

**Título del Proyecto
de Investigación a que corresponde el Reporte Técnico:**

Ciclo de mejora continua en una línea de producción bajo el
paradigma Lean en un contexto del Covid-19

Tipo de financiamiento

Sin financiamiento

TÍTULO DEL REPORTE TÉCNICO

Ciclo de mejora continua en una línea de producción bajo el
paradigma Lean en un contexto del Covid-19

Autores del reporte técnico:

Edgar Agustín Chavez Heredia
Jesus Andrés Hernandez Gomez

Calle Santos Dumont #6630
Parque Ind. Panamericano
Cd. Juárez, Chih., México
Tel. 656 . 649.10.00
Fax: 656 . 649.10.06

Cd. Juárez Chihuahua, 13 de Noviembre del 2020

**ATENCION A:
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CIUDAD JUÁREZ**

Por medio de la presente hacemos constar que el (la) Sr. (a) (ita) **EDGAR AGUSTIN CHAVEZ HEREDIA** con **matricula 183043** del programa de **Maestría de ingeniería industrial**, desarrollo su proyecto de investigación llamado: **"Ciclo de mejora continua en una línea de producción bajo el paradigma Lean en un contexto del Covid-19"** en la empresa Roper-Mex. Obteniendo buenos resultados en función de reducción de mano de obra directa, aumento del FPY, reducción de condiciones inseguras de trabajo y mejorar las condiciones requeridas para trabajar durante esta pandemia.



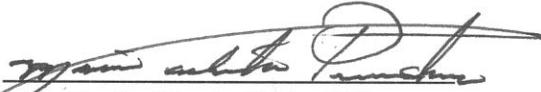
Así mismo manifestamos que la empresa tiene los siguientes datos generales:

Razón Social: International Manufacturing Solutions Operaciones, S. de R. L. de C.V
Dirección: Calle Ishikawa 9711 Parque Industrial North Gate cp 32674
Teléfono: 649-1000 Ext. 711
Registro Patronal: A 83 58 27 310-1
Horario de Trabajo: lunes a viernes de 6:00 AM. A 15:30 P.M.
Días de Descanso: sábado y domingo de cada semana.

Se extiende la presente a petición del (la) interesado (a) para los fines que a él (ella) convengan.

Sin otro particular por el momento, y agradeciendo de antemano las atenciones que se sirvan prestar a la presente.

ATENTAMENTE:


Lic. Mario Alberto Piedra Márquez
Gerente de Recursos Humanos

IMS

SHELTER SERVICES
C SANTOS DUMONT # 6630
PARQUE INDUSTRIAL PANAMERICANO
C P 32695 - CD JUAREZ CHIH
TEL 649-1000 - FAX 649 1001

TÍTULO DEL REPORTE TÉCNICO

Resumen del reporte técnico en español:

El presente proyecto se realizó en una empresa de manufactura, donde se modificó un proceso de empaque debido a algunas regulaciones exigidas por el gobierno estatal para atender necesidades provocadas por la pandemia del covid-19. La contingencia obligó a la empresa a implantar una distancia a 1.5 metros entre estación y estación, y con esto se tuvo que duplicar la cantidad de líneas a 2. Como consecuencia de estas modificaciones, el valor no agregado en el proceso se incrementó (transportes, espera, proceso ineficiente y defectos). Se alteraron una serie de indicadores (cantidad de operadores, FPY (bueno a la primera), que ponen en riesgo la efectividad de la línea de producción. Para corregir esta situación se aplicaron diversas herramientas como: Balanceo de línea, trabajo estandarizado, y poka yoke. Se realizaron una serie de acciones correctivas en el proceso y se atendieron oportunidades que se tenían detectadas. Logrando buenos resultados productivos como el incremento de 78% a 100 % en FPY, la reducción de 2 líneas a 1 línea de empaque y la disminución en la cantidad de 8 a 6 operadores.

Resumen del reporte técnico en inglés:

This is a job that was carried out in a manufacturing company, where a packaging process had to be modified due to some regulations by the government to meet needs caused by the covid-19 pandemic. After the pandemic, the company needed to double the distance to 1.5 meters among work station, and with this, the number of lines had to be duplicated (2). At the time of doing this, the value not added in the process increased (transports, waiting, inefficient process and defects). A series of indicators were altered (number of operators, FPY (first past yield), which put the effectiveness of the production line at risk. To correct this situation, we must use tools such as: Line balancing, standard work, and poka-yoke were applied. A series of corrective actions were carried out in the process and opportunities that had been detected were addressed, taking advance of this chance. Achieving these results (increase from 78% to 100% in FPY, it was reduced from 2 lines to 1 packaging line. The quantity was reduced of operators from 8 to 6.

Palabras clave: Manufactura esbelta, trabajo estándar, balanceo de línea, poka yoke, Valor agregado, valor no agregado, e Indicadores principales (KPI's "Key performance indicators").

Usuarios potenciales (del proyecto de investigación):

Este proyecto puede ser aplicado en cualquier instalación de manufactura, centro logístico, o cualquier lugar donde se tenga establecido un proceso y sea requerido un tiempo de entrega establecido por un cliente, tal como ocurrió en Roper-Mex.

Reconocimientos (agradecimientos a la institución, estudiantes que colaboraron, instituciones que apoyaron a la realización del proyecto, etc.):

Agradezco a Roper-mex por haberme permitido realizar este proyecto de investigación y aplicación de herramientas de mejora continua, las cuales dieron como resultado reducir la cantidad de recursos necesarios para empacar las 6,800 piezas por turno requeridas por el cliente.

1. INTRODUCCIÓN

La empresa Neptune technologies, es una compañía dedicada a la fabricación de medidores de consumo de agua. Esta compañía tiene más de 125 años de fundada. Ubicada su matriz en Estados Unidos de America y con sede en ciudad Juárez Chihuahua. Fabrica diferentes modelos de medidores y aplicaciones dentro de su gama de productos. Uno de ellos es el "R900® Wall or Pit Meter Interface Unit (MIU)". El cual cumple los requerimientos de sanidad de Estados unidos y Canadá. Por esta razón este producto en particular compite en los mercados de norte America.

Este producto ofrece una alta tecnología el cual por su nivel de precisión y de versatilidad, ayuda a ofrecer la medición del consumo real de agua en tiempo real. Con ello las compañías buscan reducir la morosidad y el desaprovechamiento de los recursos, tales como lo son la lectura del consumo de manera manual. Además, para los usuarios es de vital importancia poder tener datos en tiempo real sin necesidad a esperar a que termine el tiempo de medición. Mas del 70% de las viviendas en Estados unidos y Canadá cuentan con este tipo de productos lo cual ayuda a subsanar las finanzas de operaciones de los departamentos de cobro del servicio de agua potable.

2. PLANTEAMIENTO

– Antecedentes

En marzo del 2020 y a raíz de los efectos provocados por la pandemia del Covid-19 dentro de las instalaciones de manufactura ubicadas en ciudad Juarez. Se realizaron algunas iniciativas que ayudaran a mantener las operaciones funcionando debido a que el giro de la empresa es considerado como empresa esencial. Esto se debe a que los productos elaborados en esta empresa son productos que están relacionados con el consumo y distribución de agua potable. Algunas de las iniciativas para poder mantener funcionando la empresa durante la cuarentena fue agregar distancia entre las estaciones de trabajo. Lo que provocó que la línea donde se empaca uno de los componentes principales del producto “R900® Wall or Pit Meter Interface Unit (MIU)” el cual se muestra en la Figura 1 a. como lo es la antena R900. En las Figuras 1b y 1c se muestra la distribución de la línea de producción.



