

Reducción de Tiempos de Fluctuación Mediante el Balanceo de Líneas en Empresa Automotriz

W. Avila¹, E. Segovia-Avila²

Resumen—En este artículo se describe la problemática sobre elevados niveles de fluctuación que existe en las estaciones de trabajo de una línea de ensamble de arnés, la cual genera cuellos de botella ocasiona paros de línea y bajos niveles de productividad.

El objetivo principal es incrementar la eficiencia en el proceso de ensamble, disminuyendo los tiempos de fluctuación, mediante el uso de herramientas de la ingeniería industrial como método de balanceo de líneas, diagrama de Ishikawa y diagrama de Pareto, para el análisis y la disminución de los tiempos de fluctuación. La metodología seguida es la de ciencia aplicada que consiste en diagnóstico para la recolección de los datos, utilizando hojas de registro y la bitácora, para continuar con el análisis, implementación, y validación o evaluación de los resultados.

Como Resultado se confirma la hipótesis al obtener la disminución de los tiempos de algunas estaciones de trabajo, generando a su vez estaciones de trabajo más equitativas.

Palabras claves—Balanceo de línea, cuellos de botella, tiempos de fluctuación.

Abstract—This article describes the problem of high levels of fluctuation that exists in the work stations of a harness assembly line, which generates bottlenecks and causes line stoppages and low levels of productivity.

The main objective is to increase the efficiency in the assembly process, decreasing the fluctuation times, through the use of industrial engineering tools such as line balancing method, Ishikawa diagram and Pareto diagram, for the analysis and reduction of the fluctuation times. The methodology followed is that of applied science that consists of diagnosis for the collection of data, using log sheets and the logbook, to continue with the analysis, implementation, and validation or evaluation of the results.

As a result, the hypothesis is confirmed by obtaining the decrease in the times of some work stations, generating in turn more equal work stations.

Keywords—Line swing, bottlenecks, fluctuation times.

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad la industria automotriz es cada vez más demandada para la elaboración de dispositivos, equipos electrónicos, motores e infinidad de componentes para la fabricación de un automóvil, la cual cada vez es más exigente en cuestiones de calidad y entrega de producto al cliente. Actualmente en el mercado existen muchas marcas que lideran el mercado automotriz, estos organismos requieren de algunas otras empresas como parte de su cadena de suministro, que les apoyen en el ensamble o fabricación de componentes de su producto, en este caso estamos hablando de la fabricación de vehículos, es por ello que la industria dedicada a la manufactura del arnés ha tenido una demanda creciente dentro de la economía del país, por consecuencia la industria arnesera es cada día más exigida en producción, calidad, productividad y tiempos de fabricación. Por lo que es necesario realizar estudios constantemente, que permitan incrementar los indicadores mencionados.

Una de las técnicas del estudio del trabajo que puede ser útil para conocer el tiempo que se emplea para realizar la manufactura es el estudio de tiempos definido como “procedimiento que usa un cronómetro para establecer estándares. Los estándares de tiempo establecidos con precisión hacen posible incrementar la eficiencia del equipo y el personal operativo, mientras que los estándares mal establecidos, aunque es mejor tener los que no tener estándares, conducen a costos altos, inconformidades del personal y posiblemente fallas de toda la empresa. Esto puede significar la diferencia entre el éxito y el fracaso de un negocio”. (Niegel & Freivalds, 2009)[1]

Mientras que la ingeniería de métodos según Niegel-Freivalds (2009) determina esta metodología mediante el siguiente concepto; “Muy a menudo, los términos análisis de operaciones, diseño del trabajo, simplificación del trabajo, ingeniería de métodos y reingeniería corporativa se utilizan como sinónimos. En la mayoría de los casos, todos ellos se refieren a una técnica para aumentar la producción por unidad de tiempo o reducir el costo por unidad de producción: en otras palabras, a la mejora de la productividad.”

¹ Instituto Tecnológico Superior de San Pedro de las Colonias, Departamento de Ingeniería Industrial. C. del Tecnológico No. 53, Col. El Tecnológico, C. P. 2780, San Pedro, Coahuila, México.
elda.segovia@tecsanpedro.edu.mx

El impacto científico de este artículo consiste precisamente en compartir con la sociedad involucrada en el campo las implicaciones al desarrollar la ingeniería aplicada para mejora de un proceso.

