



Universidad de Valladolid



ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES

**PROYECTO FIN DE MÁSTER EN LOGÍSTICA
CURSO 2016-2017**

IMPLEMENTACIÓN EN MICROSOFT EXCEL DE MÉTODOS DE EVALUCACIÓN ERGONÓMICA DE PUESTOS DE TRABAJO

Autor: Ryan Charles de Andrade
Tutor: Ángel Manuel Gento

Valladolid, Septiembre 2017

AGRADECIMIENTOS

La realización de este Trabajo Fin de Máster y la conclusión del Máster en Logística han sido posibles gracias a la participación y al apoyo de muchas personas que han contribuido a ello a lo largo de esta etapa.

En primer lugar, me gustaría agradecer a Dios por darme la salud y las fuerzas necesarias todos los días de mi vida para seguir en busca de mi mejor versión.

A mi madre, Elena de Andrade, que siempre me ha ayudado, dándome ánimos y su apoyo incondicional para cumplir mis metas profesionales y personales.

Al equipo del *Instituto de Co-Responsabilidade pela Educação (ICE)*, más específicamente al Dr. Marcos Magalhães y Odenilda Souza, por creer en mi potencial y en el de tantos jóvenes brasileños, y así proveernos de los medios necesarios para lograr nuestros objetivos y formarnos como personas y profesionales

A mis profesores del Máster en Logística, en particular al Dr. Ángel Gento, por su esfuerzo diario para llevar el Máster adelante, por su contribución en nuestra formación y, en especial, por haber dedicado su tiempo a tutorizar este TFM.

Tampoco puedo olvidar a todos los profesores que han formado parte de mi vida como estudiante, en especial los del instituto Ginásio Pernambucano y de los del Departamento de Ingeniería de Producción de la Universidade Federal de Pernambuco. Cada uno ha dejado su huella en mi formación, y gracias a ellos soy un profesional ético y dedicado.

También me gustaría mostrar mi agradecimiento al equipo de Faurecia (Olmedo), principalmente a Lucía González, Javier Torrellas y Patricia Ranero, que ejercieron como mis supervisores en mi estancia de prácticas durante el período del Máster y que han contribuido de forma significativa a mi formación profesional y personal.

Por último, pero no menos importante, me gustaría agradecer a todos mis grandes amigos que estuvieron conmigo a lo largo de estas jornadas, en especial a David Carvajal, dándome ánimos y motivación en momentos difíciles, y disfrutando a mi lado de los buenos.

ÍNDICE

Capítulo 1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Motivación y justificación del proyecto	1
1.2. Objetivos	3
1.2.1. Objetivos Generales	3
1.2.2. Objetivos Especificos.....	4
1.3. Alcande del proyecto	4
1.4. Estructura del proyecto.....	5
Capítulo 2. INTRODUCCIÓN A LA EVALUACIÓN DE PUESTOS DE TRABAJO	7
2.1. ¿Qué entendemos por Ergonomía?	7
2.2. Evolución de la Ergonomia	8
2.3. Estado del arte	9
2.4. Los trastornos músculos – esqueléticos.....	12
2.5. Métodos de Evaluación Ergonómica.....	15
Capítulo 3. MÉTODOS PARA EVALUACIÓN DE LA CARGA POSTURAL	19
3.1 Método RULA	19
3.2 Método REBA	32
3.3 Otros métodos para evaluación de la carga postural	45
Capítulo 4. MÉTODOS PARA EVALUACIÓN DE LA MANIPULACIÓN MANUAL DE CARGAS	47
4.1 Ecuación de NIOSH.....	47
4.2 Método GINSHT.....	58
4.3 Otros métodos para evaluación de la Manipulación Manual de Cargas	68
Capítulo 5. MÉTODOS PARA EVALUACIÓN DE LA REPETIVIDAD	71
5.1 CheckList OCRA	72
5.2 Método JSI.....	84
5.3 Otros métodos para evaluación de la repetividad.....	89
Capítulo 6. MANUAL DE PROGRAMADOR	91
6.1. Métodos para evaluación de la carga postural	92
6.1.1. Método RULA	92
6.1.2. Método REBA	100
6.2 Métodos para evaluación del manejo manual de cargas	104
6.2.1. Ecuación de NIOSH.....	104
6.2.2. Método GINSHT.....	110
6.3. Métodos para evaluación de la repetividad.....	112
6.3.1. OCRA CheckList	112
6.3.2. Método JSI.....	120
Capítulo 7. MANUAL DE USUARIO	123

7.1. Selección del Método.....	123
7.2. Introducción de datos	123
7.3. Métodos para evaluación de la carga postural	124
7.3.1. Método RULA	124
7.3.2. Método REBA	126
7.4. Métodos para evaluación de la manipulación manual de cargas	127
7.4.1. Ecuación de NIOSH.....	127
7.4.2. Método GINSHT.....	128
7.5. Métodos para evaluación de la repetividad.....	130
7.5.1. OCRA CheckList	130
7.5.2. Método JSI.....	132
Capítulo 8. ESTUDIO ECONÓMICO	135
8.1. Introducción	135
8.2 Personal involucrado en el proyecto.....	135
8.3 Software utilizado en el proyecto	137
8.4. Fases de desarrollo del Proyecto	138
8.5. Estudio Económico	139
8.5.1. Horas efectivas anuales y tasas horarias de personal.....	140
8.5.2. Cálculo de la amortización de los equipos	141
8.5.3. Coste de los materiales consumibles	142
8.5.4. Costes indirectos	142
8.5.5. Horas de personal dedicadas a cada fase del proyecto	143
8.6. Costes asignados a cada fase del proyecto	143
8.6.1. Etapa 1: Necesidad y decisión de elaboración del proyecto.....	143
8.6.2. Etapa 2: Presentación del proyecto y del equipo involucrado.....	144
8.6.3. Etapa 3: Recopilación de la información	144
8.6.4. Etapa 4: Estudio, selección e implementación.....	145
8.6.5. Etapa 5: Escritura, difusión y revisión	145
8.7. Cálculo del coste total	146
Capítulo 9. CONCLUSIONES Y FUTUROS DESARROLLOS.....	149
Bibliografía	153
Libros y artículos:	153
Páginas web:	155

Capítulo 1. INTRODUCCIÓN

1.1. Motivación y justificación del proyecto

En los últimos años, la evolución de la industria ha cambiado los puestos de trabajo y el modo como el hombre ejecuta su labor y funciones. De hecho, la ingeniería de producción y la ergonomía han estado haciendo esfuerzos en conjunto y continuos con el objetivo de buscar conceptos, métodos, técnicas y herramientas para satisfacer las necesidades de la sociedad moderna en estos campos.

Sin embargo, de acuerdo con la Agencia Europea para la Seguridad y Salud en el Trabajo (2017) la aparición de trastornos músculo – esqueléticos (TME) debido a malas condiciones en el puesto de trabajo continúa siendo uno de los mayores problemas de salud de origen laboral en Europa, que afecta a muchos trabajadores y origina costes de miles de millones de euros a los empresarios. En una encuesta sobre condiciones de trabajo realizada por *el European Foundation for the Improvement of Living and Work Conditions* (Eurofound) (2015) casi la mitad de los trabajadores europeos sufren de enfermedades asociadas al trabajo de TME. Un 44,7% de los trabajadores reportan dolor en la espalda y un 44,4% dolores musculares en los hombros, codo y/o en miembros superiores e inferiores.

Los TME normalmente afectan a la espalda, cuello, hombro y extremidades superiores, aunque también puedan afectar extremidades inferiores. Incluyen cualquier daño a las articulaciones y otros tejidos. Los TME pueden causar desde pequeñas molestias y dolores hasta discapacidad y la necesidad de dejar de trabajar.

Por ello, la necesidad de adaptar el puesto de trabajo al factor humano, teniendo en cuenta sus interacciones con otros elementos del sistema, se hace de extrema importancia. Este es el objetivo de la ergonomía. Para la Asociación Internacional de Ergonomía (AIE) (2013), la ergonomía se define como una disciplina científica que estudia las interacciones entre los operadores y otros elementos de un sistema y la profesión que aplica teoría, principios, datos y métodos para el diseño, a fin de optimizar el bienestar humano y mejorar el rendimiento del sistema como un todo. Los profesionales de ergonomía y ergónomos actúan en el diseño y evaluación de las tareas, trabajos, productos, entornos y sistema con el reto de hacerlos compatibles con las necesidades, capacidades y limitaciones humanas.

Muchos países han contribuido para la definición de ergonomía. Podemos citar como contribuciones importantes los países anglosajones, donde el término “ergonomía” y “factores humanos” se utilizan indistintamente, ya que hacen referencia a la misma disciplina y tienen el mismo significado, diferenciando según el ámbito empresarial en que se utiliza y las tradiciones del país. (Instituto de Ergonomía y Factores Humanos, Reino Unido, 2015).

También en Francia, Según Falzon (2009), ha habido una contribución para el desarrollo de la disciplina que propuso la definición de que la ergonomía es la adaptación del trabajo al hombre, es decir, la aplicación de conocimientos científicos relativos al hombre y necesarios para diseñar herramientas, máquinas y dispositivos que pueden ser utilizados con el máximo de confort, seguridad y eficacia. Además, el autor señala que la ergonomía presenta una dualidad: por un lado, la centrada en las organizaciones y aspectos como eficacia, productividad, calidad y fiabilidad y durabilidad y, por otro lado, la que pone el foco de atención sobre las personas y dimensiones como la seguridad, salud, confort, facilidad de uso, satisfacción e interés por el trabajo.

En España, la Asociación Española de Ergonomía (2015) la define como “el conjunto conocimiento de carácter multidisciplinar aplicado para la adecuación de productos, sistemas y entornos artificiales a las necesidades, limitaciones y características de sus usuarios, optimizando la eficacia, seguridad y bienestar”. Indica también que el principal objetivo es adaptar el trabajo a las capacidades y posibilidad de las personas.

Como se puede ver en las diferentes definiciones, la ergonomía está asociada a diferentes ramas de conocimiento como la psicología, fisiología, biomecánica e ingeniería. Sin embargo, está evolucionando para ser una disciplina por si sola. Esto es el reflejo del desarrollo de diferentes modelos y métodos que son exclusivos para la disciplina. En otras palabras, cada vez más se desarrollan nuevas teorías y métodos, nuevos modos de aplicar estas teorías y ámbitos emergentes en los cuales se espera que la ergonomía tenga un importante rol (Stanton, Salmon y Walker, 2016).

Por lo tanto, hay una amplia variedad de aplicación de métodos y teorías de Ergonomía en diferentes sectores de actividades. En el estudio de Morales-Quispe (2017) se ha evaluado los TME en recicladores de la ciudad de Lima. De acuerdo con el autor, los recicladores trabajan en precarias condiciones de seguridad ocupacional, y luego los síntomas de TME les afectan frecuentemente, siendo de extrema importancia la evaluación ergonómica en estos puestos de trabajo. También hay muchos estudios de aplicación de la ergonomía en el sector de actividad

física y deportiva. Corbí-Santamaría (2015) ha aplicado conceptos de ergonomía en actividades físicas realizada por mayores. Según su estudio, muchas lesiones ocurren debido a falta de asesoramiento y la adaptación de los equipos en el gimnasio para personas mayores. Por ello, ha aplicado un cuestionario en centros deportivos para conocer diferentes percepciones respecto a la calidad ergonómica de los recursos e instalaciones en un gimnasio.

No obstante, el sector de la logística carece de estudios ergonómicos para evaluar el puesto de trabajo, de estudios que apliquen los conocidos métodos y teorías en actividades logísticas y de estudios de mejora del puesto a través de conceptos ergonómicos. De hecho, las actividades realizadas en un centro de distribución logística constituyen un elevado riesgo para la salud de los trabajadores una vez que el manejo de cargas pesadas, la repetitividad de movimientos, exceso de esfuerzo en posturas inadecuadas y temperatura del ambiente pueden ocasionar lesiones musculoesqueléticas y la sobrecarga de estructuras corporales.

Por ello, el presente estudio tiene como objetivo dar un primer paso a la unión de la logística y ergonomía. Partiendo del presupuesto de que las actividades logísticas presentan un riesgo a la salud del trabajador, se desea abrir un camino en la ergonomía dentro del ámbito de la logística, para evaluar los riesgos en el puesto de trabajo de logística y con eso proponer mejoras en los dichos puestos.

Para lograr este objetivo, este trabajo tiene como reto Implementar en la herramienta Microsoft Excel los principales modelos de evaluación ergonómica en el puesto de trabajo. Los métodos están clasificados en función del aspecto analizado: postura, manipulación de cargas, repetitividad, factores psicosociales, ambiente térmico o una combinación de los mismos. (Diego-Más et. al, 2012).

A partir de este primer paso, se deja puertas abiertas para futuros estudios a fin de lograr el objetivo mayor que es de la mejora de los puestos de trabajo en logística a partir de métodos y conceptos ergonómicos.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivos Generales

El objetivo principal del presente proyecto es implementar mediante a programación en la herramienta Microsoft Excel los modelos de evaluación ergonómica de puesto de trabajo

asociado a factores de riesgos relacionados con los trastornos musculo – esqueléticos (TME).

1.2.2. Objetivos Especificos

Para alcanzar este objetivo se han marcado las siguientes metas:

1. Entender los conceptos básicos de ergonomía;
2. Analizar la evolución y tendencias en el campo de la ergonomía para lograr entender el contexto actual, principales dificultades y desafíos;
3. Determinar cuáles son los principales trastornos asociados a factores de riesgos en el puesto de trabajo.
4. Elaborar un entorno sencillo y robusto en Microsoft Excel que permita a cualquier persona sin muchos conocimientos de la herramienta evaluar los riesgos ergonómicos en el puesto de trabajo;
5. Comparar diferentes métodos de evaluación ergonómica del puesto de trabajo ocasionado por diferentes tipos de riesgos;
6. Elaborar un manual de programador con las etapas de implementación seguidas por este trabajo y así dejar un camino abierto para la continuación de otros métodos.

1.3. Alcance del proyecto

Tras una recopilación de toda información relativa a métodos de evaluación de puestos de trabajo, presentado más adelante en el capítulo 2, se ha optado en desarrollar en este trabajo métodos de evaluación de puestos de trabajo en función de los siguientes factores de riesgos:

- Carga postural;
- Manipulación manual de cargas; y
- Repetividad de movimientos.

Se ha visto que, se recomienda una análisis individual de los factores de riesgos, frente a los métodos de evaluación global, por presentar resultados más precisos y fiables.

Dentro de cada factor, se ha escogido el método RULA y REBA para riesgos derivados de la carga postural, la Ecuación de NIOSH y la Guía Técnica del Instituto Nacional de Seguridad e

Higiene en el Trabajo español (INSHT) para riesgos relativos a la manipulación manual de cargas, y por último, el OCRA CheckList y *Job Strain Index* (JSI) para la repetitividad de movimientos. Los métodos seleccionados son los más citados en la literatura, de fácil aplicación en los puestos de trabajo y sencillos a la hora de implementar en la herramienta escogida del Microsoft Excel.

Para cumplir con el factor tiempo establecido para este proyecto se ha dejado otros métodos para una futura implementación como la Tabla de Snook y Ciriello para el manejo manual de cargas, el método OWAS y el Evaluación Postural Rápida (EPR) para la carga postural, además los métodos de evaluación global LCE y LEST. Factores de riesgos en función del ambiente térmico y del análisis biomecánico también no han sido contemplados por este trabajo por el mismo motivo.

1.4. Estructura del proyecto

El trabajo final de master está estructurado de la siguiente manera: en el primer capítulo se tienen los fundamentos de la investigación, donde se presenta en la introducción la importancia de evaluar los riesgos ergonómicos asociados a los puestos de trabajo. También se aborda el tema del impacto de la ergonomía a la salud y tendencias en el campo de la ergonomía. En este apartado, también está incluso una justificación y motivación para el desarrollo de este proyecto, los objetivos generales y específicos, que al final del trabajo se espera lograr y el alcance del proyecto.

El segundo capítulo contiene información general respecto a Ergonomía y que se entiende por Ergonomía. Además, un apartado sobre la evolución de la ergonomía a lo largo de los años. También se presenta el estado de arte en el cual se puede conocer sobre los campos de estudio actuales de la ergonomía en los principales editoriales del mundo. Más adelante, se describe los principales trastornos músculos – esqueléticos (TME) ocasionados por los riesgos en el puesto de trabajo. Por último, se introduce los métodos de evaluación ergonómica de puestos de trabajo. A lo largo de este apartado, encontramos información que permite identificar y valorar los factores de riesgos asociados con los TME presente en los puestos de trabajo. Los métodos descritos son ampliamente utilizados por ergonómicos y son bastante sencillos cuanto a aplicación.

En el tercer capítulo se empieza a describir de forma detallada los fundamentos teóricos de los métodos en función del factor de riesgo derivados de la carga postural. En este apartado, se explican los métodos RULA y REBA, las fórmulas empleadas y las tablas utilizadas para la

valoración del riesgo. Al final, se muestran otros métodos de evaluación para dicho factor de riesgo no implementados en este proyecto.

El cuarto capítulo presenta los métodos en función del factor de riesgo relativo a la manipulación manual de cargas, más específicamente los métodos de la Ecuación de NIOSH y el GINSHT. En este apartado, se explican las fórmulas empleadas, puntuaciones de valoración del riesgo y las tablas. Una vez más, se indican otros métodos de evaluación para dicho factor no implementados en este trabajo.

En el quinto capítulo se describen los métodos de evaluación para el factor de riesgo derivado de la repetitividad de movimientos. En esta sección, se explican los métodos OCRA CheckList y JSI, cómo se calcula a través del empleo de fórmulas y tablas. También, se muestran otros métodos de evaluación para dicho factor de riesgo no desarrollados en este proyecto.

El sexto capítulo busca presentar paso a paso la implementación de los dichos métodos utilizando herramientas de Microsoft Excel. El manual ha sido elaborado mediante a una explicación detallada de las formulas utilizadas en la cual se propone la inserción de datos por el usuario, el cálculo automático del riesgo y presentación de los resultados que servirá de informe al usuario.

El séptimo capítulo presenta el manual de usuario con fin de servir de guía a cualquier persona que quiera utilizar la herramienta para cálculo de riesgos laborales. En este capítulo, se ofrece guía a la hora de utilizar el fichero con objetivo de conocer el formato y requerimientos de los datos a introducir.

En el octavo capítulo se lleva a cabo el estudio económico de este proyecto, es decir, en este apartado se hace un desglose de todos los costes asociado a este trabajo en todas las etapas de desarrollo. Se describen las fases de desarrollo del proyecto, los costes de cada etapa y se hace el cálculo del coste total. Un estudio económico en este tipo de trabajo sirve como indicador del grado de cumplimiento de los objetivos del proyecto establecidos en el arranque del mismo.

Por último, el noveno capítulo se plasman las conclusiones e ideas para futuros trabajos. En este apartado se expone las deducciones finales obtenidas una vez concluido el proyecto y se deja una ventana abierta para cualquier persona que quiera seguir investigando a respecto del tema en el cual se proponen mejoras que este trabajo no ha podido llegar.

Capítulo 2. INTRODUCCIÓN A LA EVALUACIÓN DE PUESTOS DE TRABAJO

2.1. ¿Qué entendemos por Ergonomía?

La mayoría de los textos sobre ergonomía inician su presentación de la materia definiéndola como la “ciencia del trabajo”, ya que la palabra proviene del griego: ergon (trabajo) y nomos (ciencia o estudio de). Esta disciplina tan amplia dedica gran parte de sus esfuerzos teóricos y prácticos a este campo.

Si damos un paso más en su definición, la Asociación Internacional de Ergonomía (IEA) entiende la ergonomía como “la disciplina científica que se ocupa de la comprensión fundamental de las interacciones entre los seres humanos y el resto de los componentes de un sistema. Es la profesión que aplica principios teóricos, datos y métodos para optimizar el bienestar de las personas y el rendimiento global del sistema”. Mientras que “los ergónomos contribuyen a la planificación, concepción y evaluación de las tareas, trabajos, productos, organizaciones, entornos y sistemas, para hacerlos compatibles con las necesidades, capacidades y limitaciones de las personas” (Falzon, 2009).

A pesar del enfoque global de la ergonomía, los ámbitos de aplicación o especialización han promovido el desarrollo de tres tipos de ergonomía según la IEA: física, cognitiva y de organización. No obstante, nos interesa el enfoque planteado por Falzon (2009) que, siguiendo a otros autores, trata a este campo como una disciplina de la ingeniería, con añadidos de otros campos.

La ergonomía se compone de dos tipos de conocimientos: sobre el hombre –de tipo teórico– y sobre la acción –de tipo práctico–. Este último enfoque será el utilizado en este trabajo ya que se basa en la elaboración de conocimientos sobre la práctica ergonómica como las metodologías de análisis, evaluación e intervención sobre los puestos de trabajo.

Según Falzon (2009) los principales objetivos de la ergonomía son, por un lado, el análisis del funcionamiento de las organizaciones y, por otro, el análisis de las personas. Ambos deben estar presentes en cualquier trabajo sobre ergonomía, aunque lo normal es que domine uno de los dos dependiendo del autor del trabajo.

Por último, hay que señalar que dentro de las diferentes prácticas que se incluyen dentro de la actividad de la ergonomía (actividad de diagnóstico e intervención, proceso de

resolución de problemas mal definidos y actividad de resolución colaborativa) en este trabajo nos centraremos en la primera: a través de implementación de métodos de evaluación del puesto de trabajo trataremos de conocer la situación de los individuos analizados a partir del análisis de las condiciones de trabajo y siguiendo la fundamentación teórica de los métodos que presentamos en los siguientes apartados.

2.2. Evolución de la Ergonomía

Podemos afirmar que la ergonomía inicia su camino en 1857, cuando el polaco Woitej Jastrzebowski se refirió por primera vez a ella en su Compendio de Ergonomía, o la Ciencia del Trabajo Basada en Verdades Tomadas de la Naturaleza. Los primeros desarrollos de la disciplina durante el siglo XIX respondían al interés por cuestiones físicas vinculadas a la ingeniería y a la producción que, por aquel entonces, estaban avanzando de la mano de autores como F. W. Taylor. El ingeniero, además de promover una aproximación científica a la organización del trabajo, tenía en cuenta aspectos relacionados con la ergonomía como la preservación de la salud de los trabajadores. D. Robla (2015) recoge las siguientes palabras de Taylor: “Estas tareas se planean cuidadosamente, de forma que se requiera un trabajo rápido y esmerado para cumplirlas, pero debe quedar perfectamente claro que en ningún caso se exige al trabajador un ritmo de trabajo que pudiera ser perjudicial para su salud” (Principles of Scientific Management).

El incesante impacto tecnológico que afectó a las condiciones laborales en el mundo occidental provocó la necesidad de avanzar en este tipo de estudios de “ingeniería humana” (Rivas, 2007), dando lugar a importantes cambios y a su difusión hasta la Segunda Guerra Mundial. Por ejemplo, destacan los trabajos del matrimonio Gilberth en la Escuela de Ingeniería de Purdue y su Estudio de Movimientos durante las primeras décadas del siglo XX.

Desde esta época, la relación hombre-máquina comenzó a dominar la perspectiva de los trabajos sobre ergonomía. En 1949 el psicólogo Hywel Murrell, vinculado a la marina británica, popularizó el término ergonomía al estudiar aspectos como el estrés entre los trabajadores. Prueba de su éxito fue la creación de instituciones como la Ergonomics Research Society y otras similares. En la década de los 50, la ergonomía tomó mayor envergadura en estudios sobre las condiciones laborales en el mundo occidental y, por otro lado, en desarrollos específicos en sectores como la defensa, muy importante en EE.UU.

La expansión de la ergonomía durante las siguientes décadas fue muy intensa y los profesionales dedicados a ella se sextuplicaron (Leirós, 2009). Los factores humanos

comenzaron a dominar entre los intereses de la ergonomía y se extendieron a diversas actividades productivas. La ergonomía pasó a poner en práctica muchas de sus nociones con el propósito de ayudar al trabajador empleado en tareas de producción industrial, transportes, etc. Poco a poco, la ergonomía comenzó a ampliar sus relaciones hacia otros campos complementarios a la ergonomía física, por ejemplo en los centrados en aspectos cognitivos, dando a la disciplina una dimensión muy cercana a la que actualmente podemos encontrar en gran parte del mundo.

En España, el enfoque prioritario que ha dominado la ergonomía ha sido el de la ergonomía física y especialmente relacionada con la prevención (Leirós, 2009). La salud laboral ha sido y es, como veremos a continuación, la principal preocupación de esta disciplina.

2.3. Estado del arte

La ergonomía es un campo con multitud de aproximaciones. Disciplinas como la biología humana, la medicina, las ciencias cognitivas, la psicología, la sociología o las ciencias de la organización han contribuido a su desarrollo durante su existencia (Leplat y de Montmollin, 2009).

Dada la complejidad y la cantidad de estudios y con el fin de plantear de forma breve el estado del arte sobre la ergonomía, vamos a analizar los trabajos de una de las publicaciones referentes a nivel global: *Ergonomics*. Además, para completar el análisis, se ha revisado las publicaciones que durante los últimos años han aparecido en otras dos revistas: *Theoretical Issues in Ergonomics* y *Applied Ergonomics*.

El presente año 2017 la revista *Ergonomics* ha dedicado un número al 60 aniversario de su creación haciendo un balance general de estas seis décadas de vida y mostrando el incesante cambio en este campo. Por su 56 aniversario la revista también dedicó un número a los temas que habían suscitado mayor interés entre la comunidad internacional y que habían tenido un reflejo en sus publicaciones recientes. Desde 2007, la revista había publicado una serie de números especiales que recogen algunas de las preocupaciones de esta rama de conocimiento durante la última década (Haslam, 2013):

- *Ergonomics in schools* (Legg, 2007)
- *Driver safety* (Stanton, 2007)
- *The future of ergonomics* (Stanton and Stammers, 2008)
- *Slips, trips and falls* (Chang, 2008)

- Sport, leisure and ergonomics (Atkinson and Reilly, 2009)
- Human factors and aviation (Harris and Stanton, 2010)
- Gender, women's work and ergonomics (Habib and Messing, 2012)
- Brain-computer interface and ergonomics (Nam, 2012)
- Ergonomics and sustainability (Haslam and Waterson, 2013)

A pesar de que entre estos temas no aparecen, las publicaciones sobre ergonomía relacionadas con los trastornos músculo-esqueléticos (TME) y otros desórdenes han sido frecuentes en este tipo de revistas. Esto nos lleva a afirmar que, a pesar de los nuevos enfoques predominantes, este tipo de trabajos han generado interés durante la última década y lo siguen haciendo en la actualidad. Por ejemplo, *Ergonomics* ha dedicado trabajos en sus números 2014:1 y 2014:8 a los TME asociados a la carga manual y a las profesiones médicas, además de incorporar otros trabajos relacionados con la fatiga y sus secuelas. Al mismo tiempo, *Applied Ergonomics* ha publicado artículos como el de Chiasson et al. (2015) relacionados con los TME que confirman esta tendencia.

En los números del año 2015 de *Ergonomics*, los trabajos sobre ergonomía aplicada a los esfuerzos físicos en el trabajo mantenían su importancia. Movimientos como la rotación del tronco, los efectos de determinados trabajos sobre la zona lumbar o en las extremidades (número 2015:9, 10 y 11) o estudios sobre el túnel carpiano han tenido su protagonismo. Además, este año la revista dedicó un número especial (2015:8) a las vibraciones, cuestión que también incorporan los métodos implementados en este trabajo.

En cuanto al futuro de la disciplina, en 2016 *Ergonomics* ha dedicado un número a sintetizar los nuevos paradigmas en ergonomía. Según Stanton et al. (2016) el futuro de la ergonomía se presenta, como lo hace la publicación, en tres áreas: nuevos paradigmas en teorías y métodos, nuevos paradigmas en prácticas y nuevos paradigmas en competencias y valores.

En lo referente a los nuevos paradigmas en la teoría, los trabajos hacen referencia a temas muy diversos entre los que cabe destacar el trabajo de Salmon et al. (2016) en el que se pregunta si la metodología desarrollada por la ergonomía puede enfrentarse a los problemas diarios que requieren de su ayuda y, sobre todo, en cinco áreas: "normal performance as a cause of accidents, accident prediction, system migration, systems concepts and ergonomics in design".

La ergonomía también plantea nuevos paradigmas prácticos. Además de plantear mejoras prácticas en aspectos como la visualización de conductores –con el objetivo de reducir

accidentes– o trabajar en el bienestar de las personas y de los trabajadores; los planteamientos más prácticos en ergonomía no se olvidan de uno de los temas más recurrentes hasta la fecha y que más nos interesan en este trabajo: los trastornos musculoesqueléticos. Gallagher and Schall (2016) plantean la importancia de los TME y de las condiciones de trabajo como causantes de estas lesiones a partir de los fallos derivados de la fatiga, como también recogen algunos artículos de *Applied Ergonomics* relacionada con los trabajadores ferroviarios chinos (Tsao et al., 2017). Gallagher and Schall proponen avanzar en el conocimiento del “fatigue failure process” con el fin de desarrollar intervenciones efectivas contra peligros potenciales. Veremos en los métodos desarrollados en este trabajo cómo la fatiga es un elemento de vital importancia en la evaluación de los puestos de trabajo.

Por último, sobre nuevos campos y valores, los trabajos de ergonomía parecen centrarse en el desarrollo de sistemas autónomos que sean capaces de mejorar las condiciones de vida y, por extensión, las condiciones laborales. Todo ello debería hacerse siguiendo ética aplicada a la ergonomía y a los nuevos desarrollos futuros. Cuestiones como la “ergoecología” también tienen un papel cada vez más importante.

Como citaremos más adelante al tratar los TME, la ergonomía juega y sigue jugando un papel importante como herramienta para detectar y prevenir riesgos laborales, entre ellos los TME. El presente año, la revista *Theoretical Issues in Ergonomics* ha dedicado un número especial “Ergonomics – The Effective Toll for Risk Prevention” (2017:1) con este fin. Artículos como los de Nath, Akhavian y Behzaban (2017) publicados en *Applied Ergonomics* confirman este interés por la evaluación y la medición de las condiciones de trabajo a través de la obtención directa de datos en puestos de trabajo con una intensidad física importante como es la construcción.

En el caso de España ya citamos en el apartado 2.2. que ha dominado el enfoque de la ergonomía física. Por esta razón, la producción en torno a la ergonomía ha estado muy relacionada con la evaluación de riesgos laborales. Aunque podemos hablar de publicaciones que tienen como público tanto a la comunidad científica como a los profesionales dedicados a la evaluación ergonómica, hay que destacar la escasez de artículos y trabajos científicos dedicados a la ergonomía en comparación con otros países. Casos como el de Almagro Torres et al. (2009) sobre el estudio de los TME en el personal de administración de la Universidad de Huelva o el de Muñoz y Venegas (2012) relacionado los TME con el puesto de trabajo computacional son escasos.

Más detalladas y complejas son algunas tesis doctorales dirigidas en el ámbito de la Universidad de Extremadura y centradas en diversos aspectos de los TME. Por ejemplo, la tesis *Trastornos musculoesqueléticos de origen laboral en actividades mecánicas del sector de la construcción* (Zorrilla, 2012) o la tesis de A. Skiadopoulos, *Análisis biomecánico y caracterización de la intervención muscular y la calidad del control motor en el contexto de la manipulación manual de cargas* (2015), con un importante estudio de contenido fisiológico sobre los TME. La ergonomía aparece, también, muy vinculada al mundo de la medicina a través de trabajos como la tesis de D. Robla, *El papel de la ergonomía en la prevención y evaluación de la carga física en un centro hospitalario: evaluación de las tareas de movilización de pacientes mediante el método MAPO Index* (2015). En este contexto, el interés académico por la evaluación comienza a expandirse también a los trabajos fin de máster, como este o como el caso del TFM titulado *Estudio ergonómico del puesto de trabajo hand lay-up* (Sánchez Hurtado, 2015).

A pesar de la escasez de trabajos académicos, existen libros y documentos técnicos de buena calidad que recogen los aspectos fundamentales de la evaluación ergonómica y que constituyen la base de este trabajo. En particular citamos los trabajos como *Evaluación ergonómica de puestos de trabajo* (Diego-Más et al., 2012) vinculado al grupo de trabajo de la Universitat Politècnica de Valencia. También los documentos técnicos editados por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT), y en concreto textos como *Posturas de trabajo: evaluación del riesgo* (2015) y otros elaborados por María Félix Villar Fernández, que recogemos en el trabajo.

En este contexto, el presente estudio aporta en el dominio de la implementación de métodos de evaluación de puestos de trabajo siguiendo los métodos y fundamentos ya desarrollados por la ergonomía con el fin de adaptarlos en una fase futura a la evaluación y análisis de un conjunto de puestos de trabajo vinculados al sector de la logística. De este modo damos continuidad a los trabajos que siguen avanzando sobre cuestiones como los TME, la fatiga, las vibraciones, la postura del cuerpo, etc. y avanzamos en el análisis de sectores y de puestos de trabajo concretos, como vienen haciendo muchos autores con puestos vinculados a la medicina, aviación, etc.

2.4. Los trastornos músculos – esqueléticos

Los trastornos músculo-esqueléticos (TME) hacen referencia a un conjunto de dolencias que incluyen daños o trastornos en articulaciones y otros tejidos, es decir, problemas de salud

del aparato locomotor, de músculos, tendones, esqueleto óseo, cartílagos, ligamentos y nervios, que pueden ser leves y pasajeros o que pueden resultar irreversibles e incapacitantes (OMS, 2004). Por lo general, los TME afectan a determinadas zonas del cuerpo (espalda, cuello, hombros y extremidades superiores), aunque el daño puede extenderse a otras. La preocupación que ha generado durante los últimos años se basa en que la mayor parte de los trabajadores, sea cual sea su actividad, sexo o edad, se ha visto o se puede ver afectado por este tipo de dolencia (Villar Fernández, 2015).

En términos generales los TME son consecuencia de un conjunto de factores que, a lo largo del tiempo, desarrollan las dolencias. Según la Agencia Europea para la Seguridad y la Salud en el Trabajo (EU-OSHA), los TME son generados por causas físicas y por causas psicosociales. Sobre las primeras hay que destacar la manipulación de cargas, los movimientos repetitivos, los movimientos forzados, las posturas estáticas o poco naturales, las vibraciones, las malas condiciones lumínicas del trabajo, el ritmo de la tarea y otras que incorporaremos en la implementación de los métodos de evaluación ergonómica en este trabajo. En cuanto a las causas psicosociales, una inadecuada exigencia laboral, situaciones de stress o de insatisfacción por parte del trabajador son factores que también están detrás del origen de los TME.

