

08-005

## PROPOSAL FOR THE APPLICATION OF NEW TECHNOLOGIES TO THE TRAINING OF WORKERS FOR THE PREVENTION OF MUSCULOSKELETAL DISORDERS

Diego Más, José Antonio; Poveda Bautista, Rocío

Universidad Politécnica de Valencia

Musculoskeletal disorders are the most common cause of occupational disease, and the economic cost associated to them is high (2% of European GDP). In recent year, Spanish companies' investment in training for the prevention of musculoskeletal disorders has increased. However, the degree of transfer of the training to the workplace is very low due to significant deficiencies in the approach of the training, which causes low apprehension of contents and low perception of real risk.

ergoTIC project aims the inclusion of new communication technologies, with high levels of immersion and interaction with the user, in worker training for the prevention of musculoskeletal disorders.

In this project, new technologies, immersive techniques and interactivity with workers are introduced in contents' presentations. The goal is to get knowledge and adequate risk perception by workers through immersion and firsthand experience, and achieve to increase the transfer of the knowledge to real activity in workplaces.

**Keywords:** *Occupational risks' prevention; training in occupational risk prevention; new technologies*

## PROPUESTA DE APLICACIÓN DE NUEVAS TECNOLOGÍAS A LA FORMACIÓN DE TRABAJADORES PARA LA PREVENCIÓN DE LOS TRASTORNOS MÚSCULO-ESQUELÉTICOS

Los trastornos músculo-esqueléticos son la causa más común de enfermedad laboral, y el coste económico a ellos asociado es enorme (2% del PIB Europeo). Sin embargo, el grado de transferencia real de la formación en prevención recibida por el trabajador al puesto de trabajo es muy bajo debido a deficiencias importantes en el planteamiento de la formación impartida, que provoca una baja aprehensión de los contenidos y la no percepción del riesgo real para su salud.

El proyecto ergoTIC tiene como objetivo la inclusión de nuevas tecnologías de comunicación y visualización de contenidos, con elevados grados de interacción con el usuario en la formación del trabajador en la prevención de los trastornos músculo-esqueléticos.

En este proyecto se introducen nuevas tecnologías en la presentación de contenidos y técnicas de alta inmersión en la formación de los trabajadores en la prevención de riesgos ergonómicos. El objetivo es lograr que, a través de la inmersión y la vivencia en primera persona de las consecuencias reales de este tipo de trastornos, el trabajador tenga una adecuada percepción del riesgo, adquiera los conocimientos para evitarlos y aumente la transferencia de los mismos a su actividad real en el puesto de trabajo.

**Palabras clave:** *Prevención de riesgos laborales; formación en prevención; nuevas tecnologías*

Correspondencia: [jodiemas@dpi.upv.es](mailto:jodiemas@dpi.upv.es)



©2018 by the authors. Licensee AEIPRO, Spain. This article is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

## 1. Introducción

El objetivo de este trabajo es lograr disminuir la prevalencia de los trastornos músculo-esqueléticos (TMEs) de origen laboral en la población mediante el empleo de TICs (tecnologías de la información y las comunicaciones) en los procesos formativos de los trabajadores para la prevención de riesgos laborales. La disminución de la prevalencia de los TMEs es afrontada comúnmente actuando sobre el diseño físico y organizativo de los puestos de trabajo. Sin embargo, es difícil progresar más en la consecución de este objetivo sin actuar sobre la otra causa fundamental del problema: la formación de los trabajadores en la prevención de los TMEs. Aunque los puestos de trabajo estén perfectamente diseñados y la organización del trabajo sea la adecuada, eliminar los factores de riesgo de TMEs requiere un adecuado desempeño de la tarea por parte de los trabajadores que los ocupan. En caso contrario, la propia forma de desarrollar la actividad por parte del trabajador introduce factores de riesgo que no es posible eliminar desde la reingeniería del sistema productivo.

La motivación de este trabajo se fundamenta en los antecedentes que se presentan en apartados posteriores. En primer lugar se expondrá la magnitud del problema de los TMEs y los elevados costes económicos y sociales que suponen, lo que conlleva que cualquier mínimo avance en este sentido tenga como consecuencia un importante ahorro económico y una mejora en las condiciones de vida de la población. Tras ello, se expondrán los factores de riesgo que provocan la elevada prevalencia de los TMEs, y las dos vías de actuación básicas para su disminución. Los antecedentes muestran que en la primera de las vías, la reingeniería del sistema productivo, se han logrado importantes avances, pero que en la segunda, la formación del trabajador, no se han introducido las mejoras necesarias. Tras ello se expondrán los problemas más comúnmente detectados en la formación del trabajador. Posteriormente se expondrá cómo la introducción de nuevas tecnologías de la información y las comunicaciones y el desarrollo de contenidos inmersivos e interactivos pueden mejorar sustancialmente los resultados y la transferencia en la formación de los trabajadores.

