por la misma y
- FR lo denominamos factor repetición y es función de la articulación considerada (muñeca, codo u hombro) y del número de movimientos o acciones en un periodo de tiempo.

Estos tres factores combinados nos dan un “Valor” proporcional a la severidad del posible daño a la salud o lo que podríamos llamar Nivel de Deficiencia (ND) de acuerdo con lo indicado en la NTP 330 del INSHT<sup>111</sup>. Luego, le introducimos la variable tiempo de exposición (lo que la NTP 330 denomina Nivel de Exposición) para tener una estimación del riesgo de lesión (denominado Nivel de Probabilidad en la NTP 330).

Coincidiendo con Cegoñino de Sus<sup>112</sup> y Alcalde<sup>113</sup>, para obtener los diferentes factores, nos planteamos que teóricamente cada uno de ellos debería adoptar un valor entre 0 e  $\infty$  por lo que su representación gráfica sería del tipo (Figura 42 - Variación de los factores de riesgo):

**Figura 42 - Variación de los factores de riesgo**



Empíricamente parece lógica esta forma de variación de los factores individuales. Un modelo matemático que representa a la curva anterior es:

$$y = \alpha / (1-x)$$

Ecuación 2

Donde x es proporcional a la variable en cuestión (fuerza, postura o repetición) y  $\alpha$  una constante.

El problema radica en que no conocemos con exactitud la ecuación que relaciona cada factor con su contribución al riesgo. Lo que sí conocemos son diferentes puntos concretos con los cuales podemos aproximarnos a la realidad.

### 5.2.1. Factor fuerza (FF)

Los valores que empíricamente hemos determinado para el FF son (Tabla 175 - Factor fuerza en función de la máxima contracción voluntaria):

**Tabla 175 - Factor fuerza en función de la máxima contracción voluntaria**

%MCV	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	95	100
FF	0,33	0,67	1	1,50	2	3	4	5,50	8	12	16	$\infty$

De acuerdo con nuestra experiencia, sabemos que en tareas de montaje donde la aplicación de fuerzas no supera el 20% de la fuerza máxima, si no existen posturas forzadas y si la repetitividad no es elevada (lo que normalmente se da en la planta) no existen problemas de TMERT. Por ello, al FF le hemos dado el valor 1 para una fuerza aplicada equivalente al 20% de la máxima contracción voluntaria.

Por otra parte, conocemos que en puestos de trabajo en donde únicamente están presentes como factores de riesgo la postura y la repetición, el riesgo de TMERT se ve reducido con respecto a los casos en donde intervienen los tres factores a la vez. Por ello, al FF le hemos asignado un valor de 0,33 cuando no se aplica fuerza.

Además, sabemos que cuando la fuerza aplicada se encuentra próxima a la fuerza máxima, el riesgo de TMERT se incrementa significativamente, aunque se mantenga una postura correcta y la repetitividad sea muy baja. Empíricamente, asignamos un valor de 16 al FF para el 95% de MCV y, por último, para una MCV del 100% le asignamos un valor infinito, considerando que no se puede aplicar la MCV de manera constante para un trabajo repetitivo (siguiendo el modelo de la Ecuación 2).

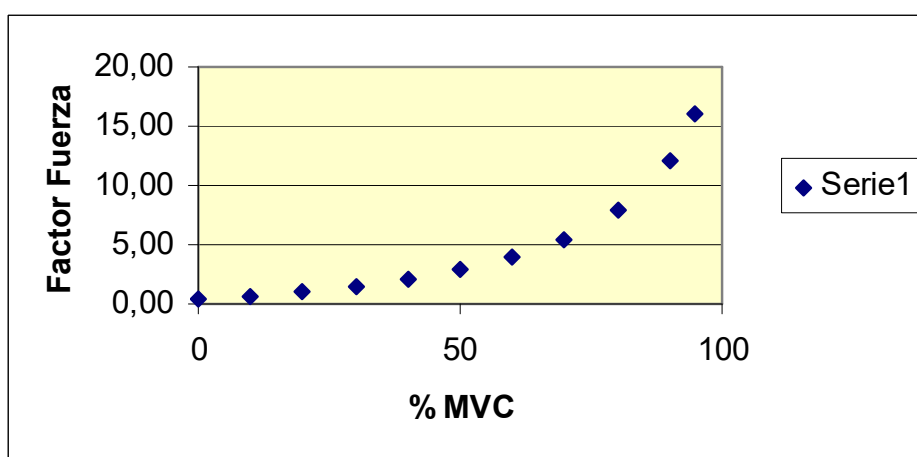
Los puntos intermedios los hemos elegido intentando obtener una curva que siguiera el modelo representado en intervalos del 10% de la fuerza máxima, lo que facilitaría su aplicación práctica a través de la escala CR-10 de Borg<sup>45</sup> utilizada en Ergonomía.

Como aproximación, se supuso linealidad entre los puntos propuestos. Así resultan los intervalos y valores de FF que aparecen en la Tabla 176 - Aproximación lineal - y en la Figura 43 - Factor fuerza en función de la máxima contracción voluntaria.

**Tabla 176 - Aproximación lineal**

<i>Intervalo</i>	<i>Factor Fuerza (FF)</i>
$0 < \text{MCV} \leq 20$	$0.0335 \times \text{MCV} + 0.33$
$20 < \text{MCV} \leq 40$	$0.05 \times \text{MCV}$
$40 < \text{MCV} \leq 60$	$0.1 \times \text{MCV} - 2$
$60 < \text{MCV} \leq 70$	$0.15 \times \text{MCV} - 5$
$70 < \text{MCV} \leq 80$	$0.35 \times \text{MCV} - 20$
$80 < \text{MCV} \leq 90$	$0.4 \times \text{MCV} - 24$
$90 < \text{MCV} \leq 95$	$0.8 \times \text{MCV} - 60$
$95 < \text{MCV} \leq 100$	$200 \times \text{MCV} - 18984$

**Figura 43 - Factor fuerza en función de la máxima contracción voluntaria**



### 5.2.2. Factor Postura (FP)

El FP dependerá de la articulación considerada (muñeca, codo y hombro) y, en consecuencia, debe desarrollarse un factor para cada articulación partiendo de los límites articulares. Según la bibliografía consultada, los rangos de movimiento aceptados son<sup>12</sup>:

**Tabla 177 - Rangos de movimientos**

<i>Unidad Articular</i>	<i>Movimiento</i>	<i>Rango de movimiento</i>
Hombro	Abducción	0-180°
	Flexión	0-180°
	Extensión	0-60°
Codo	Flexión-Extensión	0-180°
	Pronación	0-80°
	Supinación	0-80°
Muñeca	Flexión	0-80°
	Extensión	0-70°
	Desviación radial	0-25°
	Desviación cubital	0-40°

Aunque asumimos que la variación del FP seguirá el mismo modelo matemático que el factor fuerza ( $y = \alpha/1-x$ ), en la práctica nos encontramos con la dificultad de medir con cierta precisión los ángulos. Si quisiéramos obtener una información exacta habría que recurrir a técnicas de medida. Siendo que nuestra premisa era elaborar una metodología que no requiera de éstas, para obtener un ángulo deberemos recurrir a la observación directa. En este caso, resulta sencillo apreciar si el ángulo se encuentra dentro de un rango determinado. Por ello, pensamos que lo más práctico es dividir el rango articular en tercios y determinar en cual de ellos se encuentra un segmento en un momento dado. Por lo tanto, obtendremos valores discretos de FP en función de la unidad articular y del ángulo que adopte la misma.

#### 5.2.2.1. FP para mano-muñeca

En el caso del FP para la muñeca, consideramos que era sencillo apreciar el ángulo de flexión o extensión de la muñeca dividiendo el rango de cada movimiento en 3 zonas que aproximadamente coincidirían con 1/3 del rango articular (ángulo que denominamos  $\alpha$ ). Dado que la experiencia nos indica que existe un incremento importante del riesgo de TMERT cuando se producen desviaciones radiales o cubitales (ángulo de desviación radial o cubital que llamamos  $\beta$ ) hemos considerado que cuando éstas son apreciables (por encima de aproximadamente 1/3 del rango) el FP debe ser mayor. Los valores de FP definidos empíricamente se muestran en la Tabla 178 - Factor postura para mano muñeca.

En el caso del Strain Index (SI), los rangos de flexión y de extensión de la muñeca los divide en cinco zonas en lugar de en tres. No obstante, encontramos cierta coincidencia ya que mientras el SI considera como regular las posturas y movimientos que conllevan una extensión de entre 26° y 40° o una flexión entre 16° y 30°, nosotros lo hemos fijado en 30°. Asimismo, el SI considera como muy malas las posturas con

más de 60° de extensión y más de 50° de flexión y nosotros lo hemos fijado en 60°. No hemos encontrado coincidencia entre la valoración que hace el SI en el caso de desviaciones cubitales ya que considera como buenas posturas de hasta 20°.

**Tabla 178 - Factor postura para mano muñeca**

<i>Desviación Radial o Cubital</i>	<i>Flexión / Extensión</i>		
	$\alpha \leq 1/3$ ( $\alpha \leq 30^\circ$ )	$1/3 < \alpha \leq 2/3$ ( $30^\circ < \alpha \leq 60^\circ$ )	$\alpha > 2/3$ ( $\alpha > 60^\circ$ )
No ( $\beta \leq 10^\circ$ )	1	2	3
Sí ( $\beta > 10^\circ$ )	2	3	6

De esta forma, el FP para muñeca adopta el valor 1, 2 o 3 en función de que el ángulo flexión o extensión se encuentre en el primer, segundo o tercer tercio del rango articular respectivamente y siempre que no existan desviaciones radiales o cubitales de más de 10°. Si la desviación radial o cubital supera los 10°, el FP adopta los valores 2, 3 o 6 en función del ángulo de flexión o extensión de la muñeca.

#### 5.2.2.2. FP para codo

La experiencia nos indica que al aplicar una fuerza, la mejor postura para la articulación del codo es cuando el brazo y el antebrazo forman un ángulo entre 60° y 110° (ángulo que llamamos  $\delta$ ). Por ello, hemos adoptado el valor 1 para el FP cuando este ángulo se encuentra dentro de dicho rango y siempre que no existan movimientos de pronación o supinación.

Siguiendo siempre el mismo criterio, los ángulos de pronación y supinación ( $\phi$ ) los hemos dividido en tres zonas que coinciden aproximadamente con cada tercio del rango articular para ese movimiento. A partir de allí, le asignamos una puntuación escalonada teniendo en cuenta los niveles que íbamos a establecer (Tabla 179 - Factor postura para codo).

Los ángulos de flexión-extensión adoptados coinciden con el método RULA, que adopta como mejor postura aquella en la que el brazo y el antebrazo forman un ángulo de entre 60° y 100°.

**Tabla 179 - Factor postura para codo**

<i>Flexión-Extensión</i>	<i>Supinación</i>			<i>Pronación</i>		
	$\phi \leq 30^\circ$	$30^\circ < \phi \leq 60^\circ$	$\phi > 60^\circ$	$\phi \leq 30^\circ$	$30^\circ < \phi \leq 60^\circ$	$\phi > 60^\circ$
$60^\circ \leq \delta \leq 110^\circ$	1	2	3	1	2	4
$60^\circ > \delta \text{ ó } \delta > 110^\circ$	2	3	4	2	4	6

La experiencia nos indica que la carga biomecánica es mayor en pronación que en supinación, sobre todo cuando se manejan pesos o herramientas. Como puede observarse, hemos asignado mayor puntuación al FP cuando existe pronación y cuando el brazo forma con el antebrazo un ángulo menor a  $60^\circ$  o mayor a  $110^\circ$ .

#### 5.2.2.3. FP para hombro

Como ya comentamos, el planteamiento original era dividir en tercios cada rango articular. Sin embargo, esto no nos sirve en el caso del hombro puesto que las recomendaciones ergonómicas no coinciden con este criterio. Así, por ejemplo, sabemos que aunque el rango en extensión es de  $0$  a  $60^\circ$ , desde el punto de vista de la Ergonomía se recomienda mantener un ángulo de extensión ( $\lambda$ ) por debajo de  $10^\circ$ . Por este motivo, decidimos dividir el rango en cinco sectores, consiguiendo con ello una mejor valoración del factor postura en función del ángulo. En el caso de la abducción ( $\eta$ ), en Ergonomía recomendamos que el brazo se sitúe cerca del cuerpo, lo que implica ángulos de abducción pequeños. Por ello hemos adoptado un FP de 1 para ángulos inferiores a  $20^\circ$ , alcanzando la máxima puntuación cuando el codo alcanza una altura de cercana a la del hombro.

Para los movimientos de flexión ( $\varphi$ ) hemos considerado que la mejor postura es cuando el brazo se encuentra lo más cercano posible a la posición neutra y que la máxima puntuación se alcanza cuando el codo comienza a acercarse a la altura del hombro.

En la Tabla 180 - Factor postura para hombro - se reflejan los valores de FP elegidos empíricamente para los diferentes movimientos articulares del hombro.

**Tabla 180 - Factor postura para hombro**

<i>Abducción</i>				
$\eta \leq 20^\circ$	$20^\circ < \eta \leq 40^\circ$	$40^\circ < \eta \leq 60^\circ$	$60^\circ < \eta \leq 80^\circ$	$\eta > 80^\circ$
1	2	3	5	10
<i>Flexión</i>				
$\varphi \leq 20^\circ$	$20^\circ < \varphi \leq 60^\circ$	$60^\circ < \varphi \leq 80^\circ$	$80^\circ < \varphi \leq 90^\circ$	$\varphi > 90^\circ$
1	2	3	5	10
<i>Extensión</i>				
$\lambda \leq 10^\circ$	$10^\circ < \lambda \leq 20^\circ$	$20^\circ < \lambda \leq 40^\circ$	$40^\circ < \lambda \leq 50^\circ$	$\lambda > 50^\circ$
1	2	3	5	10

En el caso de la flexión, los límites inferior y superior coinciden con el método REBA, no así los ángulos de extensión.

