



Alejandro Daniel Murga González
Vladimir Becerril Mendoza
Virginia Karina Rosas Burgos

Diagnóstico ergonómico para de estaciones de trabajo industriales: una perspectiva desde el diseño en el noroeste de México

**Ergonomic diagnostics for industrial
workstations: a design perspective in
northwestern Mexico**

**Diagnóstico ergonômico para estações de
trabalho industriais: uma perspectiva desde
o desenho no noroeste do México**

Resumen.

El presente trabajo es resultado de un proyecto de investigación de duración de un año, financiado por la Universidad Autónoma de Baja California (UABC); el cual surge de las intenciones de reducir los riesgos laborales, mejorar la calidad de vida del trabajador y optimizar la productividad en la industria, particularmente la metal-mecánica. Su objetivo es contribuir, desde el diseño, al diagnóstico de estaciones de trabajo industriales.

El proyecto fue desarrollado a partir de una capacitación para alumnos sobre Usabilidad dentro de los talleres de metalmecánica de la Escuela de Ciencias de la Ingeniería y la Tecnología (ECITEC) de la UABC bajo conceptos teóricos de Ergonomía y Usabilidad. Se estructuraron protocolos de evaluación para simular el trabajo en maquilas, los cuales consistieron en entrevistas con operadores, filtrado de participantes, protocolos piensa en voz alta, cuestiona-

Recibido: 9 de marzo de 2019

Dictaminado: 12 de julio de 2019

Aceptado: 14 de octubre de 2019

rios de experiencia de uso y evaluaciones posturales. Los resultados principales fueron una metodología de diagnóstico de estaciones de trabajo, una propuesta de ayuda mecánica para esmeril de banco, y recomendaciones para el usuario; todos ellos presentados a una empresa de Tijuana, Baja California. La respuesta, por un lado, sugiere un avance para las industrias en la documentación estructurada del diseño de estaciones considerando el bienestar y la productividad. Por otro lado, permite reconsiderar las fronteras de las prácticas del diseño centradas en el producto terminado, para abarcar también procesos de producción para un análisis holístico e integrado a la maquila, característico de esta zona del país.

Palabras clave

Ergonomía y usabilidad, estación de trabajo, prácticas del diseño.

Ergonomic diagnostics for industrial workstations: a design perspective in northwestern Mexico

Abstract

This work is the result of a one-year research project funded by the Universidad Autónoma de Baja California (UABC); which arises from the intentions of reducing occupational risks, improving the quality of life of the worker and optimizing productivity in the industry, particularly metalworking. Its objective is to contribute, from design, to the diagnosis of industrial workstations.

The project was developed from a training for students within the metalworking workshops of the School of Engineering and Technology Sciences (ECITEC) of the UABC under theoretical concepts of ergonomics and usability. Evaluation protocols were structured to simulate work in maquilas, which consisted of interviews with operators, filtering of participants, thinks aloud protocols, usage experience questionnaires and postural evaluations. The main results were a workstation diagnostic methodology, a mechanical aid proposal for bench grinder, and user recommendations; all of which were presented to a company in Tijuana, Baja California. The answer, on the one hand, suggests a breakthrough for industries in structured station design documentation considering well-being and productivity. On the other hand, it allows to reconsider the

Diagnóstico ergonômico para estações de trabalho industriais : uma perspectiva desde o desenho no noroeste do México

boundaries of design practices focused on the finished product, to also cover production processes for a holistic and integrated analysis to the maquila, characteristic of this area of the country.

Keywords:

Ergonomics, usability, workstation, user, design practices, maquilas.

Resumo

Este trabalho é o resultado de um projeto de pesquisa de um ano de duração financiado pela Universidade Autônoma de Baja California (UABC); o qual surge das intenções de reduzir os riscos laborais, melhorar a qualidade de vida do trabalhador e otimizar a produtividade na indústria, particularmente a metalmeccânica. Seu objetivo contribuir, desde o desenho, ao diagnóstico de estações de trabalho industriais.

