

Aplicaciones de la metodología TRIZ en el diseño ergonómico de estaciones de trabajo

RECIBIDO: 10/09/13 ACEPTADO: 10/10/13

MARCO HENRICH SAAVEDRA*
 OSWALDO ROJAS LAZO**

RESUMEN

El presente artículo se estudia TRIZ (Teoriya Risheniya izobriatelskiy Zadach) o teoría para resolver problemas de inventiva, como una herramienta metodológica que puede ser aplicada en la solución de problemas ergonómicos. Se analiza la aplicabilidad de seis de los principios TRIZ como base para encontrar soluciones creativas a problemas ergonómicos, tales como el diseño de estaciones de trabajo, ruido e iluminación, entre otros.

Palabras clave: ergonomía, técnica TRIZ, puesto de trabajo

APLICACIONES DE LA METODOLOGÍA TRIZ EN EL DISEÑO ERGONÓMICO DE ESTACIONES DE TRABAJO

ABSTRACT

The present paper is introducing TRIZ as a methodological tool that can be applied in the solution of ergonomic problems. The applicability of 6 of the TRIZ principles is analyzed like base to find creative solutions to ergonomic problems, such as design of workstations, noise and lighting, among others.

Keywords: ergonomy, TRIZ technique, work station

1. INTRODUCCIÓN

La ergonomía es una actividad multidisciplinaria aplicada a la ingeniería, utilizada para el diseño de estaciones de trabajo, herramientas, métodos de trabajo y ambiente, de tal forma que se ajusten a las capacidades y limitaciones de las personas [5]. Desde sus inicios buscó adaptar y optimizar el ambiente de trabajo en las empresas de manufactura y servicios a las características de las personas, garantizando una calidad de vida laboral y disminuyendo el riesgo de contraer enfermedades ocupacionales en el largo plazo. En el Perú, hasta el año 2005 no había obligación de utilizarla, y desde esa fecha su aplicación ha sido incipiente con la excepción de las empresas transnacionales, las cuales se adaptan a las regulaciones en su país de procedencia. Un caso a tomar en cuenta son las empresas con sede en los EE.UU., las cuales se ajustan a las leyes de la Occupational Safety & Health Administration (OSHA) [6].

En el año 2005 a través del DS 009-2005/TR, por primera vez su uso es obligatorio en las empresas privadas del país, pero este decreto nunca se reglamentó y casi no se realizaron inspecciones de trabajo. Recién en el año 2011 los principios de ergonomía se hacen obligatorios y extensivos a la totalidad de empresas e instituciones públicas en el país, gracias a la Ley 29783 [2] y a su posterior reglamento (DS 005-2012/TR) [3].

Un factor importante para la poca aplicación de la ergonomía en las empresas peruanas es la falta de aplicación de metodologías para diagnosticar, evaluar y elaborar propuestas de solución, y es en este punto donde una metodología TRIZ puede definir un procedimiento para resolver problemas de ergonomía en la empresa.

TRIZ es una metodología, un sistema de herramientas, una base de conocimiento y una tecnología basada en modelos para generar ideas y generar soluciones innovadoras de problemas (Córdova, 2012). TRIZ proporciona las herramientas y los métodos a usar en la formulación de problemas, en el análisis de sistemas, en el análisis de fallas y en los patrones de evolución de los sistemas. Apunta a crear un acercamiento algorítmico a la invención de nuevos sistemas y al refinamiento de sistemas obsoletos.

* Profesor de la Universidad de Lima. E-mail: mhenrich@ulim.edu.pe

** Profesor de la Facultad de Ingeniería Industrial - UNMSM. E-mail: orojasla@hotmail.com

TRIZ es un método sistematizado para fomentar la creatividad, basado en el estudio de los modelos de evolución de patentes y en un estudio integrado del análisis de cómo se han resuelto diferentes tipos de problemas. La creatividad en la empresa se puede establecer como un conjunto de procedimientos de razonamiento creativo que tiene por objeto resolver problemas con soluciones innovadoras [4]. Es en este punto donde TRIZ puede aportar con algunos de sus 40 principios inventivos que son plenamente aplicables en casos ergonómicos.

Altshuller [1] clasificó cada descubrimiento o innovación que encontró en una patente como propio de un nivel de inventiva, y determinó la existencia de cinco niveles (Ver Cuadro 1).