La importancia de estas dolencias en nuestro entorno es grande. La EU-OSHA advierte que los TME son “una de las enfermedades de origen laboral más comunes que afectan a millones de trabajadores en toda Europa y cuestan a los empresarios miles de millones de euros”. Por esta razón, las autoridades nacionales y europeas encargadas de velar por la seguridad y el bienestar de los trabajadores se han centrado en los TME y en el desarrollo de acciones basadas en la prevención de estos. Según la Agencia Europea las empresas y los profesionales deberían hacer frente a este problema a través de dos acciones:

1. Evaluación de riesgos, con el fin de localizar las causas de los TME.
2. Participación del empleado, teniendo en cuenta su opinión para detectar problemas y desarrollar soluciones vinculadas a los TME.

Este tipo de planteamientos han hecho que la ergonomía participe de dos acciones básicas. En primer lugar la ergonomía ha sido fundamental en el desarrollo de los métodos preventivos como, por ejemplo, el diseño y adaptación de los puestos de trabajo, buscando una postura idónea, o en el diseño del equipo e instrumental con el que los empleados desarrollan sus tareas. En segundo lugar, la ergonomía tiene un papel protagonista en la generación de los métodos de evaluación de riesgos antes planteados.

Según Villar Fernández (2015) la evaluación de riesgo asociada a los TME es una tarea compleja dada la diversidad de causas. No parece existir un único método que integre todas las variables a tener en cuenta y, mucho menos, métodos que adapten el análisis de puestos de trabajo a puestos específicos.

Aunque los enfoques de evaluación han sido variados y es complejo asociar factores de trabajo a estos trastornos, existen algunas evidencias que establecen conexiones aparentes, como muestra Villar Fernández (2015), a partir de un estudio realizado por el National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). Según este organismo existen relaciones entre factores de trabajo y dolencias en determinadas zonas del cuerpo:

- Factores como la postura y, en menor medida, la fuerza desarrollada y la repetición de movimientos a la hora de realizar un trabajo que implique a los músculos del cuello y hombro están asociados con los TME detectados en esta zona;
- El hombro padece más ante esfuerzos que se realicen en una postura inadecuada y con un importante número de repeticiones;
- El codo sufre frente a una combinación en las tareas que exigen fuerza, postura y repetición;
- Los TME vinculados a la mano parecen relacionarse con la combinación de trabajos que exigen fuerza, postura, repetición; al igual que ocurre con el codo.
- También existen fuertes evidencias entre las dolencias asociadas a la espalda y a la zona lumbar con las posturas forzadas o al someter al cuerpo a vibraciones (por ejemplo las asociadas a un vehículo).

Hasta la actualidad se han desarrollado diversos métodos que tienen como objetivo registrar y evaluar los factores de trabajo asociados a los TME. La medición directa de aspectos fisiológicos es uno de los métodos más interesantes, aunque su coste y la dificultad de llevarlos a cabo de forma generalizada les convierte en métodos poco adecuados. Por el contrario, hay métodos mucho más extendidos como los basados en la recogida sistemática de datos a partir de cuestionarios o de entrevistas con los trabajadores. El problema de estos métodos es la subjetividad, por lo que siguiendo lo que indican trabajos como los aquí citados, estimamos que los métodos basados en la observación por parte de un técnico –un tercer tipo– son los más adecuados de cara a la evaluación.

Entre los primeros métodos basados en la observación encontramos algunos que mencionaremos o implementaremos en este trabajo como el método OWAS o el REBA. Los avances en las últimas décadas ha permitido el diseño de nuevos métodos y la aplicación/adaptación de los mismos a trabajos determinados como el de cajeros, personal de hospitales, etc.

2.5. Métodos de Evaluación Ergonómica

La evaluación ergonómica tiene como reto identificar el nivel de presencia, en los puestos de trabajo evaluados, de factores de riesgo para la aparición, en los trabajadores que los ocupan, de problemas de salud de tipo TME, explicados en el apartado anterior. Los métodos de evaluación ergonómica permiten identificar y valorar los diferentes factores de riesgos presente en los puestos de trabajo para, posteriormente, basado en los resultados obtenidos, plantear opciones de rediseño que reduzcan el riesgo y que proporcionen niveles aceptables de exposición para el trabajador.

En general, hay dos niveles de análisis: nivel básico que consiste simplemente en la identificación de factores de riesgos y nivel avanzado que evalúa los riesgos ergonómicos detectados. Algunos indicadores de la presencia de riesgos son: la presencia de lesiones agudas (Lumbalgias, hernias discales, fatiga física, etc.), lesiones crónicas (síndrome del túnel carpiano, epicondilitis, etc.) o enfermedades profesionales entre los trabajadores de un determinado puesto.

Para identificación inicial del riesgo (nivel básico) se utiliza listas de identificación de riesgos como la “Lista de comprobación ergonómica LCE” o “Manual para la evaluación y prevención de riesgos ergonómicos y psicosociales en la PYME del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT) de España”. En una primera fase, se agrupa los puestos de trabajo que tengan características similares para luego en una segunda fase aplicar la lista de identificación de riesgo a cada tipo de puestos. Sin embargo, este presente trabajo está centrado en el desarrollo de los métodos de nivel de análisis avanzado.

En el nivel de análisis avanzado, se evalúa la amplitud, frecuencia y duración de los riesgos detectados (mediante a una evaluación inicial de riesgo previamente realizada). Este análisis es posible a través de métodos de evaluación ergonómica cuya aplicación es sencilla comparada a otras técnicas más complejas que requieren conocimientos específicos o

instrumentos de medidas que ni siempre dispone los ergonómicos como, por ejemplo, instrumentos para medición de oxígeno o la frecuencia cardiaca.

A la hora de realizar la evaluación ergonómica de puestos de trabajo para prevenir los TME, una dificultad es la gran cantidad de factores de riesgos a considerar. Dichos factores pueden ser ocasionados por movimientos repetitivos, posturas inadecuadas, levantamiento de cargas, exigencia mental, monotonía, condiciones ambientales como frío o calor, etc. Idealmente, todos los posibles factores deberían ser considerados y medidos. Sin embargo, resulta difícil considerar todos los factores una vez que no se conoce la importancia relativa de cada factor y sus interacciones. Por lo tanto, es complejo determinar el peso o importancia de cada factor. Además, los métodos de evaluación ergonómica en general se centran en el análisis de un determinado factor y los sistemas de puntuación son hipotéticos en el cual no hay un consenso sobre la utilización de escalas homogéneas.

Diego-Más et al. (2012) presenta un procedimiento para evaluación ergonómica de un puesto de trabajo que consiste en las siguientes etapas:

1. Describir la empresa, su sector productivo, estructura jerárquica, los turnos y horarios, la planificación y organización del tiempo de trabajo y la estructura sindical en un documento inicial de evaluación ergonómica;
2. Describir características y factores más importantes del puesto de trabajo analizado como diferentes productos y procesos que se realizan, el número de trabajadores, los turnos, las pausas, las horas extras y cualquier problema que pueda surgir en el lugar de trabajo;
3. Observar y describir el puesto de trabajo considerando aspectos como el entorno físico, las herramientas manuales, el orden y limpieza en el entorno, el espacio disponible, la maquinaria presente, el número y tipo de indicadores y controles, el nivel de iluminación, el calor o frío en exceso, el nivel de ruido y los equipos de protección individual. Esta etapa consiste el análisis de nivel básico;
4. A partir del análisis inicial descrito en el punto tres, si se ha encontrado algún punto de mejora, indicar en el documento y proponer acciones preventivas y recomendaciones;
5. Conocer el trabajador presente en el puesto evaluado. Informarle sobre el motivo de su presencia y solicitarle que realice su tarea normalmente;

6. Observar el puesto de trabajo mientras el trabajador ejecuta su labor. Analizar el número de tareas distintas y medir los tiempos empleados en cada una de ellas;
7. Establecer qué factores de riesgos ergonómico están presente en las diferentes tareas realizadas por el trabajador. Indicar en el documento el desglose de las tareas y los factores de riesgos asociados a cada una de ellas.
8. Para cada una de las tareas, seleccionar el método de evaluación ergonómica adecuado. Cada tarea puede precisar ser analizada con varios métodos si presente diferentes factores de riesgos. A partir de esta etapa, se consiste el análisis de nivel avanzado;
9. Durante la ejecución de la tarea y según los métodos escogidos, realizar la toma de datos y mediciones: ángulos, distancias, pesos, etc.
10. Con los datos obtenidos, aplicar cada método de evaluación ergonómica. En esta etapa, se puede emplear el fichero Excel desarrollado en el presente trabajo. Si en algún caso el riesgo no es tolerable, proponer medidas correctivas o rediseño del puesto;
11. Elaborar un documento con las conclusiones de la evaluación. Si los hay, indicar los problemas detectados y proponer las medidas correctivas.

Para el paso 8, hay un gran número de métodos de evaluación que ayudan el ergonómico a evaluar los diferentes factores de riesgo presente en la tarea. Sin embargo, la selección del método apropiado para medir cada tipo de riesgo es todavía un problema a la hora de iniciar un estudio ergonómico. Aunque se hable de “evaluación ergonómica de puesto de trabajo”, la realidad es que se evalúa la presencia de riesgos ergonómicos (o disergonómicos). Por tanto, es un error tratar de qué método emplear en función del puesto de trabajo. El método elegido debe estar en función del factor de riesgos que se desea evaluar. Por ello, es importante identificar cuales factores de riesgos están asociados al puesto de trabajo y luego elegir el método adecuado.

Partiendo de esta situación y del recorrido histórico de la disciplina, el presente trabajo trata de implementar algunos de los métodos de evaluación para su uso en la herramienta Excel. El fin es trabajar con una aplicación en la que desarrollar los cambios necesarios para adaptar estos métodos de evaluación a los puestos de trabajo vinculados al sector de la logística, al igual que han hecho Villar y Álvarez en Riesgos de trastornos musculoesqueléticos asociados a la carga física en puestos de logística (2016).

Capítulo 3. MÉTODOS PARA EVALUACIÓN DE LA CARGA POSTURAL

Uno de los factores de riesgos para tener en cuenta en la evaluación de condiciones de trabajo es la postura forzada continuada o repetida durante la jornada de trabajo, es decir la excesiva carga postural. La postura forzada genera fatiga y a largo plazo puede generar problemas en la salud. Para la evaluación del riesgo asociado a la carga postural en un puesto de trabajo hay diferentes métodos, diferenciándose cada uno por el ámbito de aplicación, la evaluación de posturas individuales o por conjuntos de posturas, los condicionantes para su aplicación o por las partes del cuerpo evaluadas o consideradas para su evaluación. Este presente estudio se abordará en detalles dos de los métodos más utilizados: el método RULA y REBA. Para empezar, se describe el método RULA en el apartado siguiente.

3.1 Método RULA

Desarrollados por los doctores McAtamney y Corlett de la Universidad de Nottingham (*Institute for Occupational Ergonomics*) en el año 1993, el método RULA (Rapid Upper Assessment) se centra en la evaluación de los movimientos ejecutados por los trabajadores durante la ejecución de las actividades, a fin de evaluar los factores de riesgos que originan una elevada carga postural y que pueden ocasionar trastornos en los miembros superiores del cuerpo. Para la evaluación del riesgo se consideran en el método la postura adoptada, la duración y frecuencia de ésta y las fuerzas ejercidas cuando se mantiene (Diego-Más et al., 2012).

De acuerdo con Villar Fernández (2013), durante su desarrollo, el método fue aplicado a puestos de confección, de cajeros de supermercados, en tareas con microscopios, en operaciones de la industria del automóvil y una variedad de tareas de fabricación en el cual podrían estar presente dichos factores de riesgos. El método utiliza diversos diagramas para registrar las posturas del cuerpo y tablas que sirven para evaluar la exposición a los siguientes factores de riesgos:

- Número de movimientos;
- Trabajo estático muscular;
- Fuerza aplicada;
- Postura de trabajo determinados por los equipos y el mobiliario;
- Tiempo de trabajo sin pausa.

El método RULA evalúa posturas concretas; seleccionadas a partir de la actividad realizada por el trabajador, debe ser aplicado tanto del lado derecho como del lado izquierdo del cuerpo. El evaluador experto puede elegir a priori el lado que aparentemente esté sometido a mayor carga postural, pero en caso de duda es preferible analizar los dos lados. Por consiguiente se divide en dos grupos, el grupo A que incluye los miembros superiores (brazos, antebrazos, muñecas y manos) y el grupo B, que comprende las piernas, el tronco y el cuello (Figura 3.1). La puntuación final suministrado por el método RULA es proporcional al riesgo que conlleva la tarea, es decir que valores más alto indican mayores posibilidades de lesiones a nivel músculo-esqueléticas, orientando al evaluador sobre las decisiones a tomar después del análisis realizado (Escalante, 2009).

Figura 3.1: Grupos de miembros en RULA.



Fuente: Ergonautas (2017).

Las mediciones por realizar sobre las posturas adoptadas son fundamentalmente ángulos que forman los diferentes miembros del cuerpo con respecto a determinadas referencias (Figura 3.2). Estas mediciones pueden realizarse a través de cualquier dispositivo que permita la toma de datos angulares o a través de fotos desde diferentes puntos de vista (alzado, perfil, vistas de detalle, etc.). Para medir los ángulos a través de fotografías se puede emplear el software RULER, herramienta desarrollada por el equipo de Ergonautas (Universidad Politécnica de Valencia).

Figura 3.2: Medición de ángulos en RULA.



Fuente: Ergonautas (2017).

El procedimiento de aplicación del método según Diego-Más et. al (2012) es el siguiente:

1. Determinar los ciclos de trabajo y observar al trabajador durante varios de estos ciclos;
2. Seleccionar las posturas que se evaluarán;
3. Determinar si se evaluará el lado izquierdo del cuerpo o el lado derecho. En caso de duda, analizar los dos.
4. Tomar los datos angulares requeridos a través de fotos;
5. Determinar las puntuaciones para cada parte del cuerpo según las tablas correspondientes a cada miembro;
6. Obtener las puntuaciones parciales y finales del método para determinar la existencia de riesgos y establecer el Nivel de Actuación;
7. Revisar las puntuaciones de las diferentes partes del cuerpo para determinar dónde es necesario aplicar correcciones;
8. Rediseñar el puesto o introducir cambios para mejorar la postura si es necesario;
9. En caso de haber introducido cambios, evaluar de nuevo la postura con el método RULA para comprobar la efectividad de la mejora.

Los siguientes apartados describen como obtener las puntuaciones del método de acuerdo con diferentes tablas de valoración.

3.1.1 Grupo A: Puntuaciones de los miembros superiores

El método empieza por la evaluación de los miembros superiores que consiste en brazos, antebrazos, muñecas y giro de muñeca.

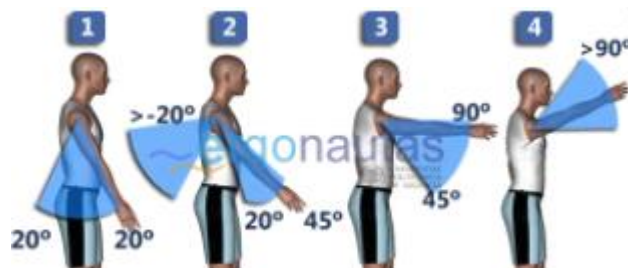
El primer miembro por evaluar será el brazo. Para determinar la puntuación del dicho miembro, se deberá medir el ángulo que forma con respecto al eje de tronco (línea de referencia) como muestra la figura 3.3 y la figura 3.4 los diferentes grados de flexión/extensión considerados por el método.

Figura 3.3: Eje de referencia para medición del ángulo de los brazos.



Fuente: Ergonautas (2017).

Figura 3.4: Posiciones del brazo



Fuente: Ergonautas (2017).

En función del ángulo formado por el brazo y el eje del tronco, se obtendrá la puntuación mediante la tabla 3.1.

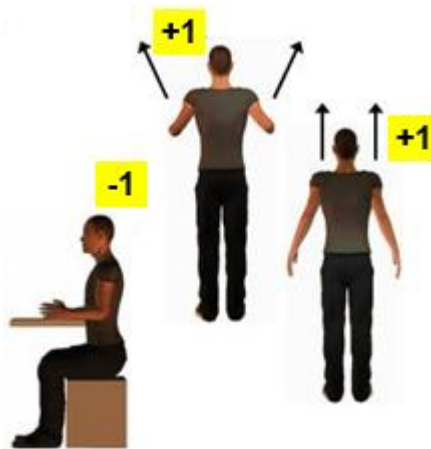
Tabla 3.1: Puntuación del brazo

Posición	Puntuación
Desde 20° de extensión a 20° de flexión	1
Extensión >20° o flexión >20° y <45°	2
Flexión >45° y 90°	3
Flexión >90°	4

Fuente: Ergonautas (2017).

La puntuación obtenida en el brazo será aumentada o disminuida, si el trabajador posee los hombros elevados o el brazo rotado, si el brazo se encuentra separado o abducido respecto al tronco o si existe algún punto de apoyo durante el desarrollo de la tarea (Figura 3.5). Cada una de estas circunstancias incrementará o disminuirá el valor original de la puntuación del brazo conforme indica la tabla 3.2. Si estos casos no se aplican a la postura del trabajador no habrá modificaciones en las puntuaciones.

Figura 3.5: Posiciones que modifican la puntuación del brazo



Fuente: Infopreben (2017).

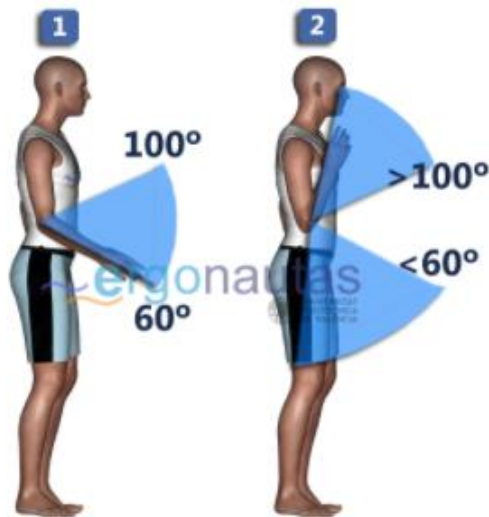
Tabla 3.2: Modificación de la puntuación del brazo.

Posición	Puntuación
Hombro elevado o brazo rotado	+1
Brazos abducidos	+1
Existe un punto de apoyo	-1

Fuente: Ergonautas (2017).

El según miembro a ser evaluado es el antebrazo. La puntuación asignada del dicho miembro será en función del ángulo formado por el eje del antebrazo y el eje del brazo. La figura 3.6 indica las diferentes posibilidades y la tabla 3.3 las puntuaciones correspondientes a cada opción.

Figura 3.6: Posición del antebrazo



Fuente: Ergonautas (2017).

Tabla 3.3: Puntuación del antebrazo.

Posición	Puntuación
Flexión entre 60° y 100°	1
Flexión <60° o >100°	2

Fuente: Ergonautas (2017).

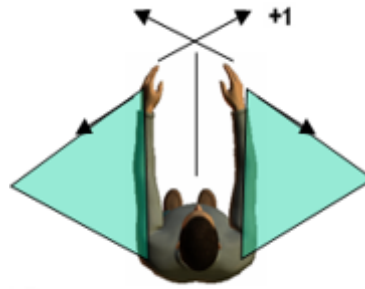
Igual a la puntuación del brazo, los puntos asignados podrán aumentar conforme la tabla 3.4 en dos casos: si el antebrazo cruza la línea media del cuerpo o si la proyección vertical del antebrazo se encuentra más allá de la proyección del codo (Figura 3.7).

Tabla 3.4: Modificación de la puntuación del antebrazo.

Posición	Puntuación
A un lado del cuerpo	+1
Cruza la línea media	+1

Fuente: Ergonautas (2017).

Figura 3.7: Posiciones que modifican la puntuación del antebrazo



Fuente: Infopreben (2017).

Para finalizar la puntuación de los miembros superiores o grupo A, se analizará la posición de la muñeca y giro de muñeca. En primer lugar, se determinará el grado de flexión de la muñeca. La figura 3.8 muestra las tres posiciones posibles y si existe desviación radial o cubital, se incrementa en una unidad la puntuación indicada en la tabla 3.5.

Figura 3.8: Posiciones de la muñeca y modificación de la puntuación en caso de desviación



Fuente: Infopreben (2017).

Tabla 3.5: Puntuación de la muñeca

Posición	Puntuación
Posición neutra	1
Flexión o extensión $> 0^\circ$ y $< 15^\circ$	2
Flexión o extensión $> 15^\circ$	3

Fuente: Ergonautas (2017).

Tras obtenida la puntuación de la muñeca se valorará el giro de la misma (tabla 3.6). Se trata de valorar el grado de pronación o supinación de la mano (medio o extremo) (Figura 3.9).

Tabla 3.6: Puntuaciones del giro de muñeca.

Posición	Puntuación
Pronación o supinación media	1
Pronación o supinación extrema	2

Fuente: Ergonautas (2017).

Figura 3.9: Posiciones del giro de la muñeca.



Fuente: Ergonautas (2017).

3.1.2 Grupo B: Puntuaciones para las piernas, el tronco y el cuello

Una vez realizada la puntuación de los miembros superiores, el siguiente paso es valorar los miembros inferiores que corresponden al cuello, tronco y piernas. El primer miembro por evaluar es el cuello. La figura 3.10 muestra las cuatro posiciones posibles y en el caso del cuello esté rotado o inclinado se modificará la puntuación (tabla 3.7).

Figura 3.10: Posiciones del cuello y modificación de la puntuación del dicho miembro.



Fuente: Infopreben (2017).

Tabla 3.7: Puntuaciones del cuello

Posición	Puntuación
Flexión entre 0° y 10°	1
Flexión >10° y ≤20°	2
Flexión >20°	3
Extensión en cualquier grado	4

Fuente: Ergonautas (2017).

El siguiente miembro por evaluar es el tronco. La puntuación del tronco dependerá si el trabajador está sentado o de pie y por el ángulo de flexión del tronco medido por el ángulo entre el eje del tronco y la vertical (Figura 3.11 y tabla 3.8). Esta puntuación será aumentada en un punto si existe rotación o inclinación lateral del tronco (Figura 3.12 y tabla 3.9).

Figura 3.11: Posiciones del tronco



Fuente: Ergonautas (2017).

Tabla 3.8: Puntuaciones del tronco

Posición	Puntuación
Sentado, bien apoyado y con un ángulo tronco-caderas >90°	1
Flexión entre 0° y 20°	2
Flexión >20° y ≤60°	3
Flexión >60°	4

Fuente: Ergonautas (2017).

Figura 3.12: Posiciones que modifican la puntuación del tronco



Fuente: Ergonautas (2017).

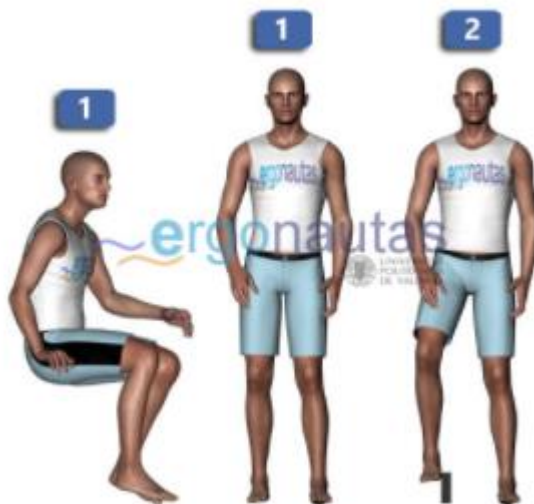
Tabla 3.9: Modificación de la puntuación del tronco

Posición	Puntuación
Tronco rotado	+1
Tronco con inclinación lateral	+1

Fuente: Ergonautas (2017).

Por fin, se asignará la puntuación referente a la posición de las piernas. La puntuación de las piernas dependerá de la distribución del peso entre ellas, los apoyos existentes y si la posición es sedente. La figura 3.13 muestra la posición de las piernas y la tabla 3.10 la puntuación correspondiente.

Figura 3.13: Posiciones de las piernas



Fuente: Ergonautas (2017).

Tabla 3.10: Puntuación de las piernas

Posición	Puntuación
Sentado, con piernas y pies bien apoyados	1
De pie con el peso simétricamente distribuido y espacio para cambiar de posición	1
Los pies no están apoyados o el peso no está simétricamente distribuido	2

Fuente: Ergonautas (2017).

3.1.3 Puntuación global

Tras la asignación de la puntuación de los miembros del grupo A y grupo B individualmente, se utilizará la tabla 3.11 y la tabla 3.12 para obtener la puntuación global del grupo A y grupo B respectivamente.

Tabla 3.11: Puntuación global para miembros del grupo A

		Muñeca							
		1		2		3		4	
		Giro de Muñeca		Giro de Muñeca		Giro de Muñeca		Giro de Muñeca	
Brazo	Antebrazo	1	2	1	2	1	2	1	2
1	1	1	2	2	2	2	3	3	3
	2	2	2	2	2	3	3	3	3
	3	2	3	3	3	3	3	4	4
2	1	2	3	3	3	3	4	4	4
	2	3	3	3	3	3	4	4	4
	3	3	4	4	4	4	4	5	5
3	1	3	3	4	4	4	4	5	5
	2	3	4	4	4	4	4	5	5
	3	4	4	4	4	4	5	5	5
4	1	4	4	4	4	4	5	5	5
	2	4	4	4	4	4	5	5	5
	3	4	4	4	5	5	5	6	6
5	1	5	5	5	5	5	6	6	7
	2	5	6	6	6	6	7	7	7
	3	6	6	6	7	7	7	7	8
6	1	7	7	7	7	7	8	8	9
	2	8	8	8	8	8	9	9	9
	3	9	9	9	9	9	9	9	9

Fuente: Ergonautas (2017).

Tabla 3.12: Puntuación global para miembros del grupo B

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

Fuente: Ergonautas (2017).

3.1.4 Puntuación final

Las puntuaciones globales del apartado anterior son modificadas en función del tipo de actividad muscular desarrollada, así como la fuerza aplicada durante la ejecución de la tarea. Las puntuaciones de los Grupos A y B, incrementadas por las puntuaciones correspondientes al tipo de actividad (tabla 3.13) y las cargas o fuerzas ejercidas (tabla 3.14) pasarán a denominarse puntuaciones C y D respectivamente. Las puntuaciones C y D permiten obtener la puntuación final del método empleando la Tabla 3.14.

Tabla 3.13: Puntuación para actividad muscular

Tipo de actividad	Puntuación
Estática (se mantiene más de un minuto seguido)	+1
Repetitiva (se repite más de 4 veces cada minuto)	+1
Ocasional, poco frecuente y de corta duración	0

Fuente: Ergonautas (2017).

Tabla 3.14: Puntuación para las fuerzas ejercidas o las cargas manejadas

Carga o fuerza	Puntuación
Carga menor de 2 Kg. mantenida intermitentemente	0
Carga entre 2 y 10 Kg. mantenida intermitentemente	+1
Carga entre 2 y 10 Kg. estática o repetitiva	+2
Carga superior a 10 Kg mantenida intermitentemente	+2
Carga superior a 10 Kg estática o repetitiva	+3
Se producen golpes o fuerzas bruscas o repentinas	+3

Fuente: Ergonautas (2017).

Tabla 3.14: Puntuación final

	Puntuación D						
Puntuación C	1	2	3	4	5	6	7
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

Fuente: Ergonautas (2017).

(*) Si la puntuación D es mayor que 7, se empleará la columna 7.

El valor final proporcionado por el método RULA es proporcional al riesgo que conlleva la realización de la tarea, de forma que valores altos indican un mayor riesgo de aparición de lesiones musculoesqueléticas. Para una determinada postura RULA obtendrá una puntuación a partir de la cual se establece un determinado Nivel de Actuación (tabla 3.15). El Nivel de Actuación indicará si la postura es aceptable o en qué medida son necesarios cambios o rediseños en el puesto.

Tabla 3.15: Niveles de actuación según la puntuación final obtenida

Puntuación	Nivel	Actuación
1 o 2	1	Riesgo Aceptable
3 o 4	2	Pueden requerirse cambios en la tarea; es conveniente profundizar en el estudio
5 o 6	3	Se requiere el rediseño de la tarea
7	4	Se requieren cambios urgentes en la tarea

Fuente: Ergonautas (2017).

En resumen, la figura 3.14 muestra el camino a seguir para la aplicación del método RULA.

Figura 3.14: Esquema para asignación de puntos en el método RULA.



Fuente: Ergonautas (2017).

3.2 Método REBA

El método REBA (Rapid Entire Body Assessment) o en castellano Evaluación rápida del cuerpo entero fue propuesto por Sue Hignett y Lynn McAtamney y publicado por la revista especializada *Applied Ergonomics* en el año 2000.

El método es el resultado del trabajo en conjunto de un equipo de ergónomos, enfermeras, fisioterapeutas y terapeutas ocupacionales, que identificaran alrededor de 600 posturas para su elaboración con el objetivo de evaluar el riesgo de sufrir alteraciones corporales relacionadas con las posturas forzadas en el trabajo.

Así como el método RULA, el REBA permite el análisis conjunto de las posiciones adoptadas por los miembros superiores del cuerpo (brazo, antebrazo y muñeca) y por los miembros inferiores del cuerpo (tronco, cuello y piernas). Además, considera otros factores para la valoración final de la postura como la carga o fuerza aplicada, el tipo de agarre o el tipo de actividad muscular desarrollada por el trabajador en el puesto. Se aplica por separado al lado derecho e izquierdo del cuerpo, cabiendo al evaluador seleccionar a principio que lado conlleva una mayor carga postural. Si hay dudas, se recomienda evaluar por separado los dos lados.

El método ha sido elaborado a partir de diferentes metodologías, de fiabilidad ampliamente reconocida por la comunidad ergonómica y tiene como principales características:

- Es un método especialmente sensible a los riesgos de tipo músculo-esquelético;

- Divide el cuerpo en segmentos para ser puntuados individualmente, analizando tanto miembros superiores como miembros inferiores;
- Tiene en cuenta el impacto del manejo de cargas realizado con las manos u otras partes del cuerpo sobre la carga postural;
- Considera importante el tipo de agarre de la carga manejada, destacando que ni siempre se realiza con las manos y por tanto permite indicar la posibilidad de utilizar otras partes del cuerpo;
- Permite valorar la actividad muscular causada por posturas estáticas, dinámicas, o debidas a cambios bruscos o inesperados en la postura;
- Incluye un nuevo factor que valora si la postura adoptada es contra o a favor de la gravedad;
- El resultado determina el nivel de riesgo de padecer de lesiones, estableciendo un nivel de acción requerido y la urgencia de intervención;

Para aplicación del método REBA, se deberá seleccionar su postura más representativa, así como su repetición en el tiempo o su precariedad. La selección correcta de las posturas a evaluar determinará los resultados proporcionados por el método y las acciones futuras.

Diego-Más et. al (2012) indica los pasos previos para aplicación del método, bien como informaciones requeridas por el método y procedimientos para aplicación del método REBA.

Pasos previos para aplicación:

1. Determinar el periodo de tiempo (ciclo de trabajo) y observar durante varios de estos ciclos;
2. Si la duración de la tarea por evaluar es bastante larga, desglosar en operaciones elementares o subtareas para su análisis pormenorizado;
3. Registrar mediante a vídeos, fotografías o anotaciones las diferentes posturas adoptadas por el trabajador durante el desarrollo de la tarea;
4. Identificar, entre las posturas registradas, la postura más significativa o “peligrosa” para futura evaluación con el método REBA;

Informaciones requeridas:

1. Los ángulos formados por las diferentes partes del cuerpo;
2. La carga o fuerza maneja por el trabajador al adoptar la postura durante el estudio;
3. El tipo de agarre de la carga (manualmente o mediante otras partes del cuerpo);

4. Las características de la actividad muscular desarrollada por el trabajador (Estática, dinámica o sujeta a cambios bruscos).

Procedimiento de aplicación:

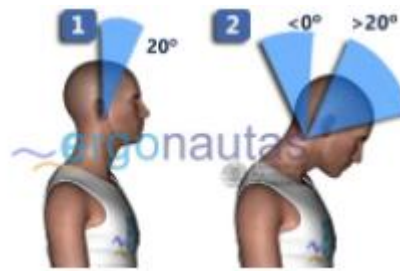
1. Obtención de la puntuación individual de los miembros del grupo A (tronco, cuello y piernas) y grupo B (Brazo, antebrazo, muñeca);
2. Valoración del grupo A a partir de las puntuaciones individuales del tronco, cuello y piernas;
3. Valoración del grupo B a partir de las puntuaciones individuales del brazo, antebrazo y muñeca;
4. Modificación de la puntuación del grupo A en función de la carga o fuerzas aplicadas, que será la puntuación A;
5. Corrección de la puntuación del grupo B según el tipo de agarre de la carga manejada, en adelante puntuación;
6. Asignación de la puntuación C a partir de la puntuación A y B;
7. Modificación de la puntuación C en función del tipo de actividad muscular desarrollada. Esta será la valoración final del método;
8. Consulta del nivel de acción, riesgo y urgencia de la actuación a partir del valor final calculado;
9. Rediseño del puesto o introducción de mejoras para determinadas posturas críticas;
10. Reevaluación del método tras introducción de cambios.

En los apartados que se suceden, se explica con más detalles la aplicación del método REBA, así como se presenta las tablas de valoración para las diferentes posiciones que pueden asumir los miembros del cuerpo.

3.2.1 Grupo A: Puntuaciones para el tronco, cuello y piernas

El método empieza por la valoración de los miembros del grupo A que son el cuello, tronco y piernas. En primer lugar, se asignará la puntuación referente al cuello. El método considera dos posibles posiciones del cuello en el cual la primera el dicho miembro está flexionado entre 0 y 20 grados y en la segunda existe flexión o extensión de más de 20 grados (figura 3.15). La puntuación del cuello está en la tabla 3.16 y se aumenta un punto si el trabajador presenta torsión o inclinación del cuello, como muestra la figura 3.16.

Figura 3.15: Posiciones del cuello.



Fuente: Ergonautas (2017).

Tabla 3.16: Puntuación del cuello

Posición	Puntuación
Flexión entre 0° y 20°	1
Flexión >20° o extensión	2

Fuente: Ergonautas (2017).