O projeto foi desenvolvido a partir de uma capacitação para alunos dentro das oficinas de metalmeccânica da Escola de Ciências da Engenharia e a Tecnologia (ECITEC) da UABC baixo conceitos teóricos de ergonomia de uso. Estrutturaram-se protocolos de valiação para simular o trabalho em maquilas, os quais consistiram em entrevistas com operários, filtrado de participantes, protocolos pensa em voz alta, questionarios de experiência de uso e valiações posturais. Os resultados principais foram uma metodologia de diagnostico de estações de trabalho, uma proposta de ajuda mecânica para esmeril de banco e recomendações para o usuário; todos eles apresentados a uma empresa de Tijuana, Baja California. A proposta, por um lado, sugere um avance para as indústrias na documentação estruturada do desenho de estações, considerando o bem-estar e a produtividade. Por outro lado, permite reconsiderar as fronteiras das práticas do desenho, centradas no produto terminado, para abarcar também processos de produção para um análise holístico e integrado à maquila, característico desta zona do país.

Palavras-chave:

Ergonomia, uso, estação de trabalho, práticas do desenho.

Introducción

Las intenciones que motivaron esta investigación son reducir riesgos y enfermedades laborales, así como trastornos por traumas acumulativos en la industria metalmecánica. Su enfoque es pequeñas empresas que están en curso de consolidar la calidad de sus procesos, por lo cual todavía no generan ese tipo de documentación y la abordan de manera empírica. En este sentido, esta investigación busca responder a la pregunta: ¿qué aspectos de diseño y Usabilidad influyen en la estaciones de trabajo de la industria metalmecánica? Para ello, se hizo una revisión bibliográfica de las normas competentes, particularmente el ISO 9241-11 y el ISO/IEC 9126, se aplicaron métodos de indagación, se definió un sistema ergonómico, se estructuró y aplicó un proceso de diagnóstico; se evaluaron los resultados y se presentó al usuario.

Con ello, se generaron como principales productos una metodología de diagnóstico de estaciones de trabajo, una propuesta de diseño de ayuda mecánica para esmeril de banco, así como recomendaciones para el usuario; lo cual tiene un impacto positivo pues promete un paso hacia el entendimiento holístico de dichas estaciones para optimizar la producción y la calidad de vida del trabajador. Dicho aporte implica para el diseño el abordaje de las interacciones en sistemas ergonómicos de esta naturaleza, lo cual amplía el territorio de la disciplina.

Condiciones ergonómicas en la maquila en el noroeste mexicano y el papel del diseño

La manufactura ha sido una manifestación de la producción económica de gran rele-

vancia, desde la revolución industrial hasta ahora y que tiene por componente principal al ser humano en relación con la máquina. Los países más industrializados han conseguido sustituir gran parte del trabajo humano por máquinas sumamente sofisticadas, obligados por el alto costo de la mano de obra. En México, por el contrario, debido a que el nivel de los salarios es bajo en comparación con dichos países, el componente principal sigue siendo el trabajador, sobre todo en las maquiladoras.

En el mundo, desde la aparición de los estudios ergonómicos a mediados del siglo pasado se ha hecho un esfuerzo por el asegurar la efectividad, seguridad y desempeño de los trabajadores en sistemas socio-técnicos. Dichos estudios se han realizado desde la ingeniería y la medicina preponderantemente, pero no es común que surjan desde el diseño. Una de las explicaciones a ello puede ser, según Heskett (2001), es el problema continuo de definir para los no profesionales exactamente qué hacen los diseñadores; los clientes y las audiencias a menudo tienen una comprensión del diseño muy diferente por lo cual el Diseñador no se ha colocado en la industria para estos ámbitos.

Para ilustrar el estado de conocimiento de la región noroeste del país, donde se centra este estudio, en Baja California, existe el Capítulo Universitario de Ergonomía (CAPUNI) de la Sociedad de Ergonomistas de México A. C. (SEMAC), que aborda temas de Salud Ocupacional. No obstante, López et al. (2018) comentan que las maquiladoras suelen prescindir de “un programa er-



Figura 1 Sistema ergonómico según el iso 9241.

gonómico como un método sistemático de prevenir, evaluar y manejar las condiciones ambientales y antropométricas que determinan el nivel de riesgo en un ambiente laboral dado”. Dichos programas se centran en los aspectos médicos, ingenieriles y administrativos, pero no directamente en los del diseño, debido a lo reciente de la disciplina en la zona. Esto ha causado que en las maquilas todavía sea poco común la existencia de departamentos propios de la disciplina. Sin embargo, Becerril et al. (2017) delinearon un sistema ergonómico que considera la capacitación del uso de la tecnología CAM/CNC para la fabricación de mobiliario, lo cual puede facilitar el diseño de mejores estaciones de trabajo.