Cuadro 1. Niveles del origen de conocimiento

Nivel	Grado de Inventiva	Origen conocimiento	% solución	Ensayo - error
1	Soluciones aparentes	Conocimiento individual	32%	10 veces el ensayo-error
2	Mejoras menores	Conocimiento dentro de la empresa	45%	100 veces el ensayo - error
3	Mejoras mayores	Conocimiento dentro de la empresa	18%	1.000 veces el ensayo-error.
4	Nuevos conceptos	Conocimiento exterior de la empresa	4%	100 mil veces ensayo-error.
5	Descubrimiento de nuevos fenómenos	Todo lo que es conocible	1%	1 millón veces el ensayo-error

Fuente: Elaborado con información disponible en <http://blog.pucp.edu.pe/media/avatar/387.pdf>

La Matriz de Contradicciones es parte de la metodología TRIZ que permite determinar los principios de inventiva cuando se identifica una contradicción técnica en el problema.

En la realidad, cerca del 80% de los problemas de ergonomía estudiados en los casos de aplicación de trabajos de cursos de ergonomía en universidades encuentran contradicciones, pues resolver un problema puede generar la aparición de otro. Uno de estos casos es la relacionada a las alturas óptimas de las mesas de trabajo, donde colocar la altura óptima de la mesa que haga confortable la realización del trabajo en los hombros y muñecas genera problemas en la distancia de la visión a la

zona de trabajo, lo cual puede generar dolores y problemas musculares en el cuello y hombros.

Altshuller propuso la hipótesis en la cual establece que existen principios universales de invención que pueden servir de base para las innovaciones creativas y los avances tecnológicos. En la Figura 1 se puede observar un esquema de su planteamiento.

Figura 1. Matriz de contradicciones de Altshuller.



Fuente: Elaborado con información disponible en <http://blog.pucp.edu.pe/media/avatar/864.pdf>

Donde:

- Problema particular o específico:** Se debe plantear en un problema genérico, y para ello se deben utilizar los 39 parámetros técnicos de TRIZ (Ver Cuadro 2).
- Problema genérico:** En esta etapa se utiliza una matriz de contradicciones, cuya función es mostrar cómo otros problemas generales análogos al que se plantea han sido resueltos.
- Solución general:** Se determina con la ayuda de algunos de los 40 principios inventivos TRIZ (Ver Cuadro 3).
- Solución específica:** Finalmente, al usar estas soluciones generales, se plantea una posible solución para el problema específico planteado. Un método práctico para encontrar las soluciones es utilizar la matriz de contradicciones (Ver Cuadro 4).

Cuadro 2. Parámetros técnicos de TRIZ

1. Peso de un objeto móvil	2. Peso de un objeto estacionario
3. Longitud de un objeto móvil	4. Longitud de un objeto estacionario
5. Área de un objeto móvil	6. Área de un objeto estacionario
7. Volumen de un objeto móvil	8. Volumen de un objeto estacionario
9. Velocidad	10. Fuerza
11. Tensión, presión	12. Forma
13. Estabilidad del objeto	14. Resistencia
15. Durabilidad de un objeto móvil	16. Durabilidad de un objeto estacionario
17. Temperatura	18. Brillantez
19. Energía gastada por el objeto móvil	20. Energía gastada por el objeto estacionario
21. Potencia	22. Pérdida de energía
23. Pérdida de materia	24. Pérdida de Información
25. Pérdida de tiempo	26. Cantidad de sustancia o materia
27. Confiabilidad	28. Precisión en la medida
29. Precisión en la manufactura	30. Daño externo que afecta a un objeto
31. Efectos de daños colaterales	32. Manufacturabilidad o facilidad para la fabricación
33. Conveniencia de uso	34. Facilidad en reparación
35. Adaptabilidad	36. Complejidad del dispositivo u objeto
37. Complejidad de control	38. Nivel de automatización
39. Productividad	

Fuente: Elaborado con información disponible en <http://portales.puj.edu.co/jaguilar/tercerasesion.pdf>

