

AUTOMATIZACIÓN MEDIANTE NEUMÁTICA EN ÁREA DE SELLADO DE SOLDADURA DE FIBRA ÓPTICA

AUTOMATION THROUGH PNEUMATIC IN FIBER OPTIC WELDING SEALING AREA

Navarro Galván Amador¹, Castillo Pérez Velia Herminia²

¹Ingeniero industrial. Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez, Departamento de Ingeniería Industrial. Amadornavarro11@hotmail.com. Teléfono 52 656 195 8790. Parque Olimpo 774, Los Parques, Ciudad Juárez, Chih., México.

²Doctora en Ciencias de la Administración. Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez, Departamento de Posgrado e Investigación. velia.cp@cdjuarez.tecnm.mx. Teléfono 52 656 350 5200. Parque Olimpo 774, Los Parques, Ciudad Juárez, Chih., México. Autor corresponsal.

Resumen -- El objetivo es rediseñar el área de trabajo para aumentar la eficiencia y reducir los factores de riesgo ergonómico.

Un análisis del área de trabajo mostró dificultad en la realización de las operaciones e incumplimiento de los requerimientos.

El estudio inicial de movimientos con el método SRME, Sistema de Medición de Riesgo Ergonómico, muestra como causas principales: posturas que cansan a los operadores al momento de realizar su operación y el manejo inadecuado de la herramienta; arroja datos con un nivel de riesgo inicial de 50.

Con base en la información resultante, se decide facilitar el trabajo al operario, mediante Técnicas de Manufactura Esbelta, específicamente mantenimiento productivo total, a través, de la automatización con neumática en una prensa para facilitar la operación con riesgo mínimo de lesión; se efectúa la automatización con neumática en una prensa para facilitar la operación con riesgo mínimo de lesión; los resultados fueron: la reducción del impacto ergonómico de 45%, dejando un nivel de riesgo a 30, funcionamiento adecuado del equipo y mantenimiento preventivo y correctivo programado.

Palabras Clave – Automatización neumática, Mantenimiento preventivo, Manufactura esbelta, evaluación de riesgo ergonómico.

Abstract – The objective is to redesign working area to improve efficiency and reduce ergonomic risk factors.

A working area analysis show up difficulty during performing operations and requirements do not meet.

A movements initial study using Ergonomic Risk Measurement System, show up as main causes: Awkward postures, making operators get tired meanwhile performing operations and improper use of hand tool; data show up 50 as initial risk level.

Based on resultant information is decided to facilitate the operator labor, thru Lean Manufacturing Techniques, specifically Total Productive Maintenance using pneumatic automation into a bench press to facilitate the operation with minimal risk of injury;

pneumatic automation into a bench press to facilitate the operation with minimal risk of injury; the results were: ergonomic impact reduction of 45%, leaving a risk level of 30, equipment working properly, preventive and corrective maintenance scheduled.

Key words – Pneumatic automation, Preventive maintenance, Lean manufacturing, Ergonomic risk assessment.

INTRODUCCIÓN

Las organizaciones buscan flexibilidad, seguridad, consistencia en el flujo de trabajo, que faciliten la producción y la calidad de los productos, protegiendo a los empleados que lo llevan a cabo.

Este estudio se realizó en cierta área donde se procesan varios tipos de números de parte como: cables de cobre, terminales, alambre sólido y mallas de tierra en un proceso intermedio. Inicialmente el análisis del área de trabajo mostró dificultad al llevar a cabo las operaciones y falta de cumplimiento de los requerimientos

Utilizando automatización y técnicas de manufactura esbelta se busca facilitar el trabajo del operario, específicamente mantenimiento productivo total.

La automatización tiene un alto grado de desarrollo en las industrias que requieren aumentar su producción y reducir el tiempo de operación, su importancia surge de la necesidad de realizar las operaciones con menor riesgo para los trabajadores [1] [2].

La Manufactura Esbelta tiene varias herramientas que ayudan a eliminar las operaciones que no le agregan valor al producto, servicio y a los procesos; aumentando el valor de cada actividad realizada y eliminando lo que no se requiere. Reduce desperdicios y mejora las operaciones, basándose en el respeto al trabajador. En cómo define el valor desde el punto de vista del cliente es que la mayoría de los clientes quieren comprar una solución, no un producto o servicio. [3] [4].

Este trabajo presenta el rediseño de las áreas de trabajo y las automatiza, teniendo un efecto significativo de como los empleados realizan su operación. Es clave detectar los riesgos de trabajo en situaciones reales, evaluarlas para reducir y balancear las cargas de trabajo.

Sistema de Medición de Riesgo Ergonómico, muestra como causas principales: posturas que cansan a los operadores al momento de realizar su operación y el manejo inadecuado de la herramienta; arroja datos con un nivel de riesgo inicial de 50.

Con base en la información resultante, se decide facilitar el trabajo al operario, mediante Técnicas de Manufactura Esbelta, específicamente mantenimiento productivo total, a través, de la automatización con neumática en una prensa para facilitar la operación con riesgo mínimo de lesión; se efectúa la automatización con neumática en una prensa para facilitar la operación con riesgo mínimo de lesión; los resultados fueron: la reducción del impacto ergonómico de 45%, dejando un nivel de riesgo a 30, funcionamiento adecuado del equipo y mantenimiento preventivo y correctivo programado.

Planteamiento del problema. Durante las revisiones a la empresa, resalta la problemática de mejorar el sistema de producción de fase 1, es un factor importante en las primeras áreas productivas; ya que los primeros subsistemas que se hacen se mandan al cliente interno, para hacer su producto y así ellos mandarlo al cliente externo, esta es una cadena que requiere coordinación y trabajo en equipo por parte de las áreas involucradas.

Cuando se analiza, el manejo de herramientas, posturas incorrectas, surgen oportunidades de mejora que requieren enfoque, ya que, estos factores provocan que el trabajador este inconforme, se cansa rápidamente, rinda menos a la hora de trabajar y sea menos eficiente.

La repetitividad de movimientos hace menos efectivo al trabajador por el desgaste físico, pero cuando se cuenta con la ayuda de maquinaria o herramienta adecuada, es más fácil y cómodo realizar el trabajo, si se tienen las herramientas apropiadas.

