

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/332131345>

Comparación entre líneas de producción de confecciones, módulo convencional y aula semiautomática

Conference Paper · November 2017

CITATIONS

0

READS

364

1 author:



[Jorge Andrés Cock Ramírez](#)

Servicio Nacional de Aprendizaje SENA

8 PUBLICATIONS 2 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Proceso de ideación y estructuración de un proyecto como propuesta de solución a las necesidades en la cadena del frío del sector alimenticio de Medellín [View project](#)

COMPARACIÓN ENTRE LÍNEAS DE PRODUCCIÓN DE CONFECCIONES, MÓDULO CONVENCIONAL Y AULA SEMIAUTOMÁTICA.

Jorge Andrés Cock Ramírez

Grupo de Investigación INAMOD

Centro de Formación en Diseño, Confección y Moda, CFDCM

SENA, jcock@sena.edu.co

Arelis María Sierra Trujillo

Taller de Confecciones

Centro de Formación en Diseño, Confección y Moda, CFDCM

SENA, asierrat@sena.edu.co

Diana Patricia Garces Alvarez

Taller de Confecciones

Centro de Formación en Diseño, Confección y Moda, CFDCM

SENA, dgarcesa@sena.edu.co

Resumen

En el Centro de Formación en Diseño, Confección y Moda, CFDCM, del Sena, Itagüí, Colombia, se ha implementado un aula semiautomática para la enseñanza en confecciones, diseñada para un modelo de producción en línea y con movimiento del producto en proceso entre estaciones fijas, mediante una banda transportadora. Este sistema cuenta con pulsadores en cada estación, permitiendo la sincronización del trabajo, y el monitoreo y captura de información del proceso en tiempo real a través de un sistema de controlador lógico programable PLC, y un control visual con balizas y software de supervisión y control SCADA.

Esta nueva aula además de permitir la enseñanza de las operaciones y técnicas relacionadas con el uso de las máquinas, también permite la enseñanza de metodologías y filosofías como son la manufactura esbelta, las curvas de aprendizaje, los sistemas de cambios rápidos, el balanceo de líneas y la teoría de restricciones de la cual el sistema implementado es una forma de automatización de sus lineamientos.

En este artículo se presentan los resultados de la comparación y evaluación de aspectos como comodidad y grado de aceptación, clima laboral y productividad al usar el aula semiautomática versus lo percibido al usar los sistemas tradicionales de confección en módulos o pequeñas celdas de manufactura, los cuales son de uso común en la industria y siguen siendo usados para la enseñanza del manejo de las máquinas en el Sena. Se han realizado entrevistas a los aprendices e instructores, indagando sobre la experiencia y grado de satisfacción al trabajar durante un periodo de tres meses en cada tipo de módulo. También se muestra la evolución de la productividad en ambos tipos de sistemas gracias a mediciones hechas durante los mismos tiempos.

Con la implementación del aula se evidencia estabilidad y creciente productividad al confeccionar un producto, y los aprendices obtienen a su vez conocimiento de herramientas que pueden llevar a la industria para generar mayor desarrollo y competitividad. Se evidencian resultados positivos a favor del uso de la nueva aula, alta productividad y un ambiente más agradable para los aprendices.

Palabras clave

Producción sincrónica, Teoría de restricciones, Curvas de aprendizaje, Balanceo de líneas, Industria de la confección, Eficiencia, Control de producción, Manufactura esbelta.

1 Introducción

Con miras de lograr una mayor competitividad en el mercado, y fortalezas estratégicas, las empresas buscan contar cada día con procesos más rápidos y flexibles, donde haya menos desperdicios en cuanto a dinero, materiales y tiempo, para que el margen de utilidad sea más alto al descontar los costos de producción. También se busca poder ofrecer al cliente más variedad, nuevos diseños y nuevas alternativas de productos, dado que la industria de la confección está cada día más enfocada a un concepto de Pronta Moda (Tecnomercado 2011), y de todos modos gracias a temas como las estaciones, el producto cambia continuamente, es decir, en poco tiempo se deben estar creando nuevas referencias, con nuevos estilos, diseños y materiales.

Todo esto hace que para el sector de las confecciones sea interesante buscar modelos más productivos, eficientes y eficaces, con menores costos de producción y más flexibilidad para satisfacer una demanda continua de productos, cada vez mayor. Las empresas de confecciones, en su mayoría Pymes, cerca de un 99.6% en Medellín (Clúster Textil/Confección Diseño y Moda: Medellín y Antioquia, 2017), Colombia, se caracterizan por tener personal poco capacitado en temas de ingeniería industrial, donde en muchas ocasiones, el dueño hace parte de los operadores y las empresas se suelen concentrar en el proceso del día a día para cumplirle a los clientes, sin tener mucho tiempo para analizar mejores modelos de producción. Normalmente usan elementos de captura de información manual como cuadernos. En las pequeñas y medianas empresas se suele usar distribuciones de planta en módulos tipo celda de manufactura, y las microempresas, máquinas solas separadas. Es común ver en este tipo de empresas, sobreproducción, malos manejos de inventario, sobreprocesos, reparaciones de producto mal ensamblado por una respuesta lenta ante la detección de fallas, desorden y sobre costos.

