

Sistema de evaluación ergonómica, para estaciones de trabajo con ensamble manual, en los procesos de producción, en la industria maquiladora del Noreste del Estado de Sonora.

Lamberto Vázquez Veloz¹, José Escárcega Castellanos¹ y Arturo Medina Borja¹

¹Departamento de Ingeniería
Instituto Tecnológico de Agua Prieta
Avenida Tecnológico y Carretera a Janos s/n
Agua Prieta, Sonora 84200
lamberto72@hotmail.com

Resumen. Las estaciones de trabajo con ensamble manual, en procesos de producción en serie, requieren de una alta concentración por parte del obrero al llevar a cabo su tarea, mantienen un tiempo de ciclo corto, por lo que la repetitividad y monotonía hacen que se presente, en poco tiempo, el efecto de la fatiga, afectando la calidad de vida del trabajador y la productividad de la empresa. Esta situación es difícil de evaluar con precisión, por la gran diversidad de tipos de tareas que se desarrollan en estos procesos, sin embargo es una praxis necesaria y urgente. En el presente trabajo, se desarrolla un sistema informático de evaluación ergonómica, que asocia los principales movimientos que intervienen en el ensamble manual, con los principios y normas ergonómicas, a través de cuantificar el efecto de desarrollar las tareas implícitas en el trabajo y los desordenes traumático acumulativos coligadas con las tareas ejecutadas por el operario. El procedimiento de cuantificación se lleva a cabo a través de la jerarquización multivariante, determinando los componentes principales de cada tarea y los niveles del efecto de la fatiga que presenta. Aunado a ello, se contempla una proyección del tiempo productivo de dimisión. El sistema informático está diseñado para aplicarse de manera sencilla y rápida, por medio de un soporte electrónico de datos, permitiendo que la evaluación se realice y analice en tiempo real, esto nos genera un diagnóstico confiable, que posibilita proponer soluciones físicamente realizables, económicamente útiles y en un periodo de tiempo corto.

Summary: The Manual Assembly Work Stations in Serial Production Lines require that the worker has a high concentration. When performing their tasks, they keep a short cycle time that causes repeatability and monotony that leads in a short period of time to the called Fatigue Effect, affecting the worker life quality and the company productivity. This situation is hard to accurately evaluate, due to the diversity of tasks that are performed in these systems (nevertheless it is a necessary and urgent praxis). The following study, presents an Ergonomic Evaluation Computing System that associates the most significant movements that take part in the Manual Assembly with the Ergonomic Principles and Norms, through a quantification that relates the effect of developing the Implicit Work Tasks with the Accumulative Traumatic Disorders associated with the Tasks Performed by the Operator. The Quantification Procedure was made through the Multivariate Hierarchical, determining the Main Components of each of the Tasks and the Fatigue Effect Levels that are involved. Moreover, a Resigning Productive Time Project is contemplated. The Computing System is designed to be applied in a fast and easy way, through an Electronic Data Support, allowing

the evaluation to be performed and analyzed in real-time. This generates a reliable diagnose, that helps us proposing useful physically achievable solutions in a short period of time.

Palabras Claves. Ergonomía, Evaluación, Móviles, Sistemas.

I. INTRODUCCIÓN

En los últimos años, las reglas de competitividad industrial han evolucionado. Se ha pasado de una competencia regional, con una estrategia fundamentada en la producción en masa a una competencia global, en donde imperan las nuevas filosofías de la fabricación de clase mundial. Hablar de la fabricación de clase mundial significa contemplar nuevas estrategias encaminadas a satisfacer las necesidades del cliente, a su vez la empresa tiene altos requerimientos de calidad, flexibilidad de productos y cantidades, servicio y alta interdependencia de la tecnología Schonberger (2008). Por lo que las empresas competitivas requieren de una sólida estructura de organización, que les permita desarrollar sistemas de producción altamente flexibles, para lograr adaptarse a las nuevas exigencias de los mercados globales.

