



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**Implementación de la metodología
DMAIC para la mejora de un
proceso productivo en una
empresa del ramo logístico**

TESIS

Que para obtener el título de
Ingeniero Industrial

PRESENTA

Javier Eduardo Juárez Téllez

DIRECTORA DE TESIS

Dra. Esther Segura Pérez



Ciudad Universitaria, Ciudad de México, Noviembre de 2018

A mis Padres

María Elena Téllez Azcona y Jesús Juárez Casiano

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi Familia por el inmenso apoyo que me han brindado hasta ahora. Aprecio mucho sus enseñanzas, consejos y correcciones. Los amo demasiado, y siempre estarán en mi mente y mi corazón.

Agradezco a mis Maestros de la Facultad de Ingeniería por haber contribuido con mi formación académica y profesional. Especialmente, agradezco a la Dra. Esther Segura Pérez por haber aceptado ser mi Directora de Tesis.

Agradezco a todos mis amigos por los buenos y malos momentos que hemos pasado juntos, por las victorias y derrotas que hemos compartido, y por haberme permitido ser parte de sus vidas.

Finalmente, agradezco a la Vida por haberme permitido estudiar en la Máxima Casa de Estudios de México, la Universidad Nacional Autónoma de México, y por haberme dado unos excelentes amigos, maestros, hermanos y padres. Gracias por este maravilloso regalo.

RESUMEN

Este trabajo de investigación describe la implementación de un proyecto de mejora en el que se utilizó la metodología DMAIC (Definición, Medición, Análisis, Mejora y Control) para resolver un problema de productividad suscitado en el almacén de una empresa de servicios logísticos.

En la etapa de definición se delimitó el problema a resolver, se estimó el costo de la calidad pobre (COPQ), se eligieron a los integrantes del equipo que llevarían a cabo el proyecto y se estimó un presupuesto para ejecutar el proyecto.

En la etapa de medición se realizó un mapeo del proceso a detalle, se hizo un estudio de tiempos, se determinó el ritmo de trabajo marcado por el cliente (*takt time*) y se generó un diagnóstico de la capacidad inicial del proceso (DCIP).

En la etapa de análisis se utilizaron las siguientes técnicas para identificar, clasificar y seleccionar las causas que provocaban el problema de productividad de la empresa: tormenta de ideas, diagrama de causa-efecto y grupo nominal. Se determinó que la empresa no podía satisfacer el nivel de productividad solicitado por el cliente debido a los siguientes factores: poco personal para realizar el proceso, manipulación excesiva de productos en las líneas de producción y transporte excesivo de productos en el almacén.

En la etapa de mejora se plantearon y evaluaron distintas propuestas de solución para el problema de productividad. Después de evaluar las propuestas, se seleccionaron aquellas que ofrecieron los mejores resultados, siendo estas las siguientes: trasladar el proceso productivo a una zona de trabajo más cercana a las cortinas de embarque correspondientes, implementar estaciones de trabajo individuales y aumentar el número de colaboradores para realizar el proceso. Posteriormente, se implementaron las propuestas de solución elegidas, se elaboró un diagnóstico del proceso mejorado (DPM) y se calcularon los beneficios derivados de la implementación del proyecto. Los beneficios del proyecto significaron ingresos adicionales para la empresa, disminución del transporte de productos en el almacén, eliminación de movimientos innecesarios para realizar el proceso, y lo más importante, se logró cumplir con el nivel de productividad solicitado por el cliente.

En la etapa de control se elaboró un documento de capacitación en el que se ilustran las mejoras realizadas en el proceso a los colaboradores de la empresa. Finalmente, se recabó la firma del responsable del proceso para validar la correcta implementación del proyecto.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	1
1. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN.....	2
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.2. JUSTIFICACIÓN.....	3
1.3. OBJETIVOS.....	4
1.4. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	4
1.5. HIPÓTESIS.....	5
1.6. METODOLOGÍA	5
1.7. DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	6
2. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	7
2.1. MANUFACTURA ESBELTA	7
2.1.1. ¿QUÉ ES LA MANUFACTURA ESBELTA?	7
2.1.2. HISTORIA DE LA MANUFACTURA ESBELTA.....	7
2.1.3. EL SISTEMA DE MANUFACTURA ESBELTA	13
2.1.4. CULTURA DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN TOYOTA.....	17
2.1.5. LOS TRES NIVELES DE LA MANUFACTURA ESBELTA	18
2.2. SEIS SIGMA	19
2.2.1. ¿QUÉ ES SEIS SIGMA?	19
2.2.2. HISTORIA DE SEIS SIGMA	19
2.2.3. ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL DE SEIS SIGMA.....	20
2.2.4. ¿QUÉ ES UN PROBLEMA?	21
2.2.5. CONDICIONES PARA LA SELECCIÓN DE PROYECTOS	21
2.2.6. EL CICLO PHVA.....	24
2.2.7. SEIS SIGMA INTEGRADO AL CICLO PHVA.....	24
2.2.8. METODOLOGÍA DMAIC	25
2.2.9. DIAGRAMA DE FLUJO DMAIC	26
2.2.10. RELACIÓN LEAN MANUFACTURING - SEIS SIGMA.....	27
2.2.11. ENTREGABLES DE UN PROYECTO YELLOW BELT	28
2.3. REVISIÓN DE LA LITERATURA.....	35
3. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA	39
3.1. PANORAMA INTERNACIONAL DE LA EMPRESA	39
3.2. PANORAMA LOCAL DE LA EMPRESA	40
3.2.1. CLIENTES DE LA EMPRESA	41
3.2.2. ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL DE LA EMPRESA	42

3.2.3.	LAY OUT GENERAL DE LA EMPRESA.....	45
3.2.4.	LAY OUT DE LOS ALMACENES DE LA EMPRESA.....	46
3.3.	PROCESOS OPERATIVOS DE ALMACÉN.....	48
3.3.1.	PROCESO GENERAL INBOUND - OUTBOUND.....	48
3.3.2.	RECIBO.....	49
3.3.3.	VAS - ETIQUETADO	50
3.3.4.	ACOMODO	51
3.3.5.	SURTIDO	52
3.3.6.	VAS - DISTRIBUCIÓN Y PREPARACIÓN	53
3.3.7.	EMBARQUE	54
4.	IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA DMAIC.....	55
4.1.	ETAPA DE DEFINICIÓN.....	55
4.1.1.	CONTEXTUALIZACIÓN DEL PROBLEMA	55
4.1.2.	IDENTIFICACIÓN DEL PROYECTO	56
4.1.3.	DIAGRAMA DE ÁRBOL CTQ	56
4.1.4.	CÉDULA DEL PROYECTO (PROJECT CHARTER).....	57
4.1.5.	DIAGRAMA SIPOC.....	59
4.2.	ETAPA DE MEDICIÓN.....	60
4.2.1.	DIAGRAMA DE PROCESO A DETALLE.....	60
4.2.2.	EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE MEDICIÓN	61
4.2.3.	DETERMINACIÓN DEL TAKT TIME MARCADO POR EL CLIENTE	62
4.2.4.	DIAGNÓSTICO DE LA CAPACIDAD INICIAL DEL PROCESO (DCIP)	62
4.3.	ETAPA DE ANÁLISIS.....	70
4.3.1.	TORMENTA DE IDEAS.....	70
4.3.2.	DIAGRAMA DE ISHIKAWA	71
4.3.3.	TÉCNICA DEL GRUPO NOMINAL (TGN).....	71
4.4.	ETAPA DE MEJORA.....	73
4.4.1.	PROPOSICIÓN, EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DE LA MEJOR SOLUCIÓN.....	73
4.4.2.	IMPLEMENTACIÓN Y DIAGNÓSTICO DEL PROCESO MEJORADO (DPM)	85
4.4.3.	CÁLCULO DE LOS BENEFICIOS DEL PROYECTO	88
4.5.	ETAPA DE CONTROL.....	90
4.5.1.	LECCIÓN DE UN PUNTO (LUP).....	90
4.5.2.	APROBACIÓN Y FIRMA DEL RESPONSABLE DEL PROCESO	90
5.	CONCLUSIONES.....	91
5.1.	CONCLUSIÓN GENERAL	91
5.2.	CONCLUSIONES PARTICULARES	91

FUENTE DE REFERENCIAS	93
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	93
REFERENCIAS WEB	94
ANEXOS.....	95
ANEXO 1: SÍNTESIS DE LA SITUACIÓN DEL SECTOR DE TRANSPORTE Y LOGÍSTICA.....	95
ANEXO 2: CÓDIGOS REGIONALES DVD	95
ANEXO 3: EXTERNALIZACIÓN DE LAS FUNCIONES LOGÍSTICAS	97

INTRODUCCIÓN

Esta investigación describe la implementación de la metodología DMAIC para aumentar la productividad del *proceso de configuración de reproductores multimedia* que se realiza en el almacén de una empresa de servicios logísticos ubicada en Cuautitlán Izcalli, Estado de México.

La metodología DMAIC es un poderoso instrumento de resolución de problemas, cuya finalidad es mejorar los procesos productivos y administrativos de las empresas para satisfacer las necesidades de los clientes externos e internos. La metodología DMAIC está conformada por 5 etapas sistémicas que paulatinamente dan solución a un determinado problema: *(D) Define, (M) Measure, (A) Analyze, (I) Improve* y *(C) Control*.

En esta investigación se determinó que la metodología DMAIC provee una solución que aumenta la productividad del *proceso de configuración de reproductores multimedia*, y con ello se generan ingresos adicionales para la empresa.

Esta tesis está conformada por 5 capítulos, los cuales se resumen a continuación:

1) Planteamiento de la Investigación

Se contextualiza el problema a resolver, se establecen los objetivos y la hipótesis, y se plantea la metodología que se utilizará para dar solución al problema.

2) Antecedentes de la Investigación

Se describen dos filosofías de trabajo ampliamente usadas en el mundo empresarial contemporáneo: manufactura esbelta y seis sigma; se describe su historia, características, herramientas, y cómo a partir de ambas surge la metodología DMAIC. Por otro lado, se exponen algunas investigaciones en las que diferentes autores utilizaron la metodología DMAIC para resolver problemas en las empresas.

3) Descripción de la Empresa

Se describe el panorama local e internacional de la empresa, su estructura organizacional, los servicios logísticos que ofrece, y los procesos operativos que se llevan a cabo en el almacén.

4) Implementación de la Metodología DMAIC

Se desarrollan las etapas de la metodología DMAIC. En la etapa de definición se identifica el problema a resolver, se estima un presupuesto para implementar el proyecto y se crea el *project charter*, documento que hace oficial el inicio del proyecto. En la etapa de medición se recaba información de la situación actual del proceso, y a partir de ella se genera un diagnóstico de la capacidad inicial del proceso. En la etapa de análisis se determinan las causas raíz del problema. En la etapa de mejora se evalúan distintas propuestas de solución, y se implementan las que ofrecen los mejores resultados. En la etapa de control se crea un documento en el que se ilustran las mejoras realizadas en el proceso y se recaba la firma del responsable del proceso para ratificar la correcta implementación del proyecto.

5) Conclusiones

Se describen los beneficios derivados de la implementación del proyecto y se enfatizan las mejoras realizadas en el proceso.

1. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El objeto de estudio de esta investigación es un proceso productivo que se realiza en el almacén de una empresa que provee servicios logísticos de almacenaje y distribución a fabricantes de productos de alta tecnología (*high tech*).

El 8 de mayo de 2017, la empresa inició las operaciones de almacenaje y distribución de los productos de un cliente especializado en la fabricación de equipo de audio y reproductores multimedia para automóviles. Entre los principales servicios que se proporcionan al cliente se encuentra el *proceso de configuración de reproductores multimedia*, el cual es indispensable para que el cliente pueda cerrar las órdenes de compra que generan sus propios clientes (tiendas retail). La finalidad del proceso de configuración es que los reproductores multimedia puedan leer DVD's en región 4 [ver Anexo 1].

Cuando se firmó el contrato comercial con el cliente, la empresa se comprometió a cumplir con un nivel de productividad de 33,000 reproductores multimedia configurados al mes; no obstante, de acuerdo con los *reportes mensuales de negocio* (RMN) elaborados por el supervisor de operaciones del almacén de productos del cliente, la productividad real entregada durante los primeros cinco meses de operación (de mayo a septiembre de 2017) fluctuó entre las 26,000 y las 28,000 piezas configuradas al mes. Es decir, la productividad real entregada al cliente fue aproximadamente el 82% de la estipulada en el contrato comercial; lo anterior implicó una pérdida importante de ingresos tanto para la empresa como para el cliente, quien manifestó su molestia e inconformidad hacia la compañía por no poder satisfacer el nivel de productividad acordado en el contrato. Aunado a lo anterior, el cliente mencionó que pretendía solicitar un aumento del 20% en la productividad del proceso de configuración de reproductores debido a la creciente demanda de estos productos por parte de sus clientes (tiendas retail); sin embargo, debido a las circunstancias operativas de la empresa, el cliente consideró que habrían pocas posibilidades para lograr el nuevo nivel de productividad.

El 12 de octubre de 2017, tras realizar una reunión extraordinaria en la que estuvieron presentes el cliente, el supervisor de operaciones, el gerente de operaciones (jefe del supervisor de operaciones), el gerente de ingeniería de proyectos, y el subdirector de logística de almacén (jefe del gerente de operaciones y del gerente de ingeniería de proyectos), se concertaron los siguientes puntos:

- A partir de noviembre de 2017, la empresa debía tener un aumento en la productividad del proceso de configuración, cuando menos al nivel que se había estipulado en el contrato comercial (33,000 piezas configuradas al mes); de lo contrario, **el cliente quedaba en plena libertad de buscar a un nuevo proveedor de servicios logísticos que cumpliera con sus requerimientos operativos.**
- Quedaba abierta la petición del cliente respecto a incrementar en un 20% el nivel de productividad estipulado en el contrato comercial a partir de noviembre de 2017. El cambio implicaba pasar de 33,000 a 39,600 piezas configuradas al mes. De lograrse el nuevo nivel de productividad, el cliente se comprometía a pagar hasta 43,000 piezas configuradas al mes a precio normal; el excedente lo pagaría a mitad de precio. El precio normal por cada pieza configurada es de 19.5 MXN.

- Se acordó la implementación de un proyecto de mejora basado en la metodología DMAIC para aumentar la productividad del proceso de configuración de reproductores multimedia.

Por lo tanto, lo que se pretende en esta investigación es comprobar la efectividad de la metodología DMAIC para proveer una solución que satisfaga el nuevo nivel de productividad solicitado por el cliente.

Nota importante: por razones de seguridad y propiedad industrial, no se revelará la identidad de la empresa en la que se realizó el proyecto; no obstante, sí se describirán algunas de sus características para dar contexto a la investigación.

1.2. JUSTIFICACIÓN

La demanda de servicios y soluciones logísticas ha crecido notablemente durante los últimos años en México [ver Anexo 2]. Este hecho ha coadyuvado a que muchas compañías de este sector hayan tenido que buscar los medios necesarios para aumentar la calidad y la productividad de los servicios que ofrecen. El camino que han elegido algunas de estas compañías ha sido la implementación de la metodología DMAIC como un instrumento de resolución de problemas enfocado en el mejoramiento continuo de sus procesos operativos y administrativos.

La metodología DMAIC se basa en dos filosofías de trabajo mutuamente incluyentes: manufactura esbelta (*lean manufacturing*) y seis sigma (*six sigma*). La manufactura esbelta es un proceso sistemático de identificación y eliminación de actividades que no agregan valor a los productos y/o servicios que ofrece una empresa (Salazar, 2016). Seis sigma es un proceso sistemático de resolución de problemas, enfocado en disminuir la variación de los resultados de los procesos productivos de una empresa (Escalante, 2014). Ambas filosofías de trabajo tienen en común el mejoramiento continuo de los procesos, la reducción del desperdicio, y la satisfacción de los clientes.

La metodología DMAIC se compone de cinco etapas sistémicas para resolver un problema a través de un proyecto de mejora: definición, medición, análisis, mejora y control. En cada etapa se aplican diferentes herramientas que permiten abordar el problema de forma ordenada y estructurada; y aunado a ello, brindan trazabilidad a la información recopilada, analizada y generada.

Ahora bien, seis sigma y manufactura esbelta son dos pilares esenciales en la carrera de Ingeniería Industrial, por lo cual, se vuelve importante utilizar las técnicas y herramientas de estas dos filosofías de trabajo para mejorar la calidad y la productividad de los procesos productivos y administrativos de las empresas.

1.3. OBJETIVOS

Objetivo general

Aumentar la productividad del proceso de configuración de reproductores multimedia utilizando la metodología DMAIC para cumplir con el nivel de demanda solicitado por el cliente.

Objetivos específicos

- ✓ Recabar información general de la empresa mediante entrevistas con el personal para comprender su estructura organizacional, los servicios logísticos que ofrece, y su participación en el mercado local e internacional.
- ✓ Delimitar el problema que se resolverá implementando la etapa de definición de la metodología DMAIC para contextualizar el proyecto de mejora que se realizará.
- ✓ Recabar información de la situación actual del proceso implementando la etapa de medición de la metodología DMAIC para generar un diagnóstico de la capacidad inicial del proceso.
- ✓ Utilizar las técnicas *tormenta de ideas*, *diagrama de causa-efecto* y *grupo nominal* de la etapa de análisis de la metodología DMAIC para determinar las causas raíz del problema.
- ✓ Proponer y evaluar alternativas de solución mediante la etapa de mejora de la metodología DMAIC para implementar las propuestas que ofrezcan los mejores beneficios económicos para la empresa.
- ✓ Recabar información del proceso mejorado implementando la etapa de mejora de la metodología DMAIC para calcular los beneficios económicos reales derivados de la implementación del proyecto.
- ✓ Documentar una lección de aprendizaje implementando la etapa de control de la metodología DMAIC para asegurar la transmisión del conocimiento y las habilidades necesarias para realizar el proceso mejorado.

1.4. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

- ¿Cuál es la productividad actual del proceso de configuración de reproductores multimedia?
- ¿Cuál es el método de trabajo actual que se utiliza para realizar el proceso de configuración de reproductores multimedia?
- ¿Cuáles son las causas raíz que impiden llegar al nivel de productividad solicitado por el cliente?

- ¿Es factible modificar el método de trabajo que actualmente se utiliza para la realización del proceso con el fin de elevar la productividad estipulada en el contrato comercial en un 20%?
- ¿Puede mejorarse el aprovechamiento de los recursos destinados para la realización del proceso: personas, tiempo, dinero, equipo y herramientas?
- ¿Pueden generarse ingresos adicionales para la empresa tras la implementación de una mejora en el proceso de configuración de reproductores multimedia?
- ¿Podrá la metodología DMAIC proveer una solución que satisfaga el nuevo requerimiento de productividad solicitado por el cliente?

1.5. HIPÓTESIS

La metodología DMAIC proveerá una solución que aumentará la productividad estipulada en el contrato comercial en un 20%, y por consiguiente, se generarán ingresos adicionales para la empresa.

Variables independientes:

- Productividad solicitada por el cliente
- Habilidades y conocimientos de los trabajadores para realizar el proceso

Variables dependientes:

- Productividad real del proceso
- Método de trabajo
- Aprovechamiento de los recursos destinados para el proceso: personas, tiempo, dinero, equipo y herramientas

1.6. METODOLOGÍA

Para dar solución al problema planteado, se utilizará la metodología DMAIC, la cual se compone de:

- **Etapa de definición:**
 - Contextualización del problema
 - Diagrama de árbol de requerimientos
 - Cédula del proyecto (project charter)
 - Diagrama SIPOC (suppliers, inputs, process, outputs, customers)

- **Etapas de medición:**
 - Mapeo detallado del proceso
 - Lay out del lugar de trabajo
 - Evaluación del sistema de medición del proceso
 - Cálculo del tiempo ritmo marcado por el cliente
 - Diagnóstico de la capacidad inicial del proceso

- **Etapas de análisis:**
 - Tormenta de ideas (brainstorming)
 - Diagrama de Ishikawa (causa-efecto)
 - Técnica del grupo nominal (TGN)

- **Etapas de mejora:**
 - Proposición, evaluación y selección de la mejor solución
 - Implementación de la mejora
 - Diagnóstico del proceso mejorado
 - Cálculo de los beneficios derivados del proyecto

- **Etapas de control:**
 - Lección de un punto (LUP)
 - Aprobación y firma del responsable del proceso

1.7. DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Esta investigación describe la realización de un proyecto de mejora en el que se utilizó la metodología DMAIC para aumentar la productividad del proceso de configuración de reproductores multimedia que se realiza en el almacén de una empresa de servicios logísticos.

El proyecto, de carácter urgente, tuvo una duración de dos semanas (de 16 al 27 de octubre de 2017); posteriormente, se documentó e integró en el *Archivo de Proyectos de Ahorro e Inversión* de la empresa. Este trabajo de investigación rememora y documenta el mismo proyecto realizado en la empresa, pero de una manera más ilustrada y detallada.

Es importante mencionar que debido al presupuesto y tiempo autorizado para realizar el proyecto de mejora en la empresa, se hicieron estudios de tiempos a través de la grabación de video. La productividad del proceso de configuración de reproductores multimedia, antes y después de la mejora, se obtuvo a partir de los tiempos medidos a través de la grabación de video.

2. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. MANUFACTURA ESBELTA

2.1.1. ¿QUÉ ES LA MANUFACTURA ESBELTA?

La manufactura esbelta (*lean manufacturing*) es un proceso sistemático de identificación y eliminación de actividades que no agregan valor a un proceso productivo (Salazar, 2016).

La manufactura esbelta es una filosofía de producción cuyo propósito principal es la disminución de los desperdicios de la compañía a través de actividades de *mejora continua* (Villaseñor y Galindo, 2016).

Con base en lo anterior, puede decirse que la manufactura esbelta es un proceso sistemático que utiliza técnicas y herramientas de mejora continua para identificar y eliminar actividades que no agregan valor a los procesos productivos y administrativos de una empresa.

2.1.2. HISTORIA DE LA MANUFACTURA ESBELTA

Producción Artesanal

En 1900, si un cliente deseaba adquirir un automóvil, tenía que acudir a una fábrica de producción artesanal para dar las especificaciones del vehículo al dueño de la fábrica. Posteriormente, el cliente adquiriría su automóvil a un precio elevado, pero quedaba satisfecho con la atención personalizada y con su nuevo vehículo. (Deniss, 2002) citado por (Villaseñor y Galindo, 2016).

Villaseñor y Galindo (2016) indican que la producción artesanal sigue vigente en pequeños segmentos de mercado, normalmente en productos de lujo, en donde los compradores buscan prestigio y la oportunidad de tratar directamente con los mandos gerenciales de la empresa.

Lo anterior brinda una idea de lo que fue el esplendor de la producción artesanal, en donde las empresas otorgaban atención personalizada a los clientes. Sin embargo, esto tenía algunas desventajas:

- Los clientes con mayor poder económico eran los únicos que podían comprar los productos.
- La calidad era impredecible porque cada producto era un prototipo diferente.
- Las actividades de mejora no eran completamente permeadas entre los colaboradores de la empresa.

Henry Ford y Winslow Taylor trabajaron sobre los inconvenientes de la producción artesanal, y como resultado de ello, se dio inicio al sistema de producción en masa.

Producción en Masa

Frederick Winslow Taylor fue un gerente de fundición que incorporó la producción en masa en el proceso de fundición. Fue el primero en implementar los principios de la administración científica del trabajo en la manufactura. Su libro, *The Principles of Scientific Management*, se convertiría más tarde en un clásico (Villaseñor y Galindo, 2016).

Mediante la observación, Taylor identificó que el sistema artesanal era demasiado empírico porque dependía mucho de la experiencia de los artesanos. Taylor llegó a la conclusión de que la mejor manera para realizar el trabajo era mediante principios científicos. (Deniss, 2002) citado por (Villaseñor y Galindo, 2016).

Las principales aportaciones del Taylorismo son las siguientes:

- Estudio de tiempos y movimientos, una herramienta para estandarizar el trabajo.
- Estandarización del trabajo, la manera más fácil de hacer el trabajo.
- Reducción del ciclo de tiempo para ejecutar un proceso.
- Medición y análisis para la mejora continua de procesos (un antecedente de lo que después sería el *Ciclo PHVA*, Planear-Hacer-Verificar- Actuar).

El Desarrollo del Sistema de Producción Ford

Cuando Henry Ford era un joven empresario, trataba de diseñar un automóvil que fuera fácil de producir y reparar. Ford consiguió su objetivo en 1908 tras manufacturar el *Modelo T*. La clave para la producción masiva de este modelo estaba en utilizar partes intercambiables y de fácil ensamble para hacer factible una línea de producción. Para lograr la intercambiabilidad de las partes del automóvil, Ford hizo innovaciones en las herramientas de los equipos que le permitían maquinar partes estandarizadas. (Deniss, 2002) citado por (Villaseñor y Galindo, 2016).

Después de la estandarización de las partes, el siguiente reto de Ford fue la disminución del número de piezas que se movían dentro del motor del vehículo. Esta innovación trajo consigo grandes ahorros porque anteriormente el costo de producción artesanal era muy alto, y las piezas eran fabricadas para usarse una sola vez (Villaseñor y Galindo, 2016).

El siguiente desafío era lograr la coordinación adecuada del proceso de ensamble. Es decir, al terminar las operaciones dentro de una estación de trabajo, los operarios trasladaban el vehículo a la siguiente estación de trabajo, pero frecuentemente solía haber cuellos de botella que entorpecían el proceso, principalmente cuando los trabajadores más hábiles superaban a los trabajadores más lentos. Ford abordó el problema colocando las componentes del automóvil lo más cerca de las estaciones de trabajo con el fin de que se disminuyeran los tiempos de caminar. Asimismo, Ford se guió en los trabajos de Taylor para disminuir el número de actividades que cada trabajador requería para realizar su trabajo.

El último desafío de Ford fue la instalación de una línea de ensamble que enlazara las estaciones de trabajo. Esta mejora implicaría una disminución en el tiempo que se perdía al trasladar manualmente el automóvil y sus partes a las estaciones de trabajo, y con ello se crearía una secuencia en el proceso productivo.

Con base en lo anterior, puede decirse que las aportaciones de Ford fueron las siguientes:

- Manufactura de partes intercambiables y de fácil ensamble.
- Disminución de las operaciones requeridas por cada trabajador.
- Creación de una línea de ensamble para trasladar los vehículos a las estaciones de trabajo.

El modelo de manufactura de Ford funcionaba bajo un paradigma de altos volúmenes de producción para un mismo modelo de automóvil; incluso Ford sostenía que no requería cambiar su producción a ningún otro modelo. El resultado fue que no se hicieron cambios radicales en los vehículos de la compañía Ford durante el primer cuarto del siglo XX.

Con el paso de los años, la compañía Ford ha tenido que realizar cambios en su filosofía de producción para adaptarse a la evolución paulatina del mercado. Anteriormente, la compañía tenía que producir día tras día las unidades programadas al más bajo costo. Henry Ford y otros de sus contemporáneos creían que era altamente factible programar todas las operaciones de ensamblado, estampado, pintura y recepción de materiales; sin embargo, diferentes hechos inesperados provocaron que las fábricas no manufacturaran cabalmente lo que estaba programado, por ejemplo: paros de línea, partes defectuosas, accidentes de trabajo, retrasos con proveedores, entre otros. Ante esta situación, los gerentes de las plantas manufactureras terminaban reuniéndose en las mañanas para determinar qué materiales poseían en el almacén, qué máquinas deberían operar y qué se fabricaría durante el día. (Liker, 1998) citado por (Villaseñor y Galindo, 2016).

Después de un largo proceso de aprendizaje y adaptación, la compañía Ford desarrolló una nueva misión para su sistema de producción, que puede resumirse de la siguiente manera: el sistema de producción Ford es disciplinado, esbelto y flexible, y está integrado por un conjunto de procesos que se llevan a cabo por un equipo de colaboradores altamente capacitados que aprenden y trabajan juntos para producir y entregar productos que exceden las expectativas de los clientes en cuanto a calidad, costo y tiempo.

El sistema de producción Ford era esbelto desde un inicio, pero tuvo sustanciales desviaciones por haberse esmerado en producir grandes volúmenes y acumular grandes inventarios en los años posteriores a la segunda guerra mundial. Hoy día, la compañía Ford continúa trabajando para mejorar su sistema de producción.

El Origen de la Manufactura Esbelta

Sakichi Toyoda fue un visionario e inventor similar a Henry Ford. Sakichi inició una fábrica de telares manuales en 1894; a pesar de que la máquina de hilar ya había sido inventada por James Hargreaves en 1765, Sakichi tenía el deseo de crear una máquina con características especiales y con su estilo personal; tras realizar diversos experimentos de prueba y error, Sakichi finalmente logró manufacturar su máquina de telares. Implementando esta metodología de prueba y error, Sakichi creó el *genchi genbutsu* (ir-observar-entender), una de las bases de lo que más tarde sería *The Toyota Way*. Posteriormente, Sakichi fundó *Toyoda Automatic Loom Works*, empresa que hasta la fecha forma parte del Corporativo Toyota (Villaseñor y Galindo, 2016).

Uno de los principales inventos de Toyoda fue un mecanismo que detenía automáticamente el telar cuando un hilo se rompía. Posteriormente, el principio de funcionamiento de este invento se convertiría en *jidoka* (automatización con toque humano), uno de los dos pilares del *sistema de producción Toyota*, el cual consiste en que una línea de producción tenga la capacidad de detenerse cuando detecta problemas, asegurando así que los defectos no pasen a los siguientes procesos.

En 1930, Sakichi y su hijo Kiichiro Toyoda iniciaron la construcción de *Toyota Motor Company*. Después de terminar la carrera de ingeniería mecánica en la Universidad Imperial de Tokio, Kiichiro continuó con la construcción de Toyota basándose en la filosofía de su padre y en sus propias innovaciones. Una de las principales contribuciones de Kiichiro fue la técnica *JIT* (*just in time*), que en aquel entonces consistía en surtir los materiales en los estantes *justo a tiempo*,

conforme los trabajadores los utilizaban en la línea de producción. Como bien se sabe, la técnica JIT sentó las bases para que posteriormente se desarrollara el sistema de información *kanban*.

Al finalizar la segunda guerra mundial, Estados Unidos ocupó militarmente algunas ciudades de Japón. Kiichiro pensó que los estadounidenses cerrarían su fábrica, pero dadas las condiciones del país, los norteamericanos repararon en que necesitarían camiones para la reconstrucción del país. La economía japonesa mejoró durante el periodo de recuperación, pero la inflación impedía que muchas personas pudieran comprar automóviles. Esto condujo a que la empresa redujera en un 10% el salario de los empleados. Dada la situación de bancarrota y las peticiones de bajas voluntarias sugeridas a los empleados, Kiichiro aceptó su responsabilidad por haber fallado a la empresa, y a pesar de ello, continuó como el presidente de la compañía.

El sacrificio personal de Kiichiro ayudó a calmar la inconformidad de los trabajadores de la compañía y además tuvo un impacto positivo en la historia de Toyota que hoy día se ve reflejado en sus valores corporativos. Ciertamente, la filosofía de Toyota se ha conservado incólume hasta nuestros días, y consiste en pensar más allá de los beneficios individuales, se trata de pensar en el bien de la compañía y los colaboradores que la conforman, y de asumir responsabilidades de los problemas que surjan conforme pasan los años.

Por otro lado, Eiji Toyoda, primo de Kiichiro, fue quien termino de erigir la compañía. Eiji jugó un papel fundamental en el reclutamiento, selección, formación y empoderamiento de los líderes que más tarde dirigirían las áreas de ventas, manufactura y desarrollo de productos de la empresa.

El Desarrollo del Sistema de Producción Toyota

Durante un viaje de negocios a Estados Unidos, Eiji Toyoda observó diversas áreas de mejora en los procesos productivos de las industrias norteamericanas. Eiji quedó motivado después de haber realizado su viaje, e inmediatamente se comunicó con su colega Taiichi Ohno para asignarle una nueva misión: mejorar el proceso de manufactura de Toyota hasta hacerlo semejante al de Ford. La misión que Eiji encomendó a Ohno no implicaba competir ante Ford, más bien Ohno tendría que adaptar el sistema de producción de Ford a los procesos productivos de Toyota para lograr obtener alta calidad, bajos costos, tiempos de entrega cortos y flexibilidad en las operaciones (Villaseñor y Galindo, 2016). En la [Tabla 2.1] se muestran las diferencias de los sistemas de producción de las compañías Ford y Toyota en 1950.

Ford	Toyota
Manufacturaba grandes cantidades de automóviles en un número limitado de modelos.	Necesitaba fabricar pequeñas cantidades de automóviles de diferentes modelos utilizando la misma línea de ensamble. Los niveles de demanda eran muy bajos como para tener una línea exclusiva para cada modelo.
Tenía mucho capital e infraestructura, así como un mercado nacional e internacional que atender.	Tenía poco capital, poca infraestructura y tenía que operar en un país pequeño.
Contaba con una cadena de suministro altamente consolidada.	No contaba con una cadena de suministro consolidada.

[Tabla 2.1] Sistema de producción Ford vs Sistema de producción Toyota en 1950. Tabla adaptada de (Villaseñor y Galindo, 2016)

Taiichi Ohno estaba decidido a utilizar la idea original de la compañía Ford sobre el flujo continuo de materiales en los procesos, ya que esto permitiría a la compañía Toyota ser más flexible, eficiente y adaptable a la demanda de los consumidores.

El sistema de producción Toyota incorporó a su filosofía ideas de otras empresas estadounidenses; una idea muy relevante fue el *sistema jalar*, la cual fue retomada de los supermercados norteamericanos. El sistema jalar significa que no debe abastecerse de materiales un proceso hasta que este llegue a su inventario de seguridad. En el sistema de producción Toyota, cuando se llega al inventario de seguridad, se manda una señal para resurtir las partes. Cabe señalar que el sistema jalar es condición necesaria para que el JIT pueda ser efectuado. El JIT es el segundo pilar del sistema de producción Toyota.

De acuerdo con Villaseñor y Galindo (2016), Toyota también retomó las ideas de William Edwards Deming, pionero americano de los sistemas de calidad, quien consideraba que cada persona dentro de la línea de producción o de negocios, debía ser tratada como un cliente; esto implicaba dar al cliente lo que exactamente requería en el momento que lo necesitaba.

Muchas empresas japonesas, incluida Toyota, adoptaron el sistema de resolución de problemas propuesto por Deming, mejor conocido como Ciclo PHVA (planear-hacer-verificar-actuar) para el mejoramiento continuo de los procesos. *Kaisen* es el término japonés usado para la mejora continua en las empresas. Kaisen ayuda a alcanzar el propósito de la manufactura esbelta, el cual es la eliminación sistemática de los desperdicios en los procesos productivos y administrativos de una empresa.

