

# Balanceo de Líneas de Producción de Pantalón Básico de Mezclilla Aplicando List-Scheduling

M. E. Martínez Acosta<sup>1</sup>, J. J. Linares<sup>2</sup>, S. Tello-Mijares<sup>2</sup>, L.A. González-Vargas<sup>2</sup>

**Resumen**— La empresa maquiladora y confeccionadora de ropa LAJAT S.A. de C.V. es una empresa de giro textil que maquila prendas de vestir para la marca internacional Levis principalmente pantalón básico de mezclilla, los problemas actuales que afectan la producción de esta planta se deben al desbalanceo de líneas de producción por que no se logra la meta semanal de trabajo no alcanzada; siendo ésta de 45,000 piezas para la planta 1, donde están instaladas tres líneas de producción. En este estudio se propone implementar un balanceo de líneas de acuerdo con la meta de producción para cada línea utilizando la herramienta List Scheduling, como resultado se espera que las líneas de producción sean flexibles en los cambios de estilo, cumpliendo de esta manera las metas por cada línea planeadas por semana.

**Palabras claves**—líneas de producción, balanceo de líneas, list scheduling.

**Abstract**— The clothing company and manufacturer LAJAT S.A. de C.V. is a textile twist manufacture clothing for international brand Levis mainly basic jeans., the current problems affecting the production of this plant are due to imbalance of production lines based on the weekly work goal not achieved, this being 45,000 parts for plant 1, where three production lines are installed. This study intends to implement a rolling line according to production target for each line using the List Scheduling tool, as a result it is expected that production lines are flexible in style changes, thus fulfilling the goals every line planned by week

**Keywords**— production lines, rolling lines, list scheduling

## I. INTRODUCCIÓN

El presente estudio pretende la mejora del proceso de producción de pantalón básico de mezclilla, que es confeccionado en la empresa LAJAT S.A. de C.V. (Fig. 1, Fig. 2, Fig. 3).

Hoy en día, la mayoría de las industrias utilizan un tipo de línea de montaje, por ejemplo, recta y en forma de U, que les permite hacer frente al alto volumen de la producción y, la complejidad del producto, y el crecimiento tecnológico les da la capacidad de responder rápidamente

a los cambios en la demanda y los retos en el entorno competitivo actual así lo describe [1].

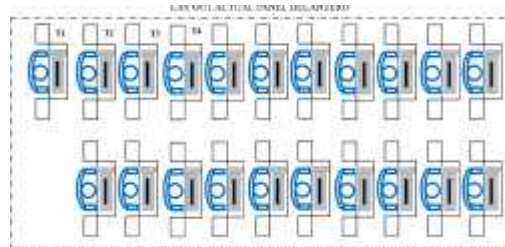


Fig. 1 Lay out Panel Delantero.

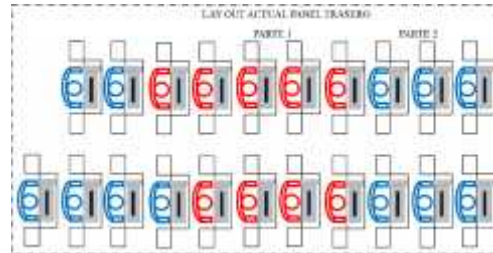


Fig. 2 Lay out Panel Trasero

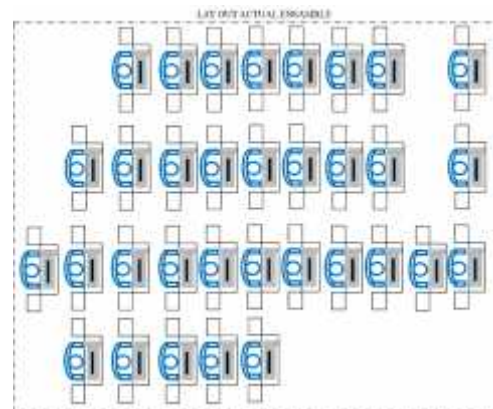


Fig. 3 Lay out Ensamble.