Los sistemas de producción vistos como una conjunción sinérgica de obreros, máquinas, herramientas, materiales, procesos, procedimientos, políticas, métodos y medio ambiente; definen la conversión de materia prima a producto terminado, debiendo cumplir con especificaciones definidas por las exigencias competitivas de los mercados. Sin embargo, esta conjunción, solo encuentra un significado loable, cuando centramos su capacidad productiva en función a la interacción que se presenta entre el operario y su espacio de trabajo, estructurando una relación interdependiente de productividad y eficiencia. La productividad es un suceso relacionado exclusivamente con el trabajador y la eficiencia está en función del medio ambiente de trabajo, cuando esta interacción se ve estructurada de forma en la que se alcance una exposición repetida a actividades con alta demanda física, monotonía, vibraciones, posturas incómodas, estrés mecánico y por contacto, se presentan desórdenes traumático – acumulativos (DTA'S) Anderson , V. (1994), en los trabajadores. Estos problemas afectan al sistema musculo – esquelético, básicamente a los tendones, nervios, articulaciones y el sistema neuro – vascular. Las estaciones de trabajo con ensamble manual, en los procesos de producción en línea, desarrollan las condiciones propias para la manifestación de los DTA'S en un periodo de tiempo relativamente corto, lo que redundo en un decremento en la calidad de vida del operario y en una reducción de la capacidad competitiva de la empresa Fleishchmann (2002).

En México, el 1.6% del total de riegos de trabajo se presentan en la industria de la transformación, aunado a esto, se establece en la estadística que el 65% de los DTA'S están relacionados con las condiciones de trabajo, memoria del IMSS (2007). Situación que requiere de acciones pragmáticas y urgentes, que enmarquen las directrices para reducir estos altos indicadores. En este sentido, es de suma importancia contar con un procedimiento que logre detectar las discrepancias negativas que pudieran existir, entre las posiciones demandadas por las estaciones de trabajo y las posiciones anatómicas óptimas, establecidas en las normas básicas de la ergonomía. Este procedimiento debe contemplar las características propias de las estaciones de trabajo con ensamble manual, ya que por su condición mantienen acciones y tareas de alta demanda física, monotonía, repetitividad,

tiempo de ciclo corto, rapidez, estrés mecánico y por contacto, vibración, detalle, alta concentración y esfuerzo estático. La combinación de todos estos factores, hace que los métodos de evaluación ergonómicos de ámbito general no logren evaluar en su conjunto e interacción de los factores posicionales de las estaciones de trabajo de ensamble manual. Alrededor de 60 métodos de evaluación ergonómica podemos encontrar en el estado del arte Bentley (2003), sin embargo cada método por ser generalista mantiene un enfoque global de la estación y no logra incluir todas las acciones y tareas que se presentan en los trabajos de ensamble manual.

En este artículo se presenta un sistema de evaluación ergonómico, que permite establecer los principales problemas relacionados con la interacción hombre – medio ambiente de trabajo y propone acciones que ayuden a disminuir la problemática, que se ha diagnosticado en un entorno industrial denominado maquiladora, específicamente en el Noreste del estado de Sonora en México. El trabajo se fundamenta, en la aplicación de la jerarquización multivariante de las posiciones que se presentan en las estaciones de trabajo con ensamble manual y su relación con la disminución de la capacidad productiva del trabajador. Para ello se tomaron 2500 muestras sistemáticas de trabajadores y se comparó su posición ergonómica descrita por el procedimiento y la disminución de la capacidad productiva, obteniendo con ello un procedimiento de evaluación validado y confiable, que permita tomar acciones correctivas y preventivas, para cada estación de trabajo en donde se aplique el procedimiento. Este procedimiento se transforma en un sistema informático de evaluación, basado en el sistema de análisis multivariante, donde se utilizan aplicaciones para dispositivos móviles, que permitan la evaluación en tiempo real de las posiciones del obrero en su estación de trabajo, mediante un servidor web utilizando apache que se conecta a un servidor de bases de datos, para la administración y almacenamiento de las evaluaciones, manipulando diversos lenguajes de programación para aplicaciones web. Lo cual estandarizó el procedimiento para su aplicación y proporcionó una mayor facilidad en la interpretación del diagnóstico y las recomendaciones para reducir el impacto negativo, de las estaciones de trabajo con ensamble manual.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