En 1973, cuando ocurrió la primera crisis petrolera del mundo, el gobierno japonés observó que mientras muchas compañías del país veían mermada su estabilidad económica, Toyota se mantenía estable y sobresalía de entre ellas. Ante esta situación, el gobierno japonés tomó las ideas del sistema de producción Toyota para transferirlas a las demás compañías; de esta manera, el gobierno japonés gestionó la impartición de seminarios a diferentes empresas para que aplicaran las ideas que Toyota había desarrollado e implementado.

Lo anterior es una pequeña fracción de lo que Toyota ha realizado para ser lo que es hoy día. Fue hasta 1991 que el término “producción esbelta” apareció por primera vez en el libro *The machine that changed the world* (La máquina que cambió al mundo) escrito por Womack, Jones y Ross, en donde precisamente los autores sostienen que el sistema de producción Toyota es la máquina que cambió al mundo.

Acontecimientos de la Manufactura en la Historia

Muchos acontecimientos han dado forma a lo que hoy día es la manufactura esbelta. No puede atribuirse únicamente a Toyota la invención de la manufactura esbelta, más bien, se trata de un conjunto de contribuciones realizadas por distintas organizaciones e individuos, cuyo propósito siempre ha sido la disminución de los desperdicios dentro de los procesos operativos y administrativos de las empresas, con el fin de brindar mejores productos y servicios a los clientes. En la [Tabla 2.2] se mencionan algunos acontecimientos importantes que han dado forma a la manufactura que conocemos hoy día.

Año	Acontecimiento
1500	El arsenal de Venecia introduce una línea de ensamble flotante. Este es el primer ejemplo de flujo de producción.
1733	Jhon Kay inventa el aeroplano.
1765	James Hargreaves inventa la máquina de hilar.
1765	James Watt inventa la máquina de vapor.
1776	Adam Smith publica "Wealth of Nations", obra en la que se introduce una noción sobre la división del trabajo.
1781	James Watt inventa el sistema para producir el movimiento rotacional de subir-bajar de la máquina de vapor.
1785	Honoré Blanc crea partes intercambiables en las armas, y se da cuenta que puede utilizar mano de obra no calificada para su fabricación.
1793	Primera máquina textil en América instalada en Pawtucket, Rhode Island.
1801	Eli Whitney es contratado por el gobierno de Estados Unidos para producir mosquetes, utilizando un sistema de partes intercambiables.
1822	Thomas Blanchard empieza la producción automática de partes. Él sostenía que cualquier cosa que se fabricara de manera repetitiva, debía ser hecha por una máquina.
1832	Charles Babbage publica "On the Economy of Machinery and Manufactures", en donde se habla de las consecuencias de aplicar maquinaria y herramientas para sustituir las habilidades manuales de los humanos.
1854	Daniel C. McCallum desarrolla e implementa el primer sistema administrativo a gran escala en <i>Erie Railroad</i> y en una organización de Nueva York.
1860	Samuel Colt empieza a fabricar partes intercambiables en altos volúmenes.
1870	Marshall Field hace uso de la rotación de inventarios como un indicador para medir las ventas al por menor.
1880	Se crea la línea de desensamble en movimiento en los rastros ganaderos de Estados Unidos.
1894	Sakichi Toyoda inventa una máquina para hilar.
1902	Sakichi Toyoda inventa <i>jidoka</i> (automatización con toque humano).
1908	Henry Ford crea el <i>modelo T</i> . De esta manera, Ford logra estandarizar el modelo y logra partes totalmente intercambiables.
1908	Frederick Winslow Taylor publica su obra "The Principles of Scientific Management".
1913	Henry Ford introduce la primera línea de ensamble automotriz en Highland Park, Michigan.
1913	Ford W. Harris publica el artículo "How Many Parts to Make at Once".
1920	Alfred P. Sloan reorganiza <i>General Motors</i> para constituirlo en una oficina general y varias divisiones autónomas.
1924	Inicia el <i>SMED</i> con un cambio de hilo en tiempo cero.
1926	Henry Ford publica el libro "Today and Tomorrow" e introduce la producción en masa.

1926	Sakichi Toyoda inicia <i>Automatic Loom Works</i> .
1930	Sakichi y Kiichiro Toyoda inician la construcción de <i>Toyota Motor Company</i> .
1930	Los líderes de Toyota visitan Ford y GM para estudiar sus líneas de ensamble y comprender cuidadosamente la obra de Henry Ford "Today and Tomorrow".
1930	La industria aeronáutica alemana introduce el término <i>takt time</i> para administrar la producción.
1937	Kiichiro Toyoda empieza a desarrollar el <i>JIT</i> en Toyota.
1941	El departamento de guerra de Estados Unidos crea el <i>Training Within Industry (TWI)</i> .
1950	Eiji Toyoda y su equipo de gerentes toman un segundo viaje de tres meses por las plantas automotrices de Estados Unidos para hacer un <i>benchmarking</i> de negocio.
1950	Taiichi Ohno inicia el desarrollo del <i>kanban</i> para la entrega de partes justo a tiempo.
1960	Eiji Toyoda empieza la <i>administración esbelta</i> .
1964	<i>IBM 360</i> se convierte en la primera computadora.
1973	Fujio Cho, Sugimori y su equipo de trabajo crean el primer manual de <i>TPS</i> (Toyota Production System) para uso interno.
1975	Joseph Orlicky publica "Material Requirements Planning".
1977	Se introduce al mercado la <i>Apple II</i> , con lo cual se inicia la revolución de las computadoras personales.
1978	Taiichi Ohno publica "Toyota Sesian Hoshiki", obra que trata sobre el sistema de producción Toyota.
1982	Shoichiro Toyoda, el entonces presidente de Toyota, aprueba el acuerdo con GM para la creación de <i>NUMMI</i> (New United Motors Manufacturing Inc).
1991	Womack, et al. publican el libro "The Machine That Changed the World".
1996	Jim Womack y Daniel Jones publican el libro "Lean Thinking".
2007	Toyota rebasa a GM en la producción y venta de vehículos.

[Tabla 2.2] Acontecimientos de la Manufactura. Tabla adaptada de (Wallace y Spearman, 2001) citada por (Villaseñor y Galindo, 2016).

2.1.3. EL SISTEMA DE MANUFACTURA ESBELTA

De acuerdo con Villaseñor y Galindo (2016), manufactura esbelta significa hacer más con menos, siempre y cuando se dé al cliente lo que solicita. La manufactura esbelta es un conjunto de técnicas sistemáticas que Toyota ha venido implementando en sus plantas automotrices por décadas para disminuir los desperdicios de sus procesos productivos y administrativos.

El Principio de Reducción de Costos

Tradicionalmente, se creía que el precio de venta de un artículo estaba en función del costo unitario más un margen de utilidad deseado. No obstante, ante los mercados competitivos de

hoy día, lo anterior sería un problema porque los clientes son quienes suelen inducir el precio, y como consecuencia de ello, no se obtendría la ganancia esperada. Por lo tanto, el camino para obtener mejores ganancias es reducir los desperdicios de los procesos para disminuir los costos de producción. (Tapping et al., 2002) citado por (Villaseñor y Galindo, 2016).

Valor Agregado

El valor agregado es la transformación progresiva de la materia prima en un producto con características especiales que lo hacen ser útil para algún propósito específico.

En el sistema de producción Toyota, los procesos se observan a través de los ojos de los clientes (tanto internos como externos). De esta manera, la identificación y disminución de las actividades que no agregan valor se vuelve más fácil (Villaseñor y Galindo, 2016).

Para ejemplificar lo anterior, considérese a un cliente que ordena una pizza a domicilio. El cliente no se pondrá a pensar cuánto tiempo tardó la preparación de la masa, o cuánto gas se utilizó para preparar la pizza, o cuánta gasolina consumió la motocicleta para llegar al domicilio. El cliente lo único que desea es consumir lo que solicitó en tiempo y forma.

Los Siete Desperdicios de la Manufactura Esbelta

“Muda” es el término japonés empleado para definir el desperdicio. El desperdicio es todo aquello que no agrega valor al producto o servicio, y que por tanto, el cliente no está dispuesto a pagar. De esta manera, el objetivo primordial de la manufactura esbelta es minimizar los desperdicios para maximizar las ganancias.

Toyota tiene identificados siete tipos de desperdicios que no agregan valor a los procesos de una empresa (Villaseñor y Galindo, 2016).

1) Sobreproducción

Producir artículos sin órdenes de producción. Es decir, producir artículos antes de que los clientes los requieran. Esto provoca incrementos de artículos en el almacén y costos para mantener el inventario.

2) Tiempo de espera

Es el tiempo en el que no se añade valor al producto. Ocurre cuando los operarios esperan información, materiales, herramientas, entre otros. Es aceptable que una máquina espere a un operario, pero no es recomendable que un operador espere a la máquina.

3) Transporte innecesario

El movimiento innecesario de los materiales o productos no es recomendable porque genera costos de transporte y podría causar daños en los productos, lo cual implicaría retrabajos.

4) Procesamiento incorrecto

No tener claras las especificaciones de los clientes puede dar lugar a procesamientos innecesarios que originarían más costos, en lugar de valor a los productos.

5) Inventario innecesario

El exceso de materia prima, producto en proceso o producto terminado en el almacén suele causar obsolescencia de productos, tiempos de entrega dilatados, daños en los productos, y acarrea mayores costos de transporte y almacenamiento. Tener niveles altos de inventario puede ser sinónimo de una producción desnivelada y retraso en la entrega de pedidos.

6) Movimiento innecesario

Cualquier movimiento del personal que no agregue valor al producto es un desperdicio. Por ejemplo: buscar herramientas, acumular materiales innecesarios en el área de trabajo, caminar demasiado para trasladar partes, entre otros.

7) Productos defectuosos

Por naturaleza, los defectos de producción implican un enorme desperdicio porque consumen materiales, esfuerzo humano, implican un retrabajo y generan insatisfacción en los clientes.

Mejora Tradicional vs Mejora de la Manufactura Esbelta

De acuerdo con Villaseñor y Galindo (2016), anteriormente, la mejora de procesos estaba enfocada en las actividades que agregaban valor al producto; no obstante, las mejoras realizadas tenían un pequeño impacto sobre toda la *cadena de valor del producto*. Lo anterior es relativamente cierto porque la mayoría de los procesos tienen pocas actividades que agregan valor al producto, principalmente aquellos procesos en los que aun predomina el esfuerzo humano.

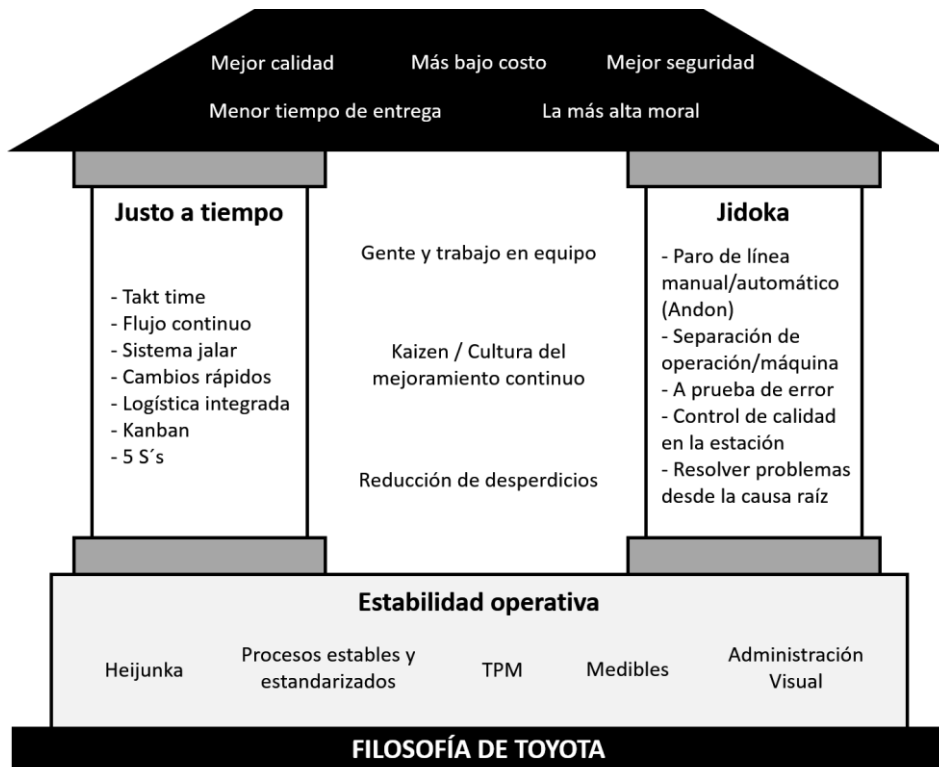
Ahora bien, con las mejoras de la manufactura esbelta se logra tener un mayor impacto sobre la cadena de valor del producto porque precisamente muchas de las actividades que no agregan valor al producto son eliminadas.

Flujo de Una Pieza

Villaseñor y Galindo (2016) señalan que uno de los propósitos de la manufactura esbelta es la aplicación ideal del *flujo de una pieza* en todas las operaciones de la empresa mediante el uso de *células de trabajo*. En manufactura esbelta, una célula es una secuencia de procesos conformada por estaciones de trabajo, máquinas y personas. Una célula se crea para facilitar el flujo de una pieza; de modo que en un proceso, los productos son creados de uno en uno, y el ritmo de trabajo queda determinado por las necesidades del cliente. Las principales ventajas del flujo de una pieza son: disminución de productos en el inventario, mejor aprovechamiento del espacio de trabajo, reducción de los tiempos de entrega, y aumento de la calidad y la productividad.

La Casa del Sistema de Producción Toyota

La *casa del sistema de producción Toyota* es un diagrama en forma de casa, constituido de bases, pilares, techo y alojamiento [Figura 2.1].



[Figura 2.1] La casa del sistema de producción Toyota. Figura adaptada de (Villaseñor y Galindo, 2016).

Describiendo de arriba hacia abajo, la casa del sistema de producción Toyota inicia con el techo, el cual está conformado por las metas de la empresa: la mejor calidad, el más bajo costo, el menor tiempo de entrega, la mayor seguridad y la más alta moral.

La casa posee dos pilares, JIT y jidoka. JIT significa surtir el producto indicado, en el momento preciso y en la cantidad correcta. Jidoka significa no permitir que los defectos pasen a la siguiente etapa del proceso.

La casa cuenta con diferentes elementos en su base: procesos estandarizados y estables, administración visual de las operaciones, mantenimiento productivo total, sistema de medición de indicadores operativos, y programación nivelada de la producción (*heijunka*). Esta última es necesaria para mantener estable al sistema de producción y para tener niveles bajos de inventario.

Finalmente, en el centro de la casa se encuentran las personas, el trabajo en equipo, la cultura de la mejora continua y la reducción de desperdicios. Sin lugar a dudas, la parte más importante de la casa son las personas porque cualquier técnica o herramienta que sea implementada, si no recibe el soporte y seguimiento del personal, jamás funcionará como la empresa desea.

2.1.4. CULTURA DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN TOYOTA

Jeffrey Liker (2004), describe en su libro "The Toyota Way", la *cultura del sistema de producción Toyota*, la cual está constituida por 14 principios filosóficos agrupados en 4 categorías didácticas.

Categoría 1: Pensamiento a largo plazo

Principio 1: Basa tus decisiones administrativas en un pensamiento de largo plazo, aun a expensas de las metas financieras de corto plazo.

Categoría 2: Los procesos correctos producirán los resultados correctos

Principio 2: Crea un flujo continuo en los procesos para que todo problema salga a la luz.

Principio 3: Utiliza *sistemas jalar* para evitar la sobreproducción.

Principio 4: Nivelas la carga de trabajo (*heijunka*).

Principio 5: Haz pausas oportunas para solucionar los problemas. De esta manera se alcanzará la calidad deseada desde la primera vez.

Principio 6: Las actividades estandarizadas son la base para la mejora continua y el empoderamiento de los colaboradores.

Principio 7: Utiliza la administración visual para evitar que haya problemas ocultos.

Principio 8: Utiliza tecnología confiable y completamente probada que ayude al personal y a los procesos.

Categoría 3: Agrega valor a la empresa mediante el desarrollo del personal y de los socios

Principio 9: Desarrolla líderes que entiendan a fondo el trabajo, que vivan la filosofía de la empresa y la enseñen a los demás.

Principio 10: Desarrolla equipos de trabajo excepcionales que custodien y sigan la filosofía de la empresa.

Principio 11: Respeta a tu red de socios y proveedores. Una manera honorable de respetarlos es establecerles nuevos retos de trabajo y ayudarlos a mejorar.

Categoría 4: Resuelve los problemas desde la raíz de manera continua para promover el aprendizaje en la empresa

Principio 12: Ve tú mismo a observar la situación para comprender a fondo el problema (*genchi genbutsu*).

Principio 13: Toma decisiones prudentemente y por consenso, considera todas las opciones, y cuando llegue el momento, impleméntalas rápidamente (*nemawashi*).

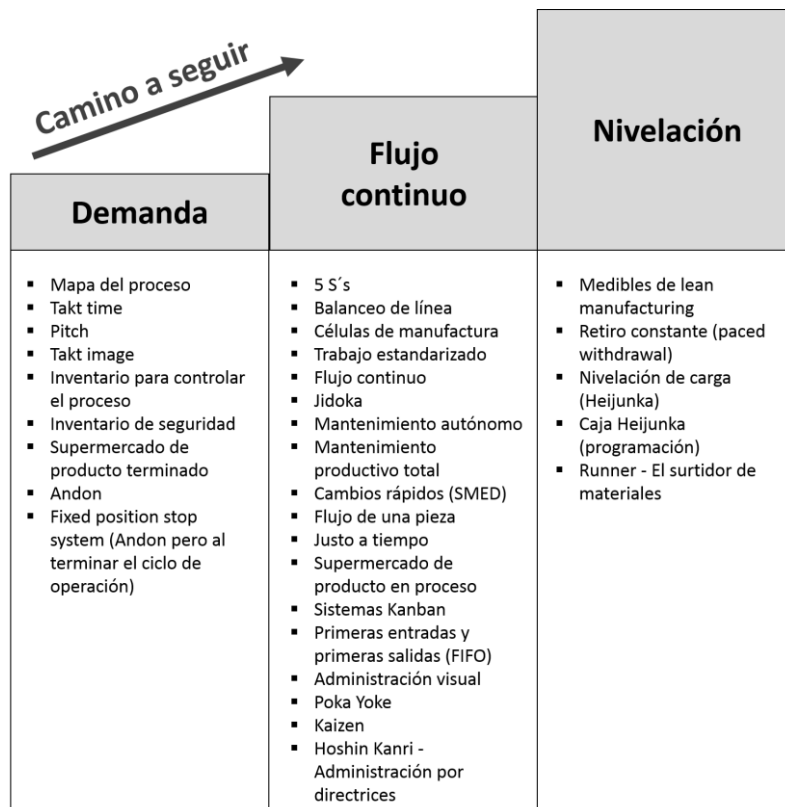
Principio 14: Conviértete en una empresa de aprendizaje autónomo a través de la reflexión (*hansei*) y la mejora continua (*kaisen*).

2.1.5. LOS TRES NIVELES DE LA MANUFACTURA ESBELTA

De acuerdo con Tapping et al. (2002) citado por Villaseñor y Galindo (2016), la aplicación de las herramientas de la manufactura esbelta pueden agruparse en tres niveles: demanda del cliente, flujo continuo y nivelación de la producción.

- **Nivel 1: Demanda del cliente**
Consiste en comprender las necesidades del cliente en cuanto a productos y/o servicios. Se debe tener en cuenta la cantidad, la calidad, el precio y el tiempo de entrega acordado con el cliente.
- **Nivel 2: Flujo continuo**
Los clientes internos y externos deben recibir los productos y/o servicios que solicitaron, en el momento que los necesitan y en la cantidad requerida.
- **Nivel 3: Nivelación de la producción**
Consiste en distribuir adecuadamente el volumen y la variedad del trabajo para disminuir el inventario de producto terminado o en proceso. De esta manera, se hace factible que los clientes ordenen en pequeñas cantidades.

Es recomendable que los niveles de la manufactura esbelta se apliquen en el orden en que fueron expuestos. En la [Figura 2.2] se muestran las herramientas que deben aplicarse en cada uno de los niveles.



[Figura 2.2] Los tres niveles de aplicación de la manufactura esbelta. Figura adaptada de (Villaseñor y Galindo, 2016).

2.2. SEIS SIGMA

2.2.1. ¿QUÉ ES SEIS SIGMA?

Seis sigma (six sigma) es una metodología de mejora y solución de problemas complejos creada por el doctor Mikel Harry a finales de los 80's. Harry desarrolló la metodología para disminuir la variabilidad de los procesos productivos de *Motorola*. Cualquier empresa que implemente seis sigma dejará de utilizar el promedio para medir el desempeño de un proceso; en cambio, utilizará la desviación estándar para medir la variabilidad del resultado de un proceso con respecto a su media. Lo que se pretende con seis sigma es que un proceso cumpla consistentemente con los requerimientos de calidad solicitados por el cliente (Salazar, 2016).

De acuerdo con Escalante (2014), seis sigma representa tres conceptos: una métrica, una filosofía de trabajo y una meta. Una métrica porque mide el desempeño de un proceso. Una filosofía de trabajo porque implica la mejora continua de procesos, apoyándose principalmente de herramientas estadísticas. Y una meta porque implica alcanzar un nivel de clase mundial al producir como máximo 3.4 productos defectuosos por cada millón de productos elaborados.

Con base en lo anterior, puede decirse que seis sigma es una metodología de resolución de problemas, enfocada en la mejora continua y en la disminución de la variabilidad de los procesos de una empresa, cuyo fin último es la satisfacción de los requerimientos de los clientes.

2.2.2. HISTORIA DE SEIS SIGMA

En 1988, Motorola ganó el primer *Premio Nacional de Calidad de Estados Unidos* (Premio Malcom Baldrige). La estrategia de Motorola fue lograr la *satisfacción total del cliente* (STC) a través de la calidad seis sigma, la disminución del tiempo ciclo y la participación administrativa en los asuntos de calidad. (Smith, 1993) citado por (Escalante, 2014).

En 1987, el entonces director general de Motorola Bob Galvin, estableció como objetivo primordial mejorar la calidad de los productos y servicios diez veces más para 1989, y por lo menos cien veces más para 1991. Galvin deseaba que la compañía alcanzara el nivel seis sigma para 1992. (Penzer, 1989) citado por (Escalante, 2014).

De 1987 a 1991, Motorola redujo su tasa promedio de defectos de 6000 ppm a 40 ppm. En 1992 Motorola no logró alcanzar el nivel seis sigma (nivel de clase mundial); en cambio, redefinió su objetivo de calidad a una tasa de no más de 10 productos defectuosos cada 2 años. (Smith, 1993) citado por (Escalante, 2014).

Ahora bien, otras empresas como *AlliedSignal* (hoy día *Honeywell*), *Sony*, *Texas Instruments*, *Bombardier*, *Polaroid*, *Lockheed Martin* y *General Electric* también han adoptado seis sigma para mejorar sus procesos, productos y servicios.

Con base en lo anterior, puede decirse que seis sigma es una metodología con aproximadamente treinta años de existencia, cuyos objetivos son mejorar la satisfacción de los clientes, mejorar la calidad y la productividad, y disminuir costos. La aplicación de seis sigma continúa expandiéndose a diferentes áreas de la industria, tales como restaurantes, hospitales, bancos, escuelas, gobierno, aseguradoras, entre otras.

2.2.3. ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL DE SEIS SIGMA

De acuerdo con Escalante (2014), es recomendable que la estructura organizacional seis sigma se componga de los siguientes elementos:

- 1) Comité directivo (steering committee): conformado por el director general y los directores de alto nivel gerencial. Ellos establecen la visión de la empresa, las reglas y el camino para alcanzarla.
- 2) Campeones (champions): conformado por los subdirectores de área, quienes proveen dirección estratégica y recursos para realizar los proyectos.
- 3) Maestros cinta negra (master black belt): colaboradores altamente capacitados que durante un tiempo administraron y coordinaron proyectos de nivel cinta negra, y que ahora se encargan de la capacitación de colaboradores cintas negra para que se vuelvan expertos en seis sigma.
- 4) Cintas negra (black belt): colaboradores con un profundo conocimiento de las herramientas de seis sigma, lo cual les permite liderar equipos para llevar a cabo proyectos de mejora. Los cintas negra se encargan de la capacitación de los cintas verde.
- 5) Cintas verde (green belt): colaboradores dedicados a sus actividades cotidianas, y que dedican parte de su jornada laboral para apoyar a los cintas negra en el desarrollo de proyectos seis sigma. Los cintas verde se encargan de la capacitación de los cintas amarilla y cintas blanca.
- 6) Cintas amarilla (yellow belt): colaboradores dedicados a sus actividades cotidianas, y que dedican parte de su jornada laboral para apoyar a los cintas verde en el desarrollo de proyectos de mejora. Tienen un nivel de entrenamiento más enfocado en las herramientas de la manufactura esbelta (reducción del despilfarro y resolución práctica de problemas).
- 7) Cintas blanca (white belt): conforman al personal operativo de la empresa. Su labor es familiarizarse con los conceptos básicos de la manufactura esbelta y con la visión de la empresa para que contribuyan de manera efectiva con las tareas que les son delegadas.

Todo proyecto es clasificado en un determinado nivel de cinta (negra, verde, amarilla o blanca) de acuerdo con la complejidad del problema que se desea resolver. A medida que un problema es más complejo, más complejas serán las herramientas que se utilizarán para resolverlo.

Nota relevante: Este trabajo de investigación aborda un problema clasificado como yellow belt (nivel cinta amarilla). Por lo tanto, las herramientas del control estadístico de procesos (CEP) y diseño de experimentos (DOE) no se utilizaran para coadyuvar a la solución del problema. Más bien, algunas herramientas de la manufactura esbelta (propias de un proyecto yellow belt) serán utilizadas para resolver el problema.

2.2.4. ¿QUÉ ES UN PROBLEMA?

De acuerdo con Hosotani (1992) citado por Escalante (2014), un problema es la desviación que existe entre un objetivo deseado y su resultado real. Hosotani clasifica a los problemas en función del conocimiento de sus causas y sus posibles contramedidas [Figura 2.3].

Contramedidas	Desconocidas	Requiere tecnología	Muy difícil
	Conocidas	Sencillo	Requiere atención
		Conocidas	Desconocidas
		Causas	

[Figura 2.3] Clasificación de los problemas. (Hosotani, 1992) citado por (Escalante, 2014).

Dada la naturaleza de las herramientas de seis sigma, su aplicación quedaría reservada para los problemas que requieren atención y para aquellos que son muy difíciles. Un problema es una oportunidad para mejorar un proceso a través del desarrollo de un proyecto.

2.2.5. CONDICIONES PARA LA SELECCIÓN DE PROYECTOS

Hosotani (1992) y Snee (2001), citados por Escalante (2014), concuerdan en que un buen proyecto debe tener las siguientes características:

- 1) Debe estar relacionado con algún parámetro importante para el cliente, por ejemplo: precio, tiempo de entrega, servicio, satisfacción, entre otros. Estos parámetros también pueden entenderse como características críticas para la calidad (*critical to quality, CTQ*).
- 2) Debe estar vinculado a las prioridades del negocio y debe ser entendible para la empresa.
- 3) Debe tener un alcance razonable.
- 4) Debe ser común a todos los miembros del equipo.
- 5) Debe tener una métrica adecuada.
- 6) Debe contar con la aprobación y el apoyo de la administración.
- 7) Su impacto financiero debe ser evaluado por el área de finanzas.

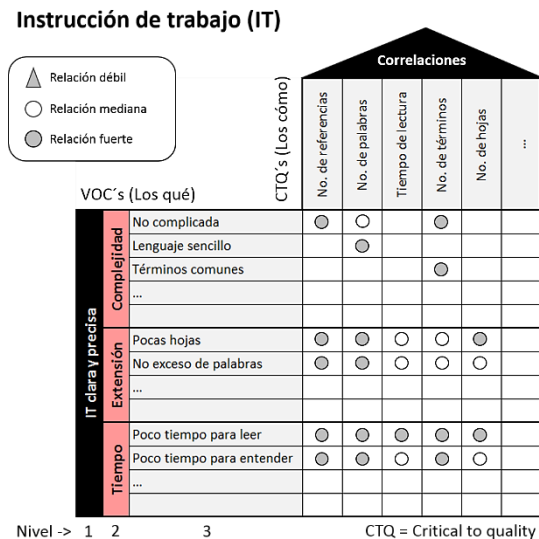
Determinación del Objetivo

Escalante (2014) menciona que el objetivo de un proyecto es el nivel de mejora que se desea lograr. Los resultados estarán en función de las habilidades del equipo y de la dificultad del problema. Un objetivo bien estructurado contempla los siguientes elementos:

- El qué (indicador de desempeño).
- El cuánto (nivel de mejora deseado).
- El cuándo (fecha en que empiezan los beneficios).
- El dónde (limita el alcance del proyecto).

La Casa de la Calidad

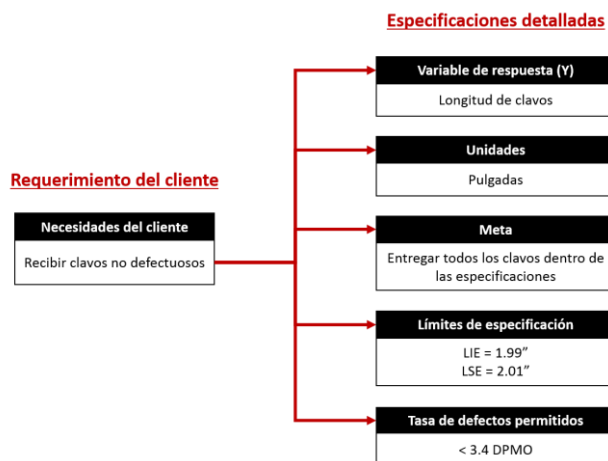
La casa de la calidad es la herramienta base del *despliegue de la función de calidad* (quality function deployment, QFD). La casa de la calidad es utilizada para capturar y traducir la voz del cliente (voice of customer, VOC) en parámetros (CTQ's) entendibles para la empresa (Escalante, 2014). En la [Figura 2.4] se muestra un ejemplo en el que se presentan las necesidades de un cliente interno al intentar comprender una nueva instrucción de trabajo (los qué) y la manera en que la empresa interpreta tales necesidades (los cómo).



[Figura 2.4] Ejemplo de la casa de la calidad. Figura adaptada de (Escalante, 2014).

Diagrama de Árbol CTQ

De acuerdo con Escalante (2014), otra manera de capturar y traducir la voz del cliente es mediante un *diagrama de árbol CTQ*. Este diagrama ayuda a transformar las necesidades del cliente en parámetros entendibles para la empresa. En la [Figura 2.5] se muestra un ejemplo en el que un cliente solicitó no tener clavos defectuosos en sus entregas.

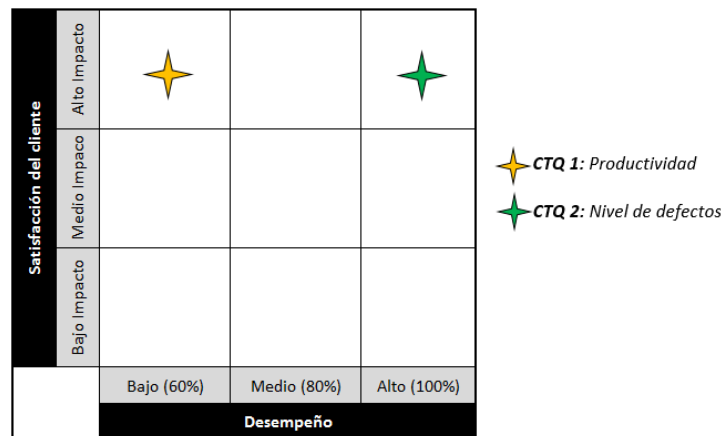


[Figura 2.5] Ejemplo de un diagrama de árbol CTQ. Figura adaptada de (Escalante, 2014).

Gráfica de Impacto - Desempeño

La *gráfica impacto - desempeño* es un plano coordinado en el que se ubican las CTQ's. En esta gráfica se seleccionan las CTQ's que tengan el desempeño más bajo, pero el impacto más alto en la satisfacción de los clientes; lo anterior, con el fin de mejorar el desempeño de dichas CTQ's a través de la implementación de proyectos. En el eje de las abscisas se encuentra el desempeño de las CTQ's expresado en porcentaje, mientras que en el eje de las ordenadas se encuentra el impacto que tienen dichas CTQ's sobre la satisfacción de los clientes expresada en niveles (Escalante, 2014).

En la [Figura 2.6] se muestra un ejemplo en el que se ubican dos CTQ's: productividad y nivel de defectos. Dado que la productividad tiene un bajo desempeño pero incide bastante en la satisfacción del cliente, queda elegida como la CTQ que será mejorada a través de un proyecto.



[Figura 2.6] Ejemplo de una gráfica impacto - desempeño.

Fuente: *Elaboración propia.*

Condiciones a Evitar en la Selección de Proyectos

Snee (2001) citado por Escalante (2014), señala que deben evitarse las siguientes condiciones cuando se elige un proyecto:

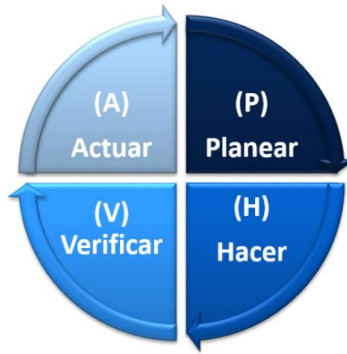
- 1) Tener objetivos poco claros.
- 2) Tener métricas deficientes.
- 3) Que no esté relacionado con la función financiera.
- 4) Que no esté alineado con la planeación estratégica.
- 5) Que su solución sea conocida.

Por otro lado, Little (2002) citado por Escalante (2014), sostiene que los beneficios emanados de una implementación exitosa de proyectos seis sigma deben ser los siguientes:

- 1) Ahorros duros (disminución de costos).
- 2) Ahorros suaves (disminución de gastos).
- 3) Mejora en la satisfacción del cliente.
- 4) Mejora en los indicadores de desempeño (productividad, nivel de defectos, tiempo ciclo, entre otros).
- 5) Mejora en la satisfacción del trabajo.

2.2.6. EL CICLO PHVA

El *ciclo PHVA* [Figura 2.7] es un proceso sistemático para la mejora continua y la resolución de problemas. El ciclo PHVA fue dado a conocer por Edwards Deming en la década de los 50's, basándose en las ideas de Walter Shewhart (pionero del control estadístico de la calidad). PHVA significa: planear, hacer, verificar y actuar. En inglés se conoce como PDCA: plan, do, check, act (Sánchez, 2017).