### 5.2.3. Factor Repetición (FR)

Al igual que en el caso de las posturas, consideramos que el límite de movimientos dependerá de la articulación implicada en la acción. Éste es tal vez el factor más difícil de cuantificar ya que, como se puso de manifiesto en la introducción, no hay criterios claramente establecidos. No obstante, teniendo en cuenta fundamentalmente los criterios de Kilbon<sup>49</sup>, ANSI<sup>50</sup> y OCRA<sup>54</sup> definimos el FR en función de la articulación y del número de repeticiones.

Tanto Kilbon como ANSI consideran una repetitividad baja si es menor a 2,5 movimiento por minuto, por lo que al FP le hemos dado el valor 1 para una repetición de aproximadamente 2,5 movimientos por minuto. El límite superior de movimiento varía según las fuentes mencionadas entre 30 y 40, por ello, la máxima puntuación la asignamos a una repetitividad de 39 movimientos por minuto. Los valores intermedios se asignaron de forma que se obtuviera una curva como la descrita en la Ecuación 2.

En la Tabla 181 - Factor repetición para mano-muñeca - se indican los valores asignados a FR en función de las repeticiones y en la Figura 44 - Factor repetición muñeca en función de la frecuencia - puede visualizarse cómo varía el factor en función de la frecuencia de los movimientos.

Como límite máximo de movimientos para el caso del codo se adoptó una frecuencia de 20 (FR infinito) y para el hombro de 10 (ver Tabla 183 - Factor repetición para codo y Tabla 185 - Factor repetición para hombro).



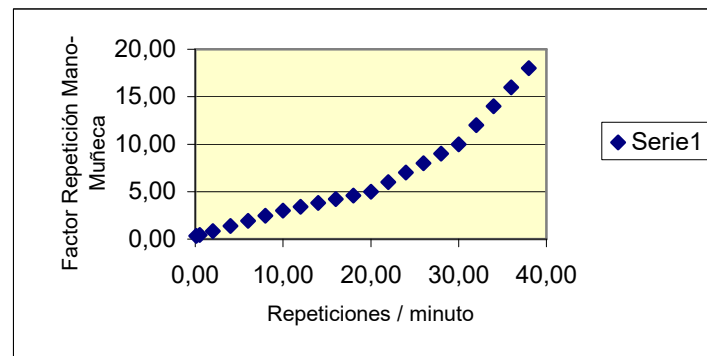
**Tabla 181 - Factor repetición para mano-muñeca**

Rep./min.*	0,1	1	2	3	4	5	6	7	8	9
FR	0,33	0,57	0,84	1,11	1,38	1,65	1,92	2,19	2,46	2,73
Rep./min.	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
FR	3	3,20	3,40	3,60	3,80	4	4,20	4,40	4,60	4,80
Rep./min.	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
FR	5	5,50	6	6,50	7	7,50	8	8,50	9	9,50
Rep./min.	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
FR	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19

\* Rep./min. = repeticiones por minuto

**Tabla 182 - Aproximación lineal**

<i>Intervalo</i>	<i>Factor Repetición (FR)</i>
$0.1 < R \leq 10$	$0.2697 \times R + 0.3$
$10 < R \leq 20$	$0.2 \times R + 1$
$20 < R \leq 30$	$0.5 \times R - 5$
$30 < R \leq 38$	$R - 20$
$38 < R \leq 40$	$500 \times R - 18982$

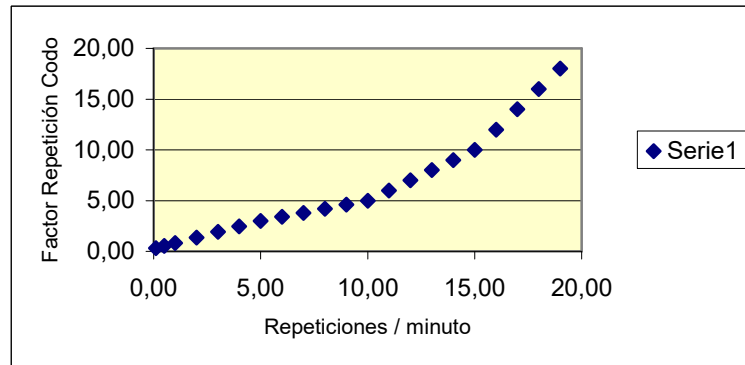
**Figura 44 - Factor repetición muñeca en función de la frecuencia****Tabla 183 - Factor repetición para codo**

Rep./min.	0,1	1	2	3	4	5	6	7	8	9
FR	0,33	0,82	1,37	1,91	2,46	3	3,40	3,80	4,20	4,60
Rep./min.	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
FR	5	6	7	8	9	10	12	14	16	18

**Tabla 184 - Aproximación lineal**

<i>Intervalo</i>	<i>Factor Repetición (FR)</i>
$0.1 \leq R < 5$	$0.5449 \times R + 0.275$
$5 \leq R < 10$	$0.4 \times R + 1$
$10 \leq R < 15$	$R - 5$
$15 \leq R < 19$	$2 \times R - 20$
$19 \leq R < 20$	$1000 \times R - 18982$

**Figura 45 - Factor repetición codo en función de la frecuencia**

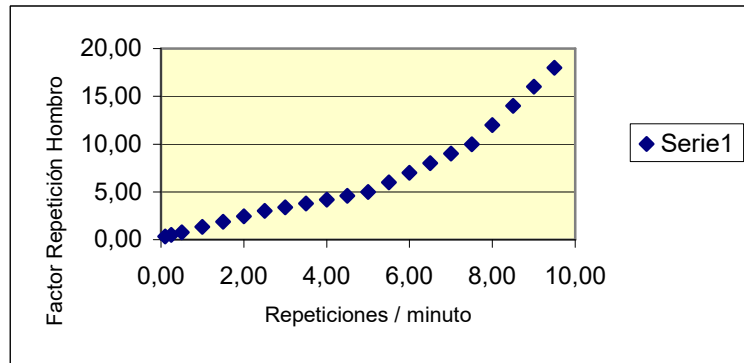


**Tabla 185 - Factor repetición para hombro**

Rep./min.	0,1	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5
FR	0,33	0,78	1,33	1,89	2,44	3	3,56	4,11	4,67	4,82
Rep./min.	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	9,5
FR	5	6	7	8	9	10	12	14	16	18

**Tabla 186 - Aproximación lineal**

<i>Intervalo</i>	<i>Factor Repetición (FR)</i>
$0.1 \leq R < 2.5$	$1.1125 \times R + 0.2187$
$2.5 \leq R < 5$	$0.8 \times R + 1$
$5 \leq R < 7.5$	$2 \times R - 5$
$7.5 \leq R < 9.5$	$4 \times R - 20$
$9.5 \leq R < 10$	$2000 \times R - 18982$

**Figura 46 - Factor repetición hombro en función de la frecuencia**

Sabemos que una de las características biomecánicas del ser humano es que presenta una mayor capacidad para las acciones repetidas en las partes distales de las extremidades superiores que en las proximales. Por este motivo, como puede observarse en las tablas y figuras anteriores, consideramos un límite de repetitividad en función de la articulación considerada. De esta forma, hemos asignado diferentes valores para una misma frecuencia de repetición en función de que se trate del hombro, del codo o de la muñeca. Así por ejemplo, el FR para una frecuencia de 5 repeticiones por minuto es de 5 para hombro, 3 para codo y 1,65 para muñeca.

#### 5.2.4. Hoja de trabajo para la aplicación de la metodología

Para la aplicación práctica de la metodología se diseñó una hoja de trabajo para la recopilación de datos (Tabla 189 - Hoja de trabajo para la aplicación del método de evaluación) en la que se incluyen todas las tablas para determinar los factores fuerza, postura y repetición para hombro, codo y muñeca. Estos valores se trasladan a la celda indicada y, multiplicando los tres factores ( $FF \times FP \times FR$ ), se obtiene un valor que luego, haciendo uso de la tabla que figura en la parte inferior izquierda, se traduce en lo que hemos denominado nivel de deficiencia (Tabla 187 - Nivel de deficiencia).

**Tabla 187 - Nivel de deficiencia (ND)**

Valor	Nivel de Deficiencia
$\leq 15$	1
$> 15 \text{ y } \leq 30$	2
$> 30 \text{ y } \leq 60$	3
$> 60 \text{ y } \leq 90$	4
$> 90$	5

El nivel de deficiencia (ND), que la NTP-330<sup>111</sup> del INSHT define como la magnitud de la vinculación esperable entre el conjunto de factores de riesgo considerados y su relación causal directa con el posible accidente, lo hemos calificado de 1 a 5 (la NTP-330 lo califica de 0 a 10). La interpretación sería la siguiente (Tabla 188 - Interpretación del nivel de deficiencia):

**Tabla 188 - Interpretación del nivel de deficiencia**

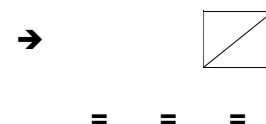
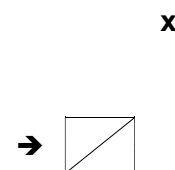
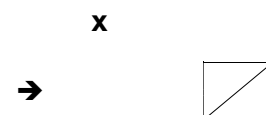
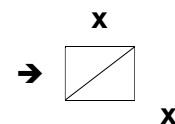
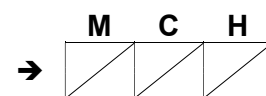
<i>Valor</i>	<i>Nivel de Deficiencia</i>	<i>Interpretación*</i>
$\leq 15$	1	Aceptable
$>15 \text{ y } \leq 30$	2	Mejorable
$> 30 \text{ y } \leq 60$	3	Deficiente
$> 60 \text{ y } \leq 90$	4	Muy deficiente
$> 90$	5	Inaceptable

\*Adaptado de la NTP-330

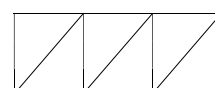
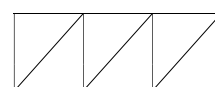
**Tabla 189 - Hoja de trabajo para la aplicación del método de evaluación**

FF	0	10	20	30	40	50							
	0,33	0,67	1	1,50	2	3							
	60	70	80	90	95	100							
	4	5,50	8	12	16	∞							
FP <sub>muñeca</sub>	Desv. Radial/Cubital		Flexión / Extensión										
			$\alpha \leq 1/3$ ( $\alpha \leq 30$ )		$1/3 < \alpha \leq 2/3$ ( $30 < \alpha \leq 60$ )		$\alpha > 2/3$ ( $\alpha > 60$ )						
	NO ( $\beta \leq 10$ )		1		2		3						
	SI ( $\beta > 10$ )		2		3		6						
FP <sub>codo</sub>	Flexión-Extensión		Supinación										
			$\phi \leq 30$		$30 < \phi \leq 60$		$\phi > 60$						
	$60 \leq \delta \leq 110$		1		2		3						
	$60 > \delta$ ó $\delta > 110$		2		3		4						
	Flexión-Extensión		Pronación										
			$\phi \leq 30$		$30 < \phi \leq 60$		$\phi > 60$						
	$60 \leq \delta \leq 110$		1		2		4						
	$60 > \delta$ ó $\delta > 110$		2		4		6						
FP <sub>hombro</sub>	Abducción												
	$\eta \leq 20$		$20 < \eta \leq 40$		$40 < \eta \leq 60$		$60 < \eta \leq 80$		$\eta > 80$				
	1		2		3		5		10				
	Flexión												
	$\varphi \leq 20$		$20 < \varphi \leq 60$		$60 < \varphi \leq 80$		$80 < \varphi \leq 90$		$\varphi > 90$				
	1		2		3		5		10				
	Extensión												
	$\lambda \leq 10$		$10 < \lambda \leq 20$		$20 < \lambda \leq 40$		$40 < \lambda \leq 50$		$\lambda > 50$				
FR <sub>muñeca</sub>	0,1		1		2		3		4		5		
	0,33		0,57		0,84		1,11		1,38		1,65		
	6		7		8		9		10		11		
	1,92		2,19		2,46		2,73		3		3,20		
	12		13		14		15		16		17		
	3,40		3,60		3,80		4		4,20		4,40		
	18		19		20		21		22		23		
	4,60		4,80		5		5,50		6		6,50		
	24		25		26		27		28		29		
	7		7,50		8		8,50		9		9,50		
	30		31		32		33		34		35		
	10		11		12		13		14		15		
	36		37		38		39		--		--		
	16		17		18		19		--		--		
	FR <sub>codo</sub>	0,1		1		2		3		4		5	
		0,33		0,82		1,37		1,91		2,46		3	
6		7		8		9		10		11			
3,40		3,80		4,20		4,60		5		6			
12		13		14		15		16		17			
7		8		9		10		12		14			
18		19		--		--		--		--			
16		18		--		--		--		--			
FR <sub>hombro</sub>	0,1		0,5		1,0		1,5		2,0		2,5		
	0,33		0,78		1,33		1,89		2,44		3		
	3,0		3,5		4,0		4,5		5,0		5,5		
	3,56		4,11		4,67		4,82		5		6		
	6,0		6,5		7,0		7,5		8,0		8,5		
	7		8		9		10		12		14		
	9,0		9,5		--		--		--		--		
	16		18		--		--		--		--		

Valor	Nivel de Deficiencia
$\leq 15$	1
$> 15 \text{ y } \leq 30$	2
$> 30 \text{ y } \leq 60$	3
$> 60 \text{ y } \leq 90$	4
$> 90$	5



= = =



Valor

### 5.3. ADAPTACIÓN DE LA NTP-330

El artículo 16 de la Ley 39/95 de Prevención de Riesgos Laborales<sup>2</sup> establece que la acción preventiva en la empresa deberá planificarla el empresario a partir de una evaluación inicial de los riesgos para la seguridad y la salud de los trabajadores.

Para el desarrollo metodológico partimos del conocimiento de que en el campo de la salud laboral, y más concretamente en el de la seguridad, una de las metodologías de evaluación más extendidas es la propuesta por William Fine en 1975<sup>114</sup> y que Bestratén y Pareja recogen en la Nota Técnica de Prevención 101 de 1986<sup>74</sup>. De acuerdo con el método descrito por Fine y con el contenido de la Nota Técnica de Prevención 330<sup>111</sup> (Bestratén 1993) coincidimos en que el Nivel de Riesgo puede ser calculado mediante la siguiente expresión (ver apartado 3.7. MÉTODO OPEL):

$$NR = NP \times NC$$

Donde :

NR = Nivel de riesgo

NP = Nivel de probabilidad

NC = Nivel de consecuencias

La NTP-330 define como nivel de riesgo el conjunto de daños esperados por unidad de tiempo. El nivel de probabilidad lo define como la probabilidad de que determinados factores de riesgo se materialicen en daños y a la magnitud de dichos daños (o consecuencias) los denomina nivel de consecuencias.