El método utilizado para desarrollar el sistema de evaluación ergonómica, se definió en tres fases en orden sistemática y cronológica, que conllevaron desde el análisis de teorías, hasta la aplicación y validación del sistema en la industria. En la figura 1 se muestra esquemáticamente el procedimiento que se utilizó para estructurar el sistema de evaluación. Los componentes del procedimiento se desarrollan a continuación.

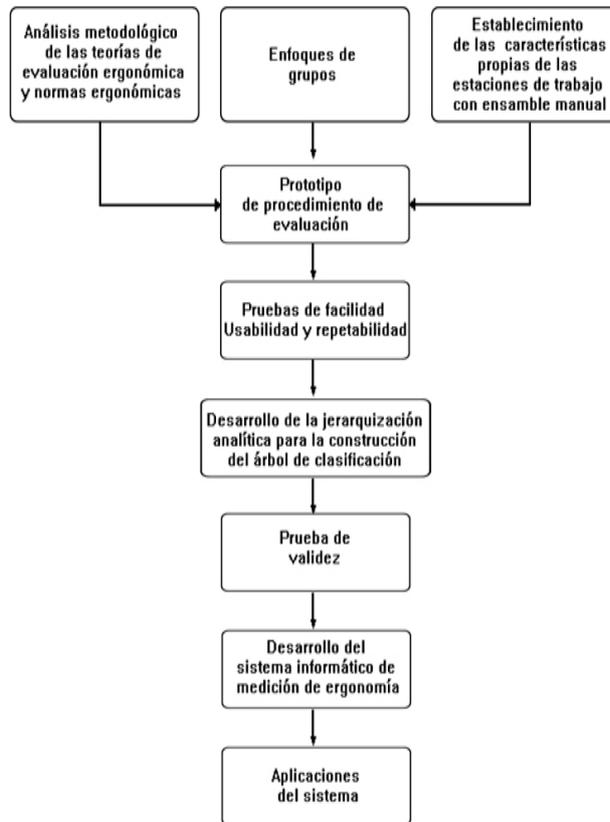


Figura 1. Procedimiento esquemático del desarrollo del sistema de evaluación ergonómica **Fase 1**

Análisis metodológico de las teorías.

Las evidencias epidemiológicas necesarias para el desarrollo del sistema, se sustentan en un análisis metodológico de las teorías, que permita reconocer las posiciones de trabajo incómodas y la aparición de los DTA'S, aunado a esto, es necesario el análisis de los métodos de evaluación ergonómica y las discrepancias, suficiencias e ineficiencias de cada método en la evaluación de las estaciones de trabajo, objeto de estudio de nuestra investigación. Otro de los puntos indispensables para el desarrollo del sistema son las normas, reglas y directrices de la ergonomía, que permitan estructurar las recomendaciones de mejora al aplicar el sistema. Con esta fundamentación teórica se estructura una plataforma de soporte científico, para el desarrollo del sistema de evaluación ergonómica.

Características de las estaciones de trabajo con ensamble manual.