[Figura 2.7] El ciclo PHVA.

Fuente: *Elaboración propia*

2.2.7. SEIS SIGMA INTEGRADO AL CICLO PHVA

Aunque no está reconocido explícitamente, la metodología seis sigma está basada en el ciclo PHVA (también conocido como *ciclo Shewhart - Deming*, en honor a su creador y expositor). A continuación se mencionan los pasos metodológicos de seis sigma integrados a las etapas del ciclo PHVA (Escalante, 2014).

Planear (P)

- 1) Definición del problema.
- 2) Descripción del proceso.

Hacer (H)

- 3) Evaluación de los sistemas de medición.
- 4) Determinación de las variables críticas (CTQ's).
- 5) Diagnóstico de la capacidad del proceso.
- 6) Optimización y robustecimiento del proceso.

Verificar (V)

- 7) Evaluación de la mejora.

Actuar (A)

- 8) Control y seguimiento del proceso.
- 9) Retroalimentación y mejoramiento continuo.

2.2.8. METODOLOGÍA DMAIC

De acuerdo con Escalante (2014), la metodología seis sigma también se conoce como *metodología DMAIC*. Las siglas DMAIC significan: *define* (definir), *measure* (medir), *analyse* (analizar), *improve* (mejorar) y *control* (controlar). La metodología DMAIC es un instrumento para la resolución de problemas, cuyo objetivo primordial es lograr una elevada satisfacción en los clientes. Su enfoque consiste en disminuir la variación de los resultados de los procesos y en mejorar continuamente a los mismos. A continuación, se presentan las etapas que conforman esta metodología:

Actividad inicial

- Selección e identificación del proyecto.

Etapas de definición (D)

- Definición de los clientes y sus requerimientos.
- Formación del equipo.
- Creación del *project charter* (cédula del proyecto). El project charter es el documento que hace oficial el inicio de un proyecto, y está conformado por los siguientes elementos: título, *caso de negocio* (definición del problema, *costo de la calidad pobre [COPQ]*), objetivos y metas, alcance, recursos estimados, beneficios esperados, tiempo estimado, personal involucrado y aprobación del proyecto.
- Mapeo general del proceso.

Etapas de medición (M)

- Mapeo detallado del proceso.
- Identificación de entradas y salidas del proceso.
- Evaluación del sistema de medición.
- Evaluación de la capacidad inicial del proceso (*baseline*) y su potencialidad (*entitlement*).

Etapas de análisis (A)

- Identificación de las entradas críticas potenciales.
- Determinación de las entradas críticas.
- Ajuste del proceso.
- Evaluación de la capacidad del proceso ajustado.

Etapas de mejora (I)

- Optimización de las entradas críticas.
- Generación y evaluación de posibles soluciones.
- Selección de la mejor solución.
- Diseño de un plan de mejora.
- Implementación del plan de mejora.

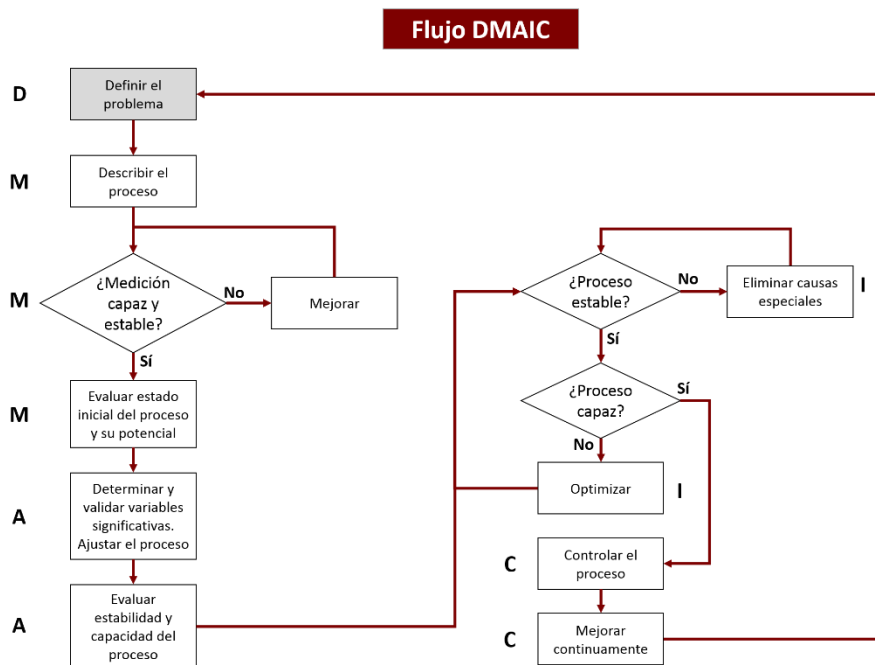
- Evaluación de la capacidad final del proceso.

Etapa de control (C)

- Desarrollo de un plan de control y monitoreo.
- Obtención de la aprobación del responsable del proceso.
- Elaboración del reporte final del proyecto (lecciones aprendidas).
- Mejoramiento continuo.

2.2.9. DIAGRAMA DE FLUJO DMAIC

La implementación de las etapas de la metodología DMAIC puede ser representada mediante un diagrama de flujo [Figura 2.8].



[Figura 2.8] Diagrama de flujo de la metodología DMAIC. Figura adaptada de (Escalante, 2014)

El diagrama de flujo se describe de la siguiente manera (Escalante, 2014): se inicia con la definición del problema y la descripción del proceso. Después, se evalúa el sistema de medición, y no se procede si este no cumple con los requerimientos establecidos. Posteriormente, se mide la capacidad inicial del proceso, se determinan las variables significativas y se ajusta el proceso (fase de pre-mejora). Después, se evalúa la estabilidad y la capacidad del proceso ajustado; si cumple con las metas fijadas, se omite la fase de optimización y se finaliza con las etapas de control y mejora continua; de lo contrario, se procede con la optimización del proceso, en donde luego de ser evaluada la estabilidad y la capacidad del proceso optimizado, si este cumple con las metas asignadas, se procede con las etapas de control y mejora continua.

2.2.10. RELACIÓN LEAN MANUFACTURING - SEIS SIGMA

Lean manufacturing se enfoca en la disminución del despilfarro en los procesos; seis sigma se enfoca en la disminución de la variación de los resultados de los procesos; ambas metodologías buscan el mejoramiento continuo de los procesos y la satisfacción total de los clientes internos y externos de la empresa.

Lean Six Sigma

A finales de los 80's, AlliedSignal (hoy día Honeywell) y Maytag diseñaron programas para el mejoramiento de la calidad utilizando las metodologías lean manufacturing y six sigma; formaron equipos especializados en cada metodología y emprendieron proyectos en los que combinaron las herramientas de ambas. Hoy día, aunque algunas empresas tienen equipos especializados en cada metodología, otras están creando consenso en que la mejor metodología es aquella que combina los elementos de ambas, es decir, *lean six sigma* (Wiesenfelder, 2018).

Lean six sigma es una metodología para la resolución práctica de problemas basada en el ciclo DMAIC. Los beneficios principales de utilizar el enfoque de lean six sigma son: aumento en las ganancias, reducción de costos, mejora de la eficiencia y efectividad en los procesos, y contribución con el desarrollo profesional de los trabajadores (GoLeanSixSigma, 2018).

Certificación Lean - Six Sigma para un Yellow Belt

La certificación de cintas amarilla está dirigida a directores, gerentes, supervisores y a cualquier responsable que intervenga en la cadena de valor de la empresa. Los conocimientos adquiridos por estos profesionales les permitirán aumentar la productividad y la calidad de los procesos de la empresa, al mismo tiempo que reducen costos, disminuyen tiempos de respuesta (o entrega), y reducen los niveles de inventario (Fundación ICIL, 2018). El programa de estudios que han de cursar los interesados debe tener una duración mínima de 40 horas, y debe tener contenidos semejantes a los que se presentan en la [Figura 2.9].

1. CONCEPTOS, ESTRATEGIA Y ESTRUCTURA <ul style="list-style-type: none">▪ Introducción a Lean Six Sigma▪ Equipos Kaizen▪ Estrategia Hoshin Kanri▪ Estructura por Cadenas de Valor
2. HERRAMIENTAS LEAN BÁSICAS <ul style="list-style-type: none">▪ Desarrollo de Talento▪ Lean Accounting▪ Orden y Limpieza con 5S▪ Control Visual
3. ACCIONES CORRECTIVAS Y PREVENTIVAS <ul style="list-style-type: none">▪ Solución de Problemas▪ Prevención con AMEF
4. HERRAMIENTAS LEAN PARA MEJORAR EL FLUJO DE LA OPERACIÓN <ul style="list-style-type: none">▪ Value Stream Map▪ Trabajo Celular▪ Preparación Rápidas▪ Kanban
5. HERRAMIENTAS LEAN PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD Y A LA CALIDAD <ul style="list-style-type: none">▪ Trabajo Estándar▪ Mantenimiento Productivo Total▪ Poka Yoke

[Figura 2.9] Programa de estudios para la certificación de cintas amarilla. (Fundación ICIL, 2018).

2.2.11. ENTREGABLES DE UN PROYECTO YELLOW BELT

Entregables de la actividad inicial

Selección del proyecto (gráfica impacto - desempeño)

Satisfacción del cliente	Alto Impacto			
	Medio Impacto			
	Bajo Impacto			
		Bajo (60%)	Medio (80%)	Alto (100%)
		Desempeño		

[Figura 2.10] Plantilla de una gráfica impacto - desempeño.

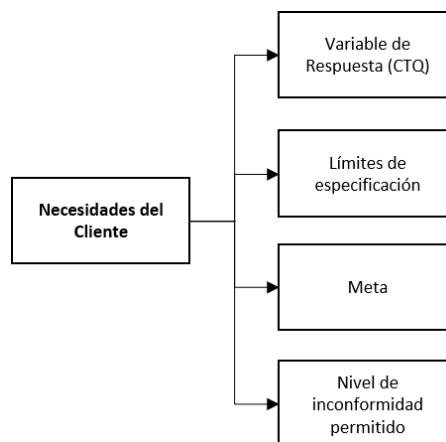
Fuente: *Elaboración propia.*

Identificación del proyecto

Se seleccionó el proyecto de (_____) por estar ligado a los objetivos anuales de (_____) de la empresa, y por tener un elevado impacto en (_____).

Entregables de la etapa de definición (D)

Diagrama de árbol CTQ



[Figura 2.11] Plantilla de un diagrama de árbol CTQ.

Fuente: *Elaboración propia.*

Cédula del proyecto (project charter)

Título del Proyecto:	
Caso de Negocio (Business Case)	
Definición del problema / variable de respuesta:	
Problema enfocado:	
Costo de la calidad pobre:	
Objetivo y metas:	
Alcance y limitaciones del proyecto:	
Recursos estimados:	
Beneficios esperados:	
Tiempo estimado:	
Conformación del equipo:	
Aprobación del Proyecto:	

[Figura 2.12] Plantilla de una cédula de proyecto (project charter).
Fuente: *Elaboración propia.*

Diagrama SIPOC

El *diagrama SIPOC* es la representación de un proceso bajo un enfoque de alto nivel (una perspectiva general). Las siglas SIPOC significan: *suppliers* (proveedores), *inputs* (entradas suministradas por los proveedores), *process* (proceso que se pretende analizar), *outputs* (salidas o resultados del proceso) y *customers* (clientes que reciben las salidas del proceso). (Escalante, 2014).

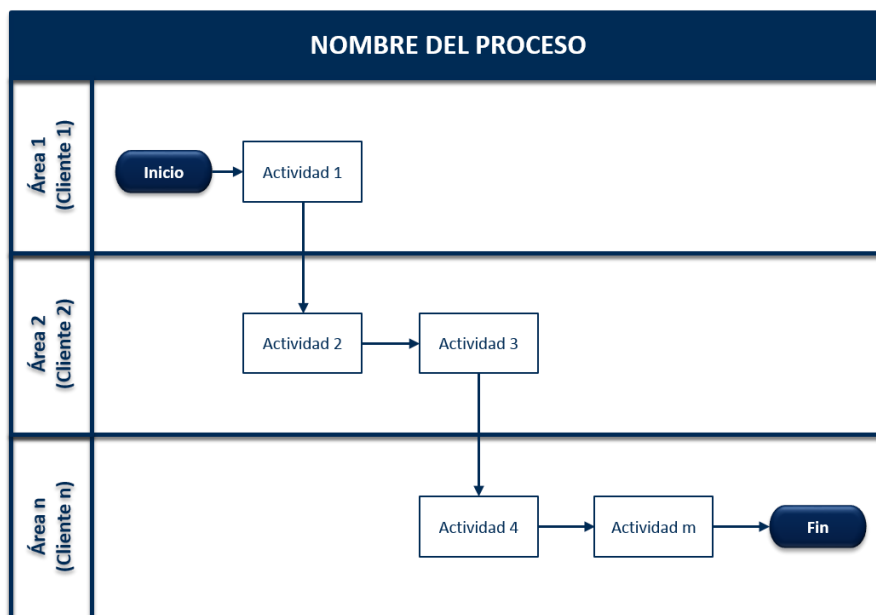
Proveedores	Entradas	Proceso	Salidas	Clientes
Aquellos que suministran productos o servicios.	Productos o servicios que son suministrados por los proveedores.	Procesamiento de las entradas para obtener nuevos productos o servicios.	Resultados que se obtienen del procesamiento de las entradas.	Aquellos que reciben las salidas del proceso.

[Figura 2.13] Formato del diagrama SIPOC. Figura adaptada de (Escalante, 2014).

Entregables de la etapa de medición (M)

Diagrama de flujo del proceso (proceso a detalle)

De acuerdo con Escalante (2014), un proceso es un conjunto de elementos (materiales, máquinas, herramientas, personas, energía e información) que interactúan de manera lógica para transformar ciertos suministros (entradas) en productos específicos (salidas). Un proceso puede describirse a detalle por medio de un diagrama de flujo. Un *diagrama de flujo de proceso* [Figura 2.14] describe de forma ordenada las actividades y los elementos necesarios para transformar los suministros en productos específicos. Cuando se elabora un diagrama de flujo, es importante identificar oportunidades de mejora, por ejemplo: simplificar actividades, realizar actividades en paralelo, cambiar el método de trabajo o reestructurar por completo el proceso.



[Figura 2.14] Plantilla de un diagrama de flujo de proceso.

Fuente: *Elaboración propia.*

Evaluación del sistema de medición

Un *sistema de medición* es un conjunto de instrumentos, estándares, métodos, personal y suposiciones, utilizados para cuantificar una unidad de medida o para evaluar una característica específica. (AIAG, 2002) citado por (Escalante, 2014).

Es importante que las empresas tengan implementados sistemas de medición, puesto que con ellos se evalúa el desempeño de su personal, sus procesos y sus equipos de producción, además de que coadyuvan con la correcta toma de decisiones.

Determinación del takt time marcado por el cliente

Escalante (2014) señala que la permanencia de una empresa en el mercado está determinada por su capacidad para entender y satisfacer la demanda (cantidad, calidad, precio y tiempo de entrega) del cliente sobre un producto o servicio. Por lo tanto, la empresa debe ajustar sus operaciones al takt time (ritmo de trabajo) marcado por el cliente.

“Takt” es un término alemán que en español significa “ritmo”. Por consiguiente, takt time es el ritmo de tiempo al cual la empresa debe producir sus artículos o servicios para satisfacer la demanda del cliente en cuanto a cantidad. El takt time se calcula mediante el cociente del tiempo de producción disponible entre la demanda de productos del cliente [Ecuación 2.1].

$$\text{Takt time} \left(\frac{\text{minutos}}{\text{unidad}} \right) = \frac{\text{Tiempo de producción disponible} \left(\frac{\text{minutos}}{\text{día}} \right)}{\text{Demanda de productos del cliente} \left(\frac{\text{unidades}}{\text{día}} \right)}$$

[Ecuación 2.1] Cálculo del takt time.

Con base en la ecuación anterior, se infiere que el *tiempo ciclo* para producir un servicio o producto debe ser inferior al takt time marcado por el cliente para satisfacer su demanda. Es decir: tiempo ciclo \leq takt time.

Diagnóstico de la capacidad inicial del proceso (DCIP)

Un diagnóstico de capacidad consiste en recolectar y analizar información para evaluar la capacidad que tiene un proceso para producir resultados dentro de las especificaciones solicitadas por el cliente; asimismo, debe medirse la cantidad de recursos utilizados para ejecutar el proceso: personal, máquinas, herramientas, tiempo, dinero, energía, entre otros.

Entregables de la etapa de análisis (A)

Diagrama de Ishikawa

El *diagrama de Ishikawa*, también conocido como *diagrama de causa - efecto*, comúnmente se utiliza para clasificar las posibles causas de un problema en seis rubros (Escalante, 2014):

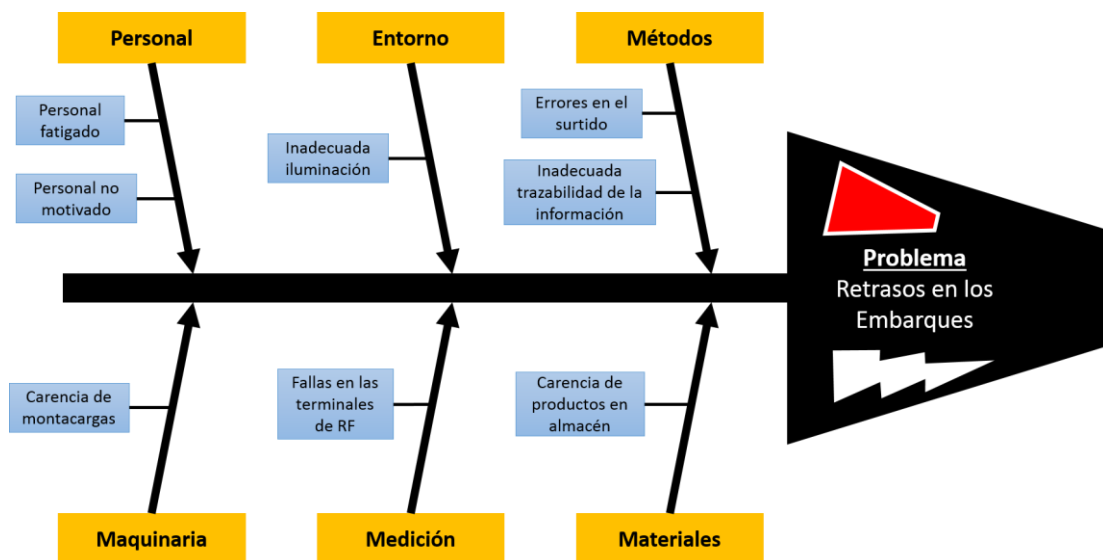
- *Métodos*: es la manera en que se realiza una actividad.
- *Mano de obra*: es el personal que realiza las actividades.
- *Materia prima*: son los materiales que se utilizan para producir un producto o servicio.
- *Medición*: son los instrumentos o sistemas que se utilizan para evaluar los procesos y sus resultados.
- *Medio ambiente*: son las condiciones del entorno de trabajo.

- *Maquinaria y equipo*: es la tecnología que se utiliza para producir un producto o servicio.

La elaboración de un diagrama de Ishikawa se basa en la técnica *lluvia de ideas*, la cual puede realizarse de la siguiente manera:

- 1) Cada integrante del equipo asignado para el análisis de un problema emite su idea de forma ágil y sin discusiones; mientras tanto, un integrante del equipo, designado como secretario, debe tomar nota de cada una de las ideas emitidas.
- 2) Una vez concluida la lluvia de ideas, se procede a descartar las ideas repetidas.
- 3) Se valida que las ideas resultantes tengan relación con el problema en cuestión.
- 4) Finalmente, se clasifican las ideas resultantes en el diagrama de causa - efecto.

En la [Figura 2.15] se muestra un ejemplo de diagrama de Ishikawa en el que se identifican las posibles causas de un problema.



[Figura 2.15] Ejemplo de un diagrama de Ishikawa.

Fuente: *Elaboración propia*.

Técnica del grupo nominal (TGN)

La *técnica del grupo nominal* se usa para jerarquizar asuntos o propuestas; su objetivo es lograr el consenso de los integrantes de un equipo. La técnica se emplea cuando los asuntos o propuestas a jerarquizar son difíciles de cuantificar. Usualmente, cuando termina la elaboración de un diagrama de Ishikawa, cada integrante del equipo jerarquiza las ideas resultantes de manera individual; es decir, cada integrante asigna una calificación a cada idea con base en una escala común para todo el equipo. Finalmente, los integrantes dan a conocer sus calificaciones, se suman las puntuaciones, y la idea con mayor calificación será designada como la idea más importante o la causa raíz del problema.

Con base en el diagrama de Ishikawa de la [Figura 2.15], se muestra un ejemplo de aplicación de la técnica del grupo nominal [Tabla 2.3].

Causas	Integrante 1	Integrante 2	Integrante 3	Integrante 4	Integrante 5	Total
Personal fatigado	3	2	4	1	1	11
Personal no motivado	2	3	3	2	3	13
Inadecuada iluminación	1	1	2	3	4	11
Errores en el surtido	5	6	5	4	6	26
Inadecuada trazabilidad de la información	6	4	1	5	2	18
Carencia de montacargas	8	7	8	7	8	38
Fallas en las terminales de RF	7	8	6	8	7	36
Carencia de productos en almacén	4	5	7	6	5	27

Idea más importante

[Tabla 2.3] Ejemplo de la técnica del grupo nominal (TGN).

Fuente: *Elaboración propia.*

Entregables de la etapa de mejora (I)

Proposición, evaluación y selección de la mejor solución

Con base en los resultados del diagnóstico de la capacidad inicial del proceso (DCIP) y la técnica del grupo nominal (TGN), se propondrán alternativas de mejora tomando como principal referencia las opiniones del administrador del proyecto (cinta negra) y del personal con mayor experiencia en el proceso (el responsable del proceso y su líder inmediato). Posteriormente, se hará una evaluación de las alternativas de mejora, y aquella que mejor satisfaga los requerimientos del cliente y se apegue al presupuesto del proyecto, será seleccionada como la mejor solución.

Implementación y diagnóstico del proceso mejorado (DPM)

Se hacen las gestiones necesarias con el personal y las áreas involucradas para proceder con la implementación de la mejora. Posteriormente, se evalúa la capacidad del proceso mejorado y se valida que cumpla con los requerimientos solicitados por el cliente.

Cálculo de los beneficios del proyecto

Después de implementar la mejora, se procede a realizar una estimación de los beneficios derivados de la ejecución del proyecto: aumento de ingresos, disminución de costos, reducción de despilfarros, aumento en la satisfacción de clientes internos y externos, entre otros.

Entregables de la etapa de control (C)

Lección de un punto (LUP)

Una *lección de un punto* (LUP) es una herramienta de comunicación que se utiliza para asegurar la transferencia de conocimientos y las habilidades necesarias para ejecutar un proceso después de que este ha sido sujeto a cambios o mejoras. Una LUP no reemplaza a un *procedimiento normalizado de operación* (PNO), más bien funge como un complemento del mismo (Salazar, 2016).

El formato para consignar una LUP debe estandarizarse en toda la organización. En la [Figura 2.16] se muestran los elementos que debe contener el formato de una LUP.

FORMATO DE LECCIONES DE UN PUNTO (LUP)			
Título:			
Elaborado por:		Área:	
Revisado por:		Tipo de LUP:	
Autorizado por:		Clave del PNO:	
		Folio:	
Contenido			

[Figura 2.16] Formato para lección de un punto (LUP).

Fuente: *Elaboración propia.*

Aprobación y firma del responsable del proceso

El *responsable del proceso* deberá aprobar la correcta ejecución del proyecto y deberá validar los beneficios económicos derivados de la implementación de las mejoras en el proceso.

2.3. REVISIÓN DE LA LITERATURA

A continuación, se presenta de manera breve un conjunto de investigaciones en las que diferentes autores utilizaron la metodología DMAIC y otras herramientas de mejora continua para resolver problemas en las empresas, lo cual sustenta la investigación que se realizará.

- 1) Esteban Pérez y Minor García (2014) utilizaron la metodología DMAIC para aumentar la productividad de una línea de envasado de PET en una fábrica de licores.

Problemas identificados:

- Exceso de paros de línea.
- No se aprovecha la máxima capacidad de las máquinas que conforman la línea.
- Operaciones repetitivas y desgastantes por parte del personal.
- Incapacidad para satisfacer temporadas de alta demanda.

Mejoras:

- Instauración de un plan de capacitación para el personal que realiza el mantenimiento de las máquinas que conforman la línea.
- Instauración de un plan de mantenimiento preventivo para las máquinas.

Beneficios:

- Aumento del 70% en la capacidad de producción de la línea de envasado.
- Factibilidad para satisfacer temporadas de alta demanda.
- Oportunidad de percibir 725,000 USD anuales adicionales.

- 2) Blanca Tovar (2014) utilizó la metodología DMAIC para disminuir las devoluciones en una empresa comercializadora de autopartes no originales.

Problemas identificados:

- Incremento en las devoluciones de productos por fallas y defectos de fabricación a partir del año 2010.
- Incremento de costos por atención a devoluciones.
- Incumplimiento de la actual política de garantías en devoluciones.
- Deficiencias en el proceso de comercialización de productos.

Mejoras:

- Actualización de la política de gestión de garantías en devoluciones.
- Creación de un manual para la gestión de garantías en devoluciones.

Beneficios:

- Disminución del 35% en la cantidad de piezas devueltas (3,796 ppm) durante el trimestre enero - marzo de 2013.
- Disminución de costos de pobre calidad en más de 690,000 MXN.

- Adecuada aplicación de la política de garantías en devoluciones.

3) Jessica Navarro y Leandro Barahona (2013) utilizaron la metodología DMAIC para proponer un proyecto de mejora que permitiera reducir el alto consumo de zinc en el proceso de galvanizado de una empresa manufacturera de alambres de acero y para disminuir las devoluciones de productos defectuosos.

Problemas identificados:

- Devolución de productos defectuosos por parte de los clientes que representan el 0.06% de las ventas anuales (90,000 USD).
- Exceso en el consumo de zinc para galvanizar el alambre de acero. La capa promedio de zinc resultante del proceso es de 315 g/cm² en contraste con la capa de 260 g/cm² que solicita el cliente como mínimo.

Propuestas de mejora:

- Implementación de la metodología 5'S para clasificar, ordenar y limpiar las herramientas necesarias para producir alambre de acero.
- Implementación del mantenimiento productivo total (TPM) para:
 - Crear un programa de mantenimiento preventivo en el que se planifiquen y controlen los paros de producción y las órdenes de trabajo de mantenimiento a máquinas.
 - Crear un programa de mantenimiento de herramientas y boquillas para el personal que ejecuta el proceso de galvanizado.
- Después de utilizar la técnica de diseño factorial de experimentos, se determinó que los mejores parámetros para producir alambre de acero galvanizado son: profundidad de inmersión en la tina de zinc de 2.4 m, velocidad de recogido de 76 m/min, lo cual da como resultado una capa de zinc con una densidad superficial promedio de 274.7 g/cm².

Beneficios:

- Mejor control del inventario de herramientas; reduciendo así, los tiempos de búsqueda de las mismas.
- Disminución del tiempo de cambio y ajuste de boquillas en un 67%.
- Disminución de la capa de zinc en el alambre de acero en un 12.79% (de 315 g/m² a 274.7 g/m²).
- Para implementar el proyecto de mejora se requiere una inversión cercana a los 43,100 USD, lo cual generaría ahorros anuales cercanos a los 80,400 USD; por consiguiente, el proyecto sí sería rentable.

- 4) Alfredo Arango (2013) utilizó los *círculos de calidad* para capacitar a un grupo de 13 técnicos del departamento de mantenimiento de una empresa productora de alimentos para animales para que aprendieran a resolver problemas relacionados con la producción de forma metodológica.

Problemas identificados:

Ante el crecimiento de la demanda de los productos de la empresa, se requirió la construcción de una nueva torre de producción y almacenamiento, lo cual implicó mayores niveles de operación, y por consiguiente un incremento significativo en el personal de mantenimiento. Los directivos de la empresa empezaron a plantear cómo lograrían una adecuada gestión del cambio en el personal de mantenimiento debido a la reciente expansión de las operaciones de la empresa. Entre las principales áreas de oportunidad a resolver, se encontraron las siguientes:

- Carencias en el control y manipulación de herramientas.
- Inadecuados hábitos en el desempeño de las tareas.
- Inadecuado estilo de supervisión en las operaciones.
- Paradigmas heredados cuando habían menos colaboradores en el departamento de mantenimiento (antes de la expansión).

Mejoras:

- Capacitación de un equipo de 13 técnicos del departamento de mantenimiento para que ejecuten la metodología de los círculos de calidad de manera autónoma y eficiente. La finalidad es que el equipo de técnicos resuelva los problemas relacionados con la productividad y calidad de la empresa, y que lo haga de manera metodológica y autónoma (sin necesidad de un instructor).

Beneficios:

- La empresa cuenta ahora con un equipo de técnicos de mantenimiento correctamente adiestrado, capaz de resolver los problemas relacionados con la calidad y la productividad de la empresa.
- Con la implementación de los círculos de calidad se subsanaron las siguientes áreas de oportunidad: desorden y falta de control en el uso de herramientas, bajo sentido de trabajo en equipo, conflictos con proveedores externos, poco compromiso hacia las responsabilidades y trastornos en el rendimiento de los trabajadores.
- Se mejoró el comportamiento y la atención que se brinda a los clientes externos e internos.
- Los niveles gerenciales de la empresa adquirieron mayor interés y compromiso hacia los trabajadores del departamento de mantenimiento, lo cual redundó en un aumento en el desempeño de su trabajo.
- En suma, se mejoró el clima laboral que anteriormente había en la empresa (antes de la expansión), y con ello se dio marcha a un estilo de liderazgo sano, competitivo y autónomo que permea en los niveles operativos y administrativos de la empresa.

- 5) Cristian Varas (2010) utilizó la metodología DMAIC para disminuir las pérdidas de materia prima en una fábrica de chocolates.

Problemas identificados:

- Las pérdidas de materia prima durante el año 2008 en el proceso de fabricación de chocolate representaron 196 millones de pesos chilenos.

Mejoras:

- Establecimiento de la frecuencia del cambio de cuchillo del refinador: una vez por semana después de realizar el aseo del equipo al final de su ciclo de producción.
- Determinación del tamaño de partícula del pre-refinador de dos cilindros: el tamaño de partícula no debe superar las 200 μm para evitar un sobreesfuerzo en el refinador de cinco cilindros.
- Reparación de la cinta transportadora. Con esta mejora, el polvo depositado en la cinta transportadora disminuyó en un 81.4 % (se pasó de 268 kg/semana a 49.7 kg/semana).

Beneficios:

- Las pérdidas de materia prima disminuyeron en un 33.8% (de 207.6 kg/día en promedio a 137.3 kg/día en promedio), lo que significó un ahorro anual de 22 millones de pesos chilenos.
- Se logró mejorar la capacidad del proceso en un 111% (sigma igual a 1.83 antes de las mejoras, sigma igual a 3.87 después de las mejoras)

3. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

3.1. PANORAMA INTERNACIONAL DE LA EMPRESA

La empresa tiene aproximadamente 70,000 empleados distribuidos en 1,200 centros de trabajo esparcidos estratégicamente en más de 90 países. La empresa pertenece al conjunto de compañías logísticas con mayor liderazgo en el mundo. Su formidable posicionamiento en el mercado se encuentra en los siguientes segmentos:

Transporte marítimo (seafreight):

La empresa brinda servicios altamente flexibles para la carga marítima; cuenta con sistemas de monitoreo satelital que le permiten tener visibilidad de los movimientos de la carga en todo momento; tiene más de 6,500 especialistas que se encargan de encontrar la mejor solución para las necesidades de los clientes; soluciones de carga específicas: industria automotriz, industria de las bebidas, industria maderera, industria de percederos, industria petrolera, industria aeroespacial, seguros de carga, entre otras; cifras clave: más de 1 millón de metros cúbicos anuales de carga en aproximadamente 38 mil contenedores estándar.

Transporte aéreo (airfreight):

La empresa cuenta con más de 250 oficinas alrededor del mundo en las que se brinda asesoría a los clientes para que transporten sus cargas de manera rápida, segura y rentable; servicios específicos: transporte de cargas fijas en aerolíneas propias, transporte de cargas consolidadas en aerolíneas de socios, interfaz con sistemas ERP, implementación de estándares de calidad para la correcta planeación y monitoreo del transporte aéreo; cifras clave: cada año transporta más de 1 millón de toneladas de carga, recorriendo las principales rutas internacionales del mundo, así como lugares remotos.

Transporte por vías terrestres (overland):

La empresa se encarga de transportar los productos de otras empresas, desde que termina su fabricación hasta que llegan a su destino final; cuenta con una red de infraestructura logística altamente competitiva que hace posible la transportación de cualquier tipo de producto mediante vía terrestre; servicios específicos: transporte de carga completa (full truck load - FTL), transporte de carga incompleta (less than truck load - LTL), transporte ferroviario (rail freight), soluciones de e-commerce (e-commerce solutions); servicios especiales: transporte de materiales peligrosos, transporte de productos farmacéuticos y de cuidado de la salud, transporte de productos de alto valor y transporte de productos de grandes dimensiones.

Contratos de logística (contract logistics):

La empresa asume la *externalización* [ver Anexo 3] de las operaciones de almacenaje y distribución de los productos de otras empresas para que lleguen a su destino final (*logística 3PL*); cuenta con sistemas ERP altamente competitivos que ayudan a mantener una adecuada comunicación de las operaciones; utiliza procesos y métricas estandarizadas para brindar información estratégica al cliente cuando la solicite; la empresa escucha los desafíos logísticos

del cliente, realiza un análisis exhaustivo de sus necesidades, y desarrolla una solución adaptada a sus requerimientos; principales beneficios: niveles adecuados de inventario, calidad y seguridad en la administración del inventario, servicios de valor agregado, adaptabilidad a los recurrentes cambios en la demanda de los productos y atención especializada para los clientes.

Logística integrada (integrated logistics)

Las cadenas de suministro actuales se han vuelto más complejas y fragmentadas que antes, la competencia se ha vuelto sumamente intensa y los clientes son más exigentes que nunca; ante esta situación, la empresa también ha tenido que evolucionar para adaptarse a los continuos cambios del mercado, y por esta razón ha desarrollado los servicios de logística integrada (*logística 4PL*), cuyo objetivo primordial es optimizar y agilizar las cadenas de suministro de los clientes para que puedan enfocarse al máximo en sus actividades de producción e innovación; por consiguiente, la empresa asume por completo el control de la cadena de suministro del cliente, desde el abastecimiento de materiales para la producción hasta la transportación de los productos a su destino final, pasando por supuesto por algunas actividades de almacenaje y valor agregado; de este modo, la empresa se vuelve en el único punto de contacto entre el cliente y su cadena de suministro.