Buscando modelos más productivos, y tomando en cuenta temas importantes de la ingeniería industrial, modelos de producción sincrónicos, basados en teoría de restricciones, balanceos de línea, curvas de aprendizaje, control visual, manejo de materiales, manufactura esbelta, cambios rápidos, gestión de mantenimiento y flexibilidad, en el Sena de confecciones se diseñó una innovadora Aula Semiautomatizada, la cual a la fecha no existe en ninguna empresa del sector de las confecciones, usando una banda transportadora, y supeditando el movimiento del material en proceso a la interacción de los operarios con el sistema, mediante botones de confirmación de fin de tarea en cada estación, y botones de aviso de paros de emergencia para requerimientos de asistencia o mantenimiento. El sistema diseñado permite la captura de información del tiempo de cada operación en tiempo real, y registro en pantalla gigante, para mayor posibilidad de supervisión y control. Hay empresas visitadas, de las cuales se hace reserva de su nombre, que cuentan con sistemas de captura de información electrónica pero únicamente al final de la línea. El aula diseñada e implementada en el Sena, por el momento usa la información de cada estación para dar información visual de los tiempos promedios de operación de cada estación, tiempo acumulado y su último tiempo de operación para que el supervisor pueda tomar decisiones. Está pendiente integrar este sistema a un software de producción para controles de mayor nivel, y por el momento el registro de información como el control de unidades requeridas versus unidades hechas, se lleva manualmente por parte del supervisor en un tablero.

Si bien se han recibido críticas muy positivas desde el sector industrial al conocer el modelo y se ha evidenciado mediante entrevistas con los supervisores y aprendices que usan el aula semiautomática, que hay un mayor aprendizaje, mayor productividad, más comodidad y confort y un mejor clima laboral en el uso del aula semiautomática que en un módulo convencional, es importante esta investigación al hacer una evaluación exploratoria del impacto real de su uso y su diferencia con un módulo convencional, cualitativa y cuantitativamente, para poder tener claridad de que mejoras se requiere, que está bien y que no tanto, para poder promover el aula semiautomática en la industria.

2 Marco teórico y contextual

A continuación se describen los módulos de trabajo, entornos productivos y los conceptos teóricos impartidos en estos, en cada etapa de aprendizaje.

2.1 Módulos convencionales de confecciones tipo celda de manufactura

Cuando los aprendices ingresan en un programa de capacitación en confecciones de seis meses, pasan los tres primeros aprendiendo a operar las máquinas de confección en un módulo convencional, estilo celda de manufactura. En este tipo de módulos comúnmente usado en confecciones se cuenta con varias máquinas planas, recubridoras, y fileteadoras. En los módulos implementados en el SENA normalmente se cuenta con diez máquinas ubicadas a lo largo de un rectángulo, donde hay cinco máquinas en línea en un lado, y cinco máquinas en oposición, de manera que los operarios se pueden ver de frente y a los lados, tal como se aprecia en la figura 1.



Figura 1. Módulo de confecciones convencional

En un lado extremo se pone una estación de acopio, de materiales, y opuesto a lo largo del rectángulo, Figura 2, se pone una estación de control de calidad, revisión, acabado final y empaque de las prendas producidas. Procesos como puesta de botones, elaboración de ojales y planchado se hace en máquinas fuera de la celda, que se comparten con otros módulos debido a que se tienen pocas máquinas para estos fines, y los tiempos de operación son cortos en ese tipo de procesos. El flujo de materiales en una celda convencional es en Zíg, zag, pero los materiales pueden devolverse en cada momento dando flexibilidad al flujo de producción para aprovechar tiempos muertos y tiempos libres de los operarios, y así ajustar las cargas y balancear el trabajo. El problema es que el flujo de materiales se puede hacer difícil de ver y se puede entrar en conflictos con tareas que se encuentra realizando un operario en un determinado momento, haciendo que sea difícil la sincronización y haciendo que se creen pequeños almacenamientos, *stock*, junto a cada estación.

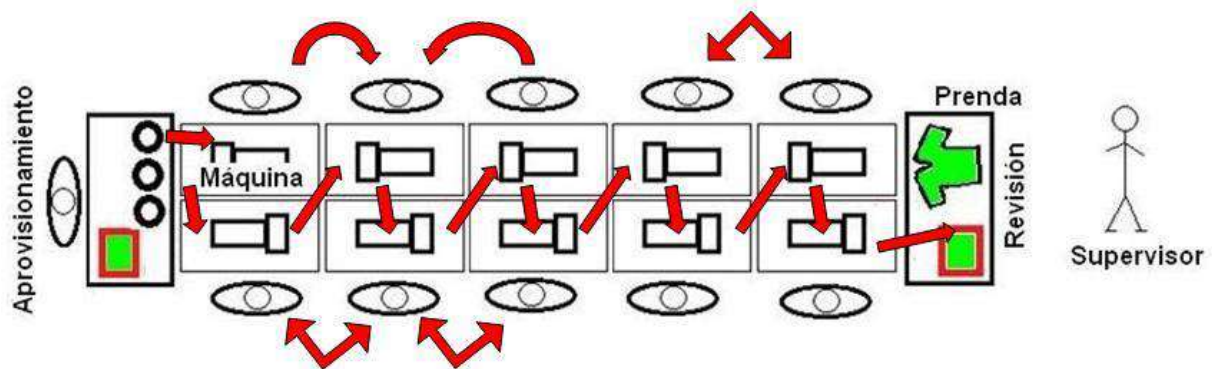


Figura 2. Flujo de material de producción en módulo de confecciones convencional.