Asimismo, coincidimos en calcular el nivel de probabilidad en función del nivel de deficiencia (ND) y del nivel de exposición (NE).

$$NP = ND \times NE$$

La misma NTP-330 define el nivel de deficiencia (ND) como la magnitud de la vinculación esperable entre el conjunto de factores de riesgo considerados y su relación causal directa con el posible accidente. El nivel de exposición (NE) lo define como una medida de la frecuencia con la que se da la exposición al riesgo. También se indica que, para un riesgo concreto, el nivel de exposición puede estimarse en

función de los tiempos de permanencia en áreas de trabajo, operaciones con máquina, etc.

Como se indica en la NTP-330, el NC se establece en función de la gravedad de las consecuencias para la salud si se materializara el peligro (Tabla 190 - Adaptación de la definición del nivel de consecuencias) y el nivel de exposición en función de la duración de exposición al riesgo (Tabla 191 - Adaptación del nivel de exposición).

**Tabla 190 - Adaptación de la definición del nivel de consecuencias**

NC	Clasificación	Descripción
5	Muy Grave	Muerte o lesiones irreparables; enfermedades muy graves (pérdida de un miembro u órgano, cáncer, etc.). Agentes biológicos del grupo 4.
4	Grave	Lesiones que puedan requerir tratamiento quirúrgico o lesiones graves (conmoción, fractura mayor, asma severa, sordera, dermatitis severa, quemaduras de 3º grado, etc.). Las derivadas de agentes biológicos del grupo 3.
3	Menos grave	Traumatismos musculoesqueléticos relacionados con el trabajo, lesiones con baja (contusiones, fracturas, etc.), quemaduras de 2º grado, depresión, ansiedad, trastornos adaptativos, etc. Las derivadas de agentes biológicos del grupo 2.
2	Leves	Lesiones sin baja, molestias que requieran tratamiento, pequeños cortes, pequeñas contusiones, lumbalgias, dorsalgias, trastornos del sueño ligeros, estrés, etc. Las derivadas de agentes biológicos del grupo 1.
1	Muy leves	Molestias, fatiga, discomfort, etc.

**Tabla 191 - Adaptación del nivel de exposición**

NE	Clasificación	Descripción
5	Continuada	Continuamente, varias veces en la jornada laboral con tiempo prolongado. Entre 6 y 8 hs/día.
4	Frecuente	Varias veces en la jornada laboral, aunque sea por tiempo cortos. Entre 4 y 6 hs/día.
3	Poco frecuente	Alguna vez en la jornada laboral con tiempo prolongado. Entre 2 y 4 hs/día.
2	Ocasional	Alguna vez en la jornada laboral y durante poco tiempo. Entre 1 y 2 hs/día.
1	Esporádica	Irregularmente. Menos de 1 hora/día.

Por lo tanto, nuestro problema se centra en obtener el nivel de deficiencia (ND) ya que, en el caso de factores que afectan a la seguridad, la NTP-330 propone la utilización de listas de comprobación<sup>115</sup> pero hasta el momento no se ha desarrollado ninguna metodología para la estimación del nivel de deficiencia cuando se trata de riesgos de TMERT. Por ello, el resultado obtenido de aplicar el método desarrollado (valor) será utilizado para determinar el nivel de deficiencia (ND) según se indica en la Tabla 192 – Determinación del nivel de deficiencia (ND).

**Tabla 192 – Determinación del nivel de deficiencia (ND)**

Valor	Nivel de Deficiencia
$\leq 15$	1
$> 15 \text{ y } \leq 30$	2
$> 30 \text{ y } \leq 60$	3
$> 60 \text{ y } \leq 90$	4
$> 90$	5

Mediante la aplicación de esta metodología podemos valorar el riesgo de TMERT en las extremidades superiores a partir de la determinación de la fuerza aplicada y su comparación con la fuerza máxima, la medición o estimación del ángulo de la articulación correspondiente y la repetitividad del movimiento en un ciclo de trabajo. A partir de ahí, determinamos los factores fuerza (FF) , postura (FP) y repetición (FR) y el producto de éstos nos dará el nivel de deficiencia (ND). Combinando el nivel de deficiencia con el nivel de exposición (Tabla 191 - Adaptación del nivel de exposición) obtenemos el nivel de probabilidad (Tabla 193 - Determinación del nivel de probabilidad).

**Tabla 193 - Determinación del nivel de probabilidad**

		NE				
		1	2	3	4	5
ND	1	1	1	1	2	2
	2	1	2	2	3	3
	3	1	2	3	4	4
	4	2	3	4	4	5
	5	2	3	4	5	5

Una vez obtenido el nivel de probabilidad, es necesario combinarlo con el nivel de exposición (NE). Para obtener el NE hemos asignado un valor de 1 a 5 en función de la duración de la tarea (Tabla 194 - Nivel de exposición en función de la duración de la tarea).

**Tabla 194 - Nivel de exposición en función de la duración de la tarea**

		D = Duración de la tarea en horas				
		$D \leq 1$	$1 < D \leq 2$	$2 < D \leq 4$	$4 < D \leq 6$	$6 < D \leq 8$
NE		1	2	3	4	5

Siguiendo la NTP-330, una vez hallado el nivel de probabilidad y estimado el nivel de consecuencias (Tabla 190 - Adaptación de la definición del nivel de consecuencias) se determina el nivel de riesgo (Tabla 195 - Determinación del nivel de riesgo).



**Tabla 195 - Determinación del nivel de riesgo**

		NP				
		1	2	3	4	5
NC	1	1	1	1	2	2
	2	1	2	2	3	3
	3	1	2	3	4	4
	4	2	3	4	4	5
	5	2	3	4	5	5

A partir de aquí podemos priorizar las medidas preventivas (Tabla 196 - Prioridades en la intervención en función del NR). Así por ejemplo, un nivel de riesgo cuantificado como 4 o 5 nos indica la necesidad de aplicar medidas preventivas a medio o corto plazo, respectivamente. Un nivel de riesgo de 3 nos indica que no es prioritario aplicar medidas preventivas y un valor 1 o 2 nos informa de que no es necesario intervenir.

**Tabla 196 - Prioridades en la intervención en función del NR**

NR	Prioridad	Interpretación
5	Muy alta	Requiere cambios urgentes
4	Alta	Corregir y adoptar medidas de control
3	Media	Mejorar si es posible. Es conveniente justificar la intervención y su rentabilidad
2	Baja	Las posibles mejoras no son prioritarias
1	Muy baja	Irrelevante

## 6. RESULTADOS

### 6.1. RIS PARA EXTREMIDADES SUPERIORES

En la Tabla 197 - Aplicación del RIS en diferentes departamentos - se pueden observar los valores del RIS para los diferentes departamentos monitorizados mediante este sistema centinela. Se han resaltado aquellos departamentos donde el RIS era positivo (verdadero).

**Tabla 197 - Aplicación del RIS en diferentes departamentos**

#	Dpto.	Casos Dpto.	No casos Dpto.	Casos planta	No casos planta	RIS	Extremidades Superiores	Casos esperados
1.	1100	0	38	310	5205	-1.504	Falso	2.121
2.	1111	0	24	310	5219	-1.194	Falso	1.340
3.	1112	0	24	310	5219	-1.194	Falso	1.340
4.	1113	0	17	310	5226	-1.004	Falso	0.949
5.	1114	1	22	309	5221	-0.258	Falso	1.284
6.	1117	0	11	310	5221	-0.807	Falso	0.614
7.	1122	0	13	310	5232	-0.878	Falso	0.726
8.	1123	0	21	310	5230	-1.116	Falso	1.172
9.	1131	0	11	310	5222	-0.807	Falso	0.614
10.	1132	0	17	310	5232	-1.004	Falso	0.949
11.	1133	0	13	310	5226	-0.878	Falso	0.725
12.	1141	0	10	310	5230	-0.770	Falso	0.558
13.	1142	0	13	310	5233	-0.878	Falso	0.726
14.	1143	1	16	309	5230	0.054	Falso	0.949
15.	1151	0	17	310	5227	-1.004	Falso	0.949
16.	1152	0	19	310	5226	-1.062	Falso	1.061
17.	1153	1	15	309	5224	0.116	Falso	0.893
18.	1161	1	18	309	5228	-0.061	Falso	1.061
19.	1162	0	21	310	5225	-1.116	Falso	1.172
20.	1163	3	20	307	5222	1.562	Falso	1.284
21.	1171	1	19	309	5223	-0.114	Falso	1.116
22.	1181	0	3	310	5224	-0.421	Falso	0.167
23.	1182	0	24	310	5240	-1.194	Falso	1.334
24.	1191	0	50	310	5419	-1.727	Falso	2.791
25.	1212	0	24	310	5193	-1.194	Falso	1.339
26.	1214	2	8	308	5219	1.987	Dudoso	0.558
27.	1216	1	3	309	5235	1.692	Falso	0.223
28.	1243	0	1	310	5240	-0.243	Falso	0.056
29.	1253	0	6	310	5242	-0.596	Falso	0.335
30.	1254	1	66	309	5237	-1.467	Falso	3.740
31.	1255	1	75	309	5177	-1.631	Falso	4.243
32.	1256	0	19	310	5168	-1.062	Falso	1.061
33.	1261	6	56	304	5224	1.412	Falso	3.461
34.	1263	3	51	307	5187	-0.009	Falso	3.014
35.	1271	0	37	310	5192	-1.484	Falso	2.065
36.	1299	0	11	310	5206	-0.807	Falso	0.614

#	Dpto.	Casos Dpto.	No casos Dpto.	Casos planta	No casos planta	RIS	Extremidades Superiores	Casos esperados
37.	2001	0	15	310	5232	-0.943	Falso	0.837
38.	2011	1	103	309	5228	-2.072	Falso	5.806
39.	2012	4	88	306	5140	-0.520	Falso	5.136
40.	2013	4	83	306	555	-0.403	Falso	4.857
41.	2015	4	77	306	5160	-0.254	Falso	4.522
42.	2026	3	97	307	5166	-1.135	Falso	5.582
43.	2071	0	57	310	5146	-1.845	Falso	3.182
44.	2101	0	15	310	5146	-0.943	Falso	0.837
45.	2122	3	78	307	5186	-0.742	Falso	4.522
46.	2124	7	118	303	5228	0.008	Falso	6.978
47.	2125	8	108	302	5165	0.623	Falso	6.476
48.	2171	0	54	310	5125	-1.796	Falso	3.014
49.	2801	0	20	310	5135	-1.089	Falso	1.116
50.	2811	6	292	304	5189	-2.759	Falso	16.64
51.	2821	24	232	286	5223	2.706	Verdadero	14.29
52.	3001	17	174	293	4951	2.032	Verdadero	10.66
53.	3003	16	79	294	5011	4.821	Verdadero	5.303
54.	3004	19	165	291	5069	2.850	Verdadero	10.27
55.	3005	4	57	306	5164	0.333	Falso	3.405
56.	3006	26	99	284	5078	7.495	Verdadero	6.978
57.	3007	6	77	304	5186	0.658	Falso	4.633
58.	3008	11	123	299	5144	1.340	Falso	7.481
59.	3011	12	117	298	5166	1.862	Falso	7.201
60.	3012	14	82	296	5120	3.875	Verdadero	5.359
61.	3013	19	121	291	5126	4.170	Verdadero	7.815
62.	3014	9	147	301	5161	0.103	Falso	8.709
63.	3071	3	109	310	5122	-2.564	Falso	6.085
64.	3099	0	40	310	5203	-1.543	Falso	2.233
65.	3101	18	120	292	5123	3.866	Verdadero	7.704
66.	3102	4	97	306	5146	-0.717	Falso	5.638
67.	3103	17	151	293	5092	2.600	Verdadero	9.379
68.	3104	9	101	301	5142	1.199	Falso	6.141
69.	3105	12	117	298	5126	1.862	Falso	7.201
70.	3106	5	112	305	5131	-0.623	Falso	6.532
71.	3107	5	37	305	5206	1.791	Falso	2.345
72.	3121	5	145	310	5098	-2.967	Falso	8.095
73.	3122	0	57	310	5186	-1.845	Falso	3.182
74.	3123	0	82	310	5161	-2.218	Falso	4.578
75.	5310	0	3	310	5240	-0.421	Falso	0.167
76.	5320	4	12	310	5231	-0.843	Falso	0.700
77.	5321	0	9	310	5234	-0.730	Falso	0.502
78.	5323	0	28	310	5215	-1.289	Falso	1.563
79.	5324	0	40	310	5203	-1.543	Falso	2.233
80.	5325	0	25	310	5218	-1.218	Falso	1.396
81.	5332	0	36	310	5207	-1.463	Falso	2.010
82.	5333	0	20	310	5223	-1.089	Falso	1.116
83.	5420	0	4	310	5239	-0.486	Falso	0.223
84.	5425	0	32	310	5211	-1.379	Falso	1.786
85.	5430	0	3	310	5240	-0.421	Falso	0.167
86.	5431	0	91	310	5152	-2.339	Falso	5.080
87.	5443	1	23	309	5220	-0.303	Falso	1.340
88.	9443	0	258	310	4985	-3.999	Falso	14.40

## 6.2. APLICACIÓN DEL MÉTODO DE EVALUACIÓN

El método de evaluación se aplicó en todos aquellos departamentos en los que el RIS había resultado positivo o dudoso y que son los siguientes (Tabla 198 - Departamentos con RIS verdadero):

**Tabla 198 - Departamentos con RIS verdadero**

<i>Dpto.</i>	<i>Casos Departamento</i>	<i>No casos Departamento</i>	<i>Casos Planta</i>	<i>No casos Planta</i>	<i>RIS</i>
1214	2	8	308	5235	1,99
2821	24	232	286	5011	2,71
3001	17	174	293	5069	2,03
3003	16	79	294	5164	4,82
3004	19	165	291	5078	2,85
3006	26	99	284	5144	7,49
3012	14	82	296	5161	3,87
3013	19	121	291	5122	4,17
3101	18	120	292	5123	3,86
3103	17	151	293	5092	2,6
Totales	172	1231			

En la Tabla 199 - Aplicación del método en departamentos con RIS positivo - se muestran los valores obtenidos a partir de la aplicación del método para cada una de las tareas en la que se detectaba algún factor de riesgo (fuerza, postura o repetición) realizadas en los departamentos con RIS positivo. En la misma se incluyen los valores de cada factor y el valor resultante de multiplicar los tres.