3.2. PANORAMA LOCAL DE LA EMPRESA

La empresa se estableció en México a finales de los 60's, y desde entonces ha mantenido una posición líder en el mercado nacional de logística; la empresa tiene más de 20 centros de trabajo distribuidos estratégicamente en el país, y tiene más de 2,500 colaboradores que garantizan un flujo de mercancías ágil y seguro. La empresa cuenta con más de 300,000 m² de espacio de almacenamiento y brinda los servicios clave que se ofrecen a nivel mundial: transporte marítimo, transporte aéreo, transporte terrestre, contratos de logística y logística integrada.

Ahora bien, la empresa agrupa sus centros de trabajo en 4 divisiones geográficas: centro, occidente, norte y noroeste. La división centro está conformada por 8 centros de trabajo:

- 5 centros de trabajo en el Estado de México
- 2 centros de trabajo en el Estado de Puebla
- 1 centro de trabajo en la Ciudad de México (oficina central a nivel nacional)

El proyecto de mejora que se documenta en este trabajo de investigación fue implementado en un centro de trabajo ubicado en Cuautitlán Izcalli, Estado de México. La empresa reconoce a esta localidad como su *Principal Centro de Distribución (PCD)* a nivel nacional, pues es aquí donde se otorgan los servicios de contract logistics (contratos de logística) a fabricantes de productos de alta tecnología (*high tech*). A continuación, se presentan los servicios que se ofrecen en el PCD como parte de los contratos de logística:

- Servicios de almacén (warehouse services - **WS**):
Almacén dedicado o compartido, auditoría de operaciones y sistemas de seguridad.
- Servicios de transporte (transport services - **TS**):
Transporte y distribución de cargas consolidadas o dedicadas, paquetería y logística inversa.

- Servicios de valor agregado (value added services - VAS):
Verificación acreditada, almacén fiscal, operaciones de maquila y soluciones IMMEX. El programa IMMEX consiste en la importación de bienes libres de aranceles e IVA, los cuales son necesarios para manufacturar nuevos productos que posteriormente se exportarán al extranjero.

3.2.1. CLIENTES DE LA EMPRESA

La empresa cuenta con dos almacenes de grandes dimensiones (180 X 120 m²), en donde 10 equipos de especialistas administran productos de alta tecnología (high tech) de 10 diferentes clientes. Por razones de seguridad y competitividad, no se revelará la identidad de los clientes, pero sí se mencionará el tipo de productos que manufacturan.

Cliente I: especializado en la fabricación de equipo de cómputo y servidores.

Cliente II: especializado en la fabricación de televisores, videojuegos y celulares.

Cliente III: especializado en la fabricación televisores, refrigeradores y estufas inteligentes.

Cliente IV: especializado en la fabricación de impresoras, escáneres y proyectores.

Cliente V: especializado en la fabricación de equipo de iluminación.

Cliente VI: especializado en la fabricación de equipo de limpieza.

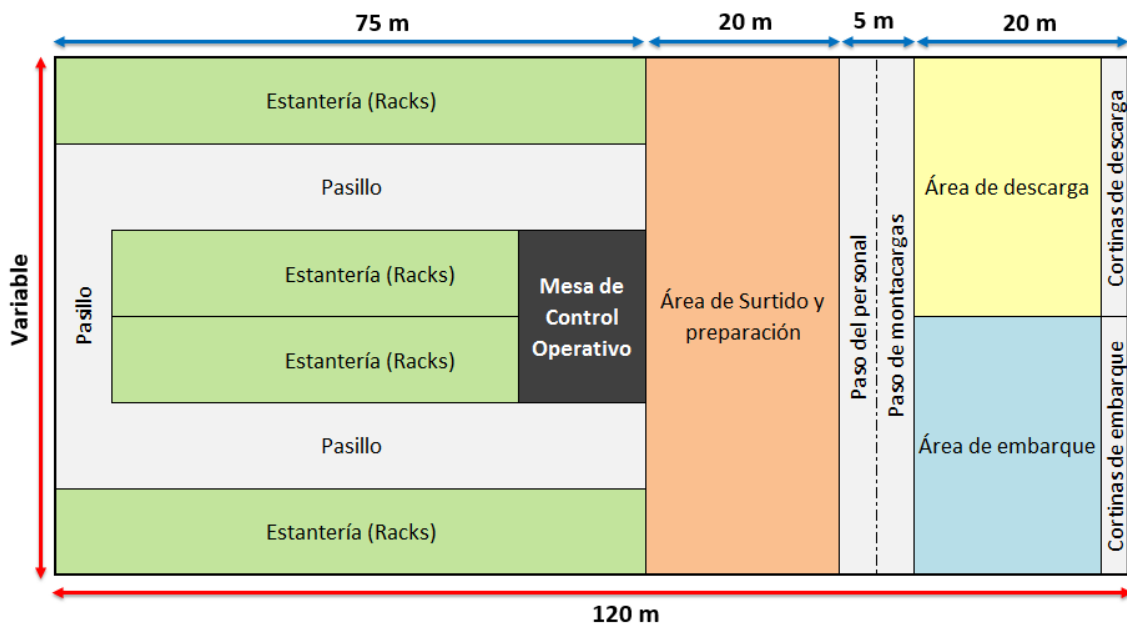
Cliente VII: especializado en la fabricación de impresoras y escáneres.

Cliente VIII: especializado en la fabricación de equipo de audio.

Cliente IX: especializado en la fabricación de equipo de audio y reproductores multimedia para automóviles.

Cliente X: especializado en la fabricación de calculadoras, teclados y relojes digitales.

Cada cliente tiene asignado un espacio de almacenamiento con sus respectivas cortinas para la descarga y embarque de productos. En general, el espacio de almacenamiento designado para las mercancías de cada cliente está configurado como se muestra en la [Figura 3.1].



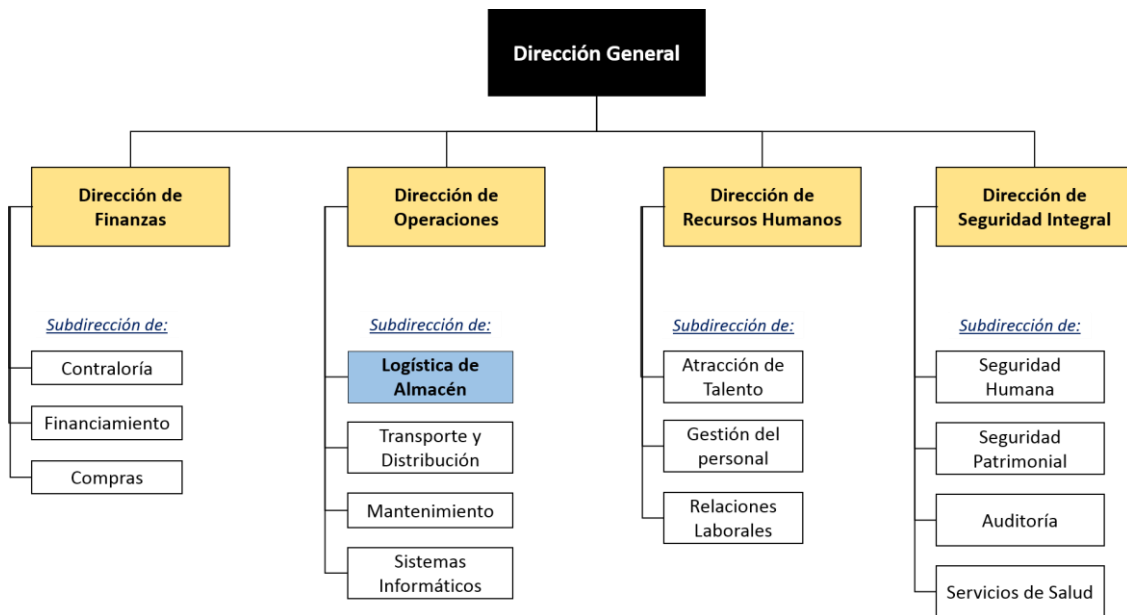
[Figura 3.1] Distribución general del espacio de almacenamiento para los productos de los clientes.

Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, la empresa cuenta con una red de transportistas externos que se encarga de distribuir las mercancías de los clientes. La empresa administra las operaciones de transporte y distribución, pero no es propietaria de las unidades de carga.

3.2.2. ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL DE LA EMPRESA

Todas las operaciones de almacén y transporte son dirigidas por un cuerpo administrativo conformado de la siguiente manera [Figura 3.2].

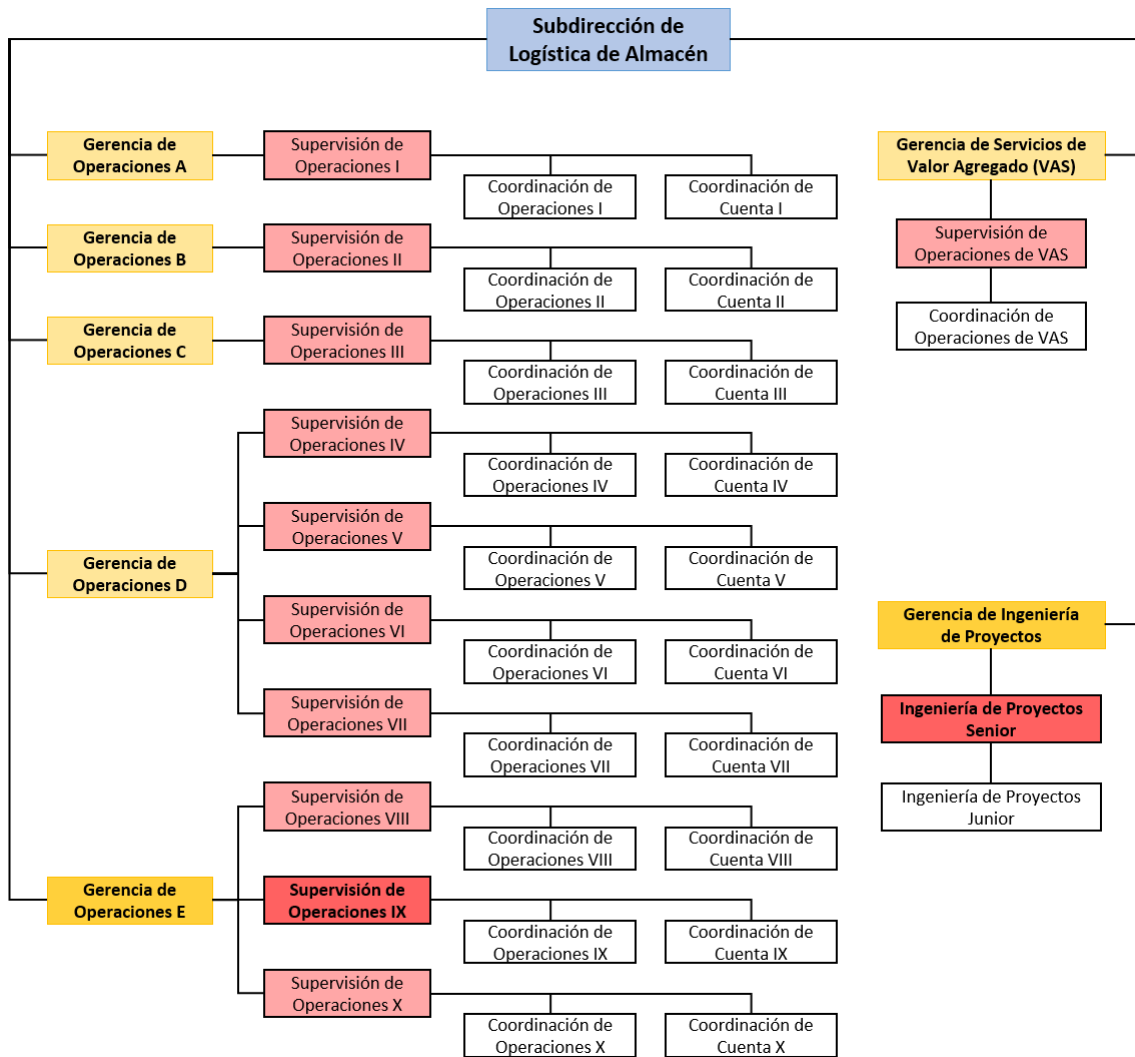


[Figura 3.2] Organigrama general de la empresa.

Fuente: *Elaboración propia.*

Dirección de Mercadotecnia no se muestra en el organigrama porque esta se encuentra en Ciudad de México, en la Oficina Central a nivel nacional. Dirección de Mercadotecnia tiene cuatro subdirecciones: Ventas, Publicidad, Comunicación Interna y Relaciones Públicas.

Este trabajo de investigación se enfoca en un proceso que compete a la *Subdirección de Logística de Almacén*. La estructura organizacional de esta subdirección se muestra en el organigrama de la [Figura 3.3].



[Figura 3.3] Organigrama de la Subdirección de Logística de Almacén.

Fuente: *Elaboración propia.*

Como se observa en el organigrama, el Subdirector de Logística de Almacén es líder de un equipo de 7 gerentes; 5 de ellos son gerentes de operaciones, y son responsables de administrar el almacén de productos de alta tecnología de 10 diferentes clientes. Análogamente, cada gerente de operaciones es responsable de liderar a distintos supervisores de operaciones. La empresa cuenta con 10 clientes y 10 supervisores de operaciones, un supervisor por cada cliente. Cada supervisor de operaciones es responsable de liderar a un equipo de trabajo conformado de la siguiente manera:

- Operadores de montacargas
Realizan maniobras en los montacargas para trasladar productos a las estanterías (acomodo), surtir productos de las estanterías (surtido) y cargar productos a unidades vehiculares para su posterior embarque.
- Almacenistas
Realizan las operaciones de descarga, acomodo, surtido, preparación, embarque y realizan inventarios cíclicos y wall to wall (W2W).

- Coordinador de Operaciones:
Coordina las operaciones de descarga, acomodo, surtido, preparación, embarque, así como los inventarios cíclicos y wall to wall (W2W).
- Coordinador de Cuenta:
Controla el sistema ERP para gestionar la entrada y salida de productos del almacén.

El Supervisor de Operaciones es responsable de administrar correctamente las operaciones del almacén que tiene a su cargo; esto lo logra mediante el seguimiento y análisis de KPI's operativos (indicadores clave de desempeño). También es responsable de utilizar eficientemente los recursos que son asignados a la *cuenta* que tiene a su cargo. **“Cuenta”** es el término que utiliza la empresa para referirse al “almacén de productos de alta tecnología de un cliente”.

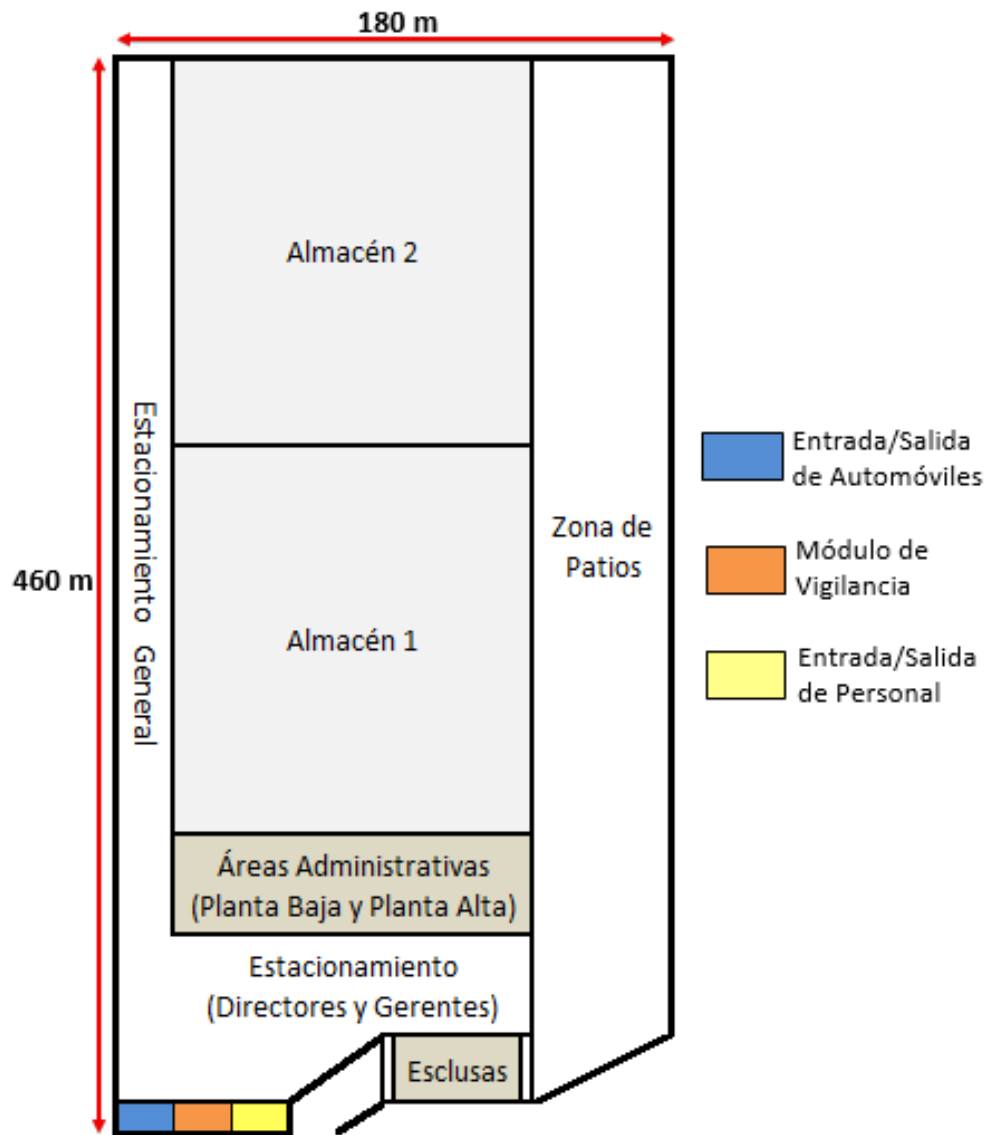
El Gerente de Operaciones es responsable de asegurar la rentabilidad y la estabilidad operativa de la(s) cuenta(s) que tiene a su cargo; también es responsable de organizar y dirigir juntas mensuales con el cliente para evaluar el desempeño de las operaciones y la rentabilidad de la cuenta.

Por otro lado, en la Gerencia de VAS se gestionan los servicios de valor agregado que requieren las mercancías de los clientes. Cada cuenta solicita al área de VAS, mediante órdenes de trabajo, la ejecución de diferentes actividades que agregan valor al producto, por ejemplo: impresión y colocación de etiquetas y pólizas de garantía, verificación acreditada, normalización, configuraciones especializadas, entre otros.

La Gerencia de Ingeniería de Proyectos se encarga de la formulación, evaluación y administración de los proyectos de ahorro e inversión que se realizan en la empresa. El área de Ingeniería de Proyectos brinda capacitación al personal de todas las cuentas para que aprendan los fundamentos y las metodologías de la manufactura esbelta y seis sigma; lo anterior con la finalidad de que el personal pueda participar en las iniciativas de mejora que desee implementar la empresa.

Las gerencias de VAS e Ingeniería de Proyectos también son lideradas por el Subdirector de Logística de Almacén.

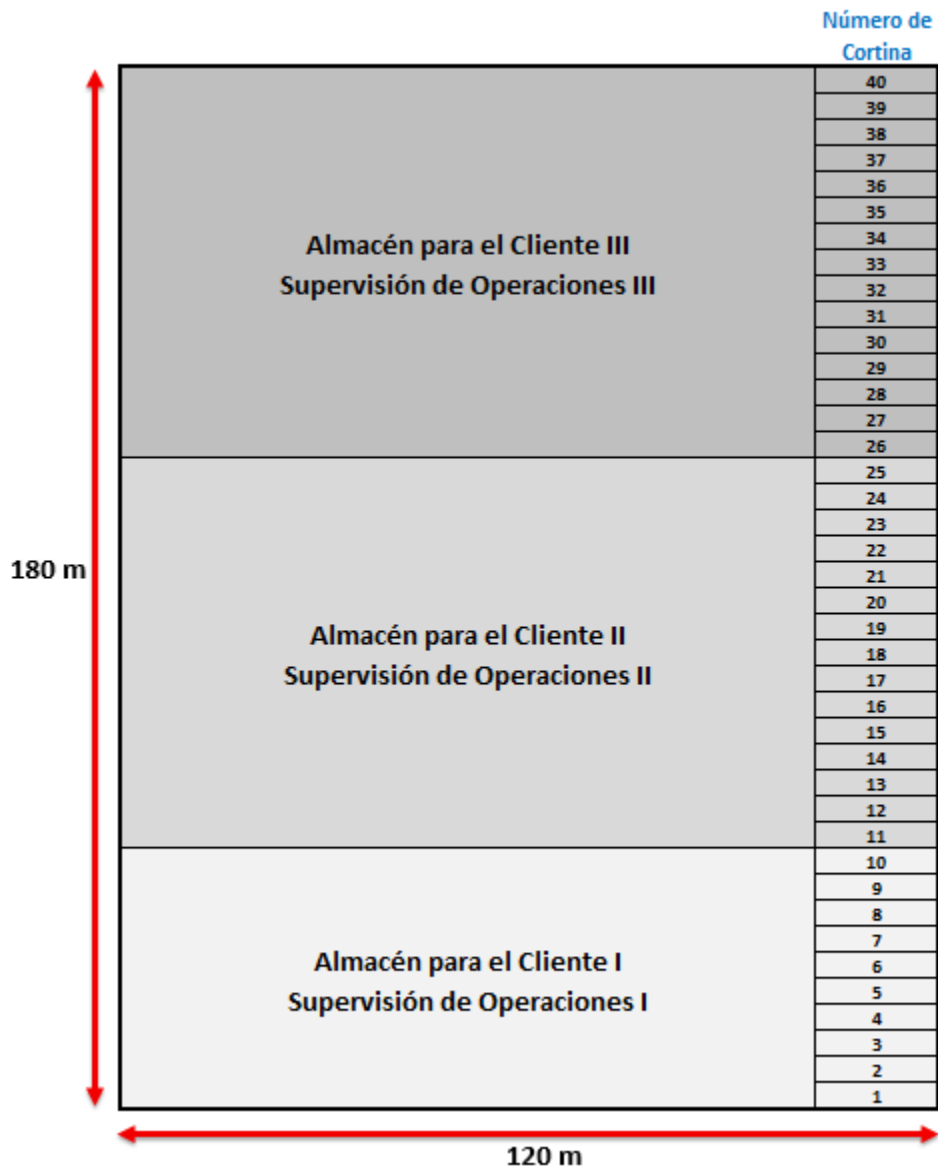
3.2.3. LAY OUT GENERAL DE LA EMPRESA



[Figura 3.4] Lay out general de la empresa.
Fuente: *Elaboración propia.*

3.2.4. LAY OUT DE LOS ALMACENES DE LA EMPRESA

Lay out del almacén 1

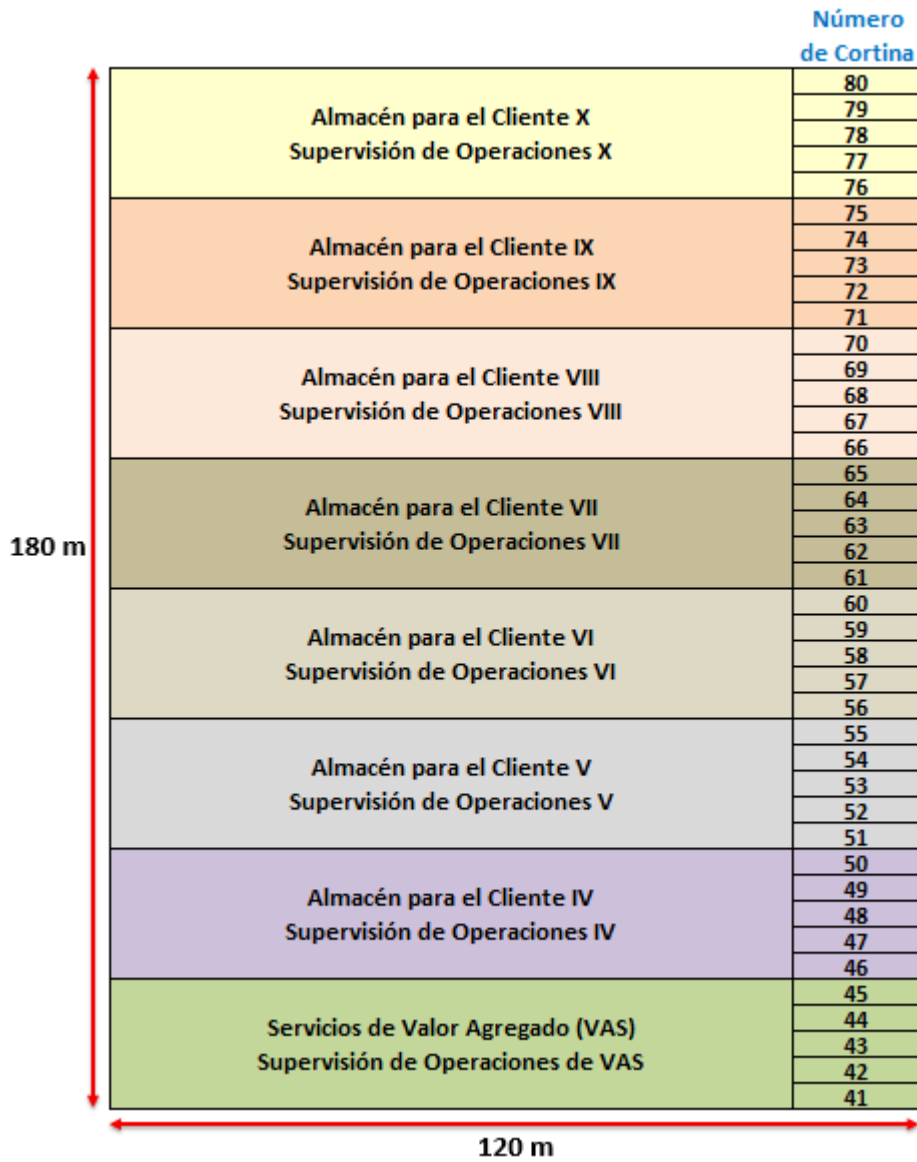


[Figura 3.5] Lay out del almacén 1 de la empresa.

Fuente: *Elaboración propia.*

Como se observa en la [Figura 3.5], el almacén 1 alberga a las 3 cuentas high tech que administran el mayor volumen de productos, y al mismo tiempo son las que utilizan el mayor espacio de almacenamiento en la empresa.

Lay out del almacén 2



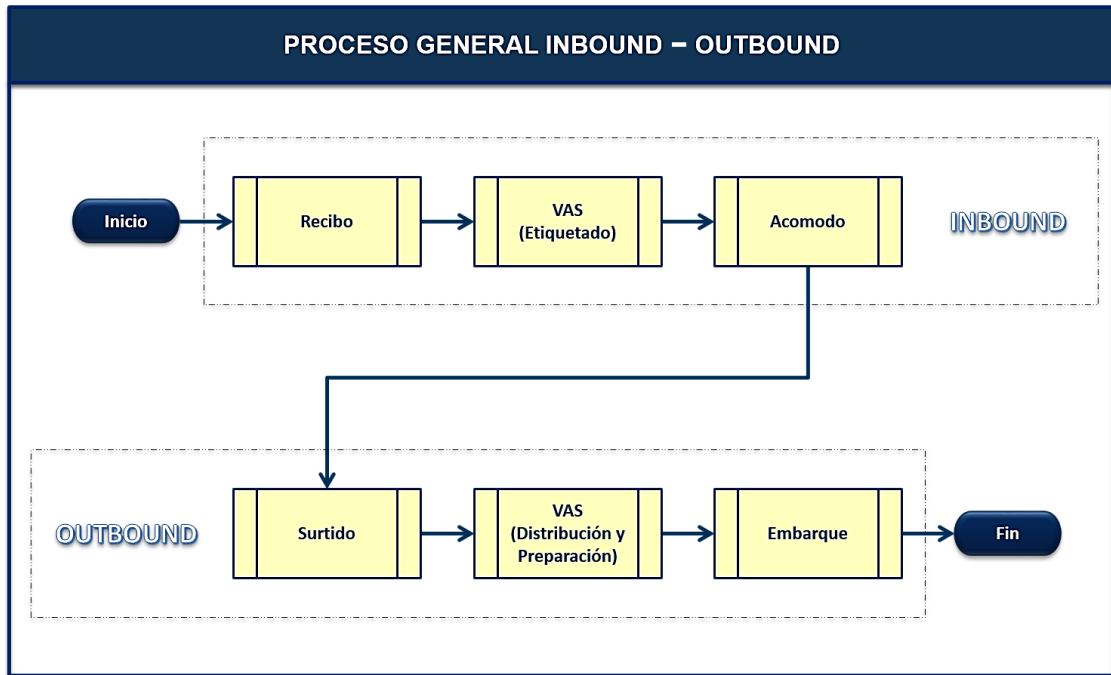
[Figura 3.6] Lay out del almacén 2 de la empresa.

Fuente: *Elaboración propia.*

Como se observa en la [Figura 3.6], el almacén 2 alberga a 7 cuentas high tech y al área de VAS (Servicios de Valor Agregado).

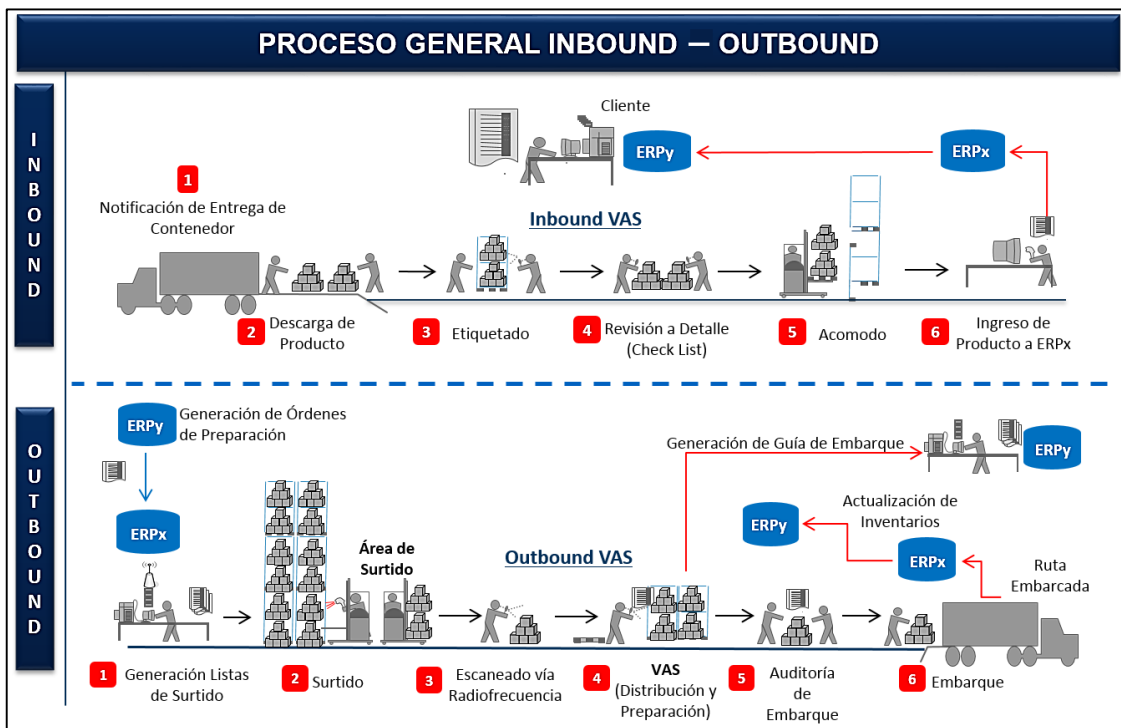
3.3. PROCESOS OPERATIVOS DE ALMACÉN

3.3.1. PROCESO GENERAL INBOUND - OUTBOUND



[Figura 3.7] Proceso general inbound - outbound.

Fuente: *Elaboración propia.*

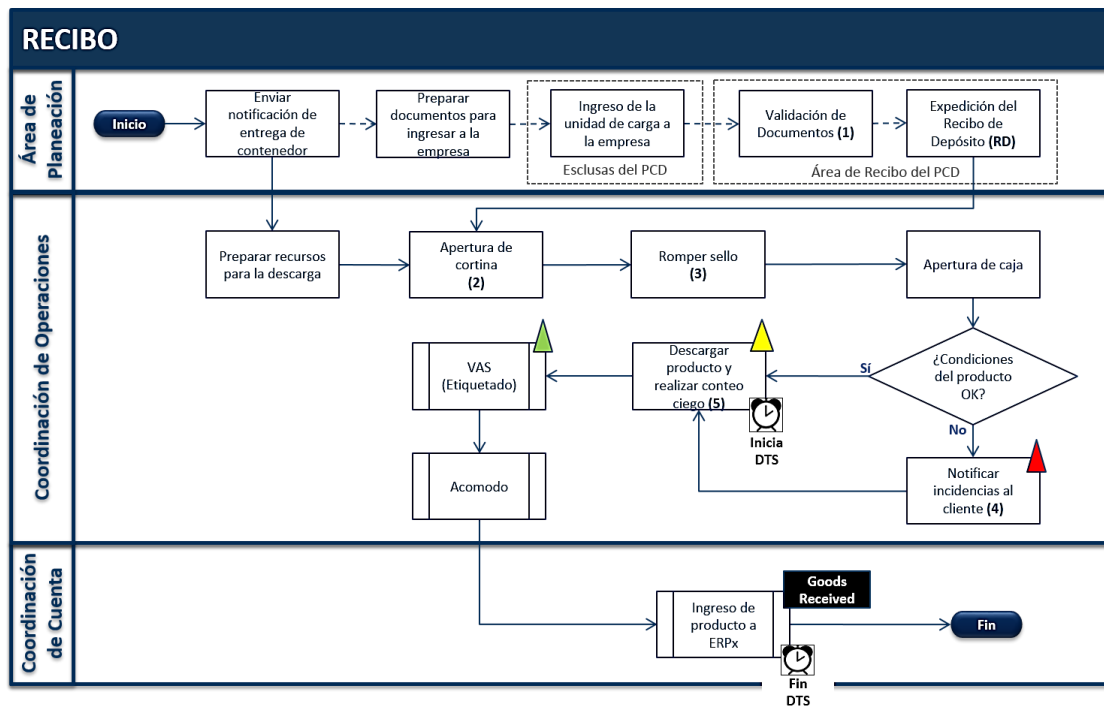


[Figura 3.8] Representación del proceso inbound - outbound.