Figura 1a

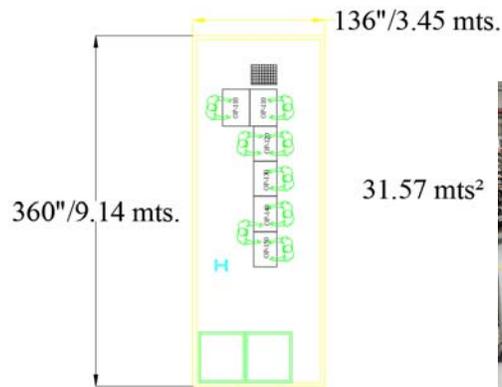


Figura 1 b



Figura 1 c

La situación de la línea de empaque antes de haber realizado cualquier cambio era la siguiente tabla 1.

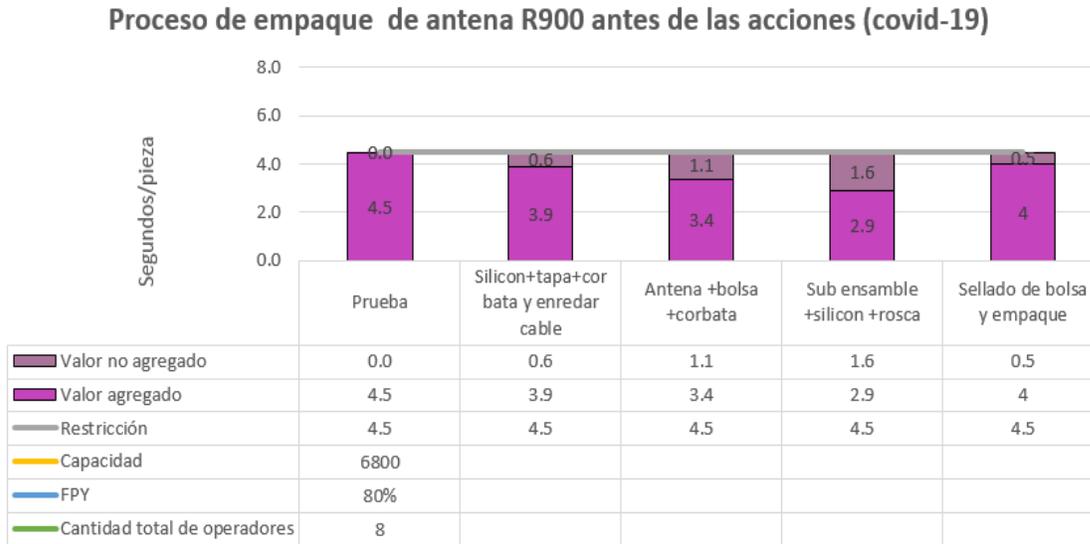


Tabla 1. Balanceo de tiempos por operación la línea de empaque R900 antes de las acciones requeridas covid-19

La línea de producción originalmente se atendía por 5 estaciones de trabajo operadas por ocho trabajadores. En tres estaciones, operaban dos trabajadores con una separación mínima de 0.80 metros, pero dentro de los límites de espacio personal que establece la Organización Internacional del Trabajo (OIT). Como se observa en la Figura 1c la línea estaba bien balanceada con un margen razonable de valor no agregado. Es decir se considera que la línea original cumplía los requisitos de una célula de producción esbelta.

Sin embargo, por la situación de emergencia del Covid-19 la empresa fue visitada en Julio del 2020 por parte de inspectores de la Secretaría del Trabajo y Previsión Social estatal (STPS), quienes buscan que la empresa cumpla con las medidas necesarias de sana distancia en la actual contingencia. Ellos observaron y solicitaron evidencia de 82 puntos los cuales incluye que las estaciones deben de estar separadas 1.5 metros de hombro a hombro entre operador y operador, y/o mantener una barrera física entre operadores sin importar que se generen desperdicios o mudas desde el paradigma de “Lean-production”. Cabe mencionar que por cuestiones administrativas el inspector amenazó en cerrar si no se respetaban dichas medidas.



Figura 2a



Figura 2b

Debido a los cambios solicitados por la STPS para separar las estaciones de trabajo se duplicaron las líneas de empaque y con ello el área producción se incrementó un 68% (21.5mts²), tal como se muestra en la figuras 2a y 2b.

En la nueva configuración de la línea de producción, la restricción o cuello de botella sigue siendo es la prueba funcional por lo tanto al duplicar las estaciones la cantidad de desperdicio se incrementan las actividades innecesarias como los transportes, la espera, incremento de los inventarios en proceso, como se ilustra en la figura 3a y 3b.

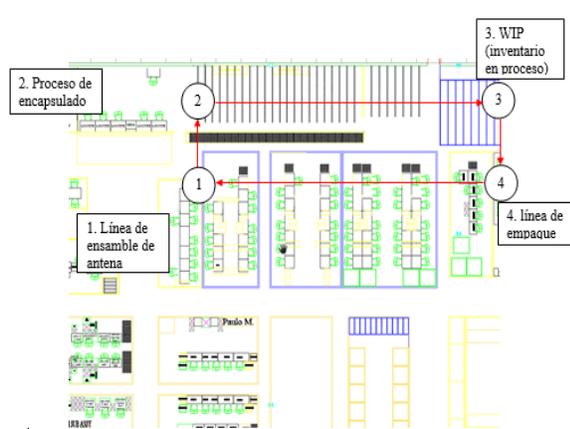


Figura 3a

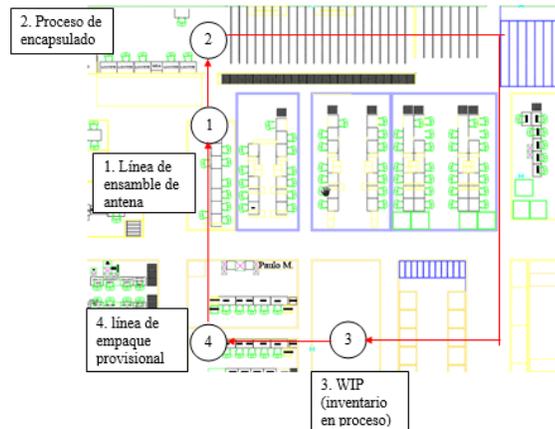


Figura 3b

En la figura 3a podemos observar que la secuencia de pasos y el flujo del proceso es compacto y al duplicar las líneas de empaque de antena como lo muestra la figura 3b los transportes se han incrementado alrededor de 118.5 metros.

Cabe mencionar que en la operación de prueba se tienen dos equipos y que la distancia entre operación y operación haría que al balancear el tiempo lo perdiéramos por los movimientos innecesarios que realizarían los operarios en las estaciones de trabajo, tal como lo muestra la tabla 2.