Automatizar para incrementar la productividad, mejora las condiciones de trabajo del personal, suprimiendo los trabajos penosos e incrementando la seguridad; simplificando el mantenimiento, de forma que, el operario no requiera grandes conocimientos para la manipulación del proceso productivo. Reducir el alto costo de mano de obra, seguridad, mejora la calidad del

producto y alto costo de mano de obra, aumenta la seguridad, mejora la calidad del producto y reduce el alto costo de la no automatización [2] [5].

Fundamento Teórico.

El sistema de Manufactura Flexible o Manufactura Esbelta es definido como una filosofía de excelencia de manufactura, basada en: La eliminación planeada de todo tipo de desperdicio, El respeto por el trabajador: Kaizen y la mejora consistente de Productividad y Calidad [6].

Sus principios son la búsqueda de rentabilidad en las empresas está impulsando la implantación de esta metodología, basada en el sistema japonés del fabricante automovilístico Toyota, y cuyos principios básicos se están convirtiendo en un estándar de procedimientos operativos en muchas empresas debido a los beneficios que aporta [7].

La neumática, es la tecnología que emplea el aire comprimido como modo de transmisión de la energía necesaria para mover y hacer funcionar mecanismos. Mediante un fluido, ya sea aire (neumática), aceite o agua (hidráulica), se consigue mover un motor en movimiento giratorio o accionar un cilindro para que tenga un movimiento rectilíneo de salida o retroceso de un vástago (barra) [8].

Las válvulas neumáticas son elementos que mandan o regulan la puesta en marcha, el paro y la dirección, así como la presión o el caudal del fluido. Son como interruptores eléctricos, pero de aire.

Las posiciones de las válvulas distribuidoras se representan por medio de cuadrados. La cantidad de cuadrados adyacentes indica la cantidad de posiciones de la válvula distribuidora.

Las ventajas que destacan del aire comprimido son: es abundante, disponible de manera ilimitada; transportable, fácilmente transportable, además los conductos de retorno son innecesarios; se puede almacenar, permite el almacenamiento en depósitos; resistente a las variaciones de temperatura [8].

El aire comprimido, además, es seguro, antideflagrante, no existe peligro de explosión ni incendio; limpio, lo que es importante para industrias como las químicas, alimentarias, textiles, entre otras.

Los elementos que constituyen un sistema neumático son simples y de fácil comprensión. La velocidad de trabajo es alta. Tanto la velocidad como las fuerzas son regulables de una manera continua. Aguanta bien las sobrecargas, no existen riesgos de sobrecarga, ya que

cuando ésta existe, el elemento de trabajo simplemente para sin daño alguno [8].

Los 5 Principios del Pensamiento Esbelto. 1) Definir el valor desde el punto de vista del cliente. La mayoría de los clientes quieren comprar una solución, no un producto o servicio.

2) Identificar el flujo de valor. Eliminar desperdicios encontrando pasos que no agregan valor, algunos son inevitables y otros son eliminados inmediatamente. 3) Crear flujo. Hacer que todo el proceso fluya suave y directamente, de un paso que agregue valor a otro, desde la materia prima hasta el consumidor [9].

4) Producir el “Jale” del Cliente. Una vez hecho el flujo, ser capaces de producir por órdenes de los clientes en vez de producir basado en pronósticos de ventas a largo plazo.

5) Perseguir la perfección. Una vez que una empresa consigue los primeros cuatro pasos, se vuelve claro para aquellos que están involucrados, que añadir eficiencia siempre es posible [10], [6].

El Cambio rápido de modelo (SMED) es un proceso para cambiar el equipo de producción de una parte número a otro en el menor tiempo posible. SMED (Single Minute Exchange of Die) se refiere al objetivo de reducir los tiempos de cambio a un solo dígito, o menos de 10 minutos.

Las ideas clave de Shigeo Shingo sobre la reducción de configuración, que fueron desarrollado en los años 1950 y 1960, estaban separando la configuración interna de las operaciones, de las externas, lo cual se puede hacer solo cuando se detiene una máquina, como insertar una nueva matriz, desde operaciones externas que pueden realizarse mientras la máquina está en funcionamiento, como el transporte el nuevo dado a la máquina, y luego convertir la configuración interna operaciones a operaciones externas [11].

POKA YOKE o a Prueba y error, son métodos que ayudan a los operadores a evitar errores en su trabajo causados por escoger la pieza incorrecta, omitiendo una parte, instalando una pieza hacia atrás, entre otros. También llamado prueba de errores, poka-yugo (impermeabilización) y baka-yoke (a prueba de tontos) [12].

El ejemplo común de prueba de error es el diseño de productos con formas físicas que lo hacen imposible para instalar piezas en cualquier orientación diferente a la correcta [13].

El Mantenimiento Productivo Total (TPM) este es el

enfoque, se denomina total en tres sentidos. Primero, requiere la participación total de todos los empleados, no solo del personal de mantenimiento, pero gerentes de línea, ingenieros de manufactura, expertos en calidad y operadores. En segundo lugar, busca la productividad total de los equipos por centrándose en las seis pérdidas principales que afectan a los equipos: tiempo de inactividad, tiempo de cambio, paradas menores, pérdidas de velocidad, desecho, y retrabajo. En tercer lugar, aborda el ciclo de vida total de los equipos revisar las prácticas de mantenimiento, actividades y mejoras en relación con el lugar donde el equipo se encuentra en su ciclo de vida [13], [5], [14], [10].

A diferencia del mantenimiento preventivo tradicional, que depende de personal de mantenimiento, TPM involucra a los operadores en la rutina mantenimiento, proyectos de mejora y reparaciones simples. por ejemplo, los operadores realizan actividades diarias como la lubricación, limpiar, apretar e inspeccionar el equipo [15], [16], [17], [4].

DESARROLLO

Metodología, Descripción del área de trabajo

En la distribución del área donde se procesan varios tipos de números de parte como: cables de cobre, terminales, alambre sólido y mallas de tierra para posteriormente venderlo internamente.