Asumiendo que la relación entre el valor obtenido y el nivel de deficiencia (ND) es el que se indica en la Tabla 187 - Nivel de deficiencia (ND) - se obtienen los niveles de deficiencia para cada puesto o tarea y que se incluyen en la última columna de la Tabla 199 - Aplicación del método en departamentos con RIS positivo.

**Tabla 199 - Aplicación del método en departamentos con RIS positivo**

<i>Dpto.</i>	<i>Puesto/Tarea</i>	<i>Factor Fuerza</i>	<i>Factor Postura</i>	<i>Factor Repetición</i>	<i>Valor</i>	<i>Nivel de Deficiencia</i>
1214	1	3	2	1,3	7,8	1
1214	2	1	1	0,8	0,8	1
1214	3	0,7	1	1,1	0,8	1
1214	4	12	2	2	48,0	3
1214	5	8	2	1,1	17,6	2
1214	6	0,7	3	0,8	1,7	1
1214	7	3	1	3	9,0	1
1214	8	16	3	1,1	52,8	3
1214	9	0,3	3	1,1	1,0	1
1214	10	0,3	1	2	0,6	1
1214	11	1	2	1,1	2,2	1
1214	12	1	3	0,6	1,8	1
2821	1	1,5	2	1,1	3,3	1
2821	2	0,33	1	0,6	0,2	1
2821	3	2	2	1,1	4,4	1
2821	4	2	1	1,6	3,2	1
2821	5	0,7	3	1	2,1	1
2821	6	0,7	3	0,3	0,6	1
2821	7	1	2	0,8	1,6	1
2821	8	2	1	0,8	1,6	1
2821	9	0,33	2	1,3	0,9	1
2821	10	12	2	1,9	45,6	3
2821	11	1,5	3	1,3	5,9	1
2821	12	0,3	2	0,6	0,4	1
2821	13	4	2	0,6	4,8	1
3001	1	12	3	1,1	39,6	3
3001	2	8	2	1,3	20,8	2
3001	3	0,3	2	1,3	0,8	1
3001	4	1,5	1	2,7	4,1	1
3001	5	2	4	1,3	10,4	1
3001	6	0,3	3	1,3	1,2	1
3001	7	5,5	3	0,6	9,9	1
3001	8	8	3	0,8	19,2	2
3001	9	2	2	0,8	3,2	1
3001	10	2	2	1,3	5,2	1
3003	1	3	6	2,7	48,6	3
3003	2	0,7	3	1,7	3,6	1
3003	3	1,5	3	1,9	8,6	1
3003	4	5,5	3	1,1	18,2	2
3003	5	1	1	1,3	1,3	1
3003	6	4	3	0,6	7,2	1
3003	7	3	3	2,7	24,3	2
3003	8	1	4	0,6	2,4	1
3003	9	2	2	1,7	6,8	1
3004	1	5,5	3	2,7	44,6	3
3004	2	3	1	2,5	7,5	1
3004	3	2	3	1,1	6,6	1
3004	4	5,5	3	1,1	18,2	2
3004	5	1,5	1	1,3	2,0	1
3004	6	2	3	0,8	4,8	1
3004	7	5,5	3	2,2	36,3	3
3004	8	0,3	2	0,8	0,5	1
3004	9	3	3	3	27,0	2
3004	10	3	3	2,7	24,3	2
3004	11	1,5	2	1,1	3,3	1

<i>Dpto.</i>	<i>Puesto/Tarea</i>	<i>Factor Fuerza</i>	<i>Factor Postura</i>	<i>Factor Repetición</i>	<i>Valor</i>	<i>Nivel de Deficiencia</i>
3004	12	3	1	2,5	7,5	1
3004	13	3	1	2,5	7,5	1
3004	14	3	3	2,7	24,3	2
3004	15	3	1	2,5	7,5	1
3004	16	0,7	1	0,8	0,6	1
3006	1	5,5	3	1,1	18,2	2
3006	2	8	3	1,3	31,2	3
3006	3	0,7	3	0,8	1,7	1
3006	4	2	2	0,6	2,4	1
3006	5	2	2	0,6	2,4	1
3006	6	1,5	2	1,1	3,3	1
3006	7	12	2	1,33	31,9	3
3012	1	5,5	2	2,5	27,5	2
3012	2	5,5	1	1,7	9,4	1
3012	3	1,5	2	1,9	5,7	1
3012	4	12	2	1,3	31,2	3
3012	5	2	2	2,5	10,0	1
3013	1	8	3	1,9	45,6	3
3013	2	3	6	1,3	23,4	2
3013	3	0,3	2	2,5	1,5	1
3013	4	8	2	0,6	9,6	1
3013	5	1	2	1,1	2,2	1
3013	6	1	3	1,3	3,9	1
3013	7	0,3	3	2,5	2,3	1
3013	8	2	3	3	18,0	2
3013	9	1	2	1,1	2,2	1
3013	10	1	3	0,8	2,4	1
3013	11	1	3	2	6,0	1
3013	12	0,3	3	0,8	0,7	1
3013	13	2	2	1,1	4,4	1
3013	14	1	2	1,7	3,4	1
3101	1	3	2	2,2	13,2	1
3101	2	8	2	0,8	12,8	1
3101	3	3	1	0,8	2,4	1
3101	4	0,3	2	1,3	0,8	1
3101	5	1	1	2,2	2,2	1
3101	6	0,3	1	0,8	0,2	1
3101	7	2	1	0,8	1,6	1
3101	8	2	4	4,2	33,6	3
3101	9	1	1	0,8	0,8	1
3101	10	1	2	1,3	2,6	1
3101	11	8	6	0,8	38,4	3
3101	12	0,3	1	1,1	0,3	1
3103	1	8	3	1,7	40,8	3
3103	2	5	2	2	20,0	2
3103	3	0,3	3	1,1	1,0	1
3103	4	0,3	5	1,3	2,0	1
3103	5	--	--	--	N/E	N/E
3103	6	--	--	--	N/E	N/E
3103	7	--	--	--	N/E	N/E

Como comprobación, se seleccionaron otros departamentos (algunos con tareas similares y otros con tareas totalmente distintas) pero donde el RIS había resultado

negativo. Los departamentos seleccionados son los indicados en la Tabla 200 - Departamentos seleccionados para comprobación.

**Tabla 200 - Departamentos seleccionados para comprobación**

<i>Dpto.</i>	<i>Casos Dpto.</i>	<i>No casos Dpto.</i>	<i>Casos Planta</i>	<i>No casos planta</i>	<i>RIS</i>
2171	0	54	310	5125	-1.796
2801	0	20	310	5135	-1.089
3071	3	109	310	5122	-2.564
3099	0	40	310	5203	-1.543
3121	5	145	310	5098	-2.967
3122	0	57	310	5186	-1.845
3123	0	82	310	5161	-2.218
5310	0	3	310	5240	-0.421
5320	4	12	310	5231	-0.843
5323	0	28	310	5215	-1.289
Totales	12	550			

En la Tabla 201 - Aplicación del método en los departamentos con RIS negativo - se observan los valores obtenidos para cada factor una vez aplicado el método y un valor correspondiente al producto de los tres. En la última columna de esta tabla se incluyen los niveles de deficiencia de acuerdo con la Tabla 187 - Nivel de deficiencia (ND).

**Tabla 201 - Aplicación del método en los departamentos con RIS negativo**

<i>Dpto.</i>	<i>Puesto/Tarea</i>	<i>Factor Fuerza</i>	<i>Factor Postura</i>	<i>Factor Repetición</i>	<i>Valor</i>	<i>Nivel de Deficiencia</i>
2171	1	0,7	2	0,7	1,0	1
2171	2	0,32	1	0,8	0,3	1
2171	3	1,5	2	0,7	2,1	1
2171	4	2	1	0,7	1,4	1
2171	5	0,3	3	0,7	0,6	1
2171	6	4	1	0,8	3,2	1
2171	7	0,3	1	1,1	0,3	1
2171	8	0,3	1	0,6	0,2	1
2171	9	1	3	0,7	2,1	1
2171	10	0,3	1	1,1	0,3	1
2801	1	3	1	1,3	3,8	1
2801	2	0,3	1	1,7	0,5	1
2801	3	0,3	2	1,3	0,8	1
2801	4	0,3	1	1,9	0,6	1
2801	5	0,3	2	1,3	0,8	1
2801	6	0,3	1	1,9	0,6	1
2801	7	0,3	1	1,3	0,4	1
2801	8	0,3	1	0,6	0,2	1
2801	9	0,3	1	0,8	0,2	1
2801	10	2	3	0,8	4,8	1
2801	11	--	--	--	--	N/E
2801	12	--	--	--	--	N/E
3071	1	2	2	1,3	5,2	1
3071	2	3	2	0,8	4,8	1
3071	3	0,3	3	0,6	0,5	1
3071	4	4	1	1,1	4,4	1
3071	5	0,3	2	0,8	0,5	1
3071	6	0,3	1	0,8	0,2	1

<i>Dpto.</i>	<i>Puesto/Tarea</i>	<i>Factor Fuerza</i>	<i>Factor Postura</i>	<i>Factor Repetición</i>	<i>Valor</i>	<i>Nivel de Deficiencia</i>
3071	7	2	1	0,3	0,6	1
3071	8	5,5	3	0,6	9,9	1
3071	9	0,3	2	0,6	0,4	1
3071	10	0,3	3	0,6	0,5	1
3099	1	0,3	2	0,8	0,5	1
3099	2	0,3	1	0,3	0,1	1
3099	3	0,3	1	0,6	0,2	1
3099	4	0,3	1	0,3	0,1	1
3099	5	0,3	1	0,3	0,1	1
3099	6	0,3	1	0,3	0,1	1
3099	7	1	5	0,8	4	1
3099	8	0,3	1	0,3	0,1	1
3099	9	0,3	1	0,3	0,1	1
3099	10	0,3	1	0,6	0,2	1
3121	1	5,5	1	2,7	14,9	1
3121	2	1,5	2	0,3	0,9	1
3121	3	2	2	0,6	2,4	1
3121	4	2	1	0,3	0,6	1
3121	5	2	1	0,8	1,6	1
3121	6	2	2	1,1	4,4	1
3121	7	4	1	0,3	1,2	1
3121	8	0,3	1	2,1	0,6	1
3121	9	0,3	1	2,5	0,8	1
3121	10	0,3	1	2,5	0,8	1
3121	11	0,3	1	1,7	0,5	1
3121	12	2	3	2,1	12,6	1
3121	13	2	1	2,2	4,4	1
3121	14	0,3	6	2,2	4,0	1
3121	15	0,3	2	3	1,8	1
3122	1	0,7	1	2,5	1,8	1
3122	2	0,7	1	3	2,1	1
3122	3	2	1	3	6,0	1
3122	4	3	1	2,5	7,5	1
3122	5	1,5	2	2,7	8,1	1
3122	6	1	1	3	3,0	1
3122	7	2	3	2,1	12,6	1
3122	8	2	2	0,8	3,2	1
3122	9	2	2	2,1	8,4	1
3122	10	2	1	3	6,0	1
3122	11	0,3	2	0,8	0,5	1
3122	12	0,3	2	1,1	0,7	1
3123	1	0,3	3	3	2,7	1
3123	2	2	2	2,2	8,8	1
3123	3	1,5	2	2,7	8,1	1
3123	4	0,3	2	2,2	1,3	1
3123	5	1,5	2	1,9	5,7	1
3123	6	2	2	1,1	4,4	1
3123	7	3	2	2,5	15	1
3123	8	1,5	1	1,1	1,7	1
3123	9	4	2	0,8	6,4	1
3123	10	--	--	--	--	N/E
3123	11	--	--	--	--	N/E
3123	12	--	--	--	--	N/E
5310	1	0,3	1	0,6	0,2	1
5310	2	0,3	1	1,3	0,4	1
5310	3	0,3	1	1,7	0,5	1
5310	4	0,3	1	3	0,9	1



<i>Dpto.</i>	<i>Puesto/Tarea</i>	<i>Factor Fuerza</i>	<i>Factor Postura</i>	<i>Factor Repetición</i>	<i>Valor</i>	<i>Nivel de Deficiencia</i>
5310	5	0,3	2	3	1,8	1
5310	6	0,3	1	3	0,9	1
5310	7	0,3	1	2,7	0,8	1
5310	8	0,3	2	3	1,8	1
5310	9	0,3	1	0,8	0,2	1
5310	10	0,3	1	1,3	0,4	1
5310	11	0,3	1	3	0,9	1
5320	1	0,3	1	2,2	0,7	1
5320	2	0,3	2	3	1,8	1
5320	3	0,3	1	0,8	0,2	1
5320	4	0,3	2	2,5	1,5	1
5320	5	0,3	1	0,6	0,2	1
5320	6	0,3	1	0,3	0,1	1
5320	7	0,3	2	0,3	0,2	1
5320	8	0,3	1	1,1	0,3	1
5320	9	0,3	1	2,7	0,8	1
5320	10	0,3	1	3	0,9	1
5320	11	0,3	1	2,2	0,7	1
5320	12	0,3	1	1,9	0,6	1
5323	1	0,3	1	0,8	0,2	1
5323	2	5,5	3	2,4	39,6	2
5323	3	1	2	0,3	0,6	1
5323	4	1,5	2	2,7	8,1	1
5323	5	4	3	0,8	9,6	1
5323	6	0,3	3	3	2,7	1
5323	7	1	2	2,2	4,4	1
5323	8	2	2	2,7	10,8	1
5323	9	2	2	0,8	3,2	1
5323	10	1	2	2,7	5,4	1
5323	11	1,5	2	1,1	3,3	1
5323	12	1	2	2,2	4,4	1
5323	13	0,3	2	0,6	0,4	1

En la Tabla 202 - Niveles de deficiencia en departamentos con RIS positivo- se indican los ND para cada puesto o tarea llevada a cabo en los diferentes departamentos con RIS positivo que fueron valorados y en la Tabla 203 - Niveles de deficiencia en departamentos con RIS negativo - los ND para cada puesto o tarea llevada a cabo en los diferentes departamentos con RIS negativo que fueron valorados. En ambas, junto al ND, se indica mediante una letra si la valoración corresponde a la muñeca (M), al codo (C) o al hombro (H).