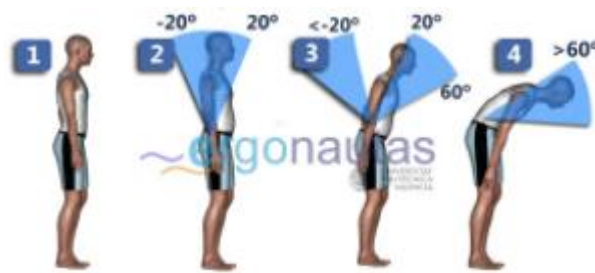
Figura 3.16: Posiciones que modifican la puntuación del cuello en +1.



Fuente: Ergonautas (2017).

El segundo miembro por evaluar es el tronco. La puntuación asignada dependerá si el trabajador realiza la tarea con el tronco erguido o no, indicando en este último caso el grado de flexión o extensión observado (Figura 3.17 y tabla 3.17). En seguida, se incrementa en un punto la puntuación del tronco en el caso de existir torsión o inclinación lateral (Figura 3.18).

Figura 3.17: Posiciones del tronco



Fuente: Ergonautas (2017).

Tabla 3.17: Puntuación del tronco

Posición	Puntuación
Tronco erguido	1
Flexión o extensión entre 0° y 20°	2
Flexión >20° y ≤60° o extensión >20°	3
Flexión >60°	4

Fuente: Ergonautas (2017).

Figura 3.18: Posiciones que modifican la puntuación del tronco en +1.



Fuente: Ergonautas (2017).

Por último, el tercer miembro por evaluar son las piernas. La puntuación de las piernas será en función de la distribución del peso (Figura 3.19 y tabla 3.18). Se incrementará la puntuación si existe flexión de una o ambas las rodillas y si la flexión es de más de 60 grados (figura 3.20 y tabla 3.19).

Figura 3.19: Posiciones de la pierna



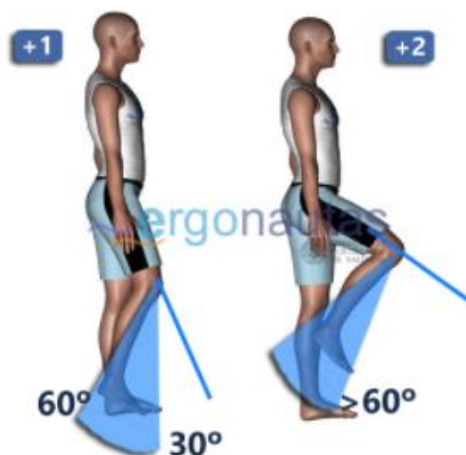
Fuente: Ergonautas (2017).

Tabla 3.18: Puntuación de las piernas

Posición	Puntuación
Sentado, andando o de pie con soporte bilateral simétrico	1
De pie con soporte unilateral, soporte ligero o postura inestable	2

Fuente: Ergonautas (2017).

Figura 3.20: Posiciones que modifican la puntuación de las piernas



Fuente: Ergonautas (2017).

Tabla 3.19: Incremento de puntuación de las piernas

Posición	Puntuación
Flexión de una o ambas rodillas entre 30 y 60°	+1
Flexión de una o ambas rodillas de más de 60° (salvo postura sedente)	+2

Fuente: Ergonautas (2017).

Una vez obtenida las puntuaciones individuales de cada miembro, se consultará la tabla 3.20 para asignación de la puntuación inicial para el grupo A.

Tabla 3.20: Puntuación inicial para el grupo A

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

Fuente: Ergonautas (2017).

3.2.2 Grupo B: Puntuaciones para el brazo, antebrazo y muñeca

Finalizada la evaluación de los miembros del grupo A, se lleva a cabo la valoración del grupo B que constituye el brazo, antebrazo y muñeca. Cabe recordar que el evaluador debe decidir a priori que parte del cuerpo conlleva la mayor carga postural y en caso de duda, valorar cada lado del cuerpo en separado.

Em primer lugar, se determinará la puntuación del brazo en función del ángulo de flexión con la línea del cuerpo. La figura 3.21 muestra las posiciones disponibles y la tabla 3.21 las puntuaciones para cada posibilidad. La puntuación asignada por el brazo se modificará en el caso del dicho miembro esté abducido o rotado, elevado o si existe apoyo o postura a favor de la gravedad (Figura 3.22 y tabla 3.22).

Figura 3.21: Posiciones del brazo



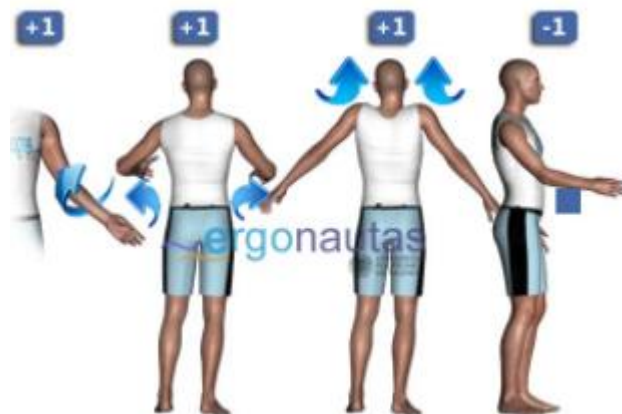
Fuente: Ergonautas (2017).

Tabla 3.21: Puntuación del brazo

Posición	Puntuación
Desde 20° de extensión a 20° de flexión	1
Extensión >20° o flexión >20° y <45°	2
Flexión >45° y 90°	3
Flexión >90°	4

Fuente: Ergonautas (2017).

Figura 3.22: Posiciones que modifican la puntuación del brazo



Fuente: Ergonautas (2017).

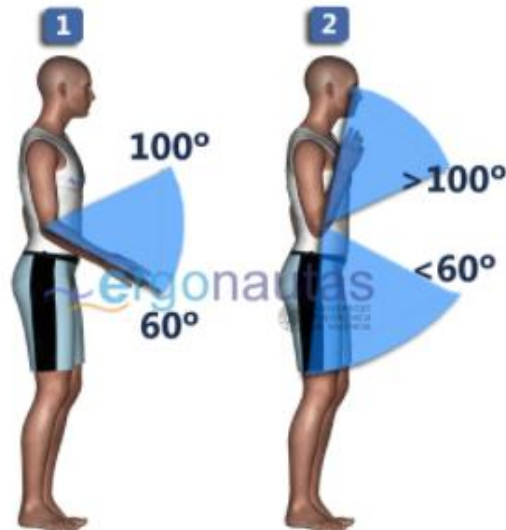
Tabla 3.22: Incremento en la puntuación del brazo

Posición	Puntuación
Brazo abducido, brazo rotado u hombro elevado	+1
Existe un punto de apoyo o la postura a favor de la gravedad	-1

Fuente: Ergonautas (2017).

El segundo miembro por analizar será el antebrazo. Se asignará la puntuación de acuerdo con el ángulo entre el antebrazo y el eje del tronco (figura 3.23 y tabla 3.23). La puntuación del antebrazo no será modificada por cualquiera otra circunstancia.

Figura 3.23: Posiciones del antebrazo



Fuente: Ergonautas (2017).

Tabla 3.23: Puntuaciones del antebrazo

Posición	Puntuación
Flexión entre 60° y 100°	1
Flexión <60° o >100°	2

Fuente: Ergonautas (2017).

Para terminar con la asignación de las puntuaciones del grupo, se valorará la muñeca en función del ángulo de extensión/flexión medido desde la posición neutra como muestra la figura 3.24. La tabla 3.24 indica la puntuación para las diferentes posibilidades y la figura 3.25 muestra el incremento en una unidad en el caso que la muñeca esté en torsión o desviación radial o cubital.

Figura 3.24: Posiciones de la muñeca



Fuente: Ergonautas (2017).

Tabla 3.24: Puntuación de la muñeca

Posición	Puntuación
Posición neutra	1
Flexión o extensión $> 0^\circ$ y $< 15^\circ$	1
Flexión o extensión $> 15^\circ$	2

Fuente: Ergonautas (2017).

Figura 3.25: Posiciones que modifican la puntuación de la muñeca en +1.



Fuente: Ergonautas (2017).

Tras la valoración de los miembros del grupo B de manera individual, se consultará la tabla 3.25 para determinar la puntuación inicial para el grupo B.

Tabla 3.25: Puntuación inicial para el grupo B

	Antebrazo					
	1	1	1	2	2	2
	Muñeca			Muñeca		
Brazo	1	2	3	1	2	3
1	1	2	2	1	2	3
2	1	2	3	2	3	4
3	3	4	5	4	5	5
4	4	5	5	5	6	7
5	6	7	8	7	8	8
6	7	8	8	8	9	9

Fuente: Ergonautas (2017).

3.2.3 Puntuación de la carga o fuerza, tipo de agarre y puntuación C

La puntuación inicial del grupo A, se modificará de acuerdo con la carga o fuerza aplicada, excepto si la carga es menor que 5 Kg de peso (tabla 3.26). Además, si la fuerza es aplicada bruscamente se incrementará en una unidad la puntuación (tabla 3.27). Pasado el incremento de carga o fuerza, la puntuación se denominará Puntuación A.

Tabla 3.26: Incremento de la puntuación del Grupo A por cargas o fuerzas

Carga o fuerza	Puntuación
Carga o fuerza menor de 5 Kg.	0
Carga o fuerza entre 5 y 10 Kg.	+1
Carga o fuerza mayor de 10 Kg.	+2

Fuente: Ergonautas (2017).

Tabla 3.27: Modificación de la puntuación por cargas y fuerzas

Carga o fuerza	Puntuación
Existen fuerzas o cargas aplicadas bruscamente	+1

Fuente: Ergonautas (2017).

Por otro lado, la puntuación inicial del grupo B, se incrementará de acuerdo con el tipo de agarre realizado en el puesto de trabajo como indica la tabla 3.28. En adelante, la puntuación inicial modificada en función del tipo de agarre se denominará Puntuación B.

Tabla 3.28: Incremento de la puntuación del grupo B por calidad del agarre

Bueno	El agarre es bueno y la fuerza de agarre de rango medio	0
Regular	El agarre es aceptable pero no ideal o el agarre es aceptable utilizando otras partes del cuerpo	+1
Malo	El agarre es posible pero no aceptable	+2
Inaceptable	El agarre es torpe e inseguro, no es posible el agarre manual o el agarre es inaceptable utilizando otras partes del cuerpo	+3

Fuente: Ergonautas (2017).

La Puntuación A y la Puntuación B permitirán obtener una puntuación intermedia, que se denominará Puntuación C conforme indica tabla 3.29.

Tabla 3.29: Puntuación C

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

Fuente: Ergonautas (2017).

3.2.4 Puntuación final

La puntuación final del método es el resultado de sumar la Puntuación C con el incremento por tipo de actividad muscular. Los tres tipos de actividad muscular considerados en el método están indicados en la tabla 3.30. Los tres tipos son posibles, así que se puede incrementar la puntuación C hasta en tres unidades.

Tabla 3.30: Incremento de la puntuación C por tipo de actividad muscular

Tipo de actividad muscular	Puntuación
Una o más partes del cuerpo permanecen estáticas, por ejemplo, soportadas durante más de 1 minuto	+1
Se producen movimientos repetitivos, por ejemplo, repetidos más de 4 veces por minuto (excluyendo caminar)	+1
Se producen cambios de postura importantes o se adoptan posturas inestables	+1

Fuente: Ergonautas (2017).

El resultado final genera un nivel de acción. Cada nivel de acción indica un riesgo y una actuación como muestra la tabla 3.31.

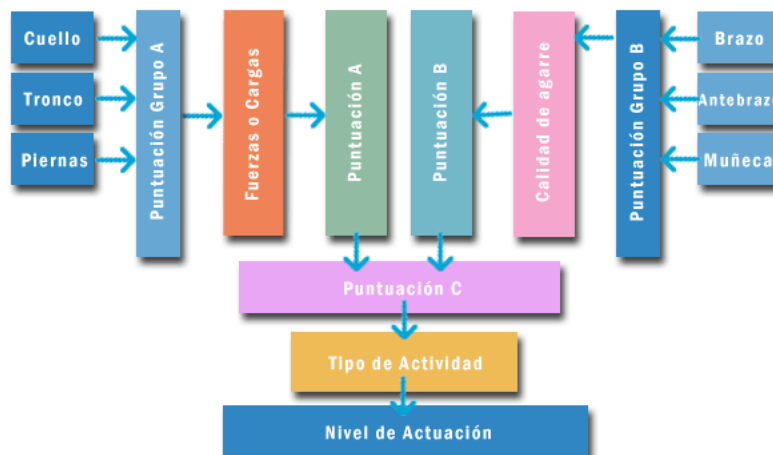
Tabla 3.31: Niveles de actuación según puntuación final obtenida.

Puntuación	Nivel	Riesgo	Actuación
1	0	Inapreciable	No es necesaria actuación
2 o 3	1	Bajo	Puede ser necesaria la actuación.
4 a 7	2	Medio	Es necesaria la actuación.
8 a 10	3	Alto	Es necesaria la actuación cuanto antes.
11 a 15	4	Muy alto	Es necesaria la actuación de inmediato.

Fuente: Ergonautas (2017).

Como resumen, la figura 3.26 indica un esquema para la obtención de la puntuación en el método REBA.

Figura 3.26: Esquema para obtención de puntuaciones en el método REBA



Fuente: Ergonautas (2017).

3.3 Otros métodos para evaluación de la carga postural

A parte del método RULA y REBA, existen diversos métodos para la evaluación del riesgo asociado a la carga postural en el puesto de trabajo. Cada uno de ellos tiene un ámbito de aplicación y aporte de resultados diferentes. Diego-Más et. al (2012) destaca: el método POSTURE TARGETTING, centrado en la evaluación de posturas estáticas; el método OWAS, que analiza las posturas de todo el cuerpo; el método HAMA (Hand-Arm-Movement Analysis), que se centra en la evaluación de los miembros superiores; el método PIBEL, que analiza riesgos en diferentes partes del cuerpo; El sistema QEC (*Quick Exposure Check for working-related musculoskeletal risks*), que identifica riesgos tanto de posturas estáticas como dinámicas para diferentes regiones corporales, etc.

En el siguiente capítulo, se centra en los métodos de evaluación ergonómica para los factores de riesgos derivados del manejo manual de cargas, tales como ecuación de NIOSH y la Guía Técnica desarrollada por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT, España).

Capítulo 4. MÉTODOS PARA EVALUACIÓN DE LA MANIPULACIÓN MANUAL DE CARGAS

De acuerdo con la Agencia Europea de Seguridad y Salud en el trabajo, el levantamiento manual de cargas es uno de los factores de riesgos más importantes para la aparición de TME en la zona dorsolumbar principalmente en la espalda. Este hecho indica la importancia de evaluar correctamente tareas que implican manipulación de cargas y del adecuado acondicionamiento de los puestos implicados.

Actualmente, los trabajos científicos se centran en cómo el diseño de trabajo influye en la magnitud de la intervención muscular siendo un método indirecto de medir las cargas mecánicas desarrolladas en la columna vertebral. Además, diferentes métodos de evaluación ergonómica han sido desarrollados para servir de herramienta a los ergonomistas para la correcta adecuación de los puestos con manipulación de cargas a las capacidades físicas de los trabajadores, entre cuales podemos destacar el método NIOSH y la “Guía Técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relativos a manipulación de cargas” (GINSHT) (Skiadopoulos, 2015). En este capítulo, se describen los fundamentos teóricos de los métodos mencionados.

4.1 Ecuación de NIOSH

El método NIOSH o ecuación de NIOSH desarrollado por el *National Institute for Occupational Safety and Health* de los Estados Unidos en el año de 1981, permite evaluar tareas en las que se realizan levantamiento de carga, ofreciendo como resultado el peso máximo Recomendado o RWL (*Recommended Weight Limit*) que es posible levantar, en las condiciones del puesto para evitar problemas en la salud principalmente en la espalda y aparición de lumbalgias. Además, a partir de la aplicación de la ecuación de NIOSH se obtiene una valoración de la posibilidad de aparición de trastornos como los citados en función de las condiciones de levantamiento y el peso levantado. A partir de los resultados intermedios, se puede introducir cambios en el puesto para mejora de las condiciones de levantamientos.

Los componentes de la ecuación de NIOSH son definidos por tres criterios: biomecánico, fisiológico y psicofísico. El primer criterio, el biomecánico, se basa en que, al manejar una carga pesada o una carga ligera incorrectamente levantada, aparecen momentos mecánicos que se transmiten por los segmentos corporales hasta las vértebras lumbares ocasionando un estrés acusado. A través de modelos biomecánicos y estudios sobre las resistencias de las dichas

vértebras, se ha determinado un valor máximo de 3,4 kN como fuerza límite de compresión en la vértebra para evitarse la aparición de riesgo de Lumbalgia.

El criterio fisiológico considera que las tareas con levantamiento repetitivos pueden exceder las capacidades normales de energía del trabajador, ocasionando una disminución de su resistencia y aumento de la probabilidad de lesión. La capacidad de levantamiento máximo aeróbico establecido por este criterio es de 9,5 kcal/min.

Por último, el criterio psicofísico se basa en datos sobre la resistencia y la capacidad de los trabajadores que manejan cargas con diferentes frecuencias y duraciones, para considerar de forma combinada los efectos biomecánico y fisiológico del levantamiento.

De acuerdo con los tres criterios citados se determinan los componentes de la ecuación de NIOSH. La ecuación define un “levantamiento ideal”, o según NIOSH “localización estándar de levantamiento”, como un levantamiento de cargas realizado en condiciones óptimas, es decir, en posición sagital (sin giros de torso ni posturas asimétricas), haciendo un levantamiento ocasional, con un buen asimiento de la carga y levantándola menos de 25 cm. En estas condiciones el peso máximo recomendado, o según NIOSH constante de carga (LC), es 23 Kg. La LC se basa en los criterios psicofísicos y biomecánicos, siendo la carga que podría ser levantada sin problemas en esas condiciones por el 75% de las mujeres y 90% de los hombres.

La Localización Estándar de Levantamiento (Figura 4.1) determina la posición óptima para llevar a cabo el izado de la carga. Cualquier desviación respecto a esta referencia supone alejarse de las condiciones ideales de levantamiento. Esta postura estándar se da cuando la distancia (proyectada en un plano horizontal) entre el punto agarre y el punto medio entre los tobillos es de 25 centímetros y la vertical desde el punto de agarre hasta el suelo de 75.

Figura 4.1: Posición estándar de levantamiento



Fuente: Ergonautas (2017).

La ecuación de NIOSH calcula el Peso Limite Recomendado (RWL) mediante la siguiente formula:

Ecuación de NIOSH

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

Siendo que:

RWL = Peso Limite Recomendado;

LC = Constante de carga;

HM = Factor de Distancia Horizontal;

VM = Factor de distancia vertical;

DM = Factor de desplazamiento vertical;

AM = Factor Asimetría;

FM = Factor frecuencia;

CM = Factor de Agarre;

En los siguientes apartados, se explicará en detalles cómo se aplica la ecuación de NIOSH y cómo calcular sus factores multiplicadores.

4.1.1 Aplicación del Método NIOSH

El primer paso para aplicar el método NIOSH es observar la actividad desarrollada por el trabajador y determinar si la tarea realizada en el puesto es simple o multitarea. Se escogerá un análisis multitarea cuando las variables a considerar en los diferentes levantamientos cambian drásticamente. Por ejemplo, en situaciones en que la carga debe ser recogida a diferentes alturas o el peso de la carga varía de unos levantamientos a otros se dividirá la tarea para cada tipo de levantamiento y se realizará un análisis multitarea. En caso de elección multitarea, la ecuación de NIOSH es aplicada para cada subtarea y se calcula, posteriormente, el índice de levantamiento compuesto. Por otro lado, si los levantamientos son uniformes se llevará a cabo un análisis simple.

El segundo paso es determinar si existe control significativo de la carga en el destino de levantamiento. En general, es durante el inicio del levantamiento que hay más esfuerzo y por lo tanto mayores problemas. Sin embargo, en determinadas tareas el gesto dejar la carga puede provocar esfuerzos equiparables o superior al levantarla. Esto ocurre cuando la carga levantada debe ser depositada con exactitud, debe mantenerse suspendida durante algún tiempo antes de colocarla o en lugar de colocación tiene dificultad de acceso. En estos casos, se debe evaluar el inicio y el final del levantamiento aplicando dos veces la ecuación de NIOSH seleccionando el RWL más desfavorable (el menor).

Una vez determinado las tareas a analizar y si existe control en el destino de levantamiento se debe realizar la toma de datos en el puesto de trabajo en el origen del levantamiento y en caso de control significativo de la carga en el destino, también en destino. Los datos para recoger son:

- El peso del objeto manipulado en Kilogramos incluyendo el contenedor;
- Las distancias Horizontal (H) y Vertical (V) entre el punto de agarre y la proyección sobre el suelo del punto medio de la línea que une los tobillos (ver figura 4.1 arriba). La distancia vertical debe medirse tanto en el origen cuanto en el destino, aunque no haya control en el destino de levantamiento;
- La frecuencia (F) de los levantamientos en cada tarea (número de veces por minuto). Se debe observar la tarea durante 15 minutos para obtener el número medio de levantamiento por minuto. Si existen diferencias superiores a dos levantamientos por minuto en la misma tarea entre diferentes sesiones de trabajo debería considerarse separar las tareas;

- La duración de levantamiento y los tiempos de recuperación. Se debe establecer el tiempo total empleado en los levantamientos y el tiempo de recuperación tras un periodo de levantamiento;
- Determinar si el tipo de agarre es bueno, regular o malo. En la figura 4.3 en el apartado 4.1.2 se enseña y se describen con detalles ejemplos de tipos de agarres;
- El ángulo de asimetría (A) formado por el plano sagital del trabajador y el centro de la carga (figura 4.2). El ángulo de asimetría es un indicador de la torsión del tronco del trabajador durante el levantamiento, tanto en el origen como en el destino del levantamiento.

Figura 4.2: Ángulo de asimetría



Fuente: Ergonautas (2017).

Realizada la toma de datos, se calculará los factores multiplicadores, en detalles en el siguiente apartado.

4.1.2 Factores Multiplicadores de la Ecuación de NIOSH

Para aplicar la ecuación de NIOSH es necesario calcular los diferentes factores multiplicadores. Los factores multiplicadores toman como 1 el valor de levantamiento en condiciones óptimas y valores más cercanos a 0 cuanto mayor sea las desviaciones de las condiciones de levantamiento ideales. Cada factor multiplicador valora una condición del levantamiento.

El factor de distancia horizontal (HM) evalúa los levantamientos en que la carga se levanta alejada del cuerpo y se emplea la siguiente fórmula:

Factor de Distancia Horizontal (HM)

$$HM = 25 / H$$

En que H es la distancia proyectada en un plano horizontal, entre el punto medio entre los agarres de la carga y el punto medio entre los tobillos (ver figura 4.1). Para valores de H menor que 25 cm, se dará a HM el valor de 1 y para valores de H mayor que 63 cm, se dará el valor de 0. Si existe control de destino HM deberá calcularse dos veces. Una forma alternativa de calcular HM es a partir de la altura de las manos medida desde el suelo (V) y de la anchura de la carga en el plano sagital del trabajador (w). Para ello consideraremos:

Fórmula alternativa para Factor de Distancia Horizontal

$$\begin{aligned} \text{Si } V \geq 25\text{cm} &\Rightarrow H = 20 + w/2 \\ \text{Si } V \leq 25\text{cm} &\Rightarrow H = 25 + w/2 \end{aligned}$$

El factor de Distancia Vertical (VM) considera los levantamientos con origen o destino realizados en posiciones muy bajas o muy elevadas y se emplea la siguiente fórmula:

Factor de Distancia Vertical

$$VM = (1 - 0.003 |V - 75|)$$

En que V es la distancia entre el punto medio entre los agarres de la carga y el suelo medida verticalmente (ver figura 4.1). Para valores de V mayor que 175 cm, se dará a VM el valor de 0.

El factor de Desplazamiento Vertical (DM) penaliza los levantamientos en los que el recorrido vertical de la carga es grande y emplea la siguiente fórmula:

Factor de Desplazamiento Vertical

$$DM = 0.82 + (4.5 / D)$$

Siendo D la diferencia, tomada en valor absoluto, entre la altura de la carga al inicio del levantamiento (V en el origen) y al final del levantamiento (V en el destino).

Diferencia entre altura de la carga de levantamiento en origen y destino

$$D = | V_o - V_d |$$

Así que, DM decrece gradualmente cuando aumenta el desnivel del levantamiento. Para valores de D menores que 25 cm, se dará a DM el valor de 1. Además, D no puede ser mayor de 175 cm.

El factor de Asimetría (AM) considera los levantamientos que requieren torsión del tronco. Si en el levantamiento la carga empieza o termina su movimiento fuera del plano sagital del trabajador se tratará de un levantamiento asimétrico. En general los levantamientos asimétricos deben ser evitados. Para calcular el AM se emplea la siguiente fórmula:

Factor de Asimetría

$$AM = 1 - (0.0032 * A)$$

En que A es ángulo de giro (en grados sexagesimales) que debe medirse como se muestra en la Figura 4.3. Dada la fórmula de cálculo de AM, el factor toma el valor 1 cuando no existe asimetría, y su valor decrece conforme aumenta el ángulo de asimetría. Para valores de A mayor que 135 grados, se dará a AM el valor de 0. Si existe control significativo de la carga en el destino AM deberá calcularse con el valor de A en el origen y con el valor de A en el destino.

El factor de Frecuencia (FM) está definido por el número de levantamientos por minuto (F), duración del levantamiento y posición vertical de la carga (V) y se calcula mediante la Tabla 4.1 para un período de 15 minutos.

Tabla 4.1: Cálculo de Factor de Frecuencia (FM)

FRECUENCIA elev/min	DURACIÓN DEL TRABAJO					
	Corta		Moderada		Larga	
	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	0,7	0,7	0,42	0,42	0,22	0,22
8	0,6	0,6	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	0,23	0	0
12	0,37	0,37	0	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

Fuente: Ergonautas (2017).

De acuerdo con la duración de los ciclos de levantamientos y el tiempo de recuperación existen tres categorías de tareas de manipulación de cargas (tabla 4.2):

Tabla 4.2: Cálculo de la duración de la tarea

Tiempo	Duración	Tiempo de recuperación
≤1 hora	Corta	al menos 1,2 veces el tiempo de trabajo
>1 - 2 horas	Moderada	al menos 0,3 veces el tiempo de trabajo
>2 - 8 horas	Larga	

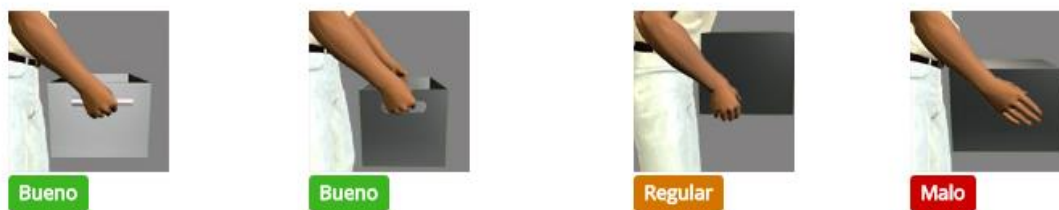
Fuente: Ergonautas (2017).

Por último, el Factor Agarre (CM) evalúa elevaciones en las que el agarre de la carga es deficiente. La calidad del agarre de la mano con el objeto puede afectar a la fuerza máxima que un trabajador puede ejercer sobre el objeto y también a la localización vertical de las manos durante el levantamiento. Un buen agarre puede reducir el esfuerzo requerido en la

manipulación, mientras que un agarre malo requerirá generalmente mayores esfuerzos y disminuirá el peso recomendado del levantamiento.

Dependiendo de la calidad del agarre, el método NIOSH establece tres tipos de agarres: Bueno, malo, regular (figura 4.3). Se consideran agarres buenos los llevados a cabo con contenedores de diseño óptimo con asas o agarraderas, o aquéllos sobre objetos sin contenedor que permitan un buen asimiento y en el que las manos pueden ser bien acomodadas alrededor del objeto. Un agarre regular sería aquello realizado sobre contenedores con asas o agarraderas no óptimas por ser de tamaño inadecuado, o el realizado sujetando el objeto flexionando los dedos 90°. Por fin, un agarre malo es el realizado sobre contenedores mal diseñados, objetos voluminosos a granel, irregulares o con aristas, y los realizados sin flexionar los dedos manteniendo el objeto presionando sobre sus laterales.

Figura 4.3: Ejemplos de tipos de agarres



Fuente: Ergonautas (2017).

4.1.3 Puntuación Final

Conociendo el Peso Limite Recomendado (RWL) a partir de los Factores Multiplicadores, se calcula el Índice de levantamiento (LI). En el caso de evaluaciones monotarea el Índice de Levantamiento se calcula como el cociente entre el peso de la carga levantada y el límite de peso recomendado calculado para la tarea.

Índice de levantamiento

$$LI = \text{Peso de la carga levantada} / \text{RWL}$$

Vale recordar que, si existe control significativo de la carga de levantamiento en el destino, el valor a considerarse es el más pequeño entre origen y destino. A partir del Índice de levantamiento se puede valorar el riesgo de la tarea para el trabajador. El método NIOSO propone tres intervalos de riesgos:

- Si LI es menor o igual a 1, la tarea puede realizarse sin causar problemas a los trabajadores;
- Si LI la tarea está entre 1 y 3, la tarea puede ocasionar problemas a algunos trabajadores. Conviene realizar modificaciones en el puesto de trabajo;
- Si LI es mayor o igual a 3, la tarea puede causar problemas a mayores de los trabajadores. Debe modificarse.

El Índice de Levantamiento se puede utilizar para identificar las tareas de levantamiento potencialmente peligrosas o para comparar la severidad relativa de dos trabajos para su rediseño y evaluación.

En caso de multitarea una simple media de los distintos índices de levantamiento de las diferentes tareas no serviría pues daría lugar a una compensación de efectos que no valoraría el riesgo real. Por otro lado, la selección de mayor índice de levantamiento tampoco sería útil pues no tendría en cuenta el incremento del riesgo que aportan las otras tareas. Así que para calcular el Índice de Levantamiento Compuesto ILC se emplea la siguiente fórmula:

Índice de levantamiento Compuesto

$$IL_C = ILT_1 + \sum \Delta ILT_i$$

en la que el sumatorio del segundo miembro de la ecuación se calcula como:

$$\begin{aligned} \sum \Delta ILT_i = & (ILT_2(F_1+F_2) - ILT_2(F_1)) + (ILT_3(F_1+F_2 +F_3) - ILT_3(F_1+F_2)) + \dots \\ & \dots + (ILT_n(F_1 +F_2 +F_3 +\dots+F_n) - (ILT_n(F_1 +F_2 +F_3 +\dots+F_{n-1}))) \end{aligned}$$

Siendo que:

- ILT_1 es el mayor índice de levantamiento obtenido entre todas las tareas simples;
- $ILTi(F_j)$ es el índice de levantamiento de la tarea i, calculado a la frecuencia de la tarea j;
- $ILTi (F_j +F_k)$ es el índice de levantamiento de la tarea i, calculado a la frecuencia de la tarea j, más la frecuencia de la tarea k.

De acuerdo con Ergonautas (2015) el proceso de cálculo es lo siguiente:

1. Cálculo de los índices de levantamiento de las tareas simples ($ILTi$).
2. Ordenación de mayor a menor de los índices simples ($ILT1, ILT2 , ILT3 \dots, ILTn$)
3. Cálculo del acumulado de incrementos de riesgo asociados a las diferentes tareas simples. Este incremento es la diferencia entre el riesgo de la tarea simple a la

frecuencia de todas las tareas simples consideradas hasta el momento incluida la actual, y el riesgo de la tarea simple a la frecuencia de todas las tareas consideradas hasta el momento, menos la actual. Es decir:

$$ILT_i(F_1+F_2+F_3 +\dots+F_i) - ILT_i(F_1+F_2+F_3+\dots+F_{(i-1)})$$

Sin embargo, otros consideran otras formas más sencillas de calcular el ILc como la suma de los índices de cada tarea, el promedio de los índices de levantamiento de cada tarea o el índice de levantamiento mayor entre las tareas simples.

4.1.4 Limitaciones de la Ecuación de NIOSH

Así como otros métodos de evaluación ergonómica, para emplear la ecuación de NIOSH deben cumplirse ciertas condiciones en la tarea a evaluar. En caso del no cumplimiento de las dichas condiciones, se debe buscar otros métodos para el análisis de la tarea. Las limitaciones del método son:

- Las tareas de manejo de cargas que normalmente incluyen levantamiento de pesos no deben suponer gastos significativos de energía respecto al propio levantamiento; La ecuación será aplicable si tales actividades se limitan a caminar unos pasos, o un ligero mantenimiento o transporte de la carga.
- No debe haber movimientos bruscos de la carga así como posibilidades de caídas;
- El ambiente térmico debe adecuarse a un rango de temperatura entre 19 y 26 grados y una humedad relativa entre el 35% y el 50%;
- La carga no debe estar inestable, es decir, no hay levantamientos con una sola mano, en posición sentado o arrodillado, ni en espacios reducidos;
- No se emplean carretillas o elevadoras;
- El riesgo de elevar y bajar la carga es similar;
- El levantamiento no es demasiado rápido, no debe superar los 76 cm por segundo;
- El calzado utilizado por el trabajador es adecuado para impedir deslizamientos y caídas.

En este contexto, se debe chequear antes de la aplicación del método si el puesto del trabajo supera las limitaciones impuestas por el método. Caso contrario, debe aplicarse otro método, como la Guía Técnica del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo explicado en detalles en el siguiente apartado.

4.2 Método GINSHT

La Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relativos a la manipulación manual de cargas (GINSHT), desarrollado por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT, España), es un documento cuyo objetivo es facilitar el cumplimiento de la legislación vigente sobre prevención de riesgos laborales en función de la manipulación manual de cargas. El guía contempla la legislación española (Real Decreto 487/1997-España), así como las normas establecidas por el Comité Europeo de Normalización (Norma CEN - prEN1005 - 2) y la *International Standardization Organization* (Norma ISO - ISO/CD 11228).

El objetivo de GINSHT es evaluar el grado de exposición del trabajador a factores de riesgos derivados de la manipulación manual de cargas, estableciendo si el nivel de riesgo detectado cumple con las reglas mínimas de seguridad y salud reconocidas como básica por la legislación, las entidades citadas en el párrafo anterior y por la mayoría de especialistas en el tema. La aplicación del método permite evitar posibles lesiones a la salud del trabajador derivados del levantamiento, teniendo en cuenta condiciones inadecuadas como cargas inestables, sujeción inadecuada y superficies resbaladizas.