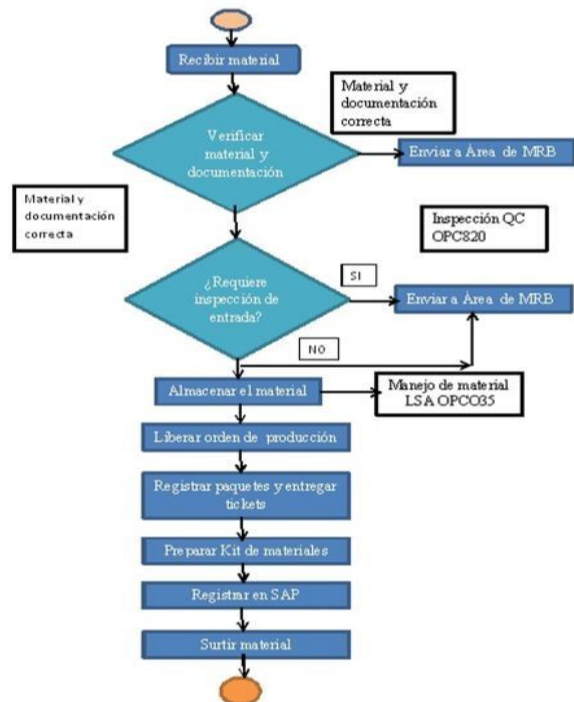


Figura 1. Diagrama de flujo de Liberación de orden.

Los tiempos de operación. En el Gráfico 1 se

ejemplifica el tiempo que se tarda para abrir la terminal, con el sistema tradicional sin automatizar, con una muestra de 10 piezas, los tiempos están en segundos.

Los defectos de calidad y problemas con el producto que se envían al cliente interno, no se muestran visualmente en la estación donde se producen, ya que las pruebas que se realizan al producto no son confiables, aparecen hasta que llegan al cliente interno (ensamble final) donde se ensambla y ahí surge el problema. En el ensamble final se hacen las pruebas necesarias donde se muestran los defectos de calidad. Es vital que el ensamble de la terminal este sin defectos y sin problemas de calidad.

El área de terminales FOSC tiene cinco estaciones; la primera estación tiene la función de abrir las terminales de tierra de diferentes números de parte, usando una prensa manual, en la que se cambian los dados para cada modelo; la segunda estación hace el preensamble de la terminal con el cable y realiza la operación del troquelado con una prensa automática; la tercera estación realiza la misma operación que la anterior el troquelado con una prensa automática; la cuarta estación realiza un doblez a la terminal con la ayuda de una prensa manual; la quinta estación realiza la operación de poner una tuerca cuando aplica, arandela y un tornillo en la perforación que tiene la terminal más grande con la ayuda de un torque neumático calibrado y con el apoyo de una escantillón; la última estación realiza el pesado de las piezas con una báscula calibrada, inspección, calidad y empaque del producto.

Al finalizar el proceso de empaque, el producto terminado se envía a almacén donde se le asigna la ubicación para posteriormente usarlo o enviarlo a los clientes.



Gráfico 1. Gráfico de tiempos y el promedio de la operación de abrir terminal.

Algunas oportunidades de mejora que se reflejan durante la revisión de proceso son: a) Operaciones realizadas manualmente de forma que la producción es baja; b) Ergonómicamente la operación se ejecuta con potenciales daños a la persona o provoca cansancio; c) No existe un método definido para efectuar la operación; d) El escantillón es inadecuado para realizar la operación [18], [19].

En la búsqueda de soluciones, se tuvieron las opciones del controlador lógico programable (PLC), temporizador (timer), sensores de tacto, sensores de presencia, escantillón; se quitó la idea de PLC por lo complejo que es programarlo y no es necesario para la automatización neumática. Se observó que la automatización es una opción para que los esfuerzos sean menos en el momento de la preparación de la máquina (set up) y favorecen los cambios rápidos de modelo para los números parte que se realizan.

Tabla 1. Tabla de Riesgo Ergonómico inicial.

Tabla 1. Tabla de Riesgo Ergonómico Inicial.									
Procedimiento de la Operación									
Abrir terminal de tierra	Máquina de - 40	Prensado de la terminal	Fuerza	Máquina de - 40		Evaluación de riesgo	Evaluación de riesgo	Evaluación de riesgo	Evaluación de riesgo
	Para el - 40			Para el - 40					
	Para el - 40			Para el - 40					
Troquelado	Máquina de - 40	Prensado de la terminal	Fuerza	Máquina de - 40		Evaluación de riesgo	Evaluación de riesgo	Evaluación de riesgo	Evaluación de riesgo
	Para el - 40			Para el - 40					
	Para el - 40			Para el - 40					
Doblez	Máquina de - 40	Prensado de la terminal	Fuerza	Máquina de - 40		Evaluación de riesgo	Evaluación de riesgo	Evaluación de riesgo	Evaluación de riesgo
	Para el - 40			Para el - 40					
	Para el - 40			Para el - 40					
Poner tuerca	Máquina de - 40	Prensado de la terminal	Fuerza	Máquina de - 40		Evaluación de riesgo	Evaluación de riesgo	Evaluación de riesgo	Evaluación de riesgo
	Para el - 40			Para el - 40					
	Para el - 40			Para el - 40					
Evaluación de riesgo									
Evaluación de riesgo									
Evaluación de riesgo									

Sistema de Medición de Riesgo Ergonómico (SMRE). La Tabla 1 Tabla de Riesgo Ergonómico inicial, muestra los movimientos que se utilizan en la operación que afectan a la persona; la evaluación del sistema ergonómico antes de automatizar, muestra un total de 55 puntos de nivel de riesgo, que significa que es moderado.

Como se muestra, esto es un foco de alerta para los puntos de: Hombros, brazo y codos y rojo para posturas estáticas.

La Figura 2 Presenta la prensa manual antes de automatizar y la Figura 3 la prensa manual después de automatizar



Figura 2. Prensa manual antes de automatizar.



Figura 4. Prensa manual después de automatizar.

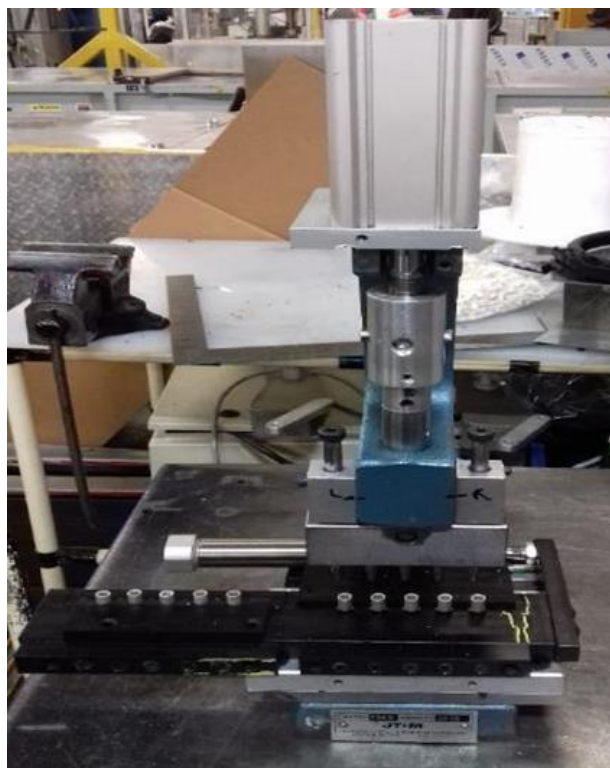


Figura 3. Prensa después de automatizar.