El concepto industria maquiladora de exportación en México, establece un compromiso de trabajo entre nuestro país y Estados Unidos de Norteamérica, en él se estructuran las condiciones necesarias para que se desarrollen trabajos de bajo nivel tecnológico y de altas demandas físicas para su operación. En esta óptica, se refleja la importancia de una definición de las características operativas de estas estaciones de trabajo, que se les ha denominado estaciones de trabajo con ensamble manual. En la figura 2 podemos visualizar un comparativo del comportamiento de la fatiga acumulada que se presentan en los trabajos de ensamble de maquiladoras y en trabajos de distinta índole a la maquiladora Vázquez (2006). Es importante establecer que el tiempo de recuperación que se presenta en los

espacios de descanso, no surte el mismo efecto en los trabajos de la maquiladora que en los distintos a ellos, debido principalmente al alto volumen de trabajo repetitivo y la poca locomoción que se presenta en la estación de trabajo, ocasionando en el operario una carga estática sobre su sistema músculo-esquelético, que le impide una recuperación normal; además, el estrés psicológico de las condiciones de trabajo es un factor que repercute negativamente en la recuperación fisiológica del operario de maquiladora. En este tipo de tareas, se presenta: alta resistencia a la monotonía, repetitividad, tiempo de ciclo corto, rapidez, estrés mecánico y por contacto, vibración, detalle y esfuerzo estático, lo que conlleva a altas exigencias de concentración y un gasto metabólico de energía muy acelerado.

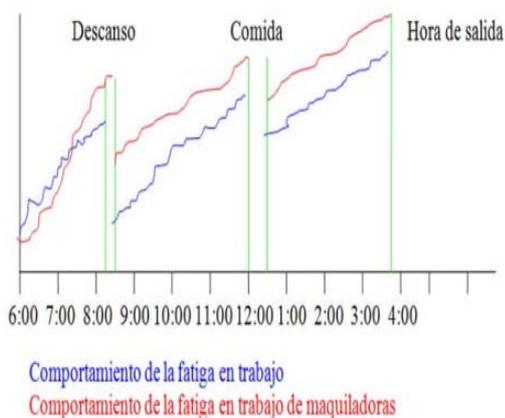


Figura 2. Comparativo del comportamiento de la fatiga acumulada

Encuestas y enfoques de grupo.

Se aplicaron 150 encuestas a diferentes estratos de la industria maquiladora, con el objeto de conocer las inquietudes sobre la aplicación y validación de los métodos de evaluación ergonómica existentes. Los estratos de exploración se dividieron en 3, los ingenieros de línea, los sindicatos y las comisiones mixtas de seguridad e higiene, siendo estos estratos los que mayor contacto tienen con los operarios, sus necesidades y el diseño de las estaciones de trabajo donde se desarrollan los trabajos de ensamble manual. Aunado a esto, se hicieron 5 grupos de enfoque con especialistas en: ergonomía, epidemiología, médicos laboristas, ingenieros industriales y un grupo donde se conjuntaron personal de la Secretaría del Trabajo y Prevención Social con personal del Instituto Mexicano del Seguro Social. La conclusión de esta investigación pragmática de campo, es que los métodos de evaluación ergonómica existentes, no reflejan con exactitud el impacto de las condiciones de trabajo sobre los trabajadores, debido a las altas exigencias físicas demandas por las estaciones objeto de estudio. Estableciendo la necesidad de estructurar un procedimiento de evaluación que esté acorde a las exigencias de las estaciones de trabajo con ensamble manual.