Fuente: *Elaboración propia.*

En general, en todas las *cuentas high tech* se ejecutan los mismos procesos operativos de almacén. Algunos procesos tienen ligeras variaciones debido a requerimientos especiales de los clientes, sin embargo, conservan el mismo estándar operativo de entradas y salidas de mercancías (inbound - outbound).

3.3.2. RECIBO



[Figura 3.9] Diagrama de flujo: proceso de recibo.

Fuente: *Elaboración propia.*

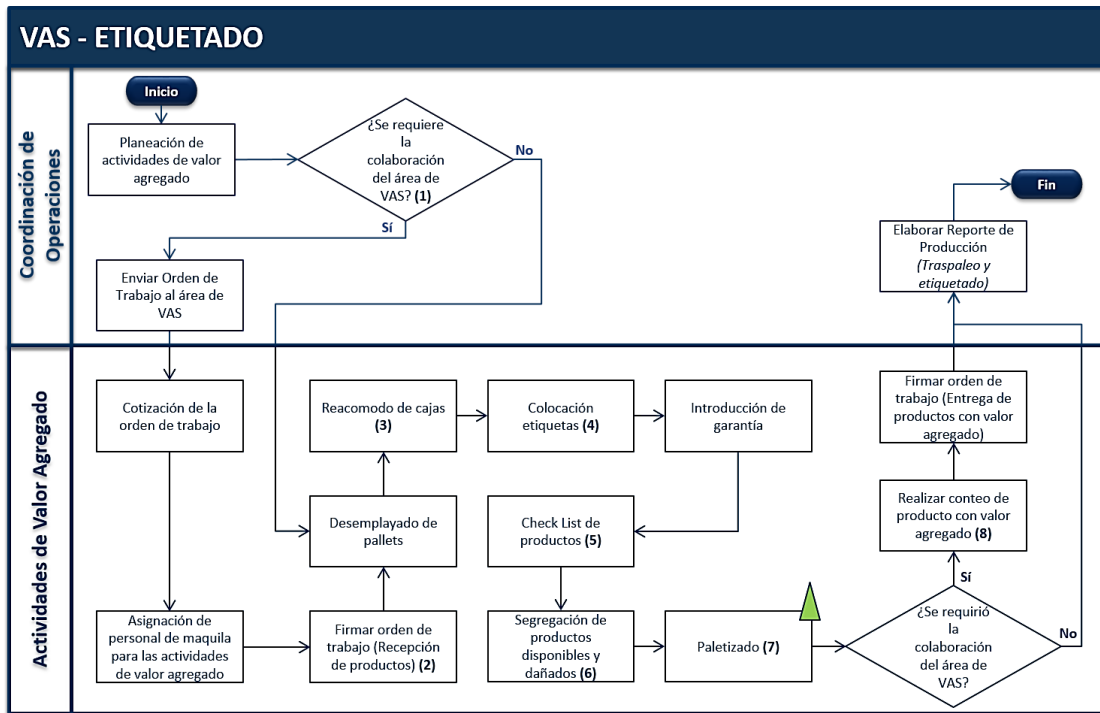
RECIBO (NOTAS)

- (1) Después de que el área de esclusas permite el paso a la unidad de carga, el área de patios indica al conductor la cortina en la que debe estacionar su unidad. Posterior a ello, el conductor ingresa a almacén y se dirige al área de recibo para presentar los siguientes documentos: pedimento y boleta de descarga (expedida por el área de esclusas).
- (2) Para autorizar la apertura de cortina y el enrampe de la unidad, el oficial de cortina debe validar el recibo de depósito (RD) expedido por el área de recibo, y la boleta de descarga (BD) expedida por esclusas.
- (3) El número de sello debe coincidir con el número de candado que se indica en el pedimento. En caso de no coincidir, se debe notificar al cliente para autorizar la descarga.
- (4) Cuando se presentan incidencias en el producto recibido, se notifica de manera inmediata al cliente. Como testimonio de los hechos, se toman fotos a las incidencias (producto dañado, sku incorrecto, o empaques abiertos). Se debe levantar una acta de hechos con la descripción de la(s) incidencia(s). Además, se debe colocar un **cono rojo** sobre el producto con incidencias.
- (5) Cuando empieza la descarga, inicia la medición del DTS (dock to stock), cuyo target es de 48 horas. Se debe registrar la hora de inicio y fin de la descarga en el RD para que después se registre en la bitácora de recibos (en Excel). Durante la descarga, se debe colocar un **cono amarillo** al producto entrante, con el fin de identificarlo como recién descargado.

[Figura 3.10] Notas: proceso de recibo.

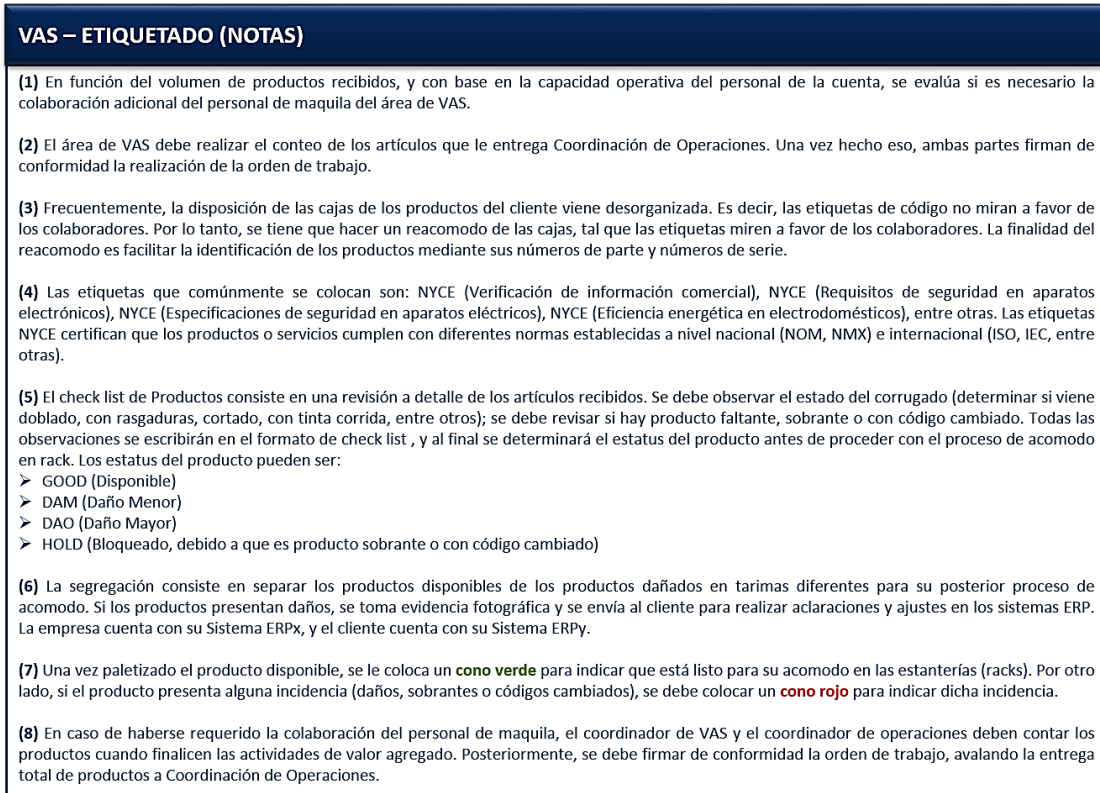
Fuente: *Elaboración propia.*

3.3.3. VAS - ETIQUETADO



[Figura 3.11] Diagrama de flujo: proceso de VAS - etiquetado.

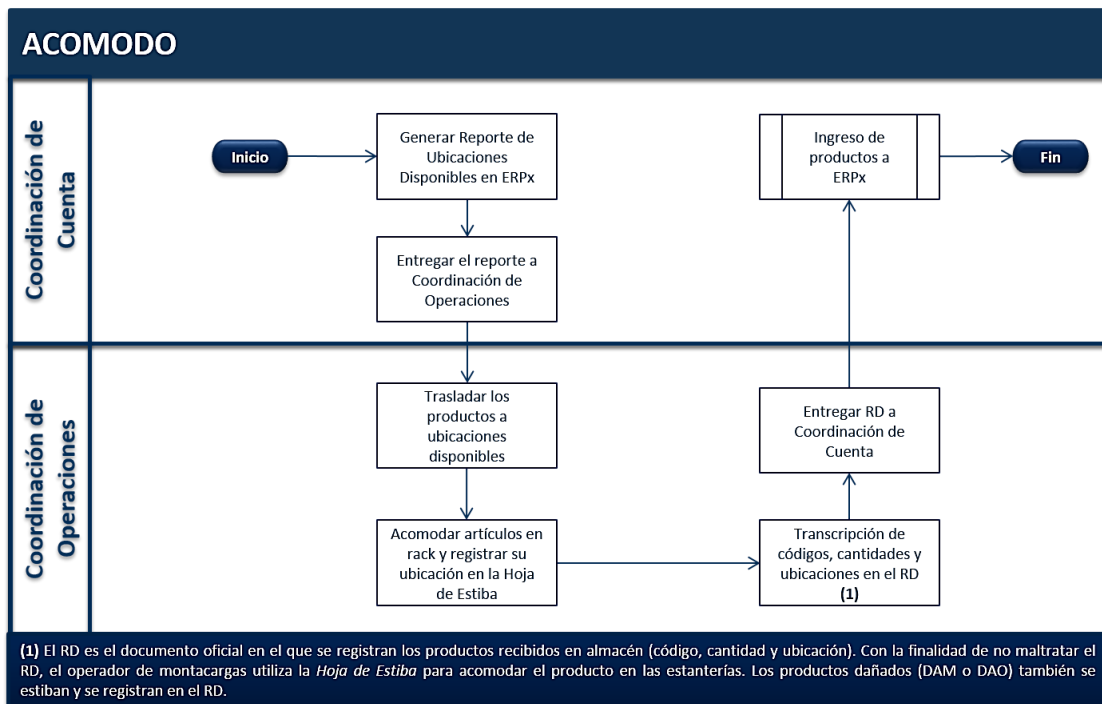
Fuente: *Elaboración propia.*



[Figura 3.12] Notas: proceso de VAS - etiquetado.

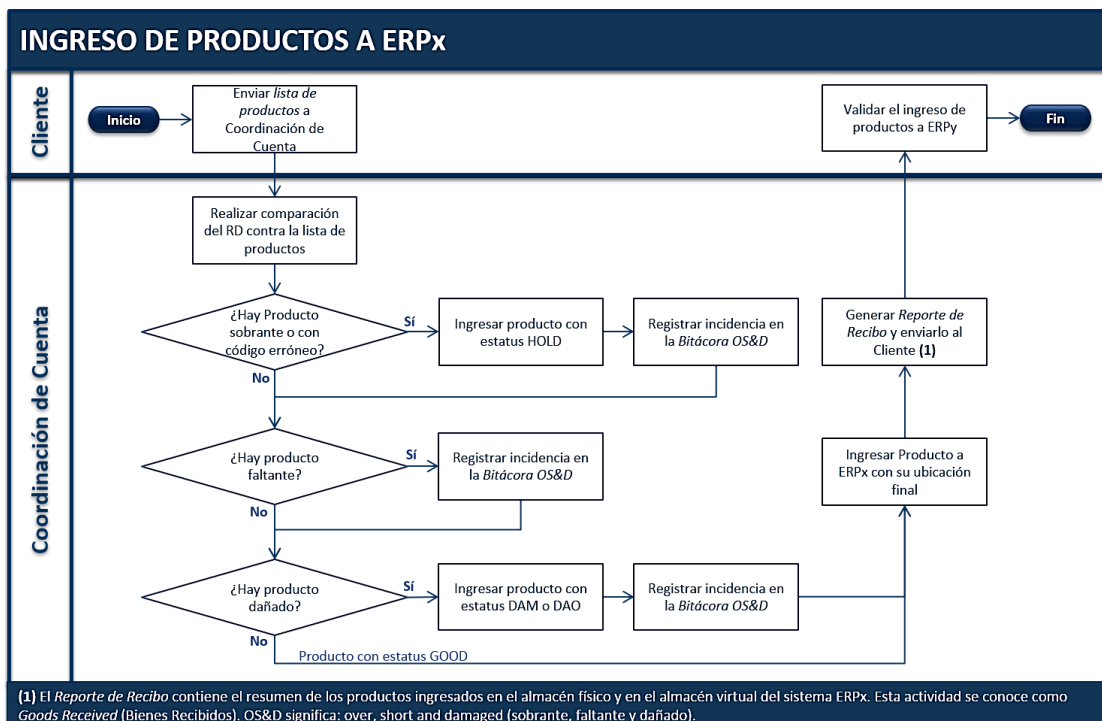
Fuente: *Elaboración propia.*

3.3.4. ACOMODO



[Figura 3.13] Diagrama de flujo: proceso de acomodo.

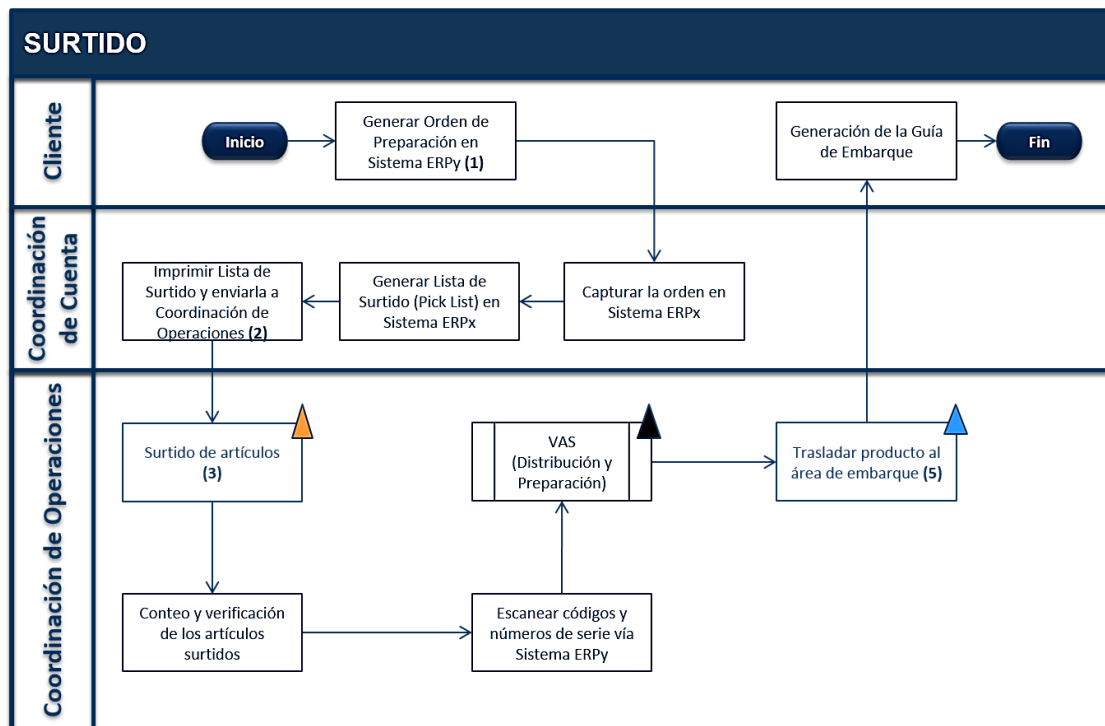
Fuente: *Elaboración propia.*



[Figura 3.14] Diagrama de flujo: proceso de ingreso de productos a ERPx.

Fuente: *Elaboración propia.*

3.3.5. SURTIDO



[Figura 3.15] Diagrama de flujo: proceso de surtido.

Fuente: *Elaboración propia.*

SURTIDO (NOTAS)

(1) El Cliente genera la orden de preparación con base en la existencia de artículos en su Sistema ERP; posteriormente, envía la orden a Coordinación de Cuenta para que se procese la lista de surtido (pick list). Si el cliente lo autoriza, se podrán surtir productos con corrugado dañado.

(2) Una lista de surtido generada en Sistema ERP, contiene la siguiente información:

- Número de orden
- Productos a surtir (código, descripción, cantidad y ubicación).
- Campos para medir el: tiempo de surtido, tiempo de escaneado y tiempo de preparación de la orden.
- Datos del destinatario: nombre de la empresa, dirección, condiciones de embarque, entre otros.

(3) Cuando el producto está ubicado en niveles altos de estantería, se utiliza el montacargas para surtir el producto; si el producto está ubicado en niveles al alcance de la mano, se utiliza el patín hidráulico. Los productos surtidos deben ser identificados con **conos naranjas**.

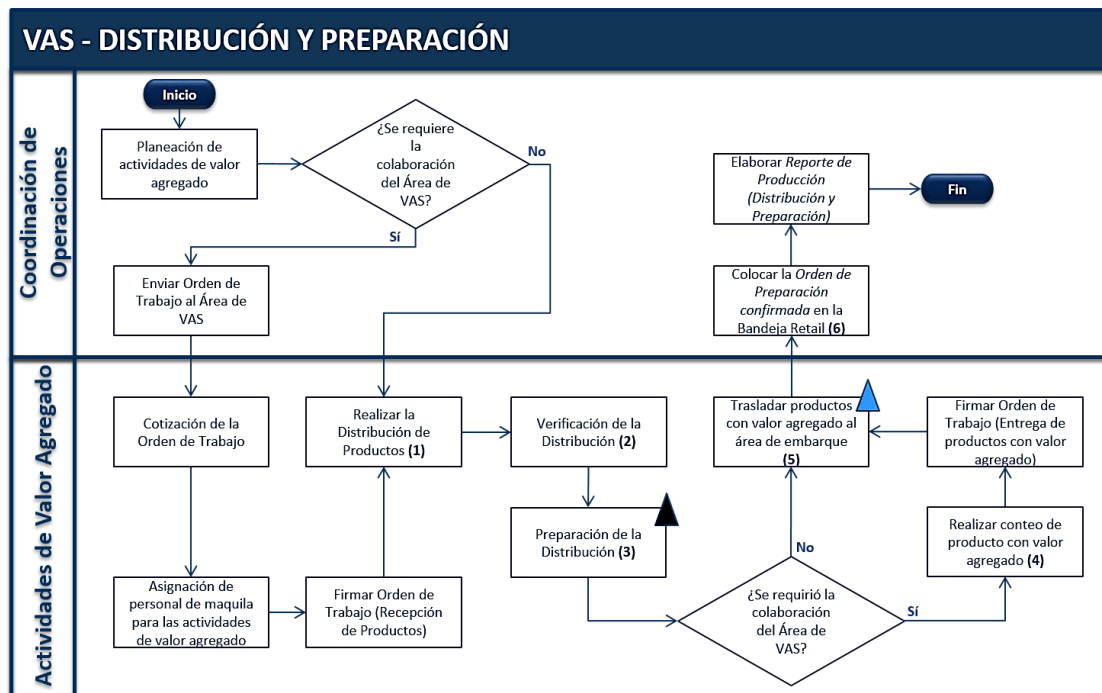
(4) Se colocará un **cono negro** para indicar que el producto surtido ha sido escaneado, distribuido y preparado conforme a su tienda retail de destino.

(5) Después de terminar el Proceso de VAS (Distribución y Preparación), se colocará un **cono azul** sobre el producto para indicar que se encuentra consolidado en el área de dock de acuerdo a su ruta de embarque.

[Figura 3.16] Notas: proceso de surtido.

Fuente: *Elaboración propia.*

3.3.6. VAS - DISTRIBUCIÓN Y PREPARACIÓN



[Figura 3.17] Diagrama de flujo: proceso de VAS - distribución y preparación.

Fuente: *Elaboración propia.*

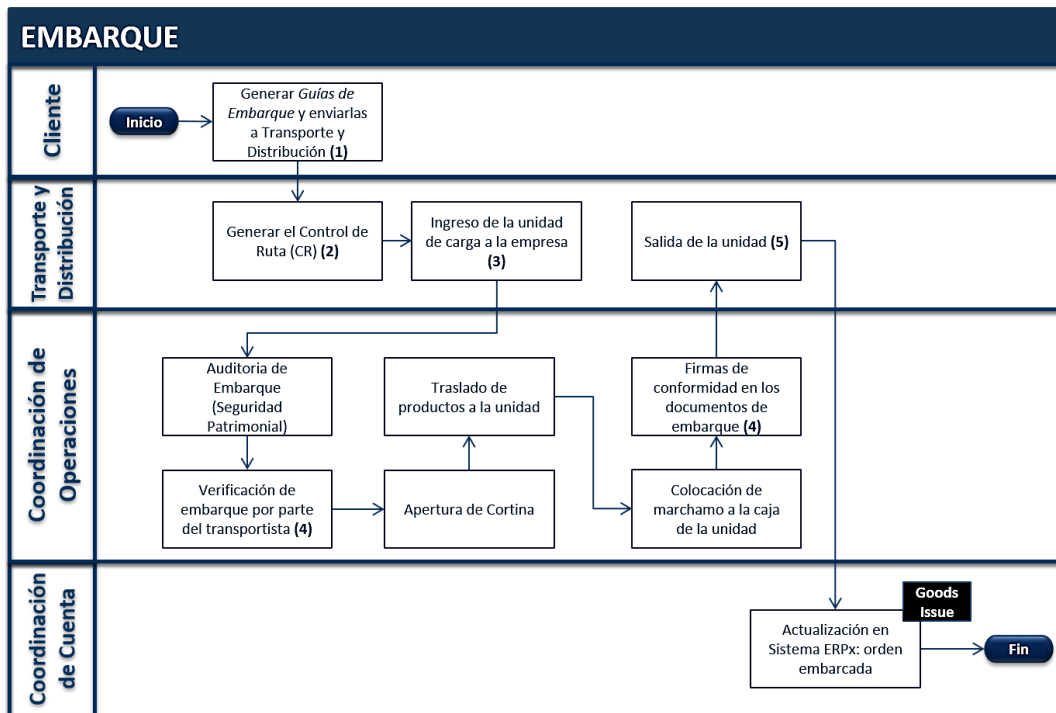
VAS - DISTRIBUCIÓN Y PREPARACIÓN (NOTAS)

- (1) El personal involucrado en las actividades de valor agregado debe distribuir los productos sobre diferentes tarimas, conforme a la *tienda retail* señalada en la *orden de preparación* proporcionada por el Cliente.
- (2) El Coordinador de Operaciones debe verificar la correcta distribución de productos a su respectiva *tienda retail*. Para ello, debe tomar como referencia la *hoja maestra* proporcionada por el cliente. Este documento tiene la siguiente información: número de tienda, código de artículo y cantidad a distribuir.
- (3) Las actividades de preparación de distribuciones de productos a *tiendas retail* dependen de las especificaciones establecidas por el Cliente en la *orden de preparación*.
- (4) En caso de haberse requerido la colaboración del personal de maquila, el Coordinador de VAS y el Coordinador de Operaciones deben contar los productos cuando finalicen las actividades de valor agregado. Posteriormente, se debe firmar de conformidad la orden de trabajo, avalando la entrega total de productos a Coordinación de Operaciones.
- (5) Se colocarán **conos azules** para indicar que los productos se encuentran consolidados en las bahías conforme a su ruta de embarque.
- (6) En la bandeja de clientes retail se deben colocar las órdenes de preparación ya procesadas y listas para su posterior proceso de embarque. Una orden de preparación confirmada indica que el producto ya fue surtido, distribuido y preparado de acuerdo a los requerimientos del cliente.

[Figura 3.18] Notas: proceso de VAS - distribución y preparación.

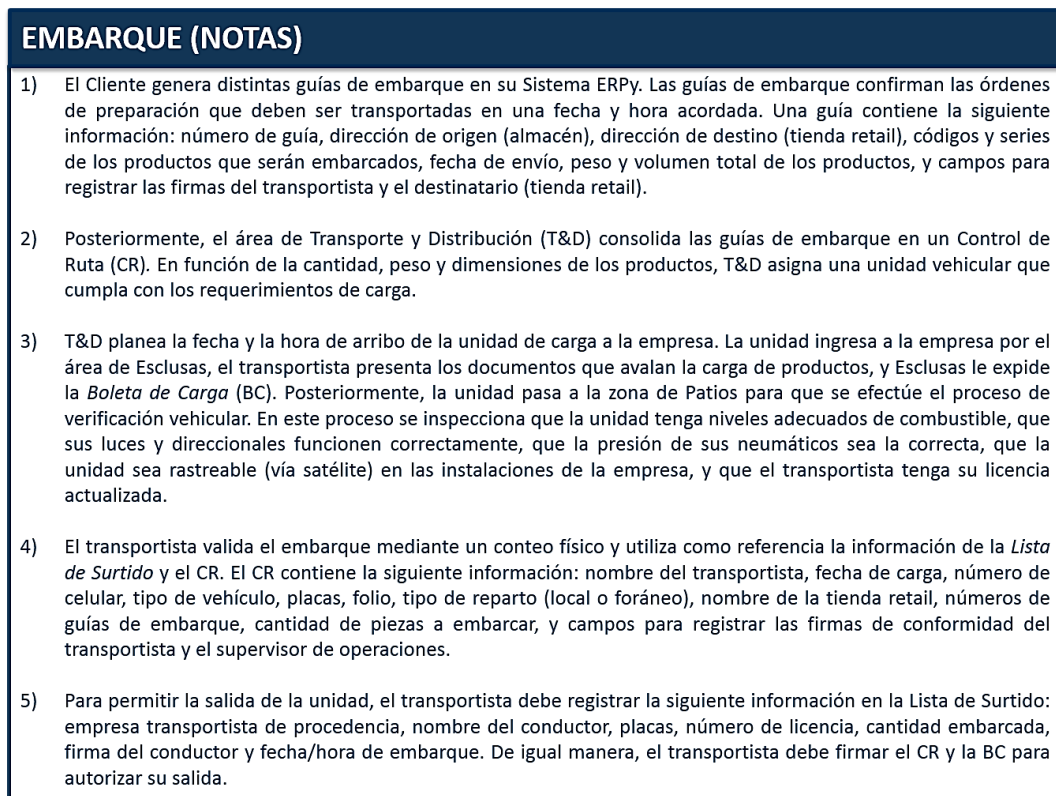
Fuente: *Elaboración propia.*

3.3.7. EMBARQUE



[Figura 3.19] Diagrama de flujo: proceso de embarque.

Fuente: *Elaboración propia.*



[Figura 3.20] Notas: proceso de embarque.

Fuente: *Elaboración propia.*

4. IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA DMAIC

4.1. ETAPA DE DEFINICIÓN

4.1.1. CONTEXTUALIZACIÓN DEL PROBLEMA

El 8 de mayo de 2017, iniciaron las operaciones de almacenaje y distribución de los productos del cliente IX (especializado en la fabricación de equipo de audio y reproductores multimedia para automóviles). Entre los servicios que se proporcionan al cliente, se encuentra el proceso de configuración de reproductores multimedia, el cual es imprescindible para que el cliente pueda cerrar las órdenes de compra que generan sus propios clientes (tiendas retail).

Cuando se firmó el contrato comercial con el cliente IX, en la sección de cláusulas operativas, la empresa se comprometió a cumplir con un nivel de productividad de 33,000 reproductores multimedia configurados al mes; sin embargo, de acuerdo con los *reportes mensuales de negocio* (RMN) elaborados por el supervisor de operaciones de la cuenta IX, la productividad real entregada al cliente durante los primeros cinco meses de operación (de mayo a septiembre de 2017) fluctuó entre las 26,000 y las 28,000 piezas configuradas al mes. Es decir, la productividad real que se proveía al cliente era aproximadamente el 82% de la productividad estipulada en el contrato; lo anterior implicaba una pérdida potencial de ingresos tanto para la empresa como para el cliente, quien manifestó su molestia e inconformidad hacia la compañía por no poder satisfacer la productividad acordada en el contrato. Aunado a lo anterior, el cliente señaló que pretendía solicitar un aumento del 20% en la productividad del proceso de configuración de reproductores debido a la creciente demanda de estos productos por parte de sus clientes (tiendas retail); no obstante, dadas las circunstancias operativas de la cuenta IX, el cliente consideró que la empresa tendría pocas posibilidades para lograr el nuevo nivel de productividad.

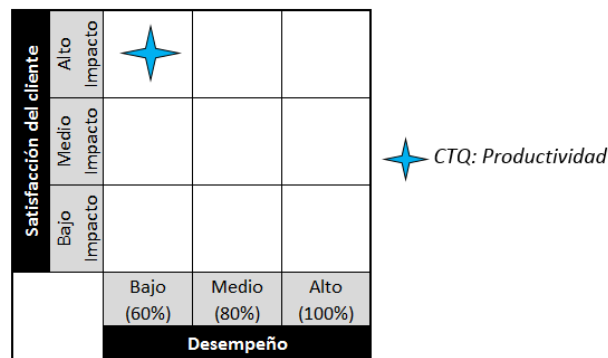
El 12 de octubre de 2017, tras realizar una reunión extraordinaria en la que estuvieron presentes el cliente IX, el supervisor de operaciones de la cuenta IX, el gerente de operaciones de la cuenta IX, el gerente de ingeniería de proyectos y el subdirector de logística de almacén, se concertaron los siguientes puntos:

- A partir de noviembre de 2017, la empresa debía tener un aumento en la productividad del proceso de configuración, cuando menos al nivel que se había estipulado en el contrato comercial (33,000 piezas configuradas al mes); de lo contrario, el cliente quedaba en plena libertad de buscar a un nuevo proveedor de servicios logísticos que cumpliera con sus requerimientos operativos.
- Quedaba abierta la petición del cliente respecto a incrementar en un 20% el nivel de productividad estipulado en el contrato comercial a partir de noviembre de 2017. El cambio implicaba pasar de 33,000 a 39,600 piezas configuradas al mes. De lograrse el nuevo nivel de productividad, el cliente se comprometía a pagar hasta 43,000 piezas configuradas al mes a precio normal; el excedente lo pagaría a mitad de precio. El precio normal por cada pieza configurada es de 19.5 MXN; el precio incluye: surtido de pieza, configuración del reproductor, impresión y colocación de etiquetas, impresión y colocación de póliza de garantía, y empaqueo para el embarque.

- Se acordó la implementación de un proyecto de mejora basado en la metodología DMAIC para aumentar la productividad del proceso de configuración de reproductores multimedia. El gerente de ingeniería de proyectos se comprometió a brindar atención prioritaria a este proyecto de mejora durante la segunda mitad del mes de octubre de 2017.

4.1.2. IDENTIFICACIÓN DEL PROYECTO

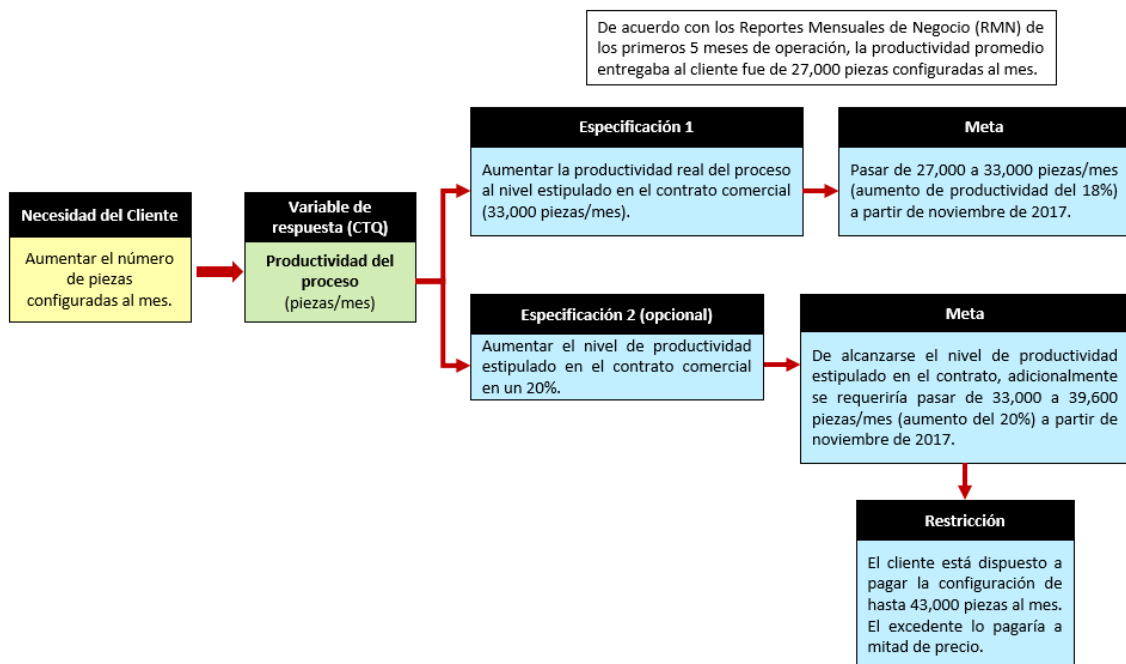
Se seleccionó el proyecto “Aumento de productividad del proceso de configuración de reproductores multimedia” por estar alineado con los objetivos anuales de ahorro e inversión de la empresa, y por tener un elevado impacto en la satisfacción del cliente.



[Figura 4.1] Gráfica impacto - desempeño para la CTQ de productividad.

Fuente: *Elaboración propia.*

4.1.3. DIAGRAMA DE ÁRBOL CTQ



[Figura 4.2] Diagrama de árbol CTQ para traducir las necesidades del cliente.

Fuente: *Elaboración propia.*

4.1.4. CÉDULA DEL PROYECTO (PROJECT CHARTER)

Título del proyecto:	Aumento de productividad del proceso de configuración de reproductores multimedia.
Caso de negocio (<i>Business case</i>)	
Variable de respuesta /Objeto de estudio	
<p>Variable de respuesta: productividad del proceso de configuración de reproductores multimedia. Objeto de estudio: proceso de configuración de reproductores multimedia.</p> <p>Por cuestiones prácticas, a partir de este momento:</p> <ul style="list-style-type: none"> - El proceso de configuración de reproductores multimedia será llamado “proceso”. - La productividad del proceso de configuración de reproductores multimedia será llamada “productividad”. 	
Definición del problema:	
La productividad actual del proceso es insuficiente para satisfacer el nivel de demanda requerido por el cliente.	
Estimación del costo de la calidad pobre:	
<p>El precio por cada pieza configurada es de 19.5 MXN. Incluye: surtido de pieza, configuración del reproductor, impresión y colocación de etiquetas, impresión y colocación de póliza de garantía, y empaqueo para el embarque.</p> <p>Desde que iniciaron las operaciones de almacenaje y distribución de la cuenta IX, la empresa no ha podido satisfacer la productividad solicitada por el cliente (33,000 piezas/mes). La productividad real entregada ha sido de 27,000 piezas/mes en promedio, lo cual ha implicado pérdidas en los ingresos cercanas a los: $(33,000 - 27,000) (19.5) = 117,000$ MXN mensuales.</p> <p>Es decir, durante cinco meses de operación, la empresa ha dejado de percibir: $(117,000) (5) = 585,000$ MXN.</p>	
Objetivo:	
Aumentar la productividad estipulada en el contrato comercial en un 20% a partir de noviembre de 2017.	
Conformación del equipo:	
<p>Subdirector de logística de almacén, <i>Consultor del proyecto</i> Gerente de operaciones de la cuenta IX, <i>Patrocinador del proyecto</i> Supervisor de operaciones de la cuenta IX, <i>Responsable del proceso</i> Ingeniero de proyectos senior (master black belt), <i>Administrador del proyecto</i> Javier Eduardo Juárez Téllez (Becario), <i>Coordinador del proyecto</i></p>	
Tiempo estimado:	
<p>El proyecto debe estar implementado antes del 1 de noviembre de 2017. Por lo tanto, se utilizará el siguiente espacio de tiempo: Del (lunes-16-octubre-2017) al (viernes-27-octubre-2017). Tiempo total = 2 semanas.</p>	

Alcance espacial del proyecto:

El proyecto se implementará en el proceso (configuración de reproductores multimedia), el cual es gestionado por la cuenta IX localizada en el almacén 2 de la empresa.

