

**TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO**

**APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE BALANCEO DE LÍNEA
EN LA PRODUCCIÓN DE VESTIDURAS DE AUTOMÓVILES
TESLA.**

**TITULACIÓN INTEGRAL
INFORME DE RESIDENCIA PROFESIONAL**

**PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERÍA EN GESTIÓN EMPRESARIAL**

PRESENTA:

KAREN AISLINN RAMIREZ BATALLA

NOMBRE DEL ASESOR:

MTRO. EDMUNDO DORANTES GALAZ



Educación
Secretaría de Educación Pública



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



Instituto Tecnológico de Apizaco
Ciencias Económico Administrativas

Apizaco, Tlax., 06/Octubre/2025.

ASUNTO: Liberación de Proyecto para Titulación Integral.

LIC. CECILIA YARELLY AREGUIN LARA
JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES
P R E S E N T E.

Por este medio le informo que ha sido liberado el siguiente proyecto para la Titulación Integral:

a) Nombre del Egresado:	KAREN AISLINN RAMÍREZ BATALLA
b) Carrera:	INGENIERIA EN GESTIÓN EMPRESARIAL
c) Número de Control:	19370927
d) Nombre del proyecto:	APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE BALANCEO DE LÍNEA EN LA PRODUCCIÓN DE VESTIDURAS DE AUTOMÓVILES TESLA.
e) Producto	TITULACIÓN INTEGRAL INFORME DE RESIDENCIA PROFESIONAL

Agradezco de antemano su valioso apoyo en esta importante actividad para la formación profesional de nuestros egresados.

ATENTAMENTE

Excelencia en Educación Tecnológica®
Pensar para Servir, Servir para Triunfar®

MTRA. NORMA ANGELICA AGUIÑAGA SÁNCHEZ
JEFA DEL DEPARTAMENTO DE CIENCIAS
ECONÓMICO-ADMINISTRATIVAS.



SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA
TECNOLÓGICO NACIONAL
DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO
DEPARTAMENTO DE
CIENCIAS ECONÓMICO
ADMINISTRATIVAS

ASESOR
MTRO. EDMUNDO DORANTES GALAZ

NAAS/mcvh



2025
Año de
La Mujer
Indígena

Av. Instituto Tecnológico No. 418, San Andrés Ahualuloxtepec.
Municipio de Tlaxianguillo, Tlaxcala, Méx. C.P. 90991 Tel. (241)
4172610 Ext. 305, e-mail: cea@apizaco.tecn.mx





Educación
Secretaría de Educación Pública



INSTITUTO TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



Instituto Tecnológico de Apizaco
División de Estudios Profesionales

Tzompantepec, Tlaxcala, **13/Noviembre/2025**

KAREN AISLINN RAMIREZ BATALLA
EGRESADO(A) DE LA CARRERA DE INGENIERÍA EN GESTIÓN EMPRESARIAL
CON NÚMERO DE CONTROL 19370927.
P R E S E N T E.

Por este medio, me permito informar a usted que por aprobación de la comisión revisora asignada para valorar el trabajo que mediante la opción **TITULACIÓN INTEGRAL INFORME DE RESIDENCIA PROFESIONAL** y cuyo tema es: "**APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE BALANCEO DE LÍNEA EN LA PRODUCCIÓN DE VESTIDURAS DE AUTOMÓVILES TESLA**", conforme a lo establecido en el procedimiento para la obtención del Título Profesional en el Instituto Tecnológico, la División de Estudios Profesionales a mi cargo le otorga la:

AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN

Debiendo entregar **1 USB** del mismo, apropiadamente empastados, a la brevedad, para presentar su Acto de Recepción Profesional.

Sin otro particular por el momento me despido.

ATENTAMENTE

Excelencia en Educación Tecnológica®
Pensar para Servir, Servir para Triunfar®

CECILIA YARELY ARREGUIN LARA
JEFA DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES

ccp, Archivo
CYAL/Gsc*



2025
Año de
La Mujer
Indígena

Av. Instituto Tecnológico No. 418, San Andrés Ahuashuatepec,
Municipio de Tzompantepec, Tlaxcala, Mex. C.P. 90491 Tel. (241) 4172010
Ext. 304, e-mail: dep_titulacion@apizaco.tecnm.mx | apizaco.tecnm.mx



AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradezco a mi familia por su amor incondicional, apoyo constante y comprensión durante todo este tiempo.

A la Maestra María Luisa Batalla Pérez, una mujer ejemplar, excelente docente y la mejor mamá, le debo más de lo que puedo expresar con palabras. Tus esfuerzos incansables, tu apoyo incondicional y tu sacrificio constante han sido la fuerza que me ha impulsado a seguir adelante incluso en los momentos más desafiantes. Gracias por tu amor infinito, por tus palabras de ánimo y por estar siempre presente en cada paso de este viaje. Tu dedicación y entrega han sido mi inspiración diaria. Hoy, alcanzar este logro en mi vida académica no habría sido posible sin ti. Eres mi roca, mi ejemplo y mi mayor apoyo. Gracias por todo, mamá.

Agradezco a mis amigos por su amistad, paciencia y por estar a mi lado en cada etapa de este camino. Su apoyo y momentos compartidos han sido un motor invaluable en mi desarrollo profesional y personal.

A mis asesores, Ing. Eloy Cuecuecha Muñoz y Mtro. Edmundo Dorantes Galaz, les agradezco por su orientación experta, conocimientos compartidos y por brindarme la oportunidad de aprender de su experiencia. Su guía ha sido crucial para enfrentar los retos académicos y profesionales con confianza.

Además, quiero reconocer a todos los profesores y personal administrativo del Tecnológico Nacional de México campus Apizaco, cuyo compromiso y dedicación han enriquecido mi formación académica y personal.

Finalmente, agradezco a todas las personas que de alguna manera han influido en mi carrera y en este proyecto. Cada uno de ustedes ha dejado una huella significativa en mi desarrollo.

Su apoyo incondicional y contribuciones han sido esenciales en mi éxito académico. ¡Gracias!

RESUMEN

El proyecto de Balanceo de Línea de Producción para el Proyecto Tesla se llevó a cabo en Coindu México S. de R.L. de C.V. El objetivo principal de este proyecto fue mejorar y optimizar la línea de producción de Tesla para incrementar la productividad. Implementando el balanceo de línea, se eliminan los tiempos muertos causados por una distribución deficiente de las actividades dentro del equipo de trabajo.

Para mejorar el proceso, se implementará la herramienta de balanceo de líneas, la cual implica recopilar información sobre el proyecto que actualmente se está iniciando en Coindu. Esta herramienta ha demostrado ser efectiva en otros sitios de Coindu, como la planta ubicada en Portugal, donde ha generado resultados positivos.

El primer paso fue identificar y comprender el proceso actualmente en marcha para luego optimizarlo según las necesidades y requisitos de la empresa. Nos enfocamos en estudiar detalladamente las áreas que requerían mejoras, siguiendo la metodología DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar).

Se llevó a cabo una observación minuciosa del trabajo y del ambiente laboral, así como mediciones de tiempos para comprender las técnicas utilizadas en cada actividad y las problemáticas enfrentadas por la empresa, que incluyen métodos de trabajo poco eficientes y pérdidas de tiempo ocasionadas a veces por falta de materia prima.

El balanceo de línea mejorará el control del proceso, permitirá una estimación cuantitativa precisa de la producción en intervalos de tiempo específicos, facilitará el logro de objetivos, y proporcionará una visión detallada del proceso, identificando las actividades específicas realizadas en cada puesto de trabajo. Además, contribuirá a mantener altos estándares de calidad para nuestros clientes.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	2
RESUMEN	5
CAPÍTULO I PROTOCOLO DE INVESTIGACIÓN	9
1.1 Planteamiento del problema	10
1.2 Justificación	10
1.3 Objetivo del proyecto	11
1.3.1 Objetivo General	11
1.3.2 Objetivos específicos	11
1.4 Limitaciones del proyecto	11
CAPITULO II COINDU MÉXICO	12
2.1 Información de la empresa.	13
2.1.1 Localización	13
2.1.2 Misión	13
2.1.3 Visión	14
2.1.4 Slogan	14
2.1.5 Antecedentes de la empresa	14
2.1.6 Productos de Coindu México.	15
2.2 Organigrama de planta.	16
2.2.1 Organigrama dentro del área de producción de vestiduras Tesla. ...	16
2.2.2 Lay out de planta	17
2.2.3 Layout de proceso	17
2.2.4 Proceso de producción de productos COINDU México.	18
CAPITULO III MARCO TEÓRICO	22
3.1 Manufactura Esbelta	23
3.2 Las tres M`s	23
3.3 Desperdicios Lean	24
3.4 Origen de tiempos y movimientos.	26
3.5 Balanceo de líneas.	27

3. 6 Metodología DMAIC.....	28
3.6.1 El proceso/fases DMAIC.	29
DEFINIR.....	29
MEDIR	32
ANALIZAR.....	33
MEJORAR	35
CONTROLAR	37
3.6.2 Ventajas de DMAIC.....	40
3.6.3 Desventajas de DMAIC.....	41
3.7 OEE	42
3.7.1 Ventajas del OEE.....	43
3.8 Flujo continuo.....	44
3.9. Layout	47
3.10. Tiempo de estrangulamiento	47
CAPÍTULO IV DESARROLLO DE PROYECTO (DMAIC).....	49
4.1 FASE 1: DEFINIR	50
4.2 FASE 2: MEDIR	50
4.5 FASE 4: MEJORAR.....	59
4.6 FASE V: CONTROLAR	62
CONCLUSIÓN	65
COMPETENCIAS DESARROLLADAS	66
BIBLIOGRAFÍA	67

TABLA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Ubicación Coindu México.....	13
Ilustración 2 Productos Coindu México	16
Ilustración 3 Organigrama COINDU MÉXICO	16
Ilustración 4 UAP Tesla Standard Organization	16
Ilustración 5 Lay out de planta.....	17
Ilustración 6 Lay out de proceso.....	17
Ilustración 7 Pieles preparadas para inspección detallado y marcado.	19
Ilustración 8 Material saliendo de maquina lectra.....	19
Ilustración 9 Inspección final de PT	21
Ilustración 10 Las 3 M's.....	23
Ilustración 11 Los 7 desperdicios	24
Ilustración 12 Diagrama de Flujo de la metodología DMAIC.....	40
Ilustración 13 Tiempos observados de EF's Tesla	52
Ilustración 14 LayOut en línea de producción de EF's	53
Ilustración 15 Simulador con Tiempos observados de EF's	57
Ilustración 16 Piezas que conforman un EF	57
Ilustración 17 Operaciones por puesto de trabajo	58
Ilustración 18 OEE al inicio del proyecto (enero).....	58
Ilustración 19 Propuesta final de balanceo.....	60
Ilustración 20 Operaciones en propuesta final de balanceo	61
Ilustración 21 Datos de simulador de antes de realizar el balanceo.....	61
Ilustración 22 Datos de simulador de después de implementar el balanceo	62
Ilustración 23 OEE después de implementar la mejora en el balanceo	62
Ilustración 24 Comparativa de piezas por hora en balanceo anterior a balanceo actual.....	63
Ilustración 25 OEE antes y después de la mejora del balanceo	64

CAPÍTULO I PROTOCOLO DE INVESTIGACIÓN

1.1 Planteamiento del problema

De acuerdo con lo producido en el cuarto trimestre del año 2023, se observa una producción de vestiduras con un OEE aceptable, es por ello por lo que el impacto que impone el proyecto completo perjudica la calidad de Coindu como empresa.

La línea de producción actualmente presenta desequilibrios en la distribución de tareas entre estaciones de trabajo, lo que resulta en cuellos de botella y tiempos de inactividad en algunas estaciones mientras otras están sobrecargadas.

Existe una variabilidad considerable en los tiempos de trabajo requeridos para cada tarea en las diferentes estaciones de trabajo.

1.2 Justificación

El sector industrial está en aumento día con día, por ello, las empresas buscan asegurar la calidad de sus productos para cumplir con la total expectativa de sus clientes finales.

El balanceo de línea es una herramienta de mejora continua que permite analizar cada uno de los procesos que conforman la producción, con el objetivo de eliminar las tareas y tiempos improductivos. A través de la aplicación de los principios de la mejora continua, buscaré identificar y corregir las diferentes fuentes de desperdicio de tiempo y costos para la empresa en una línea de producción. Estos procesos deben de mantener una constante mejora para lograr una estandarización ideal en las líneas de producción, y con ello asegurar una correcta distribución de las operaciones en cada estación de trabajo, tomando en cuenta la complejidad de la operación, el tiempo de su realización y la habilidad de la persona a cargo de dicha operación.

Para lograr la optimización del proceso, principalmente en las líneas de producción, la aplicación de un “Balanceo de línea” beneficiará a Coindu México de manera interna tanto externa para cumplir con los requerimientos de los clientes, llevar un correcto control de la producción, cumplir con los estándares de la empresa, así como buscar un crecimiento constante y buscar la perfección en su producto.

1.3 *Objetivo del proyecto*

1.3.1 Objetivo General

Implementación de balanceo en líneas de producción para incrementar la productividad buscando optimizar el proceso de Coindu México S. de R.L. de C.V.

1.3.2 Objetivos específicos

- Redistribución las tareas entre las estaciones de trabajo de manera que se minimice el desequilibrio y se reduzcan los tiempos de ciclo.
- Identificar y eliminar cuellos de botella y tiempos de inactividad mediante la redistribución eficiente de tareas y la optimización de los flujos de trabajo.
- Incrementar la productividad general de la línea de producción asegurando que todas las estaciones de trabajo estén trabajando a su capacidad óptima y de manera equilibrada.