Diseño centrado en el usuario, ergonomía y usabilidad

Para comprender la complejidad de las estaciones de trabajo en la industria, existen conceptos ampliamente estudiados como el Diseño Centrado en el Usuario (DCU), Ergonomía y Usabilidad, que tienen sus orígenes en la ingeniería pero que recientemente se han abordado en el diseño, lo cual permite crear un vínculo multidisciplinar. Primeramente, Abras (2004) establece el DCU como un término para describir el proceso de diseño en el cual los usuarios finales influyen en la creación de productos (espacios, servicios, objetos, etc.) bajo los si-

guientes parámetros (Pea, 1986): Facilitar la determinación de las acciones posibles en cualquier momento; hacerlas visibles, así como su resultado; facilitar la evaluación, interpretación y mapeo del estado actual del sistema.

Estos parámetros hablan de la interacción entre el usuario y otros elementos interconectados que influyen entre sí para asistir el alcance de una meta establecida, es decir, un sistema (Gibson, 2007) -y para este caso, uno ergonómico-. Sin embargo, Flores (2001) entiende los sistemas ergonómicos como el conjunto de usuario, objeto y entorno, pero la actividad y la interacción quedan solamente como consecuencia de la interrelación de los primeros tres.

Por ello, en segundo lugar es conveniente abordar este análisis desde la Usabilidad -el estudio de la facilidad de uso-, puesto que posibilita la definición de más elementos (Figura 1) analizados por tres indicadores generales: la efectividad, eficiencia y satisfacción. Según Bevan (2001), la efectividad es “la precisión y la exhaustividad con la que los usuarios logran objetivos específicos; es decir, qué porcentaje de la tarea está hecha y con qué calidad”; mientras que la eficiencia es “los recursos invertidos en relación con la exactitud e integridad con la que los usuarios logran objetivos; es decir, el nivel de esfuerzo físico o mental con el que los usuarios alcanzan sus objetivos”.



Figura 2 Sistema ergonómico para talleres de metalmecánica (Becerril et al., 2017).

Con esto se dan tres pautas para el proceso metodológico de esta investigación:

1. Se debe involucrar al usuario primario de las estaciones de trabajo.
2. Se debe definir un sistema ergonómico acotado al objeto de estudio.
3. Se debe medir bajo indicadores de facilidad de uso.

Apuntes para la evaluación de usabilidad

Para estas actividades se generaron ayudantías de investigación, y se becaron alumnos del Programa de Diseño Industrial de ECITEC. Se capacitaron dentro de la Unidad de Aprendizaje llamada *Usability Assessment for Industrial Designers*, generada a partir de la necesidad de formar egresados con competencias relacionadas con la investigación aplicada en DCU. Por ello, con el objetivo de observar con detalle las premisas hechas a partir de la revisión teórica y del trabajo realizado dentro de la mencionada capacitación, se realiza a continuación una propuesta de aproximación por medio de la Usabilidad para hacer evaluaciones y definir requerimientos de usuario en estaciones de trabajo para la industria metalmecánica. Para ello se definió un encuadre metodológico:

1. Selección de estaciones de trabajo: Taladro de piso y esmeril de banco.

2. Definición de perfil de usuario: estudiantes de Diseño Industrial y de ingeniería de ECITEC; así como trabajadores de la industria.

3. Descripción de sistema ergonómico: compuesto de operadores -usuarios-, talleres y normas -ambiente-, máquina, herramientas y producto -objetos-, capacitación y producción -actividades- (Figura 2).

4. Selección de métodos de indagación: entrevistas no estructuradas para conocer al usuario, cuestionario filtro de participantes, protocolo piensa en voz alta, Evaluación Rápida de Miembros Superiores (RULA, por sus siglas en inglés), cuestionario de experiencia de uso.