**Tabla 202 - Niveles de deficiencia en departamentos con RIS positivo**

<i>Dpto..</i>	<i>RIS</i>	<i>Puesto/Tarea<sup>*†</sup></i>															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1214	1,99	1M	1M	1M	3M	2M	1M	1M	3M	1M	1M	1M	1M				
2821	2,71	1M	1M	1M	1M	1H	1M	1M	1M	1M	3H	1M	1M	1M			
3001	2,03	3M	2M	1M	1M	1M	1M	1M	2M	1M	1M						
3003	4,82	3M	1M	1M	2M	1M	1M	2M	1M	1M							
3004	2,85	3M	1M	1M	2M	1M	1M	2M	1M	2M	2M	1M	1M	1M	2M	1M	1M

3006	7,49	2M	3H	1M	1M	1M	1M	3H									
3012	3,87	2C	1M	1M	3M	1M											
3013	4,17	3C	2M	1M	1M	1M	1M	1M	2M	1M	1M	1M	1M	1M	1M		
3101	3,86	1M	1M	1M	1M	1M	1M	1M	3C	1M	1M	3H	1M				
3103	2,6	3M	2M	1M	1M	N/E	N/E	N/E									

\* N/E = No evaluado

† Valoración para muñeca (M), para codo (C) y para hombro (H)

**Tabla 203 - Niveles de deficiencia en departamentos con RIS negativo**

Dpto.	RIS	Puesto/Tarea* †															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
2171	-1.796	1M	1M	1M	1M	1M	1M	1M	1M	1M	1M						
2801	-1.089	1M	1M	1M	1M	1M	1M	1M	1M	1M	1C	N/E	N/E				
3071	-2.564	1M	1M	1M	1M	1M	1M	1M	1M	1M	1M						
3099	-1.543	1M	1M	1M	1M	1M	1M	1H	1M	1M	1M						
3121	-2.967	1M	1M	1M	1M	1M	1M	1M	1M	1M	1M	1M	1M	1M	1M	1M	
3122	-1.845	1M	1M	1M	1M	1M	1M	1M	1M	1M	1M	1M	1M				
3123	-2.218	1M	1M	1M	1M	1M	1M	1M	1M	1M	N/E	N/E	N/E				
5310	-0.421	1M	1M	1M	1M	1M	1M	1M	1M	1M	1M	1M					
5320	-0.843	1M	1M	1M	1M	1M	1M	1M	1M	1M	1M	1M	1M				
5323	-1.289	1M	2H	1M	1M	1M	1M	1M	1M	1M	1M	1M	1M	1M			

\* N/E = No evaluado

† Valoración para muñeca (M), para codo (C) y para hombro (H)

## 7. DISCUSIÓN

### 7.1. MÉTODOS DE EVALUACIÓN EXISTENTES

Es conocido que los trastornos significados como TMERT (trastornos musculoesqueléticos relacionados con el trabajo) constituyen en la actualidad un área prioritaria en la prevención de los riesgos laborales. Los datos en Europa sobre este tipo de patologías parecen así confirmarlo<sup>6,7</sup>, fundamentalmente en el ámbito industrial donde se realizan tareas de manufactura que implican un trabajo repetitivo.

Al igual que la Organización Internacional del Trabajo<sup>8</sup>, entendemos que los TMERT se producen como consecuencia de la presencia de una serie de factores, entre los cuales se encuentran el entorno laboral y el tipo de trabajo, que contribuyen significativamente, aunque no siempre en la misma medida, a desencadenar una enfermedad<sup>8</sup>.

En la Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales<sup>2</sup> y en el Real Decreto 39/1997 por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención<sup>3</sup>, se recalca la importancia de la evaluación de riesgos como uno de los instrumentos que posibilita la planificación de la acción preventiva y debe ser utilizada como herramienta básica en la estrategia de prevención de riesgos de origen ergonómico. En este sentido, pensamos que el análisis de las condiciones de trabajo es un elemento esencial en el desarrollo de la Ergonomía correctiva y de diseño.

Este análisis nos debe conducir a valorar los requerimientos de un puesto de trabajo con el objetivo de determinar posibles niveles de riesgo, comparar puestos de trabajo, objetivar las demandas de un puesto, plantear objetivos de mejora, organizar rotaciones, recomendar reubicaciones, etc. Por lo tanto, entendemos que la adquisición de conocimientos detallados y completos de cada puesto de trabajo es necesaria para conseguir una correcta estructuración del trabajo y en consecuencia una correcta Ergonomía del puesto de trabajo.

Coincidiendo con lo que la mayoría de autores<sup>20,21,22,23,24,25,26,27,29,30,31,32</sup>, en el ámbito de nuestro trabajo pensamos que existe asociación entre diversos factores específicos (fundamentalmente postura de trabajo, fuerza ejercida y repetitividad de los movimientos) y determinados TMERT.

En cuanto a las posturas, los trabajos de investigación no proponen un modelo que permita establecer unos valores límites concretos para aquellas posturas que, de ser inadecuadas, puedan provocar estrés biomecánico significativo en diferentes articulaciones y en los tejidos blandos adyacentes. No obstante, se han establecido ciertas aproximaciones tales como las descritas en las normas CEN PNE-prEN 1005-4:1996<sup>116</sup> e ISO/DIS 11226:1995<sup>81</sup>.

Al igual que ocurre con las posturas, tampoco existen modelos probados científicamente que asocien todas las variables que pueden confluir en el efecto de la fuerza, si bien existen aproximaciones como las que se presentan en el método elaborado por Siemens<sup>68</sup>.

En la revisión bibliográfica también hemos encontrado una gran disparidad de criterios en cuanto a los límites de repetición de los movimientos como por ejemplo los aportados por Kilbom<sup>49</sup>, ANSI<sup>50</sup> y Occhipinti<sup>119</sup>.

Entre los métodos analizados, hemos apreciado diversidad de criterios en cuanto a los factores adicionales considerados. Así por ejemplo, Moore y Garg<sup>82</sup> incluyen la velocidad de trabajo y Occhipinti<sup>54</sup> el tiempo de recuperación. Como comentaremos más adelante, nosotros no hemos considerado este tipo de factores adicionales ya que para los puestos analizados (industria del automóvil) no constituyen una variable que pueda modificarse ni que cambien significativamente y, por tanto, tener influencia en las medidas preventivas a aplicar.

En relación con los métodos de evaluación existentes que hemos recogido en la revisión bibliográfica (muchos de los cuales son o han sido de uso habitual en nuestra práctica diaria) y que se cuentan entre los más difundidos entre los profesionales de la prevención de riesgos laborales (Tabla 143 - Clasificación de métodos de evaluación que permiten valorar riesgos en extremidades superiores y Tabla 144 - Clasificación de métodos de evaluación específicos de tareas de movimiento manual de cargas) podemos decir, como primera consideración, que existen muy pocos que incluyan la evaluación conjunta de los factores de riesgo relacionados con los procesos de trabajo de la factoría, a saber: fuerza, postura y repetitividad. En concreto se trata de los métodos Siemens, OCRA, IBV, Strain Index y la normativa europea.

El método Siemens, parte de la idea de determinar la fuerza máxima (o momento de giro máximo) en función de la postura adoptada por una parte determinada del cuerpo (mano, brazo, piernas o espalda) y, mediante la aplicación de factores de corrección, que incluyen la duración de la tarea, el número de esfuerzos en ese periodo de tiempo,

la edad, el sexo y el tipo de trabajo (estático o dinámico), permite calcular lo que denomina fuerza (o momento) máxima admisible. Entre las observaciones que hay que hacer sobre este método es de destacar que los datos de fuerzas fueron obtenidos para hombres de 30 años de edad (percentil 50) y que los factores de corrección varían linealmente respecto a la intensidad del esfuerzo. Por otra parte, los valores de fuerzas máximas superan, en algunos casos, los límites de fuerzas establecidos en normativas (como por ejemplo la serie DIN 33411 publicada entre 1985 y 1999<sup>117</sup>) o criterios de fuerza como los establecidos por Snook y Ciriello<sup>118</sup> (*Liberty Mutual Insurance Research Center*), lo que nos plantea dudas sobre su validez para la población española.

El método del IBV, si bien es uno de los más modernos en cuanto a su fecha de publicación (1996), mantiene la filosofía de otros métodos más antiguos. De hecho está basado en el método OWAS y sus tablas de valoración son muy similares. El problema principal de estos métodos es que no hacen una valoración exhaustiva del factor fuerza y que mantienen la idea de obtener puntuaciones globales, lo que no ayuda a poder hacer una correcta identificación del riesgo y/o una adecuada vigilancia de la salud.

El *Strain Index*<sup>82</sup> es un método bastante actual (1995) de uso muy extendido en el campo de la Ergonomía. Al aplicarlo se obtiene información tanto para evaluar como para corregir una situación. En nuestro caso se ve limitada su aplicación ya que solamente se valora el riesgo a nivel de muñeca e incorpora un factor relacionado con la velocidad de trabajo que en nuestro caso consideramos que no tiene habitualmente influencia ya que la velocidad de trabajo viene determinada siempre por métodos y tiempo al ritmo normal pactado por lo que es una constante y no una variable.

En cuanto a la normativa española y europea (UNE-EN 1005), su principal desventaja es que aunque determina fuerzas máximas en función de las posturas, no establece niveles de riesgo en relación con la fuerza real aplicada. Tampoco hace una discriminación específica sobre la parte corporal con riesgo de lesión y se ha linealizado la fuerza límite en función de la frecuencia y la duración.

Sobre el método OCRA<sup>119</sup>, podemos decir que es el único que parte de la idea de proponer un número máximo de 30 movimientos por minuto y, luego, disminuir éste en función de la postura (junto con la fuerza) y la duración de la tarea. Contrariamente, y en coincidencia con los criterios de Kilbom<sup>49</sup>, nuestra experiencia nos indica que el número máximo de movimientos para prevenir las TMERT depende de la articulación considerada. Además, entendemos que otras desventajas de este método son que no

define claramente las zonas de riesgo, ya que establece un rango muy amplio al hacer la evaluación y la valoración de las posturas, y que la clasificación de las mismas se hace en función del tiempo de duración en relación con el ciclo de trabajo. En nuestro caso no tenemos habitualmente tareas en las que las posturas se mantengan durante más de un tercio del ciclo, por todo ello la clasificación que hace el OCRA nos parece insuficiente para su aplicación en nuestros puestos de trabajo. En relación con los tiempos de recuperación que considera el índice OCRA, en nuestros puestos de trabajo son fijos ya que las pausas están establecidas por lo que tampoco constituye una variable.

Es decir, al igual que no compartimos los procedimientos utilizados en métodos tales como RULA o REBA en los que se obtiene una valoración global, combinando la valoración correspondiente a la espalda con la valoración obtenida para extremidades superiores, tampoco nos parece adecuado obtener una puntuación global para la extremidad superior, como en el caso de OCRA, sin tener en cuenta cada articulación por separado (hombro, codo y muñeca). Según nuestra experiencia, para poder aplicar las medidas correctivas oportunas, es necesario conocer la carga asociada a cada articulación y, por tanto, es necesario obtener valoraciones diferenciadas para hombro, codo y muñeca.

Entre los métodos utilizados en la industria automovilística (OPEL, RNUR y Ford) entendemos que los métodos RNUR y Ford en realidad solamente valoran de forma totalmente explícita los riesgos derivados del manejo y transporte de cargas, esfuerzos realizados con la mano y riesgos de tipo postural. En el caso del método OPEL, aunque contempla condiciones de trabajo ligadas a los TMERT, está más dirigido a la detección de situaciones de riesgo que a la valoración.

Por último, entre los métodos de evaluación de riesgos derivados del manejo manual de cargas, hemos encontrado que la filosofía de valoración es similar. Partiendo de un valor de fuerza máxima (en estos casos de peso) se calcula el peso máximo admisible en función de las posturas adoptadas, la repetitividad y la duración de la exposición. El método NIOSH (que es el método que sirvió de base para la elaboración de la guía técnica del INSHT), nos resultó particularmente interesante para este trabajo, ya que la fórmula de cálculo para trabajos multitarea nos permitiría calcular el riesgo cuando se tratara de más de un movimiento simple realizado por los brazos o por las manos dentro del mismo ciclo de trabajo.

## **7.2. MÉTODO DE EVALUACIÓN PROPUESTO**

En el planteamiento inicial de este estudio se pretendía obtener un método de evaluación de riesgos de TMERT que permitiera determinar un valor proporcional a las deficiencias en función de los factores de riesgo considerados.

De acuerdo con la revisión bibliográfica realizada por el Instituto de Seguridad y Salud Laboral de los EE.UU. (NIOSH)<sup>33</sup> sobre los estudios epidemiológicos publicados (

Tabla 5 - Resultados de la revisión de los estudios epidemiológicos) y coincidiendo con otros autores (Moore y Garg<sup>82</sup>, Occhipinti et al<sup>119</sup>) entendemos que los principales factores de riesgo que deben considerarse son la fuerza, la postura, la repetición en el caso de trabajo dinámico o duración de la contracción en el caso de trabajo estático.

Aunque algunos métodos incluyen la influencia de factores individuales<sup>68,98</sup> (sexo, edad, entrenamiento, etc.), nosotros no lo consideramos oportuno puesto que el método desarrollado siempre se basa en valores para la mayoría de la población de la factoría y, en consecuencia, al igual que sucede en el caso de la ecuación revisada de NIOSH<sup>100</sup> el método debería ser válido para toda la población expuesta. Por otra parte, tampoco hemos considerado factores adicionales tales como la velocidad de trabajo que se tiene en cuenta en el Strain Index (Moore y Garg<sup>82</sup>) o el tiempo de recuperación en el caso de OCRA (Occhipinti et al<sup>119</sup>), ya que no constituyen factores que puedan variar en los puestos que hemos analizado en la factoría siempre que se cumpla con los métodos y tiempos establecidos por el Departamento de Ingeniería. Contrariamente a métodos como ANSI<sup>50</sup> u OCRA<sup>54</sup>, y aunque sabemos que constituyen un factor de riesgo de TMERT, tampoco hemos considerado a las vibraciones como un factor adicional, ya que pensamos que el riesgo que conlleva la exposición a vibraciones del sistema mano-brazo queda suficientemente valorado a través de las normas de aplicación<sup>120</sup> y de la última directriz de la Unión Europea<sup>121</sup> sobre vibraciones transmitidas al sistema mano-brazo.

