

Mejorando las Condiciones de Trabajo. Una aplicación de la simulación ergonómica virtual a un puesto de trabajo real.

Fernández Ordóñez R¹, Manzanedo del Campo MA², Alonso Manzanedo M³

Resumen En este trabajo, se utiliza la simulación ergonómica virtual, para evaluar y realizar una serie de modificaciones ergonómicas, que mejoren las condiciones de trabajo de un puesto real dentro de una línea de producción ya implantada, y en el que se ha observado un aumento de las lesiones en sus trabajadores. Las modificaciones realizadas, son el resultado de modelar virtualmente el puesto, aplicar la herramienta de simulación sobre el modelo creado, evaluar los resultados obtenidos en esta simulación y proponer mejoras que corrijan las operaciones incorrectas; optimizando, de esta manera, las condiciones de trabajo en el puesto, y ajustando las modificaciones a las características antropométricas de los operarios. Con las mejoras implantadas se ha logrado una importante reducción de los accidentes, lo que ha permitido validar la metodología.

Abstract In this paper, it is used a virtual ergonomic simulation to evaluate and make some ergonomic modifications, in a real workstation production line, for the purpose of improve the working conditions due to increase of workers injuries. already in place. The carried modifications are the result of the virtual modeling of the workstation, the application of the simulation tool in the created model, evaluation of the results of the simulation and proposal of improvements to amend the incorrect operations; optimizing, this way, the workstation conditions, and adjusting the modifications to the anthropometric characteristics of the operators. With this improvements achieved a significant reduction of the accidents, which proves the viability of the methodology.

Palabras clave: Seguridad y Salud. Ergonomía correctiva. Simulación Virtual. Modelado CAD. Mejora de puestos de trabajo.

Keywords: Safety and Health. Corrective ergonomics. Virtual Simulation. CAD modeling. Improving jobs.

¹ Ricardo Fernández Ordóñez (✉) e-mail: rfernor@yahoo.es

Universidad de Burgos. Escuela Politécnica Superior, Av. Cantabria, s/n, 09006 Burgos, Spain

² Miguel Ángel Manzanedo del Campo (✉) e-mail: mmanz@ubu.es

Universidad de Burgos. Escuela Politécnica Superior, Av. Cantabria, s/n, 09006 Burgos, Spain

³ María Alonso Manzanedo (✉) e-mail: mariaalonsomanzanedo@gmail.com

Univ. Polit. Cartagena. E. T. S. Ingeniería Industrial, Dr. Fleming, s/n, 30202 Cartagena, Spain

1 Introducción

La ciencia ha demostrado que la salud física es un requisito indispensable de la salud mental, confirmando el legado milenario “mens sana in corpore sano”. La salud de las personas que forman una sociedad, indica el grado de desarrollo y bienestar de esa sociedad, siendo la salud junto con la educación, dos pilares claves para el crecimiento y desarrollo de un país. En este sentido, salvaguardar la salud de una sociedad es una obligación de los gobiernos, entidades públicas, empresa privadas y de todos como individuos de dicha sociedad.

Así, la prevención de enfermedades dentro de la industria es una norma a seguir, y la concienciación en la política de “cero accidentes”, es un mandamiento dentro de las empresas, pero para conseguir este objetivo, entran en juego muchos factores y herramientas que deben ir de la mano, siendo la Ergonomía aplicada al diseño de puestos de trabajo, un importante aliado.

La lógica que utiliza la Ergonomía se basa en el axioma de que las personas son más importantes que los objetos y los procesos productivos, por tanto, en aquellos casos en los que se plantee cualquier tipo de conflicto de intereses entre personas y cosas, deben prevalecer las personas. La Ergonomía trata de adaptar los elementos de un sistema en general a la capacidad y necesidades de las personas, mejorando la eficiencia, seguridad y bienestar de los consumidores, usuarios o trabajadores.

Cuando se plantea la modificación de una línea de producción para optimizar la producción y/o mejorar alguno de los aspectos de la misma, como es el caso de la mejora ergonómica de un puesto de montaje real, se debe realizar el menor número de cambios posible, con el objetivo de evitar disminuir la capacidad productiva de la línea, a la vez que se realizan las modificaciones pertinentes. Además se busca minimizar el coste de realización de tales modificaciones.