5. Definición de indicadores y criterios de éxito. Efectividad, como el trabajo de la pieza de manera limpia; eficiencia, como el trabajo sin vibraciones que generen sobre esfuerzos y en tiempo aceptable; satisfacción, como la percepción general de un trabajo sin riesgos y libre de incomodidades ajenas a la tarea.

6. Filtrado de usuario y pilotaje: selección de usuarios principiantes e intermedios.

7. Aplicación: en talleres de metalmecánica de ECITEC como un inicio para en un futuro analizar la viabilidad de la transferencia a la industria.



Figura 3 Alumnos usando el esmeril de banco y taladro de piso, respectivamente.

Objeto Indicador	Esmeril	Taladro
Efectividad	Irregularidades en el acabado	
Eficiencia	Falta de tiempo de práctica, referencias visuales y soporte	
Satisfacción	Falta de orientación personalizada	
Ergonomía	Riesgos posturales	

Tabla 1 Indicadores de usabilidad de esmeril y taladro.

Presentación de resultados y discusión

Para estas actividades se realizaron las evaluaciones con alumnos de ingeniería y diseño en los talleres de metalmecánica de la escuela (Figura 3).

Como resultado de las evaluaciones, se determinó que existe, por un lado, una falta de capacitación personalizada que les permita a los alumnos perfeccionar sus habilidades. No obstante, ambas estaciones, pero particularmente el esmeril, generan vibraciones que no permiten un agarre firme, situación que se ve empeorada por falta de apoyos. Por otro lado, existen riesgos posturales debido a la falta de ajustes de la máquina y por la variación antropométrica de los alumnos. Finalmente, el trabajo resulta inexacto debido a la falta de referencias visuales que ilustren cómo debe quedar la pieza trabajada (Tabla 1).

Como resultado de la mencionada evaluación, se elaboraron formatos de requerimientos para el diagnóstico rápido que permiten la obtención y procesamiento rápido de información, los cuales se mencionan a continuación:

1. Tabla de descripción de sistema ergonómico.
2. Formato de criterios de selección de métodos de indagación.
3. Tabla de criterio de éxito.
4. Tabla de perfil de usuario.
5. Tabla de estructuración metodológica.
6. Formato de protocolo de evaluación.
7. Formato de resultados de filtro de participantes.
8. Formato de experiencia de pilotaje.
9. Formato de experiencia de uso.

10. Formato de desempeño de usuario.
11. Tabla de descripción densa.
12. Formato de reporte de evaluación.
13. Formato de guías de diseño.

Cabe destacar que como se consideraron alumnos en vez de operadores, es muy probable que existan diferencias entre sus comportamientos, sin embargo se piensa que los resultados son útiles para la generación de propuestas con consideraciones ergonómicas.

Conclusiones

Se sugiere que los formatos generados, con sus debidos ajustes, pueden ser recuperados para el análisis de otro tipo de estaciones de trabajo en la industria, lo cual sería muy valioso para examinar de manera comparativa las diferencias y similitudes con el fin de detectar patrones para la generación de normas y estándares. Cabe destacar que este estudio requiere futuras exploraciones con otros tipos de estaciones de trabajo en la industria metal mecánica; así como la transferencia en un escenario real industrial, para examinar la consistencia, viabilidad, deseabilidad y factibilidad de la propuesta de metodología de diagnóstico.

Como recomendaciones, por un lado, se sugiere que en todas ocasiones se diseñe una ayuda visual para el trabajo de piezas en la industria maquiladora, puesto que esto reduce la variabilidad de su acabado. Dichas ayudas pueden ser una pieza en sí, un plano o imagen. Como conclusiones, por otro lado, se determinó que el diseño de una ayuda mecánica para la sujeción de piezas es necesario para garantizar el acabado fino que requieren algunas piezas trabajadas con maquinaria como el taladro de piso y esmeril de banco. Actualmente en los talleres de ECITEC se está desarrollando la ayuda mecánica para dichas estaciones, la cual se espera concluir y probar en un futuro.

