

Optimización del tiempo de Ciclo en una Línea de Ensamblaje, Estudio de Caso

R.K. Martínez Chong^{1,*}, E. C. Ávila Salomón².

Resumen—El presente artículo trata sobre cómo se balancea una línea y las implicaciones que tiene en cuanto a los costos de producción y las técnicas utilizadas para bajar el tiempo de ciclo de una línea de producción. Se toma en cuenta la Eficiencia y Eficacia en todo el desarrollo del proyecto.

Palabras claves—Tiempo Disponible, Tiempo ciclo, Holders, Kjig, Balanceo de Líneas, productividad.

Abstract—this article deals with how a line is balanced and the implications it has for production costs and the techniques used to reduce the cycle time of a production line.

Keywords— Time Available, Cycle Time, Holders, Kjig, Line Balancing.

I. INTRODUCCIÓN

En el presente artículo se pretende dar una breve ilustración sobre el balanceo de líneas en compañía Arnesera de la ciudad de San Pedro de las colonias en área de ensamblaje. El balanceo de líneas básicamente es el hecho de asignar varias tareas sucesivas en las estaciones de trabajo que generalmente tienen un flujo consecutivo y están en línea recta, en forma de U o bien en forma de C.

A esta orquesta de trabajo se le empiezan a añadir ciertas restricciones y la primera es el tiempo, tiempo en que debe de haber una congruencia total en el tiempo de ciclo de cada una de las estaciones de trabajo, según sea la carga dada y la preparación de las máquinas en el menor tiempo posible. El tiempo de ciclo es considerado como uno de los datos más importantes en la línea de producción pues marca el paso con que una pieza es ensamblada en una estación o bien el tiempo en que una pieza es completada en una línea de ensamblaje. Y para ello se puede utilizar la siguiente formula:

$$\text{Tiempo de ciclo} = \frac{\text{Tiempo Total Efectivo Disponible por día}}{\text{Número de Piezas a producir}}$$

Cabe destacar que de acuerdo a los análisis de ventas, las tendencias se han inclinado a favor de productos cuya

personalización sea alta, por lo que en las líneas de producción se han tenido que optimizar los procesos y hacer en una sola línea varios productos muy similares y obtener lotes de producción.

II. PARTE TÉCNICA DEL ARTÍCULO

Para desarrollar la presente investigación, primero se realizó un diagnóstico general de la línea que se va a

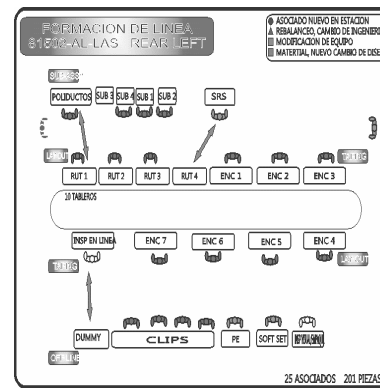


Figura 1. Balanceo de línea 81502

Balancear, en la que se tomaron los cronómetros y en una tabla se tomaron tres tiempos a cada estación (poner los poliductos, Subensamble, ruteo, encinte, prueba eléctrica, área de clip, área de Inspección y Soft Set) y posteriormente se obtuvo el promedio, así como se muestra en la Tabla I.

TABLA I

Estación	TIEMPOS			Tiempo Promedio
	T1	T2	T3	
Poliductos	112	162	129	134
sub3	158	149	151	153
sub4	120	122	136	126
sub2	120	122	134	125
sub1	150	155	151	152

Del Tecnológico 53, Colonia del Tecnológico, C.P. 27800, San Pedro de las Colonias, Coahuila, México.