## 2. La magnitud del problema de los trastornos músculo-esqueléticos de origen laboral

Junto con los desórdenes mentales, los TME con origen en el trabajo constituyen la principal de causa de enfermedad laboral y absentismo en la actualidad (Fourth, Fifth and Sixth European Working Conditions Surveys, 2005, 2010, 2015). La European Labour Force Survey (Cammara, 2007) indica que los TMEs representan el 53% de todas las enfermedades relacionadas con el trabajo en la Unión Europea y son la causa del 50% de todas las ausencias del trabajo de más de tres días, del 49% de las ausencias de más de dos semanas y, aproximadamente, del 60% de los casos de incapacidad permanente. 100 millones de ciudadanos europeos sufren TMEs crónicos (Veale et al., 2008), y 40 millones de ellos los atribuyen directamente a su actividad laboral (European Commission, 2004).

La alta prevalencia de los TMEs tiene enormes repercusiones económicas y sociales (Bevan, 2015). El 67% de los afectados declara que su calidad de vida se ha reducido significativamente (Veale et al., 2008) debido al dolor crónico, la fatiga crónica, y a motivos económicos como la disminución de sus ingresos debido a las bajas laborales, el aumento de los gastos en fármacos, consultas médicas, etc. Un 49% de ellos declara ser incapaz de realizar con normalidad su trabajo habitual, y de ellos, un 30% prefieren ocultar su

enfermedad por miedo a la discriminación o a la pérdida de su puesto de trabajo (Gignac et al., 2008).

Los costes económicos asociados a los TMEs son difícilmente mensurables (Merkesdal et al., 2005). Para calcularlos deben considerarse los Costes Directos (gastos médicos, detección, tratamiento, rehabilitación...), los Costes Indirectos (pérdidas de horas de trabajo, pérdidas de productividad, pérdidas de ingresos...) y los Costes Intangibles o Sociales (Group, 2003). La AFL-CIO estimó en 20 billones de dólares (americanos) los costes directos anuales de los TME en Estados Unidos en 2002. En Europa, en 1999, los costes directos anuales de los TME oscilaban entre el 0,5% y el 2% del PIB según países (Díez de Ulzurrun et al., 2007). Según la estimación más reciente (Cammarota, 2007), los costes directos totales asociados a los TMEs en la Unión Europea ascienden a 240.000 millones de euros, aproximadamente el 2% del PIB Europeo, suponiendo entre el 40 y el 50% de todos los costes asociados a problemas de salud laboral. La magnitud del coste económico es mayor si se considera que los costes directos son solo un 48% del total (European comision, 2004).

Dada la gran magnitud del problema y sus elevados costes económicos y sociales, es comprensible que los organismos públicos fomenten estrategias para la disminución de la prevalencia de los TMEs. Cualquier nueva estrategia que redujera simplemente un 5% la prevalencia en la Unión Europea, supondría un ahorro del orden de 6.400 millones de euros anuales. La European Commission's Health Strategy (COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES, 2007) argumenta: 'Health is important for the wellbeing of individuals and society, but a healthy population is also a prerequisite for economic productivity and prosperity'.

### **3. Factores de riesgo para la aparición de Trastornos Músculo-Esqueléticos**

Son muchas las dolencias que se engloban dentro de los TME (patologías articulares, periarticulares u óseas como: epicondilitis, epitrocleitis, tenosinovitis, bursitis, síndrome del túnel carpiano, del túnel radial, del pronador redondo, de DeQuervain, hernias discales, lumbalgias, cifosis...) por lo que es difícil establecer con precisión los factores de riesgo particulares de cada tipología. Sin embargo, existe consenso sobre los factores más comúnmente relacionados con su aparición. Según la Agencia Europea para la Seguridad y la Salud en el Trabajo pueden agruparse en tres tipos: Factores físicos, Factores organizativos y psicosociales y Factores individuales.