2.2 Módulo aula semiautomática de enseñanza en confecciones

El aula semiautomática, Figura 3, sigue un esquema de producción en serie, donde el producto en proceso fluye en un solo sentido de manera sincrónica y discreta. El movimiento y manejo de materiales en proceso entre estaciones es logrado a través de una banda transportadora (Sule, D. R. 2001) de PVC, con desplazamientos de 60 cm, cada que todas las operaciones en un tiempo de trabajo son realizadas. Cuando la banda se mueve la longitud de una estación, 60 cm, se detiene y una baliza de color amarillo en cada estación indica que esta estación queda en proceso, se inicia el cronómetro de la estación, y los operarios pueden coger el producto de la banda, realizar el proceso que se le ha asignado según el orden de operación y máquina de trabajo. Una vez terminada la operación, el operario debe regresar el producto procesado al mismo punto en la banda y presionar el botón de confirmación de fin de operación. La baliza de su estación pasará a estado verde, terminando de medir el tiempo cronometrado de la operación para mostrarlo en pantalla gigante. Una vez que todos los operarios hayan presionado los botones de confirmación, la banda adelanta nuevamente 60 cm, se detiene, y todas las balizas regresan nuevamente a amarillo, reiniciando todos los cronómetros, para repetir el proceso nuevamente.



Figura 3. Módulo de confecciones semiautomatizado con banda transportadora.

Las máquinas de confecciones son puestas a cada lado de la banda transportadora en forma de zig-zag, para que cada operario tenga una zona de trabajo de 60 cm, y no se interfiera con las zonas de trabajo de los compañeros, como se aprecia en la Figura 4.

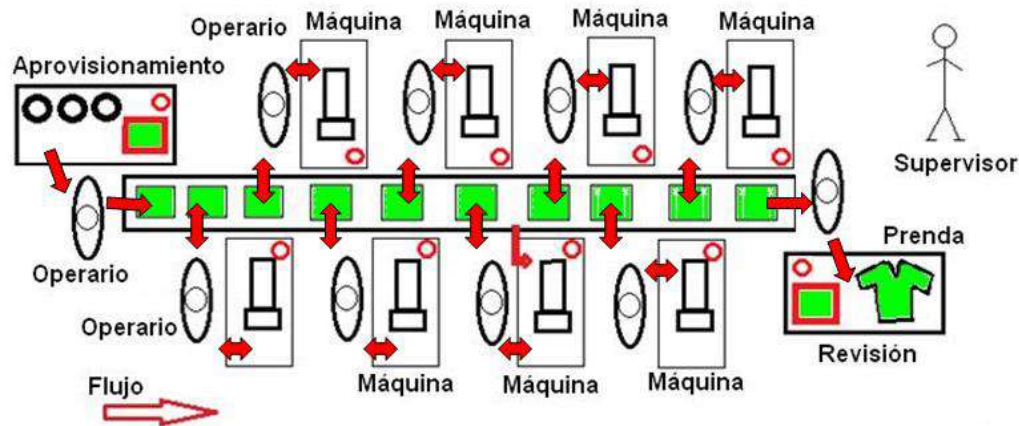


Figura 4. Flujo de material de producción en módulo de confecciones semiautomatizado con banda transportadora

Al comienzo de la banda se pone una estación de acopio de materia prima, y al final, una estación de revisión, empaque, control calidad, y acabado de las prendas, tal como en el módulo convencional, pero ambas estaciones también cuentan con botones de confirmación y balizas para asegurar los sincronismos, acorde a tiempos estándares de las tareas allí realizadas. La banda está dimensionada para poner 8 estaciones de operación, más las dos extremas, y está acondicionada con circuito neumático e hidráulico, para poder intercambiar y poner cualquier tipo de máquina en cualquier estación según el proceso que se vaya a hacer e incluso girar máquinas para que un operario haga dos operaciones, trabajando de pie, dando total flexibilidad al aula. Junto a las estaciones extremas también se pueden poner máquinas de confecciones. El flujo del trabajo está determinado por el movimiento de la banda, y cada operario simplemente recoge en un punto, lleva a la máquina, opera y regresa el resultado al mismo punto donde recogió. El diseño de la banda consta de un sistema mecánico y un sistema eléctrico, con gabinete de control, con un Controlador Lógico Programable PLC en su interior y circuitos de protección de paros de emergencia, como se muestra en la Figura 5. La banda cuenta con patas extensibles para regular su altura y permitirle si es necesario poner operarios sentados o de pie. También se cuenta con conexión de supervisión y control SCADA (Pérez López, E., 2015), para que el PLC presente en pantalla gigante las mediciones de tiempo y los estados de las balizas y motor. En cada botonera además de haber botones de confirmación, también hay botones de paros de emergencia. En caso de activarse uno, se debe atender la razón del paro, y confirmar la normalidad de la situación con un botón en el gabinete de control.



Figura 5. Diseño de la banda transportadora

2.3 Minutos Estándar Permitidos SAM

Todo proceso productivo en la industria de confecciones consta de una secuencia de pasos u operaciones, como son corte, pulimiento, ensamble y acabado, que van modificando al producto en proceso hasta tener una prenda lista y también hay otros pasos como son revisión y control de calidad y empaque. Para cada producto sea una camisa, un pantalón, u cualquier otro, hay una ficha técnica donde se listan todos los pasos o procesos requeridos para su confección, y para cada uno de estos pasos, se especifica el tipo de máquina requerido y el tiempo de ejecución SAM, *Stándar Allowed Minutes*, el cual es determinado por el grado de dificultad, la cantidad de puntos a coser, y la longitud y dimensiones de la pieza a procesar (Sarkar P., 2011). Los tiempos SAM ya han sido previamente establecidos y estandarizados en el Sena para cada operación y producto. Los módulos tienen asignadas máquinas fijas, por tanto para este estudio no se toma en cuenta que el tiempo SAM podría variar según la tecnología y velocidad de la máquina que se use en una operación. Una operación puede demorarse menos en una máquina con tecnología electrónica que en una máquina con una tecnología más antigua netamente mecánica.