Tabla 2. Sistema de medición de riesgo ergonómico (SMRE) antes de automatizar.

Sección	Fuerza / Postura		Frecuencia / Duración		Fuerza / Postura	Frec. / Duración	Riesgo
	Alto	Bajo	Alto	Bajo			
Cuello	Postura con inclinación del cuello anterior (15°) del eje vertical (15°) hacia adelante.	Postura con inclinación del cuello (0°).	Frecuencia: 80% Duración: 20%	Frecuencia: 20% Duración: 80%	Bajo	Mod	5
Hombros	Inclinación del hombro con la mano (15°).	Inclinación del hombro con la mano (0°).	Frecuencia: 60% Duración: 40%	Frecuencia: 40% Duración: 60%	Alto	Bajo	10
Espalda	Postura de inclinación del tronco (15°).	Postura de inclinación del tronco (0°).	Frecuencia: 60% Duración: 40%	Frecuencia: 40% Duración: 60%	Bajo	Bajo	0
Brazos y Codos	Inclinación del brazo con la mano (15°).	Inclinación del brazo con la mano (0°).	Frecuencia: 60% Duración: 40%	Frecuencia: 40% Duración: 60%	Mod	Mod	10

Tabla 3. Sistema de Medición de Riesgo Ergonómico (SMRE) Antes de automatizar.

Sección 1	Fuerza / Postura		Frecuencia / Duración		Fuerza / Postura	Frec. / Duración	Puntaje
	Alto	Bajo	Alto	Bajo			
Muñecas	• Mantener la muñeca completamente extendida o flexionada a más de 90° por más de 30 segundos (30° a 90°). • Fuerza directa vertical > 10 kg.	• Mantener la muñeca completamente extendida o flexionada a más de 90° por más de 30 segundos (30° a 90°). • Fuerza directa vertical > 10 kg.	• Frecuencia: > 10 por minuto (10). • Duración: > 10% del ciclo de la tarea con una postura incómoda.	• Frecuencia: > 10 por minuto (10). • Duración: > 10% del ciclo de la tarea con una postura incómoda.	Mod	Mod	10
	• Mantener la muñeca completamente extendida o flexionada a más de 90° por más de 30 segundos (30° a 90°). • Fuerza directa vertical > 10 kg.	• Mantener la muñeca completamente extendida o flexionada a más de 90° por más de 30 segundos (30° a 90°). • Fuerza directa vertical > 10 kg.	• Frecuencia: > 10 por minuto (10). • Duración: > 10% del ciclo de la tarea con una postura incómoda.	• Frecuencia: > 10 por minuto (10). • Duración: > 10% del ciclo de la tarea con una postura incómoda.	Mod	Mod	10
Manos y Dedos	• Mantener la muñeca completamente extendida o flexionada a más de 90° por más de 30 segundos (30° a 90°). • Fuerza directa vertical > 10 kg.	• Mantener la muñeca completamente extendida o flexionada a más de 90° por más de 30 segundos (30° a 90°). • Fuerza directa vertical > 10 kg.	• Frecuencia: > 10 por minuto (10). • Duración: > 10% del ciclo de la tarea con una postura incómoda.	• Frecuencia: > 10 por minuto (10). • Duración: > 10% del ciclo de la tarea con una postura incómoda.	Bajo	Mod	8
	• Mantener la muñeca completamente extendida o flexionada a más de 90° por más de 30 segundos (30° a 90°). • Fuerza directa vertical > 10 kg.	• Mantener la muñeca completamente extendida o flexionada a más de 90° por más de 30 segundos (30° a 90°). • Fuerza directa vertical > 10 kg.	• Frecuencia: > 10 por minuto (10). • Duración: > 10% del ciclo de la tarea con una postura incómoda.	• Frecuencia: > 10 por minuto (10). • Duración: > 10% del ciclo de la tarea con una postura incómoda.	Bajo	Mod	8
Piernas	• Mantener la pierna completamente extendida o flexionada a más de 90° por más de 30 segundos (30° a 90°). • Fuerza directa vertical > 10 kg.	• Mantener la pierna completamente extendida o flexionada a más de 90° por más de 30 segundos (30° a 90°). • Fuerza directa vertical > 10 kg.	• Frecuencia: > 10 por minuto (10). • Duración: > 10% del ciclo de la tarea con una postura incómoda.	• Frecuencia: > 10 por minuto (10). • Duración: > 10% del ciclo de la tarea con una postura incómoda.	Bajo	Bajo	8
	• Mantener la pierna completamente extendida o flexionada a más de 90° por más de 30 segundos (30° a 90°). • Fuerza directa vertical > 10 kg.	• Mantener la pierna completamente extendida o flexionada a más de 90° por más de 30 segundos (30° a 90°). • Fuerza directa vertical > 10 kg.	• Frecuencia: > 10 por minuto (10). • Duración: > 10% del ciclo de la tarea con una postura incómoda.	• Frecuencia: > 10 por minuto (10). • Duración: > 10% del ciclo de la tarea con una postura incómoda.	Bajo	Bajo	8
Posturas Estáticas	• Mantener la pierna completamente extendida o flexionada a más de 90° por más de 30 segundos (30° a 90°). • Fuerza directa vertical > 10 kg.	• Mantener la pierna completamente extendida o flexionada a más de 90° por más de 30 segundos (30° a 90°). • Fuerza directa vertical > 10 kg.	• Frecuencia: > 10 por minuto (10). • Duración: > 10% del ciclo de la tarea con una postura incómoda.	• Frecuencia: > 10 por minuto (10). • Duración: > 10% del ciclo de la tarea con una postura incómoda.	Alto	Mod	18
	• Mantener la pierna completamente extendida o flexionada a más de 90° por más de 30 segundos (30° a 90°). • Fuerza directa vertical > 10 kg.	• Mantener la pierna completamente extendida o flexionada a más de 90° por más de 30 segundos (30° a 90°). • Fuerza directa vertical > 10 kg.	• Frecuencia: > 10 por minuto (10). • Duración: > 10% del ciclo de la tarea con una postura incómoda.	• Frecuencia: > 10 por minuto (10). • Duración: > 10% del ciclo de la tarea con una postura incómoda.	Alto	Mod	18
Sección 1 - Puntuación, de Postura, Fuerza y Frecuencia							

Tabla 4. Muestra las ponderaciones que se le asigna al riesgo ergonómico.

