

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**



**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
ARAGÓN**

**OPTIMIZACIÓN DE LOS PROCESOS
MANUFACTUREROS EN LA INDUSTRIA TEXTIL
DEL SECTOR PRIVADO**

TESINA

que para obtener el grado académico de:
INGENIERA MECÁNICA



PRESENTA:

Carmen Janet Corona Sánchez

TUTOR:

Ing. Gustavo Cuauhtémoc Ruíz Cerezo

Cd. Mx. Septiembre 2023





Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

En agradecimiento a:

Mi maestro el Cap. 1ro. I.I. Noe Samperio Padilla quien me acompaño durante esta investigación, al Myr. I.I. Jaime Sandoval Vázquez por creer en mí siempre y al Cap. 1ro. I.I. Esteban García Juárez por siempre incentivarirme a ir más lejos.

A mis profesores del Colegio de Ciencias y Humanidades Plantel Sur y de la Facultad de Estudios Superiores Aragón, que sin su perseverancia y paciencia no estaría aquí.

A mis colegas y amigas Sandra García León, Margarita López Sánchez y Aidé Juárez Villalobos, quienes siempre me ayudaron a enfocar mis ideas.

A mi padre Ronald Wayne Phillips, ya que su amor y apoyo me acompañaran cada día de mi vida.

A mi hermana Celia y a mis sobrinas Hannah y Yunuen, por acompañarme en mis momentos más difíciles.

A la familia Montaña Quevedo, por su comprensión y cariño a lo largo de toda mi vida.

Y finalmente agradezco a Fernando Aguilar León, por escuchar mis ideas y darme su opinión, por ser mi cómplice y alentarme a continuar con este proyecto, debido a su cuidado, amor y paciencia incondicional fue posible culminar mi tesina.

Contenido

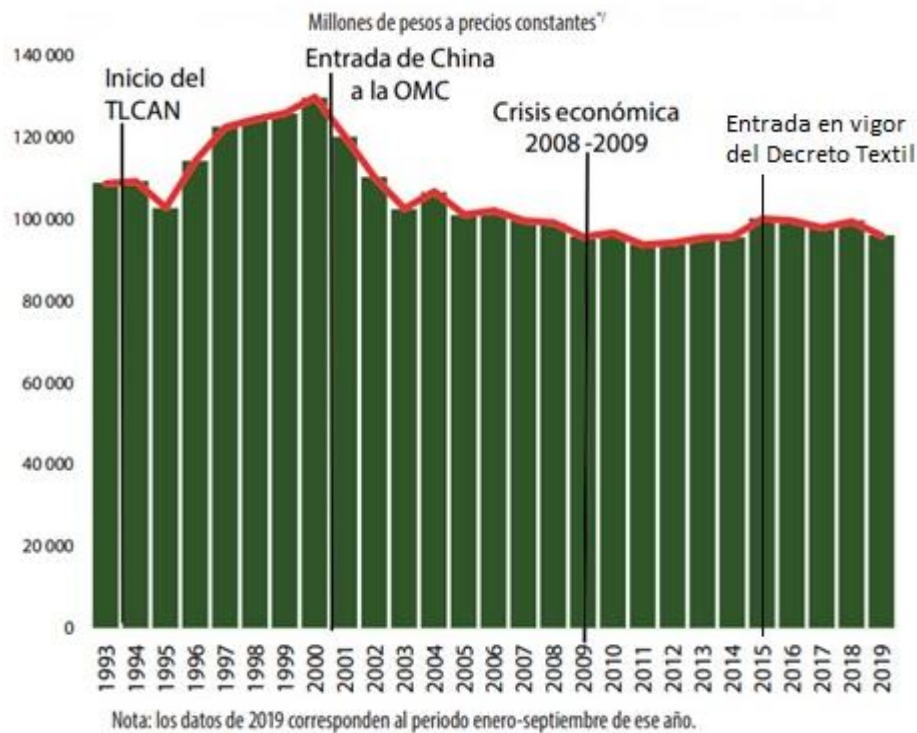
Contenido.....	3
Introducción.....	4
Justificación del trabajo.....	8
Alcance del proyecto.....	8
Objetivo general.....	8
Objetivos específicos.....	8
Marco teórico.....	9
Diagrama de Ishikawa	10
Diagrama de Pareto.....	10
Diagrama de Gozinto.....	11
Diagrama de flujos de procesos.....	11
Trabajo estandarizado	12
Estudio de tiempo MTM UAS	12
Administración de la capacidad	13
Takt Time	13
Tiempo de ciclo	13
Balanceo de línea	13
<i>Layout</i> de línea de producción	13
Diagrama de Gantt para la planeación de la producción.....	14
Sistema Andon	14
Capacitación para el trabajo especializado.....	15
Cero Defectos.....	16
Hojas de verificación	16
Descripción del trabajo	16
Planteamiento del problema.....	16
Análisis del problema	17
Resultados.....	36
Conclusiones	36
Índice de Ilustraciones.....	37
Índice de tablas	37
Índice de graficas.....	38
Bibliografía	38

Introducción

La Industria Textil y de la Confección produjo un valor del Producto Interno Bruto (PIB) de 133,028 millones de pesos de enero a septiembre del 2019; la Industria Textil aportó el 40.3%, mientras que la Industria de la Confección el 59.7%.

En el año 2000 cuando China ingresó a la Organización Mundial de Comercio (OMC), el PIB de la industria tuvo un descenso gradual que lo ubicó por debajo de los niveles que se tenían previstos a la firma del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN).

El año 2015 coincidió con el Decreto Textil para promover a la Industria, donde se logró un repunte en comparación con los años anteriores.



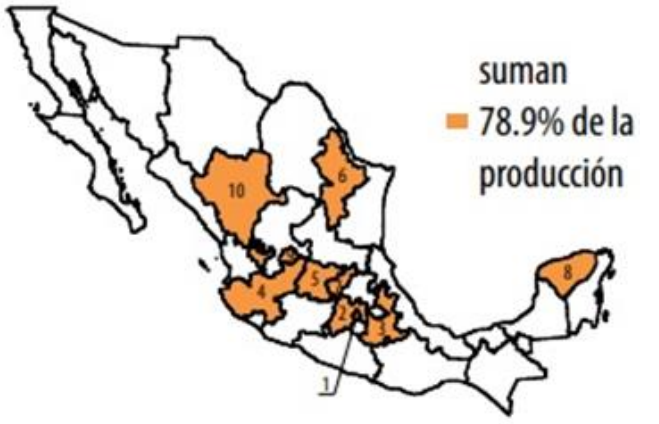
Nota: los datos de 2019 corresponden al periodo enero-septiembre de ese año.

Ilustración 1. Perspectiva histórica del PIB de la Industria Textil y de la Confección. INEGI 2013. (Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), 2020)

La Industria Textil y la Industria de la Confección alcanzaron una participación del 3.2% en el PIB manufacturero en el período comprendido entre enero a septiembre del 2019, por lo cual ocupó la décima posición entre las actividades económicas manufactureras más importantes.

Tabla 1. Entidades que más producción registraron de la Industria de la Confección. INEGI. Censos económicos, 2014. (Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), 2020)

Lugar	Estado	%
1.	Ciudad de México	24.5
2.	Edo. De México	19.4
3.	Puebla	8.7
4.	Jalisco	4.5
5.	Guanajuato	4.1
6.	Nuevo León	4.1
7.	Querétaro	3.6
8.	Yucatán	3.6
9.	Aguascalientes	3.2
10.	Durango	3.2
	Resto de estados	21.1



suman
78.9% de la producción

Tabla 2. Municipios que más producción registraron de la Industria de la Confección. INEGI. Censos económicos, 2014. (Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), 2020)

Lugar	Municipio y/o Alcaldía	%
1.	Cauhtémoc, Ciudad de México	8.7
2.	Naucalpan de Juárez, Edo. de México	6.6
3.	Tlalnepantla de Baz, Edo. de México	6.6
4.	Iztacalco, Ciudad de México	3.0
5.	Iztapalapa, Ciudad de México	2.6
6.	Miguel Hidalgo, Ciudad de México	2.6
7.	Puebla, Puebla	2.0
8.	Benito Juárez, Ciudad de México	1.9
9.	Monterrey, Nuevo León	1.6
10.	Venustiano Carranza, Ciudad de México	1.5
	Resto de municipios y/o alcaldías	66.3

Los diez municipios y/o alcaldías que más aportaron a la producción nacional acumularon un 33.7% del total.

Tabla 3. Entidades que más producción registraron de la Industria textil. INEGI. Censos económicos, 2014
(Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), 2020)

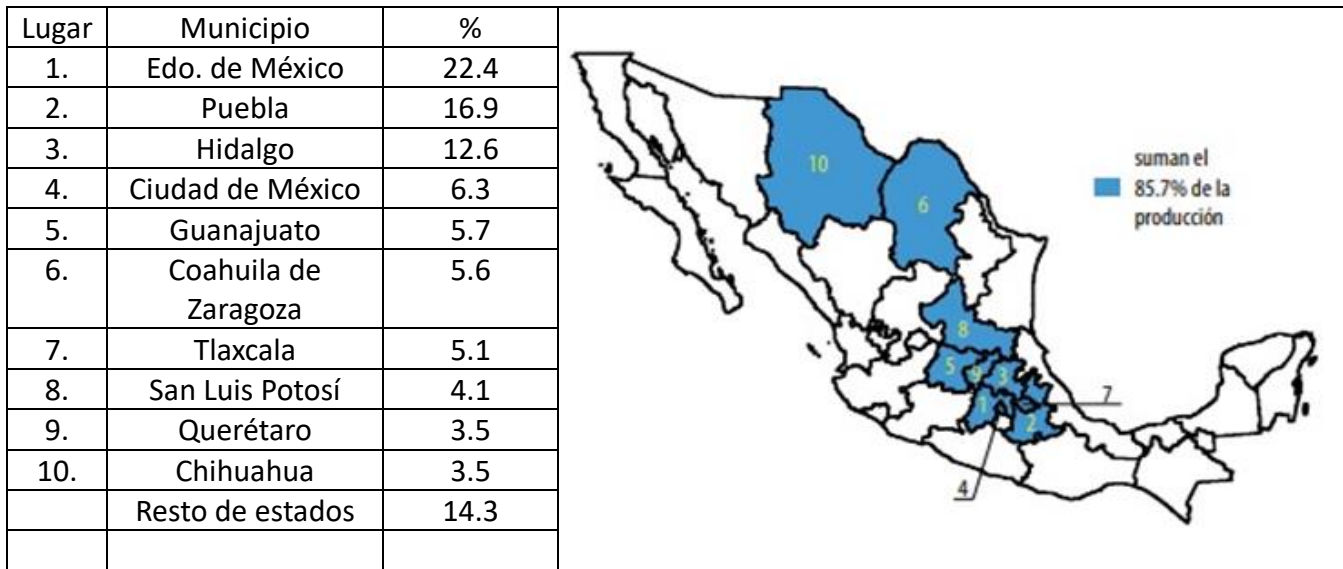


Tabla 4. Municipios que más producción registraron de la Industria textil. INEGI. Censos económicos, 2014
(Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), 2020)

Lugar	Municipio	%
1.	Tepeji del Río de Ocampo, Hidalgo	10.8
2.	Puebla, Puebla	7.4
3.	Tlanepantla de Baz, Edo. de México	5.5
4.	Huejotzingo, Puebla	4.1
5.	San Luis Potosí, San Luis Potosí	4.1
6.	San Juan del Río, Querétaro	3.4
7.	Ecatepec de Morelos, Edo. de México	2.9
8.	Naucalpan de Juárez, Edo. de México	2.6
9.	León, Guanajuato	2.6
10.	Lerma, Edo. de México	2.4
	Resto de municipios	54.2

Diez municipios concentraron el 45.8% de la producción nacional.