Una de las maneras más rápidas y visuales que existen, para realizar este tipo de estudios son los programas de análisis ergonómico 3D, los cuales, posibilitan el modelado del puesto de montaje real estudiado, insertándolo dentro de un entorno virtual, y permitiendo, de esta manera, el estudio, verificación y modificación de elementos, sin que se produzca ninguna interacción en el proceso, ni sobre los operarios que trabajan en él.

Tales aplicaciones permiten realizar el estudio y diseño de los puestos de trabajo de un modo intuitivo, con la ventaja de tener una visión de alta calidad en 3D en todo momento, pudiendo no sólo analizar las posturas más desfavorables para el operario, sino la transición entre varias posturas, obteniéndose una visión global del proceso. Con este tipo de aplicaciones se ha realizado el estudio postural, análisis de levantamiento manual de cargas y modificación de un puesto de montaje real, ya en funcionamiento, en el que se ha observado un aumento del absentismo laboral de sus operarios debido a lesiones sufridas durante su jornada laboral.

El análisis realizado ha permitido identificar puntos susceptibles de mejora, actuando sobre ellos mediante la definición e implantación de propuestas dentro

del sistema estudiado, obteniéndose de este modo, una mejora ergonómica del puesto real, así como la reducción de las lesiones sufridas por los operarios.

2 Método

La toma de decisiones en la empresa, conlleva infinidad de conocimientos y datos relacionados, que hacen que cada día, se vuelva más compleja. Responsables de las mismas deben considerar multitud de variables y criterios, que cambian de forma independiente. Este aumento de la complejidad ha venido acompañado con el desarrollo de nuevos métodos de ayuda en la toma de decisiones.

Dentro de estas herramientas de ayuda relacionados con la producción, la simulación se está mostrando como una de las más útiles y eficaces. Mediante programas de simulación 3D, se puede representar virtualmente un entorno real, posibilitando al profesional la interacción con dicho entorno y con los factores que intervienen en él, modificando variables, y obteniendo de manera inmediata, los resultados que esos cambios provocan, con la ventaja de no interferir en el modelo real, y sin la necesidad de desarrollar un prototipo, o de modificar el proceso una vez que éste ya ha sido construido, eliminando así los gastos que supone.

La propuesta para este trabajo, surge de la idea de utilizar estas herramientas virtuales en procesos productivos ya implantados, y por lo tanto reales, los cuales tienen la problemática de que la actuación para resolver los problemas que se produzcan en ella, debe ser mínima, para no incidir en el correcto funcionamiento de la línea productiva, y que la tasa de producción no se vean afectada. La aplicación sobre el puesto real objeto del este estudio, permitirá redimensionar de forma adecuada el lugar en el que el operario desempeña su trabajo, consiguiendo mejorar la adaptación del trabajo a la persona que lo realiza, y en consecuencia, reduciendo las lesiones y aumentando la calidad de los resultados, minimizando los costes por ausentismo laboral y mejorando la productividad.

La metodología que se ha seguido en este estudio para la obtención de los objetivos marcados, pasa por la identificación de la necesidad y definición de los objetivos, recogida de información detallada, modelado virtual del puesto de fabricación, simulación del modelo, propuestas de mejora, experimentación virtual de las propuestas, implantación de mejoras en el puesto de montaje real, análisis de los resultados y conclusiones finales.

2.1 Recogida de Información

Para poder modelar virtualmente los componentes del puesto de montaje estudiado en este trabajo, y posteriormente realizar el estudio ergonómico mediante la utilización de la herramienta de simulación, se debe realizar previamente, la “Recogida de Información”. Esta información ha sido obtenida a partir de fotografías,

planos 2D y mediciones en planta de los elementos que componen el puesto de montaje objeto del estudio.

En el puesto de fabricación estudiado, se realiza el montaje de una serie de piezas que constituyen el producto final. Las operaciones son realizadas manualmente por los operarios sobre una mesa de montaje. Cuando los operarios terminan de montar los elementos correspondientes a su puesto, accionan un pulsador, de manera que el subproducto se dirige al siguiente punto de la línea de fabricación.