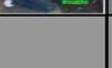
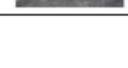
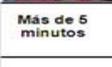
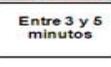
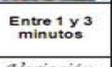
Posición del cuerpo en Estación de Trabajo				Aspectos	Factores De Corrección		
Nivel de Incidencia					PONDERACION	EJEMPLOS	
1	2	3	4	5			
					CABEZA	* Si se está utilizando algún dispositivo de apoyo a la visión, como: Microscopios, Lupas etc. +1 * Existe rotación de cuello poco frecuentes +1 * Existe rotación de cuello muy frecuentes +2	
					BRAZOS	a) - Si los hombros están levantados o rotados. +1 b) - Si los brazos están abducidos. +1	a)  +1 b)  +1
					ANTEBRAZOS	a) - Si existe apoyo en algún punto del antebrazo -1 b) - Existen desplazamientos laterales de antebrazos superior a la proyección vertical del codo +1 c) - El antebrazo cruza la línea central del cuerpo +1	a)  -1 b)  +1
					MUNECA	a) - Si se utiliza herramienta y existe movimiento de torsión con un esfuerzo menor a 15 lbs/ in. +1 a) - Si se utiliza herramienta y existe movimiento de torsión con un esfuerzo mayor a 15 lbs/ in. +2 b) - Si existe rotación de muñeca. +1 c) - Si existe movimiento lateral de las manos. +1	A)  +1 B)  +2 C)  +1
					TRONCO	* Si soporta una carga menor de 10Kg. +1 * Si soporta una carga entre 10 y 20 Kg. +2 * Si soporta una carga mayor a los 20Kg. +3 * Rotación de cintura +1 * Movimiento lateral de cintura +1	
					PIERNAS	a) - Activando un pedal. +1	
					DEDOS	* Si se utiliza herramientas como por ejemplo, pinzas, tijeras, etc. +1 * Si acciona algún tipo de gatillo. +1	
Más de 5 minutos	Entre 3 y 5 minutos	Entre 1 y 3 minutos	Menos de un minuto		TIEMPO DE CICLO		
		Variación en producción 1	Variación en producción 2	Variación en producción 3			

Figura 3. Prototipo del procedimiento de evaluación.

Pruebas de fiabilidad usabilidad y repetitividad.

El equipo de aplicación, se capacitó en la evaluación ergonómica de estaciones de trabajo con ensamble manual, utilizando el procedimiento establecido en el prototipo, analizando cada uno de los puntos que contempla. Una vez desarrollado lo anterior, se aplicaron pruebas de repetitividad y reproducibilidad, que nos permitieron encontrar los errores más comunes que se pueden cometer al aplicar el procedimiento. De nuevo se llevó un proceso de capacitación con aplicaciones en distinto ámbitos, hasta que los errores de aplicación se redujeron al mínimo, desarrollando el procedimiento de mayor fiabilidad.

Fase 2.

Desarrollo de la jerarquización analítica.

Se aplicaron un total de 2500 muestras sistemáticas de evaluación con el procedimiento, en estaciones de trabajo con ensamble manual, dentro la industria maquiladora de exportación, localizada en el Noreste del Estado de Sonora en México. Donde se desarrolló una clasificación multivariante, en función a la construcción de un árbol de jerarquización multivariante, que comparó el impacto de las diferentes posiciones del operador al desarrollar su tarea, con la disminución de la capacidad productiva, estableciendo esta variable como la diferencia en porcentaje de producción en tres intervalos de tiempo en su jornada laboral. Los intervalos se clasificaron en acuerdo a las horas de menos incidencia negativa para la producción, disminuyendo la probabilidad de distracción por descanso, comidas y suministro de material. Los intervalos son de 8am a 10am, de 11am a 1pm y de 2pm a 4pm. Al determinar la posición de cada parte del cuerpo del operario, que interviene en la consecución de la tarea y compararla con la dimisión de su capacidad productiva, nos encontramos en posibilidad de jerarquizar la influencia de la posición en acuerdo al

porcentaje de disminución de su producción. En este sentido se presenta el resultado de la jerarquización analítica desarrollada en el software estadístico SPSS versión 15, que nos clasifica en 4 categorías, la influencia de la posición del cuerpo para el desarrollo de la tarea, con la disminución de la capacidad productiva del operario, en las estaciones de trabajo con ensamble manual.