En la ficha técnica también se especifica el tiempo de operación total, SAM total, que es la suma de todos los tiempos de cada operación SAM, y es el tiempo requerido para que una sola persona pueda hacer todas las operaciones requeridas para elaborar una prenda.

2.4 Teoría de restricciones TOC

El aula semiautomática implementada es una forma de automatizar el modelo de teoría de restricciones. Esta teoría acuñada en 1984 por el profesor y físico de Israel, Eliyahu Goldratt, tiene como fundamento la teoría general de sistemas, y se enfoca en el objetivo general de toda empresa el cual es generar dinero a la mayor velocidad posible (Goldratt, E., 1993) a través de las ventas, valor que es medido a través del indicador llamado *throughput*, y para lograr esto se dice se deben centrar los esfuerzos en la operación ‘cuello de botella’, es decir la operación que más se demora y limita los resultados globales. La meta de una compañía no es ahorrar costos sino incrementar las ganancias y que estas lleguen lo más rápido posible. Un ahorro en tiempo en el cuello de botella incrementa el *throughput*, sin embargo un ahorro en tiempo en otras operaciones no mejora el desempeño global de la compañía, por lo que invertir dinero en optimizar procesos que no son cuello de botella puede no ser utilidad (Aguilera C., 2000).

En los principios fundamentales de la teoría de restricciones, se tiene que se debe balancear el flujo en lugar de la capacidad, para tener un flujo continuo dentro de la línea de producción, teniendo en cuenta los cuellos de botella (Umble. M., 1995). Los procesos que no son cuello de botella deben sincronizar su ritmo de trabajo con el cuello de botella. No deben producir a su capacidad a un ritmo superior al cuello de botella pues esto produce excesos de inventario en producto en proceso y sobrecostos para las empresas. Un minuto perdido en el cuello de botella es un tiempo perdido en todo el sistema. El tiempo ahorrado en una operación que no es cuello de botella no tiene efecto en el desempeño del sistema. La única forma en la que es útil optimizar operaciones que no son cuello de botella, es en la medida que esto permita liberar recursos que puedan apoyar al cuello de botella para reducir su tiempo de proceso. Goldratt plantea que para la mejora continua en un esquema de teoría de restricciones se deben seguir los siguientes pasos: Lo primero es identificar las restricciones, después hay que explotar la restricción y subordinar cualquier otra tarea a la explotación de la restricción. Después se debe optimizar la restricción y al final si la restricción es superada, comenzar de nuevo con el primer paso identificando una nueva restricción y seguir sucesivamente mejorando el proceso.

2.5 Balanceo de Líneas

El balanceo de líneas es una técnica que permite asignar tareas de una manera equilibrada a diferentes estaciones de trabajo, de modo que el tiempo de producción en las estaciones sea lo más similar posible. (Chase R. et al., 2009). Es una tarea de optimización donde puede haber dos metas diferentes a minimizar, según el problema, para reducir costos en las operaciones. Una meta es la de reducir el número de estaciones, de manera que todas tengan la misma ocupación y se pueda cumplir con una cantidad de productos pedidos en un plazo esperado. Se calcula el tiempo *Takt time* (cadencia a la cual un producto debe ser fabricado para satisfacer la demanda

específica). Al asignar las tareas a las estaciones, ninguna puede quedar con un tiempo de operación superior al *Takt Time* para no incumplir la demanda. Al encontrar el mínimo número de estaciones se tiene el menor número de operarios y por tanto el menor costo de producción.

Una segunda meta de optimización es encontrar el tiempo más rápido de producción, incrementando las estaciones para apoyar a los cuellos de botella, de manera que el costo unitario sea el menor posible. Este modelo es útil cuando se tienen bastantes recursos en maquinaria y múltiples demandas de producto en diferentes pedidos en corto tiempo.

2.6 Manufactura Esbelta:

La manufactura esbelta, manufactura ajustada, producción limpia o *Lean Manufacturing*, es un modelo de producción que busca la mayor eficiencia, haciendo más con menos, y se compone de varias herramientas para optimizar las operaciones eliminando lo que no agrega valor al producto, servicios o procesos (Pineda, K, 2004). Con estas herramientas se mejoran los procesos, reduciendo desperdicios y por consiguiente sobrecostos. Se focaliza principalmente en siete tipos de desperdicios como son Sobreproducción, Tiempos de espera, Transporte, Exceso de procedimientos, Inventario, Movimientos, y Defectos (Reprocesos). Al reducir los desperdicios, se reduce el tiempo de proceso, se mejora la calidad y se reducen los costos de producción.