1.4 *Limitaciones del proyecto*

- La información proporcionada por la empresa es restringida, confidencial y limitada.
- Existe una cultura de resistencia al cambio por gran parte de los involucrados.
- Al terminar el proyecto no se podrá dar seguimiento continuo y puntual balanceo.

CAPITULO II COINDU MÉXICO

2.1 Información de la empresa.

2.1.1 Localización

- Empresa: COINDU MÉXICO S. DE R.L. DE C.V.
- RFC: CME150410CR0
- Teléfono: 241-412-7294
- Dirección: Calle Piedras Negras #1000-Bis, Colonia Ciudad Industrial Xicohtencatl, Municipio Tetla de la Solidaridad, Tlaxcala.
- Código Postal: 90431



Ilustración 1 Ubicación Coindu México.

2.1.2 Misión

Promovemos el cambio y la innovación para aplicar de manera eficiente tecnología de punta tanto a nuestros procesos como a nuestros productos para acelerar el futuro de la movilidad. Lo que nos impulsa es nuestra firme creencia de que, en el sector de la movilidad, las demandas de los consumidores aumentan continuamente. Para satisfacerlas con éxito y a la máxima velocidad, la planificación y el desempeño inteligente para proporcionar de manera eficiente productos inteligentes competitivos

y de alta gama personalizados para las necesidades de cada usuario final son cruciales.

2.1.3 Visión

Somos la marca global más enfocada en desarrollar superficies inteligentes, con funcionalidades específicas, utilizando las tecnologías más avanzadas. Nuestro conocimiento y nuestros procesos sofisticados nos ayudan a innovar en nuestros materiales y servicios, brindando las mejores soluciones de interiores a prueba de futuro, más económicas y sostenibles.

2.1.4 Slogan

“DRIVE IN TOGETHER”

2.1.5 Antecedentes de la empresa

COINDU, fundada en 1988, es una empresa especializada en la producción de cubiertas de asientos de alta calidad para diversos fabricantes de equipos originales (OEM) en la industria automotriz. Inicialmente establecida con 183 empleados, ha experimentado un notable crecimiento y actualmente cuenta con más de 3,800 empleados en todo el mundo. Su enfoque principal es la fabricación de componentes automotrices, específicamente cubiertas de asientos, reposabrazos, cabeceras y paneles de puertas.

COINDU se destaca en el mercado global, colaborando con marcas automotrices de renombre como Audi, Tesla, BMW, Jetta, Rivian, y Milsco. Además, su cartera de clientes incluye a Adient, Forvia, Magna, Mubea, Sitech, Toyota Boshoku, y Lear Corporation. Este alcance internacional y la asociación con OEM líderes reflejan el reconocimiento de la empresa en la industria.

La estrategia de COINDU se centra en la optimización continua de productos y procesos de producción. Su filosofía corporativa incorpora la protección del medio ambiente como un objetivo clave, evidenciado por sus certificaciones ISO 14001. Además, priorizan la salud, seguridad y bienestar de sus empleados, reflejado en la certificación ISO 45001.

La empresa opera en tres ubicaciones clave: Portugal, México y Rumania, cada una certificada según los más altos estándares de calidad y gestión. Posee las certificaciones IATF 16949 para Joane, Arcos, Curtici y Tetla, ISO 14001 para las mismas ubicaciones, e ISO 45001, reflejando su compromiso con la calidad, la gestión ambiental y la salud y seguridad ocupacional.

Promovemos el cambio y la innovación para aplicar de manera eficiente tecnología de punta tanto a nuestros procesos como a nuestros productos para acelerar el futuro de la movilidad. Lo que nos impulsa es nuestra firme creencia de que, en el sector de la movilidad, las demandas de los consumidores aumentan continuamente. Para satisfacerlas con éxito y a la máxima velocidad, la planificación y el desempeño inteligente para proporcionar de manera eficiente productos inteligentes competitivos y de alta gama personalizados para las necesidades de cada usuario final son cruciales.

En resumen, COINDU es una empresa global, líder en la fabricación de componentes automotrices, con un enfoque en la calidad, sostenibilidad y el bienestar de sus empleados. Su estrategia de crecimiento se basa en la excelencia operativa y la expansión continua en colaboración con los principales actores de la industria automotriz.

2.1.6 Productos de Coindu México.

A continuación, se muestran los algunos productos producidos dentro de COINDU MÉXICO S. DE R.L. DE C.V.



Ilustración 2 Productos Coindu México

2.2 Organigrama de planta.

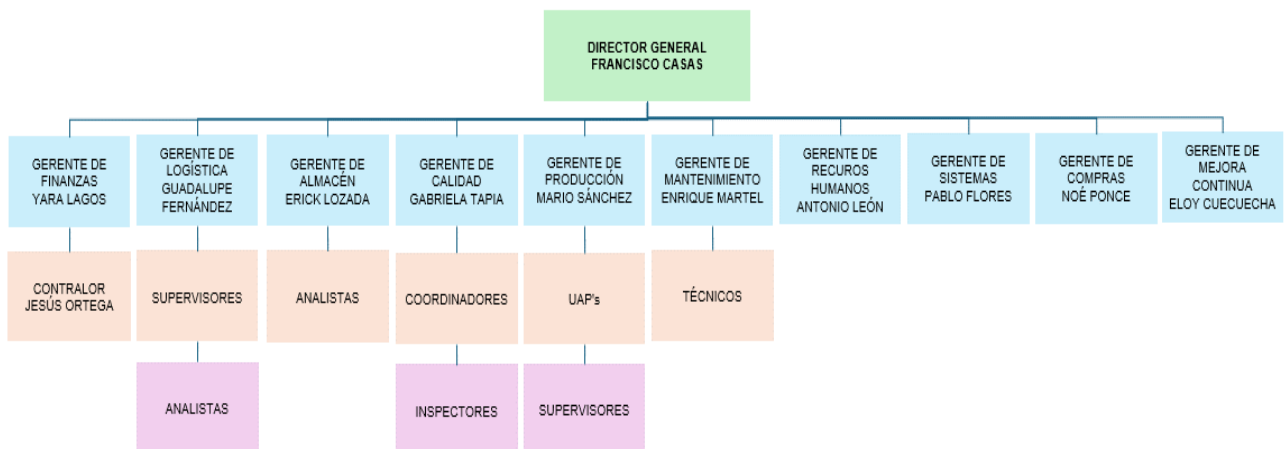


Ilustración 3 Organigrama COINDU MÉXICO

2.2.1 Organigrama dentro del área de producción de vestiduras Tesla.

 COINDU	UAP Standard Organization	
Christian Nava UAP Manager	TURNO 1	TURNO 2
Yaneth Morales Scheduling	Mariana Treviño Shift Leader	Jose Luis Cordero Shift Leader
Daniela Morales Quality Eng.	Elizabeth Tapia Quality Control	Maricarmen Valencia Quality Control
Kenya Jimenez Manufacturing Eng.	Lizeth Hernández Sewing Technician	Marco Durán Sewing Technician

Ilustración 4 UAP Tesla Standard Organization

2.2.2 Lay out de planta.

A continuación, se muestra el Lay out general de COINDU MÉXICO S. DE R.L. DE C.V.

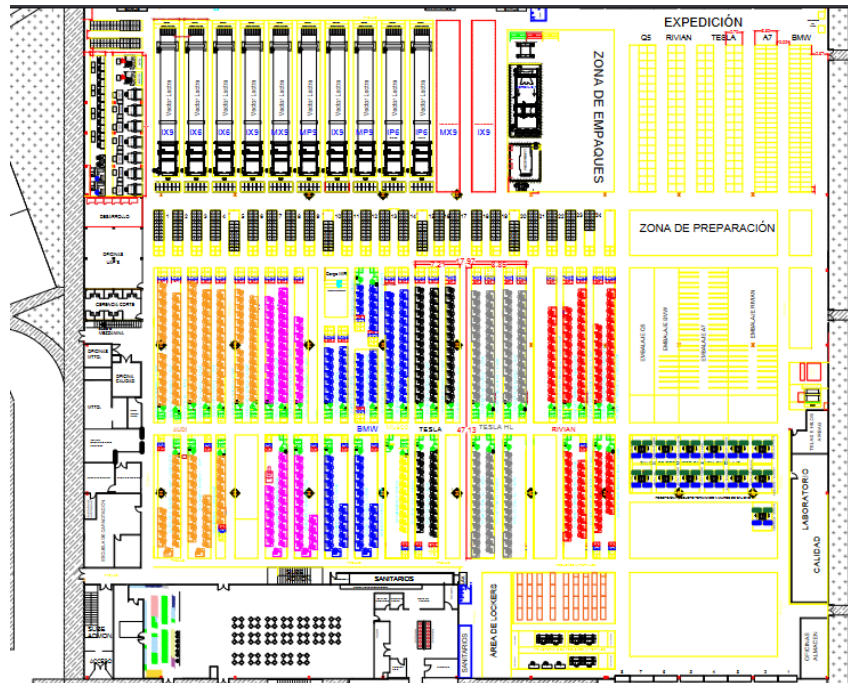


Ilustración 5 Lay out de planta

2.2.3 Layout de proceso

A continuación, se muestra el lay out del proceso de fabricación de una vestidura de auto producida en Coindu México.



Ilustración 6 Lay out de proceso

2.2.4 Proceso de producción de productos COINDU México.

En Coindu trabajan bajo un proceso estandarizado que permite a todas las áreas de la empresa agilizar las actividades que le corresponden a cada una de ellas. Hay una serie de paso que la empresa sigue puntualmente para la elaboración de las vestiduras, ya sea piel o vinil, depende el cliente, estas son las etapas por las que pasa el material para dar el producto final.

1. *Recibo*

El área de almacén recibe rollos de pieles y viniles que previamente han sido acordados con el cliente, es decir, antes de iniciar un proyecto se hacen distintas pruebas en materiales de diversos proveedores para satisfacer las necesidades del cliente.

2. *Incoming*

El laboratorio o mejor conocido en Coindu como “incoming”, se hace una variedad pruebas para liberar el material al siguiente filtro, dichas pruebas consisten en analizar el espesor, la textura, el color, resistencia y otras características del vinil o piel, una vez que los encargados del área han elaborado un reporte detallado para que quede como evidencia, los rollos son certificados y enviados a la siguiente área.

3. *Inspección de cuero*

En esta etapa la inspección del material es de manera más detallada, ya que aquí las pieles son extendidas en caballetes especiales para poder visualizar mejor los detalles, con luz especial, los colaboradores de esa área comienzan a marcar cualquier defecto que detecten, esto lo hacen con un marcador especial de pieles que permite a una maquina especial detectar las zonas con aspecto, textura o marcas NOK.



Ilustración 7 Pieles preparadas para inspección detallado y marcado.

4. Corte

Las piezas de cuero se suministran a la zona de corte según el principio FIFO. Se controlan visualmente una vez más, se colocan en la máquina de corte (máquina LECTRA) automático y se escanean. A continuación, se produce el llamado anidamiento automático y las piezas de cuero se convierten en patrones, que a su vez constituyen las piezas finales.



Ilustración 8 Material saliendo de maquina lectra.

5. Biselado y laminado

Una vez cortadas, las piezas deben prepararse para coser. Para garantizar que la costura cumpla con las normas, se descascarillan los bordes de las piezas, asegurando así un grano y una rugosidad mínimos en las zonas a coser. La mayoría de los clientes requieren espuma en la parte posterior de las piezas de cuero para

obtener un ajuste especial. En el proceso de laminación, la espuma y el cuero se sellan térmicamente, saliendo de la máquina laminadora como una sola pieza.

6. *Calidad corte*

Después de la laminación, las piezas individuales se someten a una evaluación de calidad manual. Cada pieza está estampada para garantizar que cumple al 100%.

7. *Corte de telas*

Todas las fundas de los asientos requieren algún tipo de tela o materiales de PVC. Estas piezas se cortan en máquinas automáticas con taladros y cuchillas capaces de procesar varias capas de materia prima a la vez. Al final de este proceso, los operarios inspeccionan las piezas para garantizar el cumplimiento de los estándares de calidad. Tiene que separar por variantes, por lados (derecho o izquierdo), por colores y por cantidades de acuerdo con los planes de requerimiento.

8. *Secuenciador/ supermercado/ reja*

Los cortes son enviados al secuenciador o también conocido como supermercado por el orden que lleva que parecieran ser pasillos de un super o reja, aquí los colaboradores comienzan a planear de acuerdo con las necesidades de las líneas de producción, cada proyecto cuenta con un secuenciador quien se encarga de proveer el material y abastecer las líneas todo el tiempo. Se transportan a la zona de costura, ya preparados de acuerdo con la orden de fabricación (OF). En el área de preparación, los operarios disponen de todos los materiales necesarios (sintéticos y cuero) necesarios para coser una funda de asiento.

9. *Costura*

Las líneas de costura se distribuyen según el proyecto, la variante y el cliente, cuentan con un máximo de 14 operarios. Estas líneas autónomas, polivalentes y de alto rendimiento se denominan GAP's.

Las variantes que se realizan son:

- AF: Asiento frontal
- EF: Respaldo frontal
- AT: Asiento trasero
- ET: Respaldo trasero

10. Puesto de revista (calidad)

Al final de cada línea de producción se encuentra una persona de calidad, la cual inspecciona la pieza, verificando que las especificaciones de costura sean las correctas, en caso de no ser así, revista puede regresar las piezas a la línea para que producción disponga de la pieza.