El 85.7% de la producción nacional de la Industria Textil y el 78.9% de la Industria de la Confección se encuentran distribuidas en diez estados de la República mexicana, tal distribución se puede observar en los mapas anteriores. En su mayoría, la producción de ambas industrias se destina a dos fases: la demanda intermedia y a la demanda que representa el 68.3% de la Industria Textil, y el 88.3% de la Industria de la Confección, respectivamente. (Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), 2020)

Así pues, el desarrollo de este proyecto busca mejorar los procesos productivos dedicados a la confección con la implementación de herramientas que ayudarán a incrementar la productividad, la competitividad, así como reducir los desperdicios e inventarios, además de incentivar el mejoramiento continuo de la empresa.

Justificación del trabajo.

Tilmatli¹ es una empresa mexicana, ubicada en la Ciudad de México, con 43 años de experiencia en el mercado nacional textil y de la confección. Produce, diseña y comercializa uniformes, además de equipo táctico y de protección individual para diferentes instituciones gubernamentales y emplea materias primas de excelente calidad.

El complejo fabril cuenta con la siguiente estructura: una nave para la fabricación de tela (tejido plano), una nave para teñido textil, una nave destinada al trazo y corte de la tela, que a su vez abastece a las cinco naves designadas a la confección de diversos artículos.

Este proyecto pretende diseñar e implementar metodologías de mejoramiento continuo para las fábricas dedicadas a la confección, así como evaluar los resultados derivados de su aplicación. Dichas metodologías pueden ser un punto de partida para que otras empresas que trabajan en la Industria Textil y de la Confección las empleen y así mejoren sus procesos productivos.

Alcance del proyecto

Documentar adecuadamente los procesos de manufactura, para impulsar la producción y mejorar la calidad en el chaleco táctico.

Objetivo general

Mejorar la calidad del chaleco táctico mediante la implementación de metodologías de diagnóstico, planeación y control de la producción, así como planes de capacitación y control de calidad, durante el proceso de producción.

Objetivos específicos.

- Observar, comprender y documentar la información requerida para el mejoramiento de los procesos productivos en la fábrica de artículos para campamento de la empresa Tilmatli¹.
- Hacer un diagnóstico del proceso de fabricación del chaleco táctico.
- Registrar la metodología del proceso de fabricación del chaleco táctico, para mejorar y así optimizar el proceso de producción.
- Agregar metodologías que ayuden a el cumplimiento del plan de producción.

¹ Por cuestiones de confidencialidad se ha propuesto un nombre ficticio para ejemplificar todo el proceso de la investigación.

Marco teórico.

La planeación, control y monitoreo de la producción, así como los programas de capacitación y control de calidad, son importantes en cualquier industria, ya que ayudan al cumplimiento de los objetivos y a identificar las actividades que restan valor al proceso productivo.

Algunas metodologías como los diagramas de Ishikawa y Pareto son utilizados por las empresas para identificar, y priorizar soluciones en la fabricación. El diagrama de Gozinto es el que nos brinda el listado de materiales requeridos para la fabricación del chaleco táctico, así como, la precedencia de las operaciones, que se plasman en el diagrama de flujo de procesos; que también brinda el listado de máquinas necesario para la estandarización del trabajo, que puede describirse como los pasos que se siguen para completar una operación con una maquina específica.

Sabiendo la capacidad instalada de la fábrica (maquinaria y operarios), el tiempo tacto (takt time) y el tiempo ciclo podemos administrar la producción distribuyéndola mediante el balanceo de línea y finalmente disponer del espacio disponible para ordenar las estaciones de trabajo con el layout de la fábrica. Para saber si la planeación se cumplió de acuerdo a lo dispuesto en el calendario de producción se usa el diagrama de Gantt. Para el monitoreo de los tiempos de respuesta de todas las áreas involucradas, y como referencia estadística para el control de la producción se implementa el sistema Andon

Finalmente, las hojas de inspección de calidad son el resultado de la implementación de las anteriores metodologías; ya que brindan información de los productos manufacturados efectivamente

Finalmente se propuso un plan de capacitación, que además de capacitar, exhorta al operario a familiarizarse con el producto para una ejecución más eficiente, lo que brinda valor agregado al proceso productivo

Diagrama de Ishikawa

También conocido como “causa y efecto” representa múltiples elementos (causa) que conducen a un problema (efecto). Es una herramienta eficaz para estudiar procesos y situaciones, y para desarrollar planes de recopilación de datos. (Calidad, 2000)

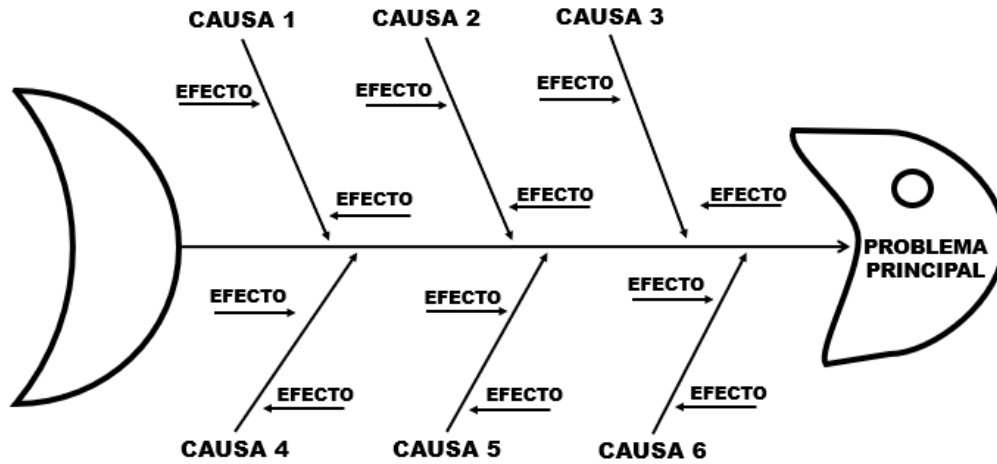


Diagrama de Pareto.

Es un diagrama que ayuda a identificar problemas importantes y sus principales causas. El diagrama está basado en el principio de Pareto también conocido como la regla “80-20”, que al reconocer y resolver problemas básicos (20%) podríamos resolver problemas más complejos (80%).

Es necesario determinar si el problema existe en todos los modelos, materiales, turnos, máquinas y operadores, etcétera, ya que esto nos ayudara a identificar la causa principal del problema. (Jordi Mompó Morant, 2020)

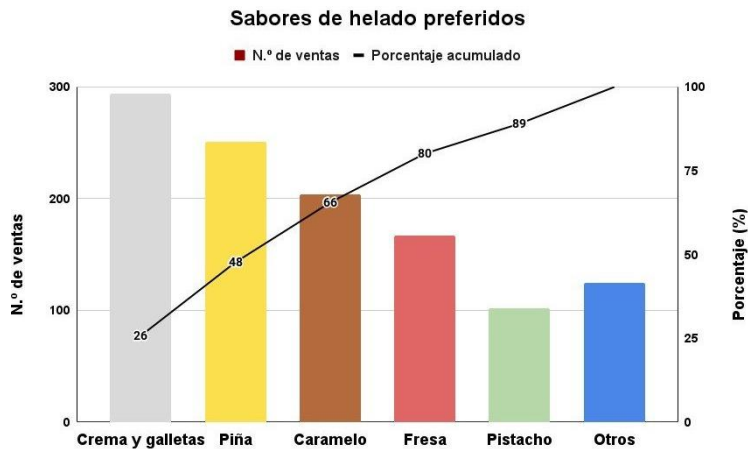


Ilustración 3. Diagrama de Pareto

Diagrama de Gozinto.

El diagrama de Gozinto (del inglés *goes into*, 'va hacia') o gráfica de ensamble, muestra cada paso en el proceso de ensamble y las partes que pasan hasta el producto final. (Roberto Carro Paz, 2012)

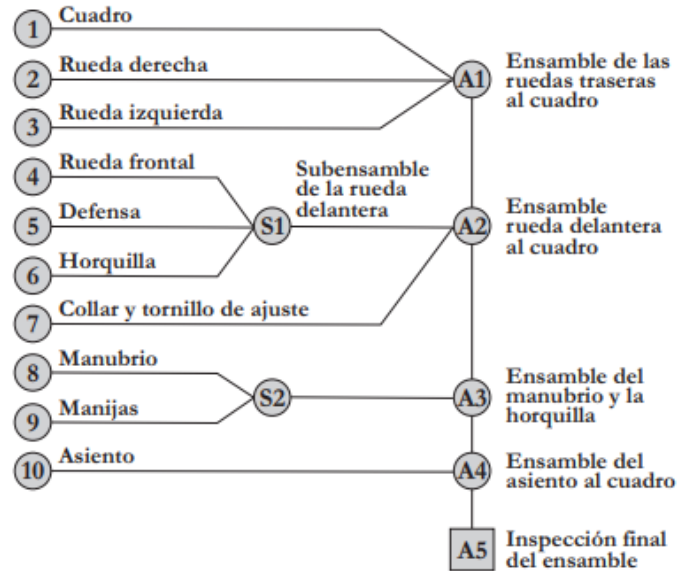


Ilustración 4. Diagrama de Gozinto (Roberto Carro Paz, 2012)

Diagrama de flujos de procesos.

Un diagrama de flujo de proceso se emplea para ayudar con el análisis y potenciar el proceso de transformación. Después de revisarlo, podría ser posible simplificar, eliminar o combinar algunas operaciones para aumentar la productividad general. Como resultado, pueden ser necesarios ajustes en la configuración, en las herramientas y en los procedimientos de trabajo, incluso modificaciones en el diseño del producto. En esta gráfica se desglosa el proceso en términos de símbolos que se muestran en la siguiente tabla. (Roberto Carro Paz, 2012)

Tabla 5. Símbolos para la gráfica del flujo del proceso. (Roberto Carro Paz, 2012)

Símbolo	Nombre	Descripción
○	Operación	Para una tarea o una actividad de trabajo
□	Inspección	Una revisión del producto en relación con la cantidad o la calidad
➡	Transporte	El movimiento de material de un punto a otro
▽	Almacenamiento	Colocar o almacenar materiales en espera de la siguiente operación
D	Demora	Un retraso en la secuencia de operaciones

Trabajo estandarizado

Es utilizado para reducir los errores de calidad, los cuales se creen que son uno de los principales problemas del proceso de producción. El trabajo estandarizado implica definir patrones para la producción, es decir, un conjunto de procedimientos en un orden determinado de trabajo (una rutina estándar). Su objetivo es identificar los enfoques y pasos más efectivos para cada fase del proceso y para cada trabajador. Aunque este método no implica que el trabajo total o final deba completarse de la misma manera, es decir el orden de los pasos a seguir pudiera variar, sí implica que una fase o paso del trabajo siempre se completará de la misma manera, independientemente del operador.

Debido a que el tiempo de producción se utiliza para definir el orden de las operaciones con el fin de satisfacer la demanda, los procesos de fabricación con menos aleatoriedad tienen menores variaciones en los tiempos de ciclo. (Sara Bragança, 2015)

Estudio de tiempo MTM UAS

Fue desarrollado entre 1976 y 1978, específicamente para lotes pequeños de producción donde la velocidad de análisis tiene prioridad sobre los métodos y los detalles operativos.