El método es especialmente adecuado para evaluar tareas susceptibles de provocar lesiones de tipo dorso-lumbar, derivados de las manipulaciones de cargas que se realizan en posición de pie y con pesos superiores a 3 Kg. Sin embargo, si el peso de la carga es inferior a 3 Kg, pero la frecuencia de manipulación es elevada, podrían aparecer lesiones de otro tipo como por ejemplo en los miembros superiores por acumulación de fatiga. En estos casos, se debe evaluar el riesgo del puesto de trabajo utilizando otros métodos como por ejemplo los métodos para evaluar los movimientos repetitivos abordados en el próximo capítulo 5.

Hay que tener en cuenta que toda manipulación manual de carga conlleva a algún tipo de riesgo. Por ello, como recomendación previa, la Guía Técnica propone que se debería automatizar o mecanizar cualquier tarea en el puesto de trabajo que realicen levantamientos. Si esto no es posible, aplicar el método GINSHT para determinar el límite máximo de peso para la carga bajo las condiciones específicas del levantamiento, e identificar aquellos factores responsables del posible incremento del riesgo para, posteriormente, recomendar su corrección o acción preventiva hasta situar al levantamiento en niveles de seguridad aceptables.

Así que la GINSHT define el peso teórico que es el peso máximo recomendado en condiciones ideales considerando la posición de la carga respecto al trabajador y el peso

aceptable que es peso máximo soportado tras las condiciones específicas de la manipulación evaluada. La comparación del peso real de la carga con el Peso Aceptable obtenido indicará al evaluador si se trata de un puesto seguro o en caso contrario expone al trabajador a un riesgo excesivo. Además, el método propone acciones correctivas para mejorar, si fuera necesario, las condiciones del levantamiento.

El resultado clasifica el levantamiento en dos: con riesgos tolerables y con riesgos no tolerables. Riesgo tolerable es cuando las manipulaciones no precisan de mejoras preventivas. Vale recordar que cualquier levantamiento manual de cargas conlleva un riesgo, aunque se considere mínimo. Por otro lado, riesgo no tolerable implican en levantamientos que ponen en riesgo la salud del trabajador en el puesto de trabajo y que precisan modificarse para alcanzar niveles tolerables de riesgo.

En resumen, consideraciones previas que se debe tener en cuenta antes de aplicación del método son:

- El método considera que existe manipulación manual de cargas solamente si el peso es mayor que 3 kg. El método se basa en la prevención de lesiones dorso-lumbar y para pesos inferiores a 3 kg es improbable su aparición;
- Una vez que exista la manipulación manual de cargas, la primera medida a tomar es su sustitución por levantamientos de cargas automatizados o mecanizados;
- El método está diseñado para tareas que se realicen de pie. Sin embargo, a modo de orientación, propone como límite de peso para tareas realizadas en posición sentado, 5 Kg., indicando, en cualquier caso, que dicha posición de levantamiento conlleva un riesgo no tolerable y debería ser evitada;
- Si existe carga con peso superior a 3 kg, el levantamiento se realiza en posición de pie y no es posible rediseño del puesto, aplicar la GINSHT para evaluar el riesgo asociado al puesto.

Los apartados siguientes describen los pasos para aplicación del método, así como el cálculo de los factores considerados por dicho método.

4.2.1 Aplicación del método

La aplicación del método GINSHT para la evaluación de un puesto de trabajo puede realizarse siguiendo los siguientes pasos:

1. Evaluar la aplicabilidad del método: peso de la carga superior a 3 kg, levantamiento en posición de pie;
2. Considerar la posibilidad de mejoras previas a través de la mecanización del levantamiento;
3. Recoger datos necesarios sobre la manipulación de la carga: Peso real de la carga manipulada, duración de la tarea (tiempo total de manipulación de la carga y tiempo de descanso), Posiciones de la carga con respecto al cuerpo (altura y separación del cuerpo), Desplazamiento vertical o altura hasta que se eleva la carga, giro del tronco, tipo de agarre de la carga, duración de la manipulación, frecuencia de la manipulación y por fin, distancia de transporte de la carga;
4. Identificar las condiciones ergonómicas del puesto que no están de acuerdo con las recomendaciones para la manipulación segura de cargas;
5. Determinar si existen características individuales del trabajador que condicionan la manipulación manual de carga;
6. Determinar el grado de protección requerido, es decir, el porcentaje o tipo de población que se desea proteger al calcular el peso límite de referencia;
7. Calcular el peso aceptable o peso límite de referencia (apartado 4.2.2);
8. Comparar el peso real de la carga con el peso aceptable y determinar si el riesgo asociado al levantamiento es tolerable o no tolerable;
9. Analizar factores de riesgos ergonómicos e individuales que no está incluidos en el cálculo del peso máximo aceptable;
10. Establecer medidas para corregir el posible riesgo detectado;
11. Aplicar las medidas correctoras hasta alcanzar niveles aceptables de riesgos;
12. Una vez aplicado las mejoras, aplicar el método GINSHT otra vez para comprobar su efectividad.

El próximo apartado, se explicará en más detalles los pasos 7, 8 y 9 para el cálculo del Peso Aceptable y los Factores de Corrección que se aplican en el cálculo del peso aceptable.

4.2.2 Cálculo del peso aceptable y factores de corrección

a) Peso Aceptable

El Peso Aceptable determina un límite de referencial teórico, estableciéndose que, si el peso real de la carga es mayor que el Peso Aceptable, el levantamiento conlleva riesgo y por tanto debe ser evitado o corregido.

El cálculo del Peso Aceptable parte de un peso teórico recomendado, de acuerdo con la zona de manipulación de carga en condiciones ideales. El Peso Teórico inicialmente establecido se reducirá en el caso del levantamiento se distanciar de las condiciones óptimas durante el manejo de cargas, resultanto un nuevo valor máximo tolerable (Peso Aceptable).

El peso teórico está en función de la posición de la carga respecto al cuerpo del trabajador, que depende de la altura o distancia vertical (V), que es la distancia entre el suelo y el punto en que las manos sujetan el objeto, y la separación o distancia horizontal (H), que puede tomar los valores cerca del cuerpo o lejos del cuerpo. La figura 4.4. ilustra el valor del peso teorico recomendado en función de la zona de manipulación de la carga.

Figura 4.4: Peso teórico recomendado en función de la zona de manipulación



Fuente: Ergonautas (2017)

Tras el cálculo del Peso Teórico, el mismo debe se corregir según la desviación de la manipulación de la carga evaluada respecto a las condiciones óptimas. Para ello, se calculará el Peso Aceptable de acuerdo con la siguiente fórmula:

Fórmula para cálculo del Peso Aceptable

$$\text{PESO ACEPTABLE} = \text{PESO TEÓRICO} * \text{FP} * \text{FD} * \text{FG} * \text{FA} * \text{FF}$$

Es decir, el Peso Teórico será modificado por diferentes factores de corrección. Cada uno de ellos identifica una característica propia de la manipulación manual de cargas que puede afectar al riesgo ergonómico. Los factores de corrección son:

b) Factor de Población Protegida (FP):

Los Pesos Teóricos escogidos en la figura 4.4 son válidos, en general, para prevenir lesiones al 85% de la población. En el caso que se desea proteger una población de 95%, los Pesos Teóricos se reducen casi a la mitad con factor de corrección igual a 0.6, aumentando el carácter preventivo del estudio. Por otro lado, si el método es utilizado para evaluar un trabajador entrenado para el manejo de cargas, los límites máximos del Peso Teórico aumentarían con un factor de corrección de 1.6. Un resumen del Factor de Corrección de Población Protegida está indicado en la tabla 4.3.

Tabla 4.3: Factor de Corrección de Población Protegida

Nivel de Protección	% de población protegida	Factor de corrección
General	85%	1
Mayor Protección	95%	0.6
Trabajadores entrenados	Sólo trabajadores con capacidades especiales	1.6

Fuente: Ergonautas (2017)

c) Factor de Distancia Vertical (FD)

El Factor de Distancia Vertical (FD) indica el desplazamiento vertical de la carga entre el momento que se inicia el levantamiento hasta el momento que finaliza la manipulación. El Factor de Corrección Vertical está indicado en la tabla 4.4.

Tabla 4.4: Factor de Corrección de Desplazamiento Vertical de la carga

Desplazamiento vertical de la carga	Factor de corrección
Hasta 25 cm.	1
Hasta 50 cm.	0.91
Hasta 100 cm.	0.87
Hasta 175 cm.	0.84
Más de 175 cm.	0

Fuente: Ergonautas (2017)

d) Factor de Giro (FG)

El factor de Giro mide la desviación del tronco respecto a la posición neutra. Su puntuación depende del ángulo medido en grados sexagesimales formado por la línea que une los hombros con la línea que une los tobillos ambas proyectadas sobre el plano horizontal (figura 4.5). La valoración del Factor de Giro está indicada en la tabla 4.5.

Figura 4.5: Medición del ángulo de giro



Fuente: Ergonautas (2017)

Tabla 4.5: Factor de Corrección de Giro del Tronco

Giro del Tronco	Factor de corrección
Sin giro	1
Poco girado (hasta 30°)	0.9
Girado (hasta 60°)	0.8
Muy girado (90°)	0.7

Fuente: Ergonautas (2017)

e) Factor de Agarre (FA)

El Factor de Corrección de Agarre mide la calidad del agarre de la carga, es decir, si la forma, el tamaño y la existencia de asas permite un buen asentamiento (ver figura 4.3 en el apartado anterior sobre la ecuación de NIOSH). El valor del Factor de Agarre está indicado en la tabla 4.6.

Tabla 4.6: Factor de Corrección de Agarre

Tipo de agarre	Factor de corrección
Agarre bueno	1
Agarre regular	0.95
Agarre malo	0.9

Fuente: Ergonautas (2017)

f) Factor de Frecuencia (FF)

El Factor de Frecuencia valora el número de veces en que se realiza la manipulación de la carga. Para valorar el dicho factor se considera tanto la frecuencia de las manipulaciones como la duración de la tarea en que se realizan las mismas. El valor del Factor de Corrección de Frecuencia está indicado en la tabla 4.7.

Tabla 4.7: Factor de Corrección de Frecuencia

Frecuencia de manipulación	Duración de la manipulación		
	Menos de 1 hora al día	Entre 1 y 2 horas al día	Entre 2 y 8 horas al día
1 vez cada 5 minutos	1	0.95	0.85
1 vez por minuto	0.94	0.88	0.75
4 veces por minuto	0.84	0.72	0.45
9 veces por minuto	0.52	0.30	0.00
12 veces por minuto	0.37	0.00	0.00
Más de 15 veces por minuto	0.00	0.00	0.00

Fuente: Ergonautas (2017)

Tras el cálculo de los diferentes Factores de Corrección y el Peso Teórico, llegamos al Peso Aceptable de la carga. En el siguiente apartado, se explicará el análisis final de riesgo y el análisis cualitativo indicado por el método GINSHT.

4.2.3 Análisis del Riesgo y Análisis cualitativo

Una vez obtenido el Peso Aceptable, el nivel de riesgo es determinado comparando el peso real de la carga con el peso aceptable tabla 4.8.

Tabla 4.8: Riesgo en función del peso real de la carga y del peso aceptable

Peso Real vs. Peso Aceptable	Riesgo	Medidas Correctivas
Peso Real ≤ Peso Aceptable	Tolerable	No son necesarias *
Peso Real > Peso Aceptable	No tolerable	Son necesarias

Fuente: Ergonautas (2017)

Aunque el nivel de riesgo sea tolerable, toda manipulación manual de cargas conlleva a un riesgo y se puede hacer recomendaciones para corregir las desviaciones correspondientes.

Además del peso de la carga desplazada en cada manipulación, debe considerarse el peso total de la carga manipulada diariamente y la distancia recorrida con la carga. Aunque el peso real de la carga no supere al Peso aceptable (Riesgo tolerable), el transporte excesivo puede modificar dicho resultado si se incumplen los límites recomendados.

El Peso Total Transportado Diariamente (PTTD) es determinado por los kilos totales que transporta el trabajador diariamente, por la frecuencia de la manipulación en levantamientos/minutos y duración total de la tarea descontado los descansos en minutos.

Fórmula para el cálculo del Peso Total Transportado Diariamente

$$\text{PTTD} = \text{Peso Real} * \text{Frecuencia de manipulación} * \text{Duración total de la tarea}$$

Se establecen límites en los kilogramos de la carga transportados cada día en un turno de 8 horas de trabajo según la distancia recorrida. Además, comparando el PDDT con los valores de la tabla 4.9, se llega a cuatro situaciones definidas en la tabla 4.10.

Tabla 4.9: Límites de carga transportada diariamente en función de la distancia de recorrida

Distancia de transporte	Kilos/día transportados (máximos recomendados)
Hasta 10 metros	10.000 Kg.
Más de 10 metros	6.000 Kg.

Fuente: Ergonautas (2017)

Tabla 4.10: Riesgo en función de la carga total transportada diariamente

Distancia de transporte	Kilos/día transportados (máximos recomendados)	Riesgo
Hasta 10 metros	PTTD \leq 10.000 Kg.	Tolerable
	PTTD $>$ 10.000 Kg.	No Tolerable
Más de 10 metros	PTTD \leq 6.000 Kg.	Tolerable
	PTTD $>$ 6.000 Kg.	No Tolerable

Fuente: Ergonautas (2017)

Una vez finalizada la evaluación cuantitativa de carácter objetivo y numérico, el método establece la necesidad de realizar una evaluación cualitativa del puesto de trabajo. La evaluación cualitativa del riesgo analiza las condiciones ergonómicas de la manipulación y las características propias del trabajador que realiza la manipulación que no han sido consideradas en el análisis cuantitativo. La evaluación cualitativa es de carácter subjetiva y tiene en cuenta el criterio del evaluador a la hora de contestar a cada una de las preguntas planteadas. Aunque a partir del análisis cuantitativo se haya establecido un riesgo tolerable, el evaluador podrá decidir que el riesgo es no tolerable si así lo considera por el incumplimiento de alguna de las condiciones ergonómicas recomendadas o por las características del trabajador. Las condiciones ergonómicas de la manipulación e individuales del trabajador están indicadas en las preguntas abajo.

Condiciones ergonómicas de la manipulación:

1. ¿Se inclina el tronco al manipular la carga?
2. Se ejercen fuerzas de empuje o tracción elevadas?
3. ¿El tamaño de la carga es mayor de 60 x 50 x 60 cm?
4. ¿Puede ser peligrosa la superficie de la carga?
5. ¿Se puede desplazar el centro de gravedad?
6. ¿Se pueden mover las cargas de forma brusca o inesperada?
7. ¿Son insuficientes las pausas?
8. ¿Carece el trabajador de autonomía para regular su ritmo de trabajo?
9. ¿Se realiza la tarea con el cuerpo en posición inestable?
10. ¿Son los suelos irregulares o resbaladizos para el calzado del trabajador?
11. ¿Es insuficiente el espacio de trabajo para una manipulación correcta?
12. ¿Hay que salvar desniveles del suelo durante la manipulación?
13. ¿Se realiza la manipulación en condiciones termo higrométricas extremas?

14. ¿Existen corrientes de aire o ráfagas de viento que puedan desequilibrar la carga?
15. ¿Es deficiente la iluminación para la manipulación?
16. ¿Está expuesto el trabajador a vibraciones?

Condiciones individuales del trabajador:

17. ¿La vestimenta o el equipo de protección individual dificultan la manipulación?
18. ¿Es inadecuado el calzado para la manipulación?
19. ¿Carece el trabajador de información sobre el peso de la carga?
20. ¿Carece el trabajador de información sobre el lado más pesado de la carga o sobre su centro de gravedad (en caso de estar descentrado)?
21. ¿Es el trabajador especialmente sensible al riesgo (mujeres embarazadas, trabajadores con patologías dorso-lumbares, etc.)?
22. ¿Carece el trabajador de información sobre los riesgos para su salud derivados de la manipulación manual de cargas?
23. ¿Carece el trabajador de entrenamiento para realizar la manipulación con seguridad?

Tras finalizado el estudio y determinado que el nivel de riesgo es no tolerable, es necesario tomar medidas correctivas que reduzcan el riesgo a niveles tolerables. Los factores de corrección con valores menores a 1 indican la necesidad de medidas correctivas respecto a la característica de la manipulación correspondiente a esos factores. Se recomienda proponer en primer lugar las medidas a los factores con valores más pequeños.

De acuerdo con los resultados obtenidos, algunas medidas correctivas aplicables son:

- g) Disminución del Peso real de la carga si se superara el Peso Aceptable.
- h) Revisión de las condiciones de manipulación manual de cargas desviadas de las recomendadas identificadas por los factores de corrección menores a la unidad.
- i) Reducción de la distancia y carga transportada si se superan los límites recomendados.
- j) Modificación de las condiciones ergonómicas del levantamiento y/o de las características individuales del trabajador si se han identificado problemas en la evaluación cualitativa.
- k) Utilización de ayudas mecánicas.
- l) Reorganización del trabajo.
- m) Mejora del entorno de trabajo.

Si como consecuencia del análisis, aspirase el rediseño del puesto o medidas de mejora, se recomienda que la tarea preventiva no se limite a dichas modificaciones, sino que debe revisarse periódicamente las condiciones de trabajo, especialmente si existen cambios no contemplados hasta el momento.

El próximo apartado explicará otros métodos de evaluación ergonómica del puesto de trabajo que consideran el factor de riesgo de manipulación manual de cargas.

4.3 Otros métodos para evaluación de la Manipulación Manual de Cargas

Diferentes líneas de investigación han dado origen a distintos métodos de evaluación ergonómica de puestos de trabajo. Además de los métodos presentados en los apartados anteriores, se destacan como herramientas de evaluación del riesgo derivado de la manipulación manual de cargas el método *Job Severity Index* y las tablas de Snook y Ciriello.

Norman (2007) en su estudio sobre *“A methodology to create robust job rotation schedules”* analiza el método *Job Severity Index* como propuesta para disminuir el riesgo de injurias en las espaldas por el manejo manual de cargas en un ambiente de trabajo rotativo. De acuerdo con el autor, el método determina un índice de 1.5 como adecuado para el trabajador ejecutar sus tareas de manejo manual de cargas sin causar problemas a la salud. Si el trabajador, en su puesto de trabajo, tiene que manejar cargas en condiciones no favorables, resultando en un valor del índice JSI superior a 1.5, es más probable que genere problemas de tipo TME. El método se difiere de los demás por presentar una ecuación que indica el número de días de trabajo perdido por cuenta de injurias causadas por el manejo de cargas.

Otro método indicado para evaluación ergonómica derivadas de riesgos de la manipulación manual de cargas es el propuestos por los investigadores S.H. Snook y V.M. Ciriello en 1978 y posteriormente modificados en 1991. Las tablas Snook y Ciriello, como que quedó conocido el método, incluye un conjunto de tablas con los pesos máximos aceptables para diferentes acciones tales como el levantamiento, la descarga, el empuje, el arrastre y el transporte de cargas, diferenciando en función del género. El objetivo de las tablas es proporcionar normas para la evaluación y el rediseño de tareas como manipulación manual de cargas sensibles a las limitaciones y capacidades de los trabajadores, e así contribuir a la reducción de las lesiones de tipo lumbar.

Ruiz (2011) en la “*Guía Técnica de Manipulación Manual de Cargas*” elaborada para el INSHT, España, destaca otros métodos para evaluación del dicho factor de riesgo tales como:

- Manual Handling Assessment Charts – HSE (Health and Safety Executive) (2002): Dispone de un sistema de resultados numéricos y codificación en colores para resaltar las tareas con un alto riesgo por manipulación manual de cargas;
- Evalcargas (2009): Una aplicación informática que facilita el análisis y evaluación de las condiciones de trabajo en puestos donde existen manipulación manual de cargas diferenciando entre tareas de levantamiento, transporte, empuje y tracción.

Como conclusión del capítulo, podemos decir que hay muchas herramientas disponible en la literatura para evaluar factores de riesgos derivados de la manipulación manual de cargas. Los métodos, en general, buscan identificar el peso máximo aceptable de la carga para evitar lesiones de tipo TME, empleando tablas y fórmulas que consideran diferentes aspectos presentes en tareas de manejo manual de cargas.

En el siguiente capítulo, se discute en detalles métodos de evaluación ergonómica para el factor de riesgo derivados de la repetividad de movimientos.

Capítulo 5. MÉTODOS PARA EVALUACIÓN DE LA REPETITIVIDAD

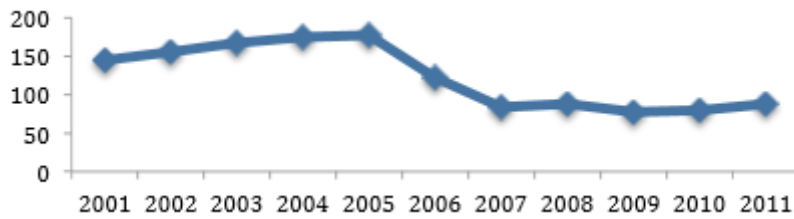
La repetitividad de movimientos es un factor de riesgo importante que puede ocasionar lesiones músculo-esquelética en el cuello, en los hombros, en el codo, en la mano/muñeca e incluso, aunque en menor proporción, en la espalda. De acuerdo con Batalla et al. (2015) las lesiones por movimientos repetitivos, también conocidos como *Repetitive Stress Injuries* (RSIs), se suelen producir en tareas de empaquetado, lijado, carniceros, pintores, costureros, músicos, cadenas de montaje, talleres mecánicos, entre otros.

En este contexto, los movimientos repetitivos desarrollan diversas lesiones en el trabajador así como la fatiga muscular, sobrecarga y dolor, producidos por la acción conjunta de una sobrecarga en músculos, huesos, articulaciones y nervios, por la exposición a trabajos con movimientos bruscos o repetitivos donde las posturas establecidas son fijas o extremas durante un período prolongado de tiempo.

En la literatura, hay diversas opiniones sobre la estimación de la repetitividad. Algunos autores la definen como número de ciclos de trabajo realizados durante una jornada laboral. Por otro lado, Silverstein et. al (1986) consideran la repetitividad como el movimiento que se repite en ciclos inferiores a 30 segundos, definición esta ampliada por la NTP 311 del INSHT que incluye aquellos trabajos en los que se repiten los mismos movimientos elementales durante más de un 50% de la duración del ciclo.

Diversos estudios estadísticos han sido desarrollados para conocer el impacto de la repetitividad en la salud del trabajador. El Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales indica una subida de estas enfermedades en los periodos de 2001-2004 con un punto de inflexión en el año 2005 donde empieza una caída de las enfermedades producidas por la repetitividad (ver Gráfico 5.1).

Gráfico 5.1: Índice total de TME por movimientos repetitivos



Fuente: Ministerio de Empleo y Seguridad Social, 2015.

Para evaluar los riesgos asociados a los movimientos repetitivos, diversos métodos han sido desarrollados, a lo largo de los años, que permiten determinar el nivel de riesgo al que se expone el trabajador al mantener su repetitividad de movimientos. En este presente estudio, se implementará en Excel el métodos JSI (*Job Strain Index*) para la evaluación de los riesgos debido a movimientos repetitivos en la mano/muñeca y el método Check List OCRA (*Occupational Repetitive Action*) centrado en la repetitividad en los miembros superiores del cuerpo, en el cual los fundamentos teóricos se encuentran en los siguientes apartados.

5.1 CheckList OCRA

El método CheckList OCRA fue desarrollado por Colombini (1998) junto con Grieco y Occhipinti (2000) y es el resultado simplificado del método OCRA (*Occupational Repetitive Action*). El dicho método abreviado permite, con menor esfuerzo, obtener un resultado inicial básico de valoración del riesgo por la ejecución de tareas con movimientos repetitivos de los miembros superiores, teniendo en cuenta factores de riesgos como la frecuencia de los movimientos, posturas y movimientos forzados, periodos de recuperación y factores adicionales como vibraciones, guantes, compresión, ritmo impuesto por la máquina, etc.

El método CheckList OCRA realiza un detallado análisis de los factores de riesgos relacionados con el puesto de trabajo. Para determinar el nivel de riesgo, se analizan los dichos factores independientemente, ponderando su valoración de acuerdo con el tiempo en que cada factor está presente dentro de la duración total de la tarea. De este modo, los factores de riesgos son valorados en diferentes escalas, en general, de 1 a 10, pero otras pueden alcanzar valores superiores. A partir de las puntuaciones de cada factor se obtiene el índice CheckList OCRA (ICKL), valor numérico que permite clasificar el riesgo como Optimo, Aceptable, Muy Ligero, Ligero, Medio o Alto. El ICKL se calcula empleando la siguiente ecuación:

Índice CheckList OCRA

$$ICKL = (FR + FF + FFz + FP + FC) \cdot MD$$

Donde:

- ICKL es el índice CheckList OCRA;
- FR es el Factor de Recuperación;
- FF es el Factor Frecuencia;
- FFz es el Factor Fuerza;
- FP es el Factor Postura;
- FC es el Factor Complementar o Adicionales;
- MD es el Multiplicador de duración.

El valor ICKL es el resultado de la suma de cinco factores posteriormente modificadas por el multiplicador de duración MD. En los apartados siguientes se explicará en más detalles cada uno de los factores y multiplicadores de la ecuación, así como el cálculo del tiempo neto de trabajo repetitivo (TNTR) y el tiempo neto de ciclo (TNC).

5.1.1 Aplicación del método

a) Cálculo del Tiempo Neto de Trabajo Repetitivo

Antes de calcular los factores y multiplicadores del índice ICKL, es necesario calcular el Tiempo Neto de Trabajo Repetitivo (TNTR) y el Tiempo Neto del Ciclo de trabajo (TNC). Podemos definir el Tiempo Neto de Trabajo Repetitivo (TNTR) como el tiempo en que el trabajador está realizando actividades repetitivas en el puesto de trabajo y permite obtener el índice real de riesgo por movimientos repetitivos. Para calcular el TNTR se emplea la siguiente fórmula:

Tiempo Neto de Trabajo Repetitivo (TNTR)

$$TNTR = DT - [TNR + P + A]$$

Donde:

- TNTN es la duración de la tarea repetitiva, en minutos;
- DT es la duración en minutos del turno o el tiempo que el trabajador ocupa el puesto en la jornada;
- TNR es el tiempo de trabajo no repetitivo, en minutos;
- P es la duración en minutos de las pausas oficiales y no oficiales;
- A es la duración del descanso para el almuerzo en minutos.

Una vez calculado el TNTR, es posible determinar el Tiempo Neto de Ciclo de Trabajo (TNC). Podemos definir el TNC como el tiempo de ciclo de trabajo considerando solamente las tareas repetitivas realizadas en el puesto. Se emplea la siguiente fórmula:

Tiempo Neto de Ciclo de Trabajo

$$\text{TNC} = 60 \cdot \text{TNTR} / \text{NC}$$

Donde:

- TNC es la duración neta del ciclo, en segundos;
- TNTR es la duración de la tarea repetitiva, en minutos;
- NC es el número de ciclos de trabajo que el trabajador realiza en el puesto.

Una vez conocido el TNTR y TNC, se procederá al cálculo de los factores y multiplicadores del índice ICKL.

b) Factor de Recuperación (FR)

El Factor Recuperación representa el riesgo asociado a la distribución inadecuada de los periodos de recuperación. Los periodos de recuperación son aquellos en el cual uno o varios grupos musculares implicados en la actividad permanecen totalmente en reposos, como por ejemplo, descansos para el almuerzo, pausas en el trabajo (oficiales o no), las tareas de control visual, etc.

El método considera como situación óptima aquella en la cual “existe una interrupción de al menos 8/10 minutos cada hora (contando el descanso del almuerzo) o el periodo de recuperación está incluido en el ciclo de trabajo, es decir, la proporción entre trabajo repetitivo

y recuperación es de 50 minutos de tarea repetitiva por cada 10 minutos de recuperación (la proporción entre trabajo repetitivo y periodo de recuperación es de 5:1).

Para calcular el valor FR debe emplearse la tabla 5.1. Esta tabla presenta posibles situaciones respecto a los periodos de recuperación, debiendo escogerse la más parecida a la situación real del puesto. La puntuación de este factor depende de la duración total de la ocupación del puesto.

Tabla 5.1: Puntuación del Factor de Recuperación

Situación de los periodos de recuperación	Puntuación
- Existe una interrupción de al menos 8 minutos cada hora de trabajo (contando el descanso del almuerzo). - El periodo de recuperación está incluido en el ciclo de trabajo (al menos 10 segundos consecutivos de cada 60, en todos los ciclos de todo el turno)	0
- Existen al menos 4 interrupciones (además del descanso del almuerzo) de al menos 8 minutos en un turno de 7-8 horas. - Existen 4 interrupciones de al menos 8 minutos en un turno de 6 horas (sin descanso para el almuerzo).	2
- Existen 3 pausas, de al menos 8 minutos, además del descanso para el almuerzo, en un turno de 7-8 horas. - Existen 2 pausas, de al menos 8 minutos, en un turno de 6 horas (sin descanso para el almuerzo).	3
- Existen 2 pausas, de al menos 8 minutos, además del descanso para el almuerzo, en un turno de 7-8 horas. - Existen 3 pausas (sin descanso para el almuerzo), de al menos 8 minutos, en un turno de 7-8 horas. - Existe 1 pausa, de al menos 8 minutos, en un turno de 6 horas.	4
- Existe 1 pausa, de al menos 8 minutos, en un turno de 7 horas sin descanso para almorzar. - En 8 horas sólo existe el descanso para almorzar (el descanso del almuerzo se incluye en las horas de trabajo).	6
- No existen pausas reales, excepto de unos pocos minutos (menos de 5) en 7-8 horas de turno.	10

Fuente: Ergonautas (2017)

c) Factor de Frecuencia (FF)

La frecuencia con la que se realizan los movimientos repetitivos influye en el riesgo que suponen sobre la salud del trabajador. Así que, un mayor número de acciones por unidad de tiempo, o un menor tiempo para realizar un determinado número de acciones, supone un aumento del riesgo.

El primer paso para determinar el valor del FF es identificar el tipo de acciones técnicas ejercidas en el puesto. Las acciones técnicas en el puesto de trabajo pueden ser estáticas y/o

dinámicas. Las acciones técnicas dinámicas se caracterizan por ser breves y repetidas, mientras las acciones estáticas se caracterizan por tener una mayor duración (contracción de los músculos continua y mantenida 5 segundos o más). Deberán analizarse a parte los dos tipos de acciones técnicas. Además, se analizarán por separado las acciones realizadas por ambos brazos, debiendo realizar una evaluación diferente para cada brazo si es necesario.

Tras el análisis de ambos tipos de acciones técnicas, se debe consultar la Tabla 5.2 para obtener la puntuación de acciones técnicas dinámicas (ATD), y la Tabla 5.3 para obtener la puntuación de las acciones técnicas estáticas (ATE).

Tabla 5.2: Puntuación de acciones técnicas dinámicas (ATD)

Acciones técnicas dinámicas	ATD
Los movimientos del brazo son lentos (20 acciones/minuto). Se permiten pequeñas pausas frecuentes.	0
Los movimientos del brazo no son demasiado rápidos (30 acciones/minuto). Se permiten pequeñas pausas.	1
Los movimientos del brazo son bastante rápidos (más de 40 acciones/minuto). Se permiten pequeñas pausas.	3
Los movimientos del brazo son bastante rápidos (más de 40 acciones/minuto). Sólo se permiten pequeñas pausas ocasionales e irregulares.	4
Los movimientos del brazo son rápidos (más de 50 acciones/minuto). Sólo se permiten pequeñas pausas ocasionales e irregulares.	6
Los movimientos del brazo son rápidos (más de 60 acciones/minuto). La carencia de pausas dificulta el mantenimiento del ritmo.	8
Los movimientos del brazo se realizan con una frecuencia muy alta (70 acciones/minuto o más). No se permiten las pausas.	10

Fuente: Ergonautas (2017)

Tabla 5.3: Puntuación de acciones estáticas (ATE)

Acciones técnicas estáticas	ATE
Se sostiene un objeto durante al menos 5 segundos consecutivos realizándose una o más acciones estáticas durante 2/3 del tiempo de ciclo (o de observación).	2,5
Se sostiene un objeto durante al menos 5 segundos consecutivos, realizándose una o más acciones estáticas durante 3/3 del tiempo de ciclo (o de observación).	4,5

Fuente: Ergonautas (2017)

Una vez conocido los valores de ATD y ATE, la puntuación asignada para FF será el máximo entre los dos valores.

Factor Frecuencia (FF)

$$FF = \text{Max} (\text{ATD} ; \text{ATE})$$

d) Factor de Fuerza (FFz)

El método CheckList OCRA considera significativo este factor si se ejerce fuerza con los brazos y/o manos al menos cada una vez a cada dos ciclos. Además la aplicación de la dicha fuerza debe estar presente durante todo el movimiento repetitivo. En caso contrario, no será necesario calcular FFz, dándole el valor 0.

El cálculo del Factor de Fuerza se basa en cuantificar el esfuerzo necesario para llevar a cabo las acciones técnicas en el puesto. Las opciones propuestas por el método describen algunas de las acciones más comunes con requerimiento de fuerza, como por ejemplo, empujar palancas, pulsar botones, cerrar o abrir, manejar o apretar componentes, la utilización de herramientas o elevar o sujetar objetos.

Cualquiera de estas acciones es puntuada de acuerdo con la intensidad de la fuerza requerida y su duración total.

El método clasifica la fuerza en tres niveles en función de la intensidad del esfuerzo requerido: fuerza moderada, intensa y casi máxima. Para obtener la puntuación del Factor Fuerza se deberán seguir los siguientes pasos:

1. Elegir una o varias acciones para describir las actividades del puesto que implican la aplicación de fuerza;
2. Determinar la intensidad del esfuerzo de acuerdo con la tabla 5.4.