La hipótesis propuesta es que el problema se puede resolver mediante la aplicación de herramientas de análisis de la ingeniería industrial las cuales se utilizan para analizar e interpretar la situación actual, partiendo de un balanceo de líneas para determinar las principales causas del problema aplicando de la mano la ingeniería de métodos para mejora de la estandarización del proceso de ensamble en la línea de producción, puesto que una línea de fabricación equilibrada depende la optimización de ciertas variables que afectan la productividad de un proceso, como los son los tiempos de fabricación y el estándar de trabajo. Por lo que la variable dependiente a analizar es la Productividad en el proceso y las variables independientes a considerar son los Tiempos para la elaboración del trabajo y el estándar de trabajo

Es claro pues que la ingeniería aplicada trae consigo beneficios para la mejora de los procesos, en este caso el aplicar un análisis en el estudio de tiempos para disminuir las fluctuaciones [2], siguiendo un procedimiento sistémico que permita evidenciar el objetivo principal en el presente documento que es mostrar los resultados de la reducción de los tiempos de fluctuación mediante un estudio de tiempos y balanceo de líneas por la técnica Yamazumi, dando respuesta positiva a la interrogante ¿El balanceo de líneas disminuye los tiempos de fluctuación de la línea de manufactura?

II. PARTE TÉCNICA DEL ARTÍCULO

A. Estrategia metodológica

1) Hipótesis

La hipótesis que se presenta es que el tiempo de fluctuación se puede reducir mediante la aplicación de herramientas de análisis de la ingeniería industrial.

2) Instrumentos de medición y técnicas

Los instrumentos de recolección de datos utilizados son la bitácora, diario de apuntes, hoja de observaciones, y las herramientas de análisis usadas son Excel, Minitab y AutoCAD. La metodología utilizada para el desarrollo del proyecto es la del Método de la Ingeniería Aplicada.

3) Tipo de muestreo

En el análisis de este proyecto no se hace uso de la técnica del muestreo, puesto que se trabaja con el parámetro poblacional para la obtención de los datos. Por lo que se toma en cuenta a una población de 43 operaciones para el

ensamble de enciente, teniendo como muestra n=43, que son las operaciones para el ensamble de arnés.

B. Etapas

Partiendo de un análisis sistemático en cual empieza empleado herramientas estadísticas de calidad como Diagrama de Ishikawa (causa-efecto) y diagrama de Pareto, las cuales generaran apertura al uso de otra técnicas o herramientas de la ingeniería industrial como lo son: toma de tiempos, balanceo de líneas. Las etapas del desarrollo del proyecto son las propias de la Ingeniería aplicada: • Diagnóstico, Análisis, Propuesta, Implementación y Validación

1) Diagnostico

a) Para esta investigación la tarea inicial de ejecución es identificar los altos niveles de fluctuación dentro del proceso de ensamble en una industria de manufactura de arnés.

b) La muestra representativa es el área de ensamble del arnés, ya que en la empresa donde se realizó el estudio de campo determina por política la toma de 5 muestras para la realización de la toma de los tiempos. Además de contar con un formato para la recolección de los datos.

The table is a data collection form for time observations. It has a header section with fields for 'Nombre Operación', 'Fecha Observación', and 'Observador'. Below this is a grid with 43 rows for 'Operación' and 5 columns for 'Muestra'. To the right of the grid are columns for 'Tiempo' and 'Observaciones'. At the bottom, there are summary rows for 'Total Operación', 'Total Muestra', and 'Total Observaciones'.

Figura 1: Formato para registro de observaciones de tiempos

El siguiente paso es hacer el registro mediante el

estándar de operación que existe en la línea de ensamble para realizar el análisis estadístico del tiempo actual de elaboración. Dicho registro se realiza mediante observaciones haciendo uso del instrumento llamada hoja de observación, anotando todas y cada una de las operaciones de ensamble identificando los tiempos actuales [3], nombrados así porque son los tiempos que la empresa utiliza antes del análisis y propuesta de otros tiempos mejores que reduzcan la variabilidad en el proceso de ensamble del arnés, como se muestra en la figura 2.