Cuadro 3. Principios inventivos de TRIZ

1. Segmentación	2. Extracción
3. Calidad local	4. Asimetría
5. Combinación	6. Universalidad
7. Anidación	8. Contrapeso
9. Acción contraria anticipada	10. Acción anticipada
11. Precaución previa	12. Equipo tencialidad
13. Inversión	14. Esfericidad
15. Dinamicidad	16. Acciones parciales o excesivas
17. Mover a una nueva dimensión	18. Vibraciones mecánicas
19. Acción periódica	20. Continuidad de la acción útil
21. Pasar rápidamente	22. Convertir el daño en beneficio
23. Retroalimentación	24. Mediador
25. Autoservicio	26. Copiar
27. Vida corta barata	28. Reemplazar un sistema mecánico
29. Uso de sistemas hidráulico o neumáticos	30. Membrana flexibles o películas delgadas
31. Uso de materiales porosos	32. Cambios de color
33. Homogeneidad	34. Rechazo y regeneración de partes
35. Transformación de estados químicos y físicos	36. Transiciones de fase
37. Expansión térmica	38. Oxidación acelerada
39. Ambiente inerte	40. Materiales compuestos

Fuente: Ideation International (1999).

Cuadro 4. Matriz de contradicciones

	1. Peso del objeto móvil	21. Potencia	39. Capacidad/productividad
1. Peso del objeto móvil	-	12, 36, 18, 31	35, 3, 24, 37
14. Resistencia	1, 8, 40, 15	10, 26, 28, 35	29, 35, 10, 14
39. Capacidad/productividad	35, 26, 24, 37	35, 20, 10	-

Elaborado con información disponible en http://es.slideshare.net/la_pampa/matriz-de-contradicciones

2. METODOLOGÍA INVENTIVA TRIZ: APLICACIONES EN ERGONOMÍA

El presente artículo presenta seis de los principios TRIZ aplicados a soluciones ergonómicas para que puedan determinarse soluciones innovadoras y creativas en las empresas de manufactura y servicios. Este planteamiento puede ser la base para determinar temas de investigación en Ingeniería Industrial, en especial para tesis y proyectos para el título profesional y grados de maestría o doctorado. A continuación se presentan algunos problemas ergonómicos que pueden ser trabajados con la metodología TRIZ.

Problema: Diseñar estaciones de trabajo bajo las condiciones más apropiadas para su uso.

Para ello se puede utilizar el principio inventivo N.º 3: Calidad local. Este principio establece que los diseños deben permitir su ajuste de acuerdo a las características antropométricas de los trabajadores, como por ejemplo garantizar que la altura de la superficie del trabajo sea la que permita al operador realizar la tarea en la forma más cómoda y productiva posible. En el caso de estaciones con el operario sentado, la silla debe ser ajustable y se le debe proporcionar un descanso pies también regulable. En general, mientras más ajustable sea el diseño de la estación, se obtendrá una mayor probabilidad de ajuste para las personas que la ocupen. Otro principio que se puede utilizar es el N.º 6: Universalidad, ya que las estaciones

de trabajo deben utilizar elementos estandarizados y el sistema debe cumplir múltiples funciones de acuerdo a lo definido por la empresa.

Problema: Control del ruido en ambientes de trabajo.

Para ello se puede utilizar el principio inventivo N.º 9: Acción contraria anticipada, ya que si va a ser necesario realizar una acción que tenga efectos positivos pero también dañinos, se deben ejecutar antiacciones para controlar los efectos perjudiciales. En los estudios de diagnóstico ergonómico realizados en trabajos universitarios aplicados a empresas industriales peruanas, se ha determinado que en el 85% de los casos hay problemas de ruido. Si bien estos niveles de ruido no son siempre dañinos en el corto plazo, los daños en el oído pueden ser permanentes en el largo plazo. La norma peruana establece un máximo de 85 dB de exposición durante 8 horas de trabajo. En el 20% los casos estudiados se han sobrepasado los 100 dB, lo cual puede generar problemas auditivos en el mediano y hasta en el corto plazo. Un ejemplo de la aplicación del principio N.º 3 es la sistematización del uso de tapones para los oídos u orejeras al ingresar a ambientes de trabajo ruidosos. Estos dispositivos al ser utilizados, en promedio reducen la exposición al ruido en 20 decibeles.

En una investigación realizada en el año 2012 en la ciudad de Lima a 41 empresas de manufactura realizada por los alumnos de Universidad de Lima, dirigida por el docente Marco Henrich, se determinó que en el 63,08% de los casos, existen problemas de ruido excediendo los límites permisibles (Cuadro 5).