Tabla 5.4: Escala CR – 10 de Borg

Intensidad del esfuerzo	Escala de Borg CR-10
Ligero	=< 2
Un poco duro	3
Duro	entre 4 y 5
Muy duro	entre 6 y 7
Cercano al máximo	> 7

Fuente: Ergonautas (2017)

3. En función de la intensidad del esfuerzo, obtener la puntuación a partir de la tabla 5.5

Tabla 5.5: Puntuación de las acciones que requieren esfuerzos

Fuerza moderada (3-4 puntos en la escala CR-10 de Borg)		Fuerza Intensa (5-6-7 puntos en la escala CR-10 de Borg)		Fuerza casi Máxima (8 o más puntos en la escala CR-10 de Borg)	
Duración	Puntos	Duración	Puntos	Duración	Puntos
1/3 del tiempo	2	2 seg. cada 10 min.	4	2 seg. cada 10 min.	6
50% del tiempo	4	1% del tiempo	8	1% del tiempo	12
> 50% del tiempo	6	5% del tiempo	16	5% del tiempo	24
Casi todo el tiempo	8	> 10% del tiempo	24	> 10% del tiempo	32

Fuente: Ergonautas (2017)

4. Suma de las puntuaciones obtenidas para las acciones y duraciones seleccionadas.

Si ninguna de las acciones descritas en el método se aproximan de las circunstancias del estudio, el método permite indicar nuevas acciones y las puntuaciones de las dichas acciones dependerá de la intensidad y de su duración.

e) Factor Postura (FP)

La valoración del riesgo asociado a la adopción de posturas forzadas se realiza evaluando la posición del hombro, del codo, de la muñeca y de la manos.

El método incrementa el riesgo debido a la postura si existen movimientos estereotipados o bien todas las acciones implican a los miembros superiores y la duración del ciclo es corta.

Para obtener la puntuación del Factor Postura se deberán seguir los siguientes pasos:

1. Seleccionar la parte del cuerpo por evaluar: el hombro, el codo, la muñeca y las manos;
2. Puntuar la opción seleccionada para cada miembro;
3. Obtener el valor máximo de las puntuaciones del hombro, codo, muñeca y manos;
4. Si existen movimientos estereotipados, escoge la opción correspondiente y suma su puntuación al valor máximo de las puntuaciones del hombro, codo, muñeca y manos.

La fórmula que describe el cálculo del FP es la siguiente:

Factor de Postura

$$FP = \text{Max} (P_{Ho} ; P_{Co} ; P_{Mu} ; P_{Ma}) + P_{Es}$$

Donde:

- P_{Ho} es la puntuación del hombro;
- P_{Co} es la puntuación del codo;
- P_{Mu} es la puntuación de la muñeca;
- P_{Ma} es la puntuación de la mano;
- P_{Es} es la puntuación por movimientos estereotipados.

A continuación, se presenta las tablas correspondientes a la puntuación del hombro 5.6, del codo 5.7, de la muñeca 5.8, de la mano (agarre) 5.9 y de los movimientos estereotipados 5.10.

Tabla 5.6: Puntuación del hombro

Posturas y movimientos del hombro	P _{Ho}
El brazo/s no posee apoyo y permanece ligeramente elevado algo más de la mitad el tiempo	1
El brazo se mantiene a la altura de los hombros y sin soporte (o en otra postura extrema) más o menos el 10% del tiempo	2
El brazo se mantiene a la altura de los hombros y sin soporte (o en otra postura extrema) más o menos el 1/3 del tiempo	6
El brazo se mantiene a la altura de los hombros y sin soporte más de la mitad del tiempo	12
El brazo se mantiene a la altura de los hombros y sin soporte todo el tiempo	24

Fuente: Ergonautas (2017)

Tabla 5.7: Puntuación del codo

Posturas y movimientos del codo	P _{Co}
El codo realiza movimientos repentinos (flexión-extensión o pronosupinación extrema, tirones, golpes) al menos un tercio del tiempo	2
El codo realiza movimientos repentinos (flexión-extensión o pronosupinación extrema, tirones, golpes) más de la mitad del tiempo	4
El codo realiza movimientos repentinos (flexión-extensión o pronosupinación extrema, tirones, golpes) casi todo el tiempo	8

Fuente: Ergonautas (2017)

Tabla 5.8: Puntuación de la muñeca

Posturas y movimientos de la muñeca	PMu
La muñeca permanece doblada en una posición extrema o adopta posturas forzadas (alto grado de flexión-extensión o desviación lateral) al menos 1/3 del tiempo	2
La muñeca permanece doblada en una posición extrema o adopta posturas forzadas (alto grado de flexión-extensión o desviación lateral) más de la mitad del tiempo	4
La muñeca permanece doblada en una posición extrema, todo el tiempo	8

Fuente: Ergonautas (2017)

Tabla 5.9: Puntuación de la mano

Duración del Agarre	PMa
Alrededor de 1/3 del tiempo	2
Más de la mitad del tiempo	4
Casi todo el tiempo.	8

Fuente: Ergonautas (2017)

Tabla 5.10: Puntuación de movimientos estereotipados

Movimientos estereotipados	PEs
- Existe repetición de movimientos idénticos del hombro, codo, muñeca, o dedos, al menos 2/3 del tiempo - El tiempo de ciclo está entre 8 y 15 segundos.	1,5
- Existe repetición de movimientos idénticos del hombro, codo, muñeca o dedos, casi todo el tiempo -El tiempo de ciclo es inferior a 8 segundos	3

Fuente: Ergonautas (2017)

f) Factor de Riesgos Adicionales (FC)

El checkList OCRA considera otros factores complementares que pueden contribuir con el riesgo global dependiendo de su duración o frecuencia. Los factores adicionales son de dos tipos, los de físico-mecánico (Ffm) y los derivados de aspectos socio-organizativos (Fso) del trabajo. Para obtener la puntuación de los factores adicionales, debe emplearse las tablas 5.11 para Ffm y la tabla 5.12 para Fso. Por último, se suma ambas puntuaciones para asignar la puntuación FC.

Tabla 5.11: Factores Físico-Mecánico

Factores físico-mecánicos	Ffm
Se utilizan guantes inadecuados (que interfieren en la destreza de sujeción requerida por la tarea) más de la mitad del tiempo	2
La actividad implica golpear (con un martillo, golpear con un pico sobre superficies duras, etc.) con una frecuencia de 2 veces por minuto o más	2
La actividad implica golpear (con un martillo, golpear con un pico sobre superficies duras, etc.) con una frecuencia de 10 veces por hora o más	2
Existe exposición al frío (menos de 0º) más de la mitad del tiempo	2
Se utilizan herramientas que producen vibraciones de nivel bajo/medio 1/3 del tiempo o más	2
Se utilizan herramientas que producen vibraciones de nivel alto 1/3 del tiempo o más	2
Las herramientas utilizadas causan compresiones en la piel (enrojecimiento, callosidades, ampollas, etc.)	2
Se realizan tareas de precisión más de la mitad del tiempo (tareas sobre áreas de menos de 2 o 3 mm.)	2
Existen varios factores adicionales concurrentes, y en total ocupan más de la mitad del tiempo	2
Existen varios factores adicionales concurrentes, y en total ocupan todo el tiempo	3

Fuente: Ergonautas (2017)

(*)Si ocurren varios factores, se escogerá una de las dos últimas opciones.

Tabla 5.12: Factores socio-organizativos

Factores socio-organizativos	Fso
El ritmo de trabajo está parcialmente determinado por la máquina, con pequeños lapsos de tiempo en los que el ritmo de trabajo puede disminuirse o acelerarse	1
El ritmo de trabajo está totalmente determinado por la máquina	2

Fuente: Ergonautas (2017)

Factor de Riesgo Adicionales

$$FC = Ffm + Fso$$

g) Multiplicador de duración (MD)

Los factores calculados en los apartados anteriores consideran un tiempo de exposición al riesgo de 8 horas, es decir, se ha valorado para un turno de trabajo de 8 horas en el que todo el tiempo es de trabajo repetitivo. Sin embargo, el turno de trabajo puede tener una duración inferior a 8 horas y no todo el tiempo se dedica a trabajo repetitivo si existen pausas, descansos

y trabajo no repetitivo. Para obtener el nivel de riesgo considerando el tiempo de exposición debe calcularse el multiplicador de duración (MD). Para ello, se empleará la tabla 5.13 y será de acuerdo con el Tiempo Neto de Trabajo Repetitivo (TNTR).

Tabla 5.13: Puntuación del Multiplicador de duración

Tiempo Neto de Trabajo Repetitivo (TNTR) en minutos	MD
60-120	0.5
121-180	0.65
181-240	0.75
241-300	0.85
301-360	0.925
361-420	0.95
421-480	1
> 480	1.5

Fuente: Ergonautas (2017)

h) Determinación del Nivel de Riesgo

Una vez calculado todos los factores y el multiplicador de duración, se obtiene el índice CheckList OCRA a partir de la siguiente fórmula:

Índice CheckList OCRA

$$ICKL = (FR + FF + FFz + FP + FC) \cdot MD$$

En el caso de calcular el Índice CheckList OCRA para varios puestos, es necesario calcular el Índice para cada uno de los puestos de modo individual, y tras ello calcular la media de los valores obtenidos.

Índice CheckList OCRA medio para n puestos

$$ICKL_{medio} = (ICKL_1 + ICKL_2 + \dots + ICKL_n) / n$$

Cuando un trabajador rota entre diversos puestos es posible calcular el Índice CheckList OCRA conociendo el Índice de cada puesto y el porcentaje de la jornada que ocupa cada uno.

Índice CheckList OCRA multitarea de n puestos

$$ICKL_{mult} = (ICKL_1 \cdot \%P_1 + ICKL_2 \cdot \%P_2 + \dots + ICKL_n \cdot \%P_n)$$

Tras el cálculo del índice CheckList OCRA, puede obtenerse el nivel de riesgo y la Acción recomendada consultando la tabla 5.14 . Además, el Índice CheckList OCRA tiene relación con el índice OCRA (obtenido con el método OCRA), también indicado en la misma tabla.

Tabla 5.14: Nivel de Riesgo, Acción recomendada y Índice OCRA equivalente

Índice CheckList OCRA	Nivel de Riesgo - Acción recomendada	Índice OCRA equivalente
5	Óptimo - No se requiere	≤ 1.5
5,1	Aceptable - No se requiere	1.6 - 2.2
7,6	Incierto - Se recomienda un nuevo análisis o mejora del puesto	2.3 - 3.5
11,4	Inaceptable Leve - Se recomienda mejora del puesto, supervisión médica y entrenamiento	3.6 - 4.5
14,1	Inaceptable Medio - Se recomienda mejora del puesto, supervisión médica y entrenamiento	4.6 - 9
22,5	Inaceptable Alto - Se recomienda mejora del puesto, supervisión médica y entrenamiento	> 9

Fuente: Ergonautas (2017)

5.1.2 Limitaciones del método

Respecto a las limitaciones del método CheckList OCRA, cabe indicar:

- Es un método de carácter preliminar y no concluyente, y por tanto es necesario aplicación de otros métodos más exhaustivos para el análisis del riesgo;
- El método permite la posibilidad de asignar puntuaciones intermedias a los factores para los cuales no se encuentran descritas la situación concreta en estudio, siendo dichas puntuaciones subjetivas y dependientes del criterio del evaluador;
- Evalúa solamente los miembros superiores dejando de fuera del análisis las posturas forzadas de la cabeza, el cuello, el tronco, etc.;
- Respecto a los factores adicionales, el método permite seleccionar un único factor, el más significativo, por tanto se pierde información y no considera la posibilidad de coincidir varias circunstancias;
- El método está orientado a la evaluación de jornadas de trabajo de un máximo de 8 horas, así que para ocupaciones mayores se pierde fiabilidad del resultado;

- Las posibles alternativas planteadas en el periodo de recuperación hacen referencia a movimientos entre 6 y 8 horas de duración como máximo;
- El método no clasifica el riesgo de las puntuaciones intermedias provenientes de los diferentes factores;
- El método no valora las fuerzas puntuales requeridas en el puesto, solamente fuerzas ejercidas durante todo el movimiento repetitivo o a cada poco ciclos;
- Para resultados del índice CheckList OCRA “óptimo” o “aceptable” no se requiere acción ninguna. Sin embargo, para resultados diferentes de cero, es decir con presencia de riesgos, es recomendable hacer mejoras en el puesto;
- No se consideran las pausas de muy corta duración (micropausas) como periodos de recuperación que disminuyen el riesgo;
- Los diferentes tipos de agarres son valorados de la misma manera, solo la duración del mismo influye en el incremento del riesgo. Sin embargo, agarres “en pinza” son, en general, más propensos a provocar TME.

5.2 Método JSI

El método JSI (Job Strain Index), desarrollados por Moore y Garg (1995) del Departamento de Medicina Preventiva del *Medical College* de Wisconsin en Estados Unidos, es un método de evaluación de puestos de trabajo que permite valorar si los trabajadores que los ocupan están expuestos a desarrollar desórdenes traumáticos acumulativos en la parte distal de las extremidades superiores (mano, muñeca, antebrazo y codo) debido a movimientos repetitivos.

Para conocer el riesgo surgido por los trastornos en las extremidades superiores el método se basa en la medición de seis variables que a su vez, dan lugar a seis factores multiplicadores de una ecuación. Tres de las variables son calculadas cuantitativamente mientras que las otras tres se basan en la apreciación del evaluador. Las variables son la intensidad del esfuerzo, la duración del esfuerzo por ciclo de trabajo, el número de esfuerzos realizados en un minuto de trabajo, la desviación de la muñeca respecto a la posición neutra, la velocidad con la que se realiza la tarea y la duración de la misma por jornada de trabajo.

A continuación se explicará las etapas de aplicación del método y cómo se calcula las seis variables mencionadas en el parágrafo anterior.

5.2.1 Aplicación del método

La aplicación del método comienza con la determinación de cada una de las tareas realizadas por el trabajador y sus respectivos tiempos de ciclo de trabajo (secuencia de acciones técnicas que se repiten siempre de la misma manera). Una vez conocida las tareas que se evaluarán, se observará cada una de ellas para asignar el valor adecuado a las seis variables que propone el método. En seguida, se calcularán los factores multiplicadores de la ecuación para cada tarea mediante las respectivas tablas. Conocido el valor de los factores, se calculará el Strain Index de cada tarea como productos de los mismos y a partir de este valor determinar la existencia de riesgo. Por último, se revisará las puntuaciones para determinar dónde es necesario aplicar correcciones, rediseñar el puesto caso necesario y en caso de introducir cambios, evaluar otra vez la tarea con el método JSI.

En los siguientes apartados se enseña la forma de evaluar las diferentes variables, cómo calcular los factores multiplicadores y cómo obtener el *Strain Index*.

a) Intensidad del esfuerzo

En función del esfuerzo percibido por el evaluador se asignará la valoración según la tabla 5.15.

Tabla 5.15: Puntuación de la Intensidad del esfuerzo

Intensidad del esfuerzo	%MS ²	EB ¹	Esfuerzo percibido	Valoración
Ligero	<10%	<=2	Escasamente perceptible, esfuerzo relajado	1
Un poco duro	10%-29%	3	Esfuerzo perceptible	2
Duro	30%-49%	04-may	Esfuerzo obvio; sin cambio en la expresión facial	3
Muy duro	50%-79%	06-jul	Esfuerzo importante; cambios en la expresión facial	4
Cercano al máximo	>=80%	>7	Uso de los hombros o tronco para generar fuerzas	5

Fuente: Ergonautas (2017)

¹ Comparación con la escala de Borg CR-10

² Comparación con el porcentaje de fuerza máxima (Maximal Strength)

b) Duración del esfuerzo

La duración del esfuerzo se mide de acuerdo con la duración de todos los esfuerzos realizados por el trabajador durante el periodo de observación (normalmente un ciclo de trabajo). Se debe calcular el porcentaje de duración del esfuerzo respecto al tiempo total de observación. Para ello se suma la duración de todos los esfuerzos y el valor obtenido se divide entre el tiempo total de observación. Por último, se multiplica el resultado por 100 como indica fórmula abajo. Los tiempos deben estar en la misma unidad de medida.

Medición de la duración del esfuerzo

$$\% \text{ duración del esfuerzo} = 100 * \text{duración de todos los esfuerzos} / \text{tiempo de observación}$$

Una vez obtenido el porcentaje de duración se asignará la puntuación según tabla 5.16.

Tabla 5.16: Puntuación de duración del esfuerzo

% Duración del esfuerzo	Valoración
<10%	1
10%-29%	2
30%-49	3
50%-79%	4
80%-100%	5

Fuente: Ergonautas (2017)

c) Frecuencia del esfuerzo

Los esfuerzos por minuto se calculan contando el número de esfuerzos que realiza el trabajador durante el tiempo de observación y dividiendo este valor por la duración del periodo de observación medido en minutos. Es frecuente que el tiempo de observación coincida con el tiempo de ciclo.

Esfuerzo por minuto

$$\text{Esfuerzos por minuto} = \text{número de esfuerzos} / \text{tiempo de observación (minutos)}$$

Una vez obtenido el esfuerzo por minuto se asignará la puntuación mediante la tabla 5.17.

Tabla 5.17: Puntuación del Esfuerzo por minuto

% Esfuerzos por minuto	Valoración
<4	1
04-ago	2
sep-14	3
15-19	4
>=20	5

Fuente: Ergonautas (2017)

d) Postura mano-muñeca

Se evalúa la desviación de la muñeca respecto de la posición neutra, tanto en flexión-extensión como en desviación lateral. Según la posición de la muñeca percibida por el evaluador se asignará la valoración mediante la tabla 5.18.

Tabla 5.18: Puntuación de la Postura mano-muñeca

Postura muñeca	Extensión	Flexión	Desviación	Postura percibida	Valoración
Muy buena	0º-10º	0º-5º	0º-10º	Perfectamente neutral	1
Buena	11º-25º	6º-15º	11º-15º	Cercana a la neutral	2
Regular	26º-40º	16º-30º	16º-20º	No neutral	3
Mala	41º-55º	31º-50º	21º-25º	Desviación importante	4
Muy mala	>55º	>50º	>25º	Desviación extrema	5

Fuente: Ergonautas (2017)

e) Velocidad de trabajo

Según el ritmo de trabajo percibido por el evaluador se asignará la puntuación mediante la tabla 5.19.

Tabla 5.19: Puntuación de la velocidad de trabajo

Ritmo de trabajo	Comparación con MTM-11	Velocidad percibida	Valoración
Muy lento	<=80%	Ritmo extremadamente relajado	1
Lento	81%-90%	Ritmo lento	2
Regular	91%-100%	Velocidad de movimientos normal	3
Rápido	101%-115%	Ritmo impetuoso pero sostenible	4
Muy rápido	>115%	Ritmo impetuoso y prácticamente insostenible	5

Fuente: Ergonautas (2017)

f) Duración de la tarea por día

Es el tiempo diario en horas que el trabajador dedica a la tarea específica en cuestión. La duración de la tarea por día puede medirse directamente u obtener la información del personal involucrado. Conocida la duración se asignará la valoración correspondiente según tabla 5.20.

Tabla 5.20: Puntuación de la duración de la tarea por día

Duración de la tarea por día en horas	Valoración
<1	1
01-feb	2
02-abr	3
04-ago	4
>=8	5

Fuente: Ergonautas (2017)

g) Factores Multiplicadores

Una vez conocido la puntuación de las 6 variables puede determinarse el valor de los factores multiplicadores mediante la tabla 5.21:

Tabla 5.21: Puntuación de los Factores Multiplicadores

Intensidad del esfuerzo		% de duración del esfuerzo	
Valoración	IE	Valoración	DE
1	1	1	0,5
2	3	2	1
3	6	3	1,5
4	9	4	2
5	13	5	3

Esfuerzos por minuto		% postura mano-muñeca	
Valoración	EM	Valoración	HWP
1	0,5	1	1
2	1	2	1
3	1,5	3	1,5
4	2	4	2
5	3	5	3

Velocidad de trabajo		Duración por día	
Valoración	SW	Valoración	DD
1	1	1	0,25
2	1	2	0,5
3	1	3	0,75
4	1,5	4	1
5	2	5	1,5

Fuente: Ergonautas (2017)

h) Cálculo del *Strain Index*

Para determinar el *Job Strain Index* (JSI) se empleará la siguiente fórmula:

Ecuación para el *Job Strain Index*

$$JSI = IE \times DE \times EM \times HWP \times SW \times DD$$

Para valores JSI inferiores o iguales a 3 indican que la tarea es probablemente segura, mientras que puntuaciones superiores o iguales a 7 señalan que la tarea es probablemente peligrosa. En general, puntuaciones superiores a 5 ocasionan desórdenes músculo-esqueléticos de las extremidades superiores.

5.3 Otros métodos para evaluación de la repetitividad

Además del CheckList OCRA y el método JSI, que se centran básicamente en los miembros superiores del cuerpo, existen muchos otros y variados métodos de evaluación de la carga física debida a movimientos repetitivos. Villalobos (2003) utiliza el método Sue Rodgers en su estudio sobre la “*Clasificación y Análisis de Puestos de Trabajo atendiendo a la fatiga muscular en una línea de montaje de automóviles*”. Este método consiste en la evaluación de puestos de trabajos con tareas con una frecuencia de repetición de 1 hasta 15 minutos. En este contexto, el método estudia el esfuerzo, la duración y la frecuencia requerida por cada parte del cuerpo para realizar una determinada tarea. Al contrario de los Métodos OCRA y JSI, considera otras partes del cuerpo a parte de los miembros superiores como el cuello, la espalda y los miembros inferiores (piernas, rodillas y tobillos). Como resultado, indica el grado de severidad de la tarea y la prioridad de cambio como baja, moderada y alta.

El Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo (INSHT), en España, en su documento sobre “*Movimientos repetitivos: Métodos de evaluación*” (2003) señala otros métodos que también evalúan el factor de riesgo debido a movimientos repetitivos. Podemos citar el método desarrollado por la empresa privada Opel España Automóviles, S.A (1997) que evalúa el cuerpo entero así como otros factores de riesgos. Otro método citado en el documento es el Ergo/IBV desarrollado por el instituto biomecánico de Valencia. El método se basa en cinco módulos que analizan las diversas tareas tales como la repetitividad, manipulación manual de cargas, posturas forzadas, puesto de trabajos de oficina y trabajadoras embarazadas.

Además, según Diego-Más et. al (2012), existen otros métodos que están especializados en otros factores de riesgos, como la carga postural o el levantamiento de cargas, que también incluyen en sus análisis la repetitividad como el caso de métodos ya abordados en este estudio como RULA, NIOSH y REBA, y otros métodos generalistas como LEST, RENUR, RENAULT o EWA (*Ergonomic Workplace Analysis*).

En resumen, hay una gran variedad de métodos de evaluación de movimientos repetitivos que se pueden aplicar para detectar, evaluar y controlar los factores de riesgo que pueden originar trastornos músculo-esqueléticos derivados de la exposición a tareas repetitivas. Dichos métodos son las "herramientas" más aconsejables para detectar y corregir la repetitividad en muchos puestos de trabajo de diversas y variadas industrias, aspecto que suele estar infravalorado en la gestión de la Prevención de Riesgos Laborales, y que sin embargo origina una gran morbilidad entre las personas expuestas.

En el siguiente capítulo, se presenta la implementación a través de programación en Excel de los métodos referentes a los factores de riesgos derivados de la carga postural (RULA y REBA), el levantamiento de cargas (Ecuación de NIOSH y GINSHT), y la repetitividad (Check List OCRA y JSI). En este contexto, se enseña las fórmulas y funciones utilizadas durante el desarrollo en Excel de una herramienta sencilla y robusta para evaluación ergonómica de puestos de trabajo, y con eso se espera dejar un camino abierto para aplicación de la misma lógica a otros métodos presentes en la literatura.

Capítulo 6. MANUAL DE PROGRAMADOR

Partiendo de los conocimientos teóricos presentados en el apartado anterior, este capítulo tiene como objetivo la modelización de los dichos métodos en Microsoft Excel. Es decir, en este capítulo se comentarán los pasos desarrollados para la elaboración de un instrumento sencillo y robusto de evaluación ergonómica de puestos de trabajo, desde la entrada de datos y cálculo de los diferentes índices y factores, hasta la presentación de los resultados al evaluador para cada uno de los métodos.

El capítulo está organizado en tres secciones, cada una dedicada a un factor de riesgo diferente derivados de: la carga postural, la manipulación manual de cargas y los movimientos repetitivos. Dentro de cada sección se explicará la implementación de los métodos elegidos para el desarrollo en Excel. Los métodos escogidos son los más citados y utilizados dentro de cada factor de riesgo como se ha podido observar tras revisión de la literatura en el capítulo 2.

Vale destacar que este capítulo está dedicado principalmente a personas que poseen conocimientos de la herramienta Microsoft Excel, una vez que en él se indicaran formulaciones propias de este software.

Al abrir el fichero de evaluación ergonómica, en la primera hoja del programa, nombrada *“Selección del método”*, puede verse la figura 6.1 en el cual el usuario deberá escoger el factor de riesgo que quiere evaluar, así como el método que se desea utilizar. Cada método está indicado por un botón. Los azules son métodos desarrollados en este trabajo y en amarillo los métodos no contemplados en el presente proyecto. En cada botón azul ha sido asignado un hipervínculo que direcciona automáticamente a la pestaña del método seleccionado.

Figura 6.1: Selección del método



Fuente: Elaborado por el autor (2017).

6.1. Métodos para evaluación de la carga postural

En esta sección del capítulo 6 está dedicada al factor de riesgo derivado de la carga postural, explicando con detalle el desarrollo de los métodos RULA y REBA.

6.1.1. Método RULA

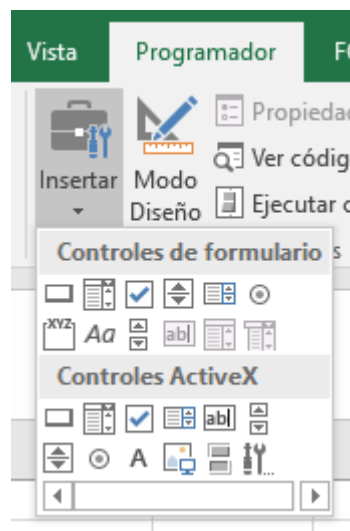
Tras la selección del método RULA, en la hoja inicial de selección del método, el programa direcciona el usuario a la hoja de datos “*Datos RULA*”. En esta pestaña se deben insertar los datos del puesto (descripción, empresa, departamento, área, etc.), los datos del trabajador que ocupa el puesto (nombre, sexo, edad, etc.), los datos del evaluador (empresa evaluadora, nombre del evaluador y fecha de evaluación) y un espacio para observaciones. La hoja es similar en todos los métodos, aunque, para cada método, se debe rellenar por separado.

Esta hoja ha sido desarrollada a través de la creación de formularios en Excel. Para crear formularios en Excel, la ficha *Programador* debe estar activa, y es posible activarla a través del camino:

Archivo → Opciones → Personalizar cintas de opciones → Pestaña principales → Programador

Seleccione la ficha *Programador* y una vez activada, se le mostrará en las fichas principales del Excel. Dentro de la ficha Programador, se podrá insertar botones para control de formularios. A lo largo de este trabajo, se han utilizado diferentes controles de formularios, principalmente cuadro combinado, casilla, botón de opción, cuadro de grupo y cuadro de texto (figura 6.2).

Figura 6.2: Controles de formularios



Fuente: Elaborado por el autor (2017).

Como ejemplo, se puede ver en la figura 6.3, en la hoja de datos, controles de contenidos como:

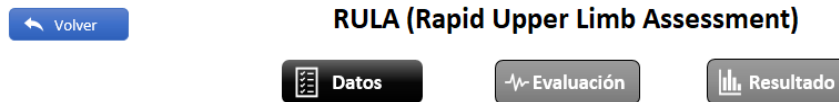
- Cuadro de texto: Utilizado en general para insertar nombres, descripciones y observaciones.
- Botón de opción: Utilizado para indicar una alternativa dentro de un rango limitado de opciones, en general inferior a 5 opciones.
- Cuadro combinado: utilizado para indicar un listado de opciones que pueden seleccionarse dentro de un rango limitado de alternativas.

Figura 6.3: Controles de contenidos utilizados en la hoja Datos

Fuente: Elaborado por el autor (2017).

En la parte superior de la hoja “*Datos RULA*”, y en todas las hojas y métodos, se encuentra un menú formado por botones que facilitan la navegación entre las diversas hojas del fichero. Estos botones está conectados por hipervínculos a otras hojas (Figura 6.4).

Figura 6.4: botones menús



Fuente: Elaborado por el autor (2017).

En el cual:

- Volver: Conectado por hipervínculo a la Hoja “*Selección del Método*”;
- Datos: Direcciona a la hoja Datos de cada método;
- Evaluación: Proceso de evaluación del método;
- Resultado: Indica el resultado del método en función de los datos insertados.

Una vez insertados los datos del puesto, del trabajador y del evaluador en la hoja “*Datos RULA*”, selecciona el botón Evaluación para empezar la introducción de los datos requeridos por el método.

Al seleccionar el método RULA, el primer paso es indicar el tipo de evaluación: de un único lado del cuerpo o de dos lados del cuerpo (Figura 6.5). En caso de no tener claro el lado del cuerpo donde se concentra la aplicación del esfuerzo, debe escogerse la opción “*Dos lados del cuerpo*”. Cada botón de opción direccionará a las respectivas hojas de evaluación a través de hipervínculo.

Figura 6.5: Tipo de evaluación e introducción de datos.

The screenshot shows a web interface for RULA evaluation. At the top, under the heading "Tipo de evaluación", there are two buttons: "Un único lado del cuerpo" (with a single person icon) and "Dos lados del cuerpo" (with two person icons). Below this, under the heading "Introducción de datos", there are three columns:

- Grupo A:** "Introduce la información correspondiente a los miembros superiores del cuerpo: brazos, antebrazos y muñeca." Below the text is a button labeled "Grupo A".
- Grupo B:** "Introduce la información correspondiente a las piernas, el tronco y el cuello." Below the text is a button labeled "Grupo B".
- Fuerzas:** "Introduce la información correspondiente al tipo de actividad muscular." Below the text is a button labeled "Actividad y fuerzas".

Fuente: Elaborado por el autor (2017).

Una vez escogido el tipo de evaluación, se insertan los datos referentes al grupo A (miembros superiores), grupo B (tronco, cuello y piernas) e informaciones relativas al tipo de actividad muscular ejercida.

En cada grupo, ha sido elaborado un formulario, que debe rellenarse de acuerdo con la posición que el trabajador ejecuta en el puesto de trabajo y los aspectos considerados en dicho método. Para su elaboración, se han utilizado botones de opción (figura 6.6) que han sido vinculados a celdas ocultas en la presente hoja del Excel (figura 6.7). El vínculo entre botones de opción y celdas ocultas es de extrema importancia para el resultado final del método RULA, ya que dependiendo de la opción escogida, la aplicación presenta un valor determinado en las celdas ocultas. Por ejemplo, si la alternativa seleccionada es “El brazo está flexionado más de 90 grados” en la “*celda vínculo*” AA12 se presentará el valor 4.

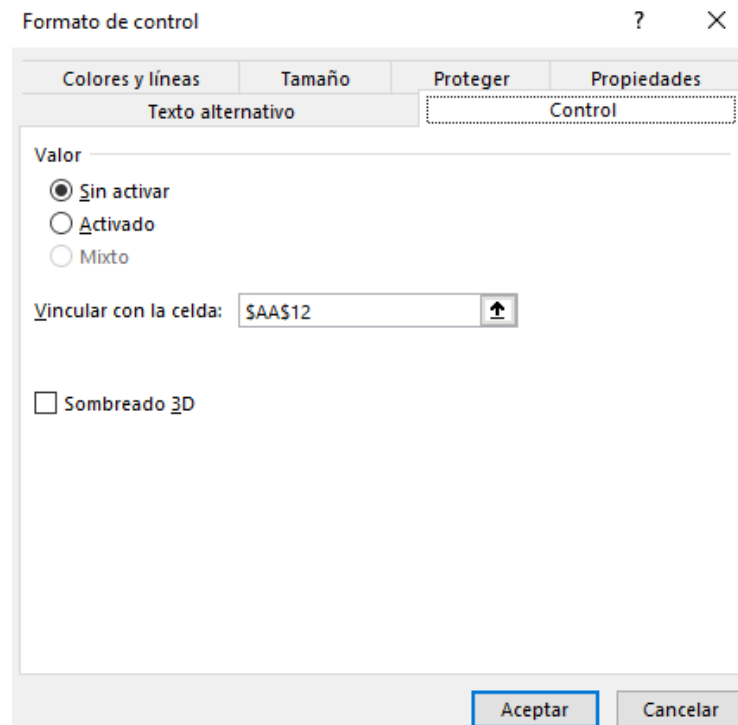
Figura 6.6: Botones de opción utilizados en el formulario

Indica el ángulo de flexión del brazo del trabajador de acuerdo con la imagen correspondiente

El brazo está entre 20 y 40 grados de flexión y 20 grados de extensión.
 El brazo está entre 21 y 45 grados de flexión o más de 20 grados de extensión.
 El brazo está entre 46 y 90 grados de flexión.
 El brazo está flexionado más de 90 grados.

Fuente: Elaborado por el autor (2017).

Figura 6.7: Formato de control



Fuente: Elaborado por el autor (2017).

Además de los botones de opción, también se han utilizado casillas en el formulario para indicar si una condición está presente o no (Figura 6.8). Cada casilla está vinculada a una celda vínculo, que a su vez devuelve “Verdadero” si la casilla está seleccionada o “Falso” en el caso de que la casilla esté vacía.

Figura 6.7: Casillas utilizadas en el formulario

Indica o selecciona la imagen, si... (pueden darse varias de estas situaciones simultáneamente)

- El brazo está rotado o el hombro está elevado.
- El brazo está abducido.
- La carga no está soportada sólo por el brazo sino que existe un punto de apoyo.

Fuente: Elaborado por el autor (2017).

Tras la elaboración del formulario de todos los grupos, se procede a la programación para obtener el resultado tomando como referencia las celdas vinculadas a cada botón de opción o casilla utilizadas en las hojas de evaluación, así como las formulas y tablas del Método RULA.

El primer paso ha sido calcular las *Puntuaciones parciales* del “Grupo A”, “Grupo B”, “Tipo de actividad y fuerzas”, y por último “Puntuaciones C y D” (figura 6.8).

Figura 6.8: Puntuaciones parciales del RULA

Puntuaciones parciales	
Grupo A	Grupo B
Brazo ⁽¹⁻⁶⁾ 2	Cuello ⁽¹⁻⁶⁾ 2
Antebrazo ⁽¹⁻³⁾ 2	Tronco ⁽¹⁻⁶⁾ 2
Muñeca ⁽¹⁻⁴⁾ 2	Piernas ⁽¹⁻²⁾ 1
Giro muñeca ⁽¹⁻²⁾ 1	Puntuación del grupo B: 2
Puntuación del grupo A: 3	
Tipo de actividad y fuerzas	Puntuaciones C y D
Tipo de actividad muscular 1	Puntuación C 4
Fuerzas 0	Puntuación D 3

Fuente: Elaborado por el autor (2017).