HOJA DE OBSERVACION

Operación	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200
-----------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Figura 2: Recolección de los tiempos

C. Análisis

Luego se procede a realizar el análisis estadístico, en una hoja de balance, siguiendo el método de diagrama Yamazumi, que en el Lean Manufacturing se refiere a un diagrama de columnas apiladas que representa las formas en que se reparte el tiempo o la capacidad de los medios productivos entre producción y problemas. Entendiendo como problema toda parada no planificada de los medios de producción. Existen tres elementos a destacar al realizar un análisis por medio de esta técnica los cuales según Ceballos Yolanda (2014) se pueden clasificar de la siguiente manera:

Valor añadido: son todas las operaciones que aportan

valor al producto, es decir, lo transforman de forma que cambia su naturaleza, forma o características de acuerdo a los requisitos y especificaciones del cliente, son los tiempos de color verde en la figura 3.

Sin valor añadido, pero necesario en color rojo en la figura 3: son todas aquellas operaciones donde la materia prima no sufre algún tipo de transformación, es decir, no se aumenta el valor añadido del producto, pero a la vez se tratan de procesos inevitables para la correcta fabricación de los mismos.

Desperdicio en color rojo en la figura 3: se trata del resto de actividades que no aportan valor al producto y son totalmente evitables. Por tanto, se tratan de operaciones sin sentido que solo añaden tiempo y coste extra.

Para obtener el balanceo por el método Yamazumi debemos seguir los siguientes pasos:

1. Calcular el tiempo que ocupa cada operación.
2. Categorizar las operaciones, en función de si añaden valor al producto, o no lo añaden, pero son completamente imprescindibles, o si son desperdicios de tiempo.
3. Plasmarlas en el diagrama.
4. Marcar el Takt Time que calculamos según la demanda del cliente y observar si se ajusta a nuestras operaciones. [4].

Este procedimiento se realizó en Excel para conocer qué tan grave son los niveles de fluctuación existentes y buscar una contramedida para su disminución. En la figura 3 se aprecia que actualmente existen altos niveles de fluctuación de acuerdo a los tiempos de valor agregado por el método Yamazumi, de los cuales corresponden a 1004 segundos desperdiciados, los cuales se generan en cada hora durante el proceso de ensamble del arnés. Además de manera clara la figura muestra algunas operaciones con excesivos tiempos de fluctuación como lo son el encinte 1 el cual es el más alto con un total de 73 segundos.

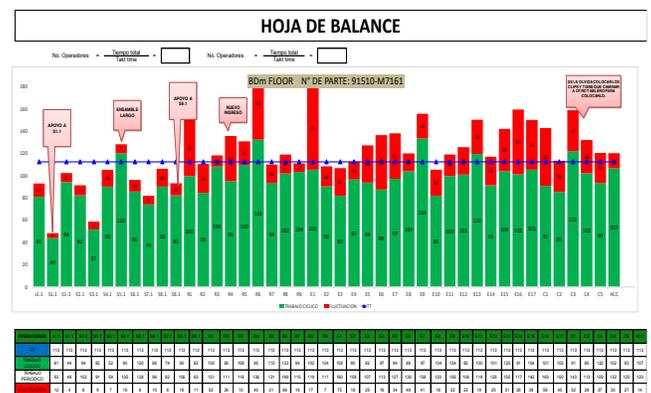


Figura 3: Balanceo por el método Yamazumi con fluctuaciones altas de tiempo

Al realizar su análisis de las causas de las fluctuaciones, se encontró que al correr la línea de ensamble los encintes actuales parecen estar distribuidos de manera proporcional, pero en realidad no es así. se puede observar esto a la hora de realizar la toma de tiempos con el estándar actual como se muestra en la figura 4, el cual en algunos casos es muy largo y en otros el tiempo es el adecuado, esto se puede notar ya que no es lo mismo que un operador genere una operación en una rama la cual conlleva solo el uso de cinta aislante a comparación del uso de tubo corrugado, tuvo blando, entre otros componentes más, haciendo más compleja la operación el uso de estos.

