Revista INGENIERÍA UC
ISSN: 1316-6832
revistaing@uc.edu.ve
Universidad de Carabobo
Venezuela

Sira, Silvia
Aplicación tecnológica del Diagrama Hombre-Máquinas
Revista INGENIERÍA UC, vol. 18, núm. 3, septiembre-diciembre, 2011, pp. 17-28
Universidad de Carabobo
Valencia, Venezuela

Disponible en: http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=70723269003

Cómo citar el artículo
Número completo
Más información del artículo
Página de la revista en redalyc.org

Sistema de Información Científica
Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

Revista Ingeniería UC, Vol. 18, No. 3, Diciembre 2011 17 - 28

Aplicación tecnológica del Diagrama Hombre-Máquinas

Silvia Sira

Departamento de Ingeniería de Métodos, Escuela de Ingeniería Industrial, Facultad de Ingeniería, Universidad de Carabobo.

Resumen.-

La presente investigación argumenta que la utilización de los Diagramas Hombre-Máquinas, dentro del ambiente tecnológico, ha demostrado pertinencia en la actualidad en cuanto a la necesidad de las empresas en lograr la gestión de la productividad de sus procesos, con la intención principal de tener base para la competitividad en el ámbito nacional e internacional; e igualmente aportar soluciones ecológicas para el desarrollo sustentable. En este trabajo se ejemplifica un caso de aplicación del Diagrama Hombre-Máquinas en una empresa automotriz, y su aporte tecnológico en el mejoramiento de la productividad, utilizando para ello estudios de métodos, tiempos y movimientos; con la aplicación de herramientas tecnológicas como el SMED, Poka Yoke, Análisis Ergonómico, Manufactura Esbelta, Simulación de Montecarlo y Distribución en Planta. Adicionalmente, se referencian otras investigaciones donde la aplicación de dicha herramienta impacta positivamente en los avances tecnológicos. Con ello se pretende afianzar la utilización del diagrama mencionado como instrumento tecnológico en los tiempos actuales.

Palabras clave: Diagrama Hombre–Máquinas, Productividad, Simulación de Montecarlo.

Technological application of the man–machine diagrams

Abstract.-

The present research argues that the use of the man-machine diagrams in the technological environment, has demonstrated relevance today on the need for companies to achieve productivity management in its processes, with the main intention of having base for competitiveness both nationally and internationally. It also provides ecological solutions for sustainable development. This work exemplifies a case of application of the man-machine diagram in an automotive company, and its technological contribution in the improvement of productivity, using studies of methods, times and movements; with the implementation of technologies such as SMED, Poka Yoke, ergonomic analysis, Lean Manufacturing, Montecarlo's simulation and plant distribution. In addition, other research works, where the application of this tool positively impacts on technological advances, are referenced. It is intended to strengthen the use of the aforementioned diagram as a technological tool in current times.

Keywords: Man–Machine Diagram, Productivity, Montecarlo's Simulation.

Recibido: mayo 2011
Aceptado: diciembre 2011

1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años se le ha dado gran importancia a la productividad social, tanto como a la productividad económica. Para una empresa los resultados obtenidos deben ser medidos a partir de indicadores que reflejen aspectos tales como: rentabilidad, eficiencia, eficacia, productividad, entre otros; que les permita medir su nivel de competitividad nacional e internacional, y por ende retroalimentar la gestión de sus procesos. Sin embargo, nuevas tendencias han considerado la integración de la mano de obra directa, evaluando

Correo-e: silvia.sira@gmail.com (Silvia Sira)

su participación, sus condiciones de trabajo, y el impacto de la productividad que logra cada uno de ellos en sus sitios de trabajo, siendo una forma de evaluarlas a través de la asignación del número de máquinas a cada uno de los operarios y eso reviste importancia en la productividad social y en las metas propuestas y alcanzadas, ya que la actuación y el rendimiento de cada área de trabajo influye directamente en ella [1].

Herramientas como el estudio de métodos, la medición del trabajo y el estudio de los movimientos en las áreas de producción han generado excelentes resultados en el mejoramiento de la productividad con base en la competitividad, es lo que han llamado Enfoque Sistémico en la Evaluación de la Productividad [2], incluyendo allí el desempeño de sus trabajadores, los resultados en cuanto a calidad, competitividad, rentabilidad, relación con el trabajador. A partir de ese enfoque han surgido muchos instrumentos que coadyuvan a las mejoras de métodos de trabajo y le permiten evaluar la gestión de sus procesos; un ejemplo de ello es el Diagrama Hombre-Máquinas.

2. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

Se realizó un estudio detallado de los Diagramas Hombre–máquinas y sus aplicaciones en los procesos de producción actual, con casos reales; utilizando para su análisis herramientas tecnológicas, tales como: El SMED, la Simulación de Montecarlo, el PoKa Yoke, la Distribución en Planta, el Análisis Ergonómico, y la filosofía Lean Manufacturing, como un aporte a las empresas en su búsqueda de incremento de productividad, competitividad, rentabilidad y sostenibilidad. Para todo ello, se realizaron ejercicios reales que una vez resueltos, se procedió a analizar los resultados y brindar propuestas de acción en función de la problemática presentada.

Dentro del trabajo presentado se encuentran definiciones, aplicaciones reales de las herramientas tecnológicas antes mencionadas y se incluyeron artículos que demuestran la aplicación en los momentos actuales de lo aportado en esta investigación.

3. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El Diagrama Hombre–Máquina es la representación sobre una escala de tiempo de la secuencia sincronizada de actividades realizadas por el hombre y por la máquina que él opera [3]. Se utiliza para la detección de oportunidades de mejora en una estación de trabajo (tomando en cuenta que los tiempos allí mostrados están normalizados), ya que a partir de él se pude evidenciar el grado de utilización de cada uno de los elementos del sistema, con el fin de incrementar la productividad del proceso, y formular acciones tendientes a lograr la optimización del uso de los recursos utilizados a su máxima capacidad, y lograr efectos positivos en los indicadores de gestión, tales como: rentabilidad, y competitividad, mediante el cálculo del costo unitario de producción y de los niveles de producción alcanzados.

Las oportunidades de mejora de los procesos están principalmente orientados a reducir los tiempos de inactividad, de preparación y mejorando los tiempos productivos; de manera de redistribuir cargas de trabajo, coordinando de manera sincronizada las actividades de los recursos utilizados en el proceso [4]. Adicionalmente, a nivel ecológico, la correcta aplicación de herramientas como el Diagrama Hombre-Máquinas, reduce el desperdicio de material y optimiza el uso de las máquinas, de manera de disminuir el impacto tóxico sobre el ambiente.

Los diagramas de interrelación de hombre y máquina sirven para determinar el grado de acoplamiento de trabajo justificado, con el objeto de asegurar un “día justo de trabajo por un día justo de pago” [5].

Otros beneficios de la utilización del Diagrama Hombre-Máquina (s) como herramienta para el mejoramiento de la productividad de los procesos, es la observación cuidadosa de los movimientos realizados por el operario, con el fin de respetar los principios ergonómicos del puesto de trabajo.

Cuando el proceso ejecutado o la oportunidad de mejora está orientada en la asignación de varios

hombres a varias máquinas, se utiliza el Diagrama de Cuadrillas junto con el Diagrama Hombre-Máquinas, con el propósito de encontrar la mayor eficiencia en dicha asignación, analizando los tiempos improductivos (de ocio y de preparación) tanto de operarios como de las máquinas, proponiendo mejoras en dichos procesos, tomando en cuenta la motivación y las capacidades de los elementos del sistema. El Diagrama de Cuadrilla es la representación gráfica, sobre una escala de tiempo, de las actividades realizadas por un grupo de operarios que se orientan al cumplimiento de un fin común; para poder analizarlas y encontrar un mejor método [3].

Existe una variante del Diagrama de Hombre-Máquinas, cuando los tiempos no están normalizados, la cual será explicada a continuación.

3.1. Simulación de Montecarlo

Esta herramienta se basa en que los tiempos de maquinado y los tiempos en los cuales el operario le presta servicio a las máquinas no son constantes, basándose en la aplicación de un sistema de colas, por lo que se utiliza el promedio de los tiempos en los cuales las máquinas requiere la atención del hombre y el promedio de los tiempos de servicio, la variación de dichos promedios, y la interferencia entre las necesidades de servicio de las máquinas junto con las capacidades de servicio que pueden generar los operarios. En la simulación se generan números aleatorios para los tiempos en los que requieren servicio las máquinas y los tiempos de servicio, con la finalidad de representar aproximadamente el método actual, por supuesto que la cantidad de números aleatorios que se deben generar deben ser altos; y con él tomar acciones que mejoren la productividad del proceso, logrando el equilibrio en las cargas de trabajo de los elementos del sistema.

En la simulación de Montecarlo no se consideran los tiempos de preparación como ocio para las máquinas, sino que se ha considerado como ocio estrictamente el tiempo de máquina perdido debido a que el operario no puede prestarle atención por la interferencia entre las máquinas [4].

Es importante destacar que los Diagramas Hombre-Máquinas en la actualidad están siendo utilizados para la aplicación de herramientas tecnológicas en pro del mejoramiento de la productividad en las empresas, en este caso, se hará referencia a la técnica SMED en un caso real de estudio:

3.2. Aplicación de la Herramienta SMED en la Mejora de Procesos a partir de los Diagramas Hombre-Máquinas

El análisis del Diagrama Hombre-Máquinas se orienta en los tiempos resultantes, los cuales durante el ciclo representan el grado de utilización de los elementos del sistema, uno de ellos es el tiempo de ocio, que incluye los tiempos de inactividad y los tiempos de preparación. El primero de ellos es debido a la interferencia en los momentos en los cuales las máquinas requieren ser atendidas y el operario no puede atenderlas a todas al mismo tiempo, que en este caso la oportunidad de mejora está orientada hacia la reasignación de la cantidad de máquinas; y el segundo caso a los tiempos en los cuales el operario debe atender a la máquina o debe realizar actividades que previas o posteriores al proceso de maquinado.

A estas últimas actividades se les conoce como ajustes, y la herramienta SMED contribuye a la disminución o eliminación de los tiempos invertidos en ellas, de manera de aumentar el porcentaje de utilización productiva de los elementos del sistema. Se distinguen dos tipos de ajustes: Internos, cuando se realizan estando la máquina parada y Externos, cuando la máquina está funcionando. El método de mejora con la herramienta SMED se desarrolla en cuatro etapas: Definir Ajustes internos y externos; Separación de los ajustes internos y externos; Transformación de ajustes internos en externos; Racionalización de todos los aspectos de la operación de ajuste.

La Figura 1 muestra esquemáticamente las fases generales para la aplicación de la herramienta tecnológica SMED [4].

Tabla 1: Repunteo de camiones.