Por consiguiente, en el modelo de evaluación propuesto, para obtener un valor proporcional al nivel de deficiencia (ND) hemos contemplado el denominado factor fuerza (FF) que es función del porcentaje de máxima contracción voluntaria, el factor postura (FP) que es función de la articulación considerada (muñeca, codo u hombro) y del ángulo adoptado y el factor repetición (FR) que es función de la articulación considerada (muñeca, codo u hombro) y de la frecuencia de los movimientos o acciones.

Estos tres factores combinados nos proporcionan un “Valor” proporcional a la severidad del posible daño a la salud o lo que podemos denominar nivel de deficiencia (ND). Este valor, combinado con la variable tiempo de exposición (lo que la NTP 330 denomina Nivel de Exposición) permite estimar el riesgo de lesión (denominado Nivel de Probabilidad en la NTP 330).

Para obtener el factor fuerza pensamos que lo más razonable era asociarlo al porcentaje de máxima contracción voluntaria. Es decir, a la relación entre la fuerza real



aplicada y la fuerza máxima voluntaria para el grupo de población considerada. Esto nos permitiría basarnos en la escala CR-10 de Borg<sup>45</sup> para cuantificar la fuerza en el caso de que no estuviera medida y coincidiría con los criterios utilizados en los métodos Strain Index<sup>82</sup> y OCRA<sup>54</sup>.

En toda la revisión bibliográfica llevada a cabo solamente encontramos una publicación en donde se incluían datos de fuerzas máximas para población española (Mutua Universal, 2002<sup>123</sup>). Sin embargo, este estudio presenta, en nuestra opinión, algunos inconvenientes tales como el pequeño tamaño de la muestra (17 individuos) o la falta de valores de fuerza para determinadas acciones habituales en la actividad laboral que estamos estudiando, lo cual nos condujo a iniciar en paralelo el estudio de fuerzas máximas para ciertas acciones tipo en la población laboral.

Dicho estudio de fuerzas, llevado a cabo en General Motors España, muestra algunas diferencias con respecto a la bibliografía consultada. Así, al analizar los valores obtenidos de fuerza máxima ejercida con el pulgar observamos que los hallados para el 5 percentil a una altura de 100 cm. (98,7N para mano dominante) son comparables al valor de referencia recogido en los datos de Siemens<sup>68</sup>, que determina un valor de 100 N para el 50 percentil de la población masculina.

En cuanto a la fuerza máxima hallada en la acción de pinza término-lateral, se han encontrado referencias en varios estudios que la cifran en un valor de 95,37 N para el 50 percentil hombre en el estudio realizado por Di Domenico<sup>122</sup>, de 120 N en Siemens<sup>68</sup> y de 97,1 N en la serie de Mutua Universal<sup>123</sup>. En nuestro estudio se han obtenido valores más bajos y que oscilan para el percentil 50 entre 35,9 N para mano no dominante y 42 N para mano dominante, valores éstos similares a los publicados por Astrand y Rodhal<sup>63</sup>, que cifran el valor del 50 percentil hombre en 55,7 N.

Los resultados obtenidos en este estudio para las acciones que han conllevado pinza término-terminal están también por debajo de los encontrados para el percentil 50 por Di Domenico<sup>122</sup> (62,8 N), Siemens<sup>68</sup> (90 N), Mutua Universal<sup>123</sup> (65) y Astrand y Rodhal<sup>63</sup> (68 N). Hemos encontrado valores que oscilan entre 17,5 N (percentil 5, mano dominante a 120 cm de altura) y 92,1 N (percentil 95 mano no dominante a 100 cm de altura). En el percentil 50 hemos observado valores que oscilan entre 39,5 N (mano no dominante a 120 cm de altura) y 43,7 N (mano dominante a 100 cm de altura). Al igual que ocurre con la pinza término-lateral, sólo nuestros valores máximos se aproximan a los citados por las fuentes consultadas.

En cuanto a la fuerza máxima de agarre (también conocido en Ergonomía como agarre de fuerza), los valores obtenidos para mano dominante a 120 cm de altura varían entre 252 N (percentil 5), 412 N (percentil 50) y 561,5 (percentil 95). Los mismos se aproximan a los obtenidos por Di Domenico<sup>2</sup> (452,4 para el 50 percentil hombre) y los de Siemens<sup>68</sup> (400 N para 50 percentil hombre), si bien son superiores todos ellos a los que figuran en el trabajo de Astrand y Rodahl<sup>4</sup> (230,6 N). Otros estudios (*Grip Strenght Forces*<sup>124</sup>) hablan de valores que oscilan entre los 330 y 530 N sin indicar en todos ellos el percentil ni la altura de trabajo. El estudio de Mutua Universal<sup>3</sup> dista mucho de nuestros valores ya que el valor medio lo sitúa en 125,6 N.

Si nos centramos en otras acciones, como por ejemplo las fuerzas ejercidas con los dedos o con la palma, no podemos establecer comparaciones ya que no se han encontrado referencias bibliográficas. No obstante, a modo de comentario, diremos que en el caso de la fuerza ejercida con los dedos se han observado los valores más altos en todos los percentiles cuando la acción se ha realizado a 140 cm. El valor máximo encontrado ha sido de 551 N y el mínimo de 95 N. En cuanto a la fuerza ejercida con la palma, se ha comprobado un comportamiento similar al anterior ya que los valores más altos se han dado cuando la acción se realizó a 140 cm, situándose el valor máximo en 556 N y el mínimo en 80 N.

Por último, respecto a las acciones de empuje y tracción, no se pueden comparar con otros estudios, ya que los valores a los que hacen referencia (por ejemplo DIN 33411<sup>125</sup>) se entienden como derivados de acciones de fuerza de empuje y tracción con cuerpo entero y, como ya se ha comentado, en nuestro estudio sólo se han considerado estas acciones empleando exclusivamente la extremidad superior. Para el empuje, se han observado valores de 76,2 (mano no dominante a 140 cm) a 92,4 N (mano dominante a 120 cm) para el percentil 50. En el caso de la tracción, este valor se ha situado entre 133,3 y 190,8 N respectivamente.

Una vez conocidos los valores de fuerzas máximas para la población laboral, quedaba por definir el factor fuerza en función de la máxima contracción voluntaria. De acuerdo con nuestra experiencia, sabíamos que en tareas de montaje donde la aplicación de fuerzas no supera el 20% de la fuerza máxima cuando no existen posturas forzadas y además estamos dentro del rango de repetitividad que normalmente tenemos en la planta (hasta 10 repeticiones por minuto) hay una muy baja incidencia de TMERT. Por ello, al FF le hemos dado el valor 1 para una fuerza aplicada equivalente al 20% de MCV; coincidiendo con la escala de Borg y el Strain Index (Tabla 67 - Multiplicador de intensidad del ejercicio).

Por otra parte, conocíamos que en puestos de trabajo en donde solamente están presentes como factores de riesgo la postura y la repetición, el riesgo de TMERT se veía reducido con respecto a los casos en donde intervenían los tres factores a la vez. Por ello, al FF le hemos asignado en forma empírica un valor de 0,33 cuando no se aplica fuerza para disminuir el valor final en al menos un tercio.

Además, sabíamos que cuando la fuerza aplicada era próxima a la fuerza máxima, el riesgo de TMERT se incrementa significativamente, aunque se mantenga una postura correcta y la repetitividad sea muy baja. Por ese motivo, le asignamos un valor empírico de 16 al FF para el 95% de MCV, similar a lo establecido en el Strain Index (Tabla 67 - Multiplicador de intensidad del ejercicio) en donde se da un valor de 13, mientras que el Índice OCRA adopta un valor de 100 para fuerzas por encima del 50% de la fuerza máxima. Los valores que empíricamente determinamos para el factor fuerza (FF) son los que figuran en la Tabla 175 - Factor fuerza en función de la máxima contracción voluntaria.

El denominado factor postura (FP) se determinó en función de la articulación. Así, obtuvimos factores para muñeca, codo y hombro, ya que lo que pretendemos es determinar una valoración del riesgo para cada articulación, contrariamente a métodos tales como OWAS<sup>67</sup>, RULA<sup>70</sup> o REBA<sup>97</sup> que calculan un riesgo para toda la extremidad superior en su conjunto en función de las posturas adoptadas. La ventaja de valorar cada articulación por separado radica en que se pueden establecer mejor las medidas correctivas a adoptar en un determinado puesto de trabajo. También es importante discriminar la articulación para los cambios de puesto de trabajo, las rotaciones o la vigilancia de la salud.

Mientras que el método OCRA solamente califica las posturas extremas adoptadas en función del porcentaje de tiempo del ciclo de trabajo en el que se mantengan, nuestra experiencia nos conduce a pensar en que el factor postura depende del ángulo adoptado por cada articulación y de los límites articulares, coincidiendo con el Strain Index en el caso de extremidad distal (Tabla 70 - Postura mano/muñeca).

El factor postura para la muñeca se estableció dividiendo el rango de movimiento en 3 zonas que coinciden, aproximadamente, con 1/3 del rango articular ( $\alpha$ ). La experiencia nos indica que existe un incremento importante del riesgo de TMERT cuando se producen desviaciones radiales y cubitales ( $\beta$ ) por lo cual le dimos una puntuación mayor cuando éstas se producen. Los valores de FP definidos empíricamente se muestran en la Tabla 178 - Factor postura para mano muñeca.

Cuando se trata de la articulación del codo, la experiencia nos indica que al aplicar una fuerza, la mejor postura para la articulación del codo ( $\delta$ ) es cuando el brazo y el antebrazo forman un ángulo de entre  $60^\circ$  y  $110^\circ$ . Por ello, hemos adoptado el valor 1 para el FP cuando este ángulo se encuentra dentro de dicho rango y siempre que no existan movimientos de pronación o supinación. Los ángulos de pronación y supinación ( $\phi$ ) se dividieron en tres zonas que coinciden aproximadamente con cada tercio del rango articular para ese movimiento. A partir de allí, le asignamos una puntuación escalonada teniendo en cuenta los niveles que íbamos a establecer (Tabla 179 - Factor postura para codo).

Para valorar la postura del hombro decidimos dividir el rango en cinco sectores. En el caso de la abducción ( $\eta$ ), y siendo que en Ergonomía se recomienda que el brazo se sitúe cerca del cuerpo, hemos adoptado un FP de 1 para ángulos inferiores a  $20^\circ$ , alcanzando la máxima puntuación cuando el codo alcanza una altura cercana a la del hombro.

Para los movimientos de flexión ( $\varphi$ ) hemos considerado que la mejor postura es cuando el brazo se encuentra lo más cercano posible a la posición neutra y que la máxima puntuación se alcanza cuando el codo comienza a acercarse a la altura del hombro. En la Tabla 180 - Factor postura para hombro - se reflejan los valores de FP elegidos empíricamente para los diferentes movimientos articulares del hombro.

Al igual que en el caso de las posturas, consideramos que el límite de movimientos dependerá de la articulación implicada en la acción. Teniendo en cuenta fundamentalmente los criterios de Kilbon<sup>49</sup>, ANSI<sup>50</sup> y OCRA<sup>54</sup> definimos el FR en función de la articulación. Tanto Kilbon como ANSI consideran una repetitividad baja cuando es menor a 2,5 movimiento por minuto, por lo que al FR le hemos dado el valor 1 para una repetición de aproximadamente 2,5 movimientos por minuto. El límite superior de movimiento varía según las fuentes mencionadas entre 30 y 40, por ello, la máxima puntuación la asignamos a una repetitividad de 39 movimientos por minuto. Los valores intermedios se asignaron de forma que respondieran a una variación del tipo exponencial. En la Tabla 181 - Factor repetición para mano-muñeca - se indican los valores asignados a FR en función de las repeticiones. Como límite máximo de movimientos para el caso del codo se adoptó una frecuencia de 20 (FR infinito) y para el hombro de 10 (ver Tabla 183 - Factor repetición para codo y Tabla 185 - Factor repetición para hombro).

Esta forma de cuantificar el FR se adecua a las características biomecánicas del ser humano que, como ya se ha comentado, presenta una mayor capacidad para las

acciones repetidas en las partes distales de las extremidades superiores y de fuerza en las proximales. Así, para una misma frecuencia de movimientos o acciones se asignan diferentes valores de FR según se trate del hombro, del codo o de la muñeca.

Una vez definidos los factores fuerza, postura y repetición en función de la revisión bibliográfica y de nuestra experiencia, se llevó a cabo la aplicación del método en los puestos de trabajo. Para ello, se diseñó una hoja de trabajo (Tabla 189 - Hoja de trabajo para la aplicación del método de evaluación) que nos permite recopilar los datos en campo y tener a la vista todas las tablas para valorar los diferentes puestos o tareas.

### **7.3. RESULTADOS Y COMPARACIÓN CON EL RIS**

El RIS ha resultado fundamental para este trabajo ya que gracias a este sistema se tenían registrados, en un documento informático, todos aquellos casos que requirieron asistencia médica, independientemente de la gravedad. Sobre esta base, hemos utilizado los datos provenientes de la aplicación del RIS de manera constante y durante 3 años para cada uno de los departamentos dependientes del área de manufacturas, departamentos críticos para el objetivo de este trabajo.

Utilizando el RIS se seleccionaron los 10 departamentos en los que el mismo había resultado positivo (en total 102 puestos o tareas) y 10 departamentos en los que había resultado negativo. En total se valoraron con la metodología propuesta 102 puestos o tareas en departamentos con RIS positivo y 112 puestos o tareas en departamentos con RIS negativo.