¹ Rafael.martinez@tecsanpedro.edu.mx Departamento de Ingeniería Industrial, Instituto Tecnológico Superior de San Pedro de las Colonias,

SRS-R4	126	128	136	130
R1	135	145	160	147
R2	97	104	88	96
R3	91	99	90	93
Enc1	140	148	150	146
Enc2	117	123	126	122
Enc3	140	145	155	147
Enc4	139	136	150	142
Enc5	112	122	119	118
Enc6	148	145	155	149
Enc7	151	158	148	152
Inspección clips	103	115	107	108
Prueba Eléctrica	116	105	135	119
SOFT-SET	76	90	73	80
Inspección	148	155	148	150

El tiempo ciclo que se va a obtener es en base a un turno diario de 28,800 Segundos efectivos entre las 201 piezas programadas, obtenemos TC=143.28seg.

En base en la Tabla I, se realiza un gráfico así como se muestra en la Figura 2, con lo que se aprecia de manera rápida cuales son las estaciones que sobrepasan el tiempo ciclo. Para desarrollar un plan de mejoramiento en cuanto a los tiempos, algunas recomendaciones son las siguientes:

- a) Uno o ambos operarios trabajen en la segunda operación tiempo extra, lo que acumula un pequeño inventario en esta estación de trabajo.
- b) A través de la re- asignación de parte de trabajo de la estación 2 a la operación 1, o a cualquier otra operación.
- c) Mejorar el método de la operación 2 para reducir el tiempo de ciclo de la estación
- d) Mediante el empleo de los servicios de un tercer operador de tiempo parcial en la estación de trabajo de la estación 2.

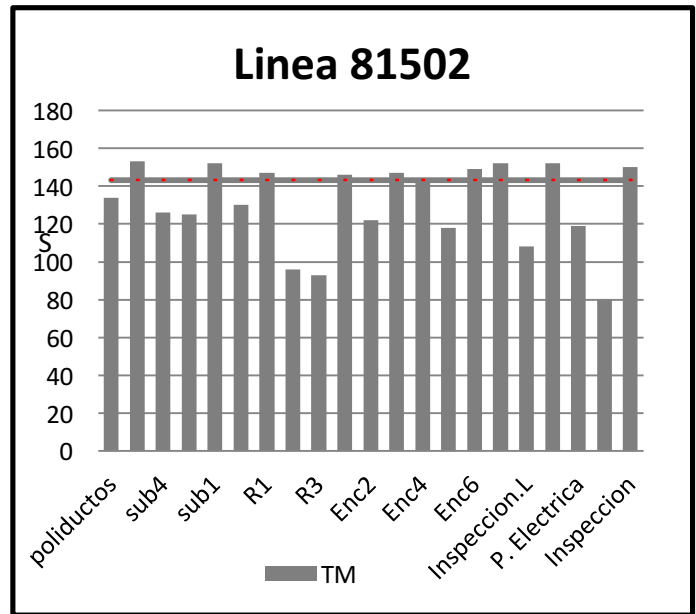


Figura 2. Gráfico de Tiempos en línea 81502

De acuerdo a los tiempos y a las gráficas de las 21 estaciones totales en el estudio, 9 estaciones fueron las que resultaron por encima del Tiempo Ciclo, y la estación más crítica es aquella que tiene el Tiempo de Ciclo mayor, por lo que el Subensamble número 3, es en la que se trabajará más para disminuir su tiempo.

Una Vez, que ya se identificaron las estaciones más lentas se obtiene el porcentaje de eficiencia, a través de la siguiente formula:

$$\text{Eficiencia} = \frac{\% \sum \text{De Tiempo de todas las Estaciones}}{(\text{Estaciones con mayor tiempo}) (\text{No. de estaciones})}$$

Figura 3. Formula de Eficiencia

Una vez realizados los cálculos obtenemos que la eficiencia es de 85%, sin embargo se establece que debe de subir la eficiencia de la línea hasta un 93% por lo que es importante que se determine el número de operadores existentes en la línea, para ello al revisarla se observa que existe 1 operador por cada estación, dando un total de 21 operadores.