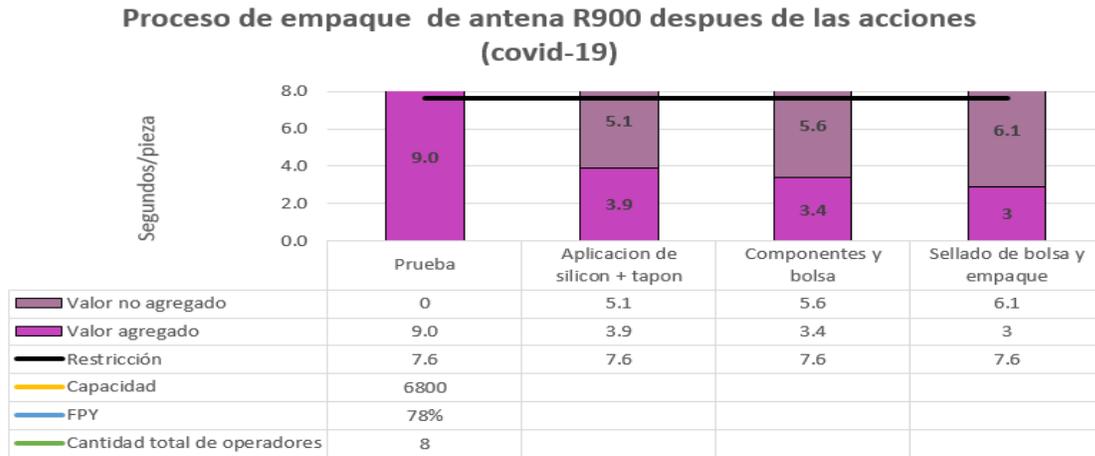


Tabla 2. Tiempos de ciclo por operación en el proceso de empaque de antena R900 después de las acciones (covid-19)

En la tabla 2 se muestra que al momento de duplicar las operaciones la restricción no cambia y el tiempo de espera de las 3 operaciones restantes aumenta al grado de tener 6 operadores (3 operadores por la línea de empaque), esperando la mitad del turno o dicho de otra manera desperdiciamos el recurso de tres operadores debido a las acciones de contenciones solicitadas a raíz del covid-19. Además, al tener más estaciones de trabajo podemos observar que los errores se incrementan al momento de contar las piezas por caja lo que hace que nuestro métrico de bueno a la primera (FPY), decremente 2%. Nuestra capacidad instalada no cambia, pero según lo que indica las premisas de Lean es “hacer más con menos recursos”. Y en este caso se produce la misma cantidad de piezas con más recursos.

– **Objetivo.**

El objetivo de este proyecto es reducir la cantidad de líneas dedicadas al empaque de la antena de 2 que se tienen actualmente de 2 a 1 de modo que se reduzca la cantidad de personas del empaque de 10 a 6, respetando los protocolos sanitarios exigidos por la STPS.

– Justificación

El impacto que se tiene sería un ahorro de \$9,000 usd por año/operador que equivale a \$18,000 USD/año y un ahorro de 100 metros cuadrados al eliminar el área dedicada al WIP (80.29 mts²) y de la línea provisional de empaque (19.71 mts²). Además de mejorar un 22 % en FPY (bueno a la primera), en el cual todas las cajas llevarían la cantidad correcta de antenas.

3. MARCO TEÓRICO

La manufactura esbelta nació a mediados del siglo XVII pasado a consecuencia de una necesidad. En 1891 **Sakichi Toyoda** (conocido como el rey de los inventores japoneses), cansado de ver las dificultades de su madre al tejer, elaboro un telar mejorándolo entre 40% y un 50% de eficiencia. Pasaron 5 años y en 1896 mejoró ese primer telar de madera dando lugar al primer telar mecanizado del Japón. En 1923 Hubo un gran terremoto en Japón. La red de ferrocarriles quedó devastada, por lo que los automóviles y camiones fueron una pieza clave en el transporte de heridos y en la limpieza de las ciudades destruidas, hecho que marcó de por vida a Kiichiro. En 1935 **Toyoda** lanzó su primer automóvil, el modelo A1. Y con ello se aventuro en la industria automotriz. En 1937 tuvo la necesidad de cambiar Kiichiro cambió la “**d**” de su apellido por una “**t**” para facilitar su pronunciación y crea, la Toyota Motor Company Ltd.

Luego de la Segunda Guerra Mundial, Eiji Toyoda y Taiichi Ohno, de la fábrica de automóviles Toyota, empezaron a utilizar el concepto de lean manufacturing. Padilla (2010). Se encontró que copiar y mejorar lo que había visto en Rouge sería muy difícil, por lo que Eiji Toyoda y Taiichi Ohno concluyeron que la producción en masa no iba a funcionar en Japón. Padilla (2010). De esta conclusión, nació lo que llamaron “Sistema de Producción Toyota”, a lo que actualmente se le conoce como Manufactura Ágil (Lean Manufacturing).

En este mundo globalizado es necesario conocer que el adaptarse a los retos y desafíos, ya no es una opción es por tal motivo que la manufactura esbelta tomo tanta popularidad debido a que este tipo de filosofías de manufactura buscan realizar mas con menos recursos siempre buscando la velocidad y agilidad de sus procesos.

Lo que trata la manufactura esbelta es de reducir y/o eliminar los desperdicios o Mudas. Que son los desperdicios o mudas pues son todo aquello que desde la perspectiva del cliente no le agregan valor al producto o servicios, y hacen que se incrementen sus costos y tiempos sin ningún sentido. Los desperdicios tradicionalmente están clasificados en 7: Transportes, Retrabajos e inspecciones, Sobre inventarios, Proceso ineficientes, Esperas, Movimientos innecesarios, y la madre de todos los desperdicios La sobre producción. Se considera a la sobre producción como la “la madre de todos los desperdicios” debido a que cuando se sobre produce, casi en automático se generan los otros 6 desperdicios. Perez (2011).

El trabajo estandarizado es una de las herramientas de la manufactura esbelta más potentes. Donde se documenta la mejor práctica actual. El trabajo estandarizado constituye la base para kaizen o mejora continua. A medida que se mejora el estándar, el nuevo estándar se convierte en la línea de base para mejoras adicionales, y así sucesivamente. Es una secuencia de trabajo definida, acordada, y mantenida por una organización.

El trabajo estandarizado está contenido en dos documentos:

1. Instrucción de trabajo/” work instruction”. - Este documento describe paso cada uno de los pasos que debe de realizar un operario o usuario para llevar a cabo una tarea.
2. Diagrama de flujo de trabajo/” work chart”. – Este documento es una representación grafica en la cual muestra la ubicación que el usuario va a tener en un plano de dos dimensiones en el cual se indica por medio de símbolos la ubicación en la distribución de planta, con respecto a la secuencia de ensamble y como esta se cicla. Además, muestra condiciones de seguridad en el proceso, en que parte del ciclo se debe tener cuidado (cuestiones de calidad), cual es el inventario permitido entre operación y operación, cuales son los datos generales de la operación, tiempo de ciclo y por último cual es el tiempo de ritmo o “takt time” del proceso.

Trabajo estandarizado tiene tres elementos, los cuales ayudan a regular el proceso, o como lo menciona W. Fazinga en su artículo de implantación de trabajo estandarizado en la construcción “El trabajo estandarizado (TE) busca la reducción de variabilidad y desperdicio en base a tres elementos conceptuales: takt-time, secuencia de operaciones y trabajo en proceso”. Fazinga (2019):

1. Takt time/Tiempo de ritmo de proceso. - Este tiempo es el que marca cada cuando debe estar saliendo una pieza terminada del proceso. Y se determina por medio de la siguiente formula:

$$\text{Takt time} = \text{Tiempo disponible} \div \text{requerimiento del cliente}$$

2. SWIP/ Inventario permitido estándar. – El inventario permitido es la cantidad de piezas ya sean terminadas o en proceso que son permitidas en el proceso. Esta herramienta ayuda a evitar la sobre producción.
3. Secuencia de ensamble. La secuencia son los pasos lógicos para realizar un ensamble y en el caso para trabajo estandarizado es la base para la mejora continua.

