

Aplicación de la simulación, para justificar la implementación de proyectos ergonómicos, en líneas de producción con ensamble manual: caso empresa TERADYNE.

M.I. Maritza Soqui Roman

maritza_soqui@hotmail.com

M.I. Lamberto Vázquez Veloz

lambertovazquez@uabc.mx

Maestros de tiempo completo de la carrera de Ingeniería Industrial, de la Facultad de Ingeniería, de la Universidad Autónoma de Baja California.

Resumen:

En este artículo, se analiza la problemática de justificar proyectos ergonómicos, de una manera confiable, de bajo costo y en un tiempo corto, en las líneas de ensamble manual, encontrando una posibilidad de realizar esto, con la ayuda de la simulación discreta. Permittiéndonos realizar búsquedas heurísticas de manera rápida, económica y con una buena confiabilidad.

Palabras Claves.

Ergonomía, simulación, líneas de ensamble manual, método RULA.

Introducción:

Uno de los principales problemas a los que se enfrenta la ergonomía en la actualidad, es la poca confianza de los empresarios en el desempeño y funcionalidad de su aplicación. Esto se debe principalmente a la creencia generalizada de que la inversión en programas ergonómicos, no se capitaliza en beneficios tangibles para la empresa. Sin embargo, los principales agentes de productividad y calidad en las líneas de producción, son los operarios y si no se brindan las condiciones ergonómicas suficientes, éstos indicadores son muy vulnerables y de difícil control. (González Torre et. Al., 2002).

El ambiente globalmente competitivo en el que se desempeñan las empresas productoras de bienes, en la actualidad y la vertiginosa habilidad que se ha desarrollado

para manejar y transportar información (Vázquez y Rubio, 2002). Repercuten drásticamente en el proceso administrativo, de planeación, ejecución y control, exigiéndole altos grados de productividad, calidad y efectividad. Como consecuencia de esto, las empresas han buscado nuevas formas de estructurar su proceso y de eficientar su toma de decisiones, de tal forma que los costos asociados en los análisis requeridos, se vean minimizados y a la vez la información generada por el análisis sea confiable, dando oportunidad a las empresas de llevar a cabo estrategias de mejora y expansión sustentadas en información confiable, de calidad y a un bajo costo.

De ésta situación, se deriva la necesidad de buscar formas alternativas de justificar el desarrollo de proyectos ergonómicos, que influyan en la mentalidad del empresario de una manera positiva y logren proyectar los beneficios, de aplicar proyectos ergonómicos. El presente trabajo genera una alternativa de justificación de proyectos ergonómicos, sustentando su análisis en una prospectiva del proceso de producción, fundamentado en la generación de una historia virtual del proceso, que nos ayude a definir de una forma confiable y a bajo costo, los beneficios de aplicar proyectos ergonómicos a las líneas de producción con ensamble manual, en el caso específico de la empresa TERADYNE.

Objetivo e Hipótesis:

El objetivo del presente trabajo es: Sustentar gráfica y analíticamente, la factibilidad de aplicar proyectos ergonómicos, en líneas de producción con ensamble manual, mediante el uso de la simulación de eventos discretos. Para cumplir con nuestro objetivo, plantearemos la hipótesis de investigación, analizando dos variables interdependientes, que den como resultado un cambio en la mentalidad del empresario, con respecto a la aplicación de proyectos ergonómicos, mediante la generación de información confiable y de bajo costo, por medio de la simulación. Por lo que nuestra

hipótesis consiste en generar una metodología, que nos permita realizar un diagnóstico de problemas ergonómicos y obtener mejoras de una forma heurística, basadas en principios, técnicas, procedimientos y normas de la ergonomía. Una vez realizada esta metodología, por medio de la simulación por computadora, se comprobará de qué manera se relacionan las mejoras ergonómicas en las estaciones de trabajo con el aumento de la productividad en una línea de producción con ensamble manual, en la empresa TERADYNE.

Marco Teórico.

La ergonomía es una metodología de aplicación práctica e interdisciplinaria, fundamentada en investigaciones científicas, que tienen como objetivo la optimización integral de Hombres-Máquinas, los que estarán siempre compuestos por uno o más seres humanos cumpliendo con una tarea cualquiera con ayuda de una o más máquinas. Al decir optimización integral queremos significar la obtención de una estructura sistemática (y su correspondiente comportamiento dinámico), para cada conjunto interactuante de hombres y máquinas, que satisfaga simultánea y convenientemente a los siguientes tres criterios: Participación, Producción y Protección.