La “Puntuación del Grupo A” se ha obtenido a partir de la puntuación de cada miembro. Tomando como ejemplo el brazo, el cálculo de la puntuación de cada miembro se ha obtenido de la siguiente manera:

$$1+SI(2=VERDADERO;1;0)+SI(3=VERDADERO;1;0)-SI(4=VERDADERO;1;0)$$

Donde:

- (1) Celda vínculo referente al conjunto de botones de la puntuación del brazo;
- (2) Celda vínculo referente a la Casilla que modifica la puntuación del brazo en +1;
- (3) Celda vínculo referente a la Casilla que modifica la puntuación del brazo en +1;
- (4) Celda vínculo referente a la Casilla que modifica la puntuación del brazo en -1;

La puntuación del brazo es equivalente al número presentado en la celda vínculo (1) obtenido a partir del conjunto de botones (ver fig. 6.6), modificada de acuerdo con las celdas vínculo (2), (3) y (4) obtenidas a partir de las casillas (ver figura 6.7). Formulas similares son utilizadas para la puntuación del antebrazo y muñeca. En el giro de muñeca no hay casillas modificadoras de la puntuación, así que solo se utiliza el valor (1). Tras la asignación de la puntuación de todos los miembros, la *Puntuación del Grupo A* se determina utilizando la tabla 3.11. Para consultar la tabla 3.11, se han empleado la funciones SI, Y y BUSCARV como indica la siguiente formula:

$$SI(Y(1=1;2=1);BUSCARV(3;4; 5+1;0))$$

Donde:

- (1) Puntuación del brazo;
- (2) Puntuación de la muñeca;
- (3) Puntuación del antebrazo;
- (4) Tabla derivada de la combinación de la puntuación del brazo j y de la muñeca i;
- (5) Puntuación del Giro de la Muñeca;

La lógica empleada para consultar la tabla 3.11 ha sido la siguiente: se ha repartido la tabla 3.11 en 24 tablas distintas, de acuerdo con el valor da puntuación del brazo j, que oscila entre 1 y 6, y la puntuación de la muñeca i, que asume valores entre 1 y 4. La puntuación del brazo j y la puntuación de la muñeca i genera una combinación ji de valores que se consulta en la tabla relativa a dicha combinación a través de un BUSCARV a partir de la puntuación del “Antebrazo” y con columna de referencia “Giro de la muñeca”.

La misma fórmula se emplea para la asignación de la *Puntuación del grupo B* y los miembros que la componen.

El *Tipo de actividad muscular y Fuerza* se obtiene consultando las tablas 3.13 y 3.14 a partir de la hoja “*Actividad y fuerzas*”, del valor de las celdas vinculadas y empleándose la función SI.

Fórmula para actividad muscular

SI('Actividad y fuerzas'!**1**=1;1;0)

Donde:

(**1**) Celda vínculo referente al conjunto de botones relativo a actividad muscular;

Fórmula para Fuerzas

SI('Actividad y fuerzas'!**2**=1;0;
SI('Actividad y fuerzas'!**2**=2;1;SI('Actividad y fuerzas'!**2**=3;2;
SI('Actividad y fuerzas'!**2**=4;2;SI('Actividad y fuerzas'!**2**=5;3;
SI('Actividad y fuerzas'!**2**=6;3;0))))))

Donde:

(**2**) Celda vínculo referente al conjunto de botones relativo a fuerzas.

Por otro lado, la *Puntuación C* es la suma de la *Puntuación del grupo A* y de la puntuación asignada en *Tipo de actividad muscular y Fuerzas*. Del mismo modo, la *Puntuación D* es la suma de la *Puntuación del grupo B* con la puntuación asignada en *Tipo de actividad muscular y Fuerzas*.

La *Puntuación RULA* se obtiene empleándose la siguiente fórmula:

BUSCARV(SI(**1**>8;8;**1**);'TablasRULA'!**2**;SI('ResultadoRula'!**3**>7;8;**3**+1);0)

Donde:

(**1**) Puntuación C;

(**2**) Tabla 3.14;

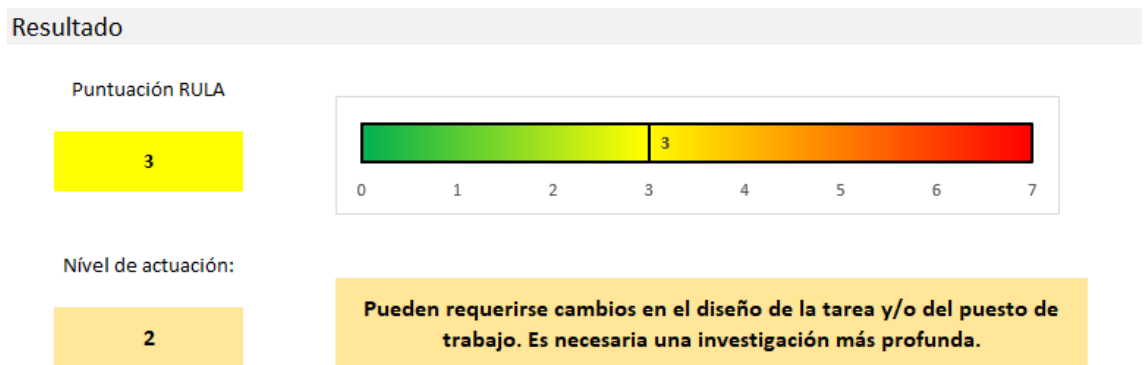
(**3**) Puntuación D;

Si la puntuación C es superior a 8 puntos, se considera 8 puntos, ya que el método limita dicha puntuación. A partir de la puntuación C, se busca en la tabla 3.14, tomando como columna

de referencia la puntuación D. La misma no puede ser superior a 7 puntos, considerando la puntuación máxima en el caso que sobrepase.

Para determinar el nivel de actuación, se utiliza un BUSCARV en la tabla 3.15, a partir de la puntuación RULA. Además de la *Puntuación RULA* y *Nivel de Actuación*, se ha elaborado un gráfico para ilustrar de manera visual el resultado final obtenido. Se ha utilizado también formato condicional para indicar a través de colores el nivel de riesgo (figura 6.8).

Figura 6.8: Ejemplo de resultado final RULA



Fuente: Elaborado por el autor (2017).

El resultado se puede guardar o, en el caso de que se quiera alterar los datos de la evaluación, volver a insertar datos a través del botón "Evaluación".

El proceso de construcción de la evaluación del método RULA para "Dos lados del cuerpo" es similar al de un lado, diferenciándose solo en el grupo A, que se divide en lado izquierdo y lado derecho del cuerpo y en el resultado, en el cual hay puntuaciones parciales para cada lado del cuerpo. Las fórmulas utilizadas han sido las mismas, pero recogiendo los datos de la evaluación de dos lados del cuerpo. Todas las tablas del método se encuentran en la hoja "Tablas Rula".

6.1.2. Método REBA

Una vez escogido el método REBA en la hoja inicial "Selección del método", nos situaremos en la hoja de datos del método "Datos REBA". La hoja es idéntica a la del RULA, no habiendo ninguna diferencia en el proceso de construcción.

En las hojas evaluación REBA también se han utilizado formularios con botones de opción y casillas vinculados a celdas ocultas. Igualmente al RULA, hay que elegir entre “Un único lado del cuerpo” o “Dos lados del cuerpo” de acuerdo con el lado en el que se realiza mayor esfuerzo. Sin embargo, en caso de duda, debe escogerse “Dos lados del cuerpo” (figura 6.9).

Figura 6.9: Evaluación REBA

Fuente: Elaborado por el autor (2017).

Una vez construido el formulario de todos los grupos, el resultado se obtiene a través de un proceso similar al RULA: primero se determinan las *Puntuaciones parciales*, seguidamente la *Puntuación REBA*, el *Nivel de riesgo* y el *Nivel de actuación*.

Las puntuaciones parciales son compuestas por *Puntuaciones del grupo A* y *Puntuaciones del grupo B*, *Fuerza*, *Calidad* y *Agarre*, y *Puntuación A* y *B*. Por su vez, las *Puntuaciones del Grupo A* incluyen los miembros Cuello, Tronco y piernas. Tomando como ejemplo el Cuello, el cálculo de la puntuación de cada miembro se ha obtenido de la siguiente manera:

$$'Grupo A REBA'!1 + SI('Grupo A REBA'!2=VERDADERO;1;0)$$

Donde:

- (1) Celda vínculo referente al conjunto de botones de opción del cuello;
- (2) Celda vínculo referente a la casilla modificadora de la puntuación del cuello;

La misma fórmula se ha utilizado para asignar los valores del Tronco y Piernas con las celdas correspondientes al respectivo conjunto de botones. Para *Puntuación del Grupo A*, se ha utilizado la siguiente fórmula:

```
SI(1=1;BUSCARV(2;'TablasREBA'!3;'ResultadoREBA'!4+1;0);
SI(1=2;BUSCARV(2;'TablasREBA'!3;'ResultadoREBA'!4+1;0);
SI(1=3;BUSCARV(2;'TablasREBA'!3;'Resultado REBA'!4+1;0))))
```

Donde:

- (1) Puntuación del cuello;
- (2) Puntuación del tronco;
- (3) Tabla derivada de la 3.20 de acuerdo con la puntuación del cuello;
- (4) Puntuación de las piernas;

La tabla 3.20 para obtener la *Puntuación del grupo A* ha sido dividida en 3 tablas de acuerdo con el rango de valores del cuello de 1 a 3. Con base en dicha puntuación, se busca en la tabla correspondiente a partir del valor del tronco y utilizando la puntuación de las piernas como columna de referencia.

El proceso de obtención de la *Puntuación del Grupo B* es idéntico al grupo A, empleándose las mismas fórmulas para asignar la puntuación de los miembros que componen dicho grupo.

Para asignar la puntuación de las *Fuerzas Ejercidas* y *Calidad de Agarre* se emplean las siguientes fórmulas:

Fórmula Fuerzas Ejercidas

```
'Act., fuerzas y agarre'!1-1+SI('Act., fuerzas y agarre'!2=VERDADERO;1;0)
```

Donde:

- (1) Celda vínculo referente al conjunto de botones de fuerzas ejercidas;
- (2) Celda vínculo referente a la casilla modificadora de la puntuación de fuerzas ejercidas;

Fórmula Calidad de Agarre

'Act., fuerzas y agarre'!**1**-1

Donde:

(1) Celda vínculo referente al conjunto de botones de Calidad de Agarre.

Para calcular la *Puntuación A*, se suma la *Puntuación del grupo A* y la puntuación de *Fuerzas Ejercidas*. Para calcular la *Puntuación B*, se suma la *Puntuación del grupo B* y la *Calidad de Agarre*. La puntuación C se determina a través de la función BUSCARV en la tabla 3.29 a partir la *Puntuación A* y tomando como columna de referencia la *Puntuación B*.

Por otro lado, para determinar la puntuación relativa al *Tipo de Actividad* se emplea la siguiente fórmula:

SI('Act., fuerzasyagarre'!**1**=VERDADERO;1;0)+

SI('Act., fuerzasyagarre'!**2**=VERDADERO;1;0)+

SI('Act., fuerzas y agarre'!**3**=VERDADERO;1;0)

Donde:

(1), (2) y (3) Celda vínculo referente a las casillas del tipo de actividad muscular;

La *Puntuación REBA* será la suma de la *Puntuación C* y la de *Tipo de actividad*. El nivel de riesgo y nivel de actuación son determinados a través de la función BUSCARV en la tabla 3.31. Se ha creado un gráfico para ilustrar el resultado y se ha aplicado formato condicional para el cambio de colores de acuerdo con la escala de puntuación REBA.

La implementación de los métodos RULA y REBA en Microsoft Excel ha sido similar, utilizando en su mayoría las funciones SI, Y y BUSCARV. Respecto a los formularios, los botones de opción y las casillas han sido ampliamente utilizados.

6.2 Métodos para evaluación del manejo manual de cargas

En este apartado se abordará la programación de los métodos derivados de la manipulación manual de cargas: la ecuación de NIOSH y la Guía Técnica del INSHT.

6.2.1. Ecuación de NIOSH

Al seleccionar el método NIOSH en la hoja “*Selección del método*” nos situamos en la hoja “*Datos NIOSH*”, que ha sido implementada idénticamente a los otros métodos con el uso de control de formularios e hipervínculos.

En la hoja “*Evaluación NIOSH*” también se ha utilizado el control de formularios. En la primera parte “*Datos generales de evaluación*”, se ha insertado un cuadro combinado para el *Peso máximo recomendado* y otro para la *Duración Global del levantamiento*. Para su creación, se ha ocultado un listado de valores que sirve de rango de entrada para los cuadros. Del mismo modo que en los botones de opción, se han designado celdas vínculos que muestran diferentes valores según la opción escogida.

Figura 6.10: Cuadros combinados en la *Evaluación NIOSH*

Datos generales de la evaluación

Peso máximo recomendado

Constante de la carga (LC) 23 ▼

Duración Global del levantamiento

Horas: 1 ▼ Minutos 0 ▼

Fuente: Elaborado por el autor (2017).

Vale recordar que la *Constante de la Carga (LC)* máxima recomendada por la Ecuación de NIOSH es de 23 Kg y solo debe alterarse en circunstancias especiales. Además, hay que destacar que La *duración Global del levantamiento* altera el *Tiempo de recuperación* presente en la misma hoja.

Continuando con los “*Datos Particulares de la Tarea*”, se ha implementado dos secciones diferentes: *Distancia y ángulos en el origen del levantamiento* y *Distancia y ángulos*

en el destino del levantamiento. Además, se ha incluido una casilla para indicar si existe control de la carga en el destino. En caso positivo, se activan los respectivos listados de *Distancia Horizontal (H)* y *Ángulo de Asimetría (A)* en la sección “*Distancia y ángulos en el destino del levantamiento*”. Para la elaboración de las listas desplegables en estas secciones, se ha optado en utilizar la herramienta del Excel *validación de datos* por su capacidad de controlar el rango de entrada a partir de fórmulas específicas.

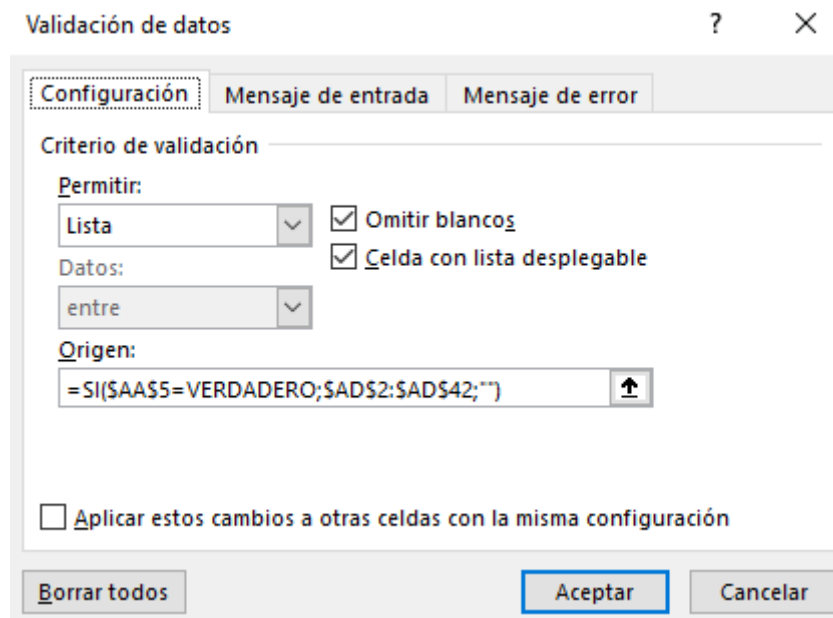
En el caso de existir control de destino, describimos como ejemplo la implementación de la lista desplegable *Distancia Horizontal (H)* (figura 6.11). En *Validación de datos* → *Configuración*, se escoge lista y dentro de *Origen* se implementa la fórmula que dará origen a dicha lista. Se ha empleado la siguiente fórmula:

SI(1=VERDADERO;2;"")

Donde:

- (1) Celda vínculo referente a la casilla de control de destino;
- (2) Rango de entrada de la lista despegable;

Figura 6.11: Validación de datos para creación de listas desplegables



Fuente: Elaborado por el autor (2017).

Para la lista desplegable “*Ángulo de Asimetría (A)*” se ha empleado la misma fórmula. Por criterios de uniformidad, se ha optado utilizar *validación de datos* en todas las listas

desplegables en las dos secciones, aunque las demás no se ha aplicado la misma fórmula. Para las demás, solo hizo falta el rango de entrada oculto en las celdas.

En la misma sección “*Datos Particulares de la Tarea*”, se han incluido botones de opción para indicar el “*Tiempo de recuperación*” en la tarea. Dicho tiempo, se modifica según la fórmula:

">= "&1*1,2&" minutos"

Y

"> "&1*0,3&" y < "&1*1,2&" minutos"

Donde:

(1) Celda vínculo referente al cuadro combinado “*Duración Global de la tarea*”;

Para finalizar, se han añadido casillas para indicar las *Condiciones de Levantamiento*.

Siguiendo con la hoja “*Resultados NIOSH*”, el primer paso ha sido calcular los diferentes factores multiplicadores de la Ecuación de NIOSH, comenzando por el origen del levantamiento, a través de las siguientes fórmulas:

➤ Distancia Horizontal (HM):

SI('Evaluación Niosh'!1="MENOS DE 25";1;

SI('Evaluación Niosh'!1>63;0;25/'Evaluación Niosh'!1))

Donde:

(1) Celda vínculo referente a la lista desplegable *Distancia Horizontal (H)*;

➤ Distancia Vertical (VM):

SI('Evaluación Niosh'!1="mayor que 175";0;1-0,003*ABS('Evaluación Niosh'!1-75))

Donde:

(1) Celda vínculo referente a la lista desplegable *Distancia Vertical (V)*;

➤ Desplazamiento (DM):

SI.ERROR(SI(ABS('Evaluación Niosh'!1)<25;1;0,82+(4,5/ABS('Evaluación Niosh'!1)));0)

Donde:

(1) Celda vínculo referente a la diferencia entre las celdas vínculo de *Distancia vertical (V)* de origen y destino;

➤ Asimetría (AM):

$SI('Evaluación Niosh'!1="mayor que 135";0;1-(0,0032*'Evaluación Niosh'!1))$

Donde:

(1) Celda vínculo referente a la lista desplegable *Ángulo de Asimetría (A)*;

➤ Frecuencia (FM):

Para el cálculo de la frecuencia, primero se empleó la siguiente fórmula para determinar si la duración de la tarea se considera corta, larga o moderada.

$SI(Y(1 \leq 60; 2=1); "Corta";$

$SI(Y(1 \leq 60; 2=2); "Moderada";$

$SI(Y(1 \leq 60; 2=3); "Moderada";$

$SI(Y(1 > 60; 1 \leq 120; O(2=2; 2=1)); "Moderada"; "Larga"))))$

Donde:

(1) Celda vínculo referente al cuadro combinado *“Duración Global de la tarea”*;

(2) Celda vínculo referente a los botones de opción del *“Tiempo de recuperación”*;

A partir del resultado obtenido arriba (3), se empleó la siguiente fórmula para calcular la FM. Para su utilización, se ha dividido la tabla 4.1 en 3 según la clasificación de la duración de la tarea:

$SI('EvaluaciónNiosh'!3="Corta";BUSCARV('EvaluaciónNiosh'!4;'Tablas Niosh'!5;$

$SI('Evaluación Niosh'!6 \leq 75; 3; 4); 0);$

$SI('EvaluaciónNiosh'!3="Moderada";BUSCARV('EvaluaciónNiosh'!4;'TablasNiosh'!5;$

$SI('Evaluación Niosh'!6 \leq 75; 2; 3); 0);$

$SI('Evaluación Niosh'!3="Larga"; BUSCARV('Evaluación Niosh'!4;'Tablas Niosh'!5;$

$SI('Evaluación Niosh'!6 \leq 75; 2; 3); 0))))$

Donde:

- (3) Resultado obtenido sobre la duración de la tarea;
- (4) Celda vínculo referente al cuadro combinado “Levantamientos por minuto”;
- (5) Tabla derivada de la 4.1 a partir del resultado (3);
- (6) Celda vínculo referente a la lista desplegable Distancia Vertical (V);

➤ Agarre (CM):

```
SI('Evaluación Niosh'!1<75;
SI('Evaluación Niosh'!2=1;1;
SI('Evaluación Niosh'!2=2;0,95;SI('Evaluación Niosh'!2=3;0,9)));
SI('Evaluación Niosh'!2=1;1;SI('Evaluación Niosh'!2 =2;1;
SI('Evaluación Niosh'!2 =3;0,9))))
```

Donde:

- (1) Celda vínculo referente a la lista desplegable Distancia Vertical (V);
- (2) Celda vínculo referente al cuadro combinado “Tipo de agarre”;

➤ Factores multiplicadores de destino:

En caso de existir control en el destino, los Factores multiplicadores de NIOSH siguen la misma fórmula que en el origen con una diferencia. Si la celda vínculo referente a la casilla que indica si existe control en el destino está activa, es decir, devuelve un valor verdadero, la fórmula se aplica. En caso contrario, se enseña un guion medio “-” para indicar que no se aplica los factores multiplicadores en el destino. Tomamos como ejemplo la Distancia Horizontal (HM) de destino:

```
SI('Evaluación Niosh'!1=FALSO;"-";
SI('EvaluaciónNiosh'!2="MENOSDE25";1;SI('EvaluaciónNiosh'!2>63;0;25/'Evaluación
Niosh'!2)))
```

Donde:

(1) Celda vínculo referente a la casilla de control de destino;

(2) Celda vínculo referente a la lista desplegable *Distancia Horizontal (H)* en el levantamiento de destino;

Como podemos observar, la segunda parte de la fórmula es idéntica a la de origen y así se repite en los demás factores.

Tras el cálculo de todos los factores multiplicadores de la ecuación de NIOSH en origen y destino, se procede el cálculo del *Peso Limite Recomendado* en origen y, en caso de haber control del levantamiento en el destino, también se calcula el *Peso Limite Recomendado* en destino. Dicho peso se obtiene multiplicando todos los *factores multiplicadores*. El *Peso Limite Recomendado* en la tarea será el menor entre el de origen y destino, determinado por la función K.ESIMO.MENOR.

Para finalizar, se determina el *índice de levantamiento* empleando la siguiente fórmula:

$$('Evaluación Niosh'!1-1)/'Resultado Niosh'!2$$

Donde:

(1) Celda vínculo referente al cuadro combinado "*Peso de la carga*";

(2) Peso Limite recomendado en la tarea;

Se han incluido gráficas para ilustrar tanto el *Índice de Levantamiento* como los *Factores Multiplicadores* de la ecuación de NIOSH. Además, se ha aplicado el formato condicional para representar el índice en una escala de colores. También, en los resultados se indican "*Características de la tarea que pueden provocar infravaloración del riesgo*" a través de la conexión con las casillas en la hoja "*Evaluación NIOSH*" en la sección de "*condiciones de levantamientos*".

6.2.2. Método GINSHT

Una vez escogido el Método de la Guía técnica para manipulación de cargas del INSHT (GINSHT) en la hoja “*Selección del método*”, nos situamos en la hoja “*Datos GINSHT*”, que es común a los demás métodos.

En la hoja “*Evaluación GINSHT*”, se ha creado un menú que direcciona a los formularios de *Manipulación de la Carga*, *Condiciones del puesto* y *Condiciones del trabajador*. En *Manipulación manual de cargas* predomina un formulario constituido por cuadros de grupo con botones de control y cuadros combinados con listas desplegables. Cada cuadro de grupo y cuadro combinado está vinculado a una *celda vínculo*.

Figura 6.12: Cuadro de grupo formado por botones de opción y cuadros combinados

Datos generales

Postura de levantamiento De pie Sentado

(*) Ten en cuenta que en cualquier caso es conveniente que la manipulación de carga se realice de pie.

Peso de la carga manipulada 3 Kg

Duración de la tarea 3 h

(*) Tiempo total en horas en el que el trabajador desarrolla la tarea incluido los descansos. No se trata de la duración de la manipulación, sino de la tarea completa en la que se manipulan las cargas.

Tiempo de descanso 15 min

(*) Tiempo de descanso en minutos durante la tarea.

Distancia de transporte Hasta 10 metros. Más de 10 metros.

(*) Distancia que la carga es transportada por el trabajador.

Fuente: Elaborado por el autor (2017).

En *Condiciones ergonómicas del puesto*, se han añadido casillas para indicar circunstancias específicas del puesto y un cuadro de texto para observaciones. Igualmente se hizo en la hoja *Condiciones del trabajador*.

Continuando en la hoja “*Resultados GINSHT*”, en principio, hay que escoger el porcentaje de población protegida en un cuadro combinado conectado a una celda vínculo oculta. Esta selección es importante posteriormente para el cálculo del factor de corrección “*Población protegida*”.

Seguidamente, el primer paso para determinar el *Peso Aceptable* es asignar los *Factores de Corrección* a partir de los datos insertados en las hojas de evaluación. Para ello, se utiliza predominantemente un BUSCARV en las tablas 4.3 para población protegida, 4.4 para distancia vertical, 4.5 para giro del tronco, 4.6 para agarre y 4.7 para frecuencia. Como ejemplo, tomamos la distancia vertical que se emplea la siguiente fórmula:

$$\text{BUSCARV}(\text{'Mani. carga'!1; 'Tablas GINSHT'!2; 3; 0})$$

Donde:

- (1) Celda vínculo referente al cuadro de grupo de Desplazamiento vertical;
- (2) Tabla 4.4 referente al Desplazamiento vertical;

Similarmente, se hizo para los demás factores de corrección con sus respectivas celdas vínculo y tablas.

En la sección “*Resultados Generales*”, se presenta el *Peso Real* recogiendo el dato de la hoja “*Mani. Carga*”, el *Peso Teórico Recomendado* a partir de un BUSCARV en una tabla similar a la figura 4.4, y el *Peso Aceptable* que es la multiplicación de los *Factores de Corrección*.

La valoración del riesgo se da a través de la comparación entre el *Peso Real* y el *Peso Aceptable*. Utilizando la función SI, si *Peso Real* es menor que el *Peso Aceptable*, el riesgo es tolerable. Caso contrario, el riesgo es no tolerable. Además, también se presentan informaciones sobre la postura del levantamiento recogiendo datos de las celdas vínculos en la hoja “*Mani. Carga*”.

Para cálculo del *Peso transportado por el trabajador diariamente (PDDT)* se ha empleado la siguiente fórmula:

$$(\text{'Mani. carga'!1} + 2) * (\text{'Mani. carga'!2} * 60 - (\text{'Mani. carga'!3} - 1)) * \text{'Mani. carga'!4}$$

Donde:

- (1) *Peso de la carga manipulada*;
- (2) *Duración de la tarea*;
- (3) *Tiempo de descanso*;
- (4) *Frecuencia de manipulación*;

Por último, se indican las *Condiciones ergonómicas inadecuadas del puesto* y *Condiciones ergonómicas inadecuadas relacionadas al trabajador* a partir de las casillas en las hojas “*Cond. Puesto*” y “*Cond. Trabajador*”, utilizando la función SI, es decir, si la casilla está activada y devuelve el valor *VERDADERO*, se enseña la condición inadecuada. Caso contrario, la celda permanece en blanco.

6.3. Métodos para evaluación de la repetitividad

En este apartado se abordará la programación de los métodos derivados de la repetitividad de movimientos: OCRA CheckList y Método JSI.

6.3.1. OCRA CheckList

El método OCRA CheckList, así como todos los métodos, comienza con la hoja “*Datos*” y un formulario para insertar informaciones del evaluador, del puesto y del trabajador que ocupa el puesto.

Pasando a la hoja “*Evaluación OCRA*” se ha insertado un cuadro combinado para indicar la duración de la jornada del trabajador y una sección que direcciona, a través de hipervínculo, a otras hojas para la introducción de datos.

Si nos situamos en la hoja “*Tiempo*”, se ha creado un formulario con cuadros combinados para la introducción de la información relativa al tiempo. Vale destacar que el *Tiempo que el trabajador ocupa el puesto en la jornada* no debe ser menor que la suma de *las pausas y tareas no repetitivas*. Caso el usuario introduzca un tiempo de *pausas y tareas no repetitivas* mayor que *Tiempo que el trabajador ocupa el puesto en la jornada* se muestra un mensaje de error.

Ya en la hoja “*Periodos de recuperación*”, se han incluido botones de opción para indicar los periodos de recuperación que mejor reflejen las condiciones del puesto. Los botones están conectados a celdas vínculos.

En la hoja “*Frecuencia*” se han añadido botones de opción para indicar el tipo de acciones técnicas: *Solo acciones dinámicas* y *Acciones Estáticas y dinámicas*. En esta hoja hay cuadros combinados para el *Tiempo de Ciclo* y *Número de Acciones*, y cuadro de grupo con

botones de opción para *Acciones Técnicas dinámicas* y/o *Acciones Técnicas estáticas y dinámicas*. Los rangos de entrada y celdas vínculos están ocultos.

En la hoja “*Postura*”, se han utilizado cuadros de grupos con botones de opción para indicar la posición del hombro, del codo, de la muñeca, de la mano (agarre) y de movimientos estereotipados. Se ha insertado una casilla para indicar si las manos permanecen por encima de la altura de la cabeza y un cuadro combinado para la duración del agarre realizado con la mano. Una vez más, se ha ocultado las celdas vínculos.

Pasando para la hoja “*Fuerzas*”, se ha optado por utilizar la validación de datos en lugar de los cuadros combinados para activar la lista desplegable solo en el caso de que la casilla esté marcada. En otras palabras, hay diversas casillas que indican posibles acciones que requieren aplicación de fuerzas (figura 6.13). Si dicha acción está presente en el puesto de trabajo, se activa la lista desplegable de *Intensidad* y *Duración*. Caso contrario, no es posible insertar información en estas celdas.

Figura 6.13: Casillas con posibles acciones que requieren fuerza y listas desplegables de *Intensidad* y *Duración*.

Empujar o tirar de palancas

Intensidad	Fuerza moderada	Duración	Casi todo el tiempo
------------	-----------------	----------	---------------------

Poner botones

Intensidad	Fuerza moderada	Duración	5% del tiempo
------------	-----------------	----------	---------------

Cerrar o abrir

Intensidad	Fuerza moderada	Duración	
------------	-----------------	----------	--

Fuente: Elaborado por el autor (2017).

Tomando como ejemplo la acción “*Empujar o tirar palancas*”, se ha empleado las siguientes fórmulas:

Fórmula Intensidad

SI(1=VERDADERO;2;"")

Donde:

(1) Celda Vínculo referente a la casilla “Empujar o tirar palancas”;

(2) Rango de entrada de la lista desplegable para Intensidad;

Fórmula Duración

$\text{SI}(\text{1}=\text{VERDADERO};\text{SI}(\text{2}=\text{3};\text{4};\text{5});\text{""})$

Donde:

(1) Celda Vínculo referente a la casilla “Empujar o tirar palancas”;

(2) Celda con la intensidad escogida;

(3) Ítem j del rango de entrada de intensidad;

(4) Rango de entrada de la duración referente a la intensidad del ítem j;

(5) Rango de entrada de la duración referente a ítem distintos de j;

Siendo j “Fuerza moderada” y los demás ítem “Fuerza intensa” y “Fuerza casi máxima”.

Para cada *Intensidad*, hay diferentes listas desplegables de *Duración*. Por ello, el motivo de aplicar otro SI según la intensidad escogida. La implementación es idéntica en todas las casillas.

En la última hoja de *Evaluación OCRA*, nombrada “*Fact. Adicion.*”, se introducen informaciones respecto a factores adicionales del puesto. Se han utilizado cuadros de grupo con botones de opción para elegir “*Factores de riesgos adicionales*” presentes en el puesto de trabajo e información sobre el “*Ritmo de trabajo*” observado.

Continuando en la hoja “*Resultados OCRA*”, al igual que en los demás métodos, se empieza la programación con el cálculo de los *Factores OCRA*, empleándose las siguientes fórmulas:

- Multiplicador de duración (MD)

Fórmula Tiempo neto de trabajo repetitivo (TNTR)

$(\text{Tiempos!1-1}) * 60 + (\text{Tiempos!2-1}) - (\text{Tiempos!3} + \text{Tiempos!4} + \text{Tiempos!5} + \text{Tiempos!6-4})$

Donde:

- (1) Tiempo que el trabajador ocupa el puesto en la jornada en horas;
- (2) Tiempo que el trabajador ocupa el puesto en la jornada en minutos;
- (3) Duración de las pausas oficiales en minutos;
- (4) Duración de las pausas no oficiales en minutos;
- (5) Duración del descanso para el almuerzo en minutos;
- (6) Duración de tareas no repetitivas en minutos;

En el caso de que la suma (1) y (2) sea menor que la suma en (3), (4), (5) y (6), es decir, la duración total de la tarea es menor que las pausas y tareas no repetitivas, se devuelve un mensaje de *Error*, debiendo revisar los tiempos en la hoja *Tiempo*.

Fórmula Multiplicador de duración (MD)

`BUSCARV(1;'Tablas CheckList OCRA'!2;2;1)`

Donde:

- (1) Tiempo neto de trabajo repetitivo (TNTR);
- (2) Tabla 5.13;

➤ Factor de recuperación (FR)

`SI('Periodos de recuperación'!1=1;0;`

`SI('Periodos de recuperación'!1 <=4;'Periodos de recuperación'!1;`

`SI('Periodos de recuperación'!1=5;6;10)))`

Donde:

- (1) Celda vínculo referente a los botones de opción del Período de recuperación;

➤ Factor de frecuencia (FF)

```
SI(Frecuencia!1=2;MAX(SI(Frecuencia!2=1;0;SI(Frecuencia!2=2;1;SI(Frecuencia!2=3;3;
SI(Frecuencia!2=4;4;SI(Frecuencia!2=5;6;SI(Frecuencia!2=6;8;
SI(Frecuencia!2=7;10))))));
SI(Frecuencia!3=1;2,5;4,5);SI(Frecuencia!2=1;0;SI(Frecuencia!2=2;1;
SI(Frecuencia!2=3;3;SI(Frecuencia!2=4;4;SI(Frecuencia!2=5;6;SI(Frecuencia!2=6;8;
SI(Frecuencia!2=7;10))))))
```

Donde:

- (1) Tipo de acciones técnicas;
- (2) Celda vínculo referente a los botones de acciones dinámicas;
- (3) Celda vínculo referente a los botones de acciones estáticas;

Vale recordar que existen dos tipos de acciones técnicas: dinámicas y estáticas. Si solo hay acciones dinámicas, el factor frecuencia será equivalente a la puntuación de la tabla 5.2. En caso contrario, dicho factor será el máximo entre las puntuaciones de las acciones dinámicas (tabla 5.2) y estáticas (tabla 5.3).