Las líneas de producción son secuencias de actividades que dan lugar a la producción de bienes y servicios determinados. Suponen una combinación determinada de insumos, una cantidad de trabajo, de materias primas y de equipo e instalaciones necesarios para producir un “lote de producto” en un periodo dado [2].

En [3], señalan que el aspecto más interesante en el diseño de una línea de producción o montaje consiste en repartir las tareas de modo que los recursos productivos sean utilizados de la forma más ajustada posible, a lo largo de

<sup>1</sup> M. E. Martínez Acosta ([martinez85\\_24@hotmail.com](mailto:martinez85_24@hotmail.com)), Maquiladora Lajat S.A. de C.V. Villa Nazareno Dgo; México.

<sup>2</sup> J.J. Linares ([j.linares\\_aranda@itslerdo.edu.mx](mailto:j.linares_aranda@itslerdo.edu.mx)) S. Tello-Mijares, L.A. González-Vargas. Av. Tecnológico N 1555 Sur Periférico Gómez - Lerdo Km. 14.5 Cd. Lerdo, Dgo. C.P. 35150 México.

todo el proceso. El problema del equilibrado de líneas de producción consiste en subdividir todo el proceso en estaciones de producción o puestos de trabajo donde se realizarán un conjunto de tareas, de modo que la carga de trabajo de cada puesto se encuentre lo más ajustada y equilibrada posible a un tiempo de ciclo. Se dirá que una cadena está bien equilibrada cuando no hay tiempos de espera entre una estación y otra.

Para el balanceo de líneas se deben considerar los siguientes pasos:

1. Definir e identificar las tareas que componen al proceso productivo.
2. Tiempo necesario para desarrollar cada tarea.
3. Los recursos necesarios.
4. El orden lógico de ejecución.

Así mismo [4], señala que los propósitos de la técnica de balanceo de líneas de ensamble son las siguientes:

1. Igualar la carga de trabajo entre los ensambladores.
2. Identificar la operación cuello de botella.
3. Determinar el número de estaciones de trabajo.
4. Reducir el costo de producción.
5. Establecer el tiempo estándar.

El método de operación debe ser parte del balanceo de línea, este es una de las herramientas más importantes para el control de la producción, dado que de una línea de fabricación equilibrada depende la optimización de ciertas variables que afectan la productividad de un proceso, variables tales como los inventarios de producto en proceso, los tiempos de fabricación y las entregas parciales de producción.

El problema de diseño para encontrar formas para igualar los tiempos de trabajo en todas las estaciones se denomina problema de balanceo de línea. Deben existir ciertas condiciones para que la producción en línea sea práctica:

1. Cantidad. El volumen o cantidad de producción debe ser suficiente para cubrir el costo de la preparación de la línea. Esto depende del ritmo de producción y de la duración que tendrá la tarea.
- 2) Equilibrio. Los tiempos necesarios para cada operación en línea deben ser aproximadamente iguales.

La fundamentación anterior da pie a trabajar en el problema de la planta "el incumplimiento de las metas semanales de producción de 45,000 piezas" y se desea saber el motivo del problema en las líneas de producción. Con esta investigación se desea llegar directamente al motivo del problema y así corregir estos retrasos que también se dan por el cambio constante de estilo, esto origina que las máquinas se ajusten al producir un nuevo estilo de pantalón, por mala programación o la inflexibilidad de las líneas para soportar estos diferentes

cambios. Igualmente la mano de obra afecta, existen operadores sin capacitar en los cambios constantes, además algunos operadores son más rápidos para trabajar que otros y, esto genera el cuello de botella, todo este ambiente de trabajo afecta la producción.