Puntuación		Frecuencia / Duración		
		Bajo	Mod	Alto
Fuerza / Postura	Bajo	0	5	10
	Mod	5	10	15
	Alto	10	15	20

Material utilizado se encuentran varios relevadores, entre ellos El K10P-11A15-120 es un relé de alimentación que se conecta en miniatura de 2 polos con montaje en zócalo, clasificación de corriente de contacto de 15 A, resistencia de bobina de 3,9 kΩ, voltaje de bobina de 120 VCA y contactos de óxido de cadmio plateado.

Otro Relevador de Potencia sin enclavamiento, y sus especificaciones, sin enclavamiento, es decir, que se requiere de una programación específica para que este deje pasar la señal y no necesariamente al estar conectado deje pasar la señal.

Tabla 5. Sistema de medición de riesgo ergonómico (SMRE) después de automatizar.

Sección 1	Fuerza / Postura		Frecuencia / Duración		Fuerza / Postura	Frec. / Duración	Puntaje
	Alto	Bajo	Alto	Bajo			
Cuello	• Mantener la cabeza completamente extendida o flexionada a más de 30° por más de 30 segundos (30° a 60°). • Fuerza directa vertical > 10 kg.	• Mantener la cabeza completamente extendida o flexionada a más de 30° por más de 30 segundos (30° a 60°). • Fuerza directa vertical > 10 kg.	• Frecuencia: > 10 por minuto (10). • Duración: > 10% del ciclo de la tarea con una postura incómoda.	• Frecuencia: > 10 por minuto (10). • Duración: > 10% del ciclo de la tarea con una postura incómoda.	Bajo	Mod	5
	• Mantener la cabeza completamente extendida o flexionada a más de 30° por más de 30 segundos (30° a 60°). • Fuerza directa vertical > 10 kg.	• Mantener la cabeza completamente extendida o flexionada a más de 30° por más de 30 segundos (30° a 60°). • Fuerza directa vertical > 10 kg.	• Frecuencia: > 10 por minuto (10). • Duración: > 10% del ciclo de la tarea con una postura incómoda.	• Frecuencia: > 10 por minuto (10). • Duración: > 10% del ciclo de la tarea con una postura incómoda.	Bajo	Mod	5
Hombros	• Mantener la cabeza completamente extendida o flexionada a más de 30° por más de 30 segundos (30° a 60°). • Fuerza directa vertical > 10 kg.	• Mantener la cabeza completamente extendida o flexionada a más de 30° por más de 30 segundos (30° a 60°). • Fuerza directa vertical > 10 kg.	• Frecuencia: > 10 por minuto (10). • Duración: > 10% del ciclo de la tarea con una postura incómoda.	• Frecuencia: > 10 por minuto (10). • Duración: > 10% del ciclo de la tarea con una postura incómoda.	Bajo	Bajo	8
	• Mantener la cabeza completamente extendida o flexionada a más de 30° por más de 30 segundos (30° a 60°). • Fuerza directa vertical > 10 kg.	• Mantener la cabeza completamente extendida o flexionada a más de 30° por más de 30 segundos (30° a 60°). • Fuerza directa vertical > 10 kg.	• Frecuencia: > 10 por minuto (10). • Duración: > 10% del ciclo de la tarea con una postura incómoda.	• Frecuencia: > 10 por minuto (10). • Duración: > 10% del ciclo de la tarea con una postura incómoda.	Bajo	Bajo	8
Espalda	• Mantener la cabeza completamente extendida o flexionada a más de 30° por más de 30 segundos (30° a 60°). • Fuerza directa vertical > 10 kg.	• Mantener la cabeza completamente extendida o flexionada a más de 30° por más de 30 segundos (30° a 60°). • Fuerza directa vertical > 10 kg.	• Frecuencia: > 10 por minuto (10). • Duración: > 10% del ciclo de la tarea con una postura incómoda.	• Frecuencia: > 10 por minuto (10). • Duración: > 10% del ciclo de la tarea con una postura incómoda.	Bajo	Bajo	8
	• Mantener la cabeza completamente extendida o flexionada a más de 30° por más de 30 segundos (30° a 60°). • Fuerza directa vertical > 10 kg.	• Mantener la cabeza completamente extendida o flexionada a más de 30° por más de 30 segundos (30° a 60°). • Fuerza directa vertical > 10 kg.	• Frecuencia: > 10 por minuto (10). • Duración: > 10% del ciclo de la tarea con una postura incómoda.	• Frecuencia: > 10 por minuto (10). • Duración: > 10% del ciclo de la tarea con una postura incómoda.	Bajo	Bajo	8
Brazos y Codos	• Mantener la cabeza completamente extendida o flexionada a más de 30° por más de 30 segundos (30° a 60°). • Fuerza directa vertical > 10 kg.	• Mantener la cabeza completamente extendida o flexionada a más de 30° por más de 30 segundos (30° a 60°). • Fuerza directa vertical > 10 kg.	• Frecuencia: > 10 por minuto (10). • Duración: > 10% del ciclo de la tarea con una postura incómoda.	• Frecuencia: > 10 por minuto (10). • Duración: > 10% del ciclo de la tarea con una postura incómoda.	Mod	Bajo	5
	• Mantener la cabeza completamente extendida o flexionada a más de 30° por más de 30 segundos (30° a 60°). • Fuerza directa vertical > 10 kg.	• Mantener la cabeza completamente extendida o flexionada a más de 30° por más de 30 segundos (30° a 60°). • Fuerza directa vertical > 10 kg.	• Frecuencia: > 10 por minuto (10). • Duración: > 10% del ciclo de la tarea con una postura incómoda.	• Frecuencia: > 10 por minuto (10). • Duración: > 10% del ciclo de la tarea con una postura incómoda.	Mod	Bajo	5

Tabla 9. Sistema de Medición de Riesgo Ergonómico (SMRE) Después de automatizar.