Para realizar un correcto balance del proceso trabajo estandarizado tiene el apoyo de herramientas que le ayudan a poder cumplir con los requerimientos del cliente una de ellas es el balanceo de líneas.

El balanceo de líneas permite que dependiendo el ritmo de proceso (takt time), se le asignen al proceso los recursos necesarios y con ello poder lograr que la pieza salga del proceso en el tiempo sugerido por dicha formula del takt time. Para ello se debe de realizar un análisis de tiempos y movimientos y a la vez analizar si el tiempo observado es de valor agregado y no agregado, para ello se debe grabar cada una de las operaciones y analizarlas detenidamente. Luego se utiliza un formato estándar de hoja de combinaciones, se establece el estado actual del proceso. Donde se irán desmenuzando las operaciones paso a paso indicando si es valor agregado o no agregado y en el caso de que no sean de valor agregado a que tipo de desperdicio pertenecen. Al igual utilizando el diagrama de flujo de trabajo se colocará la secuencia en la distribución/lay out, con el fin de conocer si los movimientos tienen sentido y no hay

contraflujos. Esta información servirá para que el equipo de trabajo de mejora continua pueda tener una idea de que oportunidades hay en el proceso.

Posteriormente se realizará una lluvia de ideas para ver que desperdicios se pueden eliminar o reducir. Tomando estas ideas como una posible solución se diseñará la secuencia futura de trabajo a la cual se le restara en la hoja de combinaciones futuro los tiempos que se consideran serian la mejora a obtener.

Por ejemplo, la empresa UTC Fire & Security utilizó este método logro aumentar su salidas en piezas de 303 a 554 piezas por turno representando aumentar a 161% su eficiencia y reducir de 10 a 7 operarios, reduciendo los desperdicios en el proceso Lopez (2011).

Otra herramienta que es de gran ayuda en un proceso donde no hay oportunidad de equivocarse es la herramienta de Poka-Yoke la cual su traducción seria como dispositivo anti-error. Esta Herramienta ayuda para evitar dos tipos de defectos uno de ellos es evitar que se genere el defecto desde su nacimiento y el otro que también es útil pero menos deseado es que el sistema anti-error que atrapa el defecto después de haber sido creado y evita que el defecto llegue a manos del cliente y con ello nuestra percepción de calidad se pierda.

En general aun si saber lo que es manufactura esbelta esta herramienta ha estado presente en todos y cada uno de los oficios de la humanidad. Es increíble que en oficios tales como la albañilería existen poka-yokes tales como los niveles de cuerda o de gota, los cuales ayudan al albañil a mantener la linealidad en la construcción de los muros, y con ello evitar que al final de la construcción pueda evitar darse cuenta de que el muro fue construido totalmente chueco. Otro tipo de poka-yokes evitan que nos hagamos daño tal es el caso de las guardas que se les instalan a cortadoras de disco. Otros mas sencillos como lo son las perforaciones que tienen los tomacorrientes, los cuales nos obligan a conectar los electrodomésticos de una sola manera. Ya la utilización de estas técnicas contra errores ya se está utilizando hasta en la administración publica tal es el caso de que para contratar “el mayor control social sobre lo que hace el Estado y sus responsables está exigiendo que éste sea más transparente, y sobre todo, eficiente y eficaz con el dinero público” Ochsenius 2016. Esto requiere que hasta en estas instituciones de

gobierno que por experiencia tuvieron siempre libertad para hacer erario publico su voluntad en estos momentos, las leyes de transparencia y la exigencia del contribuyente han obligado al gobierno ha reducir el nivel de nepotismo lo cual les obliga a implementar mas sistemas a prueba de error ahorrar, tiempo, esfuerzo y dinero del erario.

4. METODOLOGÍA

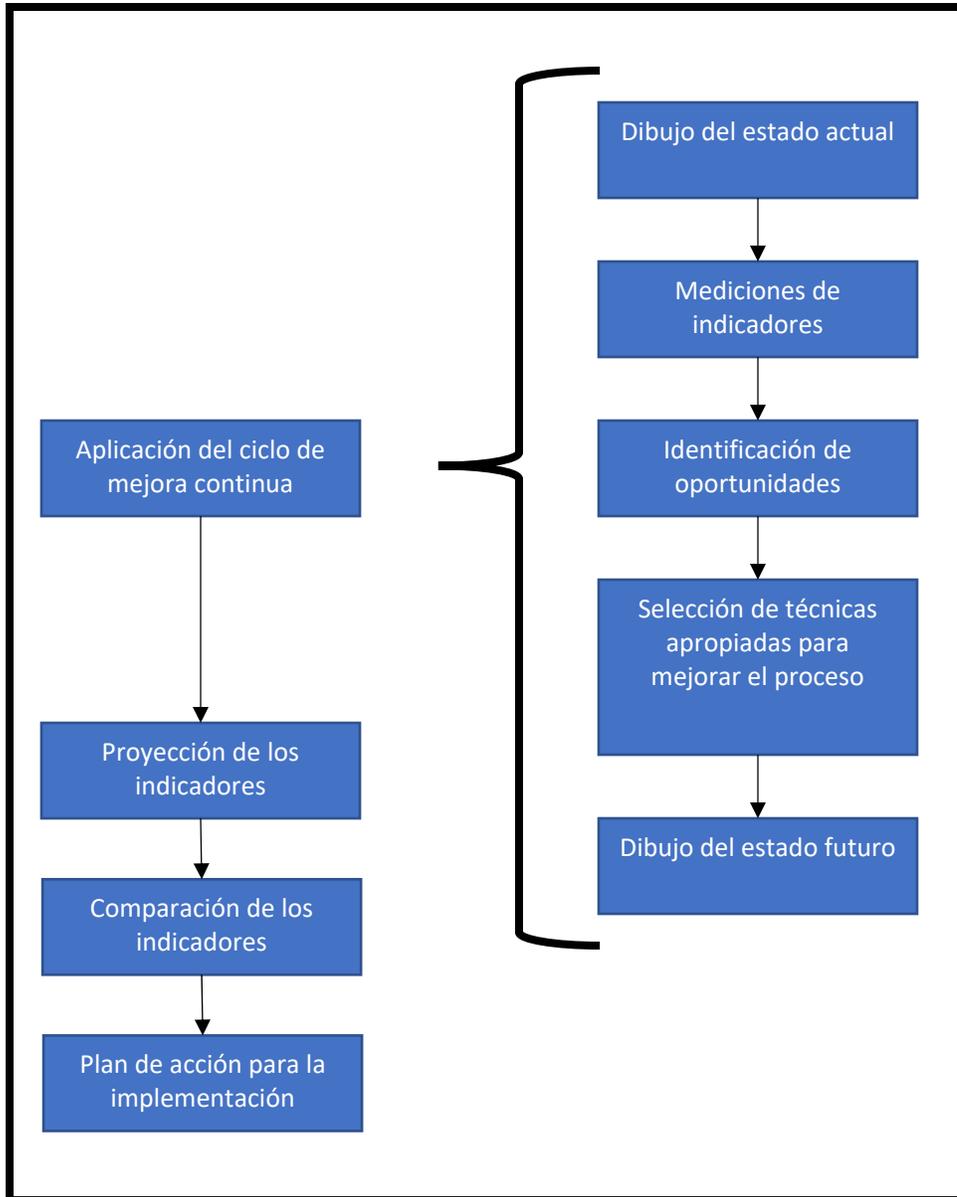


Figura 4. Metodología del proyecto adaptado. De (Barcia 2007).