Ilustración 9 Inspección final de PT

11. Expedición

En la zona de expedición se imprimen las etiquetas de cada palet y se prepara la documentación necesaria para la entrega de las fundas terminadas al cliente. Dependiendo del cliente final, se emiten documentos especiales como listas de picking, albaranes de despacho o facturas personalizadas.

CAPITULO III MARCO TEÓRICO

3.1 Manufactura Esbelta

Según, (Iborra, V., & Medina, L. L. B. 2017).se define como una manera sencilla de realizar mejoras en las operaciones o actividades de cualquier sistema de producción. Lean es hacer más con menos (esfuerzo humano, menos equipo, menos tiempo y espacio). El resultado de la implementación de este sistema es la reducción de desperdicios y mejora en las operaciones de la compañía.

Los beneficios son:

- Mejora de la productividad.
- Reducción de desperdicios.
- Disminución en plazos de ejecución.
- Mejora servicio al cliente.

3.2 Las tres M`s

Hay 3 términos utilizados en el sistema Lean, los cuales sirven para identificar los desperdicios que deben de tratar de disminuir. Estos son: Muda, el cual se define como alguna actividad que consume recursos y no agrega valor en el producto final desde el punto de vista del cliente. Seguido de Mura, el cual es cualquier variación no prevista que provoca irregularidades en el proceso productivo. Por último, Muri, refiriéndose a alguna actividad que requiere sobreesfuerzo por parte del personal, equipos o materiales, provocando cuellos de botella y generando tiempos muertos.

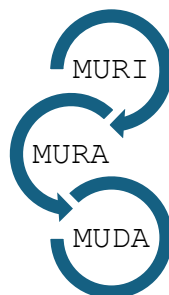


Ilustración 10 Las 3 M's

3.3 Desperdicios Lean.

Existen desperdicios en las compañías que no agregan valor al producto final y los cuales se busca reducir o eliminar en la medida de lo posible, estos desperdicios se muestran a continuación:



Ilustración 11 Los 7 desperdicios

Sobreproducción:

Va de la mano con JIT, seguir planes de producción ya que es un desperdicio producir más de lo que se podría enviar y entregar. Por ejemplo; hacer 500 piezas cuando dentro del plan solo se han pedido cubrir 300 piezas.

Productos defectuosos:

Se considera desperdicio cuando un Producto Terminado tiene defectos lo cual genera costos que en ocasiones sobrepasan los límites considerados.

Inventarios:

Material que no se utiliza o productos terminados a los cuales no se le ha dado seguimiento (ventas). Tener inventario no planeado puede estar ocupando espacio, costos y el material tiende a dañarse después de determinado tiempo.

Ineficiencia en el proceso:

Realizar actividades y operaciones reiteradamente dentro del proceso son trabajo, esfuerzo y costos de más que no agregan valor al producto final. Por ejemplo; empaquetar algo que pasara por un siguiente filtro de empaquetado.

Esperas:

Tiempos muertos que no añaden valor, por ejemplo; esperas de material, información, máquinas, herramientas, retrasos en el proceso de lote, averías, cuellos de botella, recursos humanos

Transporte:

A pesar de ser fundamental para que el producto terminado llegue a manos del cliente, debe ser analizado el flujo, las cantidades que se pretende mandar, la frecuencia, distancia y considerar si será interno o externo, esto debido al costo de equipos, combustible, mano de obra y combustible.

Movimientos innecesarios:

Se refiere a la práctica de identificar, eliminar o minimizar actividades que no añaden valor al proceso de producción o servicio. Esto incluye cualquier movimiento físico o acción que no contribuya directamente a satisfacer las necesidades del cliente o mejorar la eficiencia operativa. Enfoques como el análisis de flujo de valor y la implementación de mejoras continuas son fundamentales para lograr este objetivo dentro de un entorno Lean.

3.4 Origen de tiempos y movimientos.

De acuerdo con Fuentes, Julissa (2003) En Europa en el año 1760 se iniciaron los estudios de tiempos, fue Jean Rodolphe Perronet, ingeniero francés, quién inicio esta práctica a través de observaciones realizadas en una industria de alfileres, obteniendo tiempos estándares de producción; seguido en 1830 el inglés Charles Babbage extendió el estudio realizado por Perronet. Fue en 1881 que Frederick Taylor inicia en América el estudio de tiempos, (Filadelfia, Estados Unidos), propuso la planeación de las tareas de cada una de las personas que laboraban en las empresas; dicha planeación incluía el detalle escrito de su tarea, los medios a utilizar y el tiempo estándar en el cual debería realizar su tarea; también propuso que el tiempo estándar asignado fuera obtenido a través de observaciones realizadas a un operador calificado, quién luego de recibir instrucciones fuera capaz de trabajar con regularidad.

También promulgó el análisis de tareas por elementos o método correcto para hacer las cosas mediante un incentivo salarial, a lo que se podría llamar inicio de un estudio de movimientos. Fue Frank B. Gilbreth y su esposa Lillian, quienes iniciaron la práctica de la técnica moderna del estudio de movimientos, esto a través de los movimientos del cuerpo humano ejecutados para realizar una operación laboral determinada.

Ayudó a mejorar la eliminación de movimientos innecesarios, simplificación de movimientos necesarios y establecer la secuencia de movimientos más favorables para maximizar la eficiencia del trabajador; para estudiarse se basó en técnicas como cinematografía, proyecciones en acción lenta, sistemas eléctricos donde se registraban los movimientos mientras el operario trabajaba y estableció el uso de los therblig, señalando 17 movimientos fundamentales en el trabajo, de forma que fuera fatigoso y más productivo para el operario.

3.5 Balanceo de líneas.

Según Barrios, el balanceo de líneas es un factor crítico para la productividad de una empresa, su objetivo es hallar una distribución de la capacidad adecuada, para asegurar un flujo continuo y uniforme de los productos, a través de los diferentes procesos dentro de la planta, encontrando las formas para igualar los tiempos de trabajo en todas las estaciones, para maximizar aprovechamiento posible de la mano de obra y del equipo, y de ese modo reducir o eliminar el tiempo ocioso. Deben existir ciertas condiciones para que la producción en línea sea práctica:

Cantidad: el volumen o cantidad de producción debe ser suficiente para cubrir el costo de la preparación de la línea, esto depende del ritmo de producción y de la duración que tendrá la tarea.

- **Equilibrio:** los tiempos necesarios para cada operación en línea deben ser aproximadamente iguales.
- **Continuidad:** deben tomarse precauciones para asegurar un aprovisionamiento continuo del material, piezas, subensambles y la prevención de fallas de equipo.

Los pasos para iniciar el estudio de equilibrado o balanceo de líneas es el mismo que en cualquier otro tipo de proceso productivo que consiste en:

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

Los propósitos de la técnica de balanceo de líneas de producción son las siguientes:

- Igualar la carga de trabajo entre los operadores.
- Identificar la operación cuello de botella.
- Determinar el número de estaciones de trabajo.
- Reducir el costo de producción.
- Establecer el tiempo estándar.

García menciona que el balanceo de líneas se hace para que en cada estación de trabajo exista el mismo tiempo de ciclo, es decir, el producto fluya de una estación a otra cada vez que se cumple el tiempo de ciclo por lo que no se acumula. Todas las estaciones deben pasar el trabajo realizado a la siguiente estación de trabajo cada vez que se cumple el tiempo de ciclo, por lo tanto, no hay cuellos de botella porque todas las estaciones tardan lo mismo.

Dos aspectos importantes en el balanceo de línea de producción son la tasa de producción y la eficiencia. Por definición se tiene que la tasa de producción es la cantidad de artículos o servicios que se realizan en cierta cantidad de tiempo, y la eficiencia está vinculada a utilizar los medios disponibles de manera racional para alcanzar un objetivo fijado con anterioridad en el menor tiempo posible y con el mínimo uso posible de los recursos, lo que supone una optimización. *(Barrios, 2010)*

3. 6 Metodología DMAIC

Según Garza Ríos et al, el DMAIC (definir, medir, analizar, mejorar, y controlar) es la metodología de procesos usado por six sigma, y es un método que sigue un formato estructurado y disciplinado basado en el planteamiento de una hipótesis la realización de experimentos y su subsecuente evaluación para confirmar o rechazar la hipótesis previamente planteada.

La metodología DMAIC (por sus siglas en inglés: Define, Mide, Analiza, Implementa Controla), utilizada en el desarrollo proyectos Seis Sigma. Esta metodología consiste en definir el problema, medir, analizar, proponer mejoras y controlar los procesos involucrados.

Las amplias recomendaciones del uso de herramientas de mejoramiento, también han generado cuestionamientos entre académicos, investigadores, empresarios y

público en general, sobre su incidencia en el desempeño de las organizaciones, siendo complejo demostrarlo desde el punto de vista científico, debido a la dinámica que rodea a la empresa, a la dificultad para monitoreos constantes, propios de estudios longitudinales, a la cantidad de variables incontrolables que signan el actuar de las organizaciones y al difícil acceso a la información

Esto ha llevado, por ejemplo, a realizar aportes de tipo exploratorio o de descripción de variables, que si bien son fundamentales y punto de partida para otros, reflejan oportunidades de investigación respecto a la incidencia de herramientas de mejoramiento en los resultados empresariales y más aún, separando grandes firmas de las denominadas PYMES, pues sus diferencias en términos de configuración, actuar, desarrollo y necesidades son exorbitantes, además de que son diversas las amenazas para éstas últimas, a medida que se derriban las barreras económicas.

El objetivo de este proceso es mejorar el rendimiento de una empresa reduciendo la variación y aumentando la eficiencia. El método DMAIC puede ser utilizado por organizaciones de todos los tamaños, y se ha demostrado que es una forma eficaz de mejorar el rendimiento de las operaciones.

3.6.1 El proceso/fases DMAIC.

Sacconnini dice que el proceso es un enfoque basado en datos para la resolución de problemas que puede utilizarse en empresas de todos los tamaños. Profundizamos en sus cinco fases basadas en el acrónimo DMAIC:

DEFINIR

En esta fase, el equipo identifica los problemas clave que afectan el proceso y los alinea con los objetivos estratégicos de la organización

Pande, Neuman y Cavanagh (2000) subrayan la importancia de utilizar herramientas como el *charter del proyecto* y diagramas SIPOC para identificar a los participantes clave del proceso y sus expectativas. Según ellos, *"la definición precisa de los objetivos es crucial para garantizar el enfoque adecuado del equipo durante todo el proyecto"*.

Pande dice que la primera etapa de cualquier proyecto es la perfecta definición del proceso a mejorar. Si seleccionamos los procesos a mejorar de manera vaga o imprecisa, el resultado no será bueno.

A menudo no nos paramos a darle la importancia que tiene a esta etapa y pensamos que definir es plasmar en un documento solo lo que queremos hacer.

Es en esta etapa donde debemos afinar el lápiz y definir de manera muy precisa los objetivos a alcanzar como equipo, analizando la viabilidad técnica del proyecto, la estimación necesaria de recursos y los costes de estos.

El grupo dedicado a la tarea de Six Sigma determinará el proyecto, a través de las opciones que reflejen los objetivos de la organización, así como los consumidores del proceso en base a sus requerimientos. Esto se logrará durante la fase Definir. El grupo está buscando los CTQ (características críticas para la calidad) que tienen un efecto dramático en la calidad. A partir de la selección de los pocos "vitales" se distinguen de los muchos "triviales". El resultado es un mapa del proceso mejorado.

Definir es donde se establece claramente el objetivo que deberá perseguir el equipo encargado de la mejora de un proceso, sus limitantes, presupuesto asignado, restricciones de todo tipo y plazo para su finalización.

Pyzdek y Keller (2014) explican que los requisitos de los clientes (VOC) deben traducirse en especificaciones claras del proceso. Por ejemplo, la satisfacción del cliente con tiempos de entrega puede expresarse en términos medibles, como un plazo de 48 horas.

El resultado de esta etapa es la perfecta definición de que es lo que se persigue con el proyecto de mejora y cuáles son las características críticas tanto para la calidad como para el coste asociadas al proceso.

¿Que se define?

- Evaluación y fronteras.
- Defectos.
- Impacto estimado del proyecto.
- Aprobación de los directores.

Objetivos

Identificar o validar las oportunidades de mejora.

Para desarrollar los procesos del negocio, definir los requerimientos críticos de los clientes y prepararlos para ser un equipo efectivo.

Actividades principales

- Validar / identificar las oportunidades en el negocio.
- Identificar los interesados.
- Identificar a los integrantes de los equipos.
- Validar/desarrollar el formato del equipo.
- Identificar y mapear el proceso.
- Identifique logros rápidos y afinar el proceso.
- Elaborar las guías para el equipo y las reglas.
- Definir las (Y's) del proyecto.

MEDIR

Según Montgomery, es la etapa en la que el equipo decide cómo va a medir el proceso, que variables serán objeto de la medición, que equipos y métodos de medición serán empleados.

El resultado de esta etapa es el cálculo de la capacidad real del proceso, es decir la proporción de veces que el proceso arroja resultados considerados como aceptables.

Según Harry y Schroeder (2005), *"medir no solo identifica la magnitud del problema, sino que también establece la línea base contra la cual se evaluarán las mejoras futuras"*.