El sistema MTM-UAS define 7 movimientos básicos que son: tomar y situar, situar, manejo de auxiliar, accionar, ciclo de movimiento, movimiento de cuerpo, control visual.

Todos los movimientos están relacionados con las Unidades de Medición de Tiempo” (TMU por sus siglas en ingles), donde una hora es igual a 100,000 TMU. (Özlem Demirci, 2020)

Longitud de movimiento en cm		≤ 20	> 20 a ≤ 50	> 50 a ≤ 80		
Área de distancia		1	2	3		
Tomar y Situar		Código	1	2	3	
			TMU			
≤ 1 kg/daN	Fácil	Aprox.	AA	20	35	50
		Holgado	AB	30	45	60
		Justo	AC	40	55	70
	Difícil	Aprox.	AD	20	45	60
		Holgado	AE	30	55	70
		Justo	AF	40	65	80
	Puñado	Aprox.	AG	40	65	80
	> 1 kg/daN a ≤ 8 kg/daN	Aprox.	AH	25	45	55
		Holgado	AJ	40	65	75
Justo		AK	50	75	85	
> 8 kg/daN a ≤ 22 kg/daN	Aprox.	AL	80	105	115	
	Holgado	AM	95	120	130	
	Justo	AN	120	145	160	
Situar		Código	1	2	3	
			TMU			
	Aprox.	PA	10	20	25	
	Holgado	PB	20	30	35	
	Justo	PC	30	40	45	
Manejar Medios Auxiliares		Código	1	2	3	
			TMU			
Aproximado	HA	25	45	65		
Holgado	HB	40	60	75		
Justo	HC	50	70	85		
Accionar		Código	1	2	3	
			TMU			
Simple	BA	10	25	40		
Compuesto	BB	30	45	60		
Ciclos de Movimientos		Código	1	2	3	
			TMU			
Un movimiento	ZA	5	15	20		
Secuencia de movimientos	ZB	10	30	40		
Recolocar y un movimiento	ZC	30	45	55		
Apretar o aflojar	ZD		20			
Movimientos del Cuerpo		Código	TMU			
Andar / m	KA	25				
Inclinarse, Agacharse, Arrodillarse incl. Enderezarse	KB	60				
Sentarse y Levantarse	KC	110				
Control Visual		VA	15			

Ilustración 5. Valores MTM-UAS

Administración de la capacidad

Se debe tener en cuenta que las instalaciones sin aprovechar (exceso de capacidad) representan costos fijos excesivos; las instalaciones inadecuadas disminuyen la productividad a la baja de lo que es factible. Para estas situaciones es necesario y posible equilibrar la capacidad instalada con la demanda haciendo adecuaciones como:

- Cambios en recursos humanos
- Ajuste de equipos y procesos
- Mejoramiento de los métodos.
- Rediseño del producto (Roberto Carro Paz, 2012)

Takt Time

Takt es una palabra en alemán que significa 'ritmo'; entonces *takt time* 'tiempo de ritmo'. Es el ritmo de lo que el cliente está demandando. Producir mediante el *takt time* significa que los ritmos de producción y de ventas deben estar sincronizados.

El *takt time* es el tiempo necesario para completar una tarea del proceso de fabricación, el cual brinda beneficios tales como: satisfacción del cliente, reducción de costos, incremento en la capacidad de producir, controlar la calidad del producto y mantener la competitividad. (Cano, 2016)

$$Takt\ time = \frac{Tiempo\ efectivo}{Demanda\ diaria} \quad Ecuación\ 1$$

Tiempo de ciclo

Es el tiempo en el que un operario calificado termina una operación; utiliza un método estandarizado, a una velocidad normal y trabajando en condiciones normales de operación (iluminación, ventilación y ambiente adecuados).

Balaceo de línea

El balance de líneas es un factor importante para la productividad de una empresa, ya que asegura un flujo constante y homogéneo de los productos por medio de los diferentes procesos de fabricación, equilibra los tiempos de trabajo en todas las estaciones optimizando el uso de la mano de obra y del equipo para poder disminuir o eliminar el tiempo ocioso. (Peña Orozco, Neira García, & Ruiz Grisales, 2016)

Layout de línea de producción

El término *layout* (proveniente del inglés) puede interpretarse como disposición o plan para plasmar y representar en un plano las diferentes áreas que conforman una planta o negocio como la recepción de materia prima, almacén, operación, control e inspección de calidad, patios de maniobra, estacionamiento, entre otros.

Para la elaboración de un *layout* es pertinente contar con un inventario preliminar de todas las áreas que conforman la empresa; éste debe incluir las dimensiones de cada una de las áreas, superficie y altura. (García & Valencia, 2014)

Diagrama de Gantt para la planeación de la producción

Los cronogramas de barras o “gráficos de Gantt”, —concebidos por el ingeniero norteamericano Henry L. Gantt, uno de los precursores de la ingeniería industrial contemporánea de Taylor— se enfocan en resolver el problema de la programación de actividades, es decir, que la distribución sea conforme a un calendario, de modo que se pueda visualizar el periodo de duración de cada actividad, sus fechas de inicio y termino, e igualmente el tiempo total requerido para la ejecución de un trabajo. El instrumento que desarrolló permite también que se siga el curso de cada actividad, al proporcionar información del porcentaje ejecutado de cada una de ellas, así como el grado de adelanto o atraso con respecto al plazo previsto.

El gráfico de Gantt permite identificar la actividad en que se estará utilizando cada uno de los recursos y la duración de ese uso, de manera que puedan evitarse periodos ociosos e innecesarios, además brinda al administrador una visión completa de cómo se utilizan los recursos que se encuentran bajo su supervisión. (Hinojosa, 2003)

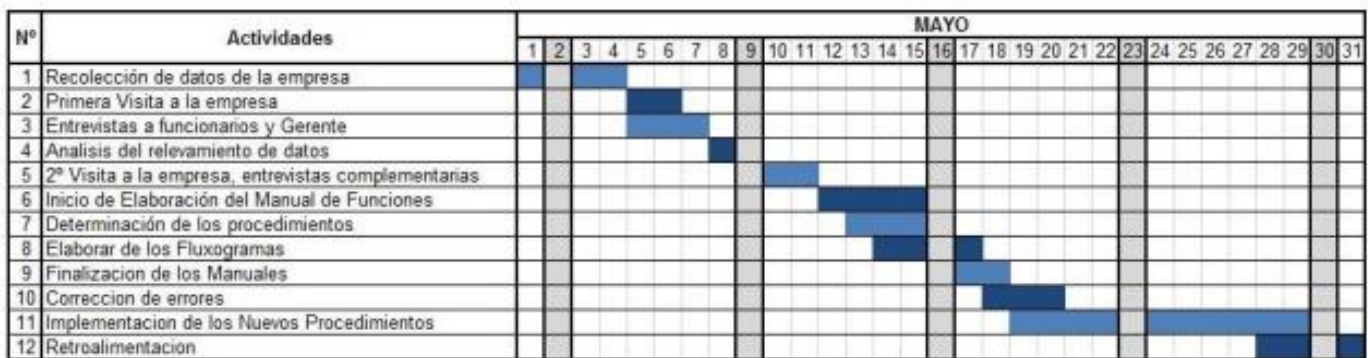


Ilustración 6. Diagrama de Gantt.

Sistema Andon

Los controles visuales están relacionados de manera íntima con los procesos de estandarización. Un control visual es un estándar representado con un elemento gráfico o físico de color o numérico, que es muy fácil de comprender.

La estandarización se transforma en gráficos y éstos se convierten en controles visuales, como en el Sistema Andon, (la palabra *Andon* es un vocablo en japonés que quiere decir “alarma”, “indicador visual” o “señal”) donde para mostrar el estado de producción se hace uso de señales visuales y auditivas que, en caso de surgir un problema, el indicador Andon se ilumina o se enciende una alarma para advertir al operador acerca de la existencia de un contratiempo. El código de colores utilizado se muestra en la siguiente tabla. (García & Valencia, 2014)

Tabla 6. Colores utilizados como indicadores visuales.

Color	Status
Rojo	Maquina descompuesta
Blanco	Pieza defectuosa
Amarillo	Esperando por cambio de modelo
Verde	Falta material
Apagado (sin luz)	Sistema operando de manera normal

Capacitación para el trabajo especializado

De acuerdo con la Secretaría del Trabajo y Previsión Social y en cumplimiento con lo descrito en el Capítulo III Bis de la Ley Federal del Trabajo, se deberá elaborar un Plan y Programa de Capacitación, Adiestramiento y Productividad. El plan debe considerar los requisitos señalados en el Acuerdo Normativo por el que se dan a conocer los criterios administrativos, requisitos y formatos para realizar los trámites y solicitar los servicios en materia de capacitación, adiestramiento y productividad de los trabajadores, mismo que se señalan brevemente a continuación:

1. Tomar en cuenta las necesidades de capacitación y adiestramiento de todos los puestos y niveles de trabajo existentes en la empresa.
2. Precisar el número de etapas en que se impartirán.
3. Indicar si se trata de planes y programas de capacitación y adiestramiento específicos para una empresa; comunes para varias empresas o bien, si se encuentran adheridos a un sistema general de capacitación y adiestramiento por rama o actividad; y, en su caso, los establecimientos en los que se aplica.
4. Establecer periodos no mayores a dos años.
5. Considerar que la impartición de la capacitación o adiestramiento sea por conducto del personal de la propia empresa o instructores especialmente contratados, instituciones, escuelas u organismos cualificados.
6. Basar en normas técnicas la competencia laboral o su equivalente (si lo hubiera) para los puestos de trabajo del cual se trate.
7. Incluir, en su caso, los recursos de capacitación que impartan:
 - a. las empresas de las que hayan adquirido un bien o servicio de cualquier naturaleza; y
 - b. los extranjeros a trabajadores mexicanos en territorio nacional, o bien cuando, los trabajadores reciban capacitación en el extranjero.

Las empresas deben conservar en sus registros internos lo siguiente:

1. La elaboración del plan y programas de capacitación, adiestramiento y productividad conforme al formato DC-2.

2. El nombre, objetivos y contenidos de los programas de capacitación, los puestos y niveles a los que están dirigidos y el proceso de selección para capacitar un mismo puesto y categoría.

El formato DC-2 se encuentra disponible en la página de la STPS (Secretaría del Trabajo y Previsión Social, s.f.)

Cero Defectos

Los programas cero defectos establecen la administración de la calidad con énfasis en hacer las cosas bien a la primera vez. Se trata de mentalizar a todos los que intervienen en el proceso productivo para conseguir que el producto se haga siempre con absoluta perfección. También suelen incluir una fase de familiarización de los operarios con el producto y así lograr que analicen la relación entre su trabajo y las prestaciones del producto, de manera que puedan valorar las consecuencias de una mala ejecución de sus labores. (Paz & Gómez, 2012)

Hojas de verificación

Una hoja o lista de verificación es un formato hecho especialmente para recolectar datos donde se detallan todos los factores o variantes de interés de alguna situación o proceso. El describir resultados de las operaciones o inspecciones, examinar artículos defectuosos, confirmar posibles causas de problemas de calidad, analizar o verificar operaciones, entre otras son algunas maneras en que se puede aplicar este método. (Paz & Gómez, 2012)

Descripción del trabajo

Planteamiento del problema

Tilmatli¹ señaló la planeación y programación de la producción como el principal problema de la empresa a tratar. Para ello, la empresa solicitó que en el análisis se considerara el diseño, los requerimientos de materiales, estandarización del trabajo, estudio de tiempos y movimientos, con lo cual fue posible generar el balanceo de línea, así como el *layout* eficiente.