Sección 1	Fuerza / Postura		Frecuencia / Duración		Postura / Postura	Frec / Frec	Duración
	Bajo	Alto	Bajo	Alto			
Muñecas	• Puntos de riesgo: carpal tunnel syndrome, tendinitis, etc. • Ejemplo: fuerza en 10% de la fuerza (10%) • Posición: dedos extendidos 	• Puntos de riesgo: carpal tunnel syndrome, tendinitis, etc. • Ejemplo: fuerza en 20% de la fuerza (20%) • Posición: dedos extendidos 	• Frecuencia: 10% de la fuerza (10%) • Duración: 10% de la fuerza (10%) 	• Frecuencia: 20% de la fuerza (20%) • Duración: 20% de la fuerza (20%) 	Mod	Mod	10
Manos y Dedos	• Puntos de riesgo: carpal tunnel syndrome, tendinitis, etc. • Ejemplo: fuerza en 10% de la fuerza (10%) • Posición: dedos extendidos 	• Puntos de riesgo: carpal tunnel syndrome, tendinitis, etc. • Ejemplo: fuerza en 20% de la fuerza (20%) • Posición: dedos extendidos 	• Frecuencia: 10% de la fuerza (10%) • Duración: 10% de la fuerza (10%) 	• Frecuencia: 20% de la fuerza (20%) • Duración: 20% de la fuerza (20%) 	Bajo	Mod	8
Piernas	• Puntos de riesgo: carpal tunnel syndrome, tendinitis, etc. • Ejemplo: fuerza en 10% de la fuerza (10%) • Posición: dedos extendidos 	• Puntos de riesgo: carpal tunnel syndrome, tendinitis, etc. • Ejemplo: fuerza en 20% de la fuerza (20%) • Posición: dedos extendidos 	• Frecuencia: 10% de la fuerza (10%) • Duración: 10% de la fuerza (10%) 	• Frecuencia: 20% de la fuerza (20%) • Duración: 20% de la fuerza (20%) 	Bajo	Bajo	0
Posturas Estáticas	• Puntos de riesgo: carpal tunnel syndrome, tendinitis, etc. • Ejemplo: fuerza en 10% de la fuerza (10%) • Posición: dedos extendidos 	• Puntos de riesgo: carpal tunnel syndrome, tendinitis, etc. • Ejemplo: fuerza en 20% de la fuerza (20%) • Posición: dedos extendidos 	• Frecuencia: 10% de la fuerza (10%) • Duración: 10% de la fuerza (10%) 	• Frecuencia: 20% de la fuerza (20%) • Duración: 20% de la fuerza (20%) 	Bajo	Mod	5

Tabla 11. Tabla de Riesgo Ergonómico final.

[illegible]

Tabla 10. Hora por hora de Terminales FOSC después de automatizar.

TOTAL			Setembro 17 de Setembro de 2010					Vencido 15 de Setembro de 2010					janeiro 1 de Setembro de 2010				
LÍNEA	TOTAL		Entradas					Salidas					Vencidos				
	REDES TOTALS REDES	REDES REDES REDES	NET 1- REDES REDES REDES	REDES REDES REDES	REDES REDES REDES	REDES REDES REDES	REDES REDES REDES	REDES REDES REDES	REDES REDES REDES	REDES REDES REDES	REDES REDES REDES	REDES REDES REDES	REDES REDES REDES	REDES REDES REDES	REDES REDES REDES		
CONSUMIDOR	0	-	135,00	(135,00)	0	-	-	0%	0	-	-	0%	0	-	-	0%	
Alfama	37	5,30	90,00	(94,70)	0	-	-	0%	0	-	-	0%	0	2,46	18,00	94%	
	37	5,30	255,00	(219,70)	0	-	-	0,00%	0	-	-	0,00%	11	2,46	18,00	13,63%	
CONSUMIDOR - LITING	6,29	37,25	45,00	(122,30)	0	-	-	0%	44,0	26,52	45,00	99%	587	53,00	72,00	88%	
CONSUMIDOR - LITING	14,92	287,91	300,00	(72,30)	0	-	-	0%	10,5	133	18,00	99%	15,76	44,00	54,00	92%	
CONSUMIDOR - LITING	22,78	360,69	300,00	0,0	0	-	-	0%	0	-	-	0%	13,39	58,00	53,00	99%	
	4,10	1,020,88	(1,250)	(194,20)	0	-	-	-	5,97	3,061	6,00	4,838%	5,492	155,11	138,00	17,36%	
CONSUMIDOR - LITING	16,29	288,10	450,00	(151,30)	0	-	-	0%	3,000	53,10	45,00	100%	3,100	48,00	45,00	99%	
CONSUMIDOR	5	25,00	25,00	(200,00)	0	-	-	0%	0	-	-	0%	0	-	-	0%	
CONSUMIDOR	0	-	25,00	(225,00)	0	-	-	0%	0	-	-	0%	0	-	-	0%	
CONSUMIDOR	12,388	1,310,00	1,800,00	(580,00)	0	-	-	0%	0	-	-	0%	16,758	198,00	207,00	99%	
CONSUMIDOR	10,68	1,31,93	2,340,00	(1,028,00)	0	-	-	0%	0	-	-	0%	13,65	208,00	222,00	95%	
CONSUMIDOR	301	87,41	270,00	(192,50)	0	-	-	0%	0	-	-	0%	0	-	-	0%	
CONSUMIDOR	384	44,70	270,00	(225,30)	0	-	-	0%	0	-	-	0%	0	-	-	0%	
CONSUMIDOR - LITING	94,53	2,019,68	1,800,00	219,68	0	-	-	0%	7,076	1,101,20	144,00	772%	20,702	194,34	257,00	92%	
CONSUMIDOR	55,95	1,316,92	1,800,00	(283,08)	0	-	-	0%	3,124	11,139	15,00	99%	47,744	208,00	259,00	92%	
CONSUMIDOR	20,04	360,00	900,00	(539,96)	0	-	-	0%	31,0	15,15	18,00	99%	13,99	35,00	35,00	99%	
CONSUMIDOR - LITING	47	1,034	720,00	(709,15)	0	-	-	0%	0	-	-	0%	9	-	-	0%	
	336,013	7,844,73	10,840,00	(3,765,27)	0	-	-	0,00%	13,630	1,298,86	3,690	33,10%	34,428	1,056,25	1,298,00	82,28%	

DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

El presente trabajo muestra que existe sinergia durante la aplicación de métodos de ingeniería industrial y las tecnologías y sistemas de información modernas, además tienen una influencia positiva en las actividades productivas de las empresas, como lo muestra el presente trabajo, lo confirman [20] cuando mencionan que los daños ocupacionales son actualmente el mayor contribuyente a la pérdida de trabajos alrededor del mundo y son también de alto costo para los negocios.