Recursos económicos estimados:

1) Para estimar el presupuesto del proyecto, se ha considerado la contribución laboral en horas que ejercerá cada miembro del equipo.

Miembros del equipo	Información del sueldo		Contribución al proyecto			
	Sueldo mensual (MXN/mes)	Sueldo por hora (MXN/hora)	Horas a la semana (horas)	Duración del proyecto (semanas)	Contribución de tiempo (horas)	Contribución de sueldo (MXN)
1) Subdirector de Logística de Almacén <i>Consultor del proyecto</i>	52000	216.7	5	2	10	2166.7
2) Gerente de Operaciones de la Cuenta IX <i>Patrocinador del proyecto</i>	37500	156.3	5	2	10	1562.5
3) Supervisor de Operaciones de la Cuenta IX <i>Responsable del proceso</i>	25000	104.2	15	2	30	3125.0
4) Ingeniero de Proyectos Senior (Master black belt) <i>Administrador del proyecto</i>	40000	166.7	15	2	30	5000.0
5) Javier Eduardo Juárez Téllez (Becario) <i>Coordinador del proyecto</i>	10500	43.8	20	2	40	1750.0
Total					120	13604.2
					Horas	MXN

2) Se ha concertado la adquisición de una cámara de fotografía y video para levantar información relacionada con el proceso (tiempos, métodos, lay out, entre otros). Una vez utilizada la cámara, está quedará disponible para proyectos futuros. **Costo de la cámara = 8,500 MXN**

3) Como primera impresión de solución, se ha considerado la posibilidad de emplear a 3 colaboradores más para que se integren en las actividades del proceso.

Sueldo del colaborador de maquila = 4,800 MXN/mes

4) Tomando en cuenta lo anterior, durante el primer mes del proyecto, se ha considerado el siguiente gasto: $13,604.2 + 8,500 + 4,800(3) = 36,504.2$ MXN

Factor de seguridad (para gastos imprevistos) = 1.1

Gasto = $(36,504.2)(1.1) = 40,154.62$ MXN

Presupuesto para el primer mes = 41,000 MXN

5) De contratarse a 3 nuevos colaboradores de maquila, la cuenta IX tendría que erogar la siguiente cantidad durante un año: $41,000 + (4,800)(3)(11) = 199,400$ MXN

Factor de seguridad (para gastos imprevistos) = 1.1

Gasto anual = $(199,400)(1.1) = 219,340$ MXN

Presupuesto anual = 220,000 MXN

Beneficios esperados:

La productividad promedio del proceso durante los primeros cinco meses de operación fue de: **27,000 piezas/mes.**

1) Si la cuenta IX logra aumentar la productividad del proceso al nivel estipulado en el contrato comercial (33,000 piezas/mes), la empresa percibiría los siguientes ingresos adicionales:

$(33,000 - 27,000)(19.5) = 117,000$ MXN mensuales

Es decir: $(117,000)(12) = 1,404,000$ MXN anuales

2) Por otro lado, si la empresa logra aumentar la productividad del proceso a 39,600 piezas/mes (incremento del 20% sobre la productividad estipulada en el contrato), la empresa percibiría los siguientes ingresos adicionales:

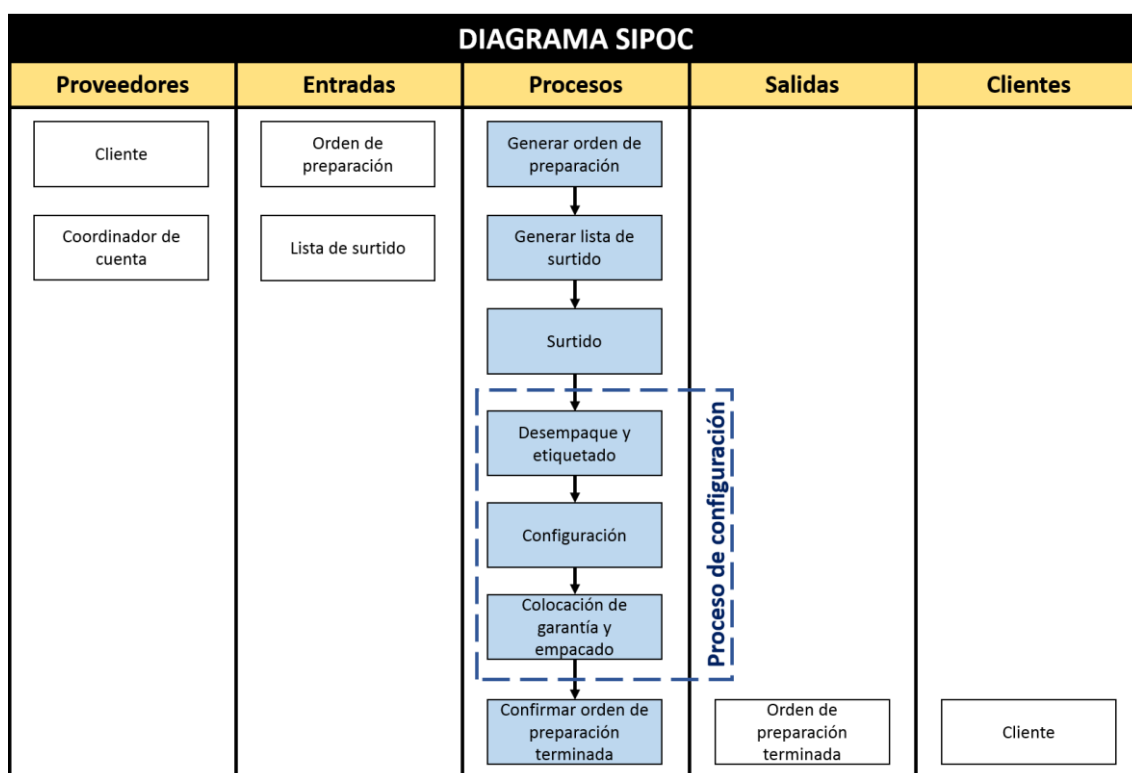
$(39,600 - 27,000)(19.5) = 245,700$ MXN mensuales

Es decir: $(245,700)(12) = 2,948,400$ MXN anuales

Aprobación del proyecto:
<p>El <i>gerente de operaciones de la cuenta IX</i> -patrocinador del proyecto- aprueba la realización del proyecto y autoriza los presupuestos estimados para su implementación.</p> <p style="text-align: right;"><i>Principal Centro de Distribución (PCD)</i> <i>Cuautitlán Izcalli, Estado de México</i> <i>Octubre de 2017</i></p>

[Figura 4.3] Cédula del proyecto (project charter).
Fuente: *Elaboración propia.*

4.1.5. DIAGRAMA SIPOC



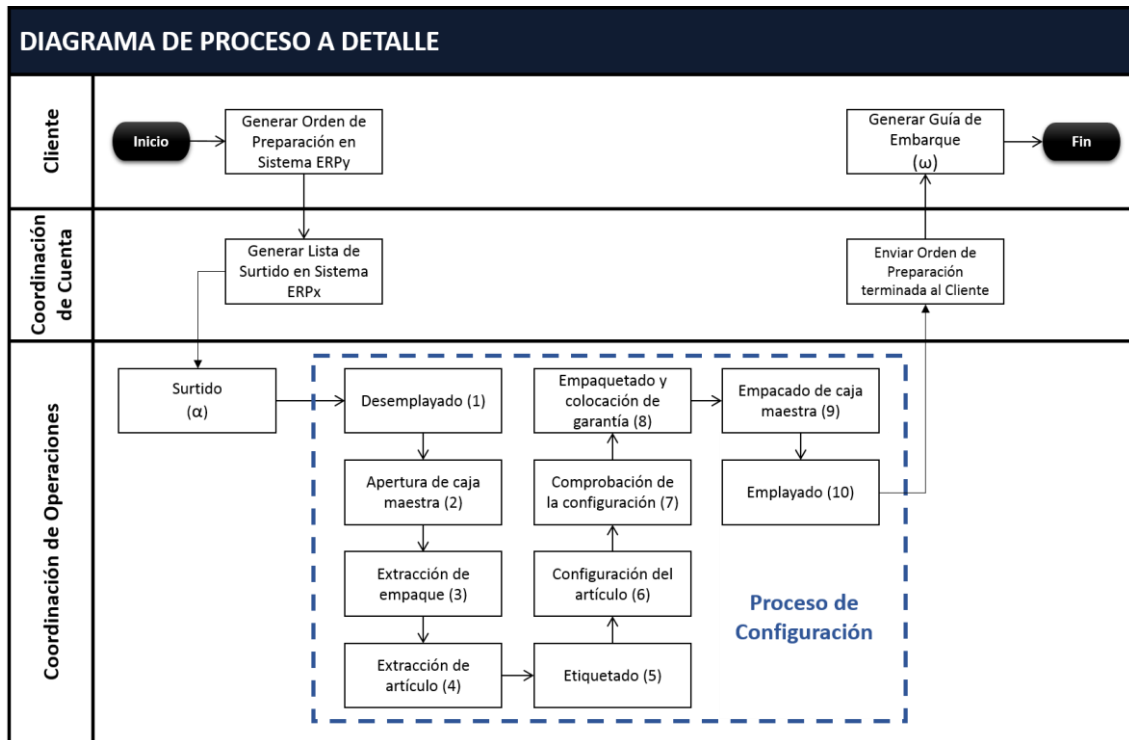
[Figura 4.4] Diagrama SIPOC.
Fuente: *Elaboración propia.*

El supervisor de operaciones de la cuenta IX señala que el proceso de configuración empieza desde el desempaque y etiquetado del producto hasta que el producto nuevamente es empacado para dar paso a su posterior proceso de embarque. Tal como se muestra en la [Figura 4.4], tres actividades de alto nivel son las que conforman al actual proceso de configuración:

- 1) Desempaque y etiquetado
- 2) Configuración
- 3) Colocación de garantía y empacado

4.2. ETAPA DE MEDICIÓN

4.2.1. DIAGRAMA DE PROCESO A DETALLE



[Figura 4.5] Diagrama de proceso a detalle.

Fuente: *Elaboración propia.*

NOTAS DEL PROCESO:

(α) Los productos surtidos son trasladados de la Cuenta IX al Área de VAS (Servicios de Valor Agregado) para que el personal de maquila proceda con la configuración de los artículos.

(1) Cada pallet tiene 32 cajas maestras, y cada caja maestra contiene 4 empaques de reproductores multimedia. Por lo tanto, cada pallet surtido contiene 128 reproductores multimedia.

(2) Se toma una *caja maestra* del pallet, se coloca sobre la mesa de trabajo y se abre.

(3) Una vez abierta la caja maestra, se extrae un empaque y se coloca sobre la mesa de trabajo.

(4) Se extrae el reproductor multimedia de su empaque junto con sus componentes (cables, control remoto y protector de pantalla).

(5) Se colocan 2 etiquetas en el producto:

- Etiqueta de verificación de información comercial NYCE (se pega sobre el empaque del reproductor).
- Etiqueta de seguridad en aparatos electrónicos NYCE (se pega sobre la superficie del reproductor).

(6) Para configurar el reproductor se sigue la siguiente secuencia:

- Conectar el cable de alimentación al reproductor (el cable sale de una fuente de voltaje).
- Dirigir el control remoto hacia el reproductor, oprimir los botones “más (+)” y “adelante (>>”, y sin dejar de oprimirlos, simultáneamente presionar el botón de encendido de la fuente de voltaje.
- Una vez encendida la fuente de voltaje, los botones (+) y (>>) deben seguir oprimidos hasta que se encienda la pantalla del reproductor.
- Presionar los botones (VCR) y (#4) simultáneamente durante 2 segundos.
- Apagar la fuente de voltaje.

(7) Para comprobar la configuración del reproductor se sigue la siguiente secuencia:

- Encender la fuente de voltaje para que se reinicie el reproductor.
- Insertar disco DVD (región 4) en el reproductor y esperar a que inicie la reproducción de la película.
- Retirar disco DVD, apagar la fuente de voltaje y desconectar el cable de alimentación.

(8) Se empaqueta el reproductor junto con sus componentes, y se anexa al empaque la póliza de garantía.

(9) Los empaques se introducen en su caja maestra, y cuando esta se llena (con 4 empaques), se cierra con cinta de seguridad y se coloca sobre un pallet.

(10) Una vez que el pallet llega a su máxima capacidad, se emplea y se notifica al Cliente la terminación de la orden de preparación. Normalmente, el Cliente genera ordenes de preparación para sus clientes (tiendas retail) en lotes de 128 piezas.

(ω) A partir de este momento, el Cliente ya puede generar la *guía de embarque* para aquellos productos que ya han sido configurados. Una guía de embarque establece la fecha y la hora en que los productos de una orden de preparación deben ser transportados a una tienda retail.

[Figura 4.6] Notas del proceso a detalle.

Fuente: *Elaboración propia.*

4.2.2. EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE MEDICIÓN

Mientras se realizaba el levantamiento de información, se determinó que el personal de la cuenta IX medía la productividad del proceso de la siguiente manera: archivaban una copia de cada una de las órdenes de preparación procesadas durante un periodo mensual, y después hacían un recuento para calcular la productividad mensual. No obstante, el subdirector de logística de almacén (consultor del proyecto) señaló que aunque el método cumplía con su propósito de medición mensual, ciertamente era ineficiente porque no contemplaba otros aspectos como: el tiempo ciclo, el tiempo de cada actividad del proceso, la productividad diaria, entre otros.

Bajo la recomendación del subdirector de logística de almacén, el equipo acordó la grabación de video para hacer una mejor estimación de la productividad del proceso. El gerente de operaciones de la cuenta IX (patrocinador del proyecto) se comprometió con la compra de una cámara de fotografía y video, y gestionó los permisos para grabar y tomar fotos dentro del almacén 2 con el *área de seguridad patrimonial*.

4.2.3. DETERMINACIÓN DEL TAKT TIME MARCADO POR EL CLIENTE

El proceso de configuración es ejecutado por el personal de maquila del área de VAS. Por política empresarial, se tiene permitido un único turno para estos colaboradores. Su turno corre de 8:30 am - 6:00 pm (con una hora y media para la comida) de lunes a viernes; por ende, cada mes tiene en promedio 22 días laborales para los colaboradores de maquila.

Con la finalidad de maximizar las ganancias y satisfacer los requerimientos del cliente IX, a partir de este momento, el objetivo del proyecto se consolida en alcanzar una productividad de 39,600 piezas/mes.

Con base en lo anterior, se procede a calcular el takt time marcado por el cliente:

$$\text{Tiempo de producción disponible} = 8 \left(\frac{\text{horas}}{\text{día}} \right) \times \frac{60(\text{min})}{1(\text{hora})} = 480 \left(\frac{\text{min}}{\text{día}} \right)$$

$$\text{Productividad requerida por el cliente} = 39,600 \left(\frac{\text{piezas}}{\text{mes}} \right) \times \frac{1(\text{mes})}{22(\text{días})} = 1,800 \left(\frac{\text{piezas}}{\text{día}} \right)$$

$$\text{Takt time} = \frac{\text{Tiempo de producción disponible}}{\text{Productividad requerida por el cliente}} = \frac{480 \left(\frac{\text{min}}{\text{día}} \right)}{1,800 \left(\frac{\text{piezas}}{\text{día}} \right)} = 0.267 \left(\frac{\text{min}}{\text{pieza}} \right)$$

$$\text{Takt time} = 16 \left(\frac{\text{seg}}{\text{pieza}} \right)$$

Por lo tanto, para satisfacer la demanda del cliente, la empresa debe configurar un reproductor multimedia cada 16 segundos.

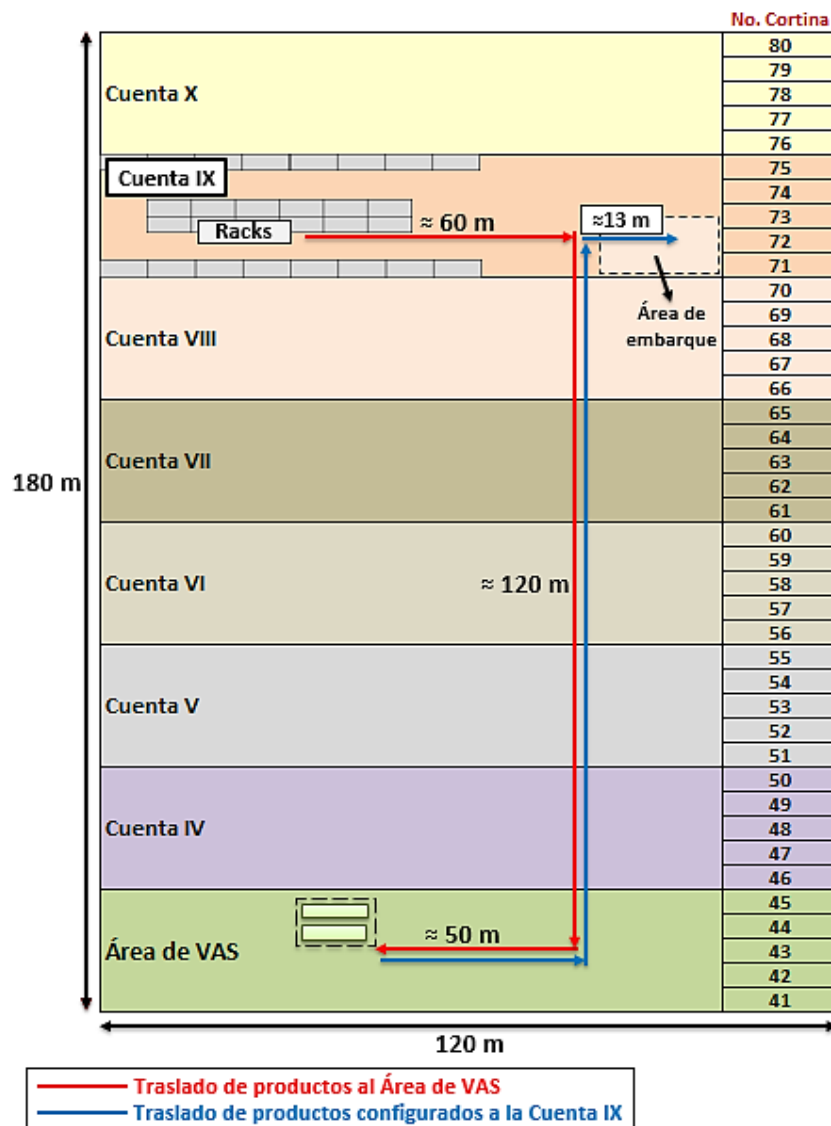
4.2.4. DIAGNÓSTICO DE LA CAPACIDAD INICIAL DEL PROCESO (DCIP)

➤ OBSERVACIONES GENERALES

1) La cuenta IX está conformada por el siguiente equipo de trabajo:

- 1 gerente de operaciones
- 1 supervisor de operaciones
- 1 coordinador de operaciones
- 1 coordinador de cuenta
- 3 operadores de montacargas
- 6 almacenistas
- una cuadrilla de 6 colaboradores de maquila (proporcionados por el área de VAS)

- 2) La cuenta IX solicita al área de VAS, mediante órdenes de trabajo, la configuración de reproductores multimedia. Es decir, la cuenta IX es propietaria del proceso de configuración, pero el área de VAS es quien ejecuta el proceso.
- 3) Por política empresarial, los colaboradores de maquila no deben realizar las mismas actividades por más de 5 días hábiles consecutivos; su rol de actividades debe rotar cuando menos una vez por semana. Por esta razón, el área de VAS cambia de manera semanal la cuadrilla de colaboradores que ejecuta el proceso de configuración por una cuadrilla de colaboradores diferente.
- 4) La cuenta IX tiene que trasladar los productos surtidos al área de VAS para que se ejecute el proceso de configuración [Figura 4.7]. Una vez concluida la configuración de los artículos, estos deben regresarse al área de embarque de la cuenta IX.



[Figura 4.7] Transporte de productos entre la cuenta IX y el área de VAS

Fuente: *Elaboración propia.*

Distancia recorrida (cuenta IX → área de VAS) = 60(m) + 120(m) + 50(m)

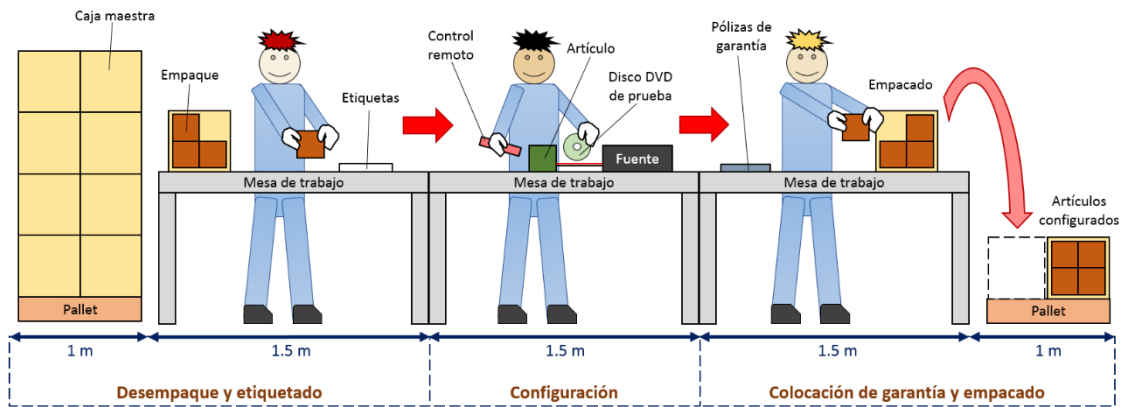
Distancia recorrida (área de VAS → área de embarque de la cuenta IX) = 50(m) + 120(m) + 13(m)

Distancia recorrida (cuenta IX → área de VAS) = 230 (m)

Distancia recorrida (área de VAS → área de embarque de la cuenta IX) = 183 (m)

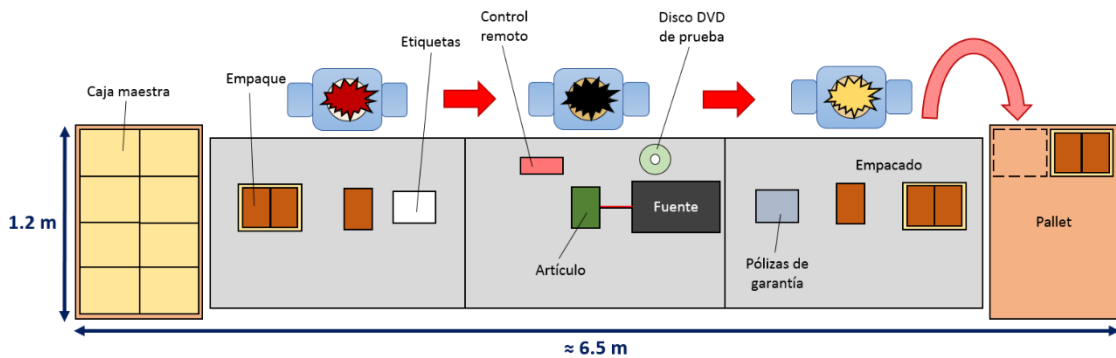
Distancia recorrida (ida y vuelta) = 413 (m)

- 5) El método inicial de trabajo está basado en el concepto de líneas de producción. La cuenta IX utiliza 2 líneas de producción para llevar a cabo el proceso de configuración. Cada línea está conformada por 3 colaboradores [Figuras 4.8 - 4.10].



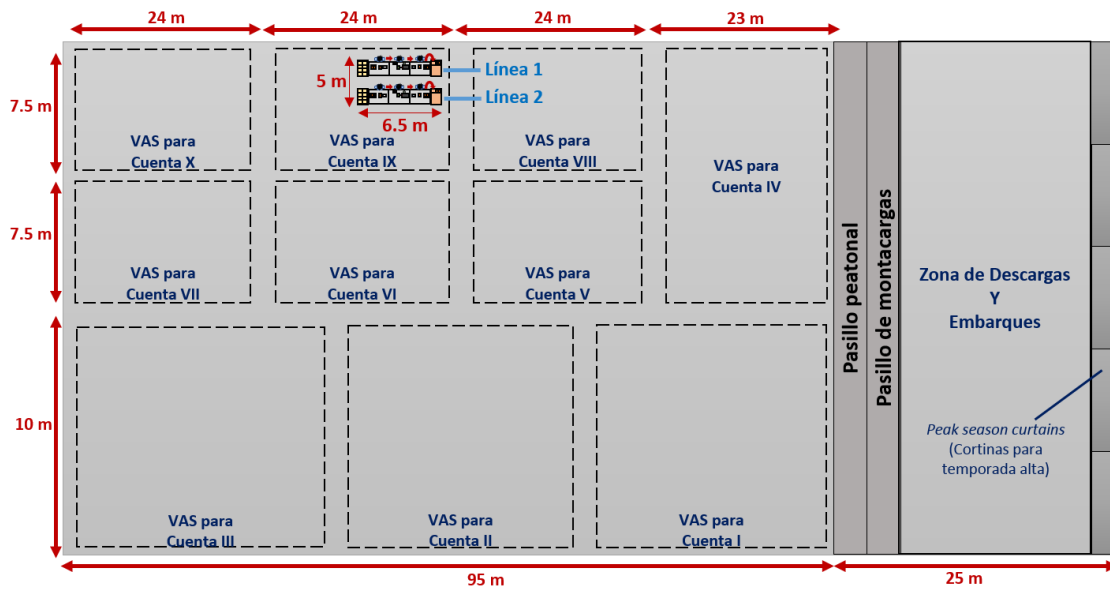
[Figura 4.8] Línea de producción para el proceso de configuración (vista frontal).

Fuente: *Elaboración propia.*



[Figura 4.9] Línea de producción para el proceso de configuración (vista superior).

Fuente: *Elaboración propia.*



[Figura 4.10] Distribución espacial de las líneas de producción en el área de VAS.

Fuente: Elaboración propia.

- 6) En total, 10 actividades son ejecutadas en el proceso; estas actividades se agrupan en 3 etapas distintas; cada etapa es realizada por un colaborador de maquila [Tabla 4.1].

No.	Actividades	Etapas
1	Desempleado	I) Desempaque y etiquetado
2	Apertura de caja maestra	
3	Extracción de empaque	
4	Extracción de artículo	
5	Etiquetado	
6	Configuración del artículo	II) Configuración
7	Comprobación de la configuración	
8	Empaquetado y colocación de garantía	III) Colocación de garantía y empaquetado
9	Empacado de caja maestra	
10	Empleado	

[Tabla 4.1] Actividades del proceso.

Fuente: Elaboración propia.

- 7) Inicialmente, se utilizan los siguientes recursos para realizar el proceso.

Recursos	Cantidad
Personal de maquila	6
Mesas de trabajo	6
Fuentes de voltaje	2
Discos DVD de prueba	2
Controles remotos	2

[Tabla 4.2] Recursos utilizados en el proceso inicial.

Fuente: Elaboración propia.

➤ **METODOLOGÍA PARA CALCULAR LA PRODUCTIVIDAD DEL PROCESO**

En cada línea de producción se grabó la configuración de 8 reproductores multimedia. A partir de los videos grabados, se obtuvieron 8 lecturas de tiempo por cada actividad del proceso. Es decir: 8 lecturas x 10 actividades x 2 líneas de producción = 160 datos de tiempo. [Tablas 4.3 y 4.4].

			LÍNEA 1							
			Tiempo de las actividades del proceso (segundos)							
Etapa	No.	Actividad	Artículo 1	Artículo 2	Artículo 3	Artículo 4	Artículo 5	Artículo 6	Artículo 7	Artículo 8
Desempaque y etiquetado	1	Desempleado	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27
	2	Apertura de caja maestra	4.58	4.58	4.58	4.58	4.72	4.72	4.72	4.72
	3	Extracción de empaque	3.50	3.58	3.55	3.26	3.62	3.59	3.67	3.72
	4	Extracción de artículo	26.45	25.20	26.12	25.00	27.10	22.45	26.54	25.13
	5	Etiquetado	13.20	14.42	15.15	12.80	13.21	12.30	14.28	15.36
Configuración	6	Configuración del artículo	22.08	21.86	22.42	21.94	21.86	21.15	20.91	22.32
	7	Comprobación de la configuración	19.12	20.65	20.02	21.10	22.05	18.29	19.04	21.32
Colocación de garantía y empacado	8	Empaquetado y colocación de garantía	37.26	38.02	39.53	37.74	38.12	37.96	38.33	39.06
	9	Empacado de caja maestra	5.28	5.28	5.28	5.28	5.62	5.62	5.62	5.62
	10	Empleado	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40

[Tabla 4.3] Lecturas de tiempo de las actividades del proceso (línea 1).

Fuente: *Elaboración propia.*

			LÍNEA 2							
			Tiempo de las actividades del proceso (segundos)							
Etapa	No.	Actividad	Artículo 1	Artículo 2	Artículo 3	Artículo 4	Artículo 5	Artículo 6	Artículo 7	Artículo 8
Desempaque y etiquetado	1	Desempleado	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29
	2	Apertura de caja maestra	4.55	4.55	4.55	4.55	4.77	4.77	4.77	4.77
	3	Extracción de empaque	3.44	3.82	3.82	4.02	3.86	3.94	3.52	4.01
	4	Extracción de artículo	27.10	24.98	24.24	26.07	26.11	25.18	26.12	27.16
	5	Etiquetado	13.58	14.13	16.13	13.18	12.61	13.14	16.12	16.18
Configuración	6	Configuración del artículo	20.65	21.15	21.85	19.93	21.94	20.18	22.11	20.98
	7	Comprobación de la configuración	19.36	20.18	19.22	20.60	21.19	19.03	20.13	20.16
Colocación de garantía y empacado	8	Empaquetado y colocación de garantía	38.66	40.01	38.02	39.16	39.73	39.33	40.18	38.77
	9	Empacado de caja maestra	5.71	5.71	5.71	5.71	6.24	6.24	6.24	6.24
	10	Empleado	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42

[Tabla 4.4] Lecturas de tiempo de las actividades del proceso (línea 2).

Fuente: *Elaboración propia.*

Los tiempos de las actividades (2) y (9), *apertura de caja maestra* y *empacado de caja maestra*, se dividieron entre 4 porque una caja maestra aloja a 4 reproductores multimedia. Los tiempos de las actividades (1) y (10), *desempleado* y *empleado*, se dividieron entre 128 porque un pallet contiene 128 reproductores multimedia alojados dentro de 32 cajas maestras.

Posteriormente, en cada línea de producción, se calcularon los tiempos promedio de las actividades del proceso, así como los promedios del tiempo ciclo y la productividad del proceso [Tablas 4.5 y 4.6].

LÍNEA 1				
Indicadores de Productividad del Proceso				
Etapa	No.	Actividad	Tiempo promedio	Tiempo promedio de la etapa (seg)
Desempaque y etiquetado	1	Desempleado	0.27	47.82
	2	Apertura de caja maestra	4.65	
	3	Extracción de empaque	3.56	
	4	Extracción de artículo	25.50	
	5	Etiquetado	13.84	
Configuración	6	Configuración del artículo	21.82	42.02
	7	Comprobación de la configuración	20.20	
Colocación de garantía y empacado	8	Empaquetado y colocación de garantía	38.25	44.10
	9	Empacado de caja maestra	5.45	
	10	Empleyado	0.40	

Tiempo ciclo (seg)	47.82
Tiempo ciclo (min)	0.80
Productividad (piezas/hora)	75.28
Productividad (piezas/día)	602.26
Productividad (piezas/mes)	13249.69

[Tabla 4.5] Indicadores de productividad del proceso (línea 1).

Fuente: *Elaboración propia.*

LÍNEA 2				
Indicadores de Productividad del Proceso				
Etapa	No.	Actividad	Tiempo promedio	Tiempo promedio de la etapa (seg)
Desempaque y etiquetado	1	Desempleado	0.29	49.01
	2	Apertura de caja maestra	4.66	
	3	Extracción de empaque	3.80	
	4	Extracción de artículo	25.87	
	5	Etiquetado	14.38	
Configuración	6	Configuración del artículo	21.10	41.08
	7	Comprobación de la configuración	19.98	
Colocación de garantía y empacado	8	Empaquetado y colocación de garantía	39.23	45.63
	9	Empacado de caja maestra	5.98	
	10	Empleyado	0.42	

Tiempo ciclo (seg)	49.01
Tiempo ciclo (min)	0.82
Productividad (piezas/hora)	73.46
Productividad (piezas/día)	587.67
Productividad (piezas/mes)	12928.63

[Tabla 4.6] Indicadores de productividad del proceso (línea 2).

Fuente: *Elaboración propia.*

Finalmente, se hizo el cálculo de la productividad promedio de ambas líneas [Tabla 4.7].

Productividad Promedio (Ambas Líneas)				
Etapa	No.	Actividad	Tiempo promedio	Tiempo promedio de la etapa (seg)
Desempaque y etiquetado	1	Desempleado	0.28	48.41
	2	Apertura de caja maestra	4.66	
	3	Extracción de empaque	3.68	
	4	Extracción de artículo	25.68	
	5	Etiquetado	14.11	
Configuración	6	Configuración del artículo	21.46	41.55
	7	Comprobación de la configuración	20.09	
Colocación de garantía y empaçado	8	Empaquetado y colocación de garantía	38.74	44.87
	9	Empacado de caja maestra	5.71	
	10	Empleyado	0.41	

Tiempo ciclo (seg)	48.41
Tiempo ciclo (min)	0.81
Productividad (piezas/hora)	74.36
Productividad (piezas/día)	594.87
Productividad (piezas/mes)	13087.19

[Tabla 4.7] Indicadores de productividad (promedio de ambas líneas).