Por lo antepuesto esta investigación propone un balanceo de líneas, para mejorar los procesos de construcción de un pantalón, logrando un control de producción y calidad, debido a que el mercado exige que las industrias definan prioridades y estrategias para satisfacer las necesidades de los clientes [5]; pues cada línea debe cumplir con sus metas por semana y estar balanceada conforme a la carga de trabajo que se asigna. Así mismo debe tener la maquinaria y personal necesario al producto que se está elaborando, de igual forma el *lay out* de la maquinaria de acuerdo a la secuencia de las operaciones, de no ser así provoca retrasos en la producción. Con este cambio se pretende que las líneas de producción sean flexibles a los cambios de producción, pues cada estilo lleva diferente construcción.

De las metodologías existentes para balanceo de líneas se utilizó la herramienta List Scheduling. La implementación eliminará los problemas existentes, logrado lo anterior se llevará a la empresa a ser fuerte y líder en el mercado. Y de acuerdo al modelo de tareas de los resultados gráficos del modelo de tareas de List Scheduling se realizará un balance de personal sólo el necesario, definir cuál es la configuración productiva para una empresa representa la competitividad [6]. Existen otros trabajos como [7] donde presenta una aplicación de los principios de gestión de calidad para la fabricación del producto "pantalones", empleando un plan de acción para mejorar la calidad del producto.

Este artículo está constituido de la siguiente manera: Sección II presenta Arquitectura de herramienta List Scheduling y notación básica. La siguiente sección describe los experimentos y los resultados de los modelos de tareas del proceso de construcción del pantalón básico de mezclilla y la propuesta de flujo de proceso para su mejora. En la sección IV se concluye el trabajo.

## II. ARQUITECTURA DE HERRAMIENTA LIST SCHEDULING Y NOTACIÓN BÁSICA.

En una planificación basada en lista se asigna a cada tarea una prioridad. Se construye una lista de tareas en orden decreciente de prioridad. Cuando un procesador está disponible, se asigna la tarea lista con la prioridad más alta. Los diferentes planificadores asignan diferentes prioridades a las tareas. Se puede demostrar que utilizar el nivel L como prioridad es el más cercano a la solución óptima.

El algoritmo lists scheduling [8] depende de una lista de prioridades de las tareas a ejecutar. Construyo una lista de tareas para un caso simple cuando todas las tareas toman la misma cantidad de tiempo. Aplicamos el algoritmo List Scheduling [9], para programar modelo de tareas propuesto para balanceo de líneas, debido a su simplicidad y sólidos fundamentos teóricos:

- 1) Elija una  $T_k$  tarea arbitraria de  $T$  tal que  $S(T_k) = 0$ , y definir  $(T_k)$  sea 1
- 2) Elija una tarea arbitraria  $T_k$  tal que  $T$  de tal manera que  $S(T_k)=0$ , y definir que  $(T_k)$  sea 1
- 3) for  $i = 2$  to  $n$  do
  - a.  $R$  Es el conjunto de tareas sin etiqueta sin sucesores sin etiqueta
  - b. Dejar que  $T^*$  sea la tarea en  $R$  de tal manera que  $N(T^*)$  es lexicográficamente más pequeño que  $N(T)$  para todas las  $T$  en  $R$
  - c. Dejar  $(T^*) = i$  end for
- 4) Construir una lista de tareas  $L = \{U_n, U_{n-1}, \dots, U_2, U_1\}$  de tal manera que  $(U_i) = i$  para todos  $i$  donde  $1 \leq i \leq n$
- 5) Teniendo en cuenta  $(T < L)$  usar algoritmo List Scheduling para organizar  $T$ .

En la siguiente sección se aplica el [8], [9] algoritmo para el modelo de tareas propuestas para balanceo de líneas.