Analizando detenidamente la Tabla 202 - Niveles de deficiencia en departamentos con RIS positivo - y la Tabla 203 - Niveles de deficiencia en departamentos con RIS negativo - donde se muestran los resultados obtenidos tras la valoración, podemos deducir que, en general, en aquellos departamentos en los que el RIS era positivo (lo que implicaría asociación entre tareas realizadas y las lesiones que se han presentado) el método de evaluación indicó que en más de un puesto de trabajo por los que rotan los trabajadores el nivel de deficiencia (ND) era de 2 o 3 (según la adaptación de la NTP-330 que se puede ver en la Tabla 188 - Interpretación del nivel de deficiencia - se califica como mejorable si es un 2 y deficiente si es un 3). Asimismo, en aquellos departamentos con RIS negativo, el método dio como resultado un nivel de riesgo de 1 (que calificamos como irrelevante según la misma tabla) y

solamente en una tarea aislada resultó un nivel de 2 (nivel de deficiencia calificado como mejorable). Se trata de un puesto de conducción de vehículos industriales (departamento 5323) donde efectivamente influyen las fuerzas aplicadas y las posturas adoptadas por el hombro.

Estas observaciones parecen indicar cierta correspondencia entre la valoración obtenida (nivel de deficiencia) y el Residual de Incidentabilidad Estandarizado (RIS) que ya se había demostrado eficaz como sistema centinela.

En el análisis detenido de estas mismas tablas, también encontramos que en la mayoría de los casos donde el nivel de deficiencia obtenido fue 3, la fuerza aplicada era mayor o igual al 50% de la MCV. Además, podemos decir que el segundo factor que más influye en la valoración del nivel de deficiencia es la postura y en última instancia la frecuencia, lo que coincide plenamente con las conclusiones obtenidas por Bernard<sup>33</sup> en la revisión de estudios epidemiológicos que llevó a cabo.

También encontramos que el método descrito permite identificar los factores de riesgo (fuerza, postura y repetición) y obtener una estimación del nivel de deficiencia para las extremidades superiores discriminando, a diferencia de otros métodos como RULA, OWAS o REBA, entre muñeca, codo y hombro. Desde el punto de vista de la Ergonomía, entendemos que es muy importante esta discriminación ya que permite orientar mejor las medidas preventivas a adoptar.

Es de destacar que en la mayoría de los casos se trata de riesgos a nivel de muñeca y que en muy pocos se encuentran riesgos relacionados con codo u hombro, lo cual coincide con la realidad, ya que en la mayoría de las tareas se ha tenido en cuenta la Ergonomía en el diseño y, por tanto, las alturas de trabajo permiten una buena postura de trabajo del brazo y del antebrazo.

Empíricamente habíamos observado que los factores que más influyen en el desarrollo de los TMRT en extremidades superiores son fundamentalmente la fuerza y la postura seguidas de la repetitividad; lo que parece confirmarse de acuerdo con los resultados obtenidos.

## 8. CONCLUSIONES

1. La bibliografía consultada indica la importancia de los TMERT, de tal manera que constituyen en la actualidad un área de trabajo prioritaria en la prevención de riesgos laborales, tanto desde el punto de vista social como económico.
2. Si bien existe un amplio abanico de métodos de evaluación aplicables en Ergonomía, muy pocos estudian la combinación de los factores de riesgo fundamentales y ninguno valora el riesgo de TMERT para la articulación del codo. Ello nos condujo al desarrollo de un método que, además de ser sencillo en su aplicación, valora de manera conjunta los factores de riesgo fundamentales para el desarrollo de TMERT en las extremidades superiores, analizando de manera individualizada muñeca, codo y hombro.
3. Para el desarrollo del método fue necesario utilizar un sistema centinela como es el RIS, llevar a cabo un estudio de fuerzas máximas de la población laboral y emplear, en ciertos casos, un sistema portátil de análisis de movimientos (HADA/Move-Human).
4. El método de evaluación desarrollado es el único que se adapta a la Nota Técnica de Prevención 330 del INSHT, permitiendo valorar los riesgos de Ergonomía con el mismo enfoque que los riesgos relativos a Seguridad e Higiene Industrial.
5. Hemos obtenido el nivel de deficiencia de un puesto de trabajo en función tres factores: fuerza, postura y repetición que responden al modelo general que teóricamente nos habíamos planteado y que se reconocen como los factores de riesgo más importantes para tareas típicas de empresas de manufacturas. Los factores de riesgo preponderantes parecen ser la fuerza, la postura, seguidos de la repetición.
6. Los resultados obtenidos al comparar los niveles de deficiencia con el indicador utilizado como sistema centinela (RIS) nos permiten ser optimistas en cuanto a la capacidad del método para detectar situaciones de riesgo, ya que existe correspondencia entre los niveles de deficiencia obtenidos y el RIS.

7. En base a los resultados obtenidos creemos que la metodología propuesta es fiable a la hora de llevar a cabo la vigilancia de la salud específica para la prevención de los TMERT.
8. Dejamos abierto el trabajo para la puesta en práctica de la metodología con la introducción del próximo modelo de vehículo que se comenzará a producir en Figueruelas y a futuras investigaciones, ya sea para comprobar la aplicación de la metodología elaborada en otros sectores de actividad como para mejorar o completar su contenido.



## 9. BIBLIOGRAFÍA

---

- 1 Álvarez Zárate JM. Introducción a la Ergonomía. Instrucción Técnica de Ergonomía 30.11. Fundación MAPFRE Estudios (Madrid) 2001.
- 2 Ley 31/1995 de 8 de Noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales. (Boletín Oficial del Estado, número 269, de 10-11-95).
- 3 Real Decreto 39/97 de 17 de Enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención. (Boletín Oficial del Estado, número 27, de 31-01-97).
- 4 Acta Única Europea (de [europa.eu.int/abc/obj/treaties/es/estoc113.htm](http://europa.eu.int/abc/obj/treaties/es/estoc113.htm) a 30/08/04).
- 5 Protocolos de Vigilancia de la Salud en [http://www.msc.es/Diseno/medioAmbient/ambiente\\_salud\\_laboral.htm](http://www.msc.es/Diseno/medioAmbient/ambiente_salud_laboral.htm) a 30/08/04
- 6 Hoja informativa nº 6: Lesiones por movimientos repetitivos en los Estados miembros de la UE. Agencia Europea para la Seguridad y Salud en el Trabajo 2002 ([http://www.mtas.es/insht/revista/facts6\\_es.pdf](http://www.mtas.es/insht/revista/facts6_es.pdf) a 23/08/04).
- 7 Buckle P, Devereux J. Work-related neck and upper limb musculoskeletal disorders report. European Agency for Safety and Health at Work (Bilbao) 1999
- 8 Issue 3: Preventing work-related musculoskeletal disorders. European Agency for Safety and Health at Work 2000 (<http://agency.osha.eu.int/publications/magazine/3/en/index.htm> a 23/08/04)
- 9 Modelo NTP-330 (<http://www.cecacomercio.org/riesgos/pdf/ntp330.pdf> a 02/12/04)
- 10 Harrington JM, Carter JT, Birrell L, Gompertz D. Surveillance case definitions for work-related upper limb pain syndromes. Occup Environ Med 1998; 55 (4): 264-271.
- 11 Sluiter JK, Visser B, Frings-Dresen MH. Concept guidelines for diagnosing work-related musculoskeletal disorders: the upper extremity. Coronel Institute of

---

Occupational and Environmental Health, Amsterdam Medical Center,  
Universidad de Amsterdam 2000.

- 12 Alcalde Lapiedra V, Afonso López A, Álvarez Zárate JM, Bascuas Hernández J, Cegoñino de Sus M, García Felipe A et al. Ergonomía: 20 preguntas básicas para aplicar la Ergonomía en la empresa. Departamento de Prevención Opel España, Instituto de Ergonomía MAPFRE y Cátedra de Bioestadística de la Universidad de Zaragoza. Patrocinado por Gobierno de Aragón, Fundación Opel, UGT-MCA Aragón y Fundación MAPFRE. Madrid: Editorial MAPFRE; 2001.
- 13 Praemer A, Furner S, Rice D. Musculoskeletal Conditions in the United States. American Academy of Orthopaedic Surgery 1999.
- 14 Instituto Nacional de Estadísticas. <http://www.ine.es>.
- 15 Método Ergo/IBV. Evaluación de riesgos laborales asociados a la carga física. Instituto de Biomecánica de Valencia 1997.
- 16 De Morbis Artificum Diatriba. Am J Public Health 2001; 91: 1380-1382.
- 17 Levitz CL, Iannotti JP. Overuse injuries of the shoulder. In: Gordon SL, Blair SJ, Fine LJ, eds. Repetitive motions disorders of the upper extremity. Rosemont, IL: American Academy of Orthopaedic Surgeon 1995
- 18 Herberts P, Kadefors R, Hogfors C, Sigholm G. Shoulder pain and heavy manual labor. Clin Orthop 1984; 191: 166-178.
- 19 Luopajarvi T, Kuorinka I, Virolainen M, et al. Prevalence of tenosynovitis and other injuries of the upper extremities in repetitive work. Scand J Work Environ Health 1979; 5 (Suppl 3): 48-55.
- 20 McCormack R, Inman R, Wells A et al. Prevalence of tendinitis and related disorders of the upper extremity in a manufacturing workforce. J Rheumatol 1990; 17: 958-964.
- 21 Bjelle et al. Clinical and ergonomic factors in prolonged shoulder pain among industrial workers. Scand J Work Environ Health 1979; 5: 205-210.

- 
- 22 Kurppa K, Kuosma E, Viikari-Juntura E et al. Prevalence of epicondylitis and elbow pain in the meat processing industry. *Scand J Work Environ Health* 1991; 17: 38-45.
  - 23 Hagberg et al. Work related musculoskeletal disorders: A referente book for prevention. Londres: Taylor and Francis; 1995.
  - 24 Roto P, Kivi P. Prevalence of epicondylitis and tenosynovitis among meatcutters. *Scand J Work Environ Health* 1984; 10: 203-205.
  - 25 Dimberg L. The prevalence and causation of tennis elbow (lateral humeral epicondylitis) in a population of workers in an engineering industry. *Ergonomics* 1987; 30: 573-579.
  - 26 Andersen JH, Gaardboe O. Musculoskeletal disorders of the neck and upper limb among sewing machine operators: a clinical investigation. *Am J Ind Med* 1993; 24 (6): 689-700.
  - 27 Armstrong T, Fine L, Goldstein S, Lifshitz Y, Silverstein B. Ergonomics considerations in hand and wrist tendinitis. *J Hand Surg* 1987; Part 2: 830-837
  - 28 Franklin et al. Occupational carpal tunnel syndrome in Washington State. *Am J Public Health* 1991; 741-746.
  - 29 de Krom MC, Kester AD, Knipschild PG, Spaans F. Risk factors for carpal tunnel syndrome. *Am J Epidemiol* 1990; 132 (6): 1102-1110.
  - 30 Wieslander G, Norback D, Gothe CJ, Juhlin L. Carpal tunnel syndrome (CTS) and exposure to vibration, repetitive wrist movements, and heavy manual work: a case-referent study. *Br J Ind Med* 1989; 46 (1): 43-47.
  - 31 Silverstein et al. Cumulative trauma disorders of the hand and wrist in industry. Londres: Taylor and Francis; 1987.
  - 32 Chiang HC, Chen SS, Yu HS, Ko YC. The occurrence of carpal tunnel syndrome in frozen food factory employees. *Kaohsiung Journal Medicine Science* 1990; 6: 73-80.

- 
- 33 Bernard B. Musculoskeletal disorders and workplace factors. A critical review of epidemiologic evidence for work-related musculoskeletal disorders of the neck, upper extremity and low back. Publication 97-141. Cincinnati: National Institute for Occupational Safety and Health; 1997.
  - 34 Committee on Human Factors of the National Research Council. Work-related musculoskeletal disorders: a review of the evidence. Steering committee for the workshop on work-related musculoskeletal injuries. National Research Council; 1998.
  - 35 Keyserling W. Workplace Risk Factors and Occupational Musculoskeletal Disorders. A Review of Biomechanical and Psychophysical Research on Risk Factors Associated with Low-Back Pain. *Am Ind Hyg Assoc J* 2000; 61 (Pt1): 39-50.
  - 36 Sommerich CM, McGlothlin JD, Marras WS. Occupational risk factors associated with soft tissue disorders of the shoulder: a review of recent investigations in literature. *Ergonomics* 1993; 36 (6): 697-717.
  - 37 Miranda H, Viikari-Juntura E, Martikainen R, Takala EP, Riihimäki H. A prospective study of work related factors and physical exercise as predictors of shoulder pain. *Occup Environ Med* 2001; 58 (8): 528-534
  - 38 Malchaire J. Evaluation of handgrip force from EMG measurements. *Appl Ergon* 1995; 26: 61-66.
  - 39 Hales TR, Sauter SL, Peterson MR et al. Musculoskeletal disorders among visual display terminal users in a telecommunications company. *Ergonomics* 1994; 37 (10): 1603-1621.
  - 40 Vieira E, Kumar S. Working postures: a literature review. *J Occup Rehabil* 2004; 14 (2): 143-159.
  - 41 WAC 296-62-05174. Appendix B: Criteria for analyzing and reducing WMSD hazards for employers. Washington State Department of Labor and Industries; 2000.
  - 42 PNE-prEN 1005-4:1995. Seguridad de las máquinas. Esfuerzos físicos humanos. Parte 4: Evaluación de las posturas de trabajo.