Los dos primeros tipos de factores están relacionados con los condicionantes propios del puesto de trabajo ocupado y la estructura organizativa de la empresa. Existe un elevado grado de evidencia científica sobre la relación del desarrollo de TMEs y la exposición a factores de riesgo como los movimientos repetitivos, la aplicación de fuerzas, las posturas forzadas, las vibraciones o la combinación de varios de estos factores (Putz-Anderson et al., 1997). Los Factores de riesgo individuales incluyen la edad, la antigüedad laboral, el género, el tabaquismo o las dimensiones antropométricas (Diego-Mas et al., 2009). Aunque los factores de riesgo dependen en gran medida del tipo de TME o de la parte del cuerpo afectada (Asensio-Cuesta, S. et al.), en la Tabla 1 se presentan los principales factores de riesgo ordenados de mayor a menor evidencia de relación con los TMEs.

**Tabla 1: Principales factores de riesgo ordenados de mayor a menor evidencia de relación con los TMEs**

Factores de Riesgo	Tipo
Falta de actividad física	Individual
Combinación de la exposición a diversos factores de riesgo	Físico
Adopción de posturas estáticas o forzadas	Físico
Realización de movimientos repetitivos	Físico
Adopción de posturas forzadas	Físico
Diseños ergonómicos inadecuados relacionados con el manejo manual de cargas	Físico
Diseños ergonómicos inadecuados relacionados con pantallas de visualización de datos	Físico
Trabajo prolongado que provoca una larga exposición a riesgos asociados con TMEs.	Organizativo
Vibraciones	Físico
Diseño ergonómico inadecuado en interfaces hombre-máquina.	Físico
Condiciones ambientales	Físico
Edad	Individual
Ritmo de trabajo elevado	Organizativo
Trabajo con pantallas de visualización de datos	Físico
Falta de actividad física	Individual
Combinación de la exposición a diversos factores de riesgo	Físico
Adopción de posturas estáticas o forzadas	Físico
Realización de movimientos repetitivos	Físico

### **3. Disminución del nivel de riesgo para la profilaxis de los Trastornos Músculo-Esqueléticos**

Disminuir la incidencia de los TMEs conlleva necesariamente disminuir la exposición del trabajador a los factores de riesgo ergonómico, disminuyendo la amplitud del riesgo, su duración o su frecuencia (Takala et al., 2010). La evaluación ergonómica de los puestos de trabajo mediante diferentes métodos (Diego-Mas et al., 2015) es el procedimiento habitual para determinar los niveles de presencia de los distintos factores de riesgo físicos u organizativos. Una vez establecido el nivel de riesgo inherente al puesto o el entorno, el rediseño del puesto o la tarea disminuye estos riesgos a niveles aceptables.

La aplicación de estos métodos es necesaria para llevar a cabo una correcta prevención de los TME y evitar sus consecuencias sociales y económicas, pero en sí misma supone un coste económico debido a la laboriosidad de su aplicación. Un incorrecto diseño del puesto de trabajo puede conllevar la presencia de factores de riesgo ergonómico que provocan la aparición de TMEs en el trabajador que los ocupa. La evaluación ergonómica del puesto puede detectar esos niveles elevados en los factores de riesgo presentes en el puesto y, por lo tanto, permitir el rediseño para su disminución. Sin embargo, en muchas ocasiones se detecta una elevada incidencia de TMEs en trabajadores que ocupan puestos que no presentan elevados niveles de riesgo. Esto es debido generalmente a factores de riesgo inherentes a la forma en la que el trabajador desempeña su tarea. Es decir, aunque el

puesto no presente factores de riesgo ergonómico si la actividad se desarrolla convenientemente, la forma en la que el trabajador realiza su tarea es inadecuada, provocando la aparición de riesgos y de TMEs. Esto es debido, por ejemplo, a que los trabajadores realizan de forma incorrecta los levantamientos de carga, adoptan posturas forzadas o excesivamente estáticas, o realizan movimientos repetitivos innecesarios. Este tipo de factores de riesgo, dependientes de la actitud y la forma en la que el trabajador desempeña su tarea, son abordados mediante la formación del trabajador.

Así pues, los esfuerzos llevados a cabo en el desarrollo de nuevas técnicas y procedimientos que hacen uso de las nuevas tecnologías para la disminución del nivel de riesgo ergonómico en los puestos de trabajo, resultan infructuosos cuando la formación del trabajador y su grado de concienciación respecto al riesgo es insuficiente. La importancia de este hecho queda reflejada en que las instituciones gubernamentales europeas y otros actores sociales hagan especial hincapié en las campañas de información sobre las dolencias relacionadas con los factores de riesgo ergonómico (Agencia Europea para la Seguridad y la Salud en el Trabajo, 2000)].