1. Aplicación del círculo de mejora continua.

- a. **Dibujo del estado actual.** – Se obtendrán los métricos actuales del proceso, con la intención de conocer al final de las acciones, como estas han influido en el desempeño del proceso tales como:
 - i. FPY/Bueno a la primera
 - ii. Cantidad de operadores
 - iii. Metros de superficie ocupada
 - iv. Metros lineales recorridos o transportes
 - v. Capacidad de piezas por turno
 - vi. Distribución de planta actual/” lay out” (antes de cualquier cambio)
 - b. **Medición de los indicadores.** – Se obtendrán los datos reales en tiempo real que reflejen el comportamiento actual del proceso.
 - c. **Identificación de oportunidades.** – Se realizará un estudio para analizar las mudas/desperdicios del proceso con el fin de tratar de reducir el valor no agregado del proceso.
 - d. **Selección de técnicas apropiadas para mejorar el proceso.** – Dependiendo del desperdicio se utilizarán técnicas de mejora continua como lo son:
 - i. Balanceo de líneas
 - ii. Trabajo estandarizado
 - iii. Hoja de combinaciones de operación
 - iv. Poka-yoke/ sistema anti-error
 - e. **Dibujo del estado futuro.** – Se trazará la nueva configuración del proceso, al igual que los indicadores que se pretenden obtener.
2. **Proyección de los indicadores.** - En esta etapa del proyecto se postulan los objetivos a lograr en cada uno de los indicadores (ya antes mencionados)
 3. **Comparación de los indicadores.** - En esta etapa se compara el antes, el durante y lo que se espera obtener en el dado caso de que no se hayan terminado todas las acciones.
 4. **Plan de acción para la implementación.** – Se mostrará la lista de cosas o acciones que requiere el proceso para poder obtener el objetivo trazado.

5. RESULTADOS

Para conocer el comportamiento del proceso y todas las actividades que actualmente son requeridas para transformar la materia prima en producto terminado, se traza el análisis de flujo de valor o “value stream mapping” (VSM) del estado actual. Esto con el fin de conocer el flujo del producto y entender en que parte del flujo se requieren cambios para poder satisfacer las necesidades del cliente.

En la **figura 5** muestra el mapeo del proceso del estado actual (antes de cualquier cambio).

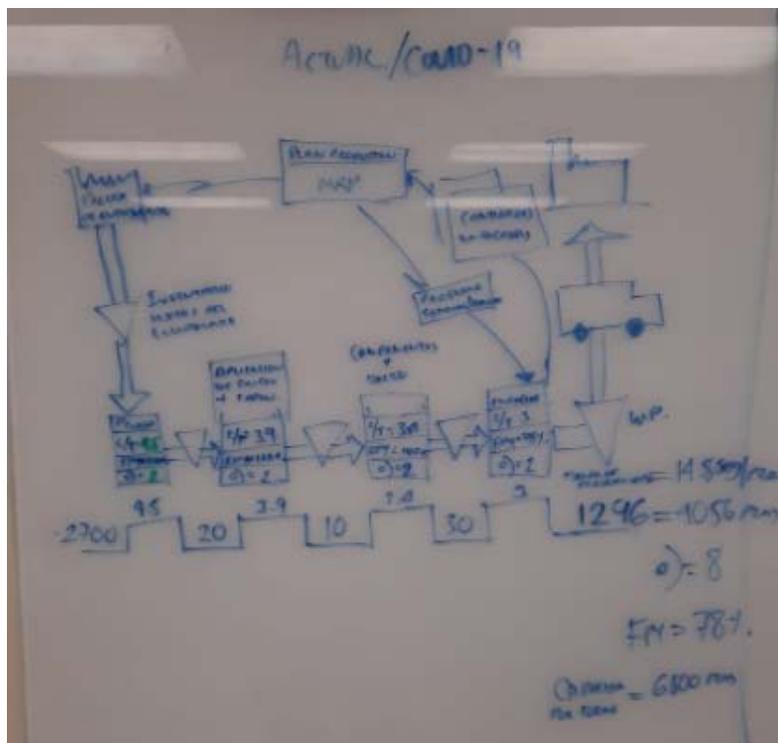


Figura 5. Analisis de la cadena de valor/ Value stream mapping. Estado actual.

En este analisis mostrado en la Figura 5 se aprecia que el tiempo de procesamiento de empaque es igual a 14.8 segundos por pieza, con un total en el proceso de 4056 piezas dentro del proceso un equivalente 0.6 dias de inventario y con 8 operadores dentro del proceso. Y un nivel de eficiencia de bueno a la primera del 78% por ciento.

Fecha	Oportunidad	Quien	Fecha promesa	Responsable	Estatus	Comentarios
1-Sep	Toma de tiempos actuales	Cesar	15-Sep	Kenya Muñoz	Terminado	
2-Sep	Elaboracion de mapeo Actual	Sergio	8-Sep	Edgar Chavez	Terminado	
3-Sep	Elaboracion de mapeo futuro	Sergio	8-Sep	Edgar Chavez	Terminado	
4-Sep	Elaboracion de hojas de balanceo de trabajo estandarizado	Cesar	12-Sep	Paola Ruiz	Terminado	
7-Sep	Analisis de tiempos y movimientos con videos	Sergio	16-Sep	Paola Ruiz	Terminado	
8-Sep	Elaboracion de dibujo en autocad futuro	Cesar	12-Sep	Edgar Chavez	Terminado	
9-Sep	Elaboracion dcantillones para dispensar silicon en tapa	Sergio	20-Sep	Jose Perez	Terminado	
10-Sep	Elaboracion de dispensadores de material	Cesar	18-Oct	Jose Perez	Terminado	
11-Sep	Renta de bascula	Cesar	1-Nov	Adrian Polanco	Terminado	se realizara compra definitiva de la bascula
15-Sep	Instalacion de banda transportadora	Jose Perez	1-Nov	Adan Lopez	Terminado	
16-Sep	Elaboracion de instrucciones de trabajo	Sergio	18-Sep	Sergio S.	En proceso	

Tabla 3. Plan de acción de las oportunidades detectadas en el proceso de empaque de antena R900.

Después de haber elaborado los respectivos análisis se detectaron algunas oportunidades las cuales van a ayudar a que el proceso fluya correctamente y poder mejorar sus KPI's. estas actividades están plasmadas en la tabla 3, plan de acción.

Dentro de este plan de trabajo todas las acciones elaboradas fueron de ayuda generando valor agregado en el proceso. Sin embargo, hubo acciones que hicieron la diferencia tales como la banda transportadora que se instaló en el empaque, caben mencionar que esta banda no se compró, sino que se adaptó de un proceso anterior. Esta banda ayudo a sincronizar el trabajo en los operadores y a marcar el tiempo de salida del proceso o también llamado “Takt time”. Esta banda ayuda a evitar cuellos de botella en el proceso y a evitar que se generen otras restricciones que no sea la prueba funcional.

Se realizo un análisis de valor agregado y no agregado, para ello se utilizó la hoja de combinaciones de trabajo estandarizado (ver figura 6).