	ESTACIÓN SS-080	DPTO.: CARROCERÍA OPER. No. 1: OPERADOR LADO DERECHO		
	DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS	TP	TN	TE
No	Operación	min	min	min
1	Recibir la carrocería y trasladarla al área	0.27	0.23	0.25
2	Cargar carrocería y colocarla en la mesa de trabajo 1 y posiciona la pistola en la parte delantera de la carrocería	0.54	0.46	0.5
3	Aplicar 5 puntos de soldadura	1.09	0.93	1
5	Descargar carrocería de la mesa de trabajo 1	0.27	0.23	0.25
6	Inspeccionar acabado	0.27	0.23	0.25
7	Llevar carrocería a mesa de trabajo 2	0.27	0.23	0.25
8	Cargar carrocería y Posicionar parte trasera de la carrocería en mesa de trabajo 2	0.54	0.46	0.5
9	Aplicar 8 puntos de soldadura	1.64	1.4	1.5
10	Descargar carrocería de la mesa de trabajo 2	0.54	0.46	0.5
11	Inspeccionar acabado	0.27	0.23	0.25
12	Carga carrocería y Posicionar parte izquierda de la carrocería en la mesa de trabajo 3	0.27	0.23	0.25
13	Aplicar 13 puntos de soldadura	2.2	1.87	2
14	Descargar carrocería de la mesa de trabajo 3	0.54	0.46	0.5
15	Inspeccionar acabado	0.27	0.23	0.25
16	Trasladar la carrocería a la estación de trabajo SS-090	0.27	0.23	0.25
	Número de operarios	1		
	Tolerancia (%)	7		
	Calificación de Velocidad	0.85		

OBSERVACIONES: Para posicionar la pistola (cada vez que aplica un punto de soldadura) se requiere de precisión y destreza, dado que la misma tiene un peso aproximado de 15 Kg.

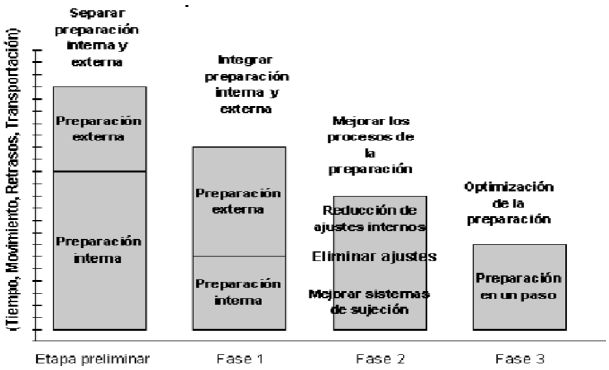


Figura 1: Fases de la aplicación de la herramienta tecnológica SMED (para la reducción del cambio del modelo).

3.3. Aplicación de un Diagrama Hombre–Máquinas en una empresa automotriz, utilizando la herramienta tecnológica SMED

El proceso para la realización del Repunteo de Camiones en la empresa automotriz FGC, C.A., es el siguiente: Se alimentan dos (2) pistola 1 (denotada T1) y pistola 2 (detonada T2) en forma independiente (ya que en la estación de trabajo tienen inventario de carrocerías), quienes a su vez alimentan a una tercera pistola (denotada F), esta última genera el producto terminado de esa estación de trabajo. El estudio de tiempo se muestra en la Tabla 1.

Tabla 2: Resumen de actividades.

Actividad (min)	Pistola 1 (T1)	Pistola 2 (T2)	Pistola 3 (F)
Buscar material	0.25	0.25	-
Cargar máquina	0.5	0.5	0.25
Maquinado	1	1.5	2
Descargar máquina	0.25	0.5	0.5
Inspección	0.25	0.25	0.25
Ir de una máquina a otra	-	-	0.25

En la Tabla 2 se muestran las actividades en forma de resumen.

Otras informaciones de interés son las siguientes:
La producción por ciclo máquina y los costos asociados a todos los equipos son:
Producción = 2 piezas/ciclo-máq
Costo operario=5000 Bs/Hr-hb
Costo máquina funcionando= 5800 Bs/Hr-maq
Costo máquina parada= 3600 Bs/Hr-maq.
Se les pide:

a) Construya el diagrama adecuado buscando el ciclo más eficiente.

b) Determine el costo unitario del arreglo.

c) El Ingeniero Industrial Pedro Pérez propuso e implementó en el área de trabajo bajo estudio una estación en paralelo (tal como se muestra en el enunciado de este problema) ya que consideró que la causa por la cual había poca productividad era por el "cuello de botella". Con los resultados obtenidos en el diagrama ¿Usted estaría de acuerdo con la propuesta realizada por dicho ingeniero?. Justifique su respuesta.

d) ¿Cómo aplicaría la Técnica SMED como proceso de mejora en este ejercicio?

Resultado. a) Representación gráfica de la situación actual.

La Figura 2 muestra el diagrama de la situaciíon actual.