➤ Factor de postura (FP)

El Factor postura (FP) se compone a partir de la puntuación obtenida en la postura del hombro, del codo, de la muñeca, de la mano (agarre) y de los movimientos estereotipados. Se han empleado las siguientes fórmulas:

Fórmula Hombro

```
SI(Postura!1=VERDADERO;(SI(Postura!2=1;1;SI(Postura!2=2;2;SI(Postura!2=3;6;
SI(Postura!2=4;12;SI(Postura!2=5;24;SI(Postura!2=6;0))))))*2;SI(Postura!2=1;1;
SI(Postura!2=2;2;SI(Postura!2=3;6;SI(Postura!2=4;12;SI(Postura!2=5;24;
SI(Postura!2=6;0))))))
```

Donde:

- (1) Celda vínculo referente a la casilla que indica si las manos permanecen por encima de la altura de la cabeza;

(2) Celda vínculo referente al cuadro de grupo del Hombro;

Si las manos están por encima de la altura de la cabeza, se multiplica la puntuación asignada en el hombro por 2.

Fórmula Codo

$\text{SI}(\text{Postura!1}=1;2;\text{SI}(\text{Postura!1}=2;4;\text{SI}(\text{Postura!1}=3;8;0)))$

Donde:

(1) Celda vínculo referente al cuadro de grupo del codo;

Fórmula Muñeca

$\text{SI}(\text{Postura!1}=1;2;\text{SI}(\text{Postura!1}=2;4;\text{SI}(\text{Postura!1}=3;8;0)))$

Donde:

(1) Celda vínculo referente al cuadro de grupo de la muñeca;

Fórmula mano (agarre)

$\text{SI}(\text{Postura!1}=1;0;\text{SI}(\text{Postura!2}=2;0;\text{SI}(\text{Postura!2}=2;2;\text{SI}(\text{Postura!2}=3;4;\text{SI}(\text{Postura!2}=4;8))))))$

Donde:

(1) Celda vínculo referente al cuadro de grupo de la mano (agarre);

(2) Duración del agarre realizado;

Fórmula movimientos estereotipados

$\text{SI}(\text{Postura!1}=1;0;\text{SI}(\text{Postura!1}=2;1,5;\text{SI}(\text{Postura!1}=3;3)))$

Donde:

(1) Celda vínculo referente al cuadro de grupo de los movimientos estereotipados;

Fórmula Factor postura (FP)

$\text{MAX}(1;2;3;4)+ 5$

Donde:

- (1) Hombro;
- (2) Codo;
- (3) Muñeca;
- (4) Mano (agarre);
- (5) Movimientos estereotipados;

➤ Factor Fuerza (FFz)

Para el cálculo del Factor Fuerza, tomamos como ejemplo la acción “Empujar o tirar de palancas”:

```
SI(1=VERDADERO;SI(Y(2=3;4=5);2;SI(Y(2=3;4=5);4;SI(Y(2=3;4=5);6;
SI(Y(2=3;4=5);8;SI(Y(2=3;4=5);4;SI(Y(2=3;4=5);8;SI(Y(2=3;4=5);16;
SI(Y(2=3;4=5);24;SI(Y(2=3;4=5);6;SI(Y(2=3;4=5);12;SI(Y(2=3;4=5);24;
SI(Y(2=3;4=5);32))))))))))))))
```

Donde:

- (1) Celda vínculo referente a la casilla de acción “Empujar o tirar de palancas”;
- (2) Celda con la intensidad escogida;
- (3) Ítem j del rango de entrada de intensidad;
- (4) Celda con la duración escogida;
- (5) Ítem i del rango de entrada de la duración;

La puntuación asignada será según la combinación de la intensidad j con la duración i como podemos ver en la tabla 5.5. El Factor Fuerza (FFz) será la suma entre todas las acciones que requieren fuerza. En otras palabras, para las casillas que devuelvan VERDADERO en la celda vínculo, se obtiene la puntuación correspondiente de acuerdo con la combinación entre intensidad y duración marcados, y luego se suman todas las puntuaciones de las casillas (acciones) para determinar dicho factor.

➤ Factor de riesgos adicionales (FC)

SI('Fac. Adicion'!1=11;3;2)+

SI('Fac. Adicion'!2=1;0;SI('Fac. Adicion'!2=2;1;SI('Fac. Adicion'!2=3;2)))

Donde:

(1) Celda vínculo referente al cuadro de grupo de factores fisio-mecánicos;

(2) Celda vínculo referente al cuadro de grupo de factores socio-organizativos;

Tras el cálculo de los Factores OCRA, se ha implementado otras informaciones relativas a la tarea evaluada como la *duración de la jornada de trabajo*, recogiendo datos de la hoja “Evaluación OCRA”, *tiempo que ocupa en el puesto y porcentaje de la jornada en el puesto*. Se ha fijado el número de puestos evaluados en 1, es decir, solo se puede evaluar un puesto a la vez. Una vez más, se ha recogido los datos de *pausas y tareas no repetitivas* de la hoja “Tiempos”. Además, se muestran informaciones sobre *ciclos y acciones técnicas por ciclo*.

Para finalizar la hoja “Resultados OCRA”, se ha calculado el índice OCRA a través de la siguiente fórmula:

Índice CheckList OCRA para el trabajador

SI.ERROR((1+2+3+4+5)*6;"")

Donde:

(1) Factor de recuperación (FR);

(2) Factor de frecuencia (FF);

(3) Factor de postura (FP);

(4) Factor de fuerza (FFz);

(5) Factor de riesgos adicionales (FC);

(6) Multiplicador de duración (MD);

Para obtener dicho índice, se suman los factores OCRA y se multiplica el valor obtenido por el multiplicador de duración. En caso de equívocos en los tiempos insertados, se devuelve un mensaje de *ERROR*.

Por otro lado, para el cálculo del *Índice CheckList OCRA del Puesto a jornada completa*, se utiliza la misma fórmula indicada, sin embargo, considerando MD igual a 1. Es decir, dicho índice valora el riesgo teniendo en cuenta que el trabajador ocupa el puesto durante toda la jornada.

Se han creado gráficos para ilustrar los diferentes índices y el porcentual de los factores OCRA en el resultado final. Además, se ha aplicado el Formato condicional para ilustración del resultado en una escala de colores. Las tablas utilizadas se encuentran en una hoja a parte nombrada *“Tablas OCRA”*.

6.3.2. Método JSI

La programación del método Job Strain Index (JSI) comienza a partir de la hoja *“Datos JSI”*, común a todos los métodos y ya explicado en los apartados anteriores. Continuando en *“Evaluación JSI”*, se ha utilizado cuadro de grupos con botones de opción para insertar la *descripción de la tarea*, validación de datos para la introducción del *tiempo de observación* y la *duración de los esfuerzos percibidos durante la observación*, además de cuadro combinado para indicar el *número de esfuerzos realizados por el trabajador durante la observación*.

Vale destacar que el tiempo de observación no debe ser menor que la duración de los esfuerzos percibidos. En caso de no cumplir esta condición, aparece un mensaje de *ERROR* y los datos de tiempo deben insertarse una vez más.

Siguiendo con la implementación en la hoja *“Resultados JSI”*, se han asignado los valores de los factores de la ecuación JSI a través de un BUSCARV en la tabla 5.21. Tomamos como ejemplo la *Intensidad del esfuerzo (IE)*:

```
BUSCARV('Evaluación JSI'!1;'Tabla JSI'!2;2;0)
```

Donde:

- (1) Celda vínculo referente al cuadro de grupo de Intensidad del esfuerzo;
- (2) Sección de la tabla 5.21 referente a la Intensidad del esfuerzo;

En otras palabras, se ha buscado en la tabla 5.21, en la parte que corresponde a la *Intensidad del esfuerzo*, el valor proveniente de la valoración asignada a dicha intensidad. Se ha procedido del mismo modo con los otros factores.

Para el cálculo del *Job Strain Index (JSI)*, se ha multiplicado todos los factores del método:

$$1*2*3*4*5*6$$

Donde:

- (1) Intensidad del esfuerzo (IE);
- (2) Velocidad de trabajo (SW);
- (3) Postura mano/muñeca (HWP);
- (4) Duración de la tarea por día (DD);
- (5) Duración del esfuerzo (DE);
- (6) Esfuerzo por minuto (EM);

A parte del JSI y sus factores, en la hoja "*Resultados JSI*" se presentan informaciones respecto a tiempos y esfuerzos, recogiendo datos de la hoja "*Evaluación JSI*", y gráficas para ilustrar tanto el índice como sus factores. Las tablas citadas se encuentran en una hoja a parte nombrada "*Tablas JSI*".

Capítulo 7. MANUAL DE USUARIO

En este apartado se describirán los objetivos e información necesaria para utilizar el fichero de Microsoft Excel en el cual se ha llevado a cabo la implementación de los métodos de evaluación ergonómica de puestos de trabajo desarrollados en el presente Trabajo de Fin de Master.

Uno de los objetivos más importantes en este trabajo es proporcionar al usuario una herramienta de evaluación sencilla y robusta que a partir de datos sacados del puesto de trabajo, se pueda valorar el riesgo de diferentes factores según métodos aclamados en el campo de la Ergonomía. Con lo cual es primordial presentar de forma clara y concisa ante del usuario el funcionamiento de esta herramienta.

7.1. Selección del Método

Una vez que el usuario ha abierto la hoja de cálculo denominada “TFM_DE ANDRADE RYAN.xlsx” dentro del software de Microsoft Excel, podrá visualizar una pantalla nombrada “Selección del método”, en el cual se puede elegir el método apropiado en función del Factor de Riesgo que se quiera evaluar (ver figura 6.1).

Los métodos en azul han sido desarrollados en este proyecto, mientras los amarillos se han dejado para futuros trabajos. Cada método direcciona a la hoja de datos, donde se empieza a introducir la información general de la evaluación.

7.2. Introducción de datos

Una vez escogido el método que se quiera utilizar, la primera pantalla presentada es la de introducción de datos. Cada método tiene su propia hoja de datos, aunque la información solicitada sea la misma.

En la hoja datos, la información está dividida en cuatro sesiones. La primera, datos del puesto, se debe insertar informaciones relativas al puesto de trabajo identificador del puesto, descripción, empresa, departamento/área y sección. Más abajo, se encuentra la sección en el cual se debe introducir los datos del trabajador que ocupa el puesto como nombre, sexo, edad,

antigüedad en el puesto, tiempo que ocupa en el puesto por jornada y duración de su jornada laboral. A la derecha, se encuentra la sección referente a datos del evaluador como empresa evaluadora (en el caso que la evaluación se realiza por una persona física, dejar en blanco), nombre del evaluador y fecha de evaluación. Por último, se encuentra la sección de observaciones, en el cual se puede escribir un texto a criterio del evaluador.

En las hojas de introducción de datos, hay un menú navegación en el cual se puede volver a la hoja inicial de *“Selección del método”*. Además, se encuentran los botones *Evaluación*, donde de hecho se empieza a insertar la información necesaria para la evaluación, y *Resultados*, donde se muestran los resultados de cada método.

En los siguientes apartados se explicará cómo se utiliza las hojas de evaluación y resultados de cada método por separado, empezando por el factor de riesgo de la carga postural.

7.3. Métodos para evaluación de la carga postural

Para valorar el nivel de riesgo en el puesto de trabajo derivados de la carga postural, se han desarrollado los métodos RULA y REBA.

7.3.1. Método RULA

Una vez seleccionado el método RULA e introducido los datos generales, nos situamos en la hoja *“Evaluación RULA”*. En principio, se debe seleccionar el tipo de evaluación que se quiere realizar: en *Un único lado del cuerpo* o *Dos lados del cuerpo*. Si se desea realizar la evaluación de un solo lado elige la opción *“Un único lado del cuerpo”*. La opción *“Dos lados del cuerpo”* permite introducir la información para la evaluación de la parte izquierda y derecha del cuerpo en un mismo estudio y mostrar los resultados de las dos evaluaciones en un único informe.

Si se elige la opción *“Un único lado del cuerpo”*, se debe introducir la información en tres grupos: Grupo A compuesto por el brazo, el antebrazos y la muñeca, Grupo B formado por las piernas, el tronco y cuello, y Fuerzas correspondiente al tipo de actividad muscular.

En el Grupo A, se debe insertar la información respecto a la posición del brazo, del antebrazo, de la muñeca y del giro de la muñeca en el puesto de trabajo de acuerdo con el

ángulo de flexión entre el miembro y las respectivas líneas de referencias. Imágenes facilitan la selección apropiada del ángulo de flexión (Ergonautas, 2015). También se puede indicar situaciones que agravan o disminuyen el riesgo. Por ejemplo, en el caso de que el brazo está rotado o abducido o el hombro está elevado, se agrava el riesgo en el puesto, mientras que si la carga no está soportada sólo por el brazo sino que existe un punto de apoyo, se disminuye.

Si se selecciona el botón “*volver*”, nos situamos una vez más en la hoja “*Evaluación RULA*”, ahora para llevar a cabo la introducción de los datos en el grupo B. Similar al grupo A, se debe insertar la posición del cuello, tronco y piernas en el puesto de trabajo, es decir, el ángulo de flexión del miembro y sus respectivas líneas de referencia. También se puede indicar situaciones que agravan el riesgo a través de casillas. Pueden darse varias de estas situaciones simultáneamente.

Si nos situamos en la pestaña “*Actividad y fuerza*”, se debe introducir el tipo de actividad muscular y las fuerzas ejercidas por el trabajador. Al finalizar en esta hoja, ya se tiene toda la información necesaria para valorar el riesgo en el puesto de trabajo. No hay una orden predeterminada para rellenar los grupos, pudiéndose complétalas según criterio del evaluador. También se puede volver a rellenar cualquier de las hojas de la evaluación, si así desea el usuario.

Si pasamos a la hoja “*Resultados RULA*”, se encuentran la *Puntuación RULA* y el *Nivel de actuación* requerido. También se muestran las *Puntuaciones parciales* donde se encuentran los valores asignados a cada miembro, las puntuaciones del grupo A y B, los valores obtenidos en tipo de actividad muscular y fuerzas, y por último las puntuaciones C y D. Se puede modificar el resultado volviendo a insertar los datos en las hojas de evaluación o guardar el resultado en un fichero de Excel.

En el caso de que la opción elegida sea “*Dos lados del cuerpo*”, nos situamos en una hoja diferente denominada “*Evaluación RULA dos lados*”. En esta hoja, se encuentran las tres mismas secciones que en “*un único lado del cuerpo*”, con la diferencia de que el *Grupo A* se divide en lado derecho y lado izquierdo. Las hojas “*Grupo A lado dcho*” y “*Grupo A lado izdo*” son idénticas, siendo que en una se inserta la posición del brazo, antebrazo, muñeca y giro de muñeca del lado derecho y la otra, izquierdo. La sección Grupo B y Fuerzas son idénticas en las dos opciones.

Si nos vamos a la hoja “*Resultado RULA dos lados*”, se puede ver un informe con la *Puntuación RULA*, *Nivel de Actuación* y *Puntuaciones parciales* tanto del lado derecho del cuerpo como del lado izquierdo. Un cuadro al final muestra las puntuaciones resumidas de cada lado.

Las dos opciones están situadas en hojas distintas, siendo cada una, una evaluación aparte, solamente compartiendo la hoja de datos.

Para volver a la pantalla “Selección del método”, se debe ir a la hoja datos de cada método y escoger el botón volver. Una vez de vuelta en la hoja inicial, se puede seguir para el próximo método que se quiere evaluar.

7.3.2. Método REBA

Tras la selección del método REBA en la hoja “*Selección del método*” y introducción de los datos generales en la hoja “*Datos REBA*”, se puede empezar la evaluación en la hoja “*Evaluación REBA*”. Igual al método RULA, la primera acción es determinar el tipo de evaluación que se quiere realizar: en “*Un único lado del cuerpo*” y “*Dos lados del cuerpo*”.

Caso la opción escogida sea “*Un único lado del cuerpo*”, se encuentran tres secciones distintas: Grupo A correspondiente a las piernas, el tronco y el cuello, Grupo B formado por el brazo, el antebrazo y la muñeca, y Fuerzas compuesto por el tipo de actividad muscular desarrollada, la fuerza aplicada y el tipo de agarre de la carga.

En el grupo A, se debe insertar la información relativa a la posición del cuello, del tronco y de las piernas, es decir, el ángulo de flexión entre el miembro y sus respectivas líneas de referencias. También se puede seleccionar casillas en el caso de que haya en el puesto de trabajo situaciones que agraven la posición del miembro evaluado.

Si volvemos a la hoja “*Evaluación REBA*” y seleccionamos el Grupo B, debemos introducir datos respecto a la posición del brazo, del antebrazo y de la muñeca, es decir, el ángulo de flexión entre el miembro y sus respectivas líneas de referencia. También hay casillas que indican situaciones que modifican el riesgo asignado al miembro.

Ya en el grupo Fuerza, se debe insertar el tipo de actividad muscular, las fuerzas ejercidas y la calidad de agarre. Todas las informaciones insertadas se basan en las observaciones del puesto de trabajo.

Con los datos introducidos en todas las secciones, podemos ir a la hoja “*Resultados REBA*” y visualizar el informe que se ha producido. En esta hoja, se muestran la *Puntuación REBA*, el *Nivel de riesgo* y el *Nivel de actuación*. Además, se muestran las *Puntuaciones parciales* con los valores asignados a cada miembro, a las *Fuerzas ejercidas*, a la *Calidad de agarre*, a el *Tipo*

de agarre, a las puntuaciones iniciales y finales del grupo A y B, y puntuación C. También una gráfica ilustra la Puntuación RULA.

Por otro lado, si la opción seleccionada es “Dos lados del cuerpo”, nos situamos en la hoja “Evaluación REBA dos lados”, que contiene las tres mismas secciones que la opción “Un único lado del cuerpo” con una diferencia: El Grupo B formado por el brazo, el antebrazo y la muñeca se divide en lado derecho y lado izquierdo. En ambos lados, la información a insertarse es la misma, considerando el respectivo lado en cuestión.

Los resultados también son similares, aunque en la hoja “Resultado REBA dos lados” se muestran los informes de ambos lados. Es decir, en separado, se muestra toda la información para el lado derecho e izquierdo ya descrita en un único lado. Además, se presenta una tabla resumen con las puntuaciones de los dos lados al final del informe.

La evaluación se puede guardar en un fichero del Excel o volver a insertar datos a cualquier momento. La orden que se rellenan las secciones tampoco importa.

Una vez finalizado la evaluación con el Método REBA, se puede volver a la pantalla inicial y seguir para el próximo método.

7.4. Métodos para evaluación de la manipulación manual de cargas

Si se desea evaluar un puesto de trabajo en el cual el factor de riesgo derivado de la manipulación manual de cargas está presente, se debe escoger o la Ecuación de NIOSH o el Método GINSHT.

7.4.1. Ecuación de NIOSH

Una vez seleccionada la Ecuación de NIOSH en la hoja inicial “Selección del método”, nos situamos en la hoja “Datos NIOSH” para introducción de datos generales.

Tras su conclusión, se debe seguir en la hoja “Evaluación NIOSH” para insertar las informaciones observadas en el puesto. Dentro de la presente hoja, se debe introducir los datos generales de la evaluación que consisten en la *Constante de Carga (LC)*, que es el peso máximo recomendado por la ecuación de NIOSH para el manejo manual de cargas, y la *Duración Global del Levantamiento*. Vale destacar que se ha fijado en 23 kg el peso máximo de la carga y solo se debe cambiar en condiciones especiales. También hay que destacar que la *Duración Global del*

Levantamiento modifica el *tiempo de recuperación*. Es decir, una vez seleccionado la *Duración Global del Levantamiento*, se debe cambiar también el *tiempo de recuperación*.

Continuando en la misma hoja, ahora en “*Datos particulares de la tarea*”, se debe indicar al principio en la casilla si existe control de la carga en el destino. En caso positivo, se debe insertar las *Distancias vertical (V)*, *Distancia horizontal (H)* y *Ángulo de asimetría (A)* tanto en la origen como en el destino. En caso de no haber control en el destino, solo se hace falta insertar los datos del levantamiento en la origen y la distancia vertical (V) en el destino. Además, se debe introducir el peso de la carga y el tipo de agarre (ver figura 4.3). Aún en la misma sección, se introduce el número de levantamientos por minuto y el tiempo de recuperación (que cambia según la *Duración Global del Levantamiento*). Por último, se marcan las casillas en las cuales indican circunstancias que podrían provocar una infravaloración del riesgo calculado. Si ninguna de las circunstancias están contemplada en el puesto, no se marca ninguna.

Una vez concluido en la hoja “Evaluación NIOSH” pasamos para la hoja “Resultados NIOSH”. En esta hoja se produce un informe que indica la *Constante de Carga (LC)*, el *Índice de levantamiento* y los *Factores multiplicadores NIOSH*. Además, se muestran el *Peso Máximo Recomendado* en la origen, destino y en la tarea (el menor entre origen y destino). En el caso de haber alguna circunstancia que pueda provocar infravaloración del riesgo, se informará al final de la hoja.

Se puede volver y alterar los datos o guardar la evaluación realizada. Una vez finalizada, volvemos a la hoja de datos donde hay el botón para volver a la hoja “Selección del método”.

7.4.2. Método GINSHT

Una vez seleccionado el método de la Guía Técnica del INSHT (GINSHT) y rellenados los datos de la evaluación, pasamos a la hoja “Evaluación GINSHT” donde hay tres secciones: *Manipulación de la carga*, *Condiciones del puesto* y *Condiciones del trabajador*. Solo la primera se debe rellenar obligatoriamente. Las demás, se introducen informaciones si se desea valorar cualitativamente las condiciones adecuadas para realizar la manipulación de la carga.

Si pasamos a la hoja “*Manipulación de la carga*”, se empieza la introducción de datos requeridos por el método. En principio, se debe insertar los *Datos generales de puesto* tales como *Postura del levantamiento*, *Peso de la carga manipulada*, *Duración de la tarea*, *Tiempo de descanso* y *Distancia de transporte*. Más adelante, se debe indicar la *Posición de levantamiento*, es decir, la altura de la carga en relación al suelo y la separación de la carga al cuerpo (carga

cerca o lejos del cuerpo). Por último, se debe introducir la información relativa a los *Factores de corrección*, que son: *Duración de la manipulación*, *Frecuencia de la manipulación*, *Desplazamiento vertical*, *Giro del tronco* y *Calidad de agarre*.

Volviendo a la hoja "*Evaluación GINSHT*", se puede seguir con la evaluación indicando si se cumplen las condiciones adecuadas para realizar la manipulación de la carga, completando la información en la sección *Condiciones del puesto* o *Condiciones del trabajador*. En ambas hojas, hay casillas que muestran circunstancias inadecuadas o que dificultan el manejo manual de cargas y un espacio para observaciones. Esta evaluación cualitativa aparecerá en el informe más adelante.

Una vez finalizado la introducción de la información requerida por la evaluación, podemos visualizar el informe en la hoja "*Resultados GINSHT*". En principio, hay que escoger el porcentaje de la población a proteger, es decir, el porcentaje o tipo de trabajadores para los que se analiza el riesgo asociado al levantamiento. Si se desea mostrar resultados válidos para la población "en general", el porcentaje de población protegida a escoger debe ser 85%. Si se desea mostrar resultados que protejan a la mayoría de la población, se escogerá 95%. Si la evaluación se centra en "trabajadores entrenados" el límite de peso recomendado será sólo aceptable para trabajadores de características especiales y para levantamientos excepcionales que no deberían prolongarse en el tiempo, quedando el resto de trabajadores desprotegidos. Así pues, los resultados mostrados variarán en función de que porcentual de poblaciones selecciones.

Más adelante, se muestran el *Peso Real* de la carga, el *Peso Teórico Recomendado* y el *Peso Aceptable*, calculados o sacados a partir de las informaciones introducidas en la hoja de "*Manipulación manual de la carga*". Además, se presenta la valoración del riesgo, si es tolerable o no.

Aún en el informe, se puede ver las informaciones introducidas respecto a *la Postura del levantamiento*, el *Peso total Transportado Diariamente* (PTTD) por el Trabajador y la *Distancia de cada transporte*. Además, se muestran los *Factores de corrección* con sus respectivos valores asignados. Al final, es posible visualizar las *Condiciones ergonómicas inadecuadas del puesto y relacionadas al trabajador* caso haya.

El informe se puede guardar o modificar los datos introducidos volviendo a la pantalla de evaluación. Si se desea concluir la evaluación y seleccionar otro método, se debe ir a la pantalla de datos y escoger el botón Volver.

7.5. Métodos para evaluación de la repetitividad

Si el factor de riesgo que se quiere evaluar está en función de movimientos repetitivos en el puesto de trabajo, se debe elegir el método OCRA CheckList o JSI, presentados en los siguientes apartados.

7.5.1. OCRA CheckList

Si optamos por el OCRA CheckList para evaluar en función del factor de riesgo derivado de la repetitividad de movimientos, nos situamos en la hoja “*Datos*” para introducir los datos generales sobre la evaluación. Una vez concluido, pasamos a la hoja “*Evaluación OCRA*”, donde se encuentran una lista desplegable para indicar la *Duración de la jornada del trabajador* y 6 secciones con diferentes aspectos a considerar en la evaluación del método: *Tiempos, Periodos de recuperación, Frecuencia, Postura, Fuerzas y Factores adicionales*.

En la hoja “*Tiempos*”, se introduce la información relativa al *Tiempo que el trabajador ocupa el puesto en la jornada* y la *Duración de las pausas oficiales y no oficiales, el Descanso para el almuerzo y Duración de las tareas no repetitivas*. Vale destacar que el *Tiempo que el trabajador ocupa el puesto en la jornada* no debe ser menor que la duración total de las *pausas y tareas no repetitivas*. Caso el usuario introduzca un tiempo de *Pausas y tareas no repetitivas* mayor que *Tiempo que el trabajador ocupa el puesto en la jornada* se devuelve un mensaje de error y se deben revisar los tiempos. En esta situación de error, no se produce el resultado del OCRA CheckList.

Siguiendo con la evaluación en la hoja “*Periodos de recuperación*”, se debe escoger la opción que mejor indique el tipo de interrupciones o pausas que reflejen las condiciones del puesto. Si no se indica ninguna alternativa, las pausas serán consideradas si duran más de 7 minutos.

Ya en la hoja “*Frecuencia*”, se debe indicar el *Tiempo de ciclo de trabajo en el puesto*, el *Número de acciones técnicas en un ciclo de trabajo* y si hay *Solo acciones dinámicas* o *Acciones estáticas y dinámicas*. También se debe indicar qué tipo de *Acciones Técnicas dinámicas y/o estáticas* están presentes en el puesto. Las acciones estáticas solo se consideran en el resultado final caso la casilla de *Acciones estáticas y dinámicas* esté marcada.

Volviendo a la pantalla de evaluación y seleccionando la sección “*Postura*”, nos situamos en la hoja del mismo nombre en el cual se debe insertar informaciones respecto a la posición

del hombro, del codo, de la muñeca, de la mano (agarre) y si hay la existencia de movimientos estereotipados. En la sección relativa al hombro, hay una casilla que sirve para indicar si las manos permanecen por encima de la altura de la cabeza, aumentando el riesgo. Ya en la sección de la muñeca, se debe indicar la duración del agarre realizado con la mano. Caso no se indique, se considera que no se realizan agarres.

Si pasamos a la hoja “Fuerza”, se debe indicar las fuerzas ejercidas con las manos o brazos de forma repetida al menos una vez a cada ciclo. Así que, en esta hoja, se debe elegir una o varias alternativas para describir las actividades del puesto que implican la aplicación de fuerza. Para cada opción marcada, se debe seleccionar la Intensidad y el tiempo de aplicación de la fuerza. Si no se ejercen fuerzas, no es necesario utilizar esta hoja.

La última sección de la evaluación, “*Factores adicionales*”, se introduce factores de riesgos adicionales relacionados a la vestimenta, temperatura y vibraciones. Además, también se debe indicar el ritmo de trabajo observado.

Una vez finalizado la introducción de datos relativos a la evaluación, se puede consultar un informe con los resultados del método seleccionando en botón “*Resultados*”. En la presente hoja denominada “*Resultados OCRA*”, se obtiene un retorno de la evaluación realizada. Al inicio del informe, se puede observar el índice CheckList OCRA para el trabajador y para la jornada completa. En el segundo caso, se considera que el trabajador ocupa el puesto durante toda la jornada laboral. También se puede ver el nivel de riesgo y acción recomendada en ambos casos, y el índice OCRA equivalente. El Índice CheckList OCRA está relacionado con el método OCRA, siendo el primero una versión simplificada y de fácil aplicación. Por lo tanto, el resultado obtenido por los dos métodos son equivalentes.

Más adelante, se puede analizar los Factores OCRA en detalles. Se muestran una gráfica con el porcentaje de aporte de cada factor al índice y el valor asignado a cada factor.

Por último, están otras informaciones de la tarea evaluada, como las informaciones insertadas en la hoja “*Tiempo*” y tiempo de ciclo y acciones técnicas. Vale destacar que solo es posible evaluar un puesto por vez. En caso del trabajador ocupar múltiples puestos, otra herramienta es necesaria para el cálculo del CheckList OCRA.

Una vez concluida la evaluación, se puede guardar el resultado o modificar los datos insertados navegando una vez más en las hojas de evaluación. Se puede alterar los datos a

cualquier momento, donde tampoco hay una orden para rellenar las secciones en la hoja de evaluación.

Para escoger otro método de evaluación, se selecciona el botón “Datos” y luego “Volver” donde se encuentra la pantalla inicial de “Selección del método”.

7.5.2. Método JSI

Si el método escogido es el *Job Strain Index (JSI)* en la hoja “Selección del método”, nos situamos en la hoja de datos, en el cual introducimos la información general sobre la evaluación.

Eligiendo el botón “Evaluación”, nos situamos en la hoja del mismo nombre, en el cual se debe introducir los datos necesarios para realizar la evaluación. En el caso del método JSI, se debe insertar informaciones sobre la descripción de la tarea como el esfuerzo necesario para realizar la tarea, el ritmo que desempeña el trabajador, la posición de la mano/muñeca relativa a la posición neutra y el tiempo de dedicación diario en la tarea analizada. Por último, se indica el tiempo de observación realizado en la tarea y el número y duración de los esfuerzos realizados por el trabajador en la observación. Por lo tanto, el tiempo de observación no debe ser menor que la duración de los esfuerzos percibidos, devolviéndose un mensaje de *ERROR* en el caso del evaluador se equivocar en la introducción de los tiempos. El resultado solo es válido caso los tiempos estén OK, indicado a través de mensaje en la hoja de evaluación y resultados.

Una vez introducido los datos necesarios para la evaluación, se puede consultar el resultado seleccionando el botón “Resultados”. En principio, se muestran el índice JSI de la tarea, así como una gráfica y recomendaciones. Más adelante, se muestran en detalles los valores asignados en cada factor de la ecuación del índice. En la última sección, se presentan los tiempos de observación y número y duración de los esfuerzos observados. También hay una gráfica que indica el porcentual de duración de los esfuerzos en la tarea observada.

Tras la conclusión de la evaluación, se puede guardar los resultados o volver a modificar los datos introducidos. Caso se desea volver a realizar otra evaluación, con otro método diferente, se debe seleccionar el botón “Datos” y en la hoja datos el “Volver”.

Las evaluaciones se pueden realizar utilizando todos los métodos para diferentes factores de riesgos o simplemente alguno de los métodos, a depender de los factores de riesgos presentes en el puesto de trabajo y determinados por el evaluador. Existen métodos de Evaluación Global como el LCE y LEST que no han sido contemplados por este trabajo. Aunque,

tras revisión de la literatura, los métodos que evalúan factores de riesgos individuales devuelven resultados más fiables.

Capítulo 8. ESTUDIO ECONÓMICO

8.1. Introducción

En este proyecto se ha desarrollado una herramienta en Microsoft Excel para el cálculo de métodos ergonómicos de evaluación de puestos de trabajo a partir de distintos factores de riesgos: de la carga postural, de la manipulación manual de cargas y de la repetitividad de movimientos. A partir de una revisión en la literatura, se ha escogido los métodos más empleados y fiables en la actualidad en el campo de la Ergonomía. Para un mejor entendimiento, se ha dedicado un capítulo para los fundamentos teóricos de dichos métodos, así como se ha elaborado manuales para programador y evaluador.

Por lo tanto, el proyecto consiste en la implementación de métodos ergonómicos en Microsoft Excel, y al elaborar un estudio económico de dicho proyecto, se considerará el coste de materiales y de las horas empleadas en el diseño y elaboración de cada una de las fases del estudio. En este proyecto no se aplica costes de nuevos equipos ni de locales, por no se tratar de un aporte sustancial de material, diferenciándose así de otros proyectos de ingeniería como mecánico, eléctrico o electrónico.

En la gestión de este proyecto, se ha puesto especial interés en cuestiones relativas a la Ergonomía, con las características especiales de aquellos dedicados a los métodos de evaluación de puestos de trabajo. Algunos de los aspectos más importantes son la gestión y el presupuesto.

En este capítulo, se explicarán en detalles los puntos fundamentales de la gestión del proyecto, comenzando con una breve exposición del personal involucrado en el desarrollo del proyecto.