La Estrategia Europea para la Seguridad y Salud en el Trabajo para el período 2007-2012 habla de la necesidad de integrar la salud y la seguridad en los programas de educación y formación. La actual Estrategia Española de Seguridad y Salud en el Trabajo señala entre los objetivos relativos a las políticas públicas a implementar, la necesidad de desarrollar y consolidar una cultura de la prevención en la sociedad española y para ello cita la importancia de las políticas educativas y de las campañas de concienciación y sensibilización. En las campañas se elabora y se difunde material informativo, se celebran seminarios, se recurre a inspectores para plantear cuestiones, se eligen semanas determinadas para organizar actividades, etc. En algunas ocasiones, están destinadas a sectores concretos o alteraciones/riesgos específicos como, por ejemplo, el dolor de espalda/manipulación manual de cargas. En España a nivel estatal, ha habido algunos intentos de colaboración entre la Inspección del Trabajo y los sindicatos para abordar algunas campañas sobre los TMEs en sectores específicos (confección y cajas de hipermercado), pero estos intentos no han llegado a plasmarse en acciones concretas. Algunas Comunidades Autónomas han puesto en marcha, o tienen previsto hacerlo, proyectos en sectores específicos (Agencia Europea para la Seguridad y la Salud en el Trabajo, 2000). Por otra parte, las diferentes legislaciones de los países europeos establecen requisitos mínimos de formación e información del trabajador. En España, la Ley de Prevención de Riesgos Laborales (31/1995, de 8 de noviembre) establece que “el empresario está obligado a facilitar una formación práctica y adecuada en materia de seguridad e higiene a los trabajadores que contrata, o cuando cambien de puesto de trabajo o tengan que aplicar una nueva técnica que pueda ocasionar riesgos graves para el propio trabajador o para sus compañeros o terceros...”. A nivel general, en los últimos años se ha llegado a invertir en formación el 3% de la masa salarial en casi el 50% de las empresas (Pineda, 2000) y un buen número de esas acciones formativas tiene relación con la prevención de riesgos laborales.

#### **4. Deficiencias y problemas en la formación de los trabajadores para la prevención de los TMEs**

A pesar de lo expuesto en el apartado anterior, diferentes estudios muestran que el grado de transferencia real de la formación recibida por el trabajador al puesto de trabajo es muy bajo (Lara et al., 2001). Si en general un nivel típico de transferencia de los aprendizajes genéricos al trabajo es muy bajo, entre un 10 y un 30% de lo aprendido, este nivel disminuye en la formación en prevención de riesgos laborales (Díaz-Boladeras, 2000). Aunque entre

los distintos agentes implicados hay consenso en considerar la formación como el principal medio para concienciar sobre la necesidad de prevenir los riesgos laborales existen importantes problemas metodológicos en la formación impartida (Cobos-Sanchiz & Gari-Perez, 2008):

- Los medios y materiales didácticos empleados se consideran poco atractivos (libros, folletos, presentaciones de diapositivas o vídeos) no logrando captar la atención del trabajador ni la aprehensión de los contenidos.
- Los trabajadores formados consideran que la formación se realiza por mero cumplimiento normativo. Su impartición responde finalmente a un sentido burocrático más que a un interés real por transferir conocimientos y cambiar actitudes.
- A pesar de que la formación de los trabajadores en prevención de riesgos laborales es obligatoria según la legislación vigente, no es universal. Es habitual no formar a los trabajadores temporales o en situación de prueba. Tan sólo recibe formación el personal estable, puesto que las empresas aseguran así que su inversión económica en formación es rentable. Ocurre lo mismo trabajadores en situación irregular.
- Se valoran de forma negativa de las metodologías formativas: la formación resulta aburrida, no se logra captar la atención del trabajador.
- Las acciones formativas no son replicables, el trabajador no puede acceder a los contenidos más que una vez.
- La extensa duración de los cursos provoca una baja asistencia y los asistentes declaran sentirse aburridos.
- El tipo de formación suele ser de carácter teórico. No se ofrecen ejemplos prácticos limitándose a una exposición de normas, reglas y consejos.

Se constata que la mayor parte de lo que se aprende en los programas formativos no se transfiere al trabajo y que es necesario replantear los contenidos, enfoques y metodologías de la formación (Cobos-Sanchiz & Gari-Perez, 2008). Este es un problema crucial, ya que el supuesto en que se basan los esfuerzos en formación para la prevención es que los empleados, después de un proceso de formación, no sólo habrán aprendido comportamientos más seguros, sino que lo harán efectivamente cuando vuelvan al trabajo.