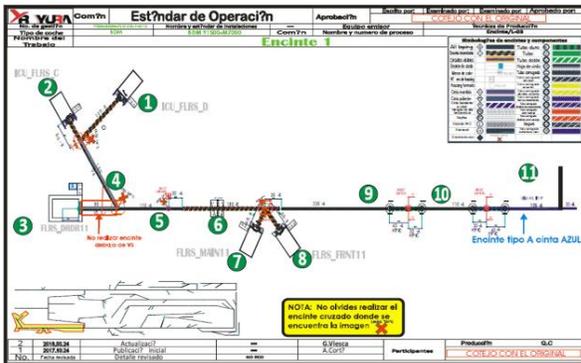


Figura 4: Ejemplo de un método de encinte actual

D. Implementación

Se procede a actualizar el estándar actual, el cual consiste en crear un estándar en el cual se asigna a cada encinte operaciones acordes a su capacidad de encinte y manejo de componentes, ya que no todos son hábiles usando componentes como tubos, hojas de algodón, hojas de vinil, etc., buscando la comodidad en las distintas estaciones de trabajo.

La generación del nuevo estándar se realizó en base a las observaciones mencionadas con anterioridad. En la figura 5 se muestra un ejemplo de un nuevo diseño de un estándar de trabajo el cual es del encinte uno.

A comparación del estándar anterior (figura 4) con el estándar actual (figura 5) se puede apreciar a simple vista que este ramal es más corto que el de primer estándar, el cual le facilita al encinte que se desarrolle con mayor facilidad la tarea asignada, además de contar con una cantidad inferior en cuestión de distancia.



Figura 5: Cambio de estándar de trabajo

E. Validación

Al realizar el cambio de estándar se procedió a realizar un nuevo estudio de tiempos [5], con la finalidad de comprobar el impacto que se genera al realizar el cambio.

Se realizó un nuevo estudio de tiempos para determinar el impacto en los tiempos estándar, esta recolección de tiempos se muestra en la figura 6.

HOJA DE OBSERVACION												
Operación	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1. Preparación de componentes	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
2. Corte de tubo corrugado	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
3. Aplicación de cinta aislante	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
4. Ensamblaje de componentes	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
5. Verificación de calidad	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
6. Empaque final	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
7. Limpieza de estación	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
8. Mantenimiento de herramientas	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
9. Control de inventario	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
10. Reporte de producción	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
11. Descarte de residuos	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
12. Cierre de turno	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Total	1.00											

Figura 6: Estudio de tiempos del estándar modificado

Después de obtener los datos para el nuevo estudio de tiempos, realizó el análisis por el método Yamazumi, siguiendo los pasos mencionados anteriormente, para su elaboración.

En la figura 7 se puede observar el balanceo Yamazumi, donde muestra que los tiempos de fluctuaciones disminuyeron en un 47.11% es decir se redujeron en casi la mitad, de los cuales ahora corresponden a 531 segundos de fluctuaciones por cada hora trabajada, así como también el tiempo estimado de algunas operaciones se disminuyó.

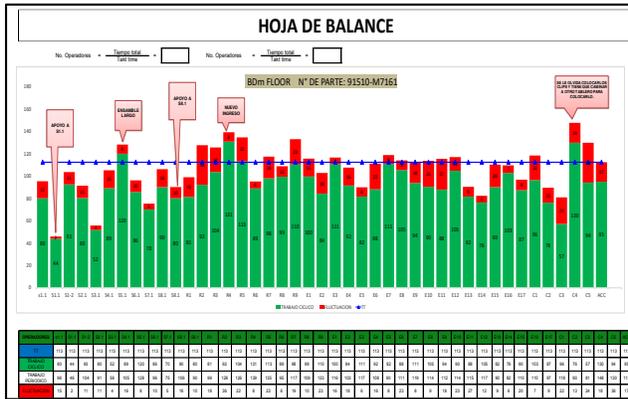


Figura 7: Balanceo por el método Yamazumi con reducción en fluctuaciones de tiempo

III. RESULTADOS

Al finalizar este estudio de tiempos y en base a los cálculos se pudo determinar qué balance de línea es el adecuado para generar una producción de 32 unidades producidas por hora (UPH), a comparación del estudio que se tenía registrado con anterioridad, la figura 8 muestra el resultado correspondiente a una hora de trabajo (color rojo) así como la que corresponde a la cantidad pronosticada usada en la realización del arnés (color azul).

3600	1.00	
3509	0.97	21
3585	29.24	
531	0.15	

Figura 8: Calculo de UPH del segundo estudio de tiempos

La figura 9 se muestran los datos de productividad anterior como referencia comparativa de las (UPH) como evidencia de los resultados obtenidos al disminuir los tiempos.