Al observar el proceso de producción se evidenció la falta de planeación para cada fase, por ejemplo, la dificultad de la confección, los reprocesos debido a errores en la confección, trazo y/o corte de la tela generan retrasos de entrega a las demás áreas productivas involucradas, comprometiendo los tiempos de respuesta y la correcta toma de decisiones.

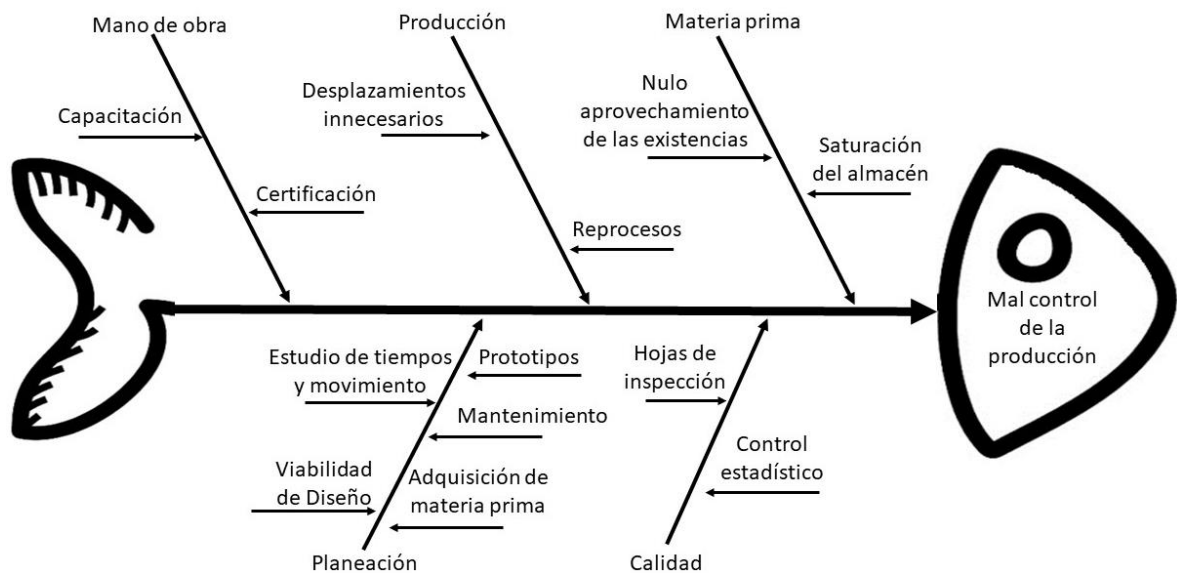


Ilustración 7. Diagrama causa y efecto.

Análisis del problema.

El complejo fabril cuenta con sus propias instalaciones para la fabricación, teñido, acabado, trazo y corte de tela que se ocupa para la confección de diversos artículos. Esto brinda una ventaja, ya que es posible controlar la calidad de la tela y los teñidos de la misma; sin embargo, supone que la planeación debe hacerse tomando en cuenta no sólo la complejidad de la confección, sino también los tiempos de entrega de los procesos de los que depende la confección.

De manera particular las naves dedicadas a la confección se encuentran en dificultad a causa de la capacitación del personal, así como con el flujo y manejo de la materia prima.

No se tiene documentados ni estandarizados los procesos de producción, lo cual repercute en los tiempos de entrega del producto final con respecto al plan de producción.

El jefe de la fábrica indicó las diferentes problemáticas dentro de la producción, los cuales se analizaron mediante el Diagrama de Ishikawa. También aplicamos el Diagrama de Pareto para categorizar problemas que son dependientes unos de otros y así atender a las causas independientes a la brevedad y que su vez, ayudara a resolver problemas subyacentes, congruente con la regla 80-20.

Si observamos la Ilustración 8. Diagrama de Pareto de la fábrica de Artículos de campamento se puede precisar que el principal problema del complejo fabril es la capacitación del personal en los diferentes niveles, lo que conlleva a un efecto en cascada de descontrol en los procesos. Por lo que, en lo sucesivo cada una de las metodologías propuestas encaminaran a la capacitación y ejecución de éstas.

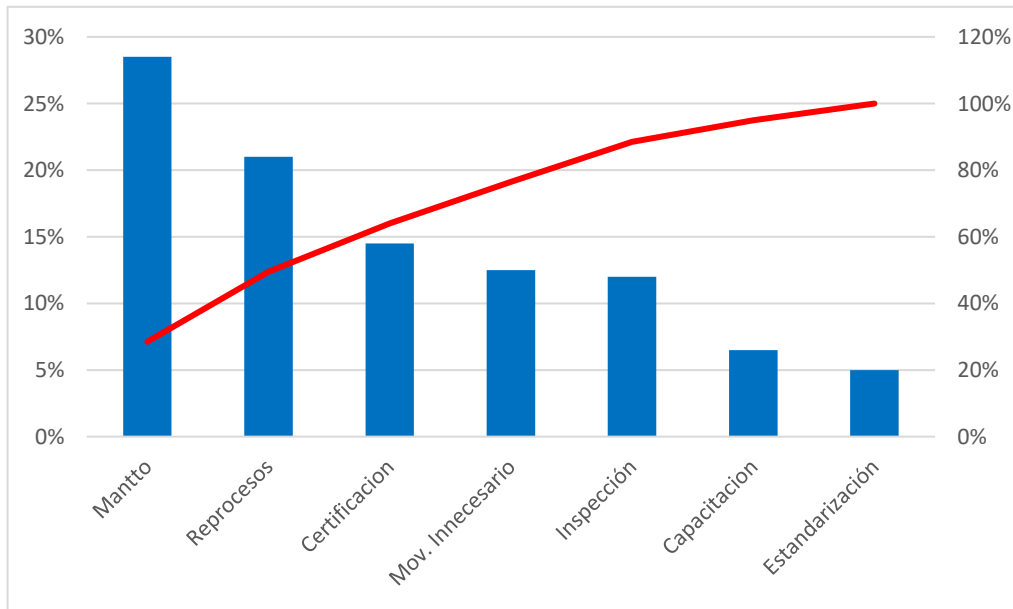


Ilustración 8. Diagrama de Pareto de la fábrica de Artículos de campamento

Para ejemplificar este proyecto se tomará como referencia el chaleco táctico. Dicha producción maneja 10,000 unidades, es decir, 500 piezas diarias elaboradas en un turno con un horario de las 08:00 a las 17:30 hrs. Estos turnos contemplan tiempos de comida, preparación y limpieza de la máquina, idas al sanitario, los cuales son considerados como tiempos muertos.

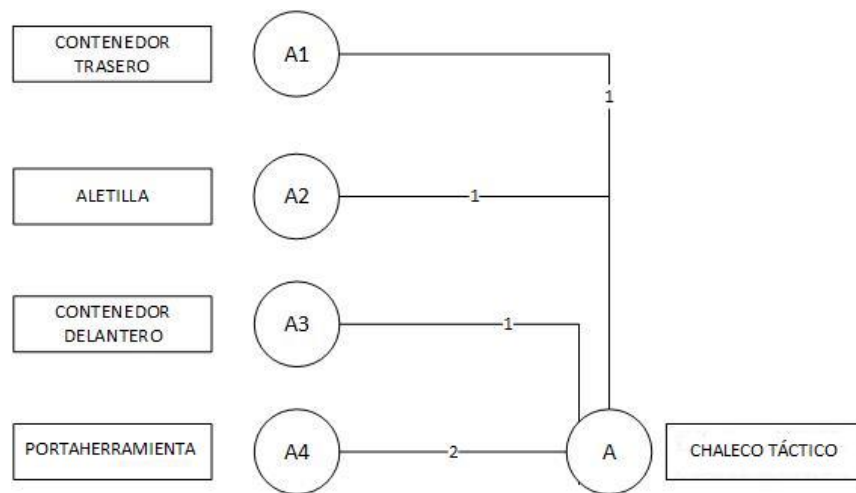


Ilustración 9. Diagrama de Gozinto chaleco táctico

El Diagrama de Gozinto permitirá visualizar los subensamblados necesarios para la fabricación del chaleco táctico, con lo que podremos enlistar las operaciones pertinentes para su ejecución. En ese sentido, la fábrica de confección que se encarga de la producción de chalecos de acuerdo con el Diagrama de Gozinto debe contar con cinco líneas de producción: contenedor trasero, aletilla, contenedor delantero, porta herramienta y ensamble final. Al generar el Diagrama de Gozinto de cada subensamble se pueden identificar las operaciones independientes por las cuales se deberá comenzar la fabricación, así como las dependientes que pudieran convertirse en cuellos de botella y ralentizar la manufactura, también se puede observar el explosionado con lo que posibilita enlistar los materiales requeridos y las cuotas necesarias para cada subensamble.

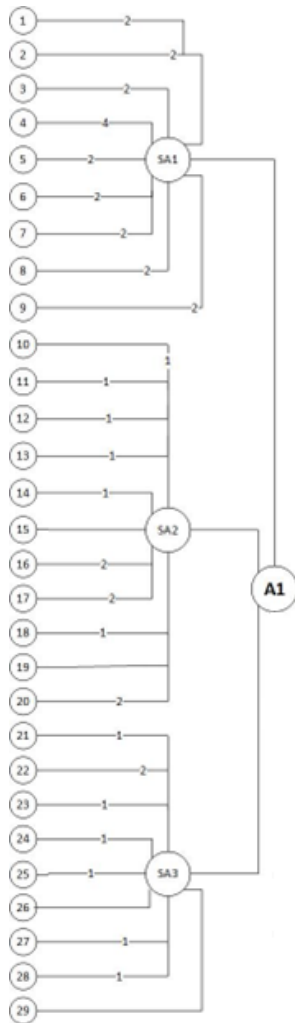


Ilustración 10. Diagrama de Gozinto contenedor trasero de chaleco táctico

Tabla 7. Listado de materiales contenedor

CONTENEDOR TRASERO (A1)			
TIRANTES (SA1)	1	CINTA AFELPADA 19mm	8 cm
	2	HILO NGO 40/3	
	3	HEBILLA TUBULAR MACHO	
	4	HEBILLAS RECTANGULARES DE 38 mm	
	5	CINTA POLIÉSTER NGA 2 PALMAS 38mm	6 cm
	6	CINTA POLIÉSTER NGA 2 PALMAS 38mm	70 cm
	7	CONTACTEL GANCHO 51 mm	7 cm
	8	CORTE TIRANTE ESPUMA	
	9	CORTE TIRANTE NYLON 1000	
	CASACA (SA2)	10	CORTE CASACA NYLON 1000
11		CONTACTEL FELPA 1"	10 cm
12		CONTACTEL GANCHO 1"	10 cm
13		CINTA POLIÉSTER NGA 2 PALMAS 51 mm	28 cm
14		CINTA POLIÉSTER NGA 2 PALMAS 1"	38 cm
15		CINTA POPOTILLO INGA 1"	40 cm
16		ARGOLLA D 1"	
17		CINTA POLIESTER INGA 2 PALMAS 1"	8 cm
18		HILO NGO 40/3	
19		PARCHE SUBLIMADO	
CUERPO DE CONTENDOR TRASERO (SA3)	20	HILO BCO. 40/3	
	21	CORTE PIECERA NYLON 1000	
	22	CONTACTEL FELPA 1"	32 cm
	23	CUERPO DE CONTENEDOR INTERIOR NYLON 1000	
	24	ETIQUETA	17 x 10 cm
	25	PLÁSTICO CRISTAL	18 x 10 cm
	26	HILO BCO. 40/3	
	27	CONTACTEL GANCHO 1"	32 cm
	28	CUERPO DE CONTENEDOR EXTERIOR NYLON 1000	
	29	HILO NGO 40/3	

Basados en la Ilustración 10. Diagrama de Gozinto contenedor trasero de chaleco táctico podemos generar la Tabla 8. Flujograma analítico para registrar la sucesión de operaciones en el orden que deben realizarse, sin tomar en cuenta la escala de tiempo relacionada a cada actividad.