La manufactura esbelta busca que se pueda dar respuesta a los requerimientos del cliente con un buen producto o servicio con la calidad que necesita, en el tiempo que él lo necesita, y con un costo justo. Para esto se busca que en los procesos de manufactura haya un flujo continuo, permitiendo que los defectos se puedan detectar fácil y de inmediato cuando ocurran, y así se pueda dar igualmente una mejora continua de los procesos. Un principio básico es que se debe producir solo lo necesario, a medida que el cliente va pidiendo o halando, *Pull*. Si hay cambios continuos de referencia el sistema debe ser ágil para adaptarse a los nuevos requerimientos. Otro principio importante es que se debe establecer una buena relación con los proveedores, a largo plazo, para que estos entreguen insumos de calidad, y que a su vez sean capaces de hacer cambios ágiles cuando se requiera por lo que los canales de comunicación deben ser bien establecidos y claros.

Algunas herramientas de la manufactura esbelta son entre otras: 5s, mejora continua (Kaisen), Justo a Tiempo, Mantenimiento productivo Total TPM, Herramientas Poka Yoke, los cambios rápidos de modelo SMED.

Las Cinco S, desarrollado por Toyota, busca ordenar los procesos y se compone de: Seiri (Subordinar, clasificar, descartar), Seiton (Sistematizar, ordenar), Seiso (Sanear, limpiar), Seiketsu (Simplificar, estandarizar), y Shitsuke (Sostener, disciplinar). La mejora continua busca como método de gestión que haya una tarea de revisión y reevaluación continua, bajo un ciclo de calidad, PHVA, planificar, hacer verificar y actuar, para hacer mejoras pequeñas todo el tiempo, de manera que en muchos ciclos se tenga una mejora sustancial. Se contraponen a las mejoras radicales. El justo a tiempo, es una filosofía que busca reducir los desperdicios, y producir las cosas en el momento en que se requieren, ya sea al cliente final o a un subproceso, tomando a este como un cliente interno (Umble. M., 1995). Para esto es fundamental controlar los niveles de inventario en producto terminado, producto en proceso y materia prima. Solo se entrega producto a una estación siguiente, cuando el inventario de ésta esté por debajo de un valor de control. Esto se verifica con la ayuda de contenedores, tarjetas Kanban (Etiquetas de instrucción) u otra señal. El Mantenimiento Productivo Total, TPM, *Total Productive Maintenance*, busca incrementar la eficiencia previniendo pérdidas debido a los paros por fallas en los equipos, fallas de calidad, o accidentes. Busca cero averías, cero defectos y cero accidentes. Los modelos Poka Yoke son dispositivos a prueba de tontos, para evitar errores por parte de los operarios. Los cambios rápidos SMED (Single Minute Exchange Die), vienen de los sistemas de cambios en corto tiempo de moldes y troqueles, con preparación externa de los equipos antes de ser introducidos en una línea de ensamble, para así evitar tiempos muertos en producción y es crucial en casos de cambios o mantenimientos en procesos que son cuellos de botella. Se busca reducir el tiempo de preparación de los equipos, introduciéndolos a la línea una vez estén preparados lo máximo posible.

2.7 Curvas de aprendizaje

Las curvas de aprendizaje son líneas que muestran y relacionan la evolución en el tiempo de la eficiencia al hacer una operación, debido al factor aprendizaje (Chase R. et al., 2009). Pueden mostrar el número de unidades que es capaz de hacer una persona, un grupo de personas o una organización, en un tiempo específico, el tiempo requerido para hacer una unidad o el costo para hacer dicha unidades, debido a que, a medida que se repite la operación, se aprende y optimiza el trabajo. Esta curva es de tipo exponencial y puede ser especificada en cantidades por unidad de tiempo, tiempo por unidad, y costo por unidad. A medida que se aprende se requiere menos tiempo para hacer un producto y se pueden hacer más productos por unidad de tiempo. Las curvas dependen de un tiempo inicial, y un porcentaje de aprendizaje, de manera que a medida que se duplica la producción, el tiempo requerido para hacer un producto requiere el tiempo anterior multiplicado por el porcentaje de aprendizaje. Si una pieza para su primer ensamblaje se toma 100 minutos, si el porcentaje de aprendizaje es el 50%, al hacer la segunda requerirá 50 minutos, al hacer la cuarta requerirá 25, y al hacer la octava requerirá 12.5 minutos. Las curvas de aprendizaje son útiles pues permiten presupuestar tiempos de producción y determinar a qué ritmo o nivel de eficiencia se estará luego de un determinado número de repeticiones de ensamblaje u operación. También existen curvas para medir el olvido.

3 Metodología

Para hacer la comparación de los dos módulos, se utilizaron dos métodos. Uno cualitativo mediante entrevistas, y otro cuantitativo, midiendo el comportamiento de la productividad a medida que los aprendices toman destreza durante su formación al laborar en los dos tipos de módulos.

Con el primer método se obtuvo información cualitativa al final de un curso de capacitación en confecciones de seis meses, entrevistando por separado a tres supervisores del taller de confecciones y a cinco aprendices líderes, que estuvieron laborando en los dos tipos de módulo, para poder registrar su experiencia.

Los aprendices en los tres primeros meses estuvieron en un módulo de confecciones convencional tipo celda de manufactura con transferencia manual de productos, aprendiendo a manejar las máquinas y a hacer todas las operaciones requeridas para elaborar una determinada prenda. En esta etapa los aprendices trabajaron sentados junto a cada máquina.

En los otros tres meses siguientes los aprendices estuvieron trabajando en el módulo semiautomático con transferencia de producto en proceso con banda transportadora y control sincrónico de procesos, afinando su destreza en las operaciones de las máquinas y aprendiendo herramientas de producción sincrónica, TOC, control de producción, manufactura esbelta (metodologías *Lean*), comprendiendo el efecto del balanceo de cargas en la producción e identificando los cuellos de botella para optimizar la producción. En esta etapa los aprendices trabajaron de pie junto a cada máquina e incluso pudiendo operar dos máquinas en un corto periodo de tiempo según el balanceo y asignación de operaciones.