Para determinar los operadores que debe de llevar la línea de manera matemática según la eficiencia que se requiera se hace uso de las siguientes formula (figura 4 y 5):

$$\text{Tasa de Producción (Tp)} = \frac{\text{Unidades a Producir}}{\text{Tiempo Disponible}}$$

Figura 4. Formula de Tasa de Producción

$$\text{No. Operadores} = \frac{\text{No. De Tiempo Estándar}(Tasa de Producción)}{\text{Eficiencia}}$$

Figura 5. Número de Operadores

Para determinar la tasa de producción es muy sencillo, puesto que las unidades a producir son 201 piezas y el tiempo disponible es de 28,800seg, se efectúa la división y se obtiene 0.0069 (Tp).

2741 es la sumatoria de todos los tiempos por lo que se multiplica por la Tp y se divide entre 0.93 que es la eficiencia a la que se quiere llegar, dándonos un resultado de 20 operadores. De esta manera nos tenemos que enfocar en reducir 1 operador, actualmente hay 21.

Dado lo anterior procedemos a calcular el número teórico de operarios por estación, y en base a lo anterior localizar el que tenga el índice más bajo y proceder a eliminar la estación de Subensamble, para ello utilizamos la siguiente formula:

$$\text{No. De Operadores (1)} = \frac{\text{(Tiempo estándar) (Tp)}}{\text{Eficiencia}}$$

Figura 5. Número de Operadores en estación 1

Como se puede observar los valores de la Tabla I, en cuanto al Tiempo promedio, el Ruteo 3 (R3) es el que menos tiempo hace en su operación (93 segundos) y obteniendo un tiempo libre de 50 segundos en cada ciclo. Por ello en la Tabla II al determinar el Número de Operadores, coincide en arrojar el dato menor, por lo que se procederá a pasar la mayor parte del trabajo a ruteo 2 (R2) y encinte 2 (Enc2). Todo esto con el fin de elevar la eficiencia.

También debemos de saber cuál es la operación más lenta, ya que esta marca el ritmo de producción de la línea, aunque todas las demás operaciones sean más rápidas. Además del acumulamiento de material en proceso en dicha estación y la posibilidad también de daño de partes del producto y aumento en errores y defectos. Para calcular cual estación es más lenta de manera matemática se hace uso de la Figura 6 y se busca el valor más alto.

TABLA II

Ensamble	Tiempo Promedio	Número de Operadores
Poliductos	134	0.99
sub3	153	1.14
sub4	126	0.93
sub2	125	0.93
sub1	152	1.13
SRS-R4	130	0.96
R1	147	1.09
R2	96	0.71
R3	93	0.69
Enc1	146	1.08
Enc2	122	0.91
Enc3	147	1.09
Enc4	142	1.05
Enc5	118	0.88
Enc6	149	1.11
Enc7	152	1.13
Inspección	108	0.80
clips	152	1.13
P. Eléctrica	119	0.88
SOFT-SET	80	0.59
Inspección	150	1.11

$$\text{Tiempo Asignado (1)} = \frac{\text{(Tiempo estándar) No. Operarios en Estación}}{\text{Eficiencia}}$$

Figura 6. Tiempo Asignado

Una vez realizados los cálculos se determina que la estación Sub 3, Sub1, Enc7 y Clips fueron las que arrojaron la mayor cantidad de tiempo, por lo que se procede a realizar las mejoras.

Las primeras mejoras que se hicieron fueron directamente en las estaciones de trabajo y fue el hecho de cerrar las canaletas que no se estuvieran usando, con el fin de evitar tiempo innecesario en localizar las terminales en espacios vacíos, así como el hecho de proteger las puntas con vasos protectores para evitar el daño de las terminales durante su transporte del área de materiales hasta los Subensambles, así como se parecía en la Figura 7.