Tabla 8. Flujograma analítico

FLUJOGRAMA ANALITICO

Concepto: Se usa para ayudar con el análisis y la mejora del proceso.

Instrucciones: Ingresar las operaciones y analizar cuál es la categoría que le corresponde, ingresar la cuota que hay que cubrir y la máquina necesaria para la operación.

Proceso: Chaleco Táctico

Fecha: 2019

Fabrica: 2

Artículo:	Chaleco Táctico			Tamaño de lote:			500 pzas. diarias	
Ensamble:	Contenedor trasero			Subensamble:			Tirantes	
No. de Op.	Nombre de la operación	Operación	Transporte	Inspección	Demora	Almacén	Cuota	Máquina
10	Presillar dona	●	⇒	□	D	▽	1000	Presilladora
20	Deshebrar y voltear dona	●	⇒	□	D	▽	1000	Manual
30	Armar hebilla tubular y presillar cinta 70 cm	●	⇒	□	D	▽	1000	Presilladora
40	Presillar hebillas rectangulares	●	⇒	□	D	▽	1000	Presilladora
50	Colocar dona a cinta 70 cm	●	⇒	□	D	▽	1000	Manual
60	Cerrar corte tirante	●	⇒	□	D	▽	1000	Máquina Recta
70	Voltear y picar tirante	●	⇒	□	D	▽	1000	Manual
80	Meter espuma a tirante	●	⇒	□	D	▽	1000	Manual
90	Coser contactel gancho 7 cm	●	⇒	□	D	▽	1000	Máquina Recta
100	Producto semiprocesado	○	⇒	■	D	▽	1000	

De la Tabla 8. Flujograma analítico podemos enlistar las máquinas necesarias para cada operación de la fabricación del chaleco táctico. El listado de máquinas brinda información que nos

permitirá generar la estandarización del trabajo realizado en las máquinas específicas para la producción.

Tabla 9. Listado de máquinas

MÁQUINAS	OPERACIONES MANUALES
Cortadora de cintas	Manual-refilar
Cortadora de polietileno	Manuel-revisar y marcar
Flameadora	Manual-voltear
Máquina de broche	Manual-guillotina
Máquina perforadora	Manual-acomodo
Máquina presilladora	Manual-colocar
Máquina recta	Manual-deshebrar
Máquina ribeteadora	Manual-encementado
Máquina ultrasónica	Manual-enfundar panel
Presilladora programable	Manual-hermanar
Suajadora	Manual-hule
	Manual-inspección visual

En la empresa Tilmatli¹ se estandarizaron todas las máquinas y operaciones manuales; sin embargo, para este punto solamente se mostrará la estandarización de la máquina recta y para la operación manual-deshebrar, que son las más comunes dentro de la fábrica.

Tabla 10. Trabajo estandarizado de máquina recta.

Máquina recta	1. Asegurar la alimentación (eléctrica y/o hidráulica)
	2. Enhebrar la máquina
	3. Devanar bobina
	4. Colocar la aguja
	5. Ajustar tensión
	6. Ajustar presión
	7. Ajustar tensión bobina
	8. Colocar bobina
	9. Colocar en devanador bobina de repuesto
	10. Ensartar aguja
	11. Encender la máquina
	12. Tomar de la mesa auxiliar una pieza del bulto
	13. Accionar pedal (levantar y bajar pie prénsatela, costura, cortar hilo)
	14. Colocar la pieza en la mesa auxiliar

Tabla 11. Trabajo estandarizado de manual-deshebrar.

Manual-deshebrar	1. Tomar de la mesa auxiliar una pieza del bulto con una mano, y con la otra mano las deshebradoras.
	2. Cortar los hilos que sean visibles con la ayuda de las deshebradoras.
	4. Colocar la pieza en la mesa para siguiente operación.

Una vez obtenida la estandarización del trabajo, se genera el estudio de tiempos y movimientos con la metodología MTM UAS. Para facilitar el estudio se trabajó con una hoja de cálculo que contenían listas desplegables, de esta manera la selección de cada uno de los movimientos necesarios fue más simple. Entonces, la primera celda de la hoja de cálculo es la operación que se tiene que analizar y, en la segunda celda encontramos la descripción, es decir, el trabajo estandarizado.

Tabla 12. Trabajo estandarizado maquina recta

OPERACIÓN	DESCRIPCIÓN
Máquina recta	1. Asegurar la alimentación (eléctrica y/o hidráulica)
	2. Enhebrar la máquina
	3. Devanar bobina
	4. Colocar la aguja
	5. Ajustar tensión
	6. Ajustar presión
	7. Ajustar tensión bobina
	8. Colocar bobina
	9. Colocar en devanador bobina de repuesto
	10. Ensartar aguja
	11. Encender la máquina
	12. Tomar de la mesa auxiliar una pieza del bulto
	13. Accionar pedal (levantar y bajar pie prénsatela, costura, cortar hilo)
	14. Colocar la pieza en la mesa auxiliar

Así comienza el análisis con la columna “acción” y “suplementos”, los menús desplegables están diseñados para que los siguientes menús arrojen las opciones únicas para cada acción.

Tabla 13. Suplementos MTM-UAS

ACCION	SUPLEMENTOS		
TOMAR Y SITUAR	MENOR_0_IGUAL_1K _q	FACIL	APROX.
SITUAR	MAYOR_1K _q _O_MENOR_8K _q	DIFICIL	HOLGADO
MANEJO_DE_AUXILIARES	MAYOR_8K _q _O_MENOR_22K _q	PURADO	JUSTO
ACCIONAR			
CICLOS_DE_MOVIMIENTOS			
MOVIMIENTO_DEL_CUERPO			
CONTROL_VISUAL			

La siguiente celda, “distancia” (cotas en centímetros), se llena de forma manual. Como respuesta a esta información, la tabla arroja un código alfanumérico de tres caracteres que a su vez asignan el número de TMU correspondiente. Por último, se debe llenar manualmente la celda de “cantidad” y “frecuencia” que como su nombre indica es la cantidad de veces que se debe repetir la acción o la frecuencia con la que se deberá ejecutar dicha acción.

Estos dos datos completan la tabla arrojando la totalidad en TMU y su equivalencia en segundos; la última celda es el total en segundos de la operación o la máquina que se está analizando y es la suma de todos los pasos que se enlistan en la descripción.

Tabla 14. Código MTM-UAS.

DISTANCIA (cm)	CODIGO			TMU	CANT.	FREC.	TTL TMU	TTL SEG	TTL SEG MAQ.
20	A	B	1	30	1	1	30	1.08	

Una vez explicado el funcionamiento de la tabla, podemos presentarla en su totalidad con el análisis de la máquina recta y la operación manual deshebrado. Por lo que se deberá ver como en la Tabla 15. Estudio de tiempo y movimientos de la maquinaria

ESTUDIO DE TIEMPOS Y MOVIMIENTOS DE LA MAQUINARIA													
Concepto:	Se estudia los movimientos requeridos en cada una de las maquinarias.												
Consideraciones:	Se deberá estudiar a detalle los movimientos en cada una de las maquinas, así como las condiciones de trabajo de las estaciones (de pie, sentado), y las distancias de las mesas de trabajo, así como las mesas de entrada y salida.												
Instrucciones:	Ingresa el nombre de la maquinaria, ingresa cada movimiento hasta terminar con la operación, comienza a seleccionar de los menus desplegables de acuerdo sea el caso, ingresa la distancia de accion en centimetros, ingresa la cantidad y frecuencia de veces que tienes que repetir ese movimiento para completar la operacion, no olvides calcular la sumatoria del tiempo por maquinaria.												
OPERACIÓN	DESCRIPCION	ACCION	SUPLEMENTOS		DISTANCIA (cm)	CODIGO	TMU	CANT.	FREC.	TTL TMU	TTL SEG	TTL SEG MAQ.	
MANUAL-DESHEBRAR	1. CON UNA MANO TOMAR DE LA MESA AUXILIAR UNA PIEZA DEL BULTO, Y CON LA OTRA MANO LAS DESHEBRADORAS	CICLOS_DE_MOVIMIENTOS	SECUENCIA DE MOVIMIENTOS		50	Z B 2	30	1	1	30	1.08	27	
	2. CON LA AYUDA DE LAS DESHEBRADORAS CORTAR LOS HILOS QUE SEAN VISIBLES	MANEJO_DE_AUXILIARES	JUSTO		30	H C 2	70	1	10	700	25.2		
	4. COLOCAR LA PIEZA EN LA MESA PARA SIGUIENTE OPERACIÓN	SITUAR	APROX.		50	P A 2	20	1	1	20	0.72		
MAQUINA RECTA	1. ASEGURAR LA ALIMENTACION (ELECTRICA Y/O HIDRAULICA)	CICLOS_DE_MOVIMIENTOS	UN MOVIMIENTO		50	Z A 2	15	1	1	15	0.54	14.04	
	2. ENHEBRAR LA MAQUINA	CICLOS_DE_MOVIMIENTOS	SECUENCIA DE MOVIMIENTOS		30	Z B 2	30	1	1	30	1.08		
	3. DEVANAR BOBINA	CICLOS_DE_MOVIMIENTOS	SECUENCIA DE MOVIMIENTOS		30	Z B 2	30	1	1	30	1.08		
	4. COLOCAR LA AGUJA	CICLOS_DE_MOVIMIENTOS	SECUENCIA DE MOVIMIENTOS		30	Z B 2	30	1	1	30	1.08		
	5. AJUSTAR TENSION	CICLOS_DE_MOVIMIENTOS	SECUENCIA DE MOVIMIENTOS		30	Z B 2	30	1	1	30	1.08		
	6. AJUSTAR PRESION	CICLOS_DE_MOVIMIENTOS	SECUENCIA DE MOVIMIENTOS		30	Z B 2	30	1	1	30	1.08		
	7. AJUSTAR TENSION BOBINA	CICLOS_DE_MOVIMIENTOS	SECUENCIA DE MOVIMIENTOS		30	Z B 2	30	1	1	30	1.08		
	8. COLOCAR BOBINA	CICLOS_DE_MOVIMIENTOS	SECUENCIA DE MOVIMIENTOS		30	Z B 2	30	1	1	30	1.08		
	9. COLOCAR EN DEVANADOR BOBINA DE REPUESTO	CICLOS_DE_MOVIMIENTOS	SECUENCIA DE MOVIMIENTOS		30	Z B 2	30	1	1	30	1.08		
	10. ENSARTAR AGUJA	CICLOS_DE_MOVIMIENTOS	SECUENCIA DE MOVIMIENTOS		30	Z B 2	30	1	1	30	1.08		
	11. ENCENDER LA MAQUINA	ACCIONAR	SIMPLE		20	B A 1	10	1	1	10	0.36		
	12. TOMAR DE LA MESA AUXILIAR UNA PIEZA DEL BULTO	TOMAR_Y_SITUAR	MENOR_O_IGUAL_1Kg	DIFICIL	APROX.	50	A D 2	45	1	1	45		1.62
	13. ACCIONAR PEDAL (LEVANTAR Y BAJAR PIE PRENSATELA, COSTURA, CORTAR HILO)	ACCIONAR	SIMPLE		20	B A 1	10	1	3	30	1.08		
	14. COLOCAR LA PIEZA EN LA MESA AUXILIAR	SITUAR	APROX.		50	P A 2	20	1	1	20	0.72		

Tabla 15. Estudio de tiempo y movimientos de la maquinaria

Al completar el estudio de tiempos de acuerdo con la Tabla 9. Listado de máquinas, es posible generar la Tabla 16. Estudio de tiempos por operación Que mantiene el formato con que se ha estado trabajando y ésta se divide en: concepto, consideraciones e instrucciones, calcula el tiempo total del ciclo, el *takt time*, así como el total de operaciones. Se deberá ingresar la línea de producción a la cual pertenece y el subensamble que se está analizando; para seleccionar la máquina requerida para cada operación la celda tiene un menú desplegable, al seleccionar la maquina la tabla marca el tiempo de proceso de la máquina. Luego de forma manual se ingresa la longitud total de la costura que deberá realizarse y automáticamente arroja el tiempo que toma esa costura; nuevamente

se ingresa frecuencia y cantidad, que se refiere al número de costuras a realizar en la operación, para el cálculo final que es el tiempo total de la operación.