Al final del periodo de seis meses se hicieron preguntas abiertas relacionadas con la comodidad y grado de aceptación, clima laboral y productividad, solicitándoles hacer un comparativo entre ambos modelos de módulo de trabajo y se les permitió expresar abiertamente sus apreciaciones. Luego se categorizó lo interpretado en las entrevistas.

Con un segundo método se obtuvo información cuantitativa, haciendo comparaciones de los dos tipos de módulos de producción, usando datos históricos de unidades requeridas y elaboradas por hora y de productividad, facilitados por los supervisores que han participado en procesos formativos en ambos tipos de módulos de enseñanza de confección de prendas. En los módulos participaron grupos de 10 aprendices, que al iniciar no tenían conocimiento alguno en el uso de las máquinas ni el proceso. Se recolectaron datos de productividad de un módulo convencional en el cual, durante tres meses los aprendices estuvieron aprendiendo a usar las máquinas y confeccionando Pantis Brasileños cuyo tiempo SAM total es de 5.85 minutos, y donde se espera de acuerdo a la dificultad y proceso, una vez los aprendices dominen el uso de las máquinas, elaborar 41 prendas/hora, es decir 328 prendas/día, en una jornada de 8 horas, siendo una pieza de mediana dificultad. Los aprendices para conocer

todas las operaciones y uso de las máquinas, normalmente se van rotando en los diferentes tipos de máquinas durante el período de aprendizaje. También se recolectaron datos de productividad de una etapa de tres meses en el módulo semiautomatizado donde los aprendices estuvieron confeccionando camisetas tipo Polo cuyo tiempo SAM total es de 17 minutos, y donde se espera hacer 200 prendas/día en una jornada de 8 horas, 25 unidades/hora, siendo una prenda de mayor dificultad.

Los supervisores para obtener la información de eficiencia registraron en un tablero de control, las unidades esperadas por día y por hora y las realmente producidas, figura 6, y con esto se convirtieron los datos en términos de eficiencia de acuerdo a la ecuación 1, por lo que se obtiene información de eficiencia por hora y por día. La cantidad de prendas esperadas a producir por hora y por día es determinado por cada instructor, de acuerdo a la cantidad de trabajo que se requiere en minutos-persona por prenda y a la cantidad de minutos-persona disponibles, acorde al número de aprendices participando en un módulo de confecciones y el número de horas a trabajar en cada jornada que puede variar según se combinen explicaciones teóricas con jornadas prácticas, determinadas por el instructor, según los objetivos de aprendizaje diarios.



HORA	UNIDADES ESPERADAS	UNIDADES PRODUCIDAS	EFICIENCIA %
6-7	30	10	33%
7-8	30	10	33%
8-9	21	11	52%
9-10	30	13	43%
10-11	30	14	
11-12	30		

Figura 6. Tablero de registro de información de producción

$$\text{Eficiencia del módulo} = \frac{\text{Unidades producidas}}{\text{Unidades esperadas}}$$

Ecuación 1. Cálculo de la eficiencia de un módulo de producción por unidad de tiempo.

4 Resultados

A continuación se muestran los resultados obtenidos de acuerdo a la metodología planteada, para un análisis tanto cualitativo como cuantitativo de comparación y evaluación de aspectos como la comodidad y grado de aceptación, clima laboral y productividad al usar el aula semiautomática versus lo percibido al usar los sistemas tradicionales de confección en módulos convencionales o pequeñas celdas de manufactura.

4.1 Resultados Cualitativos

La información obtenida luego de ser analizada e interpretada de las entrevistas realizadas a los cinco aprendices y los tres supervisores, en el primer método cualitativo, se plasma en la Tabla 1.

Tabla 1. Márgenes para trabajos completos

	Aprendices	Supervisores
En cuanto a comodidad:	En ambos tipos de módulos se sienten bien. Trabajar largos ratos de pie es agotador, pero es más agotador estar largas jornadas	Para los supervisores es más fácil ver qué pasa en el módulo semiautomático debido a las herramientas visuales como balizas y pantalla