Pande, Neuman y Cavanagh (2000) destacan herramientas como histogramas y gráficos de Pareto para identificar patrones en los datos recopilados. Ejemplos incluyen la medición de defectos en producción o el análisis del tiempo promedio de ciclo en un proceso administrativo. Tener métricas correctas es una parte importante de la fase de la medición. Por lo tanto, es vital que se haya validado la fiabilidad de las métricas durante la fase de la medición, de modo que el avance del proyecto se pueda controlar con precisión.

¿Qué se mide?

- Mapear el proceso que identifica las entradas y salidas.
- Matriz causa y efecto.
- Establecer el sistema de medidas de las capacidades reales
- Establecer las líneas base de las capacidades.

Objetivos

Identificar las métricas críticas que son necesarias para evaluar el éxito de satisfacer las necesidades críticas e iniciar a desarrollar una metodología que efectivamente recolecte información para analizar el proceso de desempeño

Entender los elementos de Six Sigma para calcular y establecer la línea base para el proceso que el equipo está analizando.

Actividad principal

- Identificar las entradas (insumos), procesos, y salidas (salidas) con indicadores.
- Desarrollar la definición operacional y plan de medidas.
- Graficar y analizar la información.
- Determinar si causas especiales existen.
- Matriz causa efecto.
- Recolectar información adicional de desempeño de la línea base.
- Falla de efecto y falla.

ANALIZAR

En su libro Runger dice que esta fase se utilizará el análisis para aislar las causas de los errores que deben ser corregidos. Además, la fase de Análisis proporcionará una visión sobre cómo eliminar el espacio entre el nivel actual de rendimiento y el nivel previsto. Esto abarca el reconocimiento de por qué las deficiencias son producidas, mediante la determinación de las variables cruciales que son aptas para generar la variación del proceso.

Un error muy frecuente que las personas tienen acerca de la metodología Six Sigma, es pensar que el proceso DMAIC requiere demasiado tiempo para lograr mejoras.

La realidad es que “éxitos rápidos” se descubren a menudo en las etapas tempranas del proyecto. En la mayoría de los casos se establecen estas mejoras antes de la fase de

Analizar. Los principales avances no pueden ocurrir hasta que los datos relacionados con el proceso son analizados. Esto es cuando se producen las revoluciones. Los métodos de análisis utilizados en Six Sigma están diseñados para exponer las resoluciones más problemáticas.

Pande, Neuman y Cavanagh en su libro "Las Claves Prácticas de Six Sigma" entregan una lista de las principales herramientas para investigar las causas de los defectos, agrupadas en dos categorías: Análisis de Datos y Análisis de Procesos. Para este fin,

un dato es un atributo o característica de una entidad y un proceso es un conjunto de actividades o eventos que se realizan o suceden con un propósito bien definido. En ambos tipos de análisis (datos y procesos) existen tres fases a seguir: Exploración; Hipótesis sobre Causas; Verificación.

Análisis de Datos:

1. Exploración

Los datos, recogidos en la fase DMAIC de Medición, son examinados desde distintas perspectivas para descubrir indicios sobre las causas del problema.

Gráficos de series temporales permiten detectar tendencias en el comportamiento de las variables (retrasos, defectos, etc.) y el diagrama de Pareto permite concentrarse en aquellos pocos factores que generan gran parte de un problema.

Y, dado que se está interesado en comprender y reducir la variabilidad de los procesos, se utiliza un histograma de frecuencia que presenta la distribución de los datos, su valor central y su forma.

2. Hipótesis sobre causas

A partir de los hallazgos de la etapa anterior se generan conjeturas sobre las causas. La "tormenta de ideas" (brainstorming) es una técnica que permite a un grupo generar ideas originales en un ambiente relajado y el diagrama de

Ishikawa (diagrama causa-efecto o de "espina de pescado") establece categorías de causas potenciales.

3. Verificación

Se capturan nuevos datos o se generan experimentos para someter a prueba la veracidad de las hipótesis. En este punto, los diagramas de dispersión permiten

evaluar de manera gráfica el grado de correlación existente entre una causa y su efecto.

Análisis de Procesos:

1. Exploración

Aquí se han de realizar diferentes mapas de proceso, para lo cual son útiles los diagramas de flujo de despliegue, que añaden al diagrama tradicional al responsable de cada una de las actividades, lo que es muy útil para "mapear" procesos de servicios.

3. Verificación

Se realiza un análisis más detallado del proceso y se capturan nuevos datos para someter a prueba la veracidad de las hipótesis.

En ambos tipos de análisis, el uso de herramientas cada vez más sofisticadas depende de la naturaleza del problema y de los hallazgos a lo largo del análisis.

La fase de análisis termina con la documentación de las causas ya verificadas, una actualización del proyecto Six Sigma, una planificación de la fase siguiente en DMAIC (Mejora) y una revisión con el patrocinador o el consejo directivo.

MEJORAR

Para Box, los objetivos de la etapa de mejora deben ser dos:

1. Determinar cuáles son todos los factores importantes (X's Vitales) que condicionan la variabilidad del proceso (parámetros, materiales, máquinas, personas, proveedores, flujo de trabajo, etc.)
2. Desarrollar la relación matemática o circunstancial entre las entradas y las salidas del proceso (cuál es la relación entre la causa y el efecto).

Una de las mejores herramientas para utilizar en esta fase, sobre todo cuando hablamos de mejorar procesos productivos donde intervienen materias primas, maquinas, personas, parámetros de ajuste.

El diseño de experimentos es una metodología que permite establecer un plan donde poder ensayar diversos factores de forma eficiente, y que permite extraer conclusiones acotando los errores experimentales.

- Lluvia de ideas (Brainstorming): Facilita la generación de soluciones creativas.
- Diseño de experimentos (DOE): Evalúa la interacción entre múltiples factores.
- Kaizen: Enfocado en mejoras continuas y pequeñas.
- Pruebas piloto: Mitigan riesgos al validar soluciones en un entorno controlado.
- Simulaciones: Modelan escenarios complejos para prever resultados.
- Análisis de flujo de trabajo (Workflow Analysis): Identifica y elimina cuellos de botella o tareas que no agregan valor al proceso.

El diseño de experimentos consiste en establecer unos valores para las variables y establecer variaciones controladas (deben estar siempre dentro de las especificaciones) sobre dichos valores para ver y comprobar en la salida del proceso, qué relación tiene la variación con el resultado final obtenido. De esta manera podemos ir centrando mejor el resultado del proceso.

Durante el diseño de experimentos se pueden combinar la variación de una o más variables, pero debemos mantener un orden y sobre todo conocer el grado de interacción de cada variable y su variación.

Tras realizar el diseño de experimentos se analizan los resultados y se establecen las conclusiones.

Una muy buena práctica consiste en que antes de implementar definitivamente las acciones fruto de las conclusiones, realizar una fabricación controlada para verificar los resultados.

CONTROLAR

La fase de Controlar es la etapa final del ciclo DMAIC y se centra en garantizar que las mejoras implementadas en la fase de Mejorar sean sostenibles a largo plazo. Este paso utiliza herramientas y estrategias para mantener el desempeño optimizado del proceso y prevenir la reaparición de problemas. Aquí se profundiza en cada aspecto clave de esta fase con referencias específicas.

Gitlow et al dicen que se tiene como objetivo asegurar que una vez analizado, corregido y estabilizado el proceso (una vez que se consigue buen resultado se tiene que repetir), las condiciones de este proceso son vigiladas a través de técnicas estadísticas para el control de los procesos.

Siempre que implementamos un proceso nuevo o bien corregimos uno existente y obtenemos mejores resultados que con el anterior, existen los problemas de tipo infantil en el proceso, es decir aquellos cuyo origen están en el aprendizaje, en la implementación del proceso por parte de las personas principalmente “cuesta cambiar los hábitos” y la no familiaridad con el nuevo proceso puede hacer cometer errores. Es importante tener esto en cuenta en la fase de implementación.

El control de procesos.

Una vez superada la fase de aprendizaje y las dificultades de tipo temporal, el control de procesos debe definir el conjunto de técnicas estadísticas, para asegurar que las características del producto son las adecuadas mediante el control de las variables vitales del producto productivo.

“Variable vital es aquella que su ausencia de control puede provocar una desviación del proceso y esto quiere decir que le provoca un daño al producto o una desviación de sus especificaciones”.

Montgomery dice que lo primero que debemos hacer para definir el control de los procesos es:

- Establecer tolerancias para las variables vitales
- Mantener las variables vitales dentro de esas tolerancias estableciendo el control adecuado.
- Utilizar gráficas de control y medición para vigilar y controlar la variación de las variables vitales.

Tipos de métodos de control:

- Métodos Conductuales.

Son aquellos que pretenden informar a los operarios sobre todos los cambios que puedan existir en su actividad, conducta y/o operaciones. Digamos que son métodos buenos, pero no lo suficientes.

- Métodos a Prueba de Error.

Es bueno hacer las cosas bien y a la primera, pero aún es mejor hacer que sea imposible hacerlo mal la primera vez.

El Poka-Yoke es un sistema constituye hoy por hoy la mejor manera de conseguir procesos libres de fallos o errores ya que eliminan tareas repetitivas que dependen de la memoria o de estar en continua alerta, liberan tiempo a las personas dedicándose a tareas de más valor añadido, no es aceptable cometer un pequeño número de errores.

El objetivo de este sistema es “cero defectos”.

Juran dice que por ello debemos migrar en los procesos con decisión hacia una visión Six Sigma:

Visión Tradicional:	Visión 6 Sigma:
– Las personas cometemos errores. – Todo puede tener variación. – La inspección es necesaria.	– El objetivo es eliminar los errores. – Eliminar los errores significa más calidad de producto. – El objetivo es eliminar la inspección.

Estandarización de procesos

Imai nos cuenta que la estandarización es esencial para mantener consistencia en las operaciones. Esto incluye la creación de procedimientos operativos estándar (SOPs) y manuales que detallen los pasos clave del proceso mejorado.

Beneficios:

Reduce la variabilidad entre operadores o turnos.

Facilita la capacitación de nuevos empleados.

Imai cita que el estudio de tiempos y movimientos fue la base para el desarrollo de la ingeniería industrial y es aplicado hasta el día de hoy en muchos de los talleres y fábricas alrededor del mundo con gran éxito.

El estudio de tiempos es una técnica de medición del trabajo empleada para registrar los tiempos de trabajo y actividades correspondientes a las operaciones de una tarea definida, efectuada en condiciones determinadas, con el fin de analizar los datos y

poder calcular el tiempo requerido para efectuar la tarea según un método de ejecución establecido.

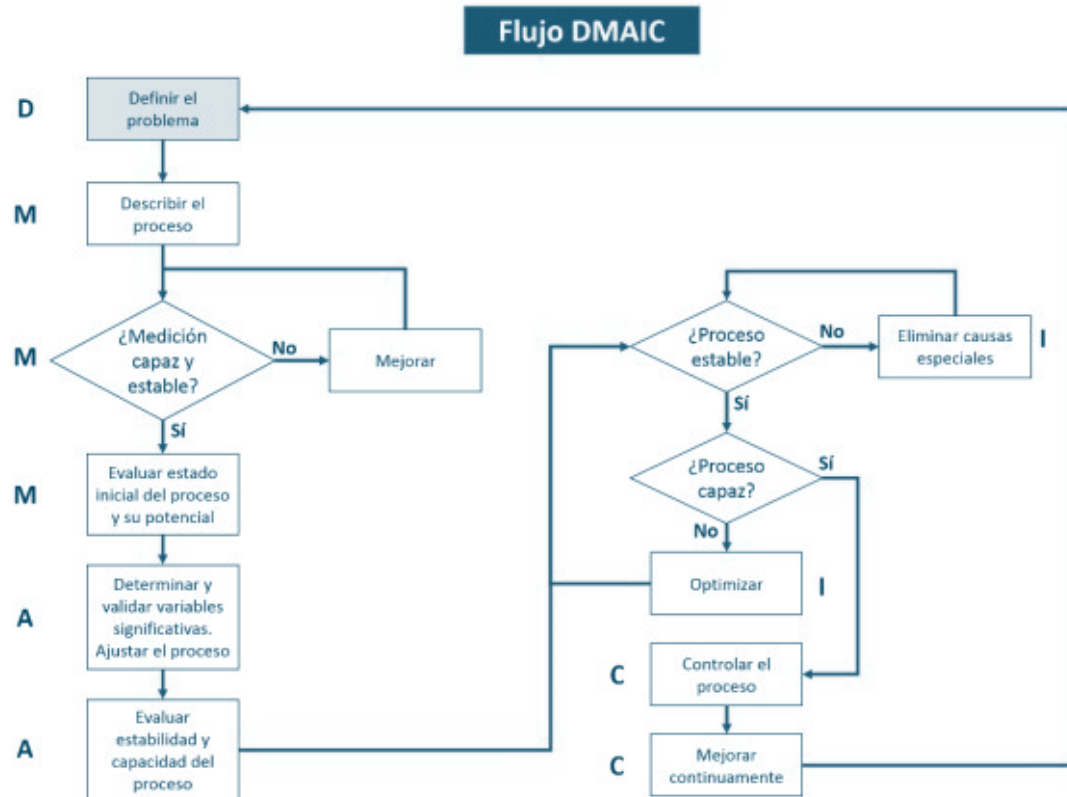


Ilustración 12 Diagrama de Flujo de la metodología DMAIC

3.6.2 Ventajas de DMAIC.

Dice Corral que la metodología DMAIC presenta algunas ventajas que pueden ser relevantes en determinados contextos. Estas ventajas incluyen:

Camino claro hacia la mejora: DMAIC divide el proceso de mejora en cinco fases simples. Esta estructura proporciona un camino claro, lo que facilita a los equipos la resolución de problemas complejos.