El *takt time* es comparado automáticamente con el tiempo total de la operación, que en caso de ser superior la casilla se torna roja, en cuyo caso será necesario hacer ajuste a la operación para que el tiempo sea igual o menor que el *takt time*.

Tabla 16. Estudio de tiempos por operación

ESTUDIO DE TIEMPOS POR OPERACIÓN							
Concepto:	Se analiza el tiempo requerido para cada operación						
Consideraciones:	Se debiera tener el analisis de operaciones de acuerdo a un diagrama de Gozinto (diagrama de precedencia)						
Instrucciones:	Inicia con los subensambles de primer nivel y continua con los subensambles no dependientes de segundo nivel, ingresa la maquinaria tal cual la ingresaste en la de MTM MAQUINAS, ingresa el tiempo aproximado del tiempo que la maquina esta funcionando hasta completar la operacion						
Proceso:	TOTAL DEL CICLO	2.872871287					
Fabrica:	TAKT TIME	52.2					
Fecha:	TOTAL DE OP.	202					
CONTENEDOR TRASERO							
TIRANTES	MAQUINA	TIEMPO MAQ.	COSTURA LINEAL (mm)	TIEMPO COST. LINEAL	FREC.	CANT.	TTL TIEMPO X OP
CT 10	CORTAR CINTA AFELPADA	CORTADORA DE CINTAS	6.12	0	1	2	12.24
CT 20	PRESILLAR DONA	MAQUINA PRESILLADORA	15.12	35	1	2	32.24
CT 30	ARMAR HEBILLA TUBULAR Y PRESILLAR CINTA 70 cm	MAQUINA PRESILLADORA	15.12	35	2	2	64.48
CT 40	CERRAR CORTE TIRANTE	MAQUINA RECTA	14.04	600	1	2	36.08
CT 50	VOLTEAR Y PICAR TIRANTE	MANUAL-VOLTEAR	4.86		1	2	9.72
CT 60	METER ESPUMA A TIRANTE	MANUAL-ENFUNDAR PANEL	6.66		1	2	13.32
CT 70	COSER CONTACTEL GANCHO 7 cm	MAQUINA RECTA	14.04	300	1	2	30.08
CT 80	PRESILLAR HEBILLAS RECTANGULARES	MAQUINA PRESILLADORA	15.12	35	1	2	32.24
CT 90	DESHEBRAR Y VOLTEAR DONA	MANUAL-DESHEBRAR	27		1	2	54
CT 100	COLOCAR DONA A CINTA 70 cm	MANUAL-ACOMODO	2.88		1	2	5.76

En la Ilustración 11. Diagrama de proceso Chaleco Táctico, se distribuyeron las operaciones de acuerdo con la Tabla 16. Estudio de tiempos por operación, donde las operaciones CT30 y CT90 estaban fuera de ritmo; por lo que fue necesario colocar dos estaciones de trabajo para realizar la operación y que de esta forma el tiempo se balanceara con el Takt time de 52.2 segundos.

Para el caso específico de la operación CT100, también se plantean dos estaciones de trabajo, lo que ajusta el ritmo al takt time, pero para ambas estaciones se agrupa con la operación CT100 que no afecta el balanceo final.

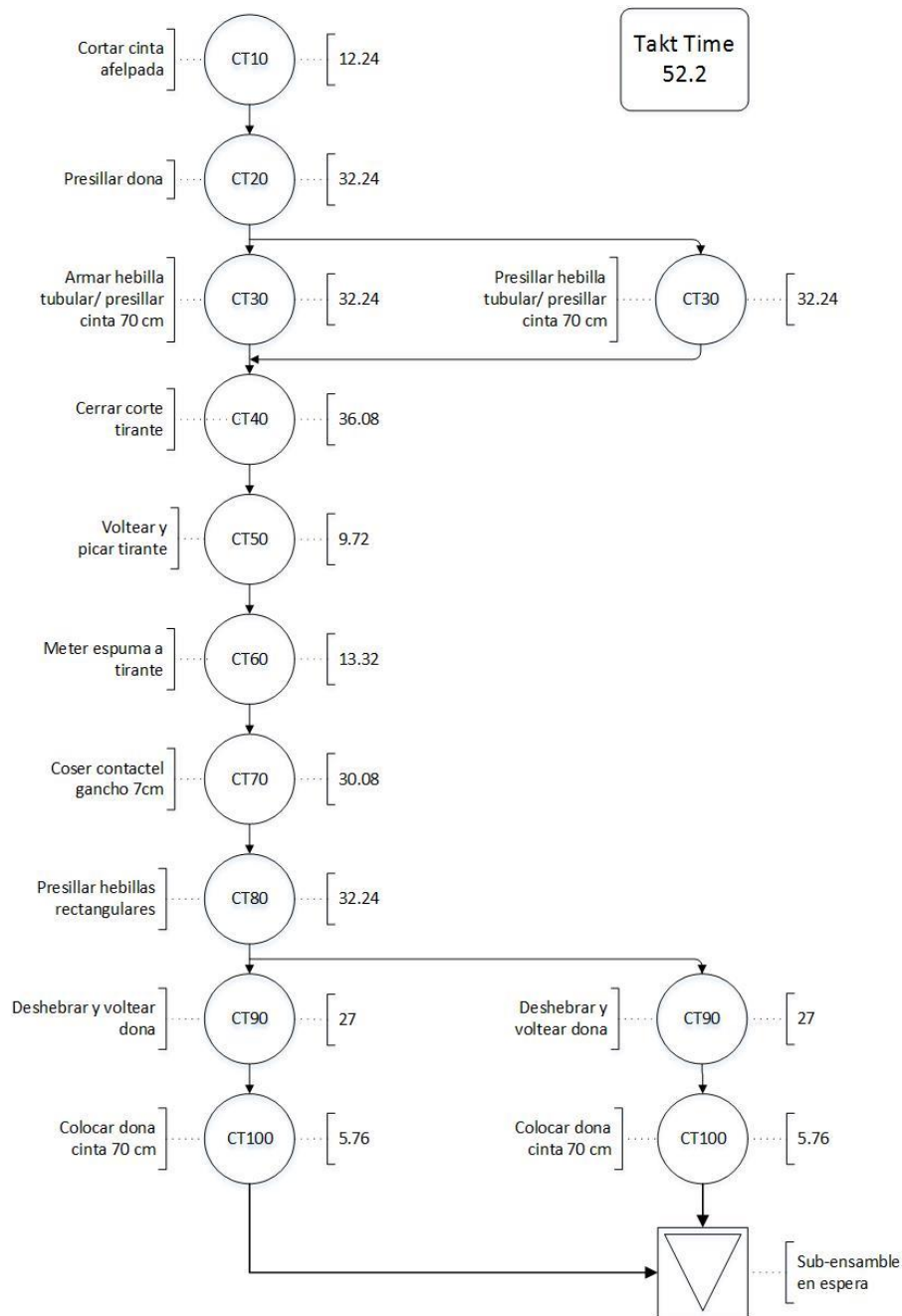


Ilustración 11. Diagrama de proceso Chaleco Táctico

Con la ayuda de la Ilustración 11. Diagrama de proceso Chaleco Táctico, se realiza el balanceo de líneas, lo que asegura que la producción sea distribuida de manera uniforme. De nuevo se conserva el formato: concepto e instrucciones, retoma los datos de tablas anteriores, tiempo total del ciclo y *takt time*, con estos datos se calculan las estaciones de trabajo ideales, ingresando manualmente las estaciones reales obtenidas del balanceo de líneas, calcula también la eficiencia de la línea.

En este caso se agruparon las operaciones que usan la misma maquinaria para que se realicen varias operaciones ajustándose al *takt time* de 52.20 segundos, lo que optimiza el proceso como se observa en la siguiente gráfica.

Tabla 17. Balanceo de líneas

BALANCEO DE LINEAS

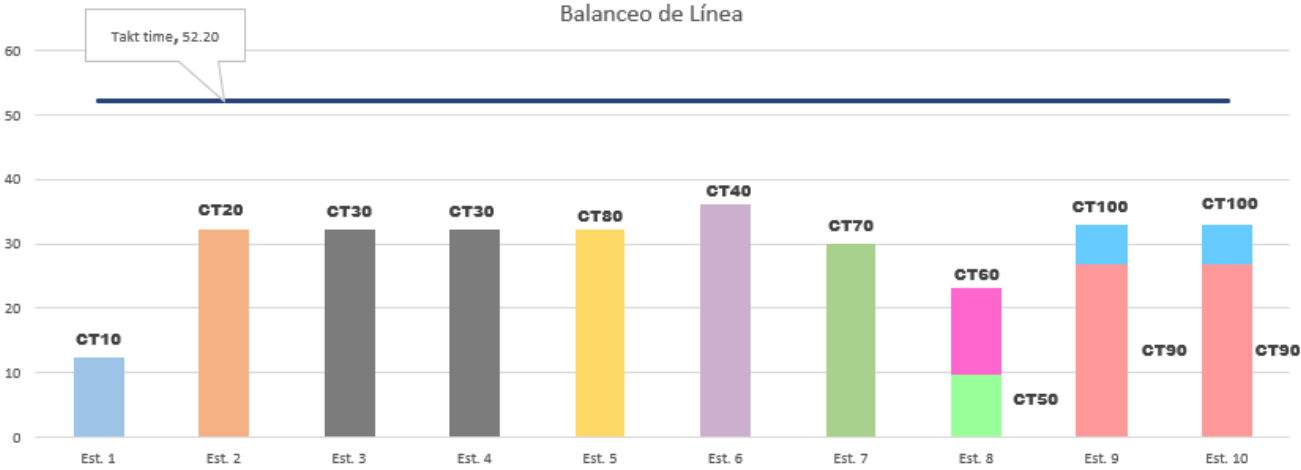
- CONCEPTO:** Es la distribución de la capacidad que asegura un flujo continuo y uniforme de los productos, igualando los tiempos de trabajo en todas las estaciones
- INSTRUCCIONES:** Agrupa las operaciones de la tabla anterior, de tal forma que la sumatoria de los tiempos sea menor o igual que el *takt time*, **NO ELIMINAR** la fila que corresponde a *takt time* en la tabla, para que al momento de graficar se pueda apreciar la línea de tendencia.