La amplitud con que se han fijado estos tres criterios requiere, para su puesta en práctica, de la integración de diversos campos de acción que en el pasado se desarrollaban en forma separada y hasta contrapuesta. Esos campos de acción son principalmente:

- Mejoramiento del ambiente físico de trabajo (confort e higiene laboral).
- Diseño de herramientas, maquinarias e instalaciones desde el punto de vista del usuario de las mismas.
- Estructuración de métodos de trabajo y de procedimientos en general (por rendimiento y por seguridad).
- Selección profesional.
- Capacitación y entrenamiento laborales.
- Evaluación de tareas y puestos.

Naturalmente, una intervención ergonómica considera a todos esos factores en forma conjunta e interrelacionada. Es por eso que al aplicar diseños ergonómicos en las líneas de producción, se transforman las tareas del operador, haciéndolas más sencillas y rápidas, además de hacerle sentir confort y seguridad tanto física como mental.

El tiempo estándar para una operación dada es el tiempo requerido para que un operario de tipo medio, plenamente calificado y adiestrado, y trabajando a un ritmo normal, lleve a cabo la operación. Se determina sumando el tiempo asignado a todos los elementos comprendidos en el estudio de tiempos. Los tiempos elementales concedidos o asignados se evalúan multiplicando el tiempo elemental medio.

La productividad es la cantidad de trabajo realizado entre la unidad de tiempo, es decir la efectividad del trabajo realizado se mide a través del tiempo empleado para realizarlo. Con esto se puede decir que entre más tiempo se demore a la hora de la elaboración de un producto se es menos productivo.

Dentro de la industria y el diseño, se observan avances importantes en el campo de la ingeniería de factores humanos (ergonomía), existiendo, en la actualidad amplios estudios sobre antropometría estática y dinámica, sobre disposición y características de los instrumentos de control y sobre la relación hombre-entorno laboral. Cabe destacar, por otro lado, la rápida evolución de la simulación por computadora que está transformando las perspectivas de propuestas de proyectos industriales a corto plazo. Esto se debe principalmente a la rápida evolución de la computadora y a la vertiginosa agilidad de manejar y transportar información, conjunción que ha permitido desarrollar modelos complicados y con gran similitud a la realidad, estos modelos reflejan el comportamiento de la realidad y permiten experimentar de una manera virtual con el proceso que se modela.

La evaluación y selección de proyectos se ha visto mejorada, sobre todo, con el desarrollo de técnicas de determinación de rentabilidad que tienen en cuenta el factor tiempo (método "cash flow" o de los flujos de caja), así como también, se utiliza la

simulación por computadora y técnicas de decisión multicriterio. (Eliseo Gómez-Senent Martínez, 2001).

Uno de los mecanismos por medio de los cuales se puede eficientar la toma de decisiones es la simulación. La simulación de eventos discretos, es una de las herramientas de la investigación de operaciones, más ampliamente utilizadas en la actualidad, debido a una estructura fácil y rápida de comprender. Además de la disponibilidad de lenguajes de propósito especial existentes hoy en día. La simulación, es la imitación de la operación de un proceso o sistema del mundo real, a través del tiempo. Involucra la generación de una historia virtual del sistema, y su observación, ayuda a tener inferencias concernientes a las características de operación, del sistema real.

En nuestro trabajo se presenta a la simulación como una alternativa de justificar proyectos ergonómicos, con una característica especial que es el ambiente grafico, característica que nos proporciona en especial un software de simulación llamado Promodel. El software de Promodel es una herramienta de simulación que funciona en computadoras personales en un ambiente Windows. Mediante una combinación ideal de facilidad de uso, flexibilidad y potencia, permite diseñar y analizar sistemas de producción o servicios, modelando prácticamente toda situación, en forma casi real, mediante sus capacidades gráficas y de animación.

Con esta herramienta y con los métodos, reglas y normas de la ergonomía se analizará la forma en como puede aumentar la productividad en una línea de ensamble manual de giro electrónico, y qué tan convincentes son los cambios ergonómicos propuestos, así como también el impacto en las utilidades que generaría la empresa a causa de las aplicaciones propuestas.

Desarrollo.

Para cumplir con el objetivo y validar nuestra hipótesis, generaremos la siguiente metodología de trabajo y la aplicaremos a la línea 2 de HDM con el ensamble manual del producto 487-7178. Iniciaremos con la descripción del proceso utilizando el

diagrama de flujo de proceso(figura1),que nos indica la secuencia cronológica de pasos, que sigue la materia prima para transformarse en producto terminado.

Diagrama de Flujo de Procesos.