Toma de decisiones basada en datos: Una de las características destacadas de DMAIC es su dependencia de los datos. Al basar sus decisiones en evidencia concreta, las organizaciones pueden tomar decisiones más informadas, reduciendo el riesgo de tomar decisiones basadas en suposiciones.

Siempre mejorando: DMAIC apoya una cultura de mejora continua. Alienta a los equipos a evaluar y mejorar periódicamente los procesos, promoviendo la adaptabilidad y la resiliencia frente al cambio.

Medición del éxito: DMAIC enfatiza el establecimiento de objetivos mensurables y el uso de métricas para evaluar el impacto de las mejoras. Esto garantiza que el éxito no sea sólo un sentimiento, sino algo que pueda evaluarse objetivamente y proporcione una base para decisiones futuras.

Resolviendo problemas desde la raíz: DMAIC no sólo pone un curita a los problemas; profundiza para encontrar las causas fundamentales. Al abordar el origen de los problemas, el modelo ayuda a evitar que vuelvan a surgir, lo que contribuye a la estabilidad a largo plazo.

3.6.3 Desventajas de DMAIC.

Corral también menciona que la demanda de recursos: La implementación de DMAIC requiere tiempo, personal y, a veces, inversión financiera, lo que puede ser un desafío para equipos más pequeños o aquellos con recursos limitados.

Complejidad aparente: Algunos pueden encontrar la naturaleza estructurada de DMAIC un poco compleja, especialmente si son nuevos en Six Sigma. Esta complejidad podría conducir a una resistencia inicial a adoptar el modelo.

No hay una talla única para todos: DMAIC no es una solución única para todos. Puede que no sea la mejor metodología para todas las organizaciones o todos los procesos.

Sobrecarga de datos: La recopilación y el análisis de datos es fundamental para tomar decisiones informadas. Sin embargo, centrarse demasiado en la recopilación y el análisis de datos puede provocar una parálisis del análisis, lo que puede ralentizar la capacidad de una organización para tomar decisiones oportunas.

Resistencia Cultural: Las organizaciones que no están familiarizadas con un enfoque de mejora continua, basado en datos pueden enfrentar resistencia cultural durante la implementación de DMAIC. Lograr que todos participen puede requerir algo de esfuerzo.

Uso del mapeo en DMAIC

Fase	Propósito del mapeo	Herramientas clave	Referencias
Definir	Comprender y alinear la visión del proceso.	SIPOC, diagramas de flujo	Pyzdek & Keller (2014); Rummler & Brache (1995).
Medir	Detectar problemas y recopilar datos clave.	VSM, diagrama spaghetti	Rother & Shook (1999); Womack & Jones (2003).
Analizar	Identificar las causas raíz a través de revisión del mapeo.	Revisión de diagramas previos	Ishikawa (1982).
Mejorar	Diseñar y visualizar el proceso optimizado.	Future State VSM, Swimlane diagram	George (2002); Harmon (2007).
Controlar	Documentar y estandarizar el proceso mejorado.	Diagramas actualizados, integración ERP	Crosby (1979); Groover (2015).

3.7 OEE

Berganzo escribe que el OEE es una métrica que mide la eficiencia operativa de los equipos. Este indicador refleja la capacidad productiva real de los equipos industriales y pone al descubierto los despilfarros del proceso (rechazos, interrupciones, averías, baja velocidad, etc.) que impiden que funcionen a pleno rendimiento.

La medición del OEE (Overall Equipment Effectiveness) se aplica a cualquier proceso productivo que tenga un estándar de trabajo definido previamente.

El OEE se expresa en porcentaje y su valor siempre se encuentra entre el 0% y el 100%, representando el 100% la situación óptima de producción: sólo se fabrican piezas buenas, a la máxima velocidad y sin paradas.

La mayoría de las empresas opera con niveles de OEE por debajo del 70%, lo que supone una importante pérdida de dinero, y un gran margen para la mejora.

En el cálculo del OEE se tienen en cuenta tres variables: calidad, velocidad y disponibilidad.

Calidad: se obtiene a partir del cálculo de piezas buenas a la primera frente al total de piezas producidas.

Velocidad: este parámetro indica lo fabricado (bueno y malo) durante el tiempo de operación, respecto de lo que tenía que haber fabricado a tiempo de ciclo ideal.

Disponibilidad: resulta de dividir el tiempo de operación entre el tiempo planificado de producción.

3.7.1 Ventajas del OEE.

La correcta implementación de un sistema OEE repercute directamente en el rendimiento que se va a obtener del proceso de manufactura. Esto se debe a que se reducen los tiempos en los que las máquinas están paradas, se identifican las causas por las que hay pérdidas de rendimiento (cuellos de botella y velocidades reducidas), y aumenta el índice de calidad del producto, minimizando retrabajos y pérdidas ocasionadas por elaboración de producto defectuoso. No sólo eso, mostrar información fiable en tiempo real del proceso aumenta significativamente la eficiencia de los empleados, y facilita su trabajo. En el caso de que quieras saber más beneficios, este es el artículo 10 ventajas del OEE. El indicador OEE se calcula a partir de tres factores, que como él mismo, son porcentajes:

$$OEE = Disponibilidad * Rendimiento * Calidad$$

3.8 Flujo continuo

Becerril y Villa dicen que la producción en flujo continuo es un método de fabricación que busca mantener un proceso productivo constante y fluido. Optimizando la secuencia de tareas, se puede crear una línea de producción más eficiente y productiva. En este artículo, encontrarás todo lo que necesitas saber sobre el flujo continuo y cómo implementarlo efectivamente en tu negocio.

En este sistema, los productos fluyen de manera ininterrumpida a través de diversos procesos sin detenerse. El objetivo principal es aumentar la eficiencia al eliminar los tiempos de espera que suelen ocurrir cuando cada producto pasa por sus etapas de producción.

La producción en flujo continuo opera como un proceso de ensamblaje en línea, donde cada estación de trabajo se dedica a una tarea específica y los productos avanzan de forma continua a lo largo de la línea. Este método es especialmente efectivo en entornos de fabricación de alto volumen, donde se requiere producir grandes cantidades de productos de manera rápida y eficiente.

Este enfoque se usa a menudo en entornos de fabricación de alto volumen donde existe la necesidad de producir grandes cantidades de productos de manera rápida y eficiente.

Beneficios de la producción de flujo continuo:

Hay varios beneficios asociados con la producción de flujo continuo, que incluyen:

- Mayor eficiencia: al optimizar la secuencia de tareas, es posible crear una línea más eficiente y productiva.

- Reducción de residuos: la producción de flujo continuo ayuda a eliminar los residuos al garantizar que cada estación se dedique a una tarea específica.
- Mayor calidad: este enfoque de fabricación ayuda a mejorar la calidad del producto al reducir las posibilidades de error humano.

¿Cómo se puede medir la productividad?

Según Villanueva, la productividad es una medida de qué tan efectivamente se produce un resultado. Se puede medir la productividad de una persona, un equipo o una empresa. En general, cuanto mayor sea la producción, mayor será la productividad. Sin embargo, la productividad no siempre es una métrica fácil de medir.

A menudo, se necesita un análisis más profundo para comprender de qué manera se está produciendo un resultado y si es eficiente.

Existen diferentes enfoques para medir la productividad. Uno de los más comunes es medir la ratio de producción a inputs. Esto significa que se mide la cantidad de producción obtenida en función a la cantidad de insumos utilizados.

¿Cómo se calcula la productividad en el trabajo?

Según Prokopenko, la productividad en el trabajo se mide de muchas maneras diferentes, pero una de las maneras más comunes es mediante el tiempo. Se puede calcular la productividad en el trabajo de una persona o de un grupo de personas, y se puede medir de manera cuantitativa o cualitativa.

Para calcular la productividad en el trabajo de una persona, se puede medir el tiempo que tarda en realizar una tarea específica, o se puede medir el tiempo que tarda en completar un proyecto.

Para calcular la productividad en el trabajo de un grupo de personas, se puede medir el tiempo que tarda el grupo en completar una tarea específica, o se puede medir el tiempo que tarda el grupo en completar un proyecto. Se puede medir la productividad

en el trabajo de una persona o de un grupo de personas de muchas maneras diferentes, pero la manera más común es mediante el tiempo.

3.9 One Piece Flow (OPF)

Becerril Rosales nos dice en su libro que el flujo pieza a pieza (One Piece Flow) consiste en fabricar las piezas una a una, pasando cada una de ellas al proceso siguiente sin interrupciones.

Se implementa creando células de trabajo para reducir la necesidad de transporte, tiempos de espera y niveles altos de inventario.

Cuando sea imposible crear este tipo de flujo (por ser máquinas que funcionen en lotes) se separan estos procesos por lotes del flujo continuo y se conectan mediante de un Sistema Pull o línea FIFO ("first in, first out").

El OPF tiene varias ventajas:

- Mejora la calidad, ya que los defectos se detectan antes y puede darse el feedback inmediatamente.
- Disminuye el "lead time".
- Reduce el inventario.
- Minimiza la utilización de recursos por la eliminación de desperdicios.
- Simplifica la gestión: Flujos orientados a producto.

Con la implementación del flujo pieza a pieza conseguimos eliminar tiempos sin valor añadido, reducir la necesidad de espacio y limita el stock en curso. Con el control del stock en curso se reduce la dispersión al sistema de producción y se controla el Lead Time.

3.9. Layout

Heizer, Render y Munson hablan de que un layout (o diseño de planta) es la disposición física de los recursos en un espacio determinado, incluyendo equipos, maquinaria, estaciones de trabajo, personal y áreas de almacenamiento, para optimizar el flujo de trabajo y los recursos en un proceso. Su objetivo principal es maximizar la eficiencia, minimizar los tiempos de traslado y asegurar un flujo continuo y fluido de materiales o servicios.

Aspecto	Layout en I	Layout en U
Flujo	Lineal	En forma de U
Uso del espacio	Mayor espacio requerido	Menor espacio requerido
Colaboración	Limitada	Alta interacción entre estaciones
Flexibilidad	Baja	Alta
Eficiencia operativa	Depende del flujo lineal	Permite multifuncionalidad
Complejidad	Baja (fácil de implementar)	Media (requiere planificación)

Womack y Jones dicen que la elección entre un layout en I y uno en U depende de factores como:

- Espacio disponible: Si el espacio es limitado, el layout en U es más eficiente.
- Tipo de producto: Si el proceso es lineal y no requiere interacción entre etapas, el layout en I es suficiente.
- Colaboración requerida: En sistemas que requieren alta interacción entre trabajadores o estaciones, el layout en U es preferible.

3.10. Tiempo de estrangulamiento

Goldratt dice que el tiempo de estrangulamiento (bottleneck time) se refiere al tiempo total que un recurso o etapa específica del proceso tarda en completar su trabajo, lo que limita la capacidad general del sistema. Este concepto está directamente

relacionado con el cuello de botella, que es la parte más lenta o menos eficiente de un proceso y determina la velocidad máxima a la que puede operar todo el sistema.

El tiempo de estrangulamiento representa el tiempo que se necesita para procesar una unidad en la etapa más restrictiva. Si no se gestiona adecuadamente, puede provocar acumulación de trabajo, ineficiencias y retrasos significativos en el flujo del proceso.

Fórmula Básica para Estimar el Tiempo de Estrangulamiento

$$T_e = \frac{\text{Cantidad de trabajo}}{\text{Capacidad del recurso más lento}}$$

Por ejemplo, si una máquina puede procesar 50 unidades en 10 horas, el tiempo de estrangulamiento será:

$$T_e = \frac{10 \text{ horas}}{50 \text{ unidades}} = 12 \text{ minutos por unidad.}$$

El tiempo de estrangulamiento es un indicador crítico que permite identificar y mejorar las limitaciones dentro de un sistema. Gestionarlo de manera efectiva, mediante técnicas como la Teoría de las Restricciones (TOC) o herramientas Lean, puede transformar la eficiencia y productividad general de un proceso.

CAPÍTULO IV DESARROLLO DE PROYECTO (DMAIC)

4.1 FASE 1: DEFINIR

Observar las operaciones del sistema de producción con el fin de optimizar los recursos, enfatizando en el tiempo estándar de la línea de producción.

El análisis de operaciones en el sistema de producción y el estudio de tiempos permite conocer con precisión el tiempo invertido en cada proceso tratando de disminuir el tiempo innecesario dentro del ciclo productivo determinado mediante un balanceo de línea.

El balanceo de línea surge de la necesidad de incrementar un indicador clave dentro del proceso productivo; el OEE (Efectividad Global de los Equipos), una razón de aprovechamiento; analiza tres factores (calidad, productividad y disponibilidad) y su comportamiento en el desarrollo y continuidad del proceso.

Mediante la observación, análisis e interpretación se determinó que en el proyecto Tesla, específicamente las líneas de EF's, presenta un indicador OEE por debajo del establecido por la alta dirección y mejora continua, lo cual conlleva a pérdidas para la empresa. Como parte de una contribución al aprovechamiento eficiente del proceso de elaboración de fundas, se desarrolla el balanceo de línea, como una alternativa de crecimiento, ajuste y cambio para proyecto Tesla, con la finalidad de incrementar el OEE de las líneas EF's. Analizar a partir de muestra patrón, para revisar secuencia de operaciones para flujo óptimo y hacer que la pieza nunca regrese.

4.2 FASE 2: MEDIR

Consiste en capturar los tiempos leídos en el punto terminal de cada operación, el tiempo se establece en cero, cuando se realiza la siguiente operación el tiempo avanza desde cero hasta que el operario termina la pieza. Para la medición de tiempo se usa como herramienta un cronómetro.