En el caso concreto de la formación para la prevención de los TMEs, se añade una circunstancia que aumenta la ineficacia de los programas formativos. Uno de los condicionantes para la transferencia al trabajo de los contenidos de un programa de formación es que se logre una adecuada comprensión del riesgo por parte del trabajador. La adecuada comprensión del riesgo se produce cuando el trabajador es consciente de las consecuencias que acarrea una determinada conducta. En general, los TMEs son trastornos traumáticos acumulativos, es decir, son lesiones del aparato locomotor causadas por la acumulación a lo largo de un tiempo prolongado de pequeños traumas. Así pues, resulta difícil para el trabajador establecer una relación causa-efecto entre los factores de riesgo que provoca su conducta y los TMEs.

Se define el riesgo percibido como el juicio subjetivo que una persona hace sobre la frecuencia de un riesgo en particular y la gravedad de las consecuencias (Harrell, 1990). En el caso de los TMEs, la formación desarrollada no logra que el trabajador sea consciente del riesgo porque no es capaz de asociar estos con las consecuencias y, por otra parte, no valora en su adecuada magnitud dichas consecuencias.

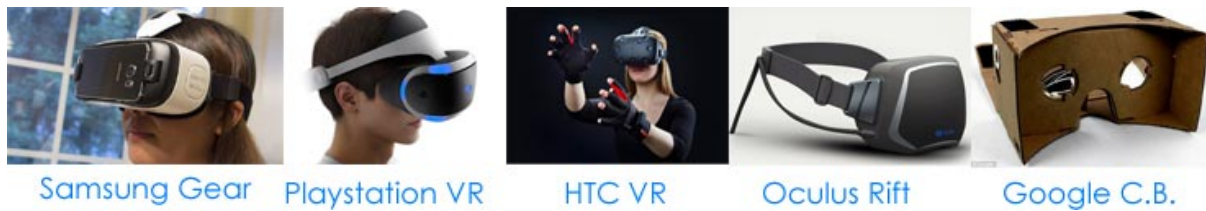
Diversos estudios analizan la relación entre la efectividad de la formación en seguridad de los trabajadores y los medios y metodologías didácticas empleadas (Burke et al., 2006). Estos análisis clasifican los medios didácticos empleados según el interés que despiertan en los trabajadores (engaging), concluyendo que al aumentar el engaging de los medios empleados los trabajadores muestran una mayor adquisición de conocimientos y una mayor transferencia a su trabajo, conllevando una disminución en la tasa de enfermedades y lesiones. Los materiales de menor engaging resultan ser los más empleados habitualmente (documentos escritos, panfletos...) aumentando a un nivel medio con la utilización de videos y animaciones, y a un nivel superior con el empleo de aplicaciones informáticas. El empleo de materiales de alto engaging puede hasta triplicar la transferencia de lo aprendido al desempeño de la tarea del trabajador.

## **5. Mejora de los procesos de enseñanza-aprendizaje mediante el empleo de nuevas tecnologías de la información y las comunicaciones.**

Existe un elevado consenso científico en que el empleo de TICs en los procesos de enseñanza-aprendizaje mejora sustancialmente sus resultados (Collins and Halverson, 2010). Por ejemplo, el empleo de Realidad Virtual (RV), además de favorecer la formación continua al ofrecer herramientas que permiten la aparición de entornos virtuales de aprendizaje, mejoran sustancialmente la capacidad para comprender conceptos abstractos, aumentan la capacidad de aprehensión de contenidos y crece el interés del alumno al disminuir el grado de aburrimiento (Christou, 2010; Merchant et al., 2014). Pero es otra de las ventajas del empleo de esta técnica la que más beneficia a la formación en la prevención de TMEs. Como se ha indicado, existe una baja transferencia de lo aprendido al desempeño real de las tareas porque el trabajador no tiene una percepción real del riesgo. No asocia los factores de riesgo con su actividad ni estos con las consecuencias, considerando éstas como algo ajeno a él. El empleo de la RV permite vivir la formación en primera persona, generando experiencias personales y directas, vividas de forma simbólica por uno mismo. La inmersión en el entorno virtual en primera persona provoca la construcción de conocimiento a partir de la experiencia personal del trabajador (Winn, 2002). Y es esa experiencia personal la que hace que el trabajador valore en su verdadera magnitud la gravedad de las consecuencias (los TMEs) y asocie éstas con los factores de riesgo que los provocan.