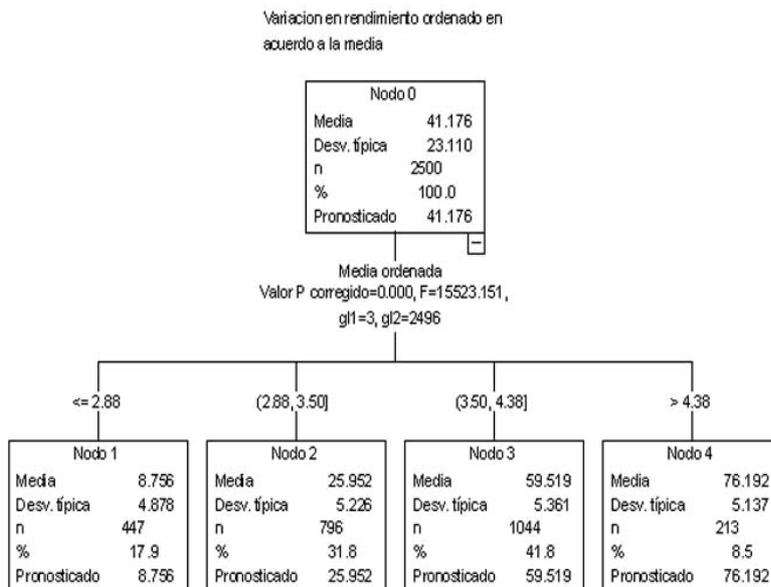


Figura 4. Árbol de jerarquización analítica multivarieante

En la figura 4 se observa el árbol de jerarquización analítica, donde se estructura la clasificación del impacto de las posiciones del trabajador, con el porcentaje promedio de disminución para cada clasificación, establecida en el cuadro como nodos. Para el primer nodo se mantiene un promedio de calificaciones en las estaciones de trabajo menor igual a 2.88 y en promedio tiene una disminución de la capacidad productiva del trabajador de 8.756%, considerándose una condición de trabajo estable para desarrollar la tarea. Para el caso del segundo nodo, tenemos un intervalo del valor promedio de las evaluaciones de (2.88-3.50] generando un 25.952% de disminución en la capacidad, refiriéndose a una condición media para el desarrollo de la tarea. En el nodo tres denotamos un intervalo de (3.5-4.38] y una disminución promedio de 59.519% en su capacidad productiva, señalando una condición de riesgo para el desarrollo de la tarea. En el cuarto nodo se especifica una media mayor a 4.38 y una disminución promedio de 76.192% lo que es considerado como una condición crítica para desarrollar el trabajo.

Pruebas de validez.

El procedimiento se ha validado a través de comparar sus evaluaciones con tres de los métodos de evaluación ergonómica más utilizados hasta ahora por la industria, los métodos RULA, OWAS y LEST. Los resultados arrojados por el procedimiento son equivalentes en su forma, pero más precisos en su diagnóstico, ya que nos refiere información similar a los demás métodos, aunando más detalles, enfocados a las estaciones de trabajo con ensamble manual.

Desarrollo del sistema informático de evaluación ergonómica.

Este sistema permitirá al evaluador la posibilidad, de en tiempo real dar un diagnóstico preciso de la situación ergonómica del obrero, utilizando un dispositivo de comunicación móvil donde se instalará un programa que hará una conexión con el servidor web, para poder hacer la evaluación mediante los parámetros del sistema multivariante, a su vez el usuario tiene la posibilidad de almacenar cada uno de los análisis para hacer una evaluación comparativa en el transcurso del tiempo y poder hacer un análisis de la mejora en las estaciones de trabajo evaluadas, en la figura 5 se muestra como los dispositivos móviles harán su conexión a través de Internet a los servidores de datos, para tener acceso al programa que evaluará los datos que se estén generando en el sitio de trabajo del obrero.

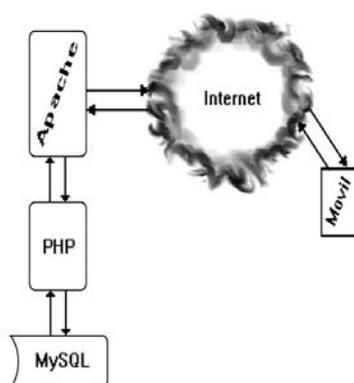


Figura 5. Proceso de conexión de programas

Fase 3.

Aplicaciones del sistema.