Fuente: *Elaboración propia.*

Con base en los indicadores de productividad de la [Tabla 4.7], se deduce que *en cada línea de producción se configura una pieza cada 48.4 segundos, es decir, en cada línea de producción se configuran 13,087 piezas al mes en promedio.*

➤ DIAGNÓSTICO DE LA CAPACIDAD INICIAL

Capacidad inicial:

Número de líneas de producción = 2

$$\text{Tiempo ciclo global} = \frac{48.41 \left(\frac{\text{seg}}{\text{pieza}} \right)}{2}$$

$$\text{Productividad global} = 13,087.19 \left(\frac{\text{piezas}}{\text{mes}} \right) \times 2$$

$$\text{Tiempo ciclo global (inicial)} = 24.2 \left(\frac{\text{seg}}{\text{pieza}} \right)$$

$$\text{Productividad global (inicial)} = 26,174.38 \left(\frac{\text{piezas}}{\text{mes}} \right)$$

Por otro lado:

$$\text{Productividad requerida por el cliente} = 39,600 \left(\frac{\text{piezas}}{\text{mes}} \right)$$

$$\text{Takt time (ritmo de trabajo marcado por el cliente)} = 16 \left(\frac{\text{seg}}{\text{pieza}} \right)$$

Por lo tanto:

Tiempo ciclo global > Takt time

$$24.2 \left(\frac{\text{seg}}{\text{pieza}} \right) > 16 \left(\frac{\text{seg}}{\text{pieza}} \right)$$

Productividad global < Productividad requerida por el cliente

$$26,174 \left(\frac{\text{piezas}}{\text{mes}} \right) < 39,600 \left(\frac{\text{piezas}}{\text{mes}} \right)$$

Diagnóstico:

Inicialmente, la cuenta IX es incapaz de seguir el takt time (ritmo de trabajo) marcado por el cliente.

Inicialmente, la productividad del proceso es insuficiente para satisfacer la demanda del cliente.

Para satisfacer el requerimiento de productividad señalado por el cliente, la cuenta IX debe disminuir el tiempo ciclo para aumentar la productividad del proceso. Es decir, la cuenta IX debe lograr las siguientes modificaciones:

$$\text{Disminuir el tiempo ciclo en un: } \frac{24.2 \left(\frac{\text{seg}}{\text{pieza}} \right) - 16 \left(\frac{\text{seg}}{\text{pieza}} \right)}{24.2 \left(\frac{\text{seg}}{\text{pieza}} \right)}$$

$$\text{Aumentar la productividad en un: } \frac{39,600 \left(\frac{\text{piezas}}{\text{mes}} \right) - 26,174.38 \left(\frac{\text{piezas}}{\text{mes}} \right)}{26,174.38 \left(\frac{\text{piezas}}{\text{mes}} \right)}$$

Disminuir el tiempo ciclo en un 33.88 (%)

Aumentar la productividad en un 51.29 (%)

4.3. ETAPA DE ANÁLISIS

La etapa de análisis responde la siguiente pregunta: *¿por qué la cuenta IX es incapaz de satisfacer el nivel de productividad solicitado por el cliente?*

La etapa de análisis está conformada por tres actividades:

- **Lluvia de ideas:** se proponen ideas de las causas posibles del problema. Las ideas no se juzgan, solo se anotan.
- **Diagrama de Ishikawa:** se descartan las ideas repetidas y aquellas que no tengan relación con el problema; las demás se clasifican en un diagrama de causa - efecto.
- **Técnica del grupo nominal (TGN):** se jerarquizan las causas posibles del problema, y mediante un consenso, se determina la causa raíz del problema.

4.3.1. TORMENTA DE IDEAS

Cada integrante del equipo propuso 3 ideas de las causas posibles del problema. En total se propusieron 15 ideas:

- 1) Demasiados traslados de productos
- 2) Personal desmotivado
- 3) Tiempo de operación insuficiente
- 4) Alta rotación del personal que realiza el proceso
- 5) Manipulación de productos excesiva
- 6) Inadecuado diseño del sistema productivo
- 7) Personal poco capacitado
- 8) Carencia de montacargas para surtir los productos
- 9) Transporte de productos excesivo
- 10) Línea de producción incorrectamente diseñada
- 11) Escasez de productos en el almacén
- 12) Clima laboral inadecuado
- 13) Escasez de insumos para realizar el proceso
- 14) Movimientos innecesarios para configurar los productos
- 15) Poco personal para realizar el proceso

Ideas similares:

- Transporte de productos excesivo ≈ Demasiados traslados de productos
- Manipulación de productos excesiva ≈ Movimientos innecesarios para configurar los productos
- Inadecuado diseño del sistema productivo ≈ Línea de producción incorrectamente diseñada

Ideas descartadas:

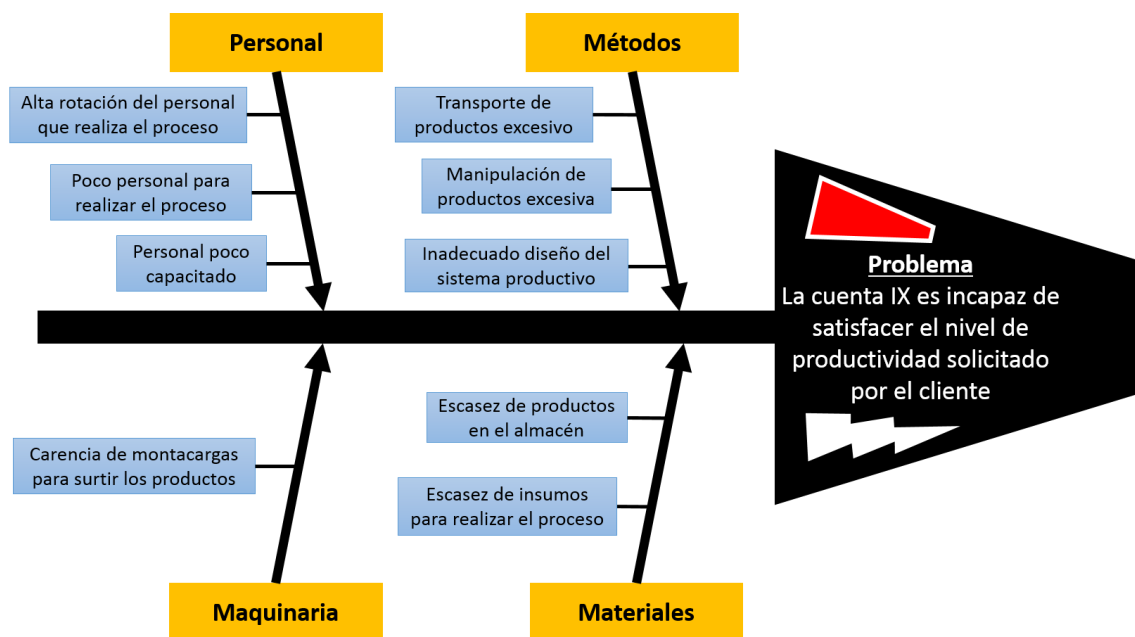
- Clima laboral inadecuado

- Tiempo de operación insuficiente
- Personal desmotivado

Lista final de ideas:

- 1) Alta rotación del personal que realiza el proceso
- 2) Poco personal para realizar el proceso
- 3) Personal poco capacitado
- 4) Transporte de productos excesivo
- 5) Manipulación de productos excesiva
- 6) Inadecuado diseño del sistema productivo
- 7) Carencia de montacargas para surtir los productos
- 8) Escasez de productos en el almacén
- 9) Escasez de insumos para realizar el proceso

4.3.2. DIAGRAMA DE ISHIKAWA



[Figura 4.11] Clasificación de las posibles causas del problema en un diagrama de causa - efecto.

Fuente: *Elaboración propia.*

4.3.3. TÉCNICA DEL GRUPO NOMINAL (TGN)

Cada integrante del equipo asignó una calificación de importancia a cada causa posible del problema. La escala de calificación fue de 1 a 9, siendo 9 la calificación de mayor importancia. Posteriormente, se sumaron las calificaciones, se jerarquizaron las causas posibles del problema de acuerdo con su nivel de importancia, y se identificaron las tres causas con mayor incidencia en el problema.

Causas	Integrante 1	Integrante 2	Integrante 3	Integrante 4	Integrante 5	Total
Alta rotación del personal que realiza el proceso	4	5	4	5	6	24
Poco personal para realizar el proceso	8	9	9	6	9	41
Personal poco capacitado	3	4	5	7	4	23
Transporte de productos excesivo	9	8	8	8	7	40
Manipulación de productos excesiva	6	6	7	9	8	36
Inadecuado diseño del sistema productivo	7	7	6	4	5	29
Carencia de montacargas para surtir los productos	5	2	3	2	3	15
Escasez de productos en el almacén	2	1	2	3	1	9
Escasez de insumos para realizar el proceso	1	3	1	1	2	8

[Tabla 4.8] Resultados de la técnica del grupo nominal (TGN).

Fuente: *Elaboración propia.*

Jerarquización de las causas del problema (de mayor a menor importancia)

- 1) Poco personal para realizar el proceso
- 2) Transporte de productos excesivo
- 3) Manipulación de productos excesiva
- 4) Inadecuado diseño del sistema productivo
- 5) Alta rotación del personal que realiza el proceso
- 6) Personal poco capacitado
- 7) Carencia de montacargas para surtir los productos
- 8) Escasez de productos en el almacén
- 9) Escasez de insumos para realizar el proceso

Conclusión:

La cuenta IX es incapaz de satisfacer el nivel de productividad solicitado por el cliente porque:

- Hay pocos colaboradores que realizan el proceso.
- Los productos se transportan excesivamente en el almacén.
- Los productos se desplazan (manipulan) excesivamente en las líneas de producción.

4.4. ETAPA DE MEJORA

4.4.1. PROPOSICIÓN, EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DE LA MEJOR SOLUCIÓN

La cuenta IX debe realizar las siguientes mejoras para satisfacer el nivel de productividad solicitado por el cliente:

- Aumentar la cantidad de colaboradores que realizan el proceso
- Disminuir el transporte excesivo de los productos en el almacén
- Disminuir el excesivo desplazamiento de productos en las líneas de producción

PROPUESTA [A]: CONTRATAR 3 COLABORADORES MÁS E IMPLEMENTAR UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN ADICIONAL

➤ Productividad global (con 3 líneas de producción):

- En la etapa de medición se determinaron los siguientes indicadores de productividad [ver Tabla 4.7]:

$$\text{Tiempo ciclo por línea} = 48.41 \left(\frac{\text{seg}}{\text{pieza}} \right)$$

$$\text{Productividad por línea} = 13,087.19 \left(\frac{\text{piezas}}{\text{mes}} \right)$$

- Actualmente operan 2 líneas de producción; si se implementa una tercera línea, se tendrían los siguientes resultados globales:

$$\text{Tiempo ciclo global (con 3 líneas de producción)} = \frac{48.41 \left(\frac{\text{seg}}{\text{pieza}} \right)}{3}$$

$$\text{Tiempo ciclo global (con 3 líneas de producción)} = 16.137 \left(\frac{\text{seg}}{\text{pieza}} \right)$$

$$\text{Productividad global (con 3 líneas de producción)} = 13,087.19 \left(\frac{\text{piezas}}{\text{mes}} \right) \times 3$$

$$\text{Productividad global (con 3 líneas de producción)} = 39,261.57 \left(\frac{\text{piezas}}{\text{mes}} \right)$$

➤ Evaluación:

- Indicadores de productividad requeridos por el cliente:

$$\text{Productividad requerida por el cliente} = 39,600 \left(\frac{\text{piezas}}{\text{mes}} \right)$$

$$\text{Takt time (ritmo de trabajo marcado por el cliente)} = 16 \left(\frac{\text{seg}}{\text{pieza}} \right)$$

- Indicadores de productividad (con 3 líneas de producción):

$$\text{Productividad global (con 3 líneas de producción)} = 39,261.57 \left(\frac{\text{piezas}}{\text{mes}} \right)$$

$$\text{Tiempo ciclo global (con 3 líneas de producción)} = 16.137 \left(\frac{\text{seg}}{\text{pieza}} \right)$$

Si se implementa una línea de producción adicional, la cuenta IX sería capaz de satisfacer el nivel de productividad estipulado en el contrato comercial (33,000 piezas/mes).

Por otro lado, la cuenta IX se acercaría demasiado al nuevo nivel de productividad requerido por el cliente (*Productividad = 39,600 piezas/mes; Takt time = 16 seg/pieza*).

➤ **Estimación de beneficios anuales:**

- Para instalar una tercera línea de producción se necesitarán las siguientes herramientas:

1 fuente de voltaje adicional (costo = 120 MXN)

1 control remoto adicional (costo = 135 MXN)

1 DVD de prueba adicional (costo = 110 MXN)

3 mesas de trabajo adicionales (la empresa tiene 8 mesas de trabajo disponibles)

Costo de herramientas adicionales = 365 (MXN)

- Gasto por administración del proyecto (tiempo invertido por los integrantes del equipo):

Gasto por administración de proyecto = 13,604.2 (MXN)

- Costo de la cámara de fotografía y video:

Costo de cámara = 8,500 (MXN)

- Sueldos del personal adicional:

Sueldo del colaborador de maquila = 4,800 (MXN/mes)

Colaboradores de maquila adicionales = 3

Sueldo anual del personal adicional = [4,800 (MXN/mes)] [12 (meses/año)] [3]

Sueldos del personal adicional = 172,800 (MXN/año)

- Estimación de egresos anuales:

Egresos anuales = 365 (MXN) + 13,604.2 (MXN) + 8,500 (MXN) + 172,800 (MXN)

Egresos anuales = 195,269.2 (MXN/año)

Se apega al presupuesto anual autorizado de 220,000 (MXN/año)

- Estimación de ingresos adicionales:

$$\text{Productividad global (inicial)} = 26,174.38 \left(\frac{\text{piezas}}{\text{mes}} \right); \text{ (2 líneas de producción con 3 operarios c/u)}$$

$$\text{Productividad global (con 3 líneas de producción)} = 39,261.57 \left(\frac{\text{piezas}}{\text{mes}} \right)$$

$$\text{Precio por pieza configurada} = 19.5 \left(\frac{\text{MXN}}{\text{pieza}} \right)$$

$$\text{Ingresos adicionales} = \left[39,261.57 \left(\frac{\text{piezas}}{\text{mes}} \right) - 26,174.38 \left(\frac{\text{piezas}}{\text{mes}} \right) \right] \left[19.5 \left(\frac{\text{MXN}}{\text{pieza}} \right) \right] \left[12 \left(\frac{\text{meses}}{\text{año}} \right) \right]$$

$$\text{Ingresos adicionales} = 3,062,402.46 \left(\frac{\text{MXN}}{\text{año}} \right)$$

- Estimación de beneficios anuales:

$$\text{Beneficios anuales} = 3,062,402.46 \left(\frac{\text{MXN}}{\text{año}} \right) - 195,269.2 \left(\frac{\text{MXN}}{\text{año}} \right)$$

$$\text{Beneficios anuales} = 2,867,133.26 \left(\frac{\text{MXN}}{\text{año}} \right)$$

PROPUESTA [B]: CONTRATAR 3 COLABORADORES MÁS E IMPLEMENTAR ESTACIONES DE TRABAJO INDIVIDUALES

➤ **Justificación de la propuesta:**

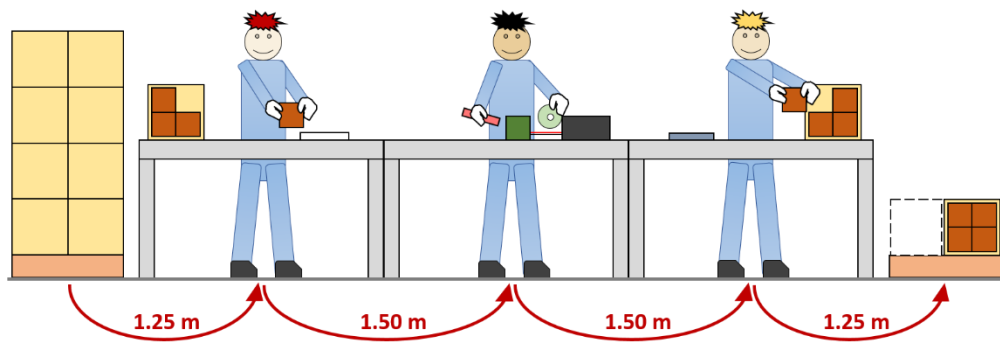
La idea fundamental de una línea de producción (o ensamble) es que un producto se manufacture (o arme) progresivamente mientras es trasladado hacia las diferentes estaciones de trabajo mediante un mecanismo de transporte de materiales (comúnmente, una cinta transportadora). El objetivo del mecanismo de transporte es evitar que los operarios transporten por sí mismos las piezas y/o materiales necesarios para manufacturar (o armar) el producto (Kanawaty, 1996).

Las líneas de producción destinadas para el proceso de configuración de reproductores multimedia instaladas en el área de VAS no cuentan con un mecanismo de transporte de materiales; los operarios son quienes desplazan los productos hacia la siguiente estación de trabajo, lo cual implica movimientos innecesarios que no agregan valor y que inciden directamente en el tiempo ciclo y en la productividad del proceso.

Tras analizar los tiempos promedio de las actividades del proceso, se determinó que si todas estas se ejecutasen por un solo colaborador en una estación de trabajo individual, el tiempo ciclo global disminuiría y por consiguiente la productividad global aumentaría (habría 6 estaciones en total porque inicialmente la cuenta IX disponía de 6 colaboradores de maquila).

El objetivo de esta propuesta es aumentar la productividad del proceso y eliminar los movimientos innecesarios que inicialmente se hacían en las líneas de producción cuando los colaboradores desplazaban los productos de una estación a otra.

➤ **Desplazamiento de productos en las líneas de producción:**



[Figura 4.12] Desplazamiento de productos en una línea de producción.

Fuente: *Elaboración propia.*

$$\text{Desplazamiento por pieza configurada} = 5.5 \left(\frac{\text{m}}{\text{pieza}} \right)$$

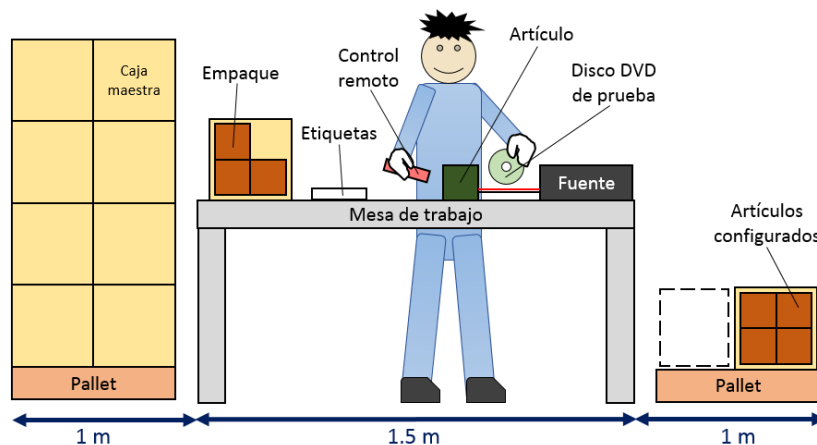
$$\text{Productividad global (inicial)} = 26,174.38 \left(\frac{\text{piezas}}{\text{mes}} \right); \quad (2 \text{ líneas de producción con } 3 \text{ operarios c/u})$$

$$\text{Desplazamiento mensual de productos (inicial)} = 26,174.38 \left(\frac{\text{piezas}}{\text{mes}} \right) \times 5.5 \left(\frac{\text{m}}{\text{pieza}} \right)$$

$$\text{Desplazamiento mensual de productos (inicial)} = 143,959.09 \left(\frac{\text{m}}{\text{mes}} \right)$$

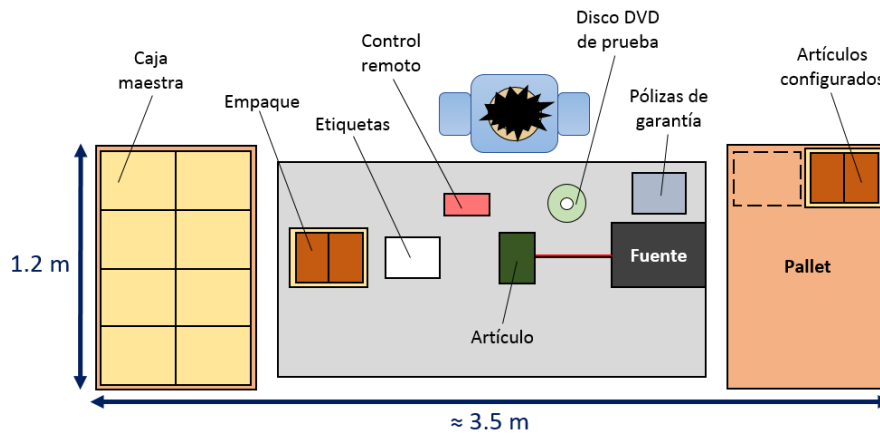
$$\text{Desplazamiento mensual de productos (inicial)} = 143.96 \left(\frac{\text{km}}{\text{mes}} \right)$$

➤ **Diseño de la estación de trabajo individual:**



[Figura 4.13] Estación de trabajo individual (vista frontal).

Fuente: *Elaboración propia.*



[Figura 4.14] Estación de trabajo individual (vista superior).

Fuente: *Elaboración propia.*

➤ **Productividad de una estación de trabajo individual:**

Tomando como referencia los tiempos promedio de las actividades del proceso de configuración [ver Tabla 4.7], se procede a calcular el tiempo ciclo y la productividad del proceso, considerando que en esta ocasión, la configuración de los artículos es realizada en estaciones de trabajo individuales. Para este caso, obsérvese que el tiempo ciclo es igual a la suma de tiempos de todas las actividades del proceso [Tabla 4.9].

Indicadores de Productividad (Estación de Trabajo Individual)				
Etapa	No.	Actividad	Tiempo promedio	Tiempo promedio de la etapa (seg)
Desempaque y etiquetado	1	Desempleado	0.28	48.41
	2	Apertura de caja maestra	4.66	
	3	Extracción de empaque	3.68	
	4	Extracción de artículo	25.68	
	5	Etiquetado	14.11	
Configuración	6	Configuración del artículo	21.46	41.55
	7	Comprobación de la configuración	20.09	
Colocación de garantía y empacado	8	Empaquetado y colocación de garantía	38.74	44.87
	9	Empacado de caja maestra	5.71	
	10	Empleado	0.41	

Tiempo ciclo (seg)	134.83
Tiempo ciclo (min)	2.25
Productividad (piezas/hora)	26.70
Productividad (piezas/día)	213.61
Productividad (piezas/mes)	4699.32

[Tabla 4.9] Indicadores de productividad (estación de trabajo individual).

Fuente: *Elaboración propia.*

$$\text{Tiempo ciclo (en una estación de trabajo individual)} = 134.83 \left(\frac{\text{seg}}{\text{pieza}} \right)$$

$$\text{Productividad (en una estación de trabajo individual)} = 4,699.32 \left(\frac{\text{piezas}}{\text{mes}} \right)$$

➤ **Productividad global (con 9 estaciones de trabajo individuales):**

Actualmente la cuenta IX dispone de 6 colaboradores de maquila; si solicita la contribución de 3 colaboradores más al área de VAS, se obtendrían los siguientes resultados globales:

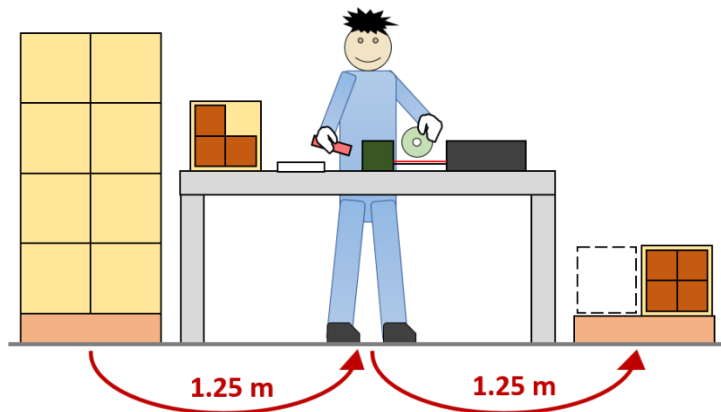
$$\text{Tiempo ciclo global (con 9 estaciones individuales)} = \frac{134.83 \left(\frac{\text{seg}}{\text{pieza}} \right)}{9}$$

$$\text{Tiempo ciclo global (con 9 estaciones individuales)} = 14.98 \left(\frac{\text{seg}}{\text{pieza}} \right)$$

$$\text{Productividad global (con 9 estaciones individuales)} = 4,699.32 \left(\frac{\text{piezas}}{\text{mes}} \right) \times 9$$

$$\text{Productividad global (con 9 estaciones individuales)} = 42,293.88 \left(\frac{\text{piezas}}{\text{mes}} \right)$$

➤ **Desplazamiento de productos en las estaciones de trabajo individuales:**



[Figura 4.15] Desplazamiento de productos en una estación de trabajo individual.

Fuente: *Elaboración propia.*

$$\text{Desplazamiento por pieza configurada} = 2.5 \left(\frac{\text{m}}{\text{pieza}} \right)$$

$$\text{Productividad global (con 9 estaciones individuales)} = 42,293.88 \left(\frac{\text{piezas}}{\text{mes}} \right)$$

$$\text{Desplazamiento mensual de productos} = 42,293.88 \left(\frac{\text{piezas}}{\text{mes}} \right) \times 2.5 \left(\frac{\text{m}}{\text{pieza}} \right)$$

$$\text{Desplazamiento mensual de productos} = 105,734.7 \left(\frac{\text{m}}{\text{mes}} \right)$$

$$\text{Desplazamiento mensual de productos (con 9 estaciones individuales)} = 105.73 \left(\frac{\text{km}}{\text{mes}} \right)$$

➤ **Disminución del desplazamiento de productos mediante el uso de estaciones individuales:**

Desplazamiento mensual de productos (inicial) = $143.96 \left(\frac{\text{km}}{\text{mes}} \right)$; (2 líneas con 3 operarios c/u)

Desplazamiento mensual de productos (con 9 estaciones individuales) = $105.73 \left(\frac{\text{km}}{\text{mes}} \right)$

Disminución del desplazamiento = $143.96 \left(\frac{\text{km}}{\text{mes}} \right) - 105.73 \left(\frac{\text{km}}{\text{mes}} \right)$

Disminución del desplazamiento = $38.23 \left(\frac{\text{km}}{\text{mes}} \right)$

Disminución porcentual del desplazamiento = $\frac{143.96 \left(\frac{\text{km}}{\text{mes}} \right) - 105.73 \left(\frac{\text{km}}{\text{mes}} \right)}{143.96 \left(\frac{\text{km}}{\text{mes}} \right)}$

Disminución porcentual del desplazamiento = 26.56 (%)

➤ **Evaluación:**

- Indicadores de productividad requeridos por el cliente:

Productividad requerida por el cliente = $39,600 \left(\frac{\text{piezas}}{\text{mes}} \right)$

Takt time (ritmo de trabajo marcado por el cliente) = $16 \left(\frac{\text{seg}}{\text{pieza}} \right)$

- Indicadores de productividad (con 9 estaciones de trabajo individuales):

Productividad global (con 9 estaciones individuales) = $42,293.88 \left(\frac{\text{piezas}}{\text{mes}} \right)$

Tiempo ciclo global (con 9 estaciones individuales) = $14.98 \left(\frac{\text{seg}}{\text{pieza}} \right)$

Si se implementan 9 estaciones de trabajo individuales, la cuenta IX sería capaz de satisfacer el nivel de productividad estipulado en el contrato comercial (33,000 piezas/mes), y además, disminuiría el desplazamiento excesivo de productos en un 26.56%.

Por otro lado, la cuenta IX rebasaría el nuevo nivel de productividad requerido por el cliente (Productividad = 39,600 piezas/mes; Takt time = 16 seg/pieza), con lo cual se maximizarían las ganancias.

➤ **Estimación de beneficios anuales:**

- Inicialmente, se cuenta con 2 fuentes de voltaje, 2 controles remotos, 2 DVD's de prueba y 6 mesas de trabajo. Para instalar 9 estaciones de trabajo individuales, se requerirán las siguientes herramientas adicionales:

7 fuentes de voltaje (costo por unidad = 120 MXN)

7 controles remotos (costo por unidad = 135 MXN)

7 DVD's de prueba (costo por unidad = 110 MXN)

3 mesas de trabajo adicionales (la empresa tiene 8 mesas de trabajo disponibles)

Costo de herramientas adicionales = $7(120)+7(135)+7(110)$

Costo de herramientas adicionales = 2,555 (MXN)

- Gasto por administración del proyecto (tiempo invertido por los integrantes del equipo):

Gasto por administración de proyecto = 13,604.2 (MXN)

- Costo de la cámara de fotografía y video:

Costo de cámara = 8,500 (MXN)

- Sueldos del personal adicional:

Sueldo del colaborador de maquila = 4,800 (MXN/mes)

Colaboradores de maquila adicionales = 3

Sueldo anual del personal adicional = $[4,800 \text{ (MXN/mes)}] [12 \text{ (meses/año)}] [3]$

Sueldos del personal adicional = 172,800 (MXN/año)

- Estimación de egresos anuales:

Egresos anuales = $2,555 \text{ (MXN)} + 13,604.2 \text{ (MXN)} + 8,500 \text{ (MXN)} + 172,800 \text{ (MXN)}$

Egresos anuales = 197,459.2 (MXN/año)

Se apega al presupuesto anual autorizado de 220,000(MXN/año)

- Estimación de ingresos adicionales:

Productividad global (inicial) = $26,174.38 \left(\frac{\text{piezas}}{\text{mes}}\right)$; (2 líneas de producción con 3 operarios c/u)

Productividad global (con 9 estaciones de trabajo individuales) = $42,293.88 \left(\frac{\text{piezas}}{\text{mes}}\right)$

Precio por pieza configurada = $19.5 \left(\frac{\text{MXN}}{\text{pieza}}\right)$

Ingresos adicionales = $\left[42,293.88 \left(\frac{\text{piezas}}{\text{mes}}\right) - 26,174.38 \left(\frac{\text{piezas}}{\text{mes}}\right)\right] \left[19.5 \left(\frac{\text{MXN}}{\text{pieza}}\right)\right] [12 \left(\frac{\text{meses}}{\text{año}}\right)]$

Ingresos adicionales = $3,771,963 \left(\frac{\text{MXN}}{\text{año}}\right)$

- Estimación de beneficios anuales:

Beneficios anuales = $3,771,963 \left(\frac{\text{MXN}}{\text{año}}\right) - 197,459.2 \left(\frac{\text{MXN}}{\text{año}}\right)$

Beneficios anuales = 3,574,503.8 $\left(\frac{\text{MXN}}{\text{año}}\right)$

PROPUESTA [C]: EJECUTAR EL PROCESO DE CONFIGURACIÓN EN EL ÁREA DE SURTIDO Y PREPARACIÓN DE LA CUENTA IX PARA DISMINUIR EL TRANSPORTE DE PRODUCTOS EXCESIVO

➤ Justificación de la propuesta:

El transporte innecesario de productos es uno de los 7 desperdicios que no agregan valor a los procesos de una empresa. El transporte de productos excesivo no es recomendable porque podría causar daños a los productos, lo cual redundaría en retrabajos innecesarios (Villaseñor y Galindo, 2016).

El objetivo de esta propuesta es disminuir el excesivo transporte de productos que inicialmente se hacía de la cuenta IX al área de VAS para realizar el proceso de configuración de reproductores multimedia.

➤ Transporte de productos de la cuenta IX al área de VAS (situación inicial):

En la [Figura 4.7, pág. 63] se muestra el transporte de productos que inicialmente había entre la cuenta IX y el área de VAS; la cuenta IX trasladaba los productos (alojados en pallets) al área de VAS para que se ejecutara el proceso de configuración; cuando terminaba la configuración de los productos, estos eran devueltos al área de embarque de la cuenta IX para que más tarde se distribuyeran a diferentes tiendas retail.

Distancia recorrida (cuenta IX → área de VAS) = 230(m)

Distancia recorrida (área de VAS → área de embarque de la cuenta IX) = 183(m)

Distancia recorrida (ida y vuelta) = 413 (m)

Productividad global (inicial) = $26,174.38 \left(\frac{\text{piezas}}{\text{mes}} \right)$; (2 líneas de producción con 3 operarios c/u)

Piezas por pallet = $128 \left(\frac{\text{piezas}}{\text{pallet}} \right)$

Pallets surtidos al mes = $\frac{26,174.38 \left(\frac{\text{piezas}}{\text{mes}} \right)}{128 \left(\frac{\text{piezas}}{\text{pallet}} \right)}$

Pallets surtidos al mes = $204.49 \left(\frac{\text{pallets}}{\text{mes}} \right)$

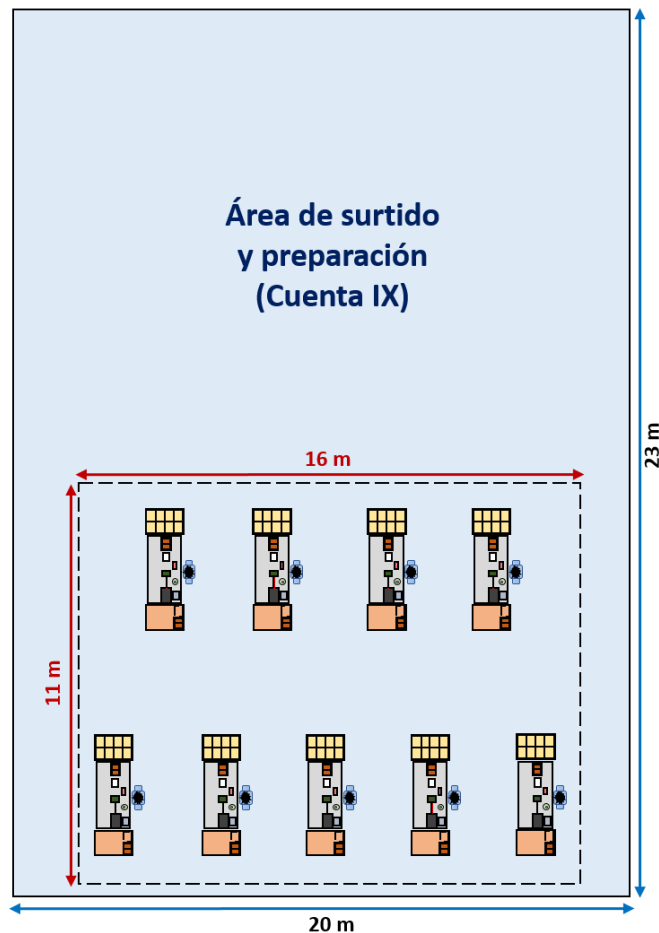
Distancia mensual recorrida (inicial) = $204.49 \left(\frac{\text{pallets}}{\text{mes}} \right) \times 413 \left(\frac{\text{m}}{\text{pallet}} \right)$

Distancia mensual recorrida (inicial) = $84,454.37 \left(\frac{\text{m}}{\text{mes}} \right)$

Distancia mensual recorrida (inicial) = $84.45 \left(\frac{\text{km}}{\text{mes}} \right)$

➤ **Instalación de estaciones individuales en el área de surtido y preparación de la cuenta IX**

El coordinador de cuenta mencionó que el porcentaje de ocupación del área de surtido y preparación durante los primeros 5 meses de operación fue del 30%. Por lo tanto, alguna parte del 70% del área podría ocuparse para realizar el proceso de configuración de reproductores multimedia. La forma de ejecutar el proceso sería mediante estaciones de trabajo individuales. En total, 9 estaciones individuales serían instaladas en el área mencionada.