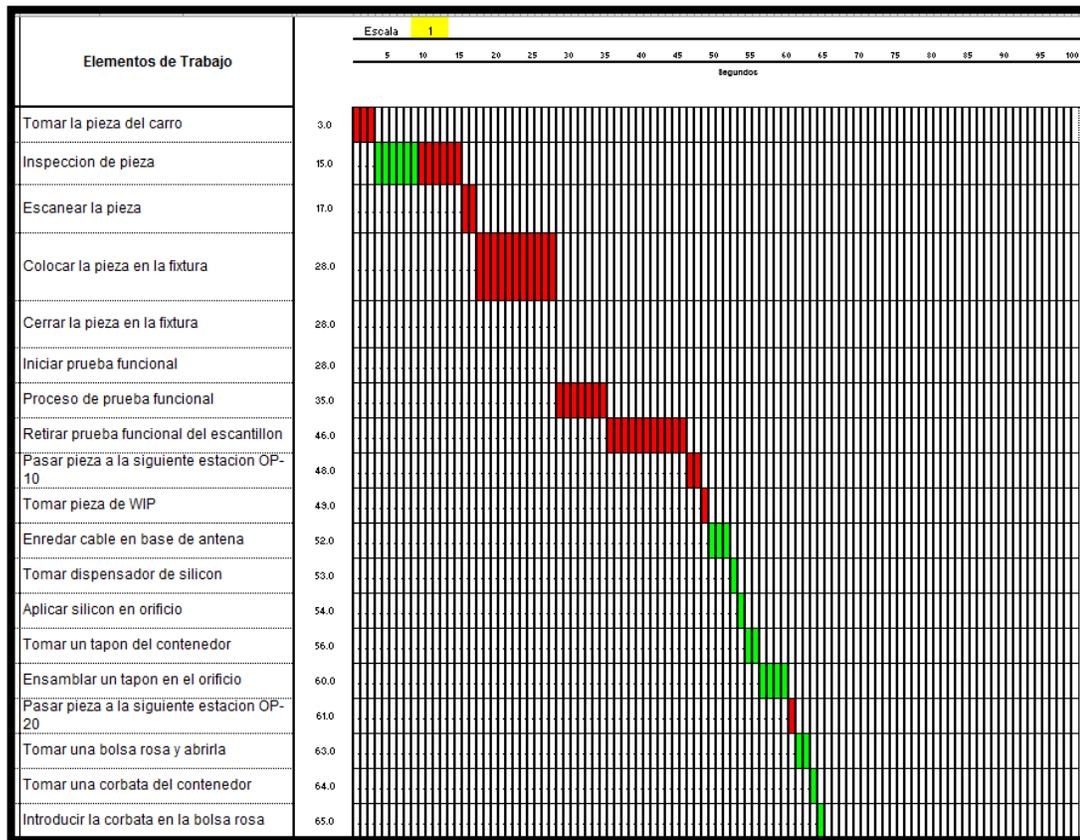


Figura 6. Hoja de combinaciones de trabajo estandarizado “antes”.

En la hoja de combinación del antes, se puede ver en color rojo los elementos que a consideración del evaluador es valor no agregado y en color verde lo que desde el punto de vista del cliente le agrega al producto. En total se analizaron en este proceso un total de 34 operaciones (tiempos y movimientos), de los cuales 12 no le agregan valor al proceso con un tiempo de procesamiento desperdiciado de 45.13 segundos por pieza. Dándonos como resultado de un 56% de valor no agregado en el proceso.

Además, en la información recolectada se muestra que el principal problema que se tiene de bueno a la primera es el modo de falla de cantidad incorrecta de piezas por caja en el producto final siendo que al duplicar la cantidad de línea el error se incrementa haciendo que el métrico baje de un 80% a 70%. Debido a que hay mas personas por línea y estas deben de contabilizar la cantidad de piezas por caja lo que provoca el error.

Después de analizar el proceso se utiliza la hoja de combinación del proceso de después (ver figura 7), con la finalidad de pronosticar que tanto ahorro podremos tener en el proceso al

tratar de eliminar o reducir el valor no agregado por medio de sugerencias de los involucrados en el proceso (operarios/facilitador).

El resultado es el siguiente:

Se redujo a 26 operaciones de las cuales solo 6 operaciones representan valor no agregado con un tiempo de 37.13 segundos por pieza de desperdicio. Siendo 20 operaciones que le agregan valor al proceso 32.36 segundos por pieza. Siendo el tiempo de valor no agregado de un 53% de la operación, cabe resaltar que este tiempo de valor no agregado es debido a la prueba funcional y sus restricciones. Nota: el cliente no permite modificaciones al equipo ya sea en: ergonomía, o cualquier aspecto relacionados con dicho equipo.

Hoja de combinaciones en el estado futuro (figura 7). El color rojo representa el valor no agregado de la operación y el color verde representa el valor agregado de la operación.

Podemos observar sin compararnos la hoja de combinaciones pasado y futuro que el color rojo ha disminuido.

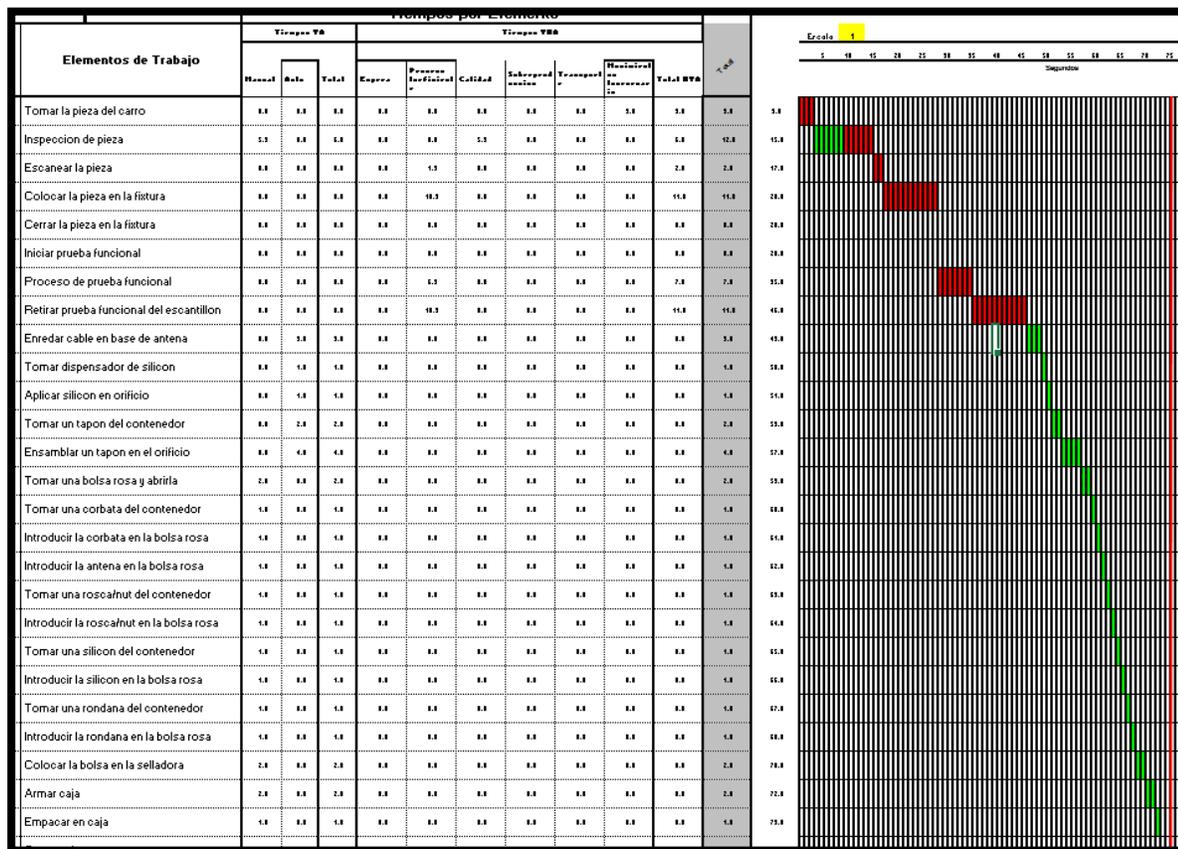


Figura 7. Hoja de combinaciones de trabajo estandarizado “después”.