El puesto evaluado es el primero de la línea, y en él, se realizan nueve operaciones, las cuales han sido estudiadas mediante simulación virtual.

Analizando su histórico, la empresa ha observado en este puesto, un incremento del absentismo debido a dolencias músculo-esqueléticas en los operarios. Las principales lesiones que se han producido se sitúan en la espalda y en la muñeca, también se observan otras, con menor incidencia, en el codo y en el hombro.

2.2 Modelado virtual del puesto de montaje

El paso siguiente del estudio, es el modelado virtual del puesto de montaje a partir de su geometría real, obteniendo el modelo necesario para poder evaluar ergonómicamente el puesto de trabajo objeto de este estudio. Mediante el modelado en 3D de los distintos elementos que forman el sistema, como son las estanterías, útiles de montaje, etc., se permite simular, estudiar, modificar y comprobar virtualmente, todas las variables y condiciones, tal y como si el estudio se realizase permanentemente sobre el puesto de montaje real.

Estos elementos han sido modelados a partir de los datos recogidos directamente en la línea existente, obteniéndose un clon virtual del puesto de montaje, que permite trabajar en él, como si se tratase del verdadero. Gracias a estos elementos se consigue desarrollar otro de los objetivos principales del estudio, que es poder determinar si la disposición de las estanterías, contenedores, etc. interfieren con sus movimientos habituales, así como si las alturas de los mismos son las correctas para evitar que el trabajador sufra lesiones, y si facilitan la recogida de las piezas de las cajas o contenedores, entre otras.

2.3 Simulación ergonómica del modelo virtual

En la actualidad, la utilización de herramientas de simulación virtual, es una tendencia en auge, convirtiéndose en un gran aliado para ingenieros de distintas disciplinas. En el caso de la aplicación de la ergonomía en el diseño de puestos de trabajo, la simulación virtual es una herramienta que ha demostrado ser eficaz en un alto grado.

En el presente trabajo, los métodos de evaluación ergonómica aplicados son, el método RULA, para el análisis postural, y el método NIOSH, para el estudio de la manipulación manual de cargas asociadas al puesto. Estos métodos están presentes

en el modulo de ergonomía del programa de simulación virtual utilizado, permitiendo la realización de la simulación, para comprobar y validar las posturas y actividades que desarrollan los operarios del puesto analizado, a lo largo de su jornada de trabajo.

El rango de percentiles utilizado en el estudio, se ha definido, teniendo en cuenta la población que trabaja en el puesto real. Para reducir al máximo la exclusión antropométrica, los percentiles empleados son los correspondientes a mujer 5, mujer 50, hombre 50 y hombre 95, de manera que se incluye al 90% de la población general. Se considera, de este modo, además, posibles cambios de personas en los puestos de trabajo actuales, así como posibles nuevas contrataciones de trabajadores que se hicieran en un futuro. En estos casos las medidas antropométricas podrían diferir de las correspondientes a los actuales trabajadores de la línea. En la figura 1 pueden verse los percentiles utilizados en el estudio.

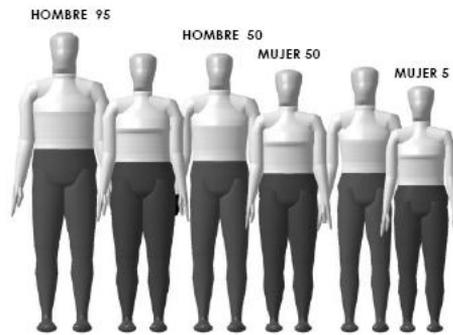


Figura 1. Percentiles utilizados en el estudio.

Fuente: Elaboración propia

El rango de población correspondiente a los trabajadores actuales, frente al rango de población estudiada, quedaría representada en la figura 2.



Figura 2. Rango de la población actual frente a la estudiada.

Fuente: Elaboración propia

Una vez definido el porcentaje de población a incorporar en el estudio, se realiza el análisis postural para cada uno de los percentiles especificados, posicionándolos en las posturas que adoptan los operarios durante el proceso de montaje real en el puesto analizado, incluyéndose el estudio de manipulación de cargas. El número de posturas evaluadas en total, para el puesto de montaje, es de 36, y los niveles de riesgo establecidos son 3, dividiéndose entre postura correcta, postura mejorable, y postura incorrecta.