Es importante hacer notar que las actividades: buscar material, cargar máquina, descargar máquina, inspeccionar el acabado, e ir de una máquina a otra son consideradas actividades que no agregan valor, las cuales en este ejemplo consumen en la Pistola 1= 1,25 min, en la Pistola 2= 1.5 min y en la Pistola 3= 1,25 min. Cuando se toma en cuenta sólo el ciclo, las actividades de preparación para la: Pistola 1= 0,75 min, Pistola 2 no hay preparación porque todo su tiempo es de ocio, por no poder ser atendida por el operario, y la Pistola 3 es de 0,75 min. La pistola 2 durante el ciclo no puede ser atendida por el operario, por eso su tiempo de valor agregado es cero, y por ende su utilización. A esas actividades que no agrega valor son las que la herramienta tecnológica SMED llama actividades de preparación.

b) El costo unitario (Cu) del sistema se calcula de por las Ecuaciones (1) y (2)

$$Cu = Co + Cmf + Cmp, \tag{1}$$

donde:
Cu: es el costo unitario;
Co: es el costo de mano de obra;
Cmf: es el costo máquina funcionando y
Cmp: es el costo máquina parada.

$$Co = K1 * No.\text{ de operarios } * Tciclo,$$

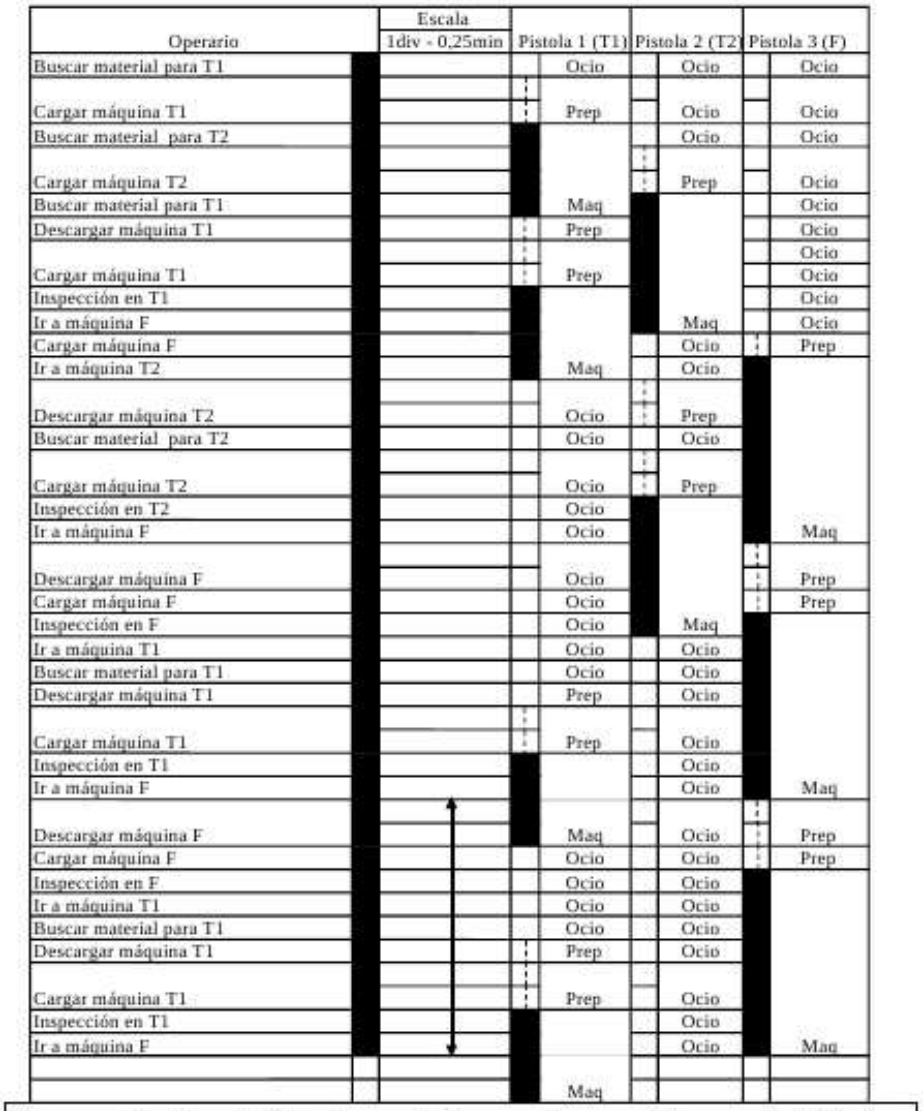
$$Cmf_{Tj} = K2_{Tj} * Nm_{Tj} * \tau_{Tj},$$

$$Cmp_{Tj} = K3_{Tj} * Nm_{Tj} * (Tciclo - \tau Tj),$$

con:
Nm_{Tj}: No. de máquinas Tj,
τ_{Tj}: Tiempo maquinado de Tj, $j = 1, 2$.

$$Cmf_F = K2_F * Nm_F * \tau_F,$$

$$Cmp_F = K3_F * Nm_F * (Tciclo - \tau F),$$



Resumen		Tiempo de Ciclo			Acción			Ocio			Utilización	
		Actual	Prop.	Ahorro	Actual	Prop.	Ahorro	Actual	Prop.	Ahorro	Actual	Prop.
Operador		2,75			2,75			0			100%	
Máquina	**1**	2,75			1			1,75			36,36%	
	2	2,75			0			2,75			0	
	3	2,75			2			0,75			72,72%	

Figura 2: Diagrama 1. Hombre – Máquinas (T1,T2,F).