Una vez desarrollado el sistema informático, con sustento en los procedimientos establecidos en el prototipo, y aplicando la normas y métodos de ergonomía. El sistema nos presenta la clasificación de la estación de trabajo, su pronóstico de disminución de la capacidad productiva del operario y las posibles acciones a emprender por parte de la empresa, para disminuir el nivel de clasificación alcanzado, en la aplicación del sistema de evaluación ergonómica de estaciones de trabajo con ensamble manual.

III. RESULTADOS Y DISCUSIONES.

En este trabajo, se establece una aplicación de la estadística multivariante, específicamente con la técnica de jerarquización multivariante por árboles, con esta técnica desarrollamos una clasificación cuantitativa de las evaluaciones ergonómicas en estaciones de trabajo con ensamble manual. Las estaciones de trabajo con ensamble manual, mantienen características propias de su desarrollo que son complicadas de evaluar, sobre todo cuando se hacen por medio de métodos cuantitativos, la mayoría de los métodos de evaluación ergonómica se basan en estructuras epidemiológicas, que son calificadas por expertos en esta área, en función de experiencias, mediciones indirectas, consultas con los operarios, opiniones de ingenieros de planta; generan una calificación de la posición de trabajo en la estación, una situación válida como una referencia rápida, que nos proporciona algunas sugerencias y planes de acción. El sistema de evaluación ergonómica, sustenta sus

evaluaciones en parámetros cuantitativos, que relacionan las calificaciones obtenidas en la estación de trabajo, con la disminución de la capacidad competitiva del operario, calculada ésta, como la diferencia entre los niveles de producción en intervalos de tiempo definidos a partir de la menor influencia negativa de distracción en la producción. Aunado a esto, el sistema está diseñado para evaluar las características propias de las estaciones de trabajo con ensamble manual, recopilando la mayor información que describe a la tarea y clasificándolo en 4 momentos distintos, dependiendo del nivel de riesgo que pudiese mantener la estación de trabajo y proporcionando un pronóstico del porcentaje de reducción en la producción que se tendrá en la estación de trabajo. Otro aspecto importante que se desarrolla en el sistema, es el análisis para cada parte del cuerpo humano que interviene en la tarea, proporcionando sugerencias de acción que logren corregir la posición incómoda y reduzcan el riesgo de lesión o daño al trabajador.

El prototipo generado se fundamentó en tres aspectos importantes, primero una investigación exhaustiva de las teorías referentes a los métodos de evaluación ergonómica, normas y procedimientos ergonómicos, descripción de tareas. Después, una serie de entrevistas que se desarrollaron en la industria maquiladora, con el objeto de definir las características propias de las estaciones de trabajo con ensamble manual. Por último se realizaron sesiones de profundidad que permitieron encontrar las principales discrepancias entre las características de las estaciones de trabajo con ensamble manual y los métodos de evaluación ergonómica existentes, estableciendo la necesidad de un método de evaluación que logre evaluar las características propias de estas tareas, con estas directrices se desarrolla el prototipo, validándose con estudios de tipo R&R, para su aplicación, después de aplicar y analizar 2500 muestras sistemáticas del método, se construyó el sistema de evaluación. Con esto generamos una plataforma de evaluación ergonómica útil a la industria maquiladora de exportación, localizada en la frontera noreste del Estado de Sonora en México.

IV. CONCLUSIONES

El sistema de evaluación ergonómica, para estaciones de trabajo con ensamble manual, permite una evaluación en tiempo real de las condiciones de trabajo del operador mexicano, clasificando en 4 momentos el grado de riesgo para el trabajador. Además de proponer soluciones a problemas puntuales en las partes del cuerpo que intervienen en la tarea e incluye un pronóstico del porcentaje que disminuirá la producción en esta tarea con el paso del tiempo productivo, lo que permite a la empresa estructurar planes de acción que contemplen directrices de mejora en el diseño o rediseño de las estaciones de trabajo con ensamble manual.