Para poder eliminar los movimientos (figura 8) innecesarios en el proceso se agrego una banda transportadora la cual ayuda a reducir los alcances entre cada uno de los subensambles al igual este método permite marcar el ritmo en función de jalón del proceso lo que nos ayuda a mantener una constante en la salida del proceso.

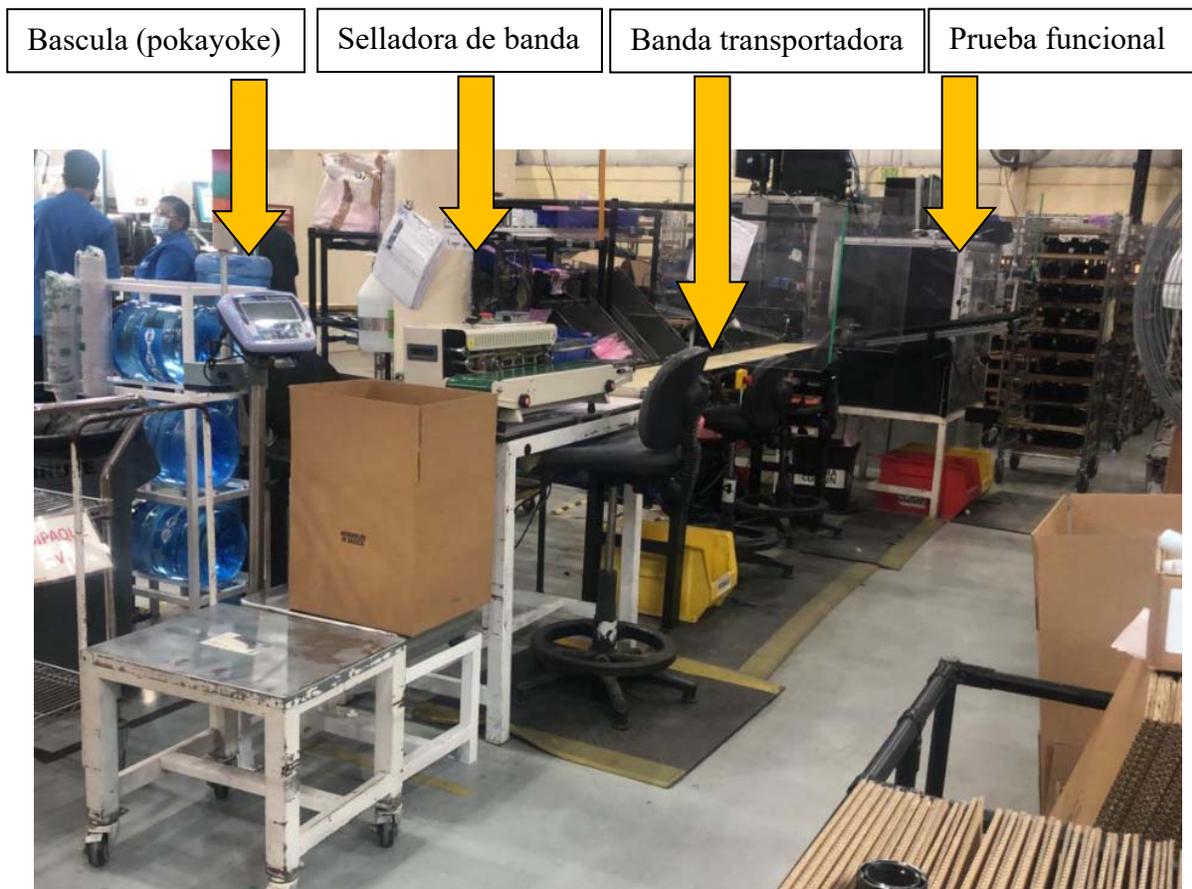


Figura 8. Cambios implementados en la distribución del proceso de empaque.

Para el aumento del FPY (bien a la primera), se utilizó la técnica de poka-yoke en la cual se instaló una báscula (figura 9) con un sistema andón (luz verde), la cual le indica al usuario cuando la cantidad de piezas es la correcta, con esto se logró que el 100% de las cajas contenga la cantidad correcta de producto.



Figura 9. Pokayoke para evitar que las cajas se vayan con una cantidad equivocada de piezas.

Al terminar de empacar todos los componentes de la antena R900 la bolsa debe ser sellada totalmente para evitar que los componentes salgan y que algún cliente pueda recibir su producto incompleto. Por lo cual la bolsa debe ser sellada con una resistencia de calor. Actualmente el operador cierra o sella cada bolsa utilizando una selladora de guillotina, teniendo un tiempo de ciclo de 4 segundos por bolsa/paquete (figura 10a). Esta operación es considerada una condición insegura de trabajo debido a que el operador debe de levantar su brazo arriba de su hombro lo que le provocaría a larga una calcificación de la articulación. El operador de la estación de trabajo menciona que cuando el comenzó a trabajar en dicha operación sentía dolor al finalizar, ahora quizás ya se acostumbró a la operación y el dolor ha cesado.

Para reducir el impacto de presionar en cada ciclo la bolsa al momento de cerrarla, el equipo de trabajo sugirió la siguiente idea: Una selladora de bolsas de banda (figura 10b), la cual funciona solo con colocar la bolsa en uno de los costados, la banda avanza y sella la bolsa sin necesidad de que el operador aplique algún tipo de fuerza bajando el tiempo de ciclo a 2 segundos con un ahorro de 3.7 horas hombre por día. El operador después de la mejora trabaja con mayor confort y ya no refiere dolor en su hombro.



Figura 10a



Figura 10b

Después de haber realizado el análisis de flujo de valor o “value stream mapping” (VSM) del estado actual. Y posterior a su análisis se traza el estado ideal del flujo del proceso el cual nos indica que hay oportunidades en el proceso (tabla 3). Las mejoras son la reducción del inventario en proceso el cual bajaría de 4,056 a 2,000 piezas. Que la cantidad de operadores bajaría de 8 a 6. Que los transportes se reducirían 118.5 metros. Aunque la restricción sigue siendo las pruebas funcionales con 4.5 segundos la capacidad instalada sigue siendo 6800 piezas por turno en función a la restricción del proceso. Lo que me indica que en caso de necesitar más de 6800 piezas por turno se necesitaría ya sea incluir un equipo de prueba extra o dejar al personal tiempo extra en el proceso de empaque.