Para P: producción que sale durante el ciclo

$$Cu = (Co + Cmf_{T1} + Cmp_{T1} + Cmf_{T2} + Cmp_{T2} + Cmf_F + Cmp_F)/P. \quad (2)$$

$$Co = 5000\frac{Bs}{hr-hb} * 1hb * 2{,}75\frac{min}{ciclo},$$

$$Cmf_{T1} = 5800\frac{Bs}{hr-maq} * 1maq * 1\frac{min}{ciclo},$$

$$Cmp_{T1} = 3600\frac{Bs}{hr-maq} * 1maq * (2{,}75-1)\frac{min}{ciclo},$$

$$Cmf_{T2} = 5800\frac{Bs}{hr-maq} * 1maq * 0\frac{min}{ciclo},$$

$$Cmp_{T2} = 3600\frac{Bs}{hr-maq} * 1maq * (2{,}75-0)\frac{min}{ciclo},$$

$$Cmf_F = 5800\frac{Bs}{hr-maq} * 1maq * 2\frac{min}{ciclo},$$

$$Cmp_F = 3600\frac{Bs}{hr-maq} * 1maq * (2{,}75-2)\frac{min}{ciclo},$$

$$P = 5800\frac{Piezas}{Ciclo-maq} * 1maq \cdot secuenc * 60\frac{min}{hr},$$

$$Cu = 334{,}58\frac{Bs}{Pieza}.$$

c) De acuerdo a los resultados obtenidos en el diagrama, la decisión del Ing. Pedro Pérez de colocar la pistola 2 para trabajar en paralelo con la pistola 1, no fue la correcta, ya que este incurre en un ocio de un 100 %, por lo cual el sistema se volvió totalmente ineficiente.

d) ¿Cómo aplicaría la Técnica SMED como proceso de mejora en este ejercicio?

Se puede evidenciar que basándose en los datos del tiempo del ciclo, la Pistola 1 tiene que el 42,85 % del tiempo de ocio absoluto lo representan las actividades de preparación, al igual que para la Pistola 3, pudiendo aplicar la técnica SMED para la disminución de los mismos. Para el caso de la Pistola 2 no es precisamente la aplicación de la técnica SMED lo que necesita sino la nueva asignación a otro operario, o sí se mejoran los tiempos de preparación de las pistolas 1 y 3, se pudiese evaluar la asignación a un operario de estas tres pistolas.

Las actividades de preparación de la Pistola 1 y 2 en la búsqueda de material, es lo que considera la herramienta tecnológica SMED como transformar esa actividad como un ajuste externo, es decir, realizar dicha búsqueda con las máquinas funcionando.

La actividad de las tres pistolas en cuanto a cargar la carrocería y posicionarla, tiene dos aspectos de mejora, la primera con la aplicación del SMED se buscaría la disminución del tiempo de carga, utilizando dispositivos Poka Yoke (por ejemplo) donde posicionar la pieza calce rápidamente en la mesa de trabajo, en el SMED esto se llama el diseño de sistemas de sujeción; y el segundo aspecto de mejora se refiere a la observación de la Tabla 1 donde se dice que el posicionamiento de la pistola una vez cargado el material es una actividad anti ergonómica, dado que la pistola pesa 15 Kg, lo que incita a la utilización del estudio de métodos para la creación de un dispositivo, donde el operario no tenga que realizar la carga de la pistola, sobre todo porque esa actividad la realiza aproximadamente 490 veces en su jornada de trabajo.

Para el caso de la actividad de descargar la máquina, se puede reducir también con la aplicación del dispositivo Poka Yoke que ayuda a calzar la carrocería en la mesa de trabajo, así la descarga también disminuye su tiempo. La inspección del acabado es una actividad considerada totalmente un desperdicio, ya que si se realiza la aplicación de los puntos de soldadura en perfectas condiciones, no es necesario inspeccionar cómo quedó; y finalmente la actividad que se realiza después de la inspección de la pistola 3 que es ir nuevamente a la mesa de trabajo de la pistola 1 y ese recorrido es considerado alto por lo que invierte un tiempo para realizarlo; la técnica SMED junto con la herramienta tecnológica Distribución en Planta, ayudarían a la disminución del recorrido y por ende a la racionalización de los ajustes que se realizan en este proceso.

La utilización de dispositivos, la identificación de actividades externas e internas, la eliminación de elementos dentro de cargar y descargar, hacen que se re-oriente hacia una disminución considerable de los tiempos de preparación. Y eso no es más que la aplicación de la técnica SMED al proceso descrito. Sólo es requisito indispensable conocer el proceso a mejorar para que la experiencia genere resultados satisfactorios, que promuevan

actividades productivas y esto a su vez en una alta competitividad de la organización.

Al principio se pensaba que la nueva adquisición de la pistola 2 (decisión del Ing. Pedro Pérez) resolvería el problema, pero cuando comenzaron a ver que el operario no le daba ni siquiera tiempo de atender a la nueva máquina, es cuando se dieron cuenta que era necesario previamente haber realizado un estudio completo de Ingeniería de Métodos, y así se hubiese detectado que las causas del incumplimiento de la demanda, eran los altos tiempos de preparación de ambas máquinas, problemas ergonómicos, oportunidades de mejora en los métodos de trabajo y la distribución en planta actual que presentaba altos recorridos entre las mismas. La inversión con la adquisición de la nueva máquina fue millonaria y al no realizar con antelación un estudio de métodos, se obtuvieron pérdidas aún mayores a la inversión. Con la aplicación de técnicas como SMED, Poka Yoke, Mejoras de Métodos de Trabajo, Dispositivos Anti Ergonómicos y una Redistribución en Planta hubiese bastado para solventar la situación actual sin tener que haber comprado una nueva máquina.