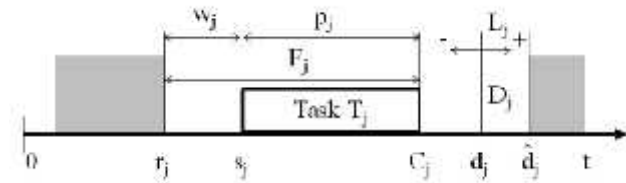


Fig. 4. Representación gráfica de modelos de tareas [7].

### III. RESULTADOS EXPERIMENTALES

La principal aportación del presente trabajo es el modelo de las tareas del proceso de producción de un pantalón de mezclilla básico Levis (Levi Strauss & Co., 1155 Battery Street, San Francisco, CA 94111).

#### 3.1 Modelo de tareas del proceso del área de delantero.

Las operaciones necesarias del subproceso para construir el panel delantero son diez, donde  $T_j$  es la tarea a realizar y  $P_j$  el tiempo (segundos) se muestran en la fig.5, son: T1 pegar y respuntar ojhalera. Se une la ojhalera al panel, el operador recibe dos piezas el panel delantero y la ojhalera, las une con una costura de 8 puntadas por pulgada; T2 diseño de ojhalera. Se hace un diseño que consiste en hacer dos costuras en forma de  $j$  en frente de la ojhalera el espacio entre costuras es de  $1/4$  de pulgada y 8 puntadas por pulgada se nombra gauge; T3 pegar manta. Se une la bolsa de manta a los paneles, en esta operación al operador toma la bolsa de manta y el panel delantero y los une con una costura de 8 puntadas por pulgada; T4 respunte de bolsa. Se hace un diseño a la bolsa delantera, a dos

costuras el espacio entre las costuras es de  $1/4$  de pulgada y 8 puntadas por pulgada y  $1/8$  de margen en la orilla de la bolsa; T5 afianzar bolsa. En esta operación se debe cerrar según la especificación de la tabla de medidas, de lo contrario afecta cuando se coloca la pretina, ocasionando la posición incorrecta en el cuerpo; T6 pegar pie de botón. Se une el pie de botón al panel delantero, el operador toma el pie de botón y el panel delantero estos los une con costura de 8 puntadas; T7 respunte pie de botón. Este diseño se hace por frente del pie de botón con una costura de 8 puntadas por pulgada y un margen de  $3/32$  de pulgada; T8 Encuarte. Se une los dos paneles con dos costuras el espacio entre las dos costuras es de  $1/4$  de pulgada entre costura y costura con 8 puntadas por pulgada y un margen  $3/32$  de pulgada; T9 Remache. Se hacen dos remaches de hilo de 28 puntadas a una medida de  $3/32$  de ancho por  $1/2$  de largo en la ojhalera uno al inicio del encuarte delantero y el otro al inicio de la  $j$  diseño de ojhalera; T10 sobre hilar costado. Se cose los costados de los dos paneles con una costura sobrehilada y  $1/4$  de pulgada de margen y 10 puntadas por pulgada estas varían dependiendo del estilo.

#### 3.2 Modelo de tareas del proceso del área de trasero.

Las operaciones necesarias del subproceso para construir el panel trasero donde  $T_j$  es la tarea a realizar y  $P_j$  el tiempo (segundos) son seis, estas operaciones del primer módulo se muestran en la fig.6, son: T1 Pegar pieza de altura. En esta operación se une las dos piezas mediante una costura de 8 puntadas por pulgada gauge de  $9/32$ ; T2 Sobrehilar lados. En esta operación se cose los lados de los dos paneles para que la mezclilla no se deshebre las puntadas por pulgada varían según el estilo el margen del sobrehilado es de  $1/4$ ; T3 Pegar bolsa trasera. Se pega la bolsa al panel con una costura de 8 puntadas por pulgada con un margen de  $1/8$  estos varían según el estilo; T4 Segundo respunte de bolsa trasera. Se hace un diseño a la bolsa al borde de la primera costura este diseño también se hace con una costura de 8 puntadas por pulgada; T5 Remache de bolsa trasera. Cada bolsa lleva dos remaches en las esquinas superiores de la bolsa la medida del remache varía según el estilo; T6 Encuarte trasero. Se unen los dos paneles el operador recibe dos paneles y el los une esta operación se le llama encuarte trasero donde se une los dos paneles con un gauge de  $1/4$  entre las dos costuras y con 8 puntadas por pulgada estas varían según el estilo;