Hasta hace poco, el empleo de técnicas como la RV suponía la necesidad de disponer de complejos dispositivos de representación e interacción; por este motivo, su empleo en la formación era bastante limitado. Esto resulta especialmente crítico en la formación en prevención de riesgos de trabajadores, dado que en muchas ocasiones se trata de formación itinerante en la que la disponibilidad y accesibilidad de los materiales formativos es crucial. Sin embargo, el avance de la tecnología permite en la actualidad que dispositivos portátiles de muy bajo coste logren generar experiencias altamente inmersivas. Los VR headsets como Oculus Rift, HTC Vive, o Playstation VR están disponibles en el mercado por precios desde los 250 euros y se están convirtiendo en productos de consumo común. Yendo más allá, los smartphones son ya dispositivos que pueden emplearse como sistema de RV, como por ejemplo Samsung Gear VR, con precios inferiores a 100 euros. Incluso es posible obtener por precios inferiores a 5 euros sistemas como las Google CardBoards, que transforman cualquier smartphone en un dispositivo de RV.

**Figura 1: Dispositivos de bajo coste para la visualización de contenidos 3D**



Por otra parte, los sistemas de generación de contenidos para estos dispositivos también han evolucionado enormemente en los últimos tiempos. Hoy en día es posible el desarrollo de entornos virtuales de alta inmersión (entornos 3D, video 360°, etc.), tanto sintéticos (mediante el empleo de motores de rendering como Unity) como reales, y alta interactividad con el usuario.

## **6. Hipótesis de partida y los objetivos generales perseguidos.**

El desarrollo de este trabajo se asienta en las siguientes hipótesis de partida, basadas en los antecedentes antes descritos:

1. Los resultados de trabajos anteriores desarrollados por este equipo, así como los resultados de investigaciones realizadas por otros equipos, demuestran que, aunque la evaluación ergonómica y rediseño de los puestos de trabajo permiten disminuir el nivel de presencia de los factores de riesgo para la aparición de trastornos músculo esqueléticos, un inadecuado desempeño de la tarea por parte del trabajador por falta de conocimientos o por un inadecuada percepción del riesgo, impide la eliminación completa de los factores de riesgo o, incluso, puede resultar el principal motivo de aparición de TMEs.
2. La falta de percepción del riesgo y de la magnitud de las consecuencias por parte del trabajador, así como la falta de conocimientos al respecto, obedece a que los procesos de formación de los trabajadores en la prevención de este tipo de riesgos, aunque obligatorios según las diferentes legislaciones europeas, resultan ineficaces.
3. Existe un gran consenso científico en que la ineficacia de los procesos de formación deriva en gran medida de las metodologías empleadas, que provocan en el trabajador falta de interés, aburrimiento, baja aprehensión de los contenidos, no percepción del riesgo y muy baja transferencia de las medidas de prevención al puesto de trabajo.
4. La introducción en los procesos formativos de nuevas tecnologías de la información y las comunicaciones, así como contenidos en formatos de alta inmersión e interactividad, mejoran los procesos de enseñanza-aprendizaje, aumentando el interés del trabajador formado, su grado de aprehensión de conocimientos, y la transferencia de estos a la situación real de trabajo.

Tomando como base las hipótesis planteadas, este trabajo pretende actuar en la disminución de la prevalencia de los trastornos músculo-esqueléticos en la población laboral mediante la inclusión de nuevas tecnologías en los procesos de enseñanza-aprendizaje en la formación para la prevención de riesgos laborales de los trabajadores. Esta disminución de los TME conllevaría una disminución de los costes económicos asociados y una mejora de la salud y el bienestar de los trabajadores. Como ya se ha indicado los TME son una de las enfermedades laborales de mayor prevalencia que afecta a más del 20% de los trabajadores europeos empeorando de forma significativa su calidad de vida. Además, dicha



prevalencia sigue una tendencia ascendente durante las últimas décadas debido al envejecimiento de la población y a la realización de tareas repetitivas y automatizadas.