Es importante destacar que la filosofía de trabajo Lean Manufacturing se basa en la eliminación del desperdicio, y considera entre ellos la subutilización de los operarios y de las máquinas, para lo cual recomienda las herramientas Diagrama Hombre-Máquina y SMED, ya que con la primera se logra conocer la situación actual de la estación de trabajo para equilibrar las cargas de trabajo de los elementos del sistema; y con la segunda herramienta se busca reducir los tiempos de preparación, provocando con la aplicación de ambas herramientas el flujo continuo de producción, objetivo principal de la filosofía antes mencionada [6].

En la revisión bibliográfica se encontró un caso real donde a partir de la mejora de métodos de trabajo y específicamente en la disminución de los tiempos de preparación, basado en la aplicación de herramientas de estudio de tiempos, se logró un ahorro de 15,29 minutos en el proceso [7].

3.4. Aplicación de la herramienta Diagrama Hombre-Máquina (s) utilizando la Simulación de Montecarlo

Tabla 3: Tiempos de maquinado.

Tiempo (min)	Frecuencia
1,5	12
2	30
3	25
2,5	25
1	8

Se cuenta con dos máquinas independientes M1 y M2 que pueden ser atendidas por un operario en 3 min/ciclo y cuyos tiempos de maquinado varían de acuerdo a los siguientes registros históricos, se visualiza en la Tabla 3.

Determine el tiempo de ciclo, el ocio de los elementos y la producción horaria, conociendo que se obtienen 2 piezas por ciclo y utilizando los siguientes N° aleatorios: 691, 848, 386, 277, 818, 825, 840, 534, 103, 238, 667, 002. Se asume la secuencia de atención máquina 1 y luego máquina 2.

Resultado.

Tabla 4: Cálculos a considerar para la elaboración del Diagrama Hombre-Máquinas.

Tiempo maquinado	Frecuencia	Frecuencia acumulada	Rango
1,5	12	12	000–119
2	30	42	120–419
3	25	67	420–669
2,5	25	92	670–919
1	8	100	920–999

Para la resolución, se debe determinar en primer lugar la frecuencia acumulada y el rango o intervalo por ellos establecidos, los cuales serán considerados para asignar los tiempos de maquinados a cada número aleatorio. En la Tabla 4, se muestran los cálculos a considerar.

De acuerdo a los números aleatorios, los tiempos de maquinado y la secuencia respectiva

Tabla 5: Números aleatorios, Tiempos de Maquinado y Secuencia de Servicio.

N° Aleatorio	Maquinado	Secuencia
691	2,5	M1
848	2,5	M2
386	2	M1
277	2	M2
818	2,5	M1
825	2,5	M2
840	2,5	M1
534	3	M2
103	1,5	M1
238	2	M2
667	3	M1
002	1,5	M2

se muestra en la Tabla 5.

El Diagrama Hombre-Máquinas asociado, están en las Figuras 3 y 4.

3.5. Análisis

El tiempo total que se presenta en el Diagrama 2 es el tiempo que se generó con los números aleatorios, y que corresponde al tiempo de simulación.

En este ejemplo los tiempos de preparación son constantes en 3 minutos, por lo que no explican detalladamente cuáles son las actividades implícitas en ese tiempo; sin embargo, es un valor que debe ser disminuido a partir de muchas herramientas tecnológicas actuales, que algunas de ellas ya fueron nombradas en la resolución del Diagrama 1 (Figura 2), y que pueden ser desde la aplicación del Justo a Tiempo hasta generar comités de Manufactura Esbelta, dependiendo de las oportunidades de mejora detectadas.

Los resultados obtenidos muestran que el operario trabaja al 100 %, por lo que asignarle otra máquina es infactible y en el caso de las máquinas el grado de utilización está por debajo del 38 %, por lo que están siendo sub-utilizadas, esto permite concluir que el tiempo de servicio (preparación) es alto por lo que el operario pasa todo el tiempo atendiéndolas y los tiempos de maquinado son cortos (aspecto positivo, pero que aún pueden ser mejorados), obteniendo con esto altos costos de producción y pocos niveles de producción obtenidos.

La Simulación de Montecarlo en una experiencia real de una investigación realizada en cuanto a la optimización del uso de la energía, se obtuvo como resultado que era una herramienta importante para el análisis de la confiabilidad de los procesos energéticos cuando el uso de los recursos necesarios eran limitados, basado en las capacidades y en la disponibilidad de dichos recursos, incluso fue demostrada su relevancia y preponderancia cuando se utilizó para establecer predicciones en la operaciones de los sistemas de generación de energía [8].

4. CONCLUSIONES

Existen herramientas tecnológicas como los estudios de tiempo, la aplicación de Diagramas Hombre-Máquina (s), la Simulación de Montecarlo, los Diagramas de Cuadrillas, los estudios de métodos y movimientos, que brinda la oportunidad de mejorar y optimizar los tiempos de producción, haciendo mayor énfasis en las actividades improductivas para el logro del incremento de la productividad en los procesos de producción, partiendo principalmente del análisis de la relación hombre-máquina(s) [9]. Esta investigación tuvo como objetivo principal el evidenciar la necesidad actual de todos los sectores productivos en la utilización de herramientas que continúan a la vanguardia en la búsqueda de la optimización de sus procesos, ya sea en el área de producción como en las áreas gerenciales; la combinación de dichas herramientas fue un aporte en los resultados de este trabajo. Para sobrevivir en el contexto actual de globalización e internacionalización de los procesos, se requiere el conocimiento de los tiempos productivos e improductivos, tanto del recurso humano como de las máquinas, con la intensión de controlar el proceso (número de paradas, causas, cargas de máquinas, asignación de la cantidad de máquinas a un operario, costos de producción que incluya el del operario y el de las máquinas, entre otros) y trabajar continuamente en el mejoramiento de los indicadores de gestión productivos [7].