Figura 7. Tiempo Asignado

En la estación de clips encontraban puestos unos pernos en los cuales están los holder de los clips que se colocan, estos pernos representaban una gran dificultad para el operador al momento de fijar el clip al arnés, ya que al encintar el clip el operador se golpeaba la mano con el perno ocasionándole dolor. Esto generaba una acumulación de tiempo muerto por que el operador tardaba 12 segundos en colocarlo correctamente por consecuencia se eleva el tiempo de ciclo. Se cambiaron los pernos por Kjig para mejorar el ruteo del arnés y para que el operador al momento de encintar el clip pueda bajar el holder y no golpearse con él, facilitándole la operación, con este cambio.

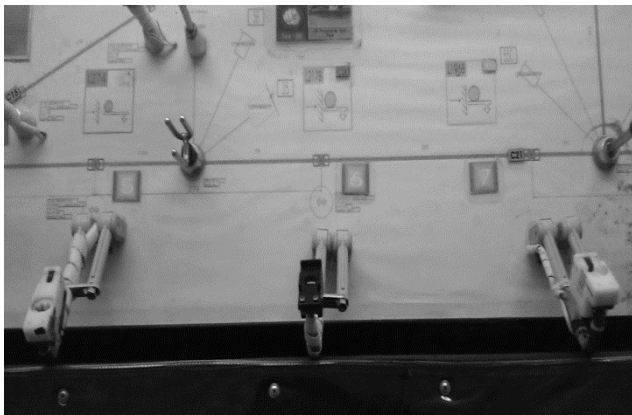
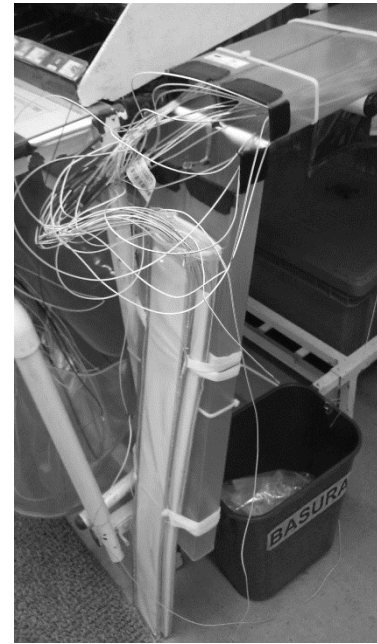


Figura 7. Cambio de Holder por Kjigs.

Otro de los problemas más comunes en el área de Subensamble es el enredo de los cables, unos con otros, ya que la canaleta en la que se les surtía no era la adecuada y elevaba el tiempo de ciclo de la operadora al estar desenredándolos

Se eliminaron las canaletas de plástico la cual no era la

adecuada para este conjunto de cables que se le llama empalme y las bolsas traseras en donde bajaban los circuitos, acondicionando las mesas de Subensamble de manera que la operadora no tuviera problemas y atrasos. Se les colocaron unas canaletas en las cuales pueda surtir los cables sin tener problemas de enredos y disminuyendo 8 segundos a su tiempo de ciclo, ver Figura 9.



Por ultimo a los operadores de encinte se les dio una breve capacitación sobre el método para realizar el encinte de manera correcta y en el menor tiempo posible, para ello en el área de adiestramiento, se les toma el tiempo en encintar un tramo de cables.

III. RESULTADOS

Debido a las mejoras realizadas en cuanto a los tableros de ruteo, cambio de holders por Kjigs, así como el cambio de las canaletas o bien tapar aquellas canaletas que no se usaron y finalmente un taller para los operadores de encinte, se logró bajar el tiempo ciclo a menos de 143 segundos según lo muestra la Tabla III.

Nótese que el Ruteo3 (R3) se ha eliminado de la línea de ensamble como parte de las medidas para cumplir la Eficiencia. Y que la eficacia es del 100% al obtener 201 piezas diarias.