Paso a paso:

Se define un equipo al que se tomaran tiempos en cada operación. Existe una línea destinada a realizar la pieza de EF la cual es la célula 74 G/H. Ambos equipos cuentan con un total de 13 personas. 12 personas que se dedican a realizar trabajo de costura y 1 persona que se encuentra en el puesto final, quien se encarga de inspeccionar la pieza final (calidad).

Conocer operaciones de cada puesto y especificaciones del proceso. Es importante haber entrado previamente al proceso ya que al tomar tiempos hay que saber distinguir que diferencia una operación de otra. En este caso existen 3 tipos de operaciones: *pespuntos*, el cual es una costura decorativa, es decir, una costura que sobresale en zona vista intencionalmente; *uniones*, lo cual se entiende como la costura de una pieza a otra con la intención de formar subensambles que al irse costurando conformen el producto final; *colocación de componentes*, operación la cual consiste en costurar retenedores a la vestidura, los cuales son muy importantes debido a que su uso directo es al momento de ensamblar.

Al iniciar a tomar tiempos es importante considerar que cada movimiento que agregue valor debe tomarse en cuenta, es decir, cada paso que el operador haga para realizar su operación debe de ser considerada dentro del tiempo, por ejemplo; si se termina el suministro de material y es deber del operador ir por más, cambio de hilo, acomodo de máquina, etc., el tiempo que necesite al realizarlo deberá tomarse en cuenta. No hay que tomar en cuenta desperdicios como moverse de su lugar para ir a charlar con otro compañero o caminar de un lado a otro sin tener un fin que aporte al proceso.

El cronómetro será la herramienta para utilizar en este paso, deberá estar en 00:00 hasta que el operador tome la primera pieza para iniciar con la operación u operaciones que le correspondan, el tiempo se detiene cuando el operador comienza con la repetición de la operación o cuando toma una nueva pieza si realiza más de una operación en la siguiente estación. Esto se hace, ya que debe

tomarse en cuenta el tiempo que tarda en dejar lo que hizo en la anterior estación de trabajo.

Los tiempos obtenidos van desde que el operario toma las piezas para unir las, costurar componentes, realizar costura decorativa, cerrar las costuras etc., hasta que coloca la pieza en la paleta del siguiente puesto. Se realiza la toma de 3 tiempos para poder establecer un tiempo estándar por operación.

N°	Descripción	Work Station	Tiempo 1	Tiempo 2	Tiempo 3	Tiempo Estándar
1	PREFIJAR PIEZA 1 A PIEZA 15	1	43	45	43	44
2	PREFIJAR PIEZA 2 A PIEZA 16	1	36	43	40	40
3	UNIR PIEZA 1 A PIEZA 4	2	26	24	25	25
4	COLOCAR MILLILOOP A CONJUNTO 1/4	2	17	22	20	20
5	UNIR PIEZA 10 A CONJUNTO 1/4	3	50	46	45	47
6	UNIR PIEZA 2 A CONJUNTO 1/4/10	2	16	15	17	16
7	UNIR P01 A PIEZA 1-2	2	15	16	12	14
8	UNIR PIEZA 3 A PIEZA 6	3	17	18	21	19
9	UNIR PIEZA 5 A PIEZA 7	3	18	17	21	19
10	REALIZAR PESPUNTE 1AG A PIEZA 10	4	30	30	25	28
11	REALIZAR PESPUNTE 2AG A CONJUNTO 6/3	4	18	13	16	16
12	REALIZAR PESPUNTE 2AG A CONJUNTO 7/5	4	15	20	18	18
13	UNIR CONJUNTO 6/3 A CONJUNTO 2/1/4/10	5	41	36	39	39
14	UNIR CONJUNTO 5/7 A CONJUNTO 2/1/4/10	5	47	34	52	44
15	COLOCAR MILLILOOP A CONJUNTO 6/3	6	38	35	32	35
16	COLOCAR MILLILOOP A CONJUNTO 5/7	6	33	34	36	34
17	UNIR TAB01 A PIEZA 11	7	21	23	25	23
18	UNIR TAB02 A PIEZA 7	7	24	23	24	24
19	UNIR TAB03 A PIEZA 8	7	21	22	22	22
20	UNIR TAB04 A PIEZA 6	7	30	28	32	30
21	UNIR CONJUNTO TAB01/11 A PIEZA 9	7	12	12	15	13
22	UNIR CONJUNTO TAB03/8 A PIEZA 9	7	13	13	12	13
23	UNIR CONJUNTO TAB01/11/9/TAB03/8 A PIEZA SEMI ACABADA (AIRBAG MACHINE)	8	89	92	96	92
24	REALIZAR PESPUNTE 1AG A PIEZA SEMI ACABADA	9	92	100	103	98
25	COSTURA DE REFUERZO A CONJUNTO TAB04/6	10	34	29	32	32
26	COSTURA DE REFUERZO A CONJUNTO TAB02/7	10	21	25	35	27
27	CERRAR TELAS AB TAB01/TAB02 A 2AG	11	25	21	22	23
28	CERRAR TELAS AB TAB03/TAB04 A 2AG	11	27	20	24	24
29	COSTURA DE REFUERZO EN TELAS AB TAB01/TAB02 A 2AG	10	13	8	10	10
30	COSTURA DE REFUERZO EN TELAS AB TAB03/TAB04 A 2AG	10	15	12	10	12
31	UNIR PIEZA 13/ 17 SIMULTANEAMENTE A PIEZA 11	12	36	33	35	35
32	UNIR PIEZA 19 A PIEZA 9	12	14	14	16	15
33	UNIR PIEZA 12/18 SIMULTANEAMENTE A PIEZA 8	12	24	32	35	30
34	UNIR PIEZA 14 A PIEZA 2	12	30	35	26	30
35	FIJAR PERFIL P03 A PIEZA 17/18 (2X)	13	17	14	15	15
36	FIJAR PERFIL P02 (5X) A PIEZA 19/13/12	13	92	82	84	86
37	FIJAR PERFIL PL01 A PIEZA 14	13	13	12	12	12

Ilustración 13 *Tiempos observados de EF's Tesla*

4.4 FASE 3: ANALIZAR

En el proyecto se costuran 2 variantes (AF. - Asientos frontales y EF.- Respaldos frontales) y existen dos modelos Highland y Model Y. Conociendo el proceso de cada una se determina que EF será la variante a la que se le dará seguimiento, aprovechando las áreas de oportunidad.

Una herramienta base para realizar el balanceo es el **layout**, ya que nos permite observar de manera más clara la distribución de los componentes principales y cuyas funciones son predominantes para garantizar la costura de la pieza.

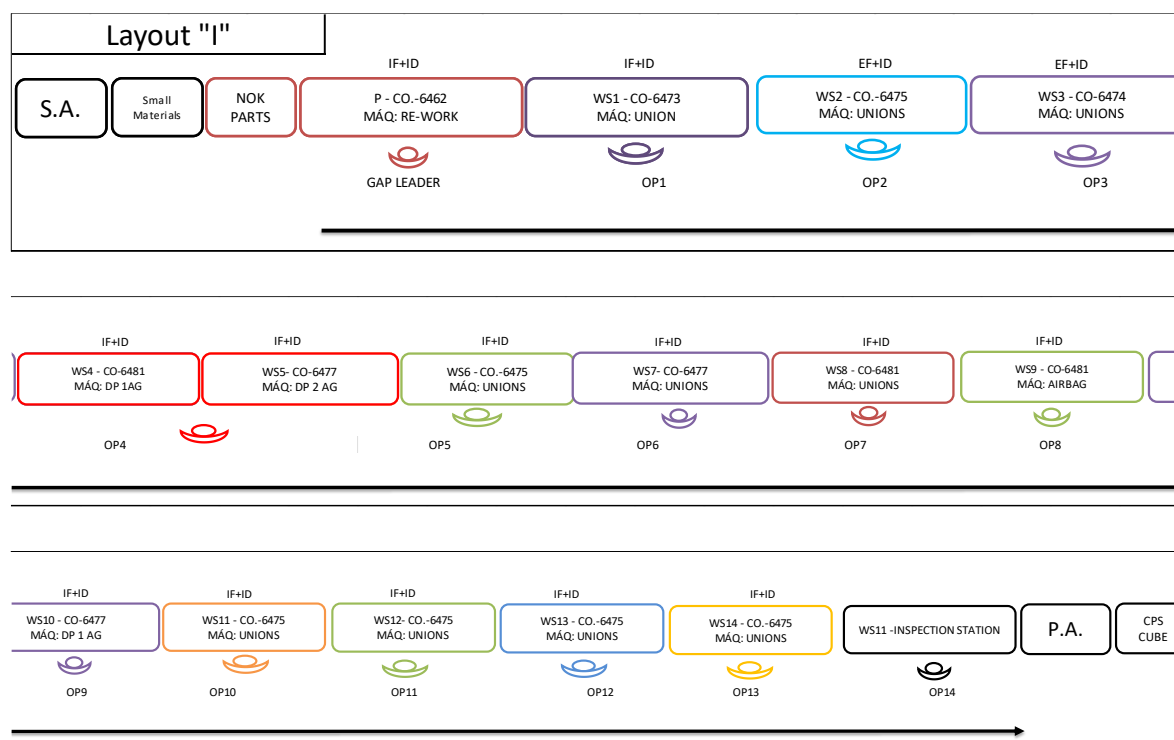


Ilustración 14 LayOut en línea de producción de EF's

Teniendo como componentes lo siguiente:

Carros de abastecimiento (SA): la función que cumplen los carros de abastecimiento, conocidos como carros SA (semi- acabado) es abastecer las

piezas/ cortes a las líneas de producción para la transformación de la pieza final. Estos son enviados por OF (órdenes de producción) previamente planeado por el área de logística de acuerdo con el plan de trabajo y requerimiento del cliente. mismos que son armados por nuestro equipo del taller de mejora continua.

Rack de pequeños materiales (PM): estos abastecen componentes o mejor conocidos de manera interna como (perfiles), un perfil es una pieza que se incluye a la funda con el propósito de ser un retenedor al momento de ensamblar. El estándar en los racks PM consta de 2 cajas azules, una que se queda en el rack como “stock” y otra posicionada en el puesto de trabajo para ir tomando los perfiles.

Una vez que el operado ha terminado con los perfiles de su caja, se acerca a cambiar la misma. En la parte superior colocan su caja vacía para que más tarde el carro abastecedor se la lleve y la rellenen en el área de pequeños materiales.

Carro de piezas NOK (caballito rojo): contiene piezas rechazadas por el área de calidad. La finalidad de este carro es que las piezas que no cumplen con las especificaciones de cliente sean segregadas para que más tarde sean validadas por las personas indicadas de acuerdo con el color de etiqueta que se le haya asignado a la pieza.

Verde: pieza con defecto menor, aquí se encuentran las piezas con alguna especificación NOK que probablemente no causa apariencia. Por ejemplo; puntadas fuera de especificación, margen más ancho o pequeño, variación en costura decorativa. En el nivel verde, quien puede tomar la decisión es el GAP líder acompañado de una persona de calidad, en este caso la persona de revista.

Amarillo: pieza con defecto mayor sin peligro en zona de riesgo, las piezas que se colocan en este color son piezas que causan apariencia y tienen que ser validadas por el siguiente nivel en la jerarquía, los cuales son inspector de calidad junto con

supervisor. Algunos ejemplos de defectos en estas piezas son: piezas con pliegues, falta de componente, hilo cambiado, 2 o 3 puntadas de más, decorativa irregular en más de una zona, apariencia de color, etc.

Rojo: en el caso de las piezas con defecto mayor, deben ser validadas por las personas que se encuentran en el nivel superior en jerarquía, gerentes, coordinadores tanto de producción como de calidad. Aquí se encuentran piezas que han superado más de 3 o 4 veces la misma falla y piezas que tienen probabilidad de poner en riesgo la seguridad, por ejemplo, en zona airbag, si la tensión esta baja, alta o las puntadas no son las correctas debe de ser un tema validado entre las áreas involucrada para tomar una decisión acerca de la misma.

Maquina GAP: es una máquina de apoyo, que sirve como soporte cuando alguna máquina de coser presenta alguna falla, esta máquina en específico tiene la funcionalidad de realizar cualquier operación; por la que se encuentra en un nivel de madurez 5. Esta usualmente es utilizada por el Gap leader de cada línea de producción.

Máquinas de coser estándar: dentro de las líneas EF's, encontramos 14 puestos de trabajo, cada puesto esta acondicionado por una máquina de coser, según sea la operación será el grado de madurez del puesto.

Estos niveles de madures se clasifican de la siguiente manera:

- Nivel de madurez 2: son máquinas en las que solo se podrán realizar uniones rectas
- Nivel de madurez 3: Se pueden realizar costuras redondas o se fijarán perfiles.
- Nivel de madurez 4: se realizarán costuras para máquina Airbag, así como, operaciones de pespunte.

Puesto de revista: funciona como el primer filtro de calidad, en este puesto son analizadas las piezas finales; basándose en el orden de las operaciones, se verifican que las uniones estén correctas, que las etiquetas correspondan a las piezas en las que fueron colocadas, se revisan componentes, modelo, color, variante, entre otros, y aseguran que se cumplan con los estándares de calidad que requiere el cliente.