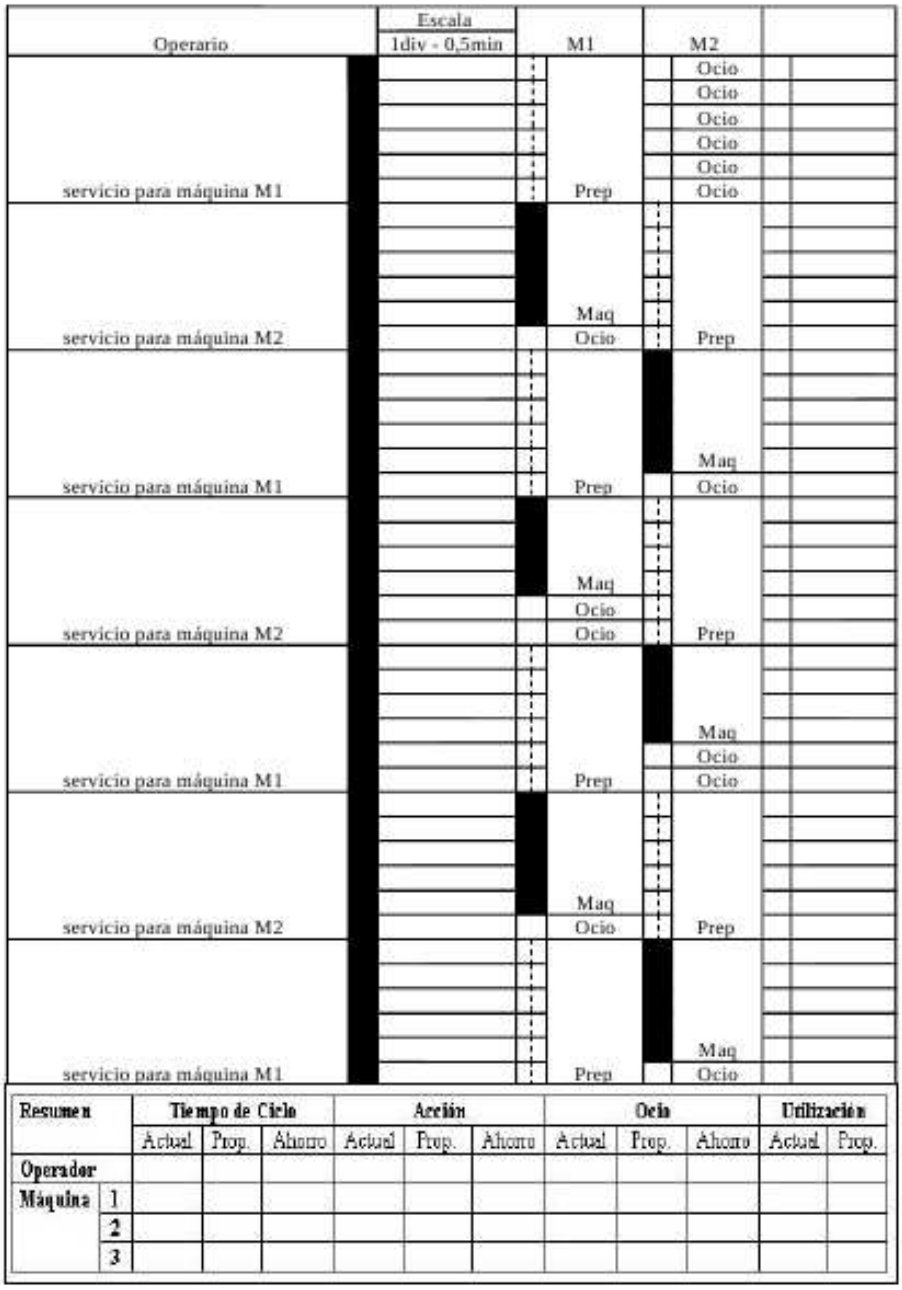
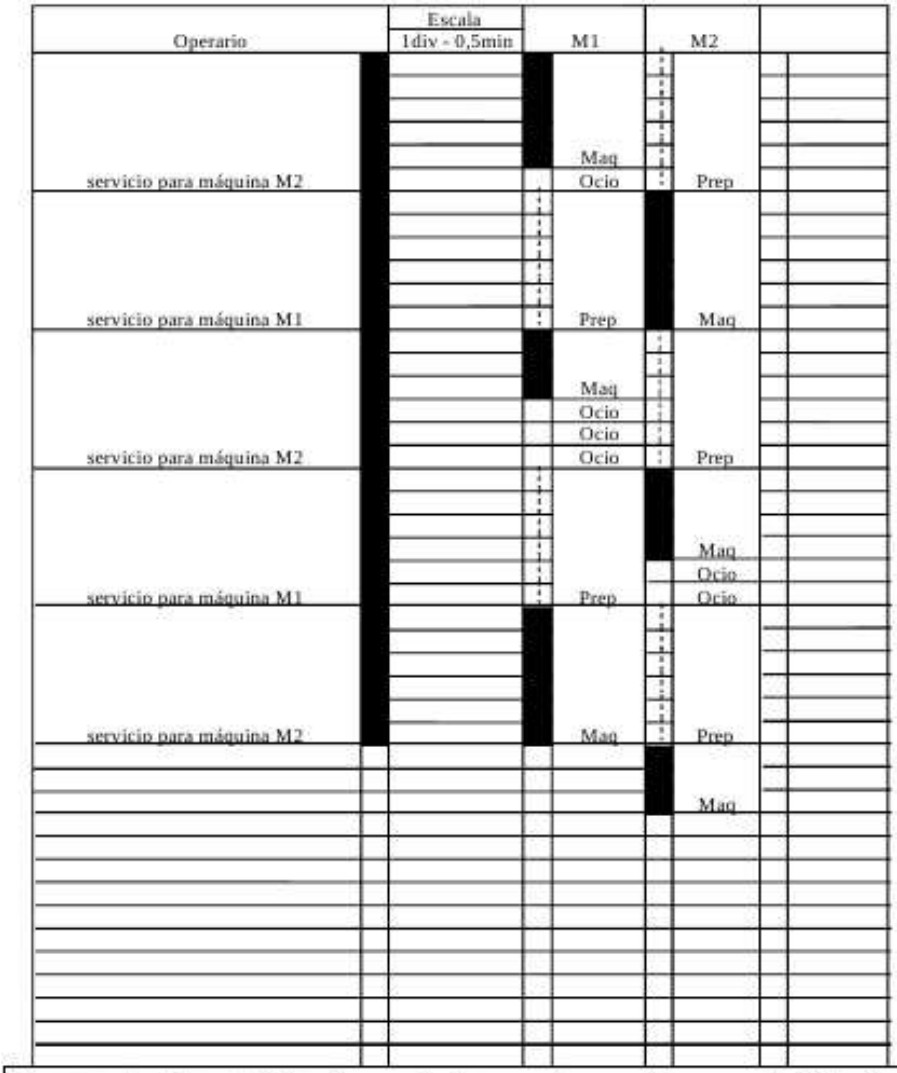