#### 3.3 Modelo de tareas del proceso del área de bolsa trasera.

Las operaciones necesarias del subproceso para construir la bolsa trasera, donde  $T_j$  es la tarea a realizar y  $P_j$  el tiempo (segundos) son cinco estas operaciones del segundo módulo se muestran en la fig.7, y son T1 hacer



Fig. 5. Panel delantero: (a) T1, T2. (b) T3, T4, T5. (c) T6, T7, T8, T9. (d) T10.

bastilla de bolsa trasera; se bastilla la bolsa trasera en la parte superior el diseño de la bastilla consta de dos costuras de 8 puntadas por pulgada las puntadas varían según el estilo y un gauge de  $\frac{1}{4}$  este es el espacio de las dos costuras; T2 marcar diseño a bolsa trasera. Se marca con greda y molde al centro de la bolsa, la bolsa se marca por tallas: T3 coser diseño de bolsa trasera. Una vez marcado el diseño se cose con hilo, el color varía. Según el estilo se marca cuando es confeccionado de forma manual y se deja de hacer cuando es utilizada la máquina automática para hacer el diseño; T4 planchar bolsa trasera. La bolsa se plancha con vapor manualmente con la ayuda de un molde que el operador coloca por debajo de la bolsa al doblar las orillas de la bolsa; T5 pegar etiqueta tab. Se pega una etiqueta con la marca Levis en la bolsa trasera a esta etiqueta se le conoce como etiqueta tab.

### 3.4 Modelo de tareas del proceso del área de ensamble

Las operaciones necesarias del subproceso para ensamblar un pantalón Levis, donde Tj es la tarea a realizar y Pj el tiempo (segundos) son trece, y se muestran en la fig.8, estas son: T1 refilar panel trasero se refila el encuarte del panel trasero; T2 cerrar lados. En esta operación se une los paneles trasero y delantero con una punta de cadena al momento de unir el operador debe dejar parejos los dos paneles; T3 remache de refuerzo de manta en esta operación se realiza un remache de hilo al final de la manta a la orilla del sobrehilado la medida del remache es de  $\frac{1}{8}$  de ancho por  $\frac{1}{2}$  de largo con 28 puntadas; T4 respunte de costados. En esta operación se hace un diseño

al costado de la pieza con una costura de 8 puntadas por pulgada y una medida de  $7 \frac{1}{2}$  pulgadas; T5 planchar busted. Se plancha el costado de la pieza con una plancha de vapor; T6 cerrar entrepierna. Se une los dos paneles trasero y delantero con puntadas de cadena de 8 puntadas por pulgada con un gauge de  $\frac{9}{32}$ , un margen de  $\frac{1}{8}$  (gauge espacio que hay entre las dos costuras); T7 pegar pretina. En esta operación el operador une la banda ala cuerpo y que las medidas de cintura sean exactas con un margen de  $\pm \frac{1}{4}$  de pulgada todas las medidas son en pulgadas esta se une con dos costuras de cadena con un