Carros de producto terminado (carritos PA): una vez validado el producto por el encargado de calidad (revista), se procede a ser colocado en el carrito de producto terminado también conocidos como carritos PA, cuando se completa el requerimiento, pasa a ser trasladado al área de embalaje donde se encargan de empacar el producto final.

Dentro del área de mejora continua se utiliza un formato de simulación de tiempos de costura, este formato nos permite ingresar valores de tiempos tomados en el área de producción y compararlos con los tiempos proporcionados por el departamento de ingeniería, mismos que ya han sido estandarizados y subidos al sistema de la empresa.

A través de este simulador podemos crear una simulación de corrida de pieza, en la que se identifican los puestos de trabajo dentro de las células, así como a los operadores que realizan ciertas actividades y operaciones.

En este simulador se observa mediante una gráfica la carga de trabajo en cada estación, se puede observar que existe una diferencia significativa entre cada puesto. Con esta representación gráfica se logra detectar que hay una gran oportunidad de mejora en la línea.

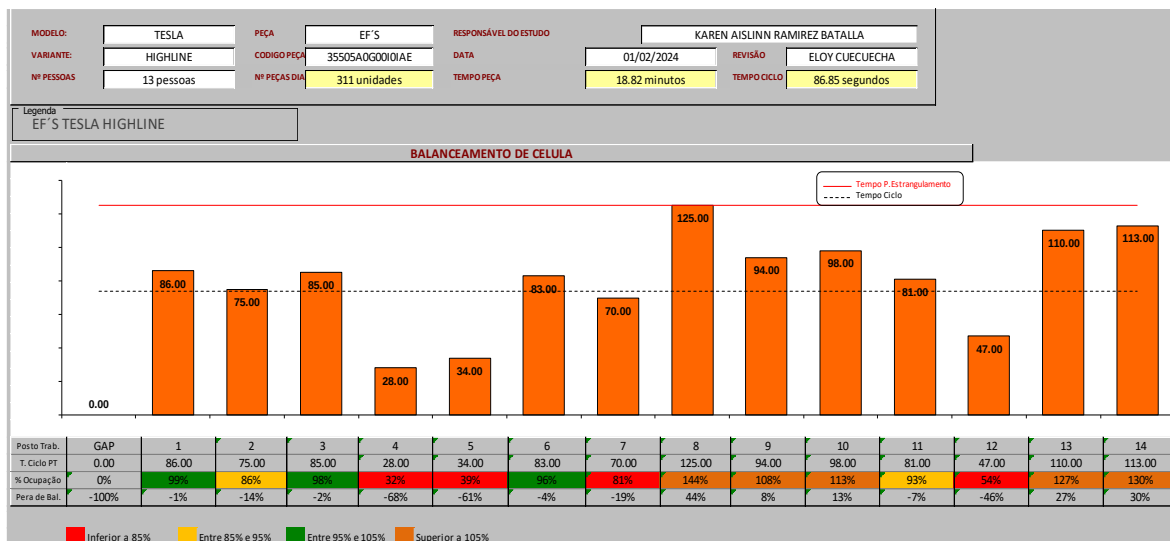


Ilustración 15 Simulador con Tiempos observados de EF's

A continuación, podemos observar que se representan las operaciones por puesto de costura dentro de las líneas de EF's Tesla mostrándose de manera porcentual; es decir; se refleja el porcentaje en que se costuran las piezas, según el valor (del 1% al 100%) es como se dividen las piezas, dentro de las líneas, cada OF (orden de producción) engloba 12 piezas totales, al realizar en cada puesto el 100% de las operaciones querrá decir que costura la operación que le corresponde de 1 pieza.

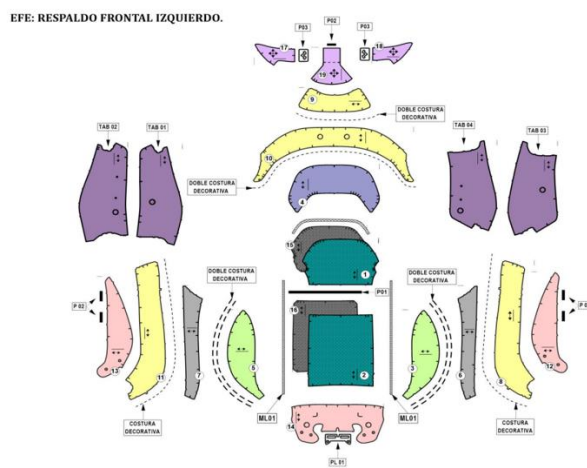


Ilustración 16 Piezas que conforman un EF

BALANCEAMENTO OPERAÇÕES																			
N.º	DESCRIÇÃO OPERAÇÃO:	OPER.	TEMPO	GAP	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	TOTAL
1	PREFIJAR PIEZA 1 A PIEZA 15	1	46		100%														46
2	PREFIJAR PIEZA 2 A PIEZA 16	1	40		100%														40
3	UNIR PIEZA 1 A PIEZA 4	2	25			100%													25
4	COLOCAR MILLILOOP A CONJUNTO 1/4	2	20			100%													20
5	UNIR PIEZA 10 A CONJUNTO 1/4	3	47				100%												47
6	UNIR PIEZA 2 A CONJUNTO 1/4/10	2	16			100%													16
7	UNIR P01 A PIEZA 1-2	2	14			100%													14
8	UNIR PIEZA 3 A PIEZA 6	3	19				100%												19
9	UNIR PIEZA 5 A PIEZA 7	3	19				100%												19
10	REALIZAR PESPUNTE 1AG A PIEZA 10	4	28					100%											28
11	REALIZAR PESPUNTE 2AG A CONJUNTO 6/3	4	16						100%										16
12	REALIZAR PESPUNTE 2AG A CONJUNTO 7/5	4	18						100%										18
13	UNIR CONJUNTO 6/3 A CONJUNTO 2/1/4/10	5	39							100%									39
14	UNIR CONJUNTO 5/7 A CONJUNTO 2/1/4/10	5	44							100%									44
15	COLOCAR MILLILOOP A CONJUNTO 6/3	6	35								100%								35
16	COLOCAR MILLILOOP A CONJUNTO 5/7	6	35								100%								35
17	UNIR TAB01 A PIEZA 11	7	23									100%							23
18	UNIR TAB02 A PIEZA 7	7	24									100%							24
19	UNIR TAB03 A PIEZA 8	7	22									100%							22
20	UNIR TAB04 A PIEZA 6	7	30									100%							30
21	UNIR CONJUNTO TAB01/11 A PIEZA 9	7	13									100%							13
22	UNIR CONJUNTO TAB03/8 A PIEZA 9	7	13									100%							13
23	UNIR CONJUNTO TAB01/11/9/TAB03/8 A PIEZA SEMI ACABADA (AIRBAG MAGNETIC)	8	94										100%						94
24	REALIZAR PESPUNTE 1AG A PIEZA SEMI ACABADA	9	98											100%					98
25	COSTURA DE REFUERZO A CONJUNTO TAB04/6	10	32												100%				32
26	COSTURA DE REFUERZO A CONJUNTO TAB02/7	10	27												100%				27
27	CERRAR TELAS AB TAB01/TAB02 A 2AG	11	23													100%			23
28	CERRAR TELAS AB TAB03/TAB04 A 2AG	11	24														100%		24
29	COSTURA DE REFUERZO EN TELAS AB TAB01/TAB02 A 2AG	10	10												100%				10
30	COSTURA DE REFUERZO EN TELAS AB TAB03/TAB04 A 2AG	10	12												100%				12
31	UNIR PIEZA 13/ 17 SIMULTANEAMENTE A PIEZA 11	12	35														100%		35
32	UNIR PIEZA 19 A PIEZA 9	12	15															100%	15
33	UNIR PIEZA 12/18 SIMULTANEAMENTE A PIEZA 8	12	30															100%	30
34	UNIR PIEZA 14 A PIEZA 2	12	30															100%	30
35	FUJAR PERFIL P03 A PIEZA 17/18 (2X)	13	15																15
36	FUJAR PERFIL P02 (5X) A PIEZA 19/13/12	13	86																86
37	FUJAR PERFIL PL01 A PIEZA 14	13	12																12

Ilustración 17 Operaciones por puesto de trabajo

EQUIPOS CPS	OEE	PRODUCTIVIDADE	DISPONIBILIDADE	QUALIDADE
74 G/H	69.90%	70.60%	98.10%	99.90%

Ilustración 18 OEE al inicio del proyecto (enero)

4.5 FASE 4: MEJORAR.

Una vez que identificamos lo que necesitamos definir, medir y analizar de manera general, con el propósito de conocer las causas raíz del problema. La información de la fase análisis nos proporcionó evidencias de las fuentes de variación y del desempeño insatisfactorio.

Para la medición de tiempo se usa como herramienta un cronometro, tomando tiempo desde que el operador toma la primera pieza hasta que pasa el avance a la siguiente operación, tomando 3 tiempos y establecer un tiempo estándar para cada operación.

Esta técnica nos ayuda a mejorar procesos, procedimientos, disposición de herramental para la maquinaria, pero sobre todo para asignar las operaciones a cada colaborador en base al tiempo estándar determinado y llevar a cabo de manera equilibrada las tareas determinadas.

El objetivo de la fase “Mejorar” es aportar ideas y propuestas que nos ayuden a mejorar y resolver el problema relacionado al OEE, para poder mejorar el flujo de la pieza y tener control sobre las causas raíz identificada, por lo que se busca implementar la mejora más factible contemplando un plan piloto.

En este caso se llegó a la mejora de implementar un balanceo de línea a través del simulador, creado y diseñado en el programa Microsoft Excel, pues el objetivo de este simulador es dar un tiempo definido por puesto o por colaborador, más exacto a la realidad.

Una vez realizado el balanceo de línea al ponerlo en marcha, se utilizarán diferentes recursos como lo son la colocación de operaciones por puesto, con la finalidad de que cada operador recuerde y ponga en práctica la tarea que se le ha sido asignada.

Propuesta.

De forma general, se puede apreciar que existe una gran diferencia en el balanceo de línea respecto al flujo de la pieza dentro de la célula; además se observa un punto importante, que en este caso es el tiempo de estrangulamiento; conocido así ya que es el mayor tiempo empleado en la célula, es decir, es el operador o el puesto que presenta mayor acumulación de trabajo o piezas por costurar.

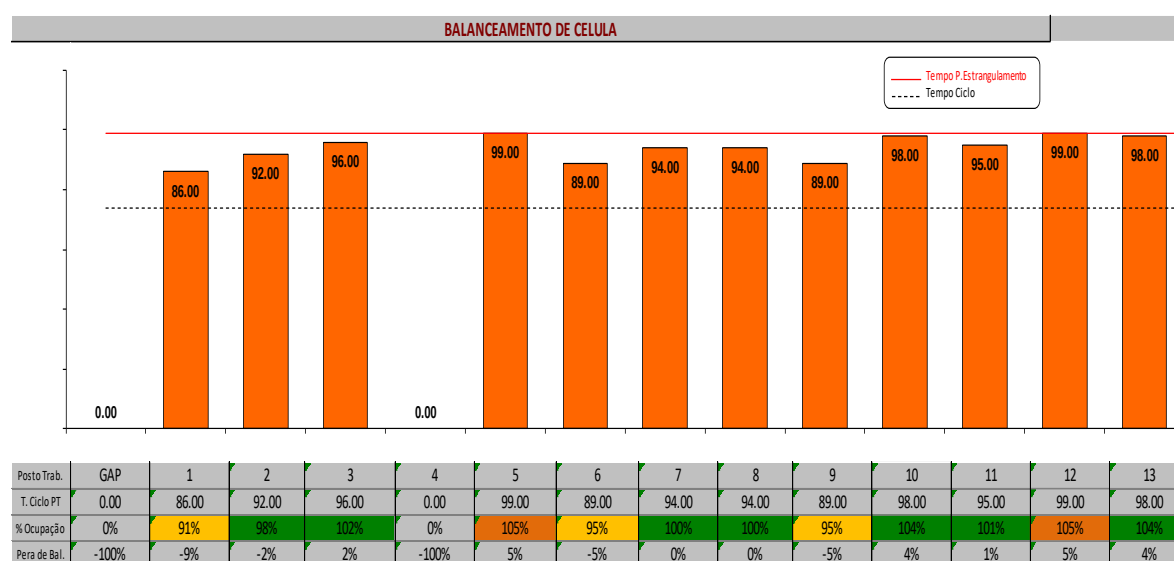


Ilustración 19 Propuesta final de balanceo

El cambio más importante que se realizó dentro de nuevo balanceo fue que se eliminó a una persona del layout, dejando que otra utilice dos máquinas (3 y 4), se reorganizaron las operaciones de esta, algunos puestos de trabajo se encontraban con una carga de trabajo mucho mayor que otras, se realizó el acomodo tratando

de que las operaciones y sus complejidades ayudaran a los operadores a realizar sus operaciones con más equilibrio.