Se realizó un estudio de movimientos con el método SRME (Sistema de Medición de Riesgo Ergonómico), en donde arroja los datos con un nivel de riesgo de 50, sabiendo esto, se tomó una decisión de facilitar el trabajo al operario, se hizo la automatización con neumática en una prensa para facilitar la operación con riesgo mínimo de lesión y se redujo el impacto ergonómico a un 45%, que esto deja un nivel de riesgo a 30, cumpliéndose con ello el objetivo.

Se implementa una de las herramientas de Manufactura Esbelta que es el TPM (Mantenimiento Productivo Total) en la prensa neumática dando como resultado el

buen funcionamiento del equipo, así como su prevención y corrección.

Se muestra en porcentaje de eficiencia en producción después de automatizar, como se presenta no es mucho el cambio en la producción que se aumenta, ya que, la finalidad es reducir el impacto ergonómico hacia las personas mediante la automatización. El porcentaje está por arriba del 90 %, significa que también hay estaciones por mejorar.

Un elemento clave fue el involucramiento de los operadores en las actividades realizadas y el trabajo en equipo de los departamentos involucrados.

CONCLUSIONES

El uso de los Sistemas de Evaluación de Riesgo Ergonómico facilita la evaluación rápida del cuerpo completo. REBA, RULA, ROSA. El método REBA analiza las posturas individuales, su duración, frecuencia, fuerza y agarre. Valora el riesgo de las posturas inadecuadas.

Los datos iniciales contaban con un nivel de riesgo de 50, sabiendo esto, se tomó una decisión de facilitar el trabajo al operario, se hizo la automatización con neumática en una prensa para facilitar la operación con riesgo mínimo de lesión y se redujo el impacto ergonómico a un 45%, que esto deja un nivel de riesgo a 30, cumpliéndose con ello el objetivo. Se detectó como foco de alerta para los puntos de: Hombros, brazo y codos y rojo para posturas estáticas

En conclusión, la automatización tiene un alto costo al inicio, es un poco tardado el planearlo y ejecutarlo ya que se requiere de un buen trabajo en equipo para lograr hacerlo.

Sus beneficios son muchos y tiene muy pocas desventajas, uno de sus beneficios es que se puede hacer esto en toda la organización o en cualquier organización que requiera facilitar alguna operación.

Continuando con la mejora, se recomienda automatizar con neumática la estación del doblado de la terminal, ya que esta también es manual y tiene factores ergonómicos que afectan al trabajador. Se recomienda que las prensas manuales también sean automatizadas, no quitando al operador como se ha mencionado, sino que se les facilite el trabajo y que sea más cómodo y seguro.

También se recomienda que semanalmente o cada dos semanas revisar estos puntos para que el sistema funcione

eficientemente y no tenga fallas a la hora de realizar la operación:

LOCK OUT TAG OUT Actividad: antes de realizar cualquier actividad revise el análisis de riesgo. procedimiento de seguridad prioridad: alta procedimiento: deshabilite la energía desconectando la unidad con el seccionador o interruptor principal, bloquee las fuentes de energía con el equipo de lock out tag out antes de empezar a realizar cualquier mantenimiento.

GUARDAS Y CUBIERTAS Actividad: inspeccionar las guardas prioridad: alta procedimiento: revisar que las guardas de seguridad estén en buen estado y bien atornilladas, si es necesario reemplácelas, no deben estar maltratadas, rotas o que falte visibilidad.

Para la prensa neumática las recomendaciones de mantenimiento preventivo son los siguientes:

DESHABILITAR LOCK OUT TAG OUT Actividad: Procedimiento de seguridad. Riesgos identificados: corto circuito, descarga eléctrica. Nivel de riesgo: bajo. Medidas de control: desconexión de energía eléctrica, lock out / tag out, utilizar equipo de protección personal (guantes de carpa). Prioridad: alta. Procedimiento: cierre los paneles de desconexión asegure las puertas de los paneles. Retire el equipo de lock out tag out habilite la energía y cheque la apropiada operación de la máquina

DESHABILITAR LOCK OUT TAG OUT Actividad: Procedimiento de seguridad. Riesgos identificados: corto circuito, descarga eléctrica. Nivel de riesgo: bajo. Medidas de control: desconexión de energía eléctrica, lock out / tag out, utilizar equipo de protección personal (guantes de carpa). Prioridad: alta. Procedimiento: cierre los paneles de desconexión asegure las puertas de los paneles. Retire el equipo de lock out tag out habilite la energía y cheque la apropiada operación de la máquina.

REVISAR Y CAMBIAR SI ES NECESARIO Actividad: Riesgos identificados: golpe de serpiente o látigo, Nivel de riesgo: bajo. Medidas de control: verifique que la presión de aire sea la correcta para evitar lesiones. Prioridad: media. Procedimiento: cheque si las líneas de aire se encuentran en perfecto estado, reemplace / repare cualquier manguera y línea de aire como sea necesario. Revisar que el pistón funcione correctamente y se encuentre lubricado revisar cuidadosamente el desgaste de las partes en movimiento como: embolo vástago.

REVISAR CABLEADO. Riesgos identificados: corto

circuito, descarga eléctrica. Nivel de riesgo: bajo. Medidas de control: desconexión de energía eléctrica, lock out / tag out, utilizar equipo de protección personal (guantes de carnaza). Prioridad: media. Procedimiento: revise las evidencias de posibles desconexiones, conexiones corroídas conectores descoloridos.