	<p>sentado y se es más susceptible de tener dolor de espalda por el movimiento del cuerpo al acercarse a la aguja. Poderse mover libremente de pie ayuda a descansar la espalda, pero hace falta sentarse a ratos. Todos afirman que en cuanto a la posición de la espalda y los brazos respecto a la máquina de coser es más cómodo si se trabaja de pie y la mesa tiene la altura adecuada.</p>	<p>gigante con los indicadores de tiempo y promedios. Al identificar cual es la estación que se demora más porque la señal amarilla no pasa a verde, pueden acercarse más fácil al aprendiz y hacer un mejor seguimiento. En el módulo convencional no es tan directo el seguimiento de los aprendices. En cuanto a ergonomía para los supervisores al estar las máquinas más altas igualmente es más fácil acercarse al aprendiz para ver la operación realizada y sugerir los correctivos.</p>
En cuanto a clima laboral.	<p>Los aprendices sienten un trato amable en general, sin embargo al pedirles que aumenten la productividad para cumplir las metas a veces sienten presión por parte del supervisor que en algún caso les puede incomodar. Esto sucede más con los módulos convencionales, pues en el aula semiautomática son los mismos compañeros quienes ven el trabajo de los otros, y se enteran de quien está más lento, porque el flujo se merma si hay alguien retrasado. Son los mismos aprendices quienes se presionan para trabajar más rápido.</p> <p>En términos generales los aprendices se sienten mejor en el aula semiautomatizada y se sienten más satisfechos al aprender algo más que el manejo de las máquinas, sino metodologías que pueden aplicar en la industria.</p>	<p>Los supervisores concuerdan que en todos los casos el ambiente es agradable, sin importar el tipo de módulo. De todos modos en los dos tipos de módulos deben estar pendientes de las personas para que no se relajen y bajen la productividad.</p>
En cuanto a clima Productividad.	<p>Los aprendices afirman que el módulo semiautomático es más productivo dado que cualquier error se detecta más rápido y por tanto producen menos fallas y se requieren menos reprocesos. Adicionalmente en el módulo semiautomático es más difícil distraerse.</p>	<p>Los supervisores plantean que el módulo semiautomático termina siendo más productivo entre un 40% y un 60% respecto a los módulos convencionales, de acuerdo a sus registros, por las herramientas de manufactura esbelta, reducción de desperdicios, sincronismo y reducción de los reprocesos.</p> <p>En un módulo convencional, los estudiantes al no saber nada, la productividad inicial es muy baja, y luego de 3 meses el módulo alcanza normalmente una eficiencia de 40% y al final del segundo período, en el módulo semiautomático usualmente se alcanza a quedar con eficiencias del 80%</p>

4.2 Resultados Cuantitativos

Los resultados obtenidos en el método cuantitativo son plasmados en las Figuras 6 y 7. En la Figura 6 se plasma la evolución de las mediciones de eficiencia en un módulo convencional, obtenidas en doce sesiones durante un

periodo de 3 meses de formación en uso de las máquinas, de un grupo de 10 aprendices, al elaborar Pantis Brasileños. La eficiencia comienza en alrededor del 10% y termina en un 40% aproximadamente.

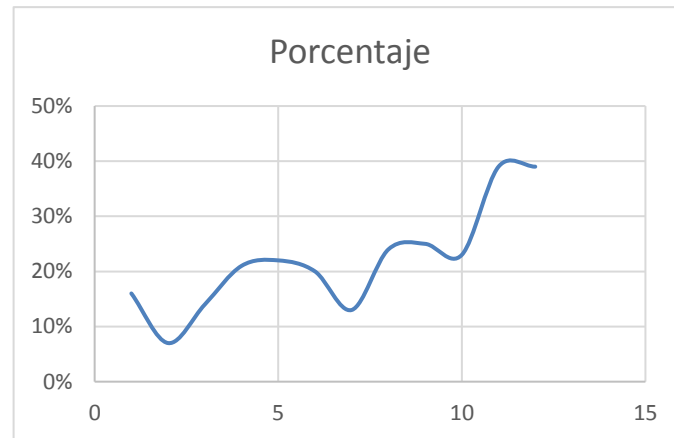


Figura 7. Incremento de la eficiencia de un grupo de estudiantes usando un módulo convencional elaborando Pantis Brasileños.

En la Figura 7 se plasma la evolución de las mediciones de eficiencia en el módulo semiautomático, obtenidas en treinta y dos sesiones durante un periodo de 3 meses de afinación en la práctica en uso de las máquinas y en el aprendizaje de herramientas de gestión de la producción, de un grupo de 10 aprendices, al elaborar Camisetas tipo Polo. La eficiencia comienza en alrededor del 10% y termina en un 80% aproximadamente, concordante con los datos cualitativos dados por los supervisores.

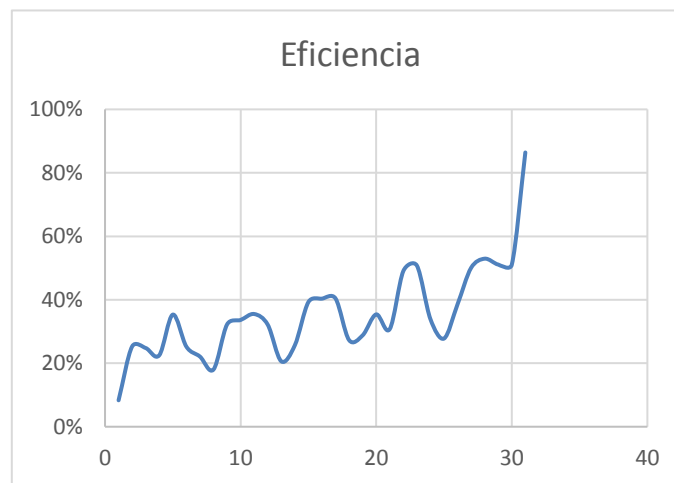


Figura 8. Incremento de la eficiencia de un grupo de estudiantes usando un módulo semiautomático elaborando Camisetas Polo.

5 Análisis

De los resultados obtenidos se evidencia que la eficiencia de cada día en ambos módulos es fluctuante, pero con una tendencia general al crecimiento. La fluctuación responde a la rotación continua de los operarios para aprender el uso de cada máquina, en el caso de la primera etapa de tres meses de su ciclo formativo en el módulo convencional, y a la introducción de nuevos métodos y explicaciones sumado a la rotación de los operarios para tener más práctica en el uso de las máquinas, en la segunda etapa de tres meses de su ciclo formativo en el módulo semiautomático.