El análisis multivariante aplicado a la evaluación ergonómica de estaciones de trabajo con ensamble manual, permite establecer un proceso cuantitativo, relacionando eficientemente las posiciones de trabajo, con la disminución de la capacidad productiva del operario, en un esquema de jerarquización analítica multivariante de tipo árbol, que permite una comprensión clara y estratégica de la clasificación.

La productividad es un fenómeno relacionado directamente con el operario; la eficiencia está en función del entorno de trabajo, en una interacción dinámica. Por lo que encontrar un mecanismo de evaluación que permita establecer la calidad de la interacción, en sustento a una clasificación de riesgo y pronóstico del porcentaje de dimisión en la producción, permite

a las empresas generar una plataforma para desarrollar directrices de mejora, que redunden en el incremento de la calidad de vida de operario y mejoren la capacidad competitiva de la industria maquiladora de exportación, localizada en el noreste del Estado de Sonora en México.

V. REFERENCIAS

- Ashby L., Tappin D. and Bentley T. (2003). Evaluation in industry of a draft code of practice for manual handling. *Applied Ergonomics* 35, 293-300.
- Cornell University Ergonomics Web. (2007) RULA Worksheet. Cornell University. <http://ergo.human.cornell.edu/ahRULA.html>.
- Cornell University Ergonomics Web. (2007). REBA Worksheet. Cornell University. <http://ergo.human.cornell.edu/ahREBA.html>.
- David, G.C., (2005). Ergonomic methods for assessing exposure to risk factors for work-related musculoskeletal disorders. *Occup. Med. (London)* 55, 190–199.
- Geoffrey D., Woods V., Li G. and Buckle P. (2008). The development of the Quick Exposure Check, for assessing exposure to risk factor for work-related musculoskeletal disorders. *Applied Ergonomics* 39, (2008) 57-59.
- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. (2007). Métodos: NTP 175: Evaluación de las Condiciones de Trabajo: El método L.E.S.T. Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales de España. <http://www.mtas.es/insht/psier/metodos.htm>.
- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. (2007). Métodos: NTP 451: Evaluación de las Condiciones de Trabajo: métodos generales. Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales de España. <http://www.mtas.es/insht/psier/metodos.htm>.
- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. (2007). Métodos: NTP 601: Evaluación de las Condiciones de Trabajo: carga postural. Método REBA (Rapad Entire Body Assessment). Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales de España.
- J. Bertolote y A. Fleishchmann (2002). “Desgaste del Personal. Red Mundial de Salud Ocupacional”, no. 2, pp. 5-7.
- J. Richard Schonberger (2008), “Best Practices in Lean Six sigma process”.- John Wiley & Sons.
- L. Ashby, D. Tappin and T. Bentley (2003). “Evaluation in industry of a draft code of practice for manual handling”. *Applied Ergonomics* 35, 293-300.
- McAtamney, L. & Corlett, E.N. (2004). Rapid Upper Limb Assessment (RULA) In Stanton, N. et al. (eds.) *Handbook of Human Factors and Ergonomics Methods*, Chapter 7, Boca Raton, FL, , pp. 7:1 - 7:11.
- Memoria estadística del Instituto Mexicano del Seguro Social, México (2007).
- Putz – Anderson , V. (1994). “Cumulative Trauma Disorders .A Manual for Musculoskeletal Diseases of the Upper Limbs”. Taylor & Francis, London.
- Vazquez L., Medina A., Becerril S. (2006). “Análisis diferencial de la eficiencia en los métodos Rula y Owas, para la evaluación de estaciones de trabajo con ensamble manual, en la industria maquiladora con giro electrónico de las ciudades de Agua Prieta y Nogales Sonora”. VII Congreso Internacional de Ergonomía y XII Reunión Binacional de Ergonomía México-EUA.
- Woods, V. (2005) Work-related musculoskeletal health and social support. *Occup. Med. (London)* 55, , 177–189.