Cuadro 5. Condiciones de niveles de ruido en empresas peruanas

Ruido	Casos estudiados
Aceptable	63,08%
Exceso	36,92%
Total general	100,00%

Fuente: elaboración propia

Es por ello que se hoy en día se enfatiza en la importancia de continuar con soluciones concretas a un problema que está siendo periódicamente evaluado por inspectores de trabajo en el Perú.

Problema: Diseñar componentes de la estación de trabajo bajo las condiciones más apropiadas para su manipulación o visualización.

Para ello se puede utilizar el principio inventivo N.º 10: Acción anticipada, el cual establece que los diseños deben garantizar las condiciones de trabajo para que la situación sea óptima. Una aplicación directa son las condiciones de iluminación en estaciones de trabajo. Esto está normado en el Perú por el Reglamento Nacional de Edificaciones que promulgó el Ministerio de Vivienda en el 2006 [7], considerando las condiciones óptimas de iluminación en todo tipo de construcciones, incluyendo escenarios de trabajos en empresas de manufactura y servicios. La iluminación en esta tabla está expresada en Lux, y se deben garantizar estas condiciones a través del diseño y del mantenimiento adecuado de las luminarias y lámparas utilizadas en el sistema. Otro principio inventivo que se puede utilizar en estos problemas es el N.º 10: Acción preliminar, ya que hay que mejorar el desempeño y adaptarlos a los cambios futuros que se pueden generar en los sistemas de trabajo.

En la misma investigación realizada por el docente Marco Henrich, también se determinó que solo el 9,68% tiene condiciones óptimas de iluminación. En el 80,65% de los casos, los problemas aparecen por defectos en los niveles de iluminación, tal como se puede apreciar en el Cuadro 6.

Cuadro 6. Condiciones de iluminación en empresas peruanas

Iluminación	Casos estudiados
Deficiente	80,64%
Exceso	9,68%
Óptimo	9,68%
Total general	100,00%

Fuente: elaboración propia

Problema: Evitar acciones repetitivas en los trabajos que puedan ocasionar en los operarios enfermedades ocupacionales.

Para ello se puede utilizar el principio inventivo N.º 19: Acción periódica, en el cual se establece que hay que usar acciones periódicas o pulsantes en lugar de acciones continuas. Este principio implica uno de los fundamentos de la ergonomía, ya que la repetitividad de las acciones está considerada

como un factor predominante en la aparición de desórdenes de traumas acumulativos (DTA). Se deben establecer períodos de descanso y, en casos extremos, sistemas de rotación de personal en actividades que por su naturaleza sean consideradas peligrosas, en especial trabajos que involucren vibraciones mecánicas que afecten al trabajador, o en actividades donde la fuerza y las posturas incorrectas predominen. Por la ley de OSHA, en empresas de los EE.UU. se ha introducido períodos de descanso entre 5 y 10 minutos cada dos horas, que incluso involucren una rutina de ejercicios para cambiar la acción continua. En el Perú, en el artículo 16, inciso (e) de la RM 375-2008 se propone incentivar la realización de ejercicios de estiramiento en el ambiente laboral.

Otro concepto aplicable es el que establece el principio N.º 40: Materiales compuestos, ya que existen materiales que tienen la propiedad de absorber vibraciones y facilitar el uso de los objetos que manipulan los trabajadores.

Problema: Existen soluciones de tipo ergonómicas que generan diversos problemas.

Para ello se puede utilizar el principio inventivo N.º 22: Convertir el daño en beneficio. En ergonomía prácticamente no existe la solución perfecta, y es por ello que para resolver los problemas más graves a veces se tiene que ceder ante otros tipos de problemas. Las soluciones pueden disminuir los efectos del problema más peligroso, pero también se puede generar otros efectos perjudiciales para el trabajador. Un ejemplo de ello es que un trabajador disponga de un diseño donde el trabajo principal esté a una altura que le permita verlo sin inclinar demasiado la cabeza y así proteger la zona de músculos del cuello. Pero esta posición del trabajo va a implicar que las muñecas estén extendidas y flexionadas durante la labor, lo cual le puede ocasionar condiciones de riesgo para un síndrome del túnel de carpo o una tenosinovitis. Lo óptimo para este caso es trabajar a 5 cm de la altura del codo sobre la actividad principal en el trabajo, pero ello representa inclinar la cabeza en forma sostenida. La consecuencia de este rediseño va a existir en los músculos del cuello, pero los efectos van a ser menores que el desarrollo de los traumas en manos y muñecas.