LIMPIEZA EN GENERAL prioridad: alta procedimiento: limpieza general: 1. Mantener la unidad limpia. 2. Limpiar la unidad y alrededor de ella con una aspiradora. Revisar y remover si hay polvo u otro tipo de residuos que obstruyan la unidad y le quite funcionalidad. No limpiar con agua y jabón dentro de la unidad puede ocasionar daños. 3. Remover el material adherible (polvo) a las aberturas de la toma del enfriador y a los puertos de escape.

DESHABILITAR LOCK OUT TAG OUT Actividad: Procedimiento de seguridad. Riesgos identificados: corto circuito, descarga eléctrica. Nivel de riesgo: bajo. Medidas de control: desconexión de energía eléctrica, lock out / tag out, utilizar equipo de protección personal (guantes de carnaza). Prioridad: alta. Procedimiento: cierre los paneles de desconexión asegure las puertas de los paneles. Retire el equipo de lock out tag out habilite la energía y cheque la apropiada operación de la máquina.

Se recomienda revisar la posibilidad de implementación de la automatización en toda la organización.

Se recomienda que las prensas manuales también sean automatizadas.

La automatización no tiene la función de quitar al operador, sino ayudar a realizar las operaciones en las que el desgaste y fatiga son presenciales Se recomienda fuertemente utilizar la comunicación verbal.

BIBLIOGRAFÍA

[1] Benesova, Andrea; Tupa, Andrea. (2017). Requirements for Education and Qualification of People in Industry 4.0. International Conference on Flexible Automation and Intelligent Manufacturing, FAIM2017 (págs. 2195-2203). Moderna, Italy: Procedia Manufacturing 11.

[2] Kolberg, Dennis; Zuhlke, Detlef. (2015). Lean Automation enabled by Industry 4.0 Technologies. International Federation of Automatic Control, 1870-1875.

[3] Benesova, Andrea; Tupa, Andrea. (2017). Requirements for Education and Qualification of People in Industry 4.0. International Conference on Flexible Automation and Intelligent Manufacturing, FAIM2017 (págs. 2195-2203). Moderna, Italy: Procedia Manufacturing 11.

[4] Sarria Yepez, Monica Patricia; Fonseca Villamarín, Guillermo Alberto ; Bocanegra-Herrera, Claudia

Cristina;. (2017). Modelo metodológico de implementación de Lean Manufacturing. Revista EAN.

[5] Chunguang, B., Ahmet, S., & Joseph, S. (2019). Investing in lean manufacturing practices: an environmental and operational perspective. International journal of production research, 1037-1051.

[6] Womack, James P; Jones, Daniel T; Roos, Daniel. (2007). The machine that changed the world

[7] Prabowo, Henry Agung; Yudha Bobby; Farida Farida;. (2018). The evaluation of eight pillars total productive maintenance (TPM) implementation and their impact on overall equipment effectiveness (OEE) and waste. SINERGI Vol. 22, No.1, 3-18 <https://doi.org/10.22441/sinergi.2018.1.003>.

[8] Areatecnología. (18 de 03 de 2018). Obtenido de Areatecnología: <https://www.areatecnologia.com/NEUMATICA.htm>

[9] Kanti Agustiad, Tina; Cudney, Elizabeth A. (2018). Total productive maintenance. Total Quality Management & Business Excellence, <https://doi.org/10.1080/14783363.2018.1438843>

[10] Ibarra Balderas, Victor Manuel; Ballesteros Medina, Laura Lorena;. (2017). Manufactura Esbelta. Conciencia Tecnológica, 54-58.

[11] Godina, Radu; Pimentel, Carina; Silva, F.J.G.; Matias, Joao C.O. (2018). A Structural Literature Review of the Single Minute Exchange of Die: The Latest Trends. Procedia Manufacturing 17, 783-790.

[12] Lazarevic, M., Mandic, J., Sremcevic, N., Vukelic, D., & Debevec, M. (2019). A systematic literature review of Poka Yoke and novel approach to theoretical aspects. Journal of Mechanical Engineering, DOI:10.5545/sv-jme.2019.6056.

[13] García Alcaraz, J. L. (2011). Factores relacionados con el éxito del mantenimiento preventivo total. Rev. Fac. Ing. Univ. Antioquia N.º 60, 129-140.

[14] Lilian, P. (2010). Lean Manufacturing Manufactura Esbelta/Ágil. Revista Ingeniería Primero, 64-69.

[15] García Alcaraz, J. L., Romero, G. J., & Noriega Morales, S. A. (2012). El éxito del mantenimiento productivo total y su relación con los factores administrativos. Contaduría y Administración, 173-196.

[16] Ibarra Balderas, Victor Manuel; Ballesteros Medina, Laura Lorena;. (2017). Manufactura Esbelta. Conciencia Tecnológica, 54-58.

[17] Melton, T. (2005). The benefits of lean manufacturing: What lean thinking has to offer the process industries. Chemical Engineering Research and Design, 662-673.

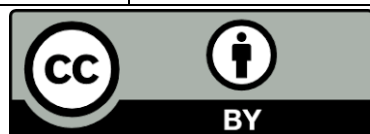
[18] Godina, Radu; Pimentel, Carina; Silva, F.J.G.; Matias, Joao C.O. (2018). A Structural Literature Review of the Single Minute Exchange of Die: The Latest Trends. Procedia Manufacturing 17, 783-790.

[19] Madrid, S. d. (2016). Métodos de evaluación ergonómica. Madrid: Unigraficas GPS.

[20] Mahboobi, Maryam; Taghipour, Mohammad; Ali Azadeh, Mohammad;. (2020). Assessing ergonomic risk factors using combined data analysis and conventional methods for an auto parts manufacturer. Work, vol. 67, no. 1, pp. 113-128, pp.113-128 DOI: 10.3233/WOR-203257.

ROLES DE CONTRIBUCIÓN

Rol de Contribución	Autor (es)
Conceptualización	Velia Castillo, Amador Navarro
Curación de datos	Amador Navarro
Metodología	Velia Castillo, Amador Navarro
Administración del proyecto	Velia Castillo, Amador Navarro
Recursos	Velia Castillo, Amador Navarro
Software	Amador Navarro
Supervisión	Velia Castillo
Validación	Velia Castillo, Amador Navarro
Redacción	Velia Castillo, Amador Navarro
Visualización	Velia Castillo, Amador Navarro
Redacción	Velia Castillo, Amador Navarro
Redacción	Velia Castillo



Esta obra está bajo
 una licencia internacional
 Creative Commons
 Atribución 4.0.