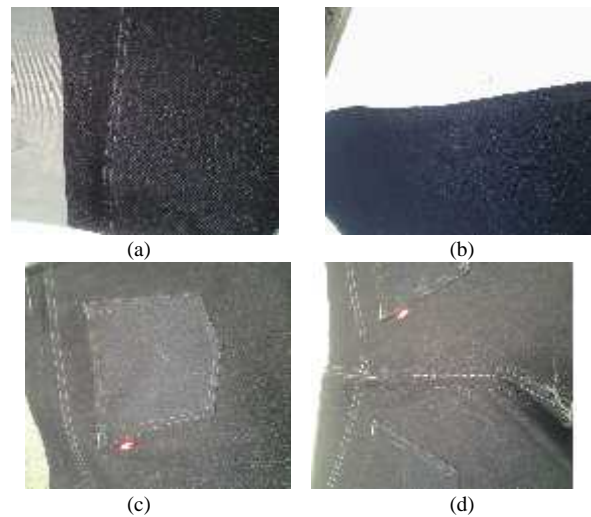


Fig. 6. Panel Trasero: (a) T1. (b) T2. (c) T3, T4, T5. (d) T6.

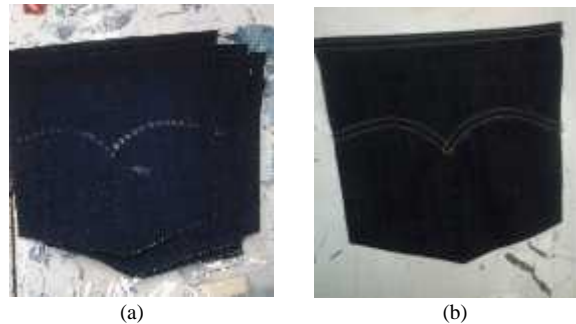


Fig. 7. Bolsa trasera: (a) T1, T2. (b) T3. (c) T4. (d) T5.

gauge de  $1 \frac{3}{8}$  pulgadas a 6 puntadas por pulgada y  $\frac{1}{8}$  de margen (gauge espacio que hay entre las dos costuras); T8

terminación. Esta operación se le realiza a la entrada y salida de la pretina para que no se corra las cadenas de la pretina el diseño es del lado del ojal 1 costura y de lado del botón 2 como lo marca en la foto; T9 ojal y pegar botón. En esta operación se le coloca un ojal de hilo y un botón metálico el operador hace ambas operaciones el ojal se coloca a 1/2 pulgada de la orilla de donde termina la pretina y mide 1 3/8 de largo la abertura es de 3/4 el botón se coloca con una máquina de presión; T10 pegar pasadores. En esta operación se coloca 5 o 7 pasadores según la talla, de la talla 26 a la 37 se coloca 5 pasadores y de la 38 a la 44 se coloca 7 pasadores también varía la mediada del pasador según el estilo, los pasadores se pegan con un remache de hilo en cada extremo de 3/32 de ancho por 1/2 de largo también lo ancho del pasador varía hay de 1/2 pulgada y de 3/8; T11 pegar etiqueta de cuero. En el panel trasero se coloca una etiqueta de cuero donde se muestra la talla de cintura y largo la colocación varía según la talla, de la talla 26 a la 37 va colocada a 2 3/8 y de la talla 38 a la 44 se coloca a 1 7/8 se coloca con una costura de hilo de 8 puntadas por pulgada y con un margen de 1/8 alrededor de la etiqueta; T12 pegar remache metálico. Se colocan 6 remaches de metal en las bolsa delantera estos se colocan con máquina de presión algunos estilos los llevan antes de lavar y se colocan en la planta de costura y otros los lleva después de lavar y estos se colocan en la planta de lavandería; T13 bastilla. El operador realiza una bastilla con una costura de 8 puntadas por pulgada y un margen de 1/2 pulgada el operador debe hacer un consumo de tela de 1 1/4 esto varía según el estilo.

3.5 Análisis gráfico de los resultados

Resultados aplicando List Scheduling. La gráfica (Fig. 9) muestra la secuencia que debe llevar el proceso para la construcción de un pantalón básico de mezclilla Levis. Las tareas que se muestran en la gráfica se comparan la secuencia de producción con un operador y con dos operadores. Para cada modelo de tareas se realizó la gráfica correspondiente.