Elementos	No.	Tiempo	Dist.
Operaciones	7	99.39	
Transporte	7	.75 min	
Inspecciones	2	33.45	
Demoras			
Almacén			
Totales	16	133.59	

Tarea: Ensamble de 487-7178Pin guía/Pol.
 Método: Actual
 Hombre: Material:
 Comienza: En Cargado de Contactos
 Termina: Inspección Final
 Realizado: Claudia F. Flores/Jose I. Salazar.
 Fecha: 22 enero 03

Descripciones del Evento	Operación	Transporte	Inspección	Demora	Almacén	Distancia	Tiempo	Comentarios
Cargado	○ →	□	□	□	▽		34.13	Tiempo por charola en min.
Transporte a prensa	○ →	□	□	□	▽		0.1	
Prensado	○ →	□	□	□	▽		9.55	
Transporte a Tie Bar	○ →	□	□	□	▽		0.1	
Tie Bar	○ →	□	□	□	▽		13.18	
Transporte a Hi-Pot	○ →	□	□	□	▽		0.1	
Hi-Pot	○ →	□	□	□	▽		8.96	
Transporte a prensa patrón	○ →	□	□	□	▽		0.1	
Prensa patron	○ →	□	□	□	▽		4.25	
Transporte a gage	○ →	□	□	□	▽		0.1	
Gage	○ →	□	□	□	▽		3.38	
Transporte a inspección	○ →	□	□	□	▽		0.15	
Inspección	○ →	□	□	□	▽		24.49	
Transporte a AOI	○ →	□	□	□	▽		0.1	
AOI	○ →	□	□	□	▽		24.38	
Empaque	○ →	□	□	□	▽		10.49	

* Figura 1

Al construir nuestro diagrama de flujo de proceso, se pudo observar que existen dos operaciones críticas en términos de ergonomía, la operación de cargado y la operación de prensado, a estas operaciones se les evaluó ergonómicamente con el método RULA, obteniendo los siguientes resultados:

OPERACIÓN:	CARGADO		Puntuación	7	
------------	---------	--	------------	---	--

OPERACIÓN:	PRENSADO		Puntuación	7	
------------	----------	--	------------	---	--

Podemos observar que estas operaciones fueron calificadas con 7, lo que representa un valor crítico para la operación y que es necesario realizar acciones correctivas de forma inmediata, para reducir el riesgo que implica el desarrollo de estas tareas.

A la par de esto, con los datos de diagrama de flujo de proceso y con los tiempos estándares de operación, de cada estación de trabajo, se llevó a cabo la simulación de la línea de producción, para analizar los resultados de su eficiencia y productividad. En la tabla 1 se muestran los resultados de la simulación.

Nombre	Producción	Cantidad en el sistema	Promedio en el sistema	Promedio en movimiento	Promedio en espera	Promedio en operación	Promedio bloqueada
Piezas	600	120	316.25	.43	0	134.31	181.51

Tabla 1

De estos resultados podemos observar lo siguiente:

La producción total de la línea es de 15 charolas o 600 piezas (total exits), el tiempo promedio de operación es 134.31 minutos, el tiempo promedio de transporte es de 0.43 minutos, el tiempo promedio en el que la pieza estuvo bloqueada o sea, no pudo pasar a la siguiente estación de trabajo, porque ésta estación no terminaba su operación, es 181.51 minutos. Ahora bien, si dividimos la producción obtenida, entre el tiempo total de producción (8.5 horas) obtenemos una medida de eficacia de la línea de 71 piezas por hora. Además de esto, podemos observar que los tiempos de operación y de

transporte sólo ocupan el 42.61% del tiempo total de trabajo, lo que implica que el 57.39% es un tiempo de trabajo que no agrega valor al producto y nos indica que en ese tiempo, la línea de trabajo no tiene eficiencia.

De los análisis anteriores podemos encontrar algunas problemáticas. En primer término las estaciones de cargado y de prensado mantienen una situación crítica ergonómica, que debemos resolver de manera inmediata. En segundo término, el tiempo total de trabajo diario, el 57.39% se consume, en que la pieza está bloqueada, lo que nos indica que la línea de producción no está balanceada. Además nuestro tiempo de ciclo es de 0.84 minutos por pieza.

Una vez planteada la problemática anterior, podemos iniciar con una búsqueda heurística estructurada, por medio de la simulación de sistemas, con el objetivo de mejorar la eficacia, reducir el tiempo de ciclo y eficientar la línea de producción. Basándonos principalmente en los estatutos del balanceo de líneas y de los procedimientos, técnicas, normas y principios de la ergonomía, estaremos en posibilidad de justificar la implementación de las mejoras ergonómicas, con un costo bajo y un sustento de calidad.