Ensamble	T1	T2	T3	Tiempo Promedio
Poliductos	125	130	135	130
sub3	138	138	140	139

sub4	125	128	135	129
sub2	140	138	139	139
sub1	140	141	140	140
SRS-R4	138	138	137	138
R1	135	137	139	137
R2	140	135	138	138
Enc1	138	140	142	140
Enc2	130	138	135	134
Enc3	140	141	138	140
Enc4	140	140	138	139
Enc5	138	139	130	136
Enc6	138	130	140	136
Enc7	140	140	142	141
Inspección.	120	125	120	122
clips	140	141	140	140
P. Eléctrica	120	121	122	121
SOFT-SET	90	100	102	97
Inspección	140	135	138	138

IV. DISCUSIÓN, CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES

Como parte del aprendizaje en el balanceo de líneas, se debe de saber que la línea perfectamente balanceada no existe, sin embargo se debe de llevar a la perfección... y es precisamente ese intento incansable del día a día que se utilice el ingenio y todas las herramientas, técnicas y metodologías que los Ingenieros poseen para el bien de la sociedad.

V. AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Autosistemas de Torreón S.A. por permitirnos colaborar en este proyecto.

VI. REFERENCIAS

Para libros:

- [1] B. Niebel, A. Freivalds. (2009). Ingeniería Industrial, Métodos, Estándares y Diseño del trabajo. Mexico D.F.: Mc Graw Hill. p. 47.
- [2] F. Jacobs, R. Chase. (2014). Administración de operaciones, Producción y Cadena de Suministros. Mexico D. F.: Mc. Graw Hill
- [3] B. Render, J. Heizer. (2007). Administración de la Producción . Mexico D. F.: Pearson Education
- [4] L. Krajewsky, L. Ritzman, M. Malhotra. (2008). Administración de operaciones. Mexico D.F.: Pearson/Prentice Hall.

VII. BIOGRAFÍA



Rafael Kon Martínez Chong, Torreón Coah, 17 de febrero de 1982. Ingeniero Industrial en Manufactura, Instituto Tecnológico de La laguna, Torreón, Coahuila 2004, Maestría en Gestión de Negocios de Manufactura, Torreón Coahuila 2008, El actualmente labora en el Instituto Tecnológico Superior de San Pedro de las Colonias en San Pedro Coahuila. Las líneas de investigación de interés del autor son: Manufactura Avanzada por Computadora, Sistemas de Gestión de Calidad, Metodologías en Productividad

M.C Rafael Kon es miembro de la Asociación Mexicana de Directivos de la Investigación Aplicada y el Desarrollo Tecnológico (ADIAT).



Elsa Carolina Ávila Salomón

San Pedro de las Colonias Coahuila, 16 de Enero de 1979. Maestría en Administración de Seguridad e Higiene, Salud Ocupacional y Ecología, Universidad Autónoma de Coahuila. Torreón Coahuila. 2012. Ingeniero Químico Instituto Tecnológico de La Laguna. Torreón, Coahuila. 2001. Diplomado en Docencia Universidad Autónoma de La Laguna. Torreón Coahuila. 2005. Diplomado en Competencias Docentes Básicas en el Nivel Superior. Centro Interdisciplinario de Investigación y Docencia en Educación Técnica. Santiago de Querétaro, Querétaro. 2008. Auditor Líder en el Sistema Integral (calidad, ambiental y oshas). WORLD REGISTER O.C. México D.F. 2014.

El actualmente labora en el Instituto Tecnológico Superior de San Pedro de las Colonias, en la Ciudad de San Pedro de las Colonias Coahuila, México. Maestro de tiempo completo, pertenece a la academia de Ciencias Básicas, colaborador en el Área de Innovación, Coordinadora de la Implementación del sistema de Gestión Ambiental, de la Norma ISO 14001, en el punto 4.4.6 Control Operacional y 4.4.7 Respuesta ante Emergencia en la Institución. Titular en las asignaturas de Química, Estadística Inferencial II, Administración de la Salud y Seguridad Ocupacional, Propiedad de los Materiales, Líneas de Investigación de interés: Química, Polímeros, Seguridad e Higiene y/o Desarrollo Sustentable