Se optó por el proceso con un solo operador por la diferencia en los tiempos para procesar pues un operador no tendrá pérdida de tiempo y se mantendrá ocupado, con dos operadores el proceso es más rápido pero el operador tendrá tiempo de ocio. Esto no indica que la producción se realizará con un solo operador, el número de operadores por operación se hará conforme a la carga de trabajo de las líneas de producción.

Una vez definidos los modelos de tareas lo siguiente es aplicar la herramienta List Scheduling [5], [6].

En la tabla (I) se muestra el modelo de tareas del área del delantero y la secuencia de operaciones necesarias para la construcción del panel delantero siendo modificado para

Pj	Tj	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
----	----	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

12	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
8	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
11	4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
11	5	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
16	6	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
6	7	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
15	8	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
9	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
36	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla I. Modelo de tareas de delantero

Pj	Tj	1	2	3	4	5	6
6	1	0	1	0	0	0	0
28	2	0	0	1	0	0	0
17	3	0	0	0	1	0	0
10	4	0	0	0	0	1	0
12	5	0	0	0	0	0	1
5	6	0	0	0	0	0	0

Tabla II. Modelo de tareas parte 1

dar secuencia a las operaciones y la correcta distribución en el área evitando retrocesos y pérdida de tiempo. Después de haber aplicado el método matemático de List Scheduling a los modelos de tareas y el balanceo de líneas, obtuvimos la representación gráfica de los parámetros del modelo de tarea.

En las tablas (II, III) se muestra el modelo de tareas del área de trasero, en la tabla (II) se muestra la secuencia de las operaciones necesarias para la construcción del panel trasero del módulo uno y en la tabla (III) muestra la secuencia de las operaciones necesaria para la construcción de la bolsa trasera componente del panel trasero, del módulo dos.

En la tabla (IV) se muestra el modelo de tareas del área del ensamble y la secuencia de operaciones necesarias en la construcción de un pantalón básico de mezclilla.

El cambio en la secuencia de las operaciones para cada área logra que las metas de producción se alcancen, las tablas y graficas nos muestran la necesidad de aplicar una curva de aprendizaje, el algoritmo da un amplio campo de análisis para la mejora de las líneas de producción.

IV. CONCLUSIONES

Con la ayuda del algoritmo List Scheduling se balancearon las líneas donde las operaciones tienen secuencia evitando los retrocesos evitando tiempos innecesarios, las líneas de producción cuentan con el número de operadores necesarios para la carga de trabajo, de esta manera las metas de producción programadas para cada línea se están cumpliendo en tiempo, aprovechando todo los recursos mejorando los tiempos, deben ser aproximados para cada

tarea evitando que el operador este de ocioso, de manera que el proceso fluya en un solo ritmo para evitar cuellos de botella la cantidad de producción debe ser suficiente para cubrir el costo de la línea de producción.

Pj	Tj	1	2	3	4	5
4	1	0	1	0	0	0
4	2	0	0	1	0	0
4	3	0	0	0	1	0
9	4	0	0	0	0	1
4	5	0	0	0	0	0

Tabla III. Modelo de tareas parte 2

Pj	Tj	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
7	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
20	5	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
21	6	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
25	7	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
5	8	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
8	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
25	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
9	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
9	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
25	13	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0