BALANCEAMENTO OPERAÇÕES																			
N.º	DESCRIÇÃO OPERAÇÃO:	OPER.	TEMPO	G A P	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	TOTAL
1	PREFIJAR PIEZA 1 A PIEZA 15	1	46		100%														46
2	PREFIJAR PIEZA 2 A PIEZA 16	1	40		100%														40
3	UNIR PIEZA 1 A PIEZA 4	2	25			100%													25
4	COLOCAR MILLILOOP A CONJUNTO 1/4	2	20			100%													20
5	UNIR PIEZA 10 A CONJUNTO 1/4	3	47			100%													47
6	UNIR PIEZA 2 A CONJUNTO 1/4/10	2	16				100%												16
7	UNIR P01 A PIEZA 1-2	1	14				100%												14
8	UNIR PIEZA 3 A PIEZA 6	2	19				100%												19
9	UNIR PIEZA 5 A PIEZA 7	2	19				100%												19
10	REALIZAR PESPUNTE 1AG A PIEZA 10	4	28				100%												28
11	REALIZAR PESPUNTE 2AG A CONJUNTO 6/3	4	16					100%											16
12	REALIZAR PESPUNTE 2AG A CONJUNTO 7/5	4	18					100%											18
13	UNIR CONJUNTO 6/3 A CONJUNTO 2/1/4/10	5	39					100%											39
14	UNIR CONJUNTO 5/7 A CONJUNTO 2/1/4/10	5	44						100%										44
15	COLOCAR MILLILOOP A CONJUNTO 6/3	6	35							100%									35
16	COLOCAR MILLILOOP A CONJUNTO 5/7	6	35							100%									35
17	UNIR TAB01 A PIEZA 11	7	23						100%										23
18	UNIR TAB02 A PIEZA 7	7	24							100%									24
19	UNIR TAB03 A PIEZA 8	7	22						100%										22
20	UNIR TAB04 A PIEZA 6	7	30										100%						30
21	UNIR CONJUNTO TAB01/11 A PIEZA 9	7	13					100%											13
22	UNIR CONJUNTO TAB03/8 A PIEZA 9	7	13					100%											13
23	UNIR CONJUNTO TAB01/11/9/TAB03/8 A PIEZA SEMI ACABADA (AIRBAG MACHIN	8	94									100%							94
24	REALIZAR PESPUNTE 1AG A PIEZA SEMI ACABADA	9	98											100%					98
25	COSTURA DE REFUERZO A CONJUNTO TAB04/6	10	32										100%						32
26	COSTURA DE REFUERZO A CONJUNTO TAB02/7	10	27										100%						27
27	CERRAR TELAS AB TAB01/TAB02 A 2AG	10	23													100%			23
28	CERRAR TELAS AB TAB03/TAB04 A 2AG	10	24													100%			24
29	COSTURA DE REFUERZO EN TELAS AB TAB01/TAB02 A 2AG	10	10													100%			10
30	COSTURA DE REFUERZO EN TELAS AB TAB03/TAB04 A 2AG	10	12													100%			12
31	UNIR PIEZA 13/ 17 SIMULTANEAMENTE A PIEZA 11	11	35												100%				35
32	UNIR PIEZA 19 A PIEZA 9	11	15												100%				15
33	UNIR PIEZA 12/18 SIMULTANEAMENTE A PIEZA 8	11	30												100%				30
34	UNIR PIEZA 14 A PIEZA 2	11	30													100%			30
35	FUJAR PERFIL P03 A PIEZA 17/18 (2X)	12	15												100%				15
36	FUJAR PERFIL P02 (5X) A PIEZA 19/13/12	12	86														100%		86
37	FUJAR PERFIL PL01 A PIEZA 14	12	12														100%		12

Ilustración 20 Operaciones en propuesta final de balanceo

Las diferencias más notables fueron tanto en el número de personal y las piezas planeadas a costurar.

MODELO:	TESLA	PEÇA	EF'S	RESPONSÁVEL DO ESTUDO	KAREN AISLINN RAMIREZ BATALLA			
VARIANTE:	HIGHLAND	CODIGO PEÇA	35505A0G00I0IAE	DATA	01/05/2024	REVISÃO	ELOY CUECUECHA	
Nº PESSOAS	13 pessoas	Nº PEÇAS DIA	311 unidades	TEMPO PEÇA	18.82 minutos	TEMPO CICLO	86.85 segundos	

Ilustración 21 Datos de simulador de antes de realizar el balanceo

MODELO:	TESLA	PEÇA	EF'S	RESPONSÁVEL DO ESTUDO	KAREN AISLINN RAMIREZ BATALLA	
VARIANTE:	HIGHLAND	CODIGO PEÇA	35505A0G0010IAE	DATA	01/05/2024	REVISÃO
Nº PESSOAS	12 pessoas	Nº PEÇAS DIA	344 unidades	TEMPO PEÇA	18.82 minutos	TEMPO CICLO
						ELOY CUECUECHA
						94.08 segundos

Ilustración 22 Datos de simulador de después de implementar el balanceo

EQUIPOS CPS	OEE	PRODUCTIVIDADE	DISPONIBILIDADE	QUALIDADE
74 G/H	90.90%	90.00%	98.10%	99.90%

Ilustración 23 OEE después de implementar la mejora en el balanceo

4.6 FASE V: CONTROLAR

El objetivo de la metodología DMAIC es incrementar a los procesos establecidos, por lo que una vez que se ha realizado una mejora hay que buscar mantener un control dando seguimiento puntual al flujo de la pieza dentro del proceso, involucrando a las áreas correspondientes, de esta manera se llevan a cabo una correcciones y acciones a seguir.

Capacitación: los colaboradores deben ser informados acerca de los cambios que se realizan en línea, justificando el motivo de cambio y explicándoles el *one piece flow*, además de motivarlos para ser productivos, ya que sin ellos la producción no llegaría al objetivo.

Los supervisores de ambos turnos controlarán de forma indirecta la aplicación y seguimiento del balanceo de línea, los resultados serán reflejados cuando observen las piezas producidas por hora, y será más evidente a la finalización de su turno con el cierre del porcentaje del OEE.

Sera responsabilidad del residente, así como futuros residentes encargados del proyecto de Tesla, verificar que los colaboradores cumplan con la aplicación del balanceo implementado de línea.

Se sugiere que el simulador de tiempos de costura sea actualizado cada que los tiempos estándares dados por el departamento de ingeniería sean modificados, así como las operaciones y los operadores.

Análisis de resultado

A continuación, se muestra el cambio en el tiempo de estrangulamiento, aquí se define la comparativa de producción de piezas por hora, aumentado a 42 piezas por hora, lo cual permite una venta de casi 350 piezas en un turno largo de 12 horas.

PRODUÇÃO		PRODUÇÃO	
Nº pessoas	13	Nº pessoas	12
Tempo Gestprod (min)	0.00	Tempo Gestprod (min)	0.00
Tempo Peça (min)	14.75	Tempo Peça (min)	14.75
Tempo Ciclo (s)	73.75	Tempo Ciclo (s)	73.75
Produção Prevista (uni)	311	Produção Prevista (uni)	344
Peças Hora (uni)	39	Peças Hora (uni)	43
Posto Estrang.	9	Posto Estrang.	5
T.P. Estrangulamento (s)	125.00	T.P. Estrangulamento (s)	99.00

Ilustración 24 Comparativa de piezas por hora en balanceo anterior a balanceo actual

OEE

El OEE se mantenía en promedio del 70% teniendo registro de no más de 75% en lo que lleva el proyecto, la productividad se encontraba estancada y a pesar de que la calidad era buena, el equipo se encontraba sin darle oportunidad al cambio.

EQUIPOS CPS	OEE	PRODUCTIVIDADE	DISPONIBILIDADE	QUALIDADE
74 G/H	69.90%	70.60%	98.10%	99.90%

EQUIPOS CPS	OEE	PRODUCTIVIDADE	DISPONIBILIDADE	QUALIDADE
74 G/H	90.90%	90.00%	98.10%	99.90%

Ilustración 25 OEE antes y después de la mejora del balanceo

CONCLUSIÓN

La eficiencia del proceso y la distribución adecuada en la línea de producción son fundamentales para optimizar la manufactura. Es crucial mantener un orden riguroso y un control estricto para asegurar que las piezas sigan un flujo continuo, minimizando tiempos de parada y retrocesos que excedan los límites establecidos. Cada operador debe comprometerse con la producción al máximo, asegurando que todas las piezas cumplan con los estándares de calidad requeridos y haciendo uso eficiente de los recursos, incluyendo materiales, insumos y tiempo.

La implementación del balanceo de línea ha identificado puntos críticos. En la primera fase, se identificó la causa principal de la baja productividad: la presencia de cuellos de botella en el flujo del proceso, con algunos colaboradores enfrentando una carga excesiva en sus tareas. Para asegurar que las actividades se ejecuten según lo planeado, cada pieza debe seguir la configuración establecida, evitando retornos innecesarios y garantizando un monitoreo continuo para mantener un flujo estable.

COINDU, una empresa de alto impacto en el sector textil automotriz prioriza la mejora continua del proceso de costura para maximizar eficiencias y minimizar desperdicios que podrían tener un impacto económico negativo.

Mediante el ajuste de las células y el balanceo de líneas, se busca incrementar la productividad en todos los proyectos, contribuyendo así al crecimiento económico general de la planta. Este enfoque no solo busca aumentar la productividad, sino también mantener la alta calidad de los productos fabricados.

COMPETENCIAS DESARROLLADAS

1. Comunicación:

Es fundamental escuchar y comprender las necesidades y opiniones de todos los involucrados en el proyecto. La colaboración efectiva y el trabajo en equipo dependen de una comunicación clara y abierta.

2. Gestión del tiempo:

Implica establecer plazos realistas, priorizar tareas y evitar la procrastinación. Organizarse de manera que se puedan adaptar los planes según las necesidades de los colaboradores.

3. Liderazgo:

Consiste en motivar al equipo hacia el logro de los objetivos del proyecto. Implica influir positivamente, delegar responsabilidades, tomar decisiones acertadas y mantener una visión clara de los resultados deseados.

4. Resolución de conflictos:

Requiere identificar problemas, escuchar a todas las partes involucradas y buscar soluciones equitativas y satisfactorias para todos los implicados.

5. Simulación:

Permite simular sistemas bajo estudio, lo que proporciona flexibilidad para ajustar condiciones y parámetros, y realizar múltiples réplicas de experimentos. Esto facilita el análisis estadístico para fundamentar propuestas de mejora diseñadas con un enfoque sistémico y sostenible en un contexto global.

BIBLIOGRAFÍA

- Barrios, M. (2010). Balanceo de líneas (análisis de la producción). Disponible en: <http://es.scribd.com/>.
- Becerril Rosales, Israel, & Villa Sánchez, Gerardo. (2018). Implementación De One Piece Flow Para Incrementar La Productividad. Revista Ciencia Administrativa.
- Berganzo, J., & Berganzo, J. (2024, 8 mayo). OEE: La guía completa y definitiva sobre el indicador industrial por excelencia. Sistemas OEE - Technology To Improve. <https://www.sistemasoe.com/oe-guia-completa/>
- Bocángel Weydert, Guillermo Augusto, Rosas Echevaría, César Wilfredo, Bocángel Marín, Guillermo Augusto, Perales Flores, Roberto Sixtoe Hilario Cardenas, Jorge Rubén (2021) Ingeniería Industrial, Ingeniería de métodos.
- Box, G. E. P., & Hunter, W. G. (2005). "Statistics for Experimenters: Design, Innovation, and Discovery." Wiley.
- Corral, V. (2023, enero). Metodología DMAIC – Desarrollo Profesional SYS. <https://academy.dpsys.com.mx/metodologia-dmaic/>
- Díaz, F. J. González, M. (2011) Estado del arte en el problema de balanceo de líneas de ensamble. En: Academia Journals. Congreso Internacional de Investigación.
- Fuentes González Gloria Julissa (2003) Estudio De Tiempos Y Movimientos A Las Operaciones Realizadas En Una Pequeña Industria De Productos Lácteos.
- García, J. (2023). Balanceo de líneas de producción en procesos productivos industriales: Método Lean basado en TS y TR. Ibukku, LLC.
- Garza Ríos, R. C., González Sánchez, C. N., Rodríguez González, E. L., & Hernández Asco, C. M. (2016). Aplicación de la metodología DMAIC de Seis Sigma con simulación discreta y técnicas multicriterio. Revista de Métodos Cuantitativos para la Economía y la Empresa, 22, diciembre.

- Gitlow, H. S., Oppenheim, A. J., & Oppenheim, R. (2005). "Quality Management." McGraw-Hill.
- Goldratt, E. M. (1984). The Goal: A Process of Ongoing Improvement.
- Meyers Fred (2000) Estudio De Tiempos Y Movimientos Para La Manufactura Ágil.
- Montgomery, D. C. (2013). "Statistical Quality Control: A Modern Introduction." Wiley.
- Nawaz, Muhammad, et al. "A Heuristic Algorithm for the m-Stage, n-Job Flow-Shop Sequencing Problem." Omega.
- Peña Orozco, Diego León; Neira García, Ángela María; Ruiz Grisales, Reynel Alberto (2016) Aplicación De Técnicas De Balanceo De Línea Para Equilibrar Las Cargas De Trabajo En El Área De Almacenaje De Una Bodega De Almacenamiento.
- Prokopenko, J. (1989). La gestión de la productividad. Oficina Internacional del Trabajo. Ginebra.
- Runger, G. C., & Montgomery, D. C. (2010). "Applied Statistics and Probability for Engineers." Wiley.
- Socconini, L. (2023, agosto 28). Explicación de la metodología DMAIC de Lean Six Sigma. Lean Six Sigma Institute. Recuperado de <https://leansixsigmainstitute.org>
- Pande, P. S., Neuman, R. P., & Cavanagh, R. R. (2000). "The Six Sigma Way: How to Maximize the Impact of Your Change and Improvement Efforts." McGraw-Hill.
- Taha, Hamdy A. (2016). Operations Research: An Introduction. Pearson.
- Villanueva, E. D., Pérez-Tagle, J. F. D., & de León, C. L. (1989). La productividad en el mantenimiento industrial. Compañía Editorial Continental.