El análisis postural realizado indica índices *rula* iguales a 6, para una de las posturas estudiadas, lo que requiere su análisis y realización de cambios pronto, también se observan posturas mejorables.

El análisis del levantamiento manual de cargas mediante el método *niOSH*, revela un IL=2,60 y un IL= 2,24 para dos de las posturas estudiadas, correspondientes ambas con la reposición de cajas vacías, e indicando un incremento moderado del riesgo.

Los resultados obtenidos tras la simulación indican que de las nueve operaciones estudiadas, 3 son incorrectas, 3 son mejorables y 3 son correctas. Esta clasificación de operaciones se traduce en la definición de propuestas de mejora y posterior implantación de éstas en el puesto de trabajo estudiado.

2.4 Propuestas de mejora e implantación en el puesto de trabajo

Los datos numéricos obtenidos para cada una de las posturas estudiadas, así como los resultados del análisis de manipulación manual de cargas, han sacado a la luz aquellos elementos o procedimientos de trabajo erróneos o mejorables.

Esta identificación de los puntos de mejora dentro del puesto de montaje estudiado, se ha traducido en una serie de propuestas de mejora e identificación de aquellas a implantar, con el objetivo de reducir las lesiones que se han venido produciendo en los operarios.

Para definir las propuestas, además del criterio ergonómico, se han tenido en cuenta otros factores, como que las modificaciones planteadas no penalicen el actual método de trabajo, no añadan nuevos riesgos de accidente, puedan ser realizadas por el personal de la planta, supongan un bajo coste de fabricación e implantación, no modifiquen las características generales del puesto y sean bien aceptadas por los operarios.

Considerando todos estos criterios, las propuestas de mejora se plantean con el objetivo principal de eliminar las operaciones identificadas como forzadas o incorrectas y, después, actuar sobre las posturas clasificadas como mejorables.

PROPUESTA DE MEJORA	CAMBIOS PROPUESTOS	OBSERVACIONES
PROPUESTA DE MEJORA A.1	Modificar la geometría de las cajas	
PROPUESTA DE MEJORA A.2	Acercar caja frontal al operario	IMPLANTADA
PROPUESTA DE MEJORA A.3	Colocar la caja debajo de la mesa de montaje	
PROPUESTA DE MEJORA A.4	Coger cajas transversalmente, colocar el número de piezas por caja indicado, apilar un máximo de tres cajas y reducir su peso, vigilar su cumplimiento.	IMPLANTADA
PROPUESTA DE MEJORA A.5	Modificar la geometría de las estanterías laterales	IMPLANTADA

Tabla 1. Propuestas de mejora definidas e implantadas en el puesto real.

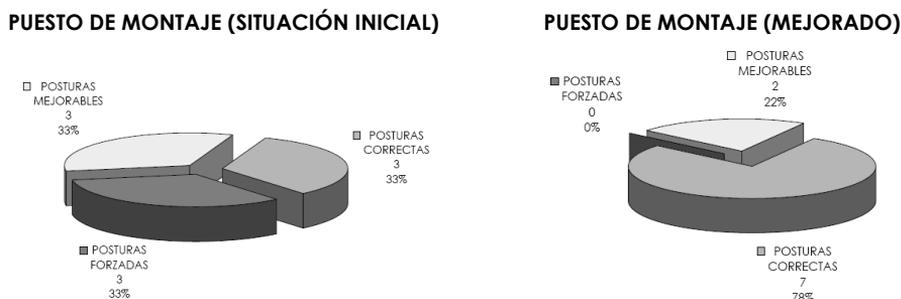
Fuente: Elaboración propia

En el tabla 1 se indican las propuestas de mejora indicadas para el puesto de montaje estudiado, así como aquellas que han sido implantadas en el puesto real.

3 Resultados

La implantación de las propuestas de mejora, en el puesto de montaje estudiado, reflejó una serie de resultados positivos en comparación con la situación inicial. Entre las mejoras obtenidas en el puesto se distinguen, por un lado, la mejora ergonómica que ha sufrido el puesto con los cambios realizados, y por otro lado, en relación directa con la optimización ergonómica conseguida, se obtiene la reducción del número de lesiones sufridas por los operarios, después de implementar las modificaciones.