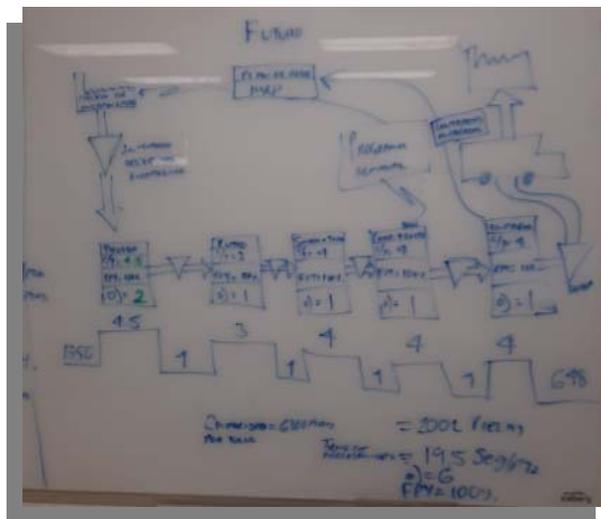


Figura 5. Analisis de la cadena de valor/ Value stream mapping. Estado futuro.

Después de las oportunidades identificadas en la tabla 4. Se realizó el análisis de la cadena de suministros y lo que se espera obtener es lo siguiente que baje la cantidad de operadores a 6, que el FPY aumente al 100 por ciento al momento de colocar la báscula con el sistema andon. Reducir el inventario en el proceso de 4,056 a 2,000 piezas en el proceso colocando niveles máximos de inventario permitido en el proceso.

A continuación, en la tabla 4 se muestra un resumen de y comparativo de los métricos planteados del proceso de empaque de antena R 900.

Descripción de KPI (key performance indicator)	Antes de la pandemia	Durante la pandemia	Después de implementar las acciones
Valor agregado (seg/pza)	18.7	19.2	20
Valor no agregado (seg/pza)	3.8	17	3
Cantidad de operadores por línea	8	4	6
Cantidad de líneas	1	2	1
Horas de trabajo	68	68	51
Restricción	4.5	9	4.5
Capacidad (piezas por turno)	6800	6800	6800
FPY (% bueno a la primera)	78%	70%	100%
Metros ² de superficie ocupada	31.57	100	31.57
Metros lineales recorridos o transportes	70.5	189	70.5
Cantidad total de operadores	8	8	6

Tabla 4. Resumen de indicadores principales del proceso de empaque de antena R900, (KPI's "Key performance indicators").

Como podemos ver la tabla 4 al menos se logró regresar a las condiciones iniciales antes de aplicar la metodología de "Aplicación del ciclo de mejora continua" (color amarillo). En la tabla 3 podemos observar todos los cambios de mejora que se ven reflejados en los métricos del proceso/KPI's. Los cuales como podemos ver de los 11 métricos 6 de ellos se lograr mejorar a lo que se tenía y 5 de ellos se logro al menos regresar a la condición previa a la pandemia. Siendo el FPY uno de los métricos que se vio mas beneficiado logrando el 100% de eficiencia, y se redujo de 8 a 6 operadores para lograr empaacar 6,800 piezas por turno.

6. CONCLUSIONES

Como se ha mencionado a lo largo de este proceso de mejora continua la aplicación de la metodología, el trabajo de equipo y el compromiso de los empleados dan como resultado un cambio de cultura en el cual mejorar no es una opción. La velocidad con la que se actuó también fue un factor decisivo en el punto de como la empresa reaccionó colocando inicialmente una contención para que esto diera tiempo a la organización de pensar, planear y ejecutar acciones viables y factibles para que el impacto de estas condiciones desfavorables como lo son la pandemia que azota a Ciudad Juárez no fueran una restricción para que la empresa cancelara sus operaciones.

Una vez mas podemos asegurar que las metodologías y filosofías planteadas a mediados del siglo pasado por el señor Toyoda son el camino que debemos seguir si queremos permanecer en la competencia y lograr la flexibilidad que nos permita adaptarnos a los nuevos tiempos, situaciones y requerimientos.

Se logro el objetivo de al menos regresar el proceso a su condición inicial (antes de la pandemia), y obviamente esto refleja que es posible obtener aquellos resultados tal y como lo marca en sus premisas la manufactura esbelta de “hacer mas con menos”. Quedando pendiente continuar inyectando al personal con la cultura de la mejora continua. Y que esto solo nos da la razón que este es el camino que debemos seguir.

REFERENCIAS (bibliografía)

1. Fazinga, W. (2019). Implementation of standard work in the construction industry
Implementación del trabajo estandarizado en la industria de la construcción. Recuperado
10 de noviembre de 2020, de <https://scielo.conicyt.cl/pdf/ric/v34n3/0718-5073-ric-34-03-288.pdf> website: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/ric/v34n3/0718-5073-ric-34-03-288.pdf>
2. Barcia, K. (2007). Metodología para Mejorar un Proceso de Ensamble Aplicando el
Mapeo de la Cadena de Valor (VSM). Recuperado 10 de octubre de 2020, de
<http://rte.espol.edu.ec/index.php/tecnologica/article/view/159> website:
<file:///C:/Users/echavez/Desktop/PERSONAL/Maestria%20en%20la%20UACJ/Semestre%204/Seminario%20integrador/Articulos%20de%20aplicacion/12.-159-Texto%20del%20art%C3%ADculo-385-1-10-20130105.pdf>
3. Ochsenius, I. (2016). Herramienta de control y mejora: aplicación de poka yoke al
proceso de contratación pública. Recuperado 11 de septiembre de 2020, de
<https://asocex.es/wp-content/uploads/2016/12/Revista-Auditor%C3%ADa-P%C3%BAblica-n%C2%BA-68-pag-83-94.pdf>
4. Padilla, L. (2010). LEAN MANUFACTURING MANUFACTURA ESBELTA/ÁGIL .
https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/35056968/manufactura_esbelta_toyota.pdf?1412837144=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DLEAN_MANUFACTURING_MANUFACTURA_ESBELTA_A.pdf&Expires=1605127386&Signature=CtP7zeCbffF3sLm~tltPvHqaJteA7IUby2kSk0rFWGktgwdjotdipsLwV6yZtrSltb3FBLj~7geJYitZkZtzMglg4p-se~D~96eEEO4NZSDxUivJ2wbjSaSgrvOe4Uqf1Q-9~U3XEvS0dmmEZKsPxG4YRzmX-wbZ8nm4Sg3hyKbtm50ic4c8hJRmgWvwS~MZ6MLkxaZLXpsj~ACD-d87BH5QVFISyNTXZd3GP~VMVa~BDCquV1SyLN3qhd5xf8l0dpcRb~UZEvJ6cHgCcepbcfn~oK2Qv7zjWiuSFof5wwCn7iiDlbiH5QAELUTkFfM~jeByWy9BTskUM936zb8PA_&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA

5. Pérez, J. (2011). Identificación y caracterización de mudas de transporte, procesos, movimientos y tiempos de espera en nueve pymes manufactureras incorporando la perspectiva del nivel operativo. Recuperado 15 de octubre de 2020, de <https://scielo.conicyt.cl/pdf/ingeniare/v19n3/art09.pdf> website: <file:///C:/Users/echavez/Desktop/PERSONAL/Maestria%20en%20la%20UACJ/Semestre%204/Seminario%20integrador/Articulos%20de%20aplicacion/13.-Identificacion%20y%20caracterizacion%20de%20mudas.pdf>
6. Lopez, M. (2011). BALANCEO DE LÍNEAS UTILIZANDO HERRAMIENTAS DE MANUFACTURA ESBELTA.