Proceso:		Fecha:	
Fabrica:			
TOTAL DEL CICLO:	2.873	NO. EST. CALCULADAS:	0
TAKT TIME:	52.20	NO. EST. REALES:	0
EFICIENCIA:	0%		

Operaciones	Est. 1	Est. 2	Est. 3	Est. 4	Est. 5	Est. 6	Est. 7	Est. 8	Est. 9	Est. 10
CT10	12.24									
CT20		32.24								
CT30			32.24	32.24						
CT80					32.24					
CT40						36.08				
CT70							30.08			
CT50								9.72		
CT60								13.32		
CT90									27	27
CT100									5.76	5.76
Takt time	52.20	52.20	52.20	52.20	52.20	52.20	52.20	52.20	52.20	52.20

Como se observa en la Tabla 17. Balanceo de líneas, al ingresar los datos se hace un sesgo, de tal forma que una estación de trabajo realiza una o varias operaciones. Por su parte, la

gráfica muestra estos datos en columnas agrupadas con una línea de tendencia correspondiente al tiempo de ritmo. En la Grafica 1. Balanceo de línea, es más fácil visualizar cómo es que las operaciones se distribuyen basadas en el tiempo de ritmo.



Grafica 1. Balanceo de línea

Una vez que contamos con toda la información referente a los tiempos de la producción, es posible asignar prioridades de fabricación, de esta manera, los subensambles que son más complejos tienen prioridad y evitamos crear retrasos en la entrega del producto terminado.

Basado en el balanceo de líneas se realiza el layout de la fábrica, lo que nos permite visualizar el acomodo de las estaciones de trabajo y el flujo de la materia prima y/o producto semi procesado, maximizando el uso de suelo, además de evitar pérdida de tiempo al mover innecesariamente la materia prima y/o producto semiprocado.

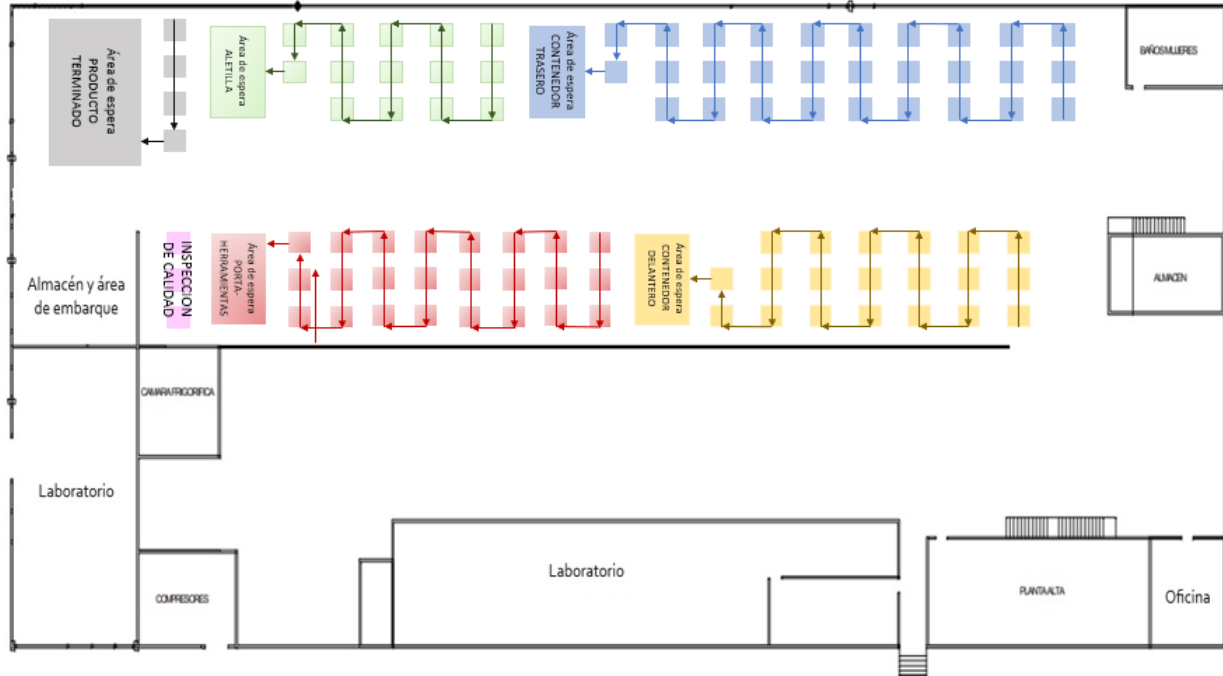


Ilustración 12. Layout de la fábrica.

Lo siguiente sería programar un Diagrama de Gantt, para planificar los tiempos de fabricación y no tener a la línea del ensamble final en espera. Si tomamos en cuenta los tiempos de cada ciclo de la fabricación de los subensambles podemos identificar y asignar prioridad en el calendario.

Tabla 18. Tiempo de ciclos subensambles

Subensamble	Pza./seg.
Contenedor trasero	65.38
Portaherramientas	51.52
Contenedor delantero	30.32
Ensamble final	45.01

Para la calendarización se contempló la fecha de inicio (5 de agosto de 2019) y la fecha de entrega (el 22 de octubre de 2019), se contemplaron también los días feriados que no se laboran, así como los días domingos de descanso.

Tabla 19. Días feriados

Días feriados.			
Septiembre	Noviembre	Diciembre	Enero
01-sep-19	01-nov-19	12-dic-19	01-ene-19
15-sep-19	02-nov-19	24-dic-19	06-ene-19
16-sep-19	20-nov-19	25-dic-19	
		31-dic-19	

De acuerdo con lo anterior, se presenta el Diagrama de Gantt de la siguiente manera, en donde se aprecia en color verde la producción planeada y en azul la producción que se llevó a cabo de forma real.

Tabla 20. Diagrama de Gantt

Subensamble	Inicio	Duración	Fin	Agosto				Septiembre				Octubre				Noviembre			
				1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Contenedor trasero	05/08/2019	35	09/09/2019	█	█	█	█	█	█	█	█								
Portaherramientas	12/09/2019	36	18/10/2019		█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█				
Contenedor delantero	19/09/2019	35	24/10/2019			█	█	█	█	█	█								
Ensamble final	17/09/2019	35	22/10/2019							█	█	█	█	█	█				
█	Producción programada																		
█	Producción real																		

El atraso en el inicio de la producción se debió a que no se cumplieron los tiempos estipulados en la entrega del producto anterior, a pesar de esto la entrega del chaleco táctico solo se demoró una semana según la fecha contemplada.

Con este estudio se identificaron los principales problemas para el monitoreo y se desarrolló un prototipo de monitoreo para estaciones de trabajo basado en el Sistema Andon. Este sistema consta de un dispositivo con 4 botones activados por el operario, quien encenderá la luz de una torre con 4 colores, donde cada color representa una necesidad del operario.

Tabla 21. Clasificación de colores para prototipo

Color	Status
Azul	Calidad
Rojo	Mantenimiento
Amarillo	Falta de material
Verde	Trabajando

Al igual que en el trabajo estandarizado, el operario deberá saber cuál es el proceso en caso de que se active una de las llamadas (colores), esto también se incluye en la capacitación básica: cuando se pulsa alguno de los botones se enciende la luz correspondiente, un cronometro registra fecha y hora de inicio de llamada, una vez que la llamada fue atendida y resuelta por el supervisor de línea, se debe pulsar nuevamente el botón para apagar la luz; el cronometro registra fecha y hora de fin de llamada. Con estos datos calculamos el tiempo de duración de cada llamada y, de esta manera, controlamos el

tiempo de trabajo efectivo, controlamos los tiempos muertos enfocados en falta de material y mantenimiento, y también la calidad en cada estación de trabajo.

El sistema registra y grafica en diagramas circulares en tiempo real todas las llamadas de todas las estaciones de trabajo en la fábrica, a partir de aquí es posible consultar las llamadas por fábrica, por línea y por estación de trabajo en tiempo real, además de consultar históricos. Al poder consultar las llamadas en tiempo real, se podrán hacer las correcciones adecuadas; en cuanto a los históricos será posible verificar la operatividad del tiempo efectivo².

Para controlar correctamente el proceso de manufactura es necesario tener un plan de capacitación estructurado de acuerdo con las necesidades de fabricación de cada producto. En el caso de la industria del vestido se propuso únicamente un temario, así como un calendario de evaluación que incluye además el tiempo estimado para la curva de aprendizaje.

Las actividades para el desarrollo de aptitudes de los operarios son propuestas por los sastres capacitadores, por lo que las propuestas son las siguientes:

Perfil de ingreso.

Deseo de desarrollarse en la industria del vestido y su mantenimiento, contar con actitud responsable, positiva, emprendedora, mostrar confianza, ser disciplinado y con buena coordinación motriz a fin de realizar con seguridad sus labores. Contar con preparatoria terminada.

Perfil del docente.

Personal capacitado, con experiencia y aptitudes de enseñanza en las diferentes áreas relacionadas de la industria del vestido, así como coordinación y seguimiento a grupos para compartir los conocimientos y herramientas adecuadas en el uso de la maquinaria empleada en la industria del vestido y su mantenimiento.

Perfil de egreso.

Personal con habilidades y aptitudes desarrolladas de forma adecuada para la operación, mantenimiento y seguimiento de las normas de seguridad y control de calidad de la industria del vestido y su mantenimiento.

Temario.

- Historia de la empresa.
- Cultura organizacional.
- Seguridad industrial.
 - Causas de accidentes: actos inseguros - condiciones inseguras.
 - Precauciones de seguridad: calzado, vestimenta, adornos y cabello.
 - Protección personal: mascarillas, lentes de seguridad.
- Mantenimiento de primer escalón.
- Lectura e interpretación de hojas de especificación.

² En cuanto al prototipo no se incluye más información debido a que aún se encuentra en desarrollo.

- Introducción Sistema Andon.
- Trabajo estandarizado.
 - Colocación de accesorios y agujas.
 - Calar hilos, enhebrar, regular tensión, longitud de pulgadas, introducción al control de calidad.
 - Metodología cero defectos.
 - Tamaño de la puntada: longitud y ancho.
 - Tensiones de la puntada: costuras fruncidas, torcidas, reventadas o sueltas.
 - Secuencia de las puntadas: agujas (despuntada, posición inadecuada), tensión inadecuada.
 - Elasticidad de la costura.
 - Distorsión de la costura: pliegues arrugas, estiramientos, empalmes inexactos, ondeados, atraques iniciales y finales, pespuntos disperejos.
 - Medidas con respecto a la hoja de especificación.
 - Lectura e interpretación de hoja de inspección de calidad.
- Prácticas.
- Curva de aprendizaje.
- Certificación.

Con este enfoque se interioriza al operario en la filosofía Cero defectos con el objetivo de producir bien el producto desde la primera vez. En otras palabras, cada operario tiene la responsabilidad de verificar la operación que está a su cargo (es decir, tener conocimiento sobre la operación a realizar), estar familiarizado con el producto, ser consciente sobre las consecuencias de una operación mal realizada (lo cual implica el impacto negativo que tiene en la línea de producción).

También se busca darle responsabilidad al operario para el mejoramiento tanto del proceso como del producto, lo que a su vez le permite detectar posibles errores con sus posibles soluciones. Al tomar acciones correctivas para la producción y además de retroalimentar el programa de capacitación se mejorará constantemente la calidad.

La forma más sencilla para implementar la filosofía Cero defectos es mediante la rotación operativa, así pues los operarios al terminar sus periodos de capacitación, curvas de aprendizaje y certificación tendrán que hacer una rotación en todas las máquinas disponibles dentro del complejo industrial, y dentro de las diferentes áreas administrativas, de tal manera que todo el personal deberá conocer los procesos sin importar si son productivos o administrativos, esta práctica sensibilizará al personal en todas las áreas.