Con la aplicación de los principios ergonómicos, en la operación de cargado, reducimos la distancia entre el operador y el punto donde realiza su trabajo, haciendo que el operador mantuviera una postura correcta y no con la curvatura anterior, lo que redujo la fatiga y el dolor de espalda del operario.

En el caso de prensado, se observó que la tarea es extremadamente repetitiva, por lo que se implementó un artefacto mecatrónico, que disminuye en gran medida el esfuerzo del trabajador, ya que la parte de mayor esfuerzo, hoy está mecanizada.

Con la ayuda de la simulación pudimos observar que no son necesarios cuatro operadores en la estación de cargado, sólo ocupamos dos operadores en ésta área, a los dos restantes los distribuimos de la siguiente forma: uno a la parte del proceso denominado TIE_BAR, y el otro a la estación de trabajo de AOI. Cabe mencionar que

en este punto se debe de hacer una inversión de capital, para comprar una nueva maquinaria, pero la eficacia y eficiencia de la línea aumenta considerablemente. Una vez hechas estas modificaciones, y después de llevar a cabo las mejoras ergonómicas, aplicamos de nuevo el método RULA, obteniendo los siguientes resultados:

OPERACIÓN: **CARGADO** Puntuación 4

OPERACIÓN: **PRENSADO** Puntuación 4

* Podemos observar la disminución en la evaluación del método RULA.

Una vez realizadas las mejoras ergonómicas y el balanceo, simulamos las líneas de producción obteniendo los siguientes datos.

Nombre	Producción	Cantidad en el sistema	Promedio en el sistema	Promedio en movimiento	Promedio en espera	Promedio en operación	Promedio bloqueada
Piezas	1120	200	304.36	.433	0.0	116.66	187.27

Resultados.

Con esta información analizaremos los cambios en la producción, eficacia y tiempo de ciclo.

	Producción	Eficacia	Tiempo de Ciclo
Condiciones Iniciales	600 piezas	71 piezas por hora	0.84 minutos por pieza
Condiciones Finales	1120 piezas	132 piezas por hora	0.45 minutos por pieza
Variación	520 piezas	61 piezas por hora	- 0.39 minutos por pieza

Como podemos calcular en la tabla anterior, existe una variación del 86% de mejora, en el desempeño productivo de la línea simulada.

Conclusión.

En el mundo competitivo actual, donde las empresas se enfrentan a una competencia turbulenta y a un cliente pensante, buscar alternativas de bajo costo, para justificar proyectos de mejora, se hace una necesidad apremiante. Aun más, cuando los

proyectos de mejora están relacionados con la ergonomía, ya que ésta disciplina de la ciencia, no comparte una cabal aceptación por parte de gerentes y administrativos. Lo que nos indica la importancia que conlleva el desarrollar programas de búsqueda heurística, basados en la simulación, para implementar proyectos ergonómicos. En el desarrollo de la presente investigación, podemos notar que la conjunción sistemática de dos disciplinas aparentemente independientes, pueden generar una equifinalidad propositiva, que lleve a una convolución de directrices de mejora, útiles en la justificación para la implementación de proyectos ergonómicos.

En nuestro caso particular, la aplicación de la simulación nos permitió generar una visión sinérgica, de las estaciones de trabajo y poder interrelacionar heurísticamente los principios, normas técnicas y procedimientos de la ergonomía, con los problemas detectados en la aplicación del método RULA, lo que nos llevó a una mejora del 86% en la efectividad de la línea de producción. Con esta información generada por un historial virtual del proceso, sustentada en sus parámetros, podemos justificar, con un bajo costo y una alta confiabilidad, la aplicación de proyectos ergonómicos a las líneas de producción con ensamble manual, en la empresa TERADYNE.

Bibliografía.

- Eliseo Gomez-Senent Martinez **El proyecto: Diseño en Ingeniería**, AlfaOmega, Universidad Politécnica de Valencia, 2001.
- González Torre, P., Adenso-Díaz, B., González, B.A., 2002, **Ergonomic preformance and quality relationship: an empirical evidence case.**, **International Journal of Industrial Ergonomics** 31 (2003), 33-40
- Vázquez Veloz, L., Rubio Carrillo J., 2002. **Ruido: agente contaminante que provoca alteraciones en el ritmo cardiaco.** Memorias en extenso del IV congreso internacional de ergonomía.