8.2 Personal involucrado en el proyecto

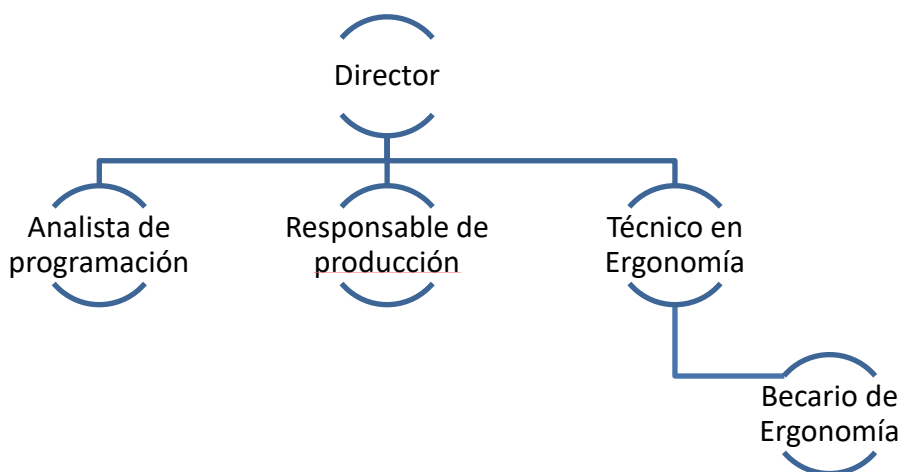
Para llevar a cabo el desarrollo de un proyecto, las personas involucradas pueden ser clasificadas según los siguientes roles:

- Director
- Técnico en Ergonomía
- Analista de programación
- Responsable de producción

➤ Becario de Ergonomía

Una jerarquía de trabajo se estable entre ellas para un mejor desempeño del proyecto (figura 8.1), así como se determina la descripción de sus principales actividades.

Figura 8.1: Organigrama del proyecto



Fuente: Elaborada por el autor (2017).

El Director será el responsable de la concepción del proyecto, de la planificación y de la realización del presupuesto económico. Además, será responsable por gestionar las diferentes personas que componen el proyecto y asegurar que cada una sepa sus funciones y cuenta con los recursos necesarios para ejecutar sus tareas. Por último, realizará la validación final del proyecto, antes de ser entregado al cliente.

El Técnico en Ergonomía es la persona especialista en el campo que se encargará de reunir toda la información necesaria para la fundamentación teórica del proyecto, analizar y seleccionar los métodos de evaluación de puestos de trabajo a implementar en Excel, realizando un diagnóstico general de ellos, además de conocer el alcance y limitación de cada uno. Una vez concluido el proyecto, también será el responsable por verificar los métodos programados para corregir posibles errores conceptuales y elaborar junto con el becario de ergonomía la memoria en los apartados que requieren su tutoría. Para este cargo, es imprescindible una relación directa con todo los integrantes del equipo, así como un amplio entendimiento de la metodología utilizada. Junto con el Analista de programación, el Técnico en Ergonomía será el responsable por la puesta en marcha del proyecto.

El Analista de programación es la persona con conocimiento de la herramienta Microsoft Excel que se encargará del proceso de implementación de los métodos. En otras palabras, él será responsable por el dominio de las técnicas de programación utilizadas en el desarrollo del proyecto, en el cual, si necesario, consultando opiniones de expertos en el tema, otros programadores y posibles usuarios. Además, se encargará de la elaboración del manual de programador y de usuario. Aquí también participa el becario de ergonomía, que servirá como soporte a la elaboración de la documentación.

Por último, el Responsable de producción informa sobre todas las circunstancias específicas de su departamento que afectan a la implementación de los métodos de evaluación ergonómica.

8.3 Software utilizado en el proyecto

El software utilizado para la programación de los métodos de evaluación de puestos de trabajo ha sido el Microsoft Excel. Debido a su característica de flexibilidad, es decir, de adaptarse a diferentes escenarios, el dicho programa posibilita la programación a través de fórmulas de fácil entendimiento y criterios de sencillez cuanto a aplicación y utilización. Además, presenta los resultados de manera clara y objetiva, permitiendo guardar los resultados o modificar los datos introducidos a cualquier momento.

Delante de este escenario, la primera particularidad que encontramos en el desarrollo del proyecto es que se trata de un proyecto que aporta en el campo de la programación de software, más específicamente, en el Excel. Siendo así, no hay como producto final un material sustancial con costes de fabricación. Los costes implicados son solo de ingeniería.

Cuanto a la vida útil del producto, los ficheros de Microsoft Excel no pierden valor con el tiempo, es decir, siguen con la misma capacidad de utilización a lo largo de los años. Aunque el software pase por actualizaciones periódicas a cada dos años, las fórmulas implementadas continúan válidas independiente de la versión del software utilizada. De hecho, podrá ser necesario revisiones y correcciones del fichero que implicarán un coste a mayores.

Respecto al mantenimiento, todo producto después de un tiempo de funcionamiento requiere un mantenimiento, sea una limpieza o un cambio de una pieza. En este proyecto, el mantenimiento se trata de una revisión periódica de las metodologías utilizadas, es decir, si los

métodos implementados siguen válidos. Una vez que la Ergonomía está en constante estudio, hay que asegurarse que los métodos continúan presentando resultados fiables.

8.4. Fases de desarrollo del Proyecto

Las fases que conllevan el desarrollo de un proyecto como este se pueden ver en la figura 8.2. La explicación de cada una se expone en seguida.

Figura 8.2: Fases de desarrollo del proyecto



Fuente: Elaborada por el autor (2017).

- Necesidad y decisión de elaboración del proyecto (1): En esta etapa se realiza un estudio de mercado sobre la demanda de un proyecto como este, es decir, se analiza los productos similares disponibles, buscando limitaciones y problemas, para lograr una posible mejor alternativa demandada por el mercado. Una vez que se tenga claro el producto a desarrollar, se determina los recursos necesarios para su elaboración. Es decir, se define las herramientas y metodologías a utilizar, el personal necesario, características del proyecto, alcance y limitaciones. Además, se debe establecer objetivos del nuevo proyecto, así como fecha de entrega y planificar las fases del proyecto. También se hará falta un estudio económico para analizar la viabilidad del proyecto, es decir, para garantizar su rentabilidad desde su principio.
- Presentación del proyecto y del equipo involucrado (2): Se realiza una difusión en la empresa del nuevo proyecto a desarrollar. Además, Se presenta el

personal implicado en el desarrollo de dicho proyecto y sus principales responsabilidades.

- Recopilación de la información (3): Una vez presentado el proyecto y su equipo, se procede la búsqueda de toda información necesaria para llevar a cabo el proyecto, incluyendo artículos, revistas, libros y otras fuentes de información. Personas también pueden ser consultadas como ergónomos, programadores y posibles usuarios.
- Estudio, selección e implementación (4): Se analiza la información reunida, a fin de buscar los mejores conceptos a utilizar en el proyecto y los métodos a evaluar, buscando lograr el objetivo propuesto. Es decir, se realiza un filtro de toda la información recopilada en la etapa anterior para que se quede solo la información necesaria para implementar el proyecto. Una vez seleccionada la información, se procede la implementación de los métodos en Excel.
- Escritura, difusión y revisión (5): ya finalizado el desarrollo de los métodos en Microsoft Excel, se procede una revisión para corregir posibles errores a nivel conceptual y de programación. Si se encuentran errores, se retrocede a la etapa anterior para su rectificación. Una vez revisado a nivel técnico y teórico, se redacta la memoria a fin de describir todo el proceso de creación. Para finalizar, se expone el proyecto y se manda al director para que valide el proyecto. Ya validado, se envía el proyecto al cliente final.

8.5. Estudio Económico

En este apartado se desarrolla en detalles el estudio económico propiamente dicho, es decir, un estudio sobre todos los gastos incurridos durante la realización del proyecto en sus distintas etapas. Se asignará un coste a cada elemento y se calculará el coste final del proyecto.

Se llevará un balance contable por actividades, en la que se valorará los costes de cada actividad realizada hasta la obtención del producto final. De esta forma, será posible analizar la influencia de cada uno de los procesos que intervienen con relación al coste total del producto. Para realizar el estudio, se procederá de la siguiente manera:

1. Asignación de las horas efectivas anuales y de las tasas hora de los sueldos.
2. Cálculo de las amortizaciones de los equipos.
3. Coste por hora y por persona de los materiales clasificados como consumibles.
4. Coste por hora y por persona de los costes indirectos.
5. Horas de personal dedicadas a cada una de las etapas.

8.5.1. Horas efectivas anuales y tasas horarias de personal

Para un mejor entendimiento, se indica las tablas 8.1 y 8.2 que reflejan respectivamente los días/horas efectivos anuales y las semanas efectivas al año.

Tabla 8.1: Días/horas efectivas anuales

Concepto	Días/Horas
Año medio: (365,25)	365,25
Sábados y domingos: (365 * 2/7)	-104,36
Días efectivos de vacaciones:	-20,00
Días festivos reconocidos:	-12,00
Media de días perdidos por enfermedad	-15,00
Cursillos de formación, etc.:	-4,00
Total estimado días efectivos:	210
Total horas/año efectivas (8 horas/día):	1.680

Fuente: Elaborada por el autor (2017).

Tabla 8.2: Semanas efectivas anuales

Concepto	Días/Horas
Año medio (semanas):	52
Vacaciones y festivos:	-5
Enfermedad:	-2
Cursos de formación:	-1
Total semanas:	44

Fuente: Elaborada por el autor (2017).

Para desarrollar el proyecto, se considera un director, un técnico en ergonomía, un analista de programación, un becario de ergonomía y un responsable de producción como visto en el apartado 8.2. Como comentado anteriormente, el director será el responsable por el estudio económico, debido a sus conocimientos en gestión financiera que lo hacen el más apto para asumir la tarea. En la tabla 8.3, se desglosa los costes relativos al personal.

Tabla 8.3: Coste de personal

Concepto	Director	Técnico en Ergonomía	Analista de Programación	Responsable de producción	Becario de Ergonomía
Sueldo	48.000 €	30.000 €	30.000 €	30.000 €	7.200 €
Seguridad social (35%)	16.800 €	10.500 €	10.500 €	10.500 €	2.520 €
Total	64.800 €	40.500 €	40.500 €	40.500 €	9.720 €
Coste horario:	38,57 €	24,11 €	24,11 €	24,11 €	5,79 €
Coste semanal:	1.472,73 €	920,45 €	920,45 €	920,45 €	220,91 €

Fuente: Elaborada por el autor (2017).

8.5.2. Cálculo de la amortización de los equipos

Para los equipos informáticos utilizados se considera un período de amortización de 5 años, con una cuota lineal. Con el objetivo de disminuir los costes, los equipos utilizados se dividirán en dos grupos. Para la etapa de recopilación de la información, se ha utilizado un equipo menos potente incurriendo en un menor gastos, mientras que para la implementación y edición se ha escogido un equipo más potente, debido a necesidad más profesional del uso. Las tablas 8.4 y 8.5 muestran los costes de cada uno de los equipos utilizados.

Tabla 8.4: Coste del equipo para recopilar la información

Concepto	Coste	Cantidad	Coste Total
Portátil - Asus F541U, i7-6500U, 4GB RAM, 1TB NVIDIA GEFORCE, 14 pulgadas	700 €	1 €	700 €
Microsoft Windows 10	135 €	1 €	135 €
Software de desarrollo Microsoft Word 2016	70 €	1 €	70 €
Microsoft Excel 2016	69,90 €	1,00 €	69,90 €
Total a amortizar:			974,80 €
	Tipo	Coste	Amortización
	Diaria	2,67 €	0,53 €
	Semanal	18,75 €	3,75 €
	Horaria	0,33 €	0,07 €

Fuente: Elaborada por el autor (2017).

Tabla 8.5: Coste del equipo profesional

Concepto	Coste	Cantidad	Coste Total
Apple iMAC 21,5 pulgadas 4K, i5 - 7500, 8GB RAM, Disco duro 1TB	1.509,59 €	1	1.509,59 €
Impresora de tinta HP OfficeJet Pro 6970	175,35 €	1	175,35 €
Software de desarrollo			
Microsoft Windows 10 Pro	240,00 €	1	240,00 €
Microsoft Excel 2016	188,99 €	1	188,99 €
Total a amortizar:			2.113,93 €
	Tipo	Coste	Amortización
	Diaria	5,79 €	1,16 €
	Semanal	40,65 €	8,13 €
	Horaria	0,72 €	0,14 €

Fuente: Elaborada por el autor (2017).

8.5.3. Coste de los materiales consumibles

En los materiales consumibles se ha estimado el consumo anual por persona, obteniendo los siguientes resultados conforme tabla 8.6:

Tabla 8.6: Coste de los materiales consumibles

Concepto	Coste
Papeles de impresora	19,90 €
Tinta para impresora	35,65 €
USB	14,90 €
Otros	100,00 €
Coste anual total por persona	170,45 €
Coste horario por persona	0,06 €

Fuente: Elaborada por el autor (2017).

8.5.4. Costes indirectos

En la tabla 8.7, se ha considerado una estimación de los gastos indirectos anual por persona:

Tabla 8.7: Costes indirectos

Concepto	Coste
Teléfono	144 €
Electricidad	360 €
Alquileres	1.080 €
Calefacción	350 €
Agua	36 €
Otros	250 €
Coste anual por persona:	2.220 €
Coste horario por persona:	0,76 €

Fuente: Elaborada por el autor (2017).

8.5.5. Horas de personal dedicadas a cada fase del proyecto

Tras la realización de un estudio de tiempos y la revisión de otros estudios de tiempos para proyectos similares, se ha definido las horas dedicadas por cada persona en el equipo en las etapas de desarrollo del proyecto, como muestra la tabla 8.8.

Tabla 8.8: Horas dedicadas a cada etapa

Personal	Etapas				
	1	2	3	4	5
Director	20	8	4	18	75
Técnico en Ergonomía	20	12	30	120	100
Analista de programación	10	6	30	150	50
Responsable de producción	4	2	20	10	10
Becario de ergonomía	4	6	25	80	120

Fuente: Elaborada por el autor (2017).

8.6. Costes asignados a cada fase del proyecto

Para determinar los costes en cada fase del proyecto, se tendrán en cuenta la tabla 8.8 en la que se hace una relación de las horas de cada persona dedicada a cada etapa, los precios por hora del personal implicad, los costes estimados de material consumible y costes indirecto.

8.6.1. Etapa 1: Necesidad y decisión de elaboración del proyecto

En esta etapa intervienen todos los integrantes del equipo, aunque el director y el técnico en ergonomía son los responsables directos por esta fase. La tabla 8.9 muestra los costes asociados a esta etapa.

Tabla 8.9: Costes asociados a la fase 1

	Concepto	Horas	Coste horario	Coste Total
Personal	Director	20	38,57 €	771,40 €
	Téc. En Ergonomía	20	24,11 €	482,20 €
	Analista de programación	10	24,11 €	241,10 €
	Responsable de producción	4	24,11 €	96,44 €
	Becario de Ergonomía	4	5,79 €	23,16 €
Amortización	Equipo información	10	0,53 €	5,30 €
	Equipo desarrollo	0	1,16 €	- €
Material consumible	Varios	10	0,06 €	0,60 €
Costes indirectos		10	0,76 €	7,60 €
Coste total de la etapa:				1.627,80 €

Fuente: Elaborada por el autor (2017).

8.6.2. Etapa 2: Presentación del proyecto y del equipo involucrado

En esta etapa se realiza una presentación del proyecto. Se da a conocer el equipo que trabajará en el desarrollo de los métodos. Los costes en esta etapa se resumen en la Tabla 8.10.

Tabla 8.10: Costes asociados a la fase 2

	Concepto	Horas	Coste horario	Coste Total
Personal	Director	8	38,57 €	308,56 €
	Téc. En Ergonomía	12	24,11 €	289,32 €
	Analista de programación	6	24,11 €	144,66 €
	Responsable de producción	2	24,11 €	48,22 €
	Becario de Ergonomía	6	5,79 €	34,74 €
Amortización	Equipo información	8	0,53 €	4,24 €
	Equipo desarrollo	0	1,16 €	- €
Material consumible	Varios	8	0,06 €	0,48 €
Costes indirectos		8	0,76 €	6,08 €
Coste total de la etapa:				836,30 €

Fuente: Elaborada por el autor (2017).

8.6.3. Etapa 3: Recopilación de la información

En esta etapa, el técnico de ergonomía junto con el analista de programación recopila toda la información necesaria para el desarrollo del proyecto. El coste de sus horarios representan los mayores gastos en esta etapa.

Basados en el estudio de tiempos de la tabla 8.8 y las tasas horarias de personal, amortización, material consumible y resto de los costes indirectos, los costes de esta fase se muestran en la tabla 8.11.

Tabla 8.11: Costes asociados a la fase 3

	Concepto	Horas	Coste horario	Coste Total
Personal	Director	4	38,57 €	154,28 €
	Téc. En Ergonomía	30	24,11 €	723,30 €
	Analista de programación	30	24,11 €	723,30 €
	Responsable de producción	20	24,11 €	482,20 €
	Becario de Ergonomía	25	5,79 €	144,75 €
Amortización	Equipo información	30	0,53 €	15,90 €
	Equipo desarrollo	0	1,16 €	- €
Material consumible	Varios	20	0,06 €	1,20 €
Costes indirectos		20	0,76 €	15,20 €
Coste total de la etapa:				2.260,13 €

Fuente: Elaborada por el autor (2017).

8.6.4. Etapa 4: Estudio, selección e implementación

En esta etapa considerada la más crítica, por lo cual representa la fase de mayor gasto en el proyecto, es imprescindible la colaboración de todo el personal involucrado en el desarrollo del proyecto.

Los costes asignados a esta etapa se muestran en la tabla 8.12.

Tabla 8.12: Costes asociados a la fase 4

	Concepto	Horas	Coste horario	Coste Total
Personal	Director	18	38,57 €	694,26 €
	Téc. En Ergonomía	120	24,11 €	2.893,20 €
	Analista de programación	150	24,11 €	3.616,50 €
	Responsable de producción	10	24,11 €	241,10 €
	Becario de Ergonomía	80	5,79 €	463,20 €
Amortización	Equipo información	120	0,53 €	63,60 €
	Equipo desarrollo	150	1,16 €	174,00 €
Material consumible	Varios	150	0,06 €	9,00 €
Costes indirectos		150	0,76 €	114,00 €
Coste total de la etapa:				8.268,86 €

Fuente: Elaborada por el autor (2017).

8.6.5. Etapa 5: Escritura, difusión y revisión

En esta etapa, se procede a la escritura de la memoria en el cual se detalla el proceso de implementación de los métodos en Microsoft Excel, labor a cargo del becario de ergonomía con la supervisión del técnico en ergonomía, en los apartados de su tutoría, y del Analista de

programación en los apartados que le intervienen. Una vez escrito y revisado, se lleva a cabo la aprobación final y difusión de los resultados del proyecto a cargo del Director.

Los costes asignados en esta fase se muestran en la tabla 8.13.

Tabla 8.13: Costes asociados a la fase 5

	Concepto	Horas	Coste horario	Coste Total
Personal	Director	75	38,57 €	2.892,75 €
	Téc. En Ergonomía	100	24,11 €	2.411,00 €
	Analista de programación	50	24,11 €	1.205,50 €
	Responsable de producción	10	24,11 €	241,10 €
	Becario de Ergonomía	120	5,79 €	694,80 €
Amortización	Equipo información	100	0,53 €	53,00 €
	Equipo desarrollo	80	1,16 €	92,80 €
Material consumible	Varios	100	0,06 €	6,00 €
Costes indirectos		100	0,76 €	76,00 €
Coste total de la etapa:				7.672,95 €

Fuente: Elaborada por el autor (2017).

8.7. Cálculo del coste total

El Coste total se obtiene a partir de la suma de los costes totales de cada una de las cinco fases del proyecto, que se han detallado en los apartados anteriores. Los costes totales desglosados para cada una de las fases se muestran en la tabla 8.14.

Tabla 8.14: Coste total de desarrollo del proyecto

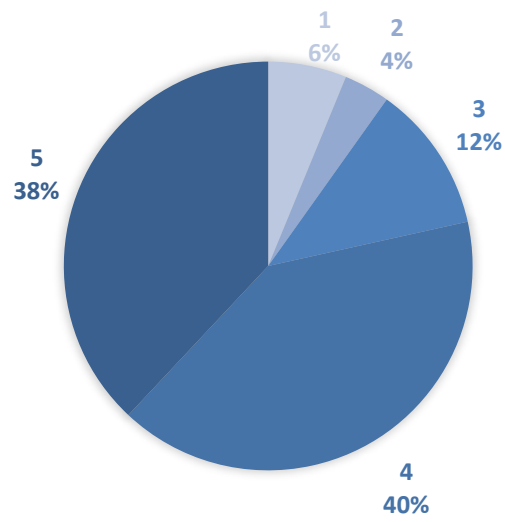
Actividad	Horas	Coste
Necesidad y decisión de elaboración del proyecto (1)	58	1.627,80 €
Presentación del proyecto y del equipo involucrado (2)	34	836,30 €
Recopilación de la información (3)	109	2.260,13 €
Estudio, selección e implementación (4)	378	8.268,86 €
Escritura, difusión y revisión (5)	355	7.672,95 €
Total	934	20.666,04 €

Fuente: Elaborada por el autor (2017).

Vale destacar que a este coste final hay que aplicar el Margen Comercial y los Impuestos Indirectos (IVA, etc.).

Para tener una visión más específica de la duración de cada etapa en el desarrollo del proyecto, se puede consultar la figura 8.1.

Figura 8.3: Duración de cada etapa del proyecto



Fuente: Elaborada por el autor (2017)

Capítulo 9. CONCLUSIONES Y FUTUROS DESARROLLOS

CONCLUSIONES

Como se ha visto en el capítulo 2 durante la revisión de la literatura, el campo de la Ergonomía es bastante amplio al estar compuesto por distintas disciplinas, aunque este trabajo se ha centrado en la parte relativa a la ingeniería de producción. En la Ergonomía se interrelacionan dos tipos de conocimientos: sobre el hombre, de tipo teórico, y sobre la acción, de tipo práctico, siendo el último el enfoque dado por este trabajo.

Tras el análisis de artículos y editoriales publicados en las revistas de mayor impacto en lo que a Ergonomía se refiere, se ha podido comprobar que temas relacionados con los trastornos músculo-esquelético (TME) y otras desórdenes son bastante frecuentes y, dentro de este tema, están los trabajos sobre ergonomía aplicada a los esfuerzos físicos en el trabajo. Se ha visto que factores de riesgo presentes en los puestos de trabajo, como el levantamiento de cargas manual, la posturas inadecuadas, los movimientos repetitivos, los factores psicosociales, el ambiente térmico, entre otros, están directamente relacionados con la aparición de desórdenes de tipo TME, donde los síntomas van desde pequeñas molestias hasta la inhabilitación del miembro afectado.

En este contexto, se ha desarrollado este proyecto con el fin de avanzar en el campo de la ergonomía aplicada, actuando en la primera fase: el diagnóstico. Como se ha podido ver a lo largo de este trabajo, la literatura recoge diversos métodos de evaluación de puestos de trabajo en función de diferentes factores de riesgo. Sin embargo, los software disponibles actualmente en el mercado son caros y exigen de una inversión financiera por parte del evaluador que hace complicado llevar a cabo el diagnóstico deseado.

Buscando una solución para esta situación, se han implementado una serie de métodos de evaluación de puestos de trabajo, utilizando una herramienta accesible a la mayoría de los profesionales: Microsoft Excel.

La primera etapa del proyecto ha permitido conocer en profundidad y explicar de forma sencilla y clara los fundamentos teóricos de los métodos de evaluación seleccionados en este trabajo. De este modo, tanto el programador como el evaluador adquieren los conocimientos necesarios para el desarrollo de la herramienta o para realizar la evaluación.

En una segunda fase, a través de la programación en Excel, se ha elaborado un instrumento de evaluación de puestos de trabajo sencillo y robusto, que a partir de la introducción de datos obtenidos por el evaluador, produce informes con el nivel de riesgo presente en el puesto de trabajo y el nivel de actuación necesario.

La programación en Microsoft Excel ha resultado práctica gracias a los conocimientos de programación y manejo del programa adquiridos en pasado. En este sentido, se ha escrito un manual de programador a fin de servir como guía a otras personas que, poseyendo conocimientos avanzados del Excel, quieran desarrollar otros métodos de evaluación ergonómica.

Además, se ha elaborado un manual de usuario con instrucciones para un evaluador pueda aplicar los métodos seleccionados por este TFM a puestos de trabajo donde se encuentran los factores de riesgos contemplados por este proyecto.

Por último, se ha incluido un estudio económico y con el fin de estimar los costes para desarrollar el proyecto y el grado de cumplimiento de los objetivos propuestos inicialmente. En definitiva, el trabajo ha cumplido con los objetivos propuestos: recopilar información sobre el tema, desde conceptos de la ergonomía hasta la fundamentación teórica de los métodos, y aún más importante, a partir de la información reunida, se ha desarrollado una herramienta de evaluación ergonómica fiable, que se puede aplicar a diferentes tipos de puestos de trabajo, y que con nuevos desarrollos puede ser útil durante un largo periodo de tiempo.

FUTUROS DESARROLLOS

El trabajo final de master desarrollado ha abierto un camino para muchas otras oportunidades de estudio. Como en la mayoría de los proyectos, por cuestión de tiempo, se ha priorizado algunos métodos y factores de riesgo frente a otros, dejando la posibilidad de continuar con el desarrollo de otros métodos en el fichero elaborado por este proyecto.

Los métodos no contemplados por este trabajo que pueden implementarse en el futuro trabajos son: el método OWAS y Evaluación Postural Rápida en función del factor de riesgo carga postural y las tablas de Snook y Ciriello derivados del factor de riesgo de la manipulación manual de cargas. También se puede implementar los métodos derivados de factores de riesgo que no han sido incluidos en este proyecto como: el análisis biomecánico relativo a este mismo factor

de riesgo, el método FANGER en función del ambiente térmico y los métodos de evaluación global como LCE y LEST, que consideran diferentes factores de riesgo.

Una vez implementados diferentes métodos en diferentes factores de riesgo, sería posible desarrollar trabajos aplicados a puestos de trabajo utilizando la herramienta antes elaborada. Como ejemplo, estos métodos podrían aplicarse al análisis ergonómico de los puestos de trabajo de la Escuela Lean de *Renault Consulting*. La Escuela Lean, que representa un entorno industrial para la enseñanza de los fundamentos del *Lean Manufacturing*, tiene puestos de trabajo manuales, útiles y herramientas, medios de transporte y manutención, medios de almacenamiento y embalaje, entre otros instrumentos para simular un ambiente industrial. Siendo así, se puede aplicar los métodos ergonómicos a la Escuela, elaborar diagnósticos de los actuales puestos de trabajo y proponer mejoras en el puesto relacionadas con los aspectos ergonómicos. La Escuela Lean es un ambiente ideal para aplicación de la herramienta, por tratarse de un espacio de aprendizaje y que reproduce muy bien el entorno industrial.

A parte de aplicar esta herramienta en la Escuela Lean, se puede hacer uso de la misma en la propia industria, en la cual se puede realizar un diagnóstico de los actuales puestos de trabajo, proponer un plan de mejora y analizar la efectividad de las mejoras indicadas.

En el campo de la evolución de la ergonomía, y considerando la interdisciplinariedad de la misma, también se puede hacer estudios para adaptar los métodos generales a puestos propios de trabajo de sectores específicos como en la logística. En el ambiente de la logística, muchos factores de riesgo están presentes, dependiendo del grado de automatización de la empresa logística. Factores como el levantamiento manual de cargas, la repetitividad de movimientos, la carga postural, el ambiente térmico, entre otros, pueden estar presentes en almacenes y transportes, lo que hace necesaria una evaluación propia para estos puestos.

Por último, los métodos encontrados en la literatura y utilizados en este trabajo, aunque fiables y bastante difundidos, presentan limitaciones que pueden afectar a los resultados. Como ejemplo, tomamos el método Ecuación de NIOSH del factor de riesgo de manipulación manual de cargas. Para que una tarea pueda ser evaluada correctamente, las tareas de manejo de carga que habitualmente acompañan el levantamiento (mantener la carga, empujar, transportar, subir, caminar, etc.) no deben suponer un gasto significativo de energía. Considerando que la mayoría de los levantamientos están vinculados a estas acciones, la valoración del riesgo puede verse afectada. Además, el ambiente térmico debe ser entre 19 y 26 grados, aunque en realidad sabemos que las temperaturas de un almacén, por ejemplo, pueden llegar a valores fuera de

este rango. Siendo así, se ve la necesidad de revisar las limitaciones del método y proponer adaptaciones más condicentes a la realidad.

Bibliografía

Libros y artículos:

1. Almagro Torres, B. Jesús; Borrero Hernández, Josefa; Paramio Pérez, Gema; Carmona Márquez, José y Sierra Robles, Ángela (2009), Trastornos musculoesqueléticos en el personal de administración y servicios de la Universidad de Huelva, en Revista digital de salud y seguridad en el trabajo, nº 1, pp. 1-20.
2. Asensio-Cuesta, S.; Bastante-Ceca, M. J. y Diego-Mas, J. A. (2012), Evaluación ergonómica de puestos de trabajo, Madrid, Ed. Paraninfo.
3. Chiasson, M.; Imbeau, D.; Major, J. y Delisle, A. (2015), Influence of musculoskeletal pain on workers' ergonomic risk-factor assessments, *Applied Ergonomics*, vol. 49, pp. 1-7.
4. Colombini D., Occhipinti E., Grieco A., 2002. Risk assessment and management of repetitive movements and exertions of upper limbs. Elsevier. pp. 111-117.
5. Corbí-Santamaría, M.; Baños-Martínez, V.; Ruiz Palomo, E.; Esoclar Llamazares, C.; Luis Rico, I.; Palmero Cámara, C. y Jiménez Eguizábal, A. (2014), Ergonomía y actividad física en mayores, *International Journey of Developmental and Educational Psychology*, 2(1), pp. 243-252.
6. Diego-Más, J.A., Poveda-Bautista, R. Y Garzon-Leal, D.C., 2015. Influences on the use of observational methods by practitioners when identifying risk factors in physical work. *Ergonomics*, 58(10), pp. 1660-70.
7. Falzon, P. (ed.) (2009), Manual de ergonomía, Madrid, Ed. Modus laborandi.
8. Falzon, P. (2009), Naturaleza, objetivos y conocimientos de la ergonomía, Falzon, Pierre (ed.), Manual de ergonomía, Madrid, Ed. Modus laborandi, pp. 17-36.
9. Gallagher, S. y Schall, M. J. (2016), Musculoskeletal disorders as a fatigue failure process: evidence, implications and research needs, *Ergonomics*, Vol. 60:2, pp. 255-269.
10. Haslam, R. (2013), State of science reviews, *Ergonomics*, vol. 56:10, pp. 1489-1490.
11. Hignett, S. Y McAtamney, L, 2000. REBA: Rapid Entire Body Assessment. *Applied Ergonomics*, 31, pp.201-205.
12. Leplat, J. y de Montmollin, M. (2009), Las proximidades disciplinarias de la ergonomía, Falzon, Pierre (ed.), Manual de ergonomía, Madrid, Ed. Modus laborandi, pp. 37-52.
13. Leirós, L. I. (2009), Historia de la Ergonomía, o de cómo la Ciencia del Trabajo se basa en verdades tomadas de la Psicología, *Revista de Historia de la Psicología*, vol. 30:4, pp. 33-53.
14. Mcatamney, L. y Corlett, E. N., 1993, RULA: A survey method for the investigation of work-related upper limb disorders. *Applied Ergonomics*, 24, pp. 91-99.

15. Moore, J.S. y Garg, A., 1995, The Strain Index: A proposed method to analyze jobs for risk of distal upper extremity disorders. *American Industrial Hygiene Association Journal*, 56, pp 443-458.
16. Morales-Quispe, J.; Suárez Oré, C. A.; Paredes Tafur, C.; Mendoza Fasabi, V.; Meza Aguilar, L. y Colquehuanca Huamani, L. (2016), Trastornos musculoesqueléticos en recicladores que laboran en Lima Metropolitana, *Anales de la facultad de medicina*, 77(4), pp. 357-363.
17. Muñoz Poblete, C. y Vanegas López, J. (2012), Asociación entre puesto de trabajo computacional y síntomas musculoesqueléticos en usuarios frecuentes, *Medicina y seguridad del trabajo*, vol. 58:227, pp. 98-106.
18. Nath, N.; Akhavian, R. y Behzadan, A. (2017), Ergonomic analysis of construction worker's body postures using wearable mobile sensors, *Applied Ergonomics*, vol. 62, pp. 107-117.
19. Rivas, R. R. (2007), *Ergonomía en el diseño y la producción industrial*, Buenos Aires, Ed. Nobuko.
20. Robla Santos, D. (2015), El papel de la ergonomía en la prevención y evaluación de la carga física en un centro hospitalario: evaluación de las tareas de movilización de pacientes mediante el método MAPO Index, *Universidade da Coruña*, tesis doctoral.
21. Salmon, Paul M.; Walker, Guy H.; Read, Gemma J. M., Goode Natassia y Stanton, Neville, A. (2016), Fitting methods to paradigms: are ergonomics methods fit for systems thinking?, *Ergonomics*, pp. 194-205. Vol. 60:2.
22. Skiadopoluos, A. (2015), Análisis biomecánico y caracterización de la intervención muscular y la calidad de control motor en el contexto de la manipulación manual de cargas, *Universidad de Extremadura*, tesis doctoral.
23. Silverstein, B. A., Fine, L. J. y Armstrong, T. J. (1986). Hand wrist cumulative trauma disorders in industry. *British Journal of Industrial Medicine* 43(11), 779-784.
24. Stanton, N. A.; Salmon, P. M. y Walker, G. H. (2016), Editorial. New paradigms in ergonomics, *Ergonomics*, pp. 151-156. Vol. 60:2.
25. Tsao, L.; Chang, J. y Ma L. (2017), Fatigue of Chinese railway employees and its influential factors: Structural equation modelling, *Applied Ergonomics*, vol. 62, pp. 131-141.
26. Villar Fernández, M. F. (2015), *Posturas de trabajo: evaluación del riesgo*, Madrid, Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT).
27. Villar Fernández, M. F. y Álvarez Bayona, T. (2016), *Riesgos de trastornos musculoesqueléticos asociados a la carga física en puestos de logística*, Madrid, Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT).
28. Zorrilla Muñoz, V. (2012), *Trastornos musculoesqueléticos de origen laboral en actividades mecánicas del sector de la construcción*, *Universidad de Extremadura*, tesis doctoral.

Páginas web:

1. Diego-Mas, Jose Antonio. Ergonautas, Universidad Politécnica de Valencia, 2015. [consulta 09-06-2017]. Disponible online: <http://www.ergonautas.upv.es>.
2. Ministerio de Empleo y Seguridad Social, 2015. [consulta 09-06-2017]. Disponible online: <http://www.empleo.gob.es/es/estadisticas/>.
3. Prevención de riesgos laborales en el sector primario, 2017. [consulta 09-06-2017]. Disponible online: <http://www.infopreben.com/index.php/home-infopreben>.