Tabla IV. Modelo del área de ensamble

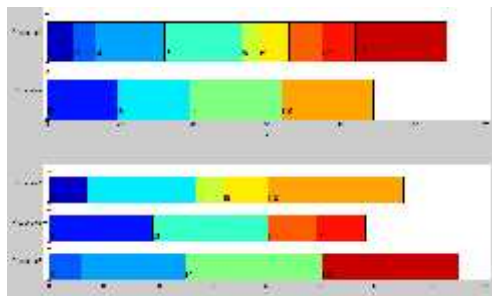


Fig.9. Gráfica de resultados con 1 y 2 operadores del área Ensamble

V. REFERENCIAS

[1] Gutjahr AL, Nemhauser GL (1964) An algorithm for the line balancing problem. *Manage Sci* 11(2):308–315.  
 [2] Vargas Sánchez, G. (2006). "Introducción a la teoría económica: un enfoque latinoamericano". Editorial Pearson.  
 [3] Suñé Torrents A., Arcusa Postils I., & Gil Vilda F. (2004). "Manual práctico de diseño de sistemas productivos". Editorial Díaz de Santos.  
 [4] Meyers, F. (2000). "Estudios de tiempos y movimientos". Editorial Pearson  
 [5] Sarache Castro, W. A., Castrillón, O. D., & Giralda, J. A.. Prioridades competitivas para la industria de la confección. Estudio de caso. (Spanish). *Cuadernos De Administración* (01203592), 24(43), 89-110, (2011).  
 [6] Solano, M. A., Bravo, J. J., & Giraldo, J. A.. Metodología de mejoramiento en el desempeño de sistemas de producción. Aplicaciones en Pymes de la confección. (Spanish). *Ingeniería Y Competitividad*, 14(2), 37-52, (2012).



Fig. 8. Panel Trasero: (a) T1, T2. (b) T3. (c) T4. (d) T5. (e) T6. (f) T7, T8, T9. (g) T10, T11, T12. (h) T13.

[7] Brad, R... Statistical quality control practices in clothing industry. *Annals of DAAAM & Proceedings*, 1183-1184, (2010).  
 [8] Graham, R. L.. Bounds for certain multiprocessing anomalies. *Bell System Technical Journal*, 45(9), pp. 1563-1581, (1966).  
 [9] Blazewicz, J. (Ed.). *Scheduling computer and manufacturing processes*. Springer, (2001).

VI. BIOGRAFÍA

Marcos Emilio Martínez Acosta. Egreso con carta de pasante de la carrera de Ingeniería Industrial del Instituto Tecnológico Superior de Lerdo, Lerdo, México. Actualmente trabaja como supervisor de línea de producción para la empresa maquiladora y confeccionadora de ropa LAJAT S.A. de C.V., Lerdo, México.

J. J. Linares recibió su grado de Ingeniero Industrial en Producción del ITL, Torreón Coahuila, México. Actualmente trabaja en la obtención del grado de la maestría en ciencias de Ingeniería Industrial del ITL. Tiene el puesto de profesor investigador titular del departamento de Ingeniería Industrial en el ITSL, Lerdo Durango, México. Ha sido asesor de titulación desde 2002 a la fecha y coordinador interno CACEI. Su interés está en la Manufactura avanzada.

Santiago Tello-Mijares, Recibió el grado de Ingeniero Electrónico en 2006, y de Doctor en Ciencias de la Ingeniería Eléctrica en 2013, del Instituto Tecnológico de la Laguna, Torreón, México. Actualmente busca obtener el grado de Doctorado en Ingeniería Informática y de Telecomunicación en la Universidad Autónoma de Madrid, Madrid, España. Es profesor Titular A e investigador científico en el departamento de Ingeniería Industrial en el Instituto Tecnológico Superior de Lerdo, Lerdo, México. Sus intereses son el procesamiento de imágenes biomédicas y la visión artificial.

L.A González-Vargas nació en la ciudad de Lerdo, Dgo., el 25 de agosto de 1968. Recibió el título de Ingeniero en Electrónica del Instituto Tecnológico Superior de Lerdo, Cd. Lerdo Dgo. 2007. Recibió el grado de Maestro en Ciencias con especialidad en Ingeniería Eléctrica del Instituto Tecnológico de la Laguna en 2010.

Ha participado en proyectos de investigación relacionados con estudios de la calidad de la energía en distintas empresas sus áreas de interés incluyen sistemas de potencia en régimen no senoidal y sistemas de control distribuido.

M.C. González es miembro activo de la IEEE inscrito en la sociedad de potencia eléctrica.