Problema: Los casos a optimizar pueden no incluir al 100% de la población.

Para ello hay que tener en cuenta el principio inventivo N.º 16: Acciones parciales. Aunque es totalmente imposible obtener el 100% del efecto deseado mediante cualquier propuesta, se trata de obtener el máximo posible. Este principio es

muy aplicable a la ergonomía pues casi en ningún caso es posible obtener un 100% de adaptabilidad de la estación de trabajo a las personas, pero los diseños deben garantizar las condiciones de trabajo para que la situación sea óptima. Una aplicación se da en el diseño de estaciones con dispositivos fijos y graduables. En el primer caso, las óptimas condiciones de diseño puedan garantizar una adaptabilidad desde el 25% hasta el 80% de las personas involucradas en la estación de trabajo, mientras que en caso de las estaciones con diseños ajustables puede garantizar un rango de ajuste óptimo entre el 75% y 99.9% de las personas.

Las contradicciones técnicas (conflictos entre las características propias de un sistema) y físicas (conflictos entre soluciones físicas mutuamente excluyentes) son los fundamentos de la metodología TRIZ, y ello se acomoda muy bien para la búsqueda de soluciones ergonómicas en las empresas. TRIZ propone un modelo de evolución tecnológica, en donde el analista debe considerar las leyes de esta evolución.

Se puede combinar TRIZ con otras técnicas tales como QFD (Quality Function Deployment), Teoría de Contradicciones TOC (Theory of Constraints) y Análisis funcional, donde se requiera resolver un problema, bien sea en el sector industrial e inclusive en las ciencias básicas. Esta capacidad de TRIZ explica la extensa cantidad de aplicaciones en los procesos, productos y servicios en diversos ámbitos.

3. CONCLUSIONES

- Si bien las empresas están actualmente obligadas a cumplir principios ergonómicos, se puede señalar a la ergonomía como una herramienta de competitividad. Es necesario sistematizar su implementación, y para ello se puede utilizar una metodología como TRIZ que ayudará a proponer soluciones innovadoras.
- No se ha encontrado evidencias de la utilización de esta metodología en el Perú o en Latinoamérica para resolver problemas ergonómicos, lo cual genera una amplia posibilidad de líneas de investigación. Tener diferentes tipos de

problemas en ergonomía aplicada a la empresa y la obligación de adaptarse a las nuevas leyes, hace que esta técnica se ajuste para utilizar nuevos enfoques que respondan a la naturaleza compleja de los problemas ergonómicos y a las contradicciones técnicas que se encuentran en casi un 80% de los casos.

- Se ha podido relacionar 6 de los 40 principios TRIZ en los problemas ergonómicos presentados, para que a partir de esta metodología se pueda llegar a encontrar soluciones eficientes y creativas.

4. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Altshuller, G. S. (2005). The innovation Algorithm: TRIZ. Massachusetts: Technical Innovation Center, Inc.
- [2] Congreso de la República del Perú (2011). Ley 29783/TR de Seguridad y Salud Ocupacional. Diario Oficial El Peruano, 20 de agosto de 2011.
- [3] Congreso de la República del Perú (2012). DS 005-2012/TR: Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional. Diario Oficial El Peruano, 25 de abril de 2012.
- [4] Isoba, O. (2007). Innovación y creatividad. <<http://www.gestiopolis.com/innovacion-emprendimiento/teoria-de-resolucion-de-los-problemas-inventivos-triz.htm> > [Fecha de consulta: 28 de setiembre de 2012]
- [5] Konz, S. (2009). Occupational Ergonomics. Arizona: Holcomb Hathaway Publishers.
- [6] Kroemer, Karl *et al.* (1994). Ergonomics: How to Design for Ease & Efficiency. Prentice Hall, New Jersey.
- [7] Ministerio de Vivienda de la República del Perú (2006). Reglamento General de Edificaciones.
- [8] Niebel, B. (2009). Ingeniería Industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo. Editorial Alfaomega, 12.^a ed., México.
- [9] Córdova, W (2012). TRIZ, la herramienta del pensamiento e innovación sistemática. Power Lines Group Perú SAC.