- 
- 43 Lifting strength of the forefinger and middle finger. Institute of Hygiene and Applied Physiology. Zurich, Switzerland ( en <http://www.iha.bepi.ethz.ch/pages/forschung/vision/Fingerstrength.pdf> a 16/06/04).
- 44 En <http://ahsma1.uwaterloo.ca/kin356/rpe/rpe/Borg%20RPE%20Scale.html> a 03/09/04.
- 45 En [http://ahsma1.uwaterloo.ca/kin356/rpe/rpe/The%20Borg%20CR10%20Scale.html#Top\\_page\\_Borg\\_RPE\\_Scale](http://ahsma1.uwaterloo.ca/kin356/rpe/rpe/The%20Borg%20CR10%20Scale.html#Top_page_Borg_RPE_Scale) a 03/09/04.
- 46 Grandjean E. *Precis D'Ergonomie*. Paris: Les Éditions d'organization 1985. p. 25
- 47 Silverstein BA, Fine LJ, Armstrong TJ. Hand wrist cumulative trauma disorders in industry. *Br J of Ind Med* 43 1986; 43: 779-784.
- 48 Putz-Anderson V. *Cumulative trauma disorders: A manual for musculoskeletal diseases of upper limbs*. Londres: Taylor & Francis; 1988.
- 49 Kilbom Å. Repetitive work of the upper extremity. The scientific basis for the guide. *Int J Ind Erg* 1994; 14 (PtII): 59-86.
- 50 ANSI Z-365:1994. *Work Related Musculoskeletal Disorders* (Draf).
- 51 Rohmert W. Problems in determining rest allowances. Use of modern methods to evaluate stress and strain in static muscular work. *Appl Ergon* 1973; 4 (Pt1): 91-95.
- 52 Rodger S. Recovery time needs for repetitive work. *Seminars in Occ. Medicine* 1987; 2: 19-24
- 53 Victorian Occupational HSC-1998: Draft code of practice. Occupational oversure syndrome.
- 54 Colombini D, Occhipinti E, Grieco A. Risk assessment and management of repetitive movements and exertions of upper limbs: Job analysis, Ocrs risk indices, prevention strategies and design principles. Londres: Elsevier Ergonomics Book Series; 2002.
- 55 Taylor F. *Shop Management*. Westport: Greenwood Press; 1972

- 
- 56 Taylor F. The Principles of Scientific Management. Harper and Bros.; 1911 and 1923. Hive Publishing; reprint 1985.
- 57 Gilbreth F, Gilbreth L. Applied Motion Study. New York: Sturgis & Walton Co.; 1917.
- 58 Gilbreth F, Gilbreth L. Fatigue Study. Sturgis & Walton Co., 1916. Revised Edition, The MacMillan Co., 1920 [Reprint, Hive Publishing, 1973].
- 59 Vernon H. Industrial fatigue and efficiency. G. Routledge; 1921.
- 60 Barnes, Ralph. Motion and Time Study: Design and Measurement of Work. John Wiley and Sons; (first printed under c/r by Barnes, 1937) 7th Ed.; 1980.
- 61 Janaro R, Bechtold S. A study of fatigue impact on productivity through optimal rest break scheduling. Hum Factors 1985, 27 (4): 459-466.
- 62 REFA Methodenlehre des Arbeitsstudiums. Teil 4: Ergonomie. Darmstadt: REFA 1985.
- 63 Åstrand O, Rodahl K. Text book of work physiology. McGraw-Hill; 1970.
- 64 Grandjean E. Fatigue: Its physiological and psychological significance. Ergonomics 1968; 11: 427-436.
- 65 Castillo, Prieto. Condiciones de trabajo: un enfoque renovador de la sociología del trabajo. Centro de Investigaciones Sociológicas; 1990.
- 66 Ros Mar R. Sistema experto para la evaluación ergonómica y psicosocial de puestos de trabajo. Ergonomía: el desafío y sus ventajas. Cámara de Comercio de Zaragoza; 30 de septiembre de 2004
- 67 Karhu O, Harkonen R, Sorvali P, Vepsäläinen P. Observing working postures in industry. A practical method for analysis. Appl Ergon 1981; 12: 13-17 y <http://turva.me.tut.fi/owas>.
- 68 No publicado. Siemens AG, hojas de datos internas ZTP FWO 21, Erlangen: Siemens; 1987.

- 
- 69 Rodgers S. Job evaluation in worker fitness determination. *Occup. Med. State of the Art Reviews* 1988; 3(2): 219-239. Disponible en URL: [http://hsc.usf.edu/~tbernard/HollowHills/Rodgers\\_MFA\\_M14.pdf](http://hsc.usf.edu/~tbernard/HollowHills/Rodgers_MFA_M14.pdf) a 12/07/2003
- 70 McAtamney L, Corlett N. RULA: A Survey Method for the Investigation of Work-Related Upper Limb Disorders. *Appl Ergon* 1993; 24(2): 91-99. Disponible en URL: <http://www.ergonomics.co.uk/Rula/Ergo/> o <http://ergo.human.cornell.edu/ahRULA.html> a 12/07/2003
- 71 Evans OM, Bach TM. Reliability and validity of the VIRA postural assessment method. *Proceedings of the 12th Triennial Congress of the International Ergonomics of the International Ergonomics Association* . Toronto 1994; 2:14-16
- 72 No publicado. Método de análisis ergonómico. Guía de utilización. RENAULT S.A.; 1993 y Ficha de Análisis Ergonómico - Versión 2; 1995.
- 73 Laborda R, Mejías J, Genovés V. Diseño de una Matriz de Exposición para el Análisis Integral de Puestos de Trabajo. *TELEFÓNICA I+D, Boletín Factores Humanos* Diciembre-Abril 1996-1997; 12-13:18-22.
- 74 Bestratén M. Comunicación de riesgos en la empresa. Nota Técnica de Prevención 101. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo; 1986
- 75 ISO 2631-2:1989. Evaluation of human exposure to whole-body vibration. Part 2: continuous and shock-induced vibration in buildings (1 to 80 Hz)
- 76 ISO 7243:1989. Hot environments; estimation of the heat stress on working man, based on the WBGT-index (wet bulb globe temperature).
- 77 Fanger P. *Thermal Comfort*. Mc Graw Hill, New York; 1972.
- 78 Guía de iluminación interior. Comisión Internacional de Iluminación; 1986.
- 79 ANSI Z-365:1994. *Work Related Musculoskeletal Disorders*.
- 80 Instituto de Biomecánica de Valencia. Evaluación de riesgos de lesión por movimientos repetitivos. Unión de Mutuas, CC.OO e IBV. Valencia: IBV; 1996.
- 81 ISO/DIS 11226:1999. *Ergonomics: evaluation of working postures*.

- 
- 82 Moore S, Garg A. The Strain Index: A proposed method to analyze jobs for risk of distal upper extremity disorders. *Am. Ind. Hyg. Assoc.* 1995; 56:443-458 y  
<http://hsc.usf.edu/~tbernard/HollowHills/StrainIndex22.xls> o  
<http://hsc.usf.edu/~tbernard/HollowHills/StrainIndexM12.pdf>
- 83 Victorian Occupational HSC-1988. Draft code of practice. Occupational Overuse Syndrome.
- 84 UNE-EN 1005-3:2002. Seguridad de las máquinas. Esfuerzos físicos humanos. Parte 3: Límites de fuerzas recomendados para la operación de maquinaria.
- 85 Seth V, Weston RL, Freivalds A. Development of a cumulative trauma disorder risk assessment model. *Int J Ind Ergon* 1999; 23(4): 281-292.
- 86 Terrell R, Purswell JL. The influence of forearm and wrist orientation on static grip strength as a design criterion for hand tools. *Proceeding of Human Factors and Ergonomics Society 36th Annual Meeting. Ergonomics and Human Factors Society, Santa Monica* 1976; 28-32.
- 87 Imrahm SN. The influence of wrist posture on different types pinch strengths. *Appl Ergon* 1991; 22(6): 379-384.
- 88 Hallbeck MS, Kamal MS, Harmon PE. The effect of forearm posture, wrist posture and hand on three peak pinch forces types. *Proceeding of Human Factors and Ergonomics Society 36th Annual Meeting. Ergonomics and Human Factors Society, Santa Monica* 1992; 801-805.
- 89 Greenberg L, Chaffin DB. *Workers and their tools: A guide to the ergonomics design of hand tools and small presses.* Midland: Pendel Pub.; 1976.
- 90 Petofsky JS, Williams C, Kamen G, Lind AR. The effect of handgrip span on isometric exercise performance. *Ergonomics* 1980; 23: 1129-1135.
- 91 Schutz RK. *Cyclic work-rest exercise's effect on continuous hold endurance capability.* Unpublished Doctoral Dissertation in the University of Michigan. Ann Arbor; 1972
- 92 Cannon LJ, Bernacki EJ, Walter SD. Personal and occupational factors associated with carpal tunnel syndrome. *J Occup Med* 1981; 234: 255-258



- 
- 93 Armstrong TJ, Buckle P, Fine LJ, Hagberg M, Jonsson B, Kilbom A et al. A conceptual model for the work related neck and upper-limb musculoskeletal disorders. *Scandinavian Journal of Work and Environmental Health* 1993; 192: 73-84
- 94 Occupational Injury and Illness Log, Form 200. Occupational Safety and Health Administration; 1999.
- 95 American Conference of Governmental Industrial Hygienists. En URL: <http://www.acgih.org/store/ProductDetail.cfm?id=1401> a 09/09/2003
- 96 Ergonomics Plus en URL : [http://www.ergo-plus.com/ACGIH\\_HAL\\_TLV.pdf](http://www.ergo-plus.com/ACGIH_HAL_TLV.pdf) a 08/09/2003.
- 97 McAtamney L, Hignett S. Rapid entire body assessment (REBA). *Appl Ergon* 2000; 31: 201-205.
- 98 Handhaben von Lasten. REFA-Fachausschuß Chemie; 1987
- 99 Work Practices Guide for Manual Lifting. NIOSH; 1981
- 100 Waters, Putz-Anderson, Garg. Aplicación Manual for the Revised NIOSH Lifting Equation. U.S. Department of Health and Human Service -Centers for Disease Control and Prevention; 1994
- 101 PNE-prEN 1005-2/1996. Seguridad de las máquinas. Esfuerzos físicos humanos. Parte 2: Manutención manual de cargas.
- 102 The Advanced Ergonomics Manual. Advanced Ergonomics; 1984
- 103 Mital, Nicholson, Ayoub. A Guide to Manual Materials Handling. Taylor & Francis; 1993.
- 104 García Felipe A, Rubio García B, Bascuas Hernández J, Alcalde Lapiedra V, Álvarez Zárate JM. Monitorización epidemiológica en vigilancia de la salud mediante el residual de incidentabilidad estandarizado (RIS). *Revista MAPFRE Seguridad* 2004; 93(24): 33-41.

- 
- 105 Solé Gómez M, Piqué Ardanuy T, Bultó Nubiola M. Nota Técnica de Prevención 471: Vigilancia de la salud en la normativa de prevención de riesgos laborales. Madrid: Centro Nacional de Condiciones de Trabajo; 1998.
- 106 Alcalde Lapiedra V, Bascuas Hernández J, García Felipe A, Rubio García B, Ripol Gómez M. La monitorización epidemiológica en vigilancia de la salud (II). Aplicación del RIS en el sistema de vigilancia de la salud de Opel España. Revista MAPFRE Seguridad 2004; 94 (24): 33-41.
- 107 Álvarez Zárate JM, Alcalde Lapiedra V, Bascuas Hernández J, Marín Zurdo J, Martínez Montiel J, Ros Mar R. HADA/Move-Human: Sistema portátil para captura y análisis tridimensional del movimiento en puestos de trabajo. MAPFRE Seguridad 2004; 96 (24): 29-35.
- 108 Alcalde Lapiedra V, Álvarez Zárate JM, Bascuas Hernández J. Estudio antropométrico de la población laboral de Opel España. Revista MAPFRE Seguridad 1997, 68
- 109 Carmona A. Datos antropométricos de la población laboral española. Prevención, Trabajo y Salud 2001; 14
- 110 Bascuas Hernández J, Germán Armijo A, Alcalde Lapiedra V, Álvarez Zárate JM, García Felipe A, Rubio Calvo E. Determinación de valores máximos de fuerza para el sistema mano-brazo en la población laboral de Opel España de Automóviles. MAPFRE Seguridad. En prensa 2005.
- 111 Bestratén M, Pareja F. Nota Técnica de Prevención 330: Sistema simplificado de evaluación de riesgos de accidente. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo; 1993
- 112 Cegoñino de Sus M. Nuevo método de valoración de puestos de trabajo. [Tesis doctoral]. Zaragoza: Universidad de Zaragoza; 1997.
- 113 Alcalde Lapiedra V, Álvarez Zárate JM, Bascuas Hernández J, Cegoñino de Sus M, Rubio Calvo E. Desarrollo empírico de una fórmula para la valoración de puestos de trabajo expuestos a traumatismos acumulativos. Cuadernos de Bioestadística, 1(15): 33-48; 1997.

- 
- 114 Fine W. Mathematical evaluations for controlling hazards (Evaluación Matemática para el Control de Riesgos). Documento D-4-75 Barcelona: INSHT; 1975
- 115 Piqué T. Cuestionario de chequeo para el control de riesgos de accidente. Nota Técnica de Prevención 324. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo; 1993.
- 116 PNE-prEN 1005-4:1995. Seguridad de las máquinas. Esfuerzos físicos humanos. Parte 4: Evaluación de las posturas de trabajo.
- 117 DIN 33411-Teil 1 bis 5:1985-1999. Körperkräfte des Menschen: Maximale statische Aktionskräfte.
- 118 Snook S, Ciriello V. The design of manual handling tasks: revised tables of maximum acceptable weights and forces. *Ergonomics* 1991; 34 (9): 1197-1213
- 119 Occhipinti E. OCRA: a concise index for the assessment of exposure to repetitive movements of the upper limbs. *Ergonomics* 1998; 41 (9): 1294-1295
- 120 UNE-EN-ISO 5349-2:2002. Vibraciones mecánicas. Medición y evaluación de la exposición humana a vibraciones transmitidas por las manos. Parte 2: Guía práctica para la medición en el lugar de trabajo (ISO 5349-2:2001)
- 121 Directiva 2002/44/CE. Disposiciones mínimas de seguridad y de salud relativas a la exposición de los trabajadores a los riesgos derivados de los agentes físicos (vibraciones).
- 122 Di Domenico A. Finger force capability: measurement and prediction using anthropometric and myoelectric measures. [Tesis doctoral]. Virginia: Faculty of the Virginia Polytechnic Institute; 1999.
- 123 Buenas prácticas para reducir enfermedades profesionales derivadas de riesgos ergonómicos en PYMES de sectores industriales. Mutua Universal; 2002.
- 124 Bao S. Grip Strength and hand force estimation. Sharp Program. Department of Labor and Industries; 2000
- 125 DIN 33411-5:1999. Physical strength of man. Maximal isometric action forces values.