En los gráficos 1 y 2, se representan los datos comparativos, en función del nivel de riesgo de las posturas, entre la situación inicial y la situación mejorada, tras las modificaciones realizadas en el puesto de montaje estudiado.



Gráficos 1 y 2. Distribución de posturas. Fuente: Elaboración propia

Como se observa en los gráficos, todas las operaciones forzadas han sido corregidas, eliminándose al 100% las posturas que entrañaban mayor riesgo de lesión para los operarios que trabajan el puesto de montaje. Las posturas mejorables también se han reducido, pasando de tres a dos, lo que representa una mejora del 33%. En relación directa, las posturas correctas han aumentado en un 57%, pasando de tres a siete. La mejora ergonómica obtenida, tras los cambios propuestos e implantados en el puesto de montaje, es de un 68% respecto a la situación anterior, remarcando que las posturas forzadas, que son las que suponen mayor riesgo de lesión, han sido eliminadas al 100%.

Otra mejora obtenida con las modificaciones implantadas, es la reducción de las lesiones de los operarios que trabajan en el puesto de montaje estudiado, con una mejora promedio a lo largo de los seis meses siguientes a la implantación de las modificaciones, de un 56%, respecto a las lesiones existentes anteriormente. La mejora aumenta hasta el 84% si se compara el número de lesiones entre el mes primero, y el mes sexto y último del periodo valorado.

4 Conclusiones

El estudio e interpretación de los datos obtenidos, han logrado mejorar las condiciones ergonómicas del puesto de montaje estudiado, lo que se traduce en una mejora de las condiciones de trabajo de los operarios. El segundo gran objetivo logrado, es la reducción de las lesiones que sufrían los trabajadores, consiguiendo de este modo, un descenso en los costes asociados a los accidentes de trabajo, una mejora de la producción y una importante labor social, entre otras muchas ventajas competitivas.

Los resultados obtenidos tan alentadores, concluyen, que la utilización de aplicaciones de simulación ergonómica virtual en la mejora de puestos de trabajo ya implantados, se ofrecen como herramientas de gran potencial para el ingeniero ergónomo, el cual, deberá interpretar y condensar los resultados obtenidos.

Además, las herramientas de simulación virtual, presentan la importante ventaja de reducir al máximo la interferencia en el proceso de fabricación real durante la aplicación del estudio, frente a otros métodos de incidencia directa.

Estos resultados también abren la posibilidad de extender la aplicación de la ergonomía correctiva a través de este tipo de herramientas y de su aplicación en líneas de fabricación existentes, en las que por su antigüedad u otra razón, la variable ergonómica no se haya tenido en cuenta.

El estudio que se presenta, afianza el hecho de que la ergonomía debe ser considerada como uno de los factores más importantes a tener en cuenta en todo tipo de diseño, ya que, como se ha mostrado, las ventajas son numerosas y una de ellas es que mejora la calidad de vida de la sociedad.

Además, este trabajo tiene un gran carácter investigador, debido a que se utiliza una herramienta de simulación ergonómica virtual, empleada normalmente en las primeras fases de diseño de líneas futuras, para el estudio ergonómico de un puesto de montaje implantado y en funcionamiento.

5 Referencias

- McAtamney L, Corlett EN (1993) RULA: A Survey Method for the Investigation of Worked-Related Upper Limb Disorders. *Applied Ergonomics*, 24(2): 91-99
- Manzanedo M A, Sáiz L (1996), Los Costes de los Accidentes Industriales, *DYNA*, LXXI, pp. 6-9.
- Panero J, Zelnik M (1983). Las dimensiones humanas en los espacios interiores. Estándares antropométricos. Ediciones G. Gili.
- NTP 452: "Evaluación de las condiciones de trabajo: carga postural".
- NTP 477: "Levantamiento manual de cargas: ecuación de NIOSH".
- Warters T, Putzanderson V, Garg A (1994) Applications manual for the revised NIOSH liftin equation. National Institute for Occupational Health, Ohio.