Figura 3: Diagrama 2. Hombre – Máquinas (M1,M2).



Resumen		Tiempo de Ciclo			Acción			Ocio			Utilización	
		Actual	Prop.	Ahorro	Actual	Prop.	Ahorro	Actual	Prop.	Ahorro	Actual	Prop.
Operador		37,5			37,5			0			100%	
Máquina	1	36			14			22			37,33%	
	2	37,5			13,5			24			36%	
	3											

Figura 4: Diagrama 2. Hombre – Máquinas (M1,M2). Continuación.

La relación de los diagramas hombre-máquinas con las diferentes filosofías que a finales del siglo pasado coadyuvaron a los procesos de mejoramiento continuo en las empresas es de suma relevancia, dado que su aplicación permite obtener información para la toma de decisiones oportuna y pertinente. El Sistema de Fabricación Autoequilibrado, el cual es llamado Método Toyota Sewing System (TSS), demuestra la necesidad de la asignación de operarios a las estaciones de trabajo, y consigo la optimización de la cantidad de máquinas que puede manejar, al igual que las variables velocidad de trabajo (tiempo del ciclo), secuencia de producción y distribución en planta (mínimos recorridos) [10].

Referencias

[1] Prokopenko, J. (1999). "La Gestión de la Productividad. Manual Práctico". Editorial Limusa, S.A. de C.V. Grupo Noriega Editores. México.

[2] Mercado, E., Díaz, E., y Flores, D. (1998). "Productividad. Base de la Competitividad". Editorial Limusa, S.A. de C.V. Grupo Noriega Editores. México.

[3] Burgos, F. (1999). "Ingeniería de Métodos. Calidad y Productividad". Segunda Edición corregida. Universidad de Carabobo. Valencia, Venezuela.

[4] Sira, S. y Barrios, M. (2007). "Diagramas de Actividades Múltiples". Cuadernos de Ingeniería Industrial. Número 3. ESIDE y Diagramas Múltiples. Herramientas para la Mejora Continua de los Procesos. Facultad de Ingeniería. Universidad de Carabobo. Valencia, Venezuela.

[5] Niebel, B. (1990). "Ingeniería Industrial. Métodos, Tiempos y Movimientos". Tercera Edición. Ediciones Alfaomega. México.

[6] Tejeda, A. (2011). "Mejoras de Lean Manufacturing en los Sistemas Productivos". Ciencia y Sociedad. Volumen XXXVI. Número 2. Abril-Junio. pp. 276–310.

[7] Argote, F., Velasco, R., y Paz, P. (2007). "Estudio de Métodos y Tiempos para Obtención de Carne de Cuy (Cavia Porcellus) Empacada a Vacío". Revista Facultad de Ciencias Agropecuarias. Volumen 5. Número 2. Agosto. pp. 103–111.

[8] Zapata, C., y Campos, E. (2005). "Valoración de Confiabilidad de Sistemas de Generación con Recursos Limitados de Energía utilizando Simulación de Montecarlo". Scientia Et Technica. Volumen XI. Número 29. Diciembre. pp. 43–48.

[9] Torres, P., Pérez, A., Marmolejo, L., Ordoñez, J., y García, R. (2010). "Una Mirada a la Agroindustria de Extracción de Almidón de Yuca, desde la Estandarización de Procesos". Revista EIA. Número 14. Diciembre. pp. 23–38.

[10] Palominos, P. y Godoy, V. (2010). "Heurística para el Equilibrado de Líneas de Ensambles del Tipo TSS". Ingeniare. Revista Chilena de Ingeniería. Volumen 18. Número 3. Diciembre-Enero. pp. 364–372.