La tendencia al crecimiento en ambas etapas de formación responde a la curva de aprendizaje de cada estudiante y del grupo completo como tal. El grupo va aprendiendo como un equipo a trabajar coordinadamente, con más eficiencia a medida que van produciendo prendas.

Se observa un incremento final mayor de eficiencia en el módulo semiautomático cuando los aprendices dominan el uso de las máquinas y tienen conocimiento de herramientas útiles de producción y el supervisor les ayuda a coordinar y hacer un balance de línea adecuado, según la capacidades detectadas de los aprendices, en que operaciones son más eficientes, y su capacidad de polivalencia.

Hay un consenso entre los aprendices y supervisores en que trabajar en el módulo semiautomático permite una mayor eficiencia de producción.

6 Conclusiones

Un ambiente de formación semiautomatizado contribuye a mejorar la productividad en la confección. A nivel pedagógico se encuentra que el uso de ambos tipos de módulos es complementario y ambos aportan para la educación y entrenamiento de los operarios. La semiautomatización mejora la calidad de la formación en los aprendices del Centro de Formación en Diseño, Confección y Moda, al dar pie para enseñar herramientas útiles de gestión de producción.

En un inicio en la primera etapa en el módulo de transferencia manual, la eficiencia en un comienzo fue muy baja dado el desconocimiento de los aprendices en las operaciones y el manejo de las máquinas, y acorde a su curva de aprendizaje, a medida que practicaban iban incrementado su eficiencia. Adicionalmente los aprendices para aprender todas las operaciones se fueron rotando en los diferentes tipos de máquinas, teniendo que reiniciar su curva de aprendizaje cada que se enfrentaban a un tipo diferente de labor. A medida que fueron tomando práctica como equipo la eficiencia fue aumentando hasta completar los tres meses de etapa lectiva donde todos los aprendices dominaban las operaciones y el uso de todas las máquinas asignadas a dicho módulo.

En la segunda etapa de formación si bien la eficiencia del grupo comenzó baja en un 20%, ésta llegó hasta un 80%, mostrando que sin desperdicios de esperas, reprocesos, transportes, excesos de inventario y otros descritos por *Lean Manufacturing*, se puede llegar a una productividad más alta.

7 Recomendaciones

Si bien se pudo validar una mejora en la productividad, partiendo de eficiencias, relativas a tiempos estándares para diferentes productos, una validación interesante es realizar el mismo estudio con un solo tipo de producto, para controlar diversas variables asociadas a la dificultad del producto, y eliminar los errores atribuibles a un posible mal cálculo del tiempo SAM de las operaciones de cada producto.

Agradecimientos

Los autores expresan sus agradecimientos a Gustavo de Jesús Carvajal, coordinador académico del SENA, a Marisol Osorio Beltrán, Líder de Innovación y Desarrollo Tecnológico, a Henry Ramírez Gutiérrez, a Karen

Steffanny Parra y en general a todo el personal del SENA del Centro de Formación en Diseño, Confección y Moda, CFDCM, por sus aportes en el desarrollo y montaje del sistema semiautomático de producción, su validación y pruebas, el aporte al implementar las diferentes metodologías de producción, sus enseñanzas y todos la ayuda con la obtención de datos para este informe.

Referencias

- Tecnomercado Online, 2011. (n.d.) *Pronto moda, el concepto que está dando qué hablar en retail*. Tecnomercado Online, Recuperado de https://www.dii.uchile.cl/wp-content/uploads/2011/03/18_TECNOMERCADO_Pronto_moda_el_concepto_que_estaaa_dando_quee_hablar_en_retail_entrevista_Viiictor_Martiiinez_de_Albeniz.pdf
- Cluster Textil/Confección Diseño y Moda: Medellín y Antioquia, 2017, (n.d.) *Tejiendo juntos la estrategia*, Recuperado de: <http://www.camaramedellin.com.co/site/Portals/0/Documentos/2017/CLUSTER/05042017%20Cluster%20Textil%20Confección.pdf>
- Sule, D. R. (2001). *Instalaciones de manufactura : ubicación, planeación y diseño*. Thomson.
- Pérez López, E. (2015). Los sistemas SCADA en la automatización industrial. *Tecnología En Marcha*, ISSN 0379-3962, ISSN-E 2215-3241, Vol. 28, N°. 4, 2015, Págs. 3-14, 28(4), 3–14. Retrieved from <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5280242>
- Chase, R. B., Jacobs, F. R., Aquilano, N. J., Torres Matus, R., Montúfar Benítez, M. A., Horton Muñoz, H., Mares Chacón, J. (2009). *Administración de operaciones: producción y cadena de suministros*. Mexico: McGraw-Hill/Interamericana Editores. 12 ed.
- Umble, M., (1995), *Manufactura sincrónica : principios para lograr una excelencia de categoría mundial*, Mexico: Editorial Continental.
- Goldratt, E., Cox, J. (1993). *The Goal*. North River Press.
- Aguilera C., (2000). *Un enfoque gerencial de la teoria de las restricciones*. Estudios Gerenciales, 16(77), 53-69. Recuperado en septiembre 04, 2017, de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-59232000000400004&lng=en&tlng=es.
- Pineda, K. (2004), *Manufactura esbelta. Manual y herramientas de aplicación*, recuperado de <https://www.gestiopolis.com/manufactura-esbelta-manual-y-herramientas-de-aplicacion/>
- Sarkar P. (2011), *How to Calculate SAM of a Garment?*. Recuperado de <http://www.onlineclothingstudy.com/2011/02/how-to-calculate-sam-of-garment.html>