3600	1.00	
3679	1.02	22
4228	30.66	
1004	0.28	

Figura 9: Calculo de UPH del primer estudio de tiempos

Anteriormente las líneas producían 28 UPH, esta es la meta que comúnmente se utilizaba diariamente en la empresa, mediante la siguiente expresión matemática se puede evidenciar de manera clara que se generó un incremento en la productividad de un 14.28%

$$Productividad = \frac{32 \text{ UPH}}{28 \text{ UPH}} \times 100$$

$$Productividad = 114.28\%$$

La empresa generó una disminución de casi 500 segundos de tiempos de fluctuación, ya que anteriormente se perdían 1004 segundos, y con el método propuesto solo 531 segundos. Por lo que queda evidencia que mediante el cambio de los estándares de trabajo se logró disminuir casi en un 50% las fluctuaciones.

IV. DISCUSIÓN, CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES

Al implementar las distintas técnicas de la ingeniería industrial se comprueba la hipótesis que enuncia que el tiempo de fluctuación y los reprocesos se pueden reducir mediante la aplicación de herramientas de análisis de la ingeniería industrial. Quedando comprobado al disminuir el tiempo de 3600 a 3509 e incrementar la productividad de 28 UPH a 32 UPH, con una reducción en los tiempos de fluctuación de 47.11%

Se propone realizar un estudio minucioso de los métodos de estándares de trabajo, para lograr generar una carga de trabajo más uniforme y justa, buscando disminuir en lo más mínimo posible las fluctuaciones, aunque cabe hacer mención que los tiempos de fluctuación nunca logran desaparecer en un cien por ciento, ya que siempre existirá alguna causa que genere una pequeña diferencia entre los tiempos, como lo puede ser la fatiga del operador, entre otros factores que pueden afectar los tiempos de manera directa o indirecta.

Por ultimo hay que hacer hincapié en la correcta aplicación de las distintas técnicas de la ingeniería industrial como en este caso la técnica Yamazumi y el estudio de tiempos, y de la ingeniería de métodos para análisis de estándares, tomando en cuenta que ayudan a las empresas a tomar decisiones de manera asertiva y congruente, partiendo de datos reales fundamentados en datos numéricos, lo cual proporciona información clara, precisa, sencilla y de manera efectiva

V. AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Instituto Tecnológico Superior de San Pedro de las Colonias, por los medios proporcionados como apoyo para llevar a cabo la investigación, y a su vez a la industria automotriz por brindarnos la oportunidad de realizar la aplicación de esta metodología.

VI. REFERENCIAS

- [1] Niebel, B. W., &Freivalds, A. (2009). Ingeniería Industrial. Métodos, estándares y diseño del trabajo (Duodécima ed.). México, D.F.: Mc Graw Hill
- [2] García Criollo, R. (2005). Estudio del Trabajo, Ingeniería de Métodos y Medición del Trabajo (Segunda ed.). México, D.F.: Mc Graw Hill
- [3] Gutiérrez Pulido, H. (2009). *Control Estadístico de Calidad y Six Sigma* (Segunda ed.). Mexico, D.F.: Mc Graw Hill.
- [4] Gutiérrez Pulido, H. (2010). *Calidad Total y Productividad* (Tercera ed.). Mexico, D.F.: Mc Graw Hill.
- [5] Krajewski, L. J., Ritzman, L. P., &Malhotra, M. K. (2008). Administración de Operaciones. Procesos y Cadena de Valor (Octava ed.). México, D.F.: Pearson Education México.

VII. BIOGRAFÍA



Avila William. San pedro, Coahuila, 15 de Marzo de 1996.

El actualmente concluyó el 9º semestre en el Instituto Tecnológico Superior de las Colonias en San Pedro, Coahuila.



Segovia Avila Elda. San pedro, Coahuila, 16 de Noviembre de 1976. Ingeniero Industrial por la Universidad Iberoamericana Plantel Laguna, Torreón, Coahuila 1998, Maestría en Educación por la Universidad Interamericana para el desarrollo, Gómez palacio, Durango 2010.

Ella actualmente labora en el Instituto Tecnológico Superior de San Pedro de las Colonias en San Pedro, Coahuila.