En el presente trabajo se actuará sobre la formación del trabajador para disminuir los factores de riesgo en el desempeño de su tarea. Para ello, el objetivo es introducir nuevas tecnologías de la información y las comunicaciones y contenidos en formatos de elevada inmersividad e interactividad en los procesos formativos, lo que facilitará, por una parte, el aumento de la transferencia de conocimientos al trabajo y, por otra, la disponibilidad y accesibilidad de la información. Para ello se desarrollarán tecnologías que permitan el empleo de dispositivos de RV de bajo coste, como VR headsets o smartphones en los cursos de formación de los trabajadores por parte de empresas, mutuas o agentes sociales, y se validará su aplicabilidad y resultados. Para ello se creará una plataforma web para la libre descarga de contenidos para la formación en forma de aplicaciones para dispositivos móviles y headsets. En este proyecto, se desarrollarán contenidos de alta inmersividad, que se pondrán a libre disposición de los formadores a través de la plataforma, relacionados con tres de los principales factores de riesgo de TMEs, las posturas forzadas, el levantamiento de carga y la repetitividad de movimientos. Estas tres primeras aplicaciones servirán para validar la aplicabilidad, usabilidad y efectividad del sistema, tras lo cual la plataforma podrá ser empleada para albergar un mayor número de contenidos creando un repositorio de contenidos de alta accesibilidad.

## 7. Impacto esperable del desarrollo de este trabajo

En la actualidad se han llevado a cabo las tareas de desarrollo del proyecto y se han hecho públicos los resultados (Figuras 1 y 2).

Figura 1: Título de la figura



A la espera de las tareas de validación, se espera tener un elevado impacto social y económico, en particular sobre la salud de la población laboral y el sector industrial. Los trastornos músculo-esqueléticos son la causa más común de enfermedad laboral, y el coste económico a ellos asociado es inmenso (2% del PIB Europeo). A nivel general, en los últimos años se ha llegado a invertir en formación el 3% de la masa salarial en casi el 50% de las empresas (Agencia Europea para la Seguridad y la Salud en el Trabajo, 2000) y un buen número de esas acciones formativas tiene relación con la prevención de riesgos laborales.

El desarrollo de los objetivos de este trabajo, introduciendo nuevas tecnologías accesibles en el ámbito de la formación en la prevención de los TMEs puede resultar una mejora substancial de la tasa de transferencia de dichas acciones formativas al trabajo, poniendo en valor el desembolso económico realizado por las empresas e instituciones para la formación. Por otra parte, ese aumento esperable de la tasa de transferencia de lo aprendido por el trabajador al trabajo repercutiría favorablemente en la disminución de los costes económicos derivados de los TMEs. Como ejemplo, un sistema que redujera simplemente un 5% la prevalencia de los TMEs en la Unión Europea, supondría un ahorro del orden de 6400 millones de euros anuales.

Los resultados de este proyecto suponen una valiosa herramienta para los técnicos encargados de la formación en salud laboral en las empresas y para los propios trabajadores.

## **Agradecimientos**

This work was supported by the Programa estatal de investigación, desarrollo e innovación orientada a los retos de la sociedad of the government of Spain under Grant DPI2016-79042-R.

## **Bibliografía**

Agencia Europea para la Seguridad y la Salud en el Trabajo, 2000. Repetitive Strain Injuries in the Member States of the European Union.

Asensio-Cuesta, S. Diego-Mas, J.A. Cremades-Oliver, L.V. González-Cruz, M.C., 2012. A method to design job rotation schedules to prevent work-related musculoskeletal disorders in repetitive work. *Int. J. Prod. Res.* 50, 7467–7478.  
doi:<http://dx.doi.org/10.1080/00207543.2011.653452>><http://dx.doi.org/10.1080/00207543.2011.653452>

Bevan, S., 2015. Economic impact of musculoskeletal disorders (MSDs) on work in Europe. *Best Pract. Res. Clin. Rheumatol.* 29, 356–73. doi:10.1016/j.berh.2015.08.002

Burke, M.J., Sarpy, S.A., Smith-Crowe, K., Chan-Serafin, S., Salvador, R.O., Islam, G., 2006. Relative effectiveness of worker safety and health training methods. *Am. J. Public Health* 96, 315–324. doi:10.2105/AJPH.2004.059840

Cammarota, “The European commission initiative on WRMSDs: recent developments,” in EUROFOUND conference on “Musculoskeletal disorders,” 2007.