Finalmente, para asegurar que el producto sea de excelente calidad se suscitó un formato que corresponde a inspección de calidad, con el cual, al momento de embarcar los lotes, se genera una muestra aleatoria para someterla a inspección visual de los parámetros tanto esenciales como no esenciales. En caso de que la prenda no cumpla con

cualquiera de los parámetros, se deberá concluir la inspección de calidad y obtener los resultados con fines estadísticos y de retroalimentación tanto para la fábrica, como para la capacitación y la dirección del complejo. La siguiente tabla brinda una descripción más detallada de los tipos de errores que pueden detectarse.

Tabla 22. Tipos de defectos.

Tipo de defecto.	Descripción.
Defecto menor	Son aquellos que no afectan la funcionalidad del producto, posiblemente la estética sea visible. La empresa puede comercializar como producto de segunda calidad.
Defecto mayor	Son aquellos que pueden o no afectar ciertas funciones del producto, pero pueden solucionarse mediante la remanufactura del producto o bien, por medio de la comercialización como producto de tercera calidad.
Defecto crítico	Son aquellos que no pueden ser remanufacturados o comercializados como producto de segunda o tercera calidad, por lo que son tipificados como merma.

Para poder llevar a cabo la inspección de manera ordenada a partir de la imagen muestra de la ficha técnica, se traza una rejilla con cuadrantes de 10 x 10 cm aproximadamente. Debe anotarse en las observaciones en cuál de los cuadrantes se encontró el defecto.

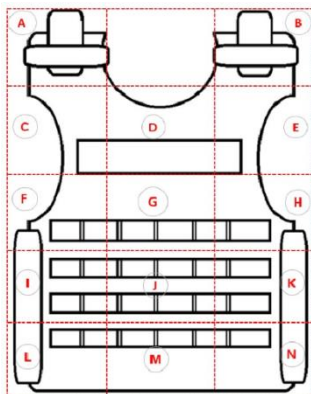


Ilustración 13. Imagen muestra Chaleco Táctico.

Tabla 23. Hoja de verificación.

HOJAS DE VERIFICACIÓN							
CONCEPTO:		Formato para la recolección de datos del producto terminado y valorar si la calidad es aceptable o no.					
INSTRUCCIONES:		Se deberá evaluar que la prenda NO cuenta con defectos, por lo que, cualquiera que sea el resultado, la inspección deberá finalizarse. A partir de la imagen muestra de la ficha técnica, se traza una rejilla con cuadrantes de 10 x 10 cm aprox. y basados en citada ficha, se verifica que los cuadrantes coincidan con las especificaciones.					
NOTA:		Para determinar el tamaño de la muestra se deberá realizar conforme a la norma: "Muestreo para la inspección por atributos-Parte 1 NMX-Z-012/1-1987" y "Muestreo para la inspección por atributos-Parte 2 NMX-Z-12/2-1987".					
Producto:						Fecha:	
Fábrica:						Verificado por:	
Tamaño de muestra del lote:						Resultado de la inspección:	
Tipo de defecto	Área visibilidad	Crítico	Mayor	Menor	SI	No	Observaciones
Piezas faltantes	Visibles	X					
	Menos visible		X				
	No visible		X				
Tallas incorrectas	Visibles	X					
	Menos visible	X					
	No visible	X					
Costuras rotas o abiertas	Visibles	X					
	Menos visible	X					
	No visible	X					
Costuras retenidas	Visibles		X				
	Menos visible		X				
	No visible		X				
Costuras torcidas	Visibles	X					
	Menos visible		X				
	No visible		X				
Costuras int. sin pulir	Visibles		X				
	Menos visible		X				
	No visible			X			
Variantes del tono de hilo	Visibles			X			
	Menos visible			X			

	No visible			X			
Variantes del tono de tela	Visibles			X			
	Menos visible			X			
	No visible			X			
Saltos de puntada	Visibles		X				
	Menos visible			X			
	No visible			X			
Costuras sin rematar	Visibles	X					
	Menos visible		X				
	No visible			X			
Pespunte irregular	Visibles		X				
	Menos visible			X			
	No visible			X			
Pérdida de atacado	Visibles		X				
	Menos visible		X				
	No visible			X			
Reparaciones visibles	Visibles	X					
	Menos visible		X				
	No visible		X				
Pérdida de tensión en la costura	Visibles		X				
	Menos visible		X				
	No visible			X			
Medida de largo de puntada no correcta	Visibles		X				
	Menos visible		X				
	No visible		X				
Hilos sueltos	Visibles		X				
	Menos visible		X				
	No visible		X				

Resultados

De acuerdo con las metodologías empleadas se estima que en el primer año todos los procesos productivos se encuentren estandarizados y controlados, que el 70% del personal se halla capacitado y certificado en el uso de, al menos, la maquina recta y que la calidad del producto mejore significativamente.

Dentro de dos años se espera que la capacitación del personal se encuentre en rotación operativa, así como el plan de producción atrasado ya se encuentre regularizado.

Al cabo del tercer año, las metodologías ya se habrán aplicado en un 70% en todo el complejo fabril y el plan de producción vigente tendrá un mínimo aplazamiento. Además, se esperan resultados implícitos como la disminución de accidentes de trabajo, reducción en los costos de fabricación, e incluso aumento en los márgenes de ganancia.

Conclusiones

Implementar estas metodologías ingenieriles en los procesos productivos ayudó drásticamente a identificar los problemas y analizarlos de forma eficiente, permitió las pautas para priorizar las soluciones, para capacitar e incluir a los empleados en la toma de decisiones operativas, así también monitorear la productividad y asegurar que los productos sean de buena calidad. Todo esto conlleva un gasto en términos de mano de obra cualificada y capacitación constante, que, a la larga, posicionará a la empresa con productos de alta calidad dentro de la industria al mismo tiempo que se beneficiará económicamente.

Índice de Ilustraciones.

<i>Ilustración 1. Perspectiva histórica del PIB de la Industria Textil y de la Confección. INEGI 2013. (Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), 2020)</i>	4
<i>Ilustración 2. Diagrama Ishikawa</i>	10
<i>Ilustración 3. Diagrama de Pareto</i>	10
<i>Ilustración 4. Diagrama de Gozinto (Roberto Carro Paz, 2012)</i>	11
<i>Ilustración 5. Valores MTM-UAS</i>	12
<i>Ilustración 6. Diagrama de Gantt.</i>	14
<i>Ilustración 7. Diagrama causa y efecto</i>	17
<i>Ilustración 8. Diagrama de Pareto de la fábrica de Artículos de campamento</i>	18
<i>Ilustración 9. Diagrama de Gozinto chaleco táctico</i>	18
<i>Ilustración 10. Diagrama de Gozinto contenedor trasero de chaleco táctico</i>	19
<i>Ilustración 11. Diagrama de proceso Chaleco Táctico</i>	26
<i>Ilustración 12. Layout de la fábrica</i>	29
<i>Ilustración 13. Imagen muestra Chaleco Táctico</i>	33

Índice de tablas.

<i>Tabla 1. Entidades que más producción registraron de la Industria de la Confección. INEGI. Censos económicos, 2014. (Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), 2020)</i>	5
<i>Tabla 2. Municipios que más producción registraron de la Industria de la Confección. INEGI. Censos económicos, 2014. (Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), 2020)</i>	5
<i>Tabla 3. Entidades que más producción registraron de la Industria textil. INEGI. Censos económicos, 2014 (Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), 2020)</i>	6
<i>Tabla 4. Municipios que más producción registraron de la Industria textil. INEGI. Censos económicos, 2014 (Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), 2020)</i>	6
<i>Tabla 5. Símbolos para la gráfica del flujo del proceso. (Roberto Carro Paz, 2012)</i>	11
<i>Tabla 6. Colores utilizados como indicadores visuales</i>	15
<i>Tabla 7. Listado de materiales contenedor trasero</i>	19
<i>Tabla 8. Flujograma analítico</i>	20
<i>Tabla 9. Listado de máquinas</i>	21
<i>Tabla 10. Trabajo estandarizado de máquina recta.</i>	21
<i>Tabla 11. Trabajo estandarizado de manual-deshebrar.</i>	22
<i>Tabla 12. Trabajo estandarizado maquina recta</i>	22
<i>Tabla 13. Suplementos MTM-UAS</i>	23
<i>Tabla 14. Código MTM-UAS.</i>	23
<i>Tabla 15. Estudio de tiempo y movimientos de la maquinaria</i>	24
<i>Tabla 16. Estudio de tiempos por operación</i>	25
<i>Tabla 17. Balanceo de líneas</i>	27
<i>Tabla 18. Tiempo de ciclos subensambles</i>	29
<i>Tabla 19. Días feriados</i>	29
<i>Tabla 20. Diagrama de Gantt</i>	30
<i>Tabla 21. Clasificación de colores para prototipo</i>	30
<i>Tabla 22. Tipos de defectos.</i>	33
<i>Tabla 23. Hoja de verificación.</i>	34

Índice de graficas

Grafica 1. Balanceo de línea 28

Bibliografía

- Calidad, S. L. (2000). *Diagrama de Causa y Efecto*. Obtenido de Universidad Maritima del Caribe: <http://umc.edu.ve/pdf/calidad/DiagramaCausaEfecto.pdf>
- Cano, M. Á.-J. (2016). "Takt Time, el corazón de la producción". *SENNOVA*, 60.
- Garcia, J. A., & Valencia, M. I. (2014). *Planeacion, diseño y layout de instalaciones: Un enfoque por competencias*. Mexico: Grupo Editorial Patria.
- Hinojosa, M. A. (2003). *Producción, procesos y operaciones: Diagrama de Gantt*. Buenos Aires, Argentina: Colegio ISMA.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (Marzo de 2020). *Colección de estudios sectoriales y regionales. Conociendo a la Industria Textil y de la Confección*. Aguascalientes: INEGI. Obtenido de INEGI: https://www.inegi.org.mx/contenido/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/702825195649.pdf
- Jordi Mompó Morant, V. G.-B. (2020). Cuadernos de Investigacion aplicada 2020. En *Cuadernos de Investigacion aplicada 2020* (pág. 25). Alicante: 3 ciencias. doi:<https://www.3ciencias.com/libros/libro/cuadernos-de-investigacion-aplicada-2020/>
- Özlem Demirci, T. G. (2020). "Combined application proposal of value stream mapping (VSM) and methods time measurement universal analysis system (MTM-UAS) methods in textile industry." *Journal of Industrial Engineering*, 234-250.
- Paz, R. C., & Gómez, D. G. (2012). *Administracion de las operaciones Vol 8: Administracion de la calidad total*. Mar de Plata, Argentina: Universidad Nacional de Mar de Plata: Facultad de Ciencias Economicas y Sociales.
- Peña Orozco, D. L., Neira García, Á. M., & Ruiz Grisales, R. A. (2016). "Aplicación de técnicas de balanceo de línea para equilibrar las cargas de trabajo en el área de almacenaje de una bodega de almacenamiento". *Scientia Et Technica*, vol. 21, núm. 3, 239-247.
- Roberto Carro Paz, D. G. (2012). *Administracion de las Operaciones Vol 7: Diseño y seleccion de Procesos*. Mar del Plata: Universidad Nacional de Mar del Plata: Facultad de Ciencias Económicas y Sociales.
- Sara Bragança, E. C. (1 de Agosto de 2015). "An application of lean production tool standard work". *Jurnal Teknologi*, 47-48.
- Secretaría del Trabajo y Previsión Social. (s.f.). *Secretaría del Trabajo y Previsión Social*. Obtenido de <https://www.stps.gob.mx/gobmx/masinfo/capacitacion.html>