Como reflexión final se considera, por un lado, que las prácticas de diseño de productos están redefiniendo sus fronteras

para abarcar también los procesos de producción para la mejora de la calidad del uso, del producto, del proceso y de la capacidad organizacional, lo cual responde a los cambios en las tendencias del desarrollo nacional y global. Esto es más notorio en el norte del país, donde en las maquilas se están creando departamentos de diseño justo para afrontar la demanda de fabricación de diversos productos, demanda que impacta en el diseño de estaciones de trabajo y líneas de producción. Consideramos, por otro lado, que el diseñador tiene una ventaja competitiva al conocer las implicaciones que un producto tiene en su fabricación, pues esto satisface la creciente demanda laboral en el ámbito industrial, particularmente en la maquila, característica del norte del país.

La región de Baja California se encuentra en una etapa temprana en lo respectivo a la generación de programas ergonómicos en la industria maquiladora. Actualmente, existen estudios que se centran en aspectos médicos, ingenieriles y administrativos, pero que tienen un impacto -distinto al de diseño- en la definición de requerimientos de usuario para la mejora de estaciones de trabajo. Sin embargo, conforme avanza la disciplina, la creciente relación transfronteriza de la zona y el avance de la normatividad, esta situación está cambiando poco a poco. Por ello, el diseño va ganando espacio en el territorio para la generación y transformación de la tecnología mediante plataformas que no eran exploradas o que eran cargo de otras disciplinas. Esto es prometedor para los diseñadores puesto que incrementa sus posibilidades laborales e investigativas.

Desde el DCU, la Ergonomía y la Usabilidad, los diseñadores industriales pueden hacer valiosas aportaciones por su perfil de formación profesional y sensibilidad para la especificación de requerimientos de usuario. La experiencia con los alumnos de diseño señala que es importante seguir generando perfiles diversos en la disciplina,

desde un panorama global, puesto que como dice Nogueira (2009), “la teoría del diseño no es una sola, sino un conjunto de reflexiones que hacen del diseño un discurso permanente, interesante y cada vez más necesario”.

Agradecimientos

A los alumnos de diseño Industrial de ECITEC, por su notable trabajo:

Daphne Andrea Osorio Quijas, Deny Rocha López, Enrique de la Cerda Muñoz, Jorge Armando Reyna Millán, Miriam Ileana Vázquez Rincón, Ruth Arcelia Xolalpa Rangel. +



Como citar este artículo

Murga González, Alejandro Daniel, Becerril Mendoza, Vladimir, y Rosas Burgos, Virginia Karina. (2019). *Diagnóstico ergonómico para de estaciones de trabajo industriales: una perspectiva desde el diseño en el noroeste de México*. H+D Hábitat mas Diseño, Número 22, julio-diciembre 2019, 66-75; pp.

Referencias

- Abras, C., Maloney-Krichmar, D., & Preece, J. (2004). *User-centered design*. Bainbridge, W. Encyclopedia of Human- Computer Interaction. Thousand Oaks: Sage Publications, 37(4), 445-456.
- Becerril, V. (2017). *Los factores humanos en el mobiliario fabricado con tecnología CAM y CNC*. Memorias del congreso internacional de arquitectura y diseño (CIAD), 317-327.
- Bevan, N. (2001). *International standards for HCI and usability*. *International journal of human-computer studies*, 55(4), 533-552.
- Flores, C. (2001). *Ergonomía para el diseño*. Teoría y práctica: Designio. Gibson, J. E., Scherer, W. T., & Gibson, W. F. (2007). *How to do systems analysis* (Vol. 47). John Wiley & Sons.
- Heskett, J. (2001). *Past, present, and future in design for industry*. *Design issues*, 17(1), 18-26.
- ISO. (1998). 9241-11. *Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs): The international organization for standardization*.
- ISO/IEC (1998). 9126-1: *Software Engineering Product quality Part 1: Quality model*.
- Lopez Torres, V., Maldonado-Radillo, S., & Marín, E. (2018). *Análisis Comparativo De Las Prácticas Ergonómicas En Las Estaciones De Trabajo De Plantas*. Maquiladoras Y Empresas De Servicio En Ensenada, B.C., México.
- Nogueira, Guadalupe (2009). *Las teorías del diseño al descubierta*. H+D HÁBITAT MÁS DISEÑO: Año 1, número 1, 2009, 9-13.
- Pea, R. D. (1987). *User centered system design: new perspectives on human-computer interaction*. *Journal educational computing research*, 3, 129-134.