- Christou, C., 2010. Virtual Reality in Education. *Education* 228–230. doi:10.4018/978-1-60566-940-3.ch012
- COBOS SANCHÍZ, D., GARÍ PÉREZ, A., 2008. Formación de los trabajadores para la prevención de riesgos laborales: percepciones de los agentes sociales de la comunidad de Madrid. *Esc. Abierta* 11, 87–107.
- Collins, A., Halverson, R., 2010. The second educational revolution: Rethinking education in the age of technology. *J. Comput. Assist. Learn.* 26, 18–27. doi:10.1111/j.1365-2729.2009.00339.x
- COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES, 2007. Together for Health: A Strategic Approach for the EU 2008-2013, White paper. doi:10.1017/CBO9781107415324.004
- DÍAZ BOLADERAS, M., 2000. La transferencia de los aprendizajes en seguridad : una perspectiva psicosocial. *ORP' 2000 - Int. Conf. Occup. Risk Prev.*
- Diego-Mas, J.-A., Poveda-Bautista, R., Garzon-Leal, D.-C., 2015. Influences on the use of observational methods by practitioners when identifying risk factors in physical work. *Ergonomics* 58, 1660–1670. doi:10.1080/00140139.2015.1023851
- Diego-Mas, J.A., Asensio-Cuesta, S., Sanchez-Romero, M.A., Artacho-Ramirez, M.A., 2009. A multi-criteria genetic algorithm for the generation of job rotation schedules. *Int. J. Ind. Ergon.* 39, 23–33.
- Díez de Ulzurrun, M., Garasa Jimenéz, A., Macaya Zandio, M., Eransus Izquierdo, J., 2007. *Trastornos músculo-esqueléticos de origen laboral.* Pamplona.
- European comision, 2004. European action towards better musculoskeletal health, a public health strategy to reduce the burden of musculoskeletal conditions. *Eur. Bone Jt. Heal. Strateg. Proj.* <http://ec>.
- European Commission, “Commission asks workers and employers what action should be taken to combat musculoskeletal disorders,” [http://europa.eu/rapid/press-release\\_IP-04-1358\\_en.htm](http://europa.eu/rapid/press-release_IP-04-1358_en.htm)., 2004.
- Gignac, M.A.M., Cao, X., Lacaille, D., Anis, A.H., Badley, E.M., 2008. Arthritis-related work transitions: A prospective analysis of reported productivity losses, work changes, and leaving the labor force. *Arthritis Care Res.* 59, 1805–1813. doi:10.1002/art.24085
- Group, W.H.O.S., 2003. The burden of musculoskeletal conditions at the start of the new millennium. *World Health Organ. Tech. Rep. Ser.* 919, i–x, 1-218, back cover. doi:10.1093/ije/dyh383
- Harrell, W.A., 1990. Perceived risk of occupational injury: control over pace of work and blue-collar versus white-collar work. *Percept. Mot. Skills* 70, 1351–9.
- Lara, A., Chacón, S., Holgado, F.P., Pérez-Gil, J.A., 2001. Evaluación de transferencia de la formación en prevención de riesgos laborales, in: *Actas Del XII Congreso Nacional de Seguridad Y Salud En El Trabajo.*
- Merchant, Z., Goetz, E.T., Cifuentes, L., Keeney-Kennicutt, W., Davis, T.J., 2014. Effectiveness of virtual reality-based instruction on students' learning outcomes in K-12

and higher education: A meta-analysis. *Comput. Educ.* 70, 29–40.  
doi:10.1016/j.compedu.2013.07.033

Merkesdal, S., Ruof, J., Huelsemann, J.L., Mittendorf, T., Handelmann, S., Mau, W., Zeidler, H., 2005. Indirect cost assessment in patients with rheumatoid arthritis (RA): comparison of data from the health economic patient questionnaire HEQ-RA and insurance claims data. *Arthritis Rheum.* 53, 234–40. doi:10.1002/art.21080

Pineda, P., 2000. Evaluación del impacto de la formación en las organizaciones. *Educación* 27, 119–133.

Putz-Anderson, V., Bernard, B., Burt, S., 1997. Musculoskeletal disorders and workplace factors. ... -Related Musculoskeletal. ... 97–141, 1-1-7–11.

Takala, E.-P., Pehkonen, I., Forsman, M., Hansson, G.-A., Mathiassen, S.E., Neumann, W.P., Sjøgaard, G., Veiersted, K.B., Westgaard, R.H., Winkel, J., 2010. Systematic evaluation of observational methods assessing biomechanical exposures at work. *Scand. J. Work. Environ. Health* 36, 3–24. doi:10.5271/sjweh.2876

Veale, D.J., Woolf, A.D., Carr, A.J., 2008. Chronic musculoskeletal pain and arthritis: Impact, attitudes and perceptions. *Ir. Med. J.* 101.

Winn, W., 2002. Current trends in educational technology research: The study of learning environments. *Educ. Psychol. Rev.* doi:10.1023/A:1016068530070

### **Agradecimientos**

This work was supported by the Programa estatal de investigación, desarrollo e innovación orientada a los retos de la sociedad of the government of Spain under Grant DPI2016-79042-R.