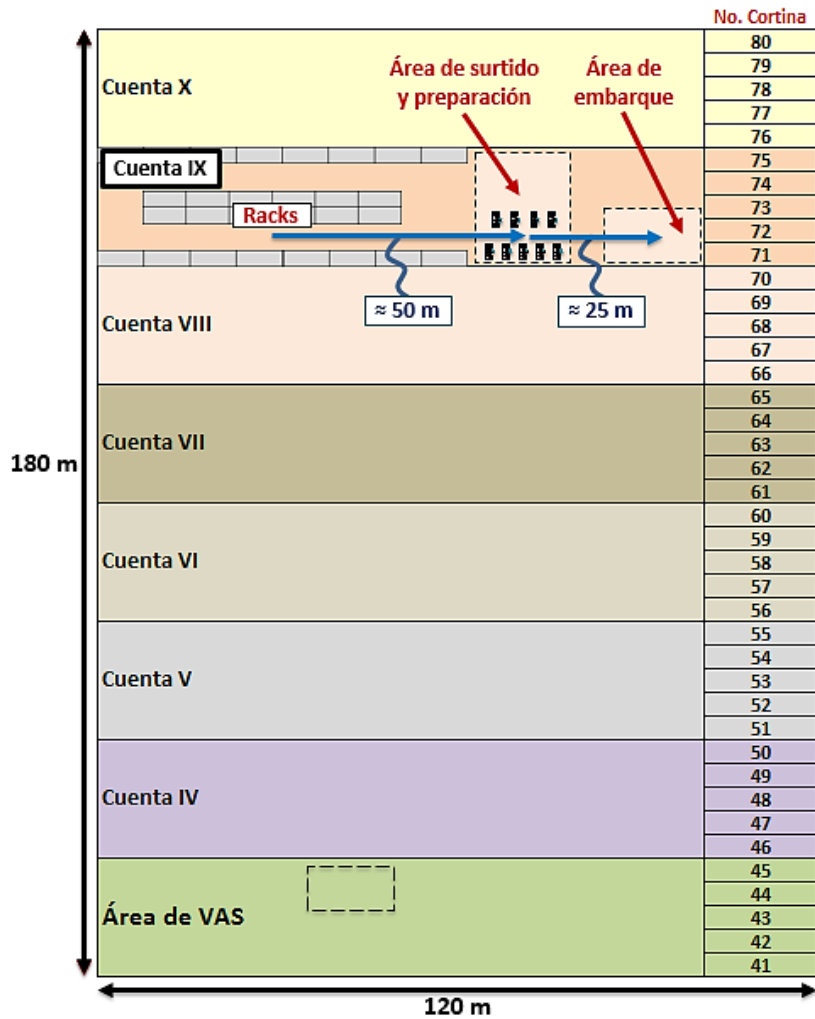


[Figura 4.16] Instalación de estaciones individuales en el área de surtido y preparación de la cuenta IX.

Fuente: *Elaboración propia.*

➤ **Transporte de productos en la cuenta IX (del área de surtido y preparación al área de embarque)**

En la [Figura 4.17] se muestra el transporte de productos que se realizaría en la cuenta IX; los productos (alojados en pallets) se enviarían al área de surtido y preparación para que se ejecute el proceso de configuración; una vez terminada la configuración de los productos, estos se trasladarían al área de embarque para que más tarde se distribuyan a diferentes tiendas retail.



[Figura 4.17] Transporte de productos en la cuenta IX.
Fuente: Elaboración propia.

Distancia recorrida (racks → área de surtido y preparación) = 50 (m)

Distancia recorrida (área de surtido y preparación → área de embarque) = 25 (m)

Distancia recorrida (total) = 75 (m)

Productividad global (con 9 estaciones de trabajo individuales) = $42,293.88 \left(\frac{\text{piezas}}{\text{mes}} \right)$

Piezas por pallet = $128 \left(\frac{\text{piezas}}{\text{pallet}} \right)$

Pallets surtidos al mes = $\frac{42,293.88 \left(\frac{\text{piezas}}{\text{mes}} \right)}{128 \left(\frac{\text{piezas}}{\text{pallet}} \right)}$

Pallets surtidos al mes = $330.42 \left(\frac{\text{pallets}}{\text{mes}} \right)$

Distancia mensual recorrida (ejecutando el proceso en la cuenta IX) = $330.42 \left(\frac{\text{pallets}}{\text{mes}} \right) \times 75 \text{ (m)}$

Distancia mensual recorrida (ejecutando el proceso en la cuenta IX) = $24,781.5 \left(\frac{\text{m}}{\text{mes}}\right)$

Distancia mensual recorrida (ejecutando el proceso en la cuenta IX) = $24.78 \left(\frac{\text{km}}{\text{mes}}\right)$

➤ **Disminución del transporte de productos mediante la implementación de estaciones de trabajo individuales en la cuenta IX**

Distancia mensual recorrida (inicial) = $84.45 \left(\frac{\text{km}}{\text{mes}}\right)$; (ejecutando el proceso en el área de VAS)

Distancia mensual recorrida (ejecutando el proceso en la cuenta IX) = $24.78 \left(\frac{\text{km}}{\text{mes}}\right)$

Disminución de la distancia recorrida = $84.45 \left(\frac{\text{km}}{\text{mes}}\right) - 24.78 \left(\frac{\text{km}}{\text{mes}}\right)$

Disminución de la distancia recorrida = $59.67 \left(\frac{\text{km}}{\text{mes}}\right)$

Disminución porcentual de la distancia recorrida = $\frac{84.45 \left(\frac{\text{km}}{\text{mes}}\right) - 24.78 \left(\frac{\text{km}}{\text{mes}}\right)}{84.45 \left(\frac{\text{km}}{\text{mes}}\right)}$

Disminución porcentual de la distancia recorrida = $70.66 (\%)$

SELECCIÓN DE LA MEJOR SOLUCIÓN

➤ **Comparación y elección de propuestas:**

Indicadores de productividad	Requerimiento del cliente	Situación inicial	Propuesta [A]	Propuesta [B]
Tiempo ciclo (segundos/pieza)	16	24.2	16.137	14.98
Productividad (piezas/mes)	39,600	26,174.38	39,261.57	42,293.88

[Tabla 4.10] Cuadro comparativo de las propuestas (indicadores de productividad).

Fuente: *Elaboración propia.*

Indicadores de mejora	Propuesta [A]	Propuesta [B]
Disminución del tiempo ciclo (%)	33.32%	38.10%
Aumento de productividad (%)	50.00%	61.59%
Beneficios anuales (MXN)	2,867,133.26	3,574,503.80

[Tabla 4.11] Cuadro comparativo de las propuestas (indicadores de mejora).

Fuente: *Elaboración propia.*

Con base en los indicadores de las [Tablas 4.10 y 4.11], el equipo acordó la implementación de la *propuesta [B]* porque es la que mejores beneficios ofrece.

En cuanto a la *propuesta [C]*, también se ha considerado conveniente su implementación debido a la importancia de los beneficios que otorga: disminución del transporte de productos en el almacén del 70.66% (el cambio implicaría pasar de 84.45 km recorridos al mes a 24.78 km recorridos al mes).

4.4.2. IMPLEMENTACIÓN Y DIAGNÓSTICO DEL PROCESO MEJORADO (DPM)

El supervisor de operaciones de la cuenta IX (responsable del proceso) gestionó la instalación de las estaciones de trabajo individuales con el área de mantenimiento. La instalación se llevó a cabo el lunes 23/octubre/2017; el costo de instalación fue de 7,200 MXN.

➤ Metodología para calcular la productividad del proceso mejorado

El miércoles 25/octubre/2017 se hicieron grabaciones en las estaciones individuales para obtener datos de los tiempos de las actividades del proceso (mejorado); en 5 estaciones de trabajo se grabó la configuración de 8 reproductores multimedia. A partir de los videos grabados en cada estación individual, se obtuvieron 8 lecturas de tiempo por cada actividad del proceso; es decir: 8 lecturas x 10 actividades x 5 estaciones individuales = 400 datos de tiempo (80 datos por estación).

Posteriormente, se calcularon los tiempos promedio de las actividades del proceso en cada una de las 5 estaciones en las que se hizo la grabación de video [Tabla 4.12].

Tiempos promedio de las actividades del proceso (segundos)							
Etapa	No.	Actividad	Estación 1	Estación 2	Estación 3	Estación 4	Estación 5
Desempaque y etiquetado	1	Desempleado	0.30	0.29	0.27	0.31	0.29
	2	Apertura de caja maestra	4.62	4.58	4.63	4.56	4.65
	3	Extracción de empaque	3.48	3.66	3.72	3.81	3.60
	4	Extracción de artículo	26.16	25.94	26.68	27.02	27.24
	5	Etiquetado	14.16	14.08	13.25	13.83	14.21
Configuración	6	Configuración del artículo	20.95	21.17	21.56	20.62	21.06
	7	Comprobación de la configuración	20.11	19.92	21.02	19.33	19.14
Colocación de garantía y empacado	8	Empaquetado y colocación de garantía	36.84	37.24	36.96	37.32	36.18
	9	Empacado de caja maestra	5.45	5.61	5.72	5.63	5.48
	10	Empleyado	0.42	0.39	0.43	0.39	0.39

[Tabla 4.12] Tiempos promedio de las actividades del proceso (mejorado).

Fuente: *Elaboración propia.*

Posteriormente, se calculó el tiempo promedio general de cada actividad del proceso (se promediaron los resultados de las 5 estaciones individuales). Con base en los cálculos realizados, se obtuvieron los promedios del tiempo ciclo y la productividad del proceso para una estación de trabajo individual [Tabla 4.13].

Indicadores de productividad del proceso mejorado				
Etapa	No.	Actividad	Tiempo promedio	Tiempo promedio de la etapa (seg)
Desempaque y etiquetado	1	Desempleado	0.29	49.07
	2	Apertura de caja maestra	4.61	
	3	Extracción de empaque	3.65	
	4	Extracción de artículo	26.61	
	5	Etiquetado	13.91	
Configuración	6	Configuración del artículo	21.07	40.98
	7	Comprobación de la configuración	19.90	
Colocación de garantía y empacado	8	Empaquetado y colocación de garantía	36.91	42.89
	9	Empacado de caja maestra	5.58	
	10	Empleyado	0.40	

Tiempo ciclo (seg)	132.93
Tiempo ciclo (min)	2.22
Productividad (piezas/hora)	27.08
Productividad (piezas/día)	216.65
Productividad (piezas/mes)	4766.27

[Tabla 4.13] Indicadores de productividad del proceso mejorado.

Fuente: *Elaboración propia.*

Con base en los indicadores de productividad de la [Tabla 4.13], se deduce que *en cada estación de trabajo se configura una pieza cada 2.22 minutos; es decir, en cada estación de trabajo se configuran 4,766 piezas al mes en promedio.*

➤ **Diagnóstico del proceso mejorado**

- Capacidad del proceso mejorado:

Número de estaciones de trabajo individuales = 9

$$\text{Tiempo ciclo global} = \frac{132.93 \left(\frac{\text{seg}}{\text{pieza}} \right)}{9}$$

$$\text{Productividad global} = 4,766.27 \left(\frac{\text{piezas}}{\text{mes}} \right) \times 9$$

$$\text{Tiempo ciclo global (proceso mejorado)} = 14.77 \left(\frac{\text{seg}}{\text{pieza}} \right)$$

$$\text{Productividad global (proceso mejorado)} = 42,896.43 \left(\frac{\text{piezas}}{\text{mes}} \right)$$

- Indicadores de productividad solicitados por el cliente:

$$\text{Takt time (ritmo de trabajo marcado por el cliente)} = 16 \left(\frac{\text{seg}}{\text{pieza}} \right)$$

$$\text{Productividad requerida por el cliente} = 39,600 \left(\frac{\text{piezas}}{\text{mes}} \right)$$

- Por lo tanto:

Tiempo ciclo global (proceso mejorado) < Takt time

$$14.77 \left(\frac{\text{seg}}{\text{pieza}} \right) < 16 \left(\frac{\text{seg}}{\text{pieza}} \right)$$

Productividad global (proceso mejorado) > Productividad requerida por el cliente

$$42,896.43 \left(\frac{\text{piezas}}{\text{mes}} \right) > 39,600 \left(\frac{\text{piezas}}{\text{mes}} \right)$$

- Diagnóstico:

Tras implementar 9 estaciones de trabajo individuales, la cuenta IX ahora es capaz de seguir el takt time (ritmo de trabajo) marcado por el cliente, y por consiguiente, también es capaz de satisfacer la nueva demanda requerida por el cliente (39,600 piezas/mes).

4.4.3. CÁLCULO DE LOS BENEFICIOS DEL PROYECTO

- Instalación de estaciones de trabajo individuales por parte del área de mantenimiento:

$$\text{Costo de instalación} = 7,200 \text{ (MXN)}$$

- Herramientas de trabajo adicionales para realizar el proceso:

$$7 \text{ fuentes de voltaje (costo por unidad} = 120 \text{ MXN)}$$

$$7 \text{ controles remotos (costo por unidad} = 135 \text{ MXN)}$$

$$7 \text{ DVD's de prueba (costo por unidad} = 110 \text{ MXN)}$$

$$3 \text{ mesas de trabajo adicionales (la empresa tiene 8 mesas de trabajo disponibles)}$$

$$\text{Costo de herramientas adicionales} = 7(120)+7(135)+7(110)$$

$$\text{Costo de herramientas adicionales} = 2,555 \text{ (MXN)}$$

- Gasto por administración del proyecto (tiempo invertido por los integrantes del equipo):

$$\text{Gasto por administración de proyecto} = 13,604.2 \text{ (MXN)}$$

- Costo de la cámara de fotografía y video:

$$\text{Costo de cámara} = 8,500 \text{ (MXN)}$$

- Sueldos del personal adicional:

$$\text{Sueldo del colaborador de maquila} = 4,800 \text{ (MXN/mes)}$$

$$\text{Colaboradores de maquila adicionales} = 3$$

$$\text{Sueldo anual del personal adicional} = [4,800 \text{ (MXN/mes)}] [12 \text{ (meses/año)}] [3]$$

$$\text{Sueldos del personal adicional} = 172,800 \text{ (MXN/año)}$$

- Estimación de egresos anuales:

$$\text{Egresos anuales} = 7,200(\text{MXN}) + 2,555 \text{ (MXN)} + 13,604.2 \text{ (MXN)} + 8,500 \text{ (MXN)} + 172,800 \text{ (MXN)}$$

$$\text{Egresos anuales} = 204,659.2 \text{ (MXN/año)}$$

$$\text{Se apeg a al presupuesto anual autorizado de } 220,000(\text{MXN/año})$$

- Estimación de ingresos adicionales:

$$\text{Productividad global (inicial)} = 26,174.38 \left(\frac{\text{piezas}}{\text{mes}} \right)$$

$$\text{Productividad global (proceso mejorado)} = 42,896.43 \left(\frac{\text{piezas}}{\text{mes}} \right)$$

$$\text{Precio por pieza configurada} = 19.5 \left(\frac{\text{MXN}}{\text{pieza}} \right)$$

$$\text{Ingresos adicionales} = \left[42,896.43 \left(\frac{\text{piezas}}{\text{mes}} \right) - 26,174.38 \left(\frac{\text{piezas}}{\text{mes}} \right) \right] \left[19.5 \left(\frac{\text{MXN}}{\text{pieza}} \right) \right] \left[12 \left(\frac{\text{meses}}{\text{año}} \right) \right]$$

$$\text{Ingresos adicionales} = 3,912,959.7 \left(\frac{\text{MXN}}{\text{año}} \right)$$

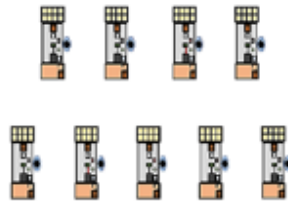
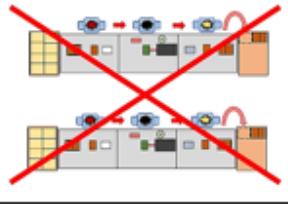
- Estimación de beneficios anuales:

$$\text{Beneficios anuales} = 3,912,959.7 \left(\frac{\text{MXN}}{\text{año}} \right) - 204,659.2 \left(\frac{\text{MXN}}{\text{año}} \right)$$

$$\text{Beneficios anuales} = \mathbf{3,708,300.5} \left(\frac{\text{MXN}}{\text{año}} \right)$$

4.5. ETAPA DE CONTROL

4.5.1. LECCIÓN DE UN PUNTO (LUP)

FORMATO DE LECCIONES DE UN PUNTO (LUP)			
Título:	Implementación de estaciones de trabajo individuales en el proceso de configuración de reproductores multimedia		
Elaborado por:	Javier Eduardo Juárez Téllez, Coordinador del proyecto	Área:	Cuenta IX
Revisado por:	Ingeniero de Proyectos Senior, Administrador del proyecto	Tipo de LUP:	Operaciones de Almacén
Autorizado por:	Supervisor de Operaciones de la Cuenta IX, Responsable del proceso	Clave del PNO:	PCD.SLA.IX.PCRM
		Folio:	1
Contenido			
A partir del 1 de noviembre de 2017, el proceso de configuración de reproductores multimedia se realizará en el área de surtido y preparación de la cuenta IX. La manera en que se ejecutará el proceso será mediante estaciones de trabajo individuales.			
Se dejan de utilizar las líneas de producción que estaban instaladas en el área de VAS porque presentaban los siguientes inconvenientes: movimientos innecesarios para realizar el proceso, transporte de productos excesivo y poco personal para realizar el proceso.			
Con los cambios realizados, se lograron los siguientes beneficios: aumento de productividad (de 26,174 piezas/mes a 42,896 piezas/mes), disminución de movimientos innecesarios para realizar el proceso (de 143.96 km/mes a 105.73 km/mes), disminución de la distancia mensual recorrida por los montacargas (de 84.45 km/mes a 24.78 km/mes). Con lo anterior, se logra satisfacer el nuevo nivel de productividad solicitado por el cliente (39,000 piezas/mes) y se optimiza el uso de los recursos de la empresa.			

[Figura 4.18] Lección de un punto (LUP).

Fuente: *Elaboración propia.*

4.5.2. APROBACIÓN Y FIRMA DEL RESPONSABLE DEL PROCESO

El supervisor de operaciones de la cuenta IX (responsable del proceso) ratifica los beneficios económicos derivados de la correcta implementación del proyecto “Aumento de productividad del proceso de configuración de reproductores multimedia”.

Beneficios = 3,708,300 MXN durante el primer año

*Principal Centro de Distribución
Cautitlán Izcalli, Estado de México
Octubre de 2017*

5. CONCLUSIONES

5.1. CONCLUSIÓN GENERAL

Tras implementar la metodología DMAIC, se logró cumplir con el objetivo planteado en la investigación, el cual es aumentar la productividad del proceso de configuración de reproductores multimedia para satisfacer el nivel de demanda señalado por el cliente.

5.2. CONCLUSIONES PARTICULARES

- 1) Se recabó información general de la empresa mediante entrevistas con el personal, con lo cual se logró comprender su estructura organizacional, los servicios logísticos que ofrece, y su participación en el mercado local e internacional.
- 2) Se delimitó el proyecto de mejora mediante la etapa de definición de la metodología DMAIC, con lo cual se estimó el costo de la calidad pobre (COPQ = 117,000 MXN mensuales), se eligieron a los integrantes del equipo que realizaron el proyecto y se estimó un presupuesto para la ejecución del proyecto (presupuesto = 220,000 MXN durante el primer año).
- 3) Se generó un diagnóstico de la capacidad inicial del proceso (DCIP) mediante la etapa de medición de la metodología DMAIC, con lo cual se determinó que la productividad inicial del proceso (26,174 piezas/mes) era insuficiente para satisfacer la demanda del cliente (39,600 piezas/mes).
- 4) Se utilizaron las técnicas tormenta de ideas, diagrama de causa-efecto y grupo nominal de la etapa de análisis de la metodología DMAIC para determinar las causas raíz del problema, las cuales resultaron ser las siguientes: poco personal para realizar el proceso, transporte de productos excesivo en el almacén y manipulación excesiva de productos en las líneas de producción.
- 5) Se evaluaron distintas propuestas de solución mediante la etapa de mejora de la metodología DMAIC para implementar aquellas que ofrecieran mejores beneficios económicos para la empresa; las propuestas que se eligieron fueron las siguientes: contratar 3 colaboradores más e implementar estaciones de trabajo individuales, y ejecutar el proceso de configuración en el área de surtido y preparación de la cuenta IX para disminuir el transporte de productos excesivo.
- 6) Tras implementar las propuestas que ofrecían mejores beneficios para la empresa, se lograron los siguientes resultados:
 - Se aumentó la productividad del proceso en un 63.89%. La productividad subió de 26,174.38 piezas/mes (utilizando 2 líneas de producción) a 42,896.43 piezas/mes (utilizando 9 estaciones de trabajo individuales).

- Se disminuyó el tiempo ciclo del proceso en un 38.97%. El tiempo ciclo bajó de 24.2 segundos/pieza (utilizando 2 líneas de producción) a 14.77 segundos/pieza (utilizando 9 estaciones de trabajo individuales).
 - Se disminuyó en un 26.56% el desplazamiento de productos que solía haber en las líneas de producción al mover los productos de una estación a otra. El desplazamiento bajó de 143.96 km/mes (utilizando 2 líneas de producción) a 105.73 km/mes (utilizando 9 estaciones de trabajo individuales).
 - Se disminuyó el transporte de productos en el almacén en un 70.66%, con lo cual se redujo el riesgo de maltratar o dañar los productos del cliente. La distancia mensual recorrida bajó de 84.45 km/mes (realizando el proceso en el área de VAS) a 24.78 km/mes (realizando el proceso en el área de surtido y preparación de la cuenta IX).
 - Los ingresos adicionales para la empresa derivados de la implementación del proyecto serán de 3,912,959 MXN/año; los costos de implementación del proyecto serán de 204,659 MXN durante el primer año; por lo tanto, los beneficios económicos derivados de la implementación del proyecto serán de 3,708,300 MXN durante el primer año.
 - La cuenta IX logró cumplir con el nivel de productividad estipulado en el contrato comercial celebrado con el cliente (33,000 piezas/mes).
 - La cuenta IX logró cumplir con el nuevo nivel de productividad solicitado por el cliente (39,600 piezas/mes).
 - El cliente quedó satisfecho con el aumento de productividad logrado por la cuenta IX, y tras observar los esfuerzos realizados por todos los colaboradores involucrados en la realización del proyecto, se comprometió a seguir utilizando los servicios logísticos de la empresa hasta la fecha señalada en el contrato comercial (8 de mayo de 2020, 2.5 años más de operación).
- 7) Se documentó una *lección de un punto* (LUP) mediante la etapa de control de la metodología DMAIC, con la cual se pretende asegurar la transmisión del conocimiento de las mejoras realizadas en el proceso y las habilidades necesarias para realizar el proceso mejorado.
- 8) Finalmente, con la implementación de la metodología DMAIC se logró un aumento en la productividad estipulada en el contrato comercial en más de un 20%, se cumplió con el nuevo nivel de demanda solicitado por el cliente, y se generaron ingresos adicionales para la empresa. Por consiguiente, queda comprobada la validez de la hipótesis formulada en el planteamiento de la investigación [capítulo 1, pág. 5].

FUENTE DE REFERENCIAS

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ✓ AIAG (2002). *Measurement Systems Analysis (MSA)*. Michigan, USA: Automotive Industry Action Group (AIAG).
- ✓ Deniss, P. (2002). *Lean Production Simplified. A Plain Language Guide to the World's Most Powerful Production System*. New York, USA: Productivity Press.
- ✓ Escalante, E (2014). *Seis - Sigma. Metodología y Técnicas*. Ciudad de México, México: Editorial Limusa.
- ✓ Hosotani, K (1992). *The QC Problem Solving Approach*. 3A Corporation.
- ✓ Kanawaty, G (1996). *Introducción al Estudio del Trabajo*. Ginebra, Suiza: OIT.
- ✓ Liker, J. (1998). *Becoming Lean. Inside Stories of U.S. Manufacturers*. Portland, USA: Productivity Press.
- ✓ Liker, J. (2004). *The Toyota Way. 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer*. New York, USA: McGraw-Hill.
- ✓ Penzer, E. (1989). Making the Quality Commitment. *Journal Incentive*, September.
- ✓ Smith, B. (1993). Six Sigma. Quality a Must not a Myth. *Journal Machine Design*, February.
- ✓ Snee, R (2001). Dealing with the Achilles' Heel of Six Sigma Initiatives. *Quality Progress*, March.
- ✓ Tapping, D. (2003). *Lean Pocket Guide*. Michigan, USA: MCS Media Inc.
- ✓ Villaseñor, A. & Galindo, E. (2016). *Manual de Lean Manufacturing. Guía Básica*. Ciudad de México, México: Editorial Limusa.
- ✓ Wallace, J. & Spearman, M. (2001). *Factory Physics Foundations of Manufacturing Management*. Boston, USA: Irwin / McGraw-Hill.

REFERENCIAS WEB

- ✓ Fundación ICIL (2018). Certificaciones Lean Six Sigma. Modalidad Presencial y Online. España: *Fundación ICIL*. Recuperado el 10 de mayo de 2018 en: <http://www.icil.org/5812/actualidad/certificaciones-lean-six-sigma-presencial-online/>
- ✓ GoLeanSixSigma (2018). What is Lean Six Sigma? USA: *GoLeanSixSigma.com*. Recuperado el 17 de mayo de 2018 en: <https://goleansixsigma.com/what-is-lean-six-sigma/>
- ✓ Salazar, B. (2016). Lean Manufacturing. Colombia: *Ingeniería Industrial Online*. Recuperado el 25 de abril de 2018 en: <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/lean-manufacturing/>
- ✓ Salazar, B. (2016). Lección de Un Punto (LUP - OPL). Colombia: *Ingeniería Industrial Online*. Recuperado el 16 de mayo de 2018 en: <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/gestion-y-control-de-calidad/leccion-de-un-punto-lup-opl/>
- ✓ Salazar, B. (2016). Six Sigma: Control de la Variación. Colombia: *Ingeniería Industrial Online*. Recuperado el 4 de mayo de 2018 en: <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/gestion-y-control-de-calidad/six-sigma/>
- ✓ Sánchez, Y. (22 de septiembre de 2017). Ciclo PHVA. Colombia: *Gerencie.com*. Recuperado el 12 de mayo de 2018 en: <https://www.gerencie.com/ciclo-phva.html>
- ✓ Wiesenfelder, H. (1 de febrero de 2018). Historia de Lean Six Sigma. USA: *Cuida tu dinero*. Recuperado el 17 de mayo de 2018 en: <https://www.cuidatudinero.com/13125596/historia-de-lean-six-sigma>

ANEXOS

ANEXO 1: SÍNTESIS DE LA SITUACIÓN DEL SECTOR DE TRANSPORTE Y LOGÍSTICA

TRANSPORTE Y LOGÍSTICA

Reporte sectorial de la Dirección de Estudios Económicos

Síntesis de la situación del sector

- La participación del sector de Transporte y Logística representó el 4.5% del PIB durante el último trimestre de 2015. En este mismo periodo, el PIB mostró un aumento de 3.0% respecto al mismo trimestre de 2014, superior al crecimiento de la economía, de 2.5%.
- Durante el mismo periodo, el PIB del subsector aéreo fue el que mejor desempeño tuvo, con una tasa de crecimiento de 18.7%.
- El autotransporte de carga fue el más utilizado por los exportadores en 2015, concentrando el 63.6% de las exportaciones totales, el cual registró un crecimiento de 6.2%, aunque en movimiento de carga total creció 2.7% en el último trimestre de 2015 y 4.1% durante el año.

➤ **Referencia:**

Bancomext (2016). Transporte y Logística. Reporte Sectorial de la Dirección de Estudios Económicos. Ciudad de México: *Bancomext*. Recuperado el 24/abril/2018 en:
<http://www.bancomext.com/wp-content/uploads/2016/04/EES-Logistica-2016-1.pdf>

ANEXO 2: CÓDIGOS REGIONALES DVD

Las empresas cinematográficas controlan los lanzamientos de películas en diferentes países, de modo que estos no son simultáneos en las diferentes regiones del mundo. Algunas empresas cinematográficas suelen vender los derechos de distribución a diferentes distribuidores con el fin de garantizar un mercado exclusivo. Por consiguiente, estas empresas requieren que el estándar DVD incluya códigos que restrinjan la reproducción de algunos discos DVD en ciertas regiones geográficas del mundo.

Cada reproductor de DVD tiene un código de la zona en que es vendido, de modo que el reproductor no podrá reproducir películas en formato DVD que no tengan el código de esa misma región. Los discos sin código podrán ser reproducidos por cualquier reproductor en cualquier país. Los códigos regionales son parte permanente del disco y no podrán ser desbloqueados hasta que pase cierto periodo de tiempo. Los códigos regionales no aplican para DVD-audio, DVD-ROM o DVD-grabables.

Existen ocho códigos de región para DVD en el mundo. Los reproductores y discos usualmente se identifican con la impresión de un pequeño mapa del mundo en el que se indica la región geográfica a la que pertenecen. Si un disco puede leerse en más de una región, entonces significa que tiene habilitado más de una código en el mapa. A continuación, se describen brevemente los códigos regionales DVD que hay en el mundo:

Región 1: Estados Unidos, territorios no incorporados de los Estados Unidos (incluyendo Puerto Rico), Canadá y Bermudas.

Región 2: Europa (excepto países de la antigua Unión Soviética), Medio Oriente, Japón, Sudáfrica, Suazilandia, Lesoto, Groenlandia y territorios franceses de ultramar.

Región 3: Sudeste asiático, Corea del Sur, Taiwán, Hong Kong y Macao.

Región 4: México, América Central y el Caribe (excepto Puerto Rico y territorios franceses de ultramar), América del Sur (excepto Guayana Francesa) y Oceanía (excepto territorios no incorporados de los Estados Unidos y territorios franceses de ultramar).

Región 5: África (excepto Egipto, Sudáfrica, Suazilandia, Lesoto y territorios franceses de ultramar), países de la antigua Unión Soviética, Asia Central y del Sur, Corea del Norte y Mongolia.

Región 6: China continental.

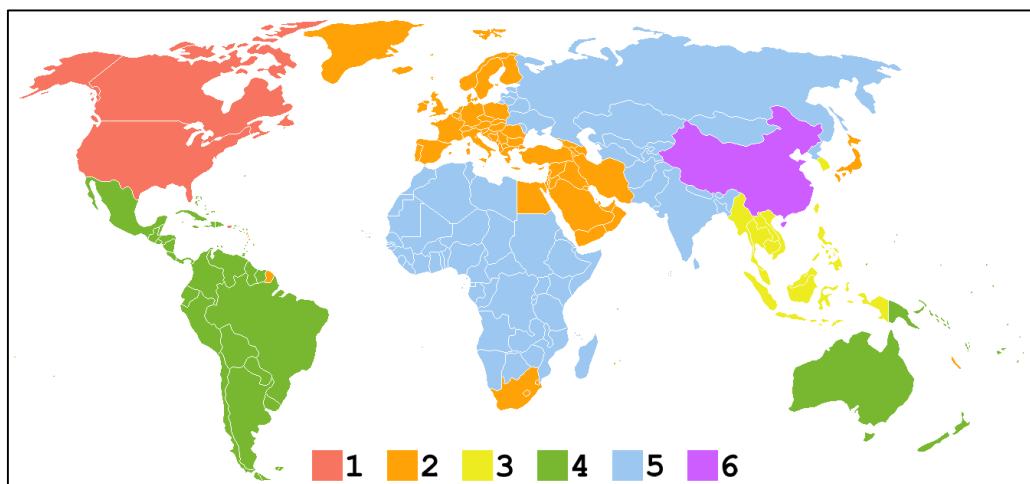
Región 7: Reservado para uso futuro.

Región 8: Especial para usos internacionales (aviones, cruceros, entre otros).

➤ **Referencia:**

Taylor, J. (1996-2003). Todo sobre DVD. *Emagister*. Recuperado el 24/abril/2018 en: https://www.emagister.com/uploads_user_home/Comunidad_Emagister_5862_dvd.pdf

DISTRIBUCIÓN DE CÓDIGOS REGIONALES DVD EN EL MUNDO



➤ **Referencia:**

Levy, D. (2006). DVD-Regions with key. *Wikimedia Commons*. Recuperado el 24/abril/2018 en: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:DVD-Regions_with_key.png

ANEXO 3: EXTERNALIZACIÓN DE LAS FUNCIONES LOGÍSTICAS

“Party Logistics (PL)” es el término empleado para referirse a la externalización (o delegación) de las funciones logísticas de una empresa a otra compañía. El número que precede al término “PL” hace referencia al nivel de externalización de dichas funciones; mientras más grande sea el número que precede al término PL, mayores responsabilidades logísticas delegará la empresa a otra compañía. A continuación, se describen los niveles PL empleados en el mundo de la logística:

1PL (First Party Logistics)

La empresa no externaliza sus funciones logísticas; la empresa se encarga de fabricar, almacenar y transportar sus propios productos hasta sus clientes finales. El 1PL es implementado por pequeñas empresas que operan de manera local y que son autosuficientes en sus funciones logísticas.

2PL (Second Party Logistics)

La empresa externaliza alguna de sus funciones logísticas a otra compañía; por lo regular, suele ser el transporte. Usualmente, el 2PL es implementado por empresas que expanden su área geográfica de comercialización.

3PL (Third Party Logistics)

La empresa externaliza sus funciones de transporte y almacenaje de productos a un *operador logístico 3PL*. El operador no es propietario de los bienes que almacena y distribuye, sino que funge como un actor intermedio entre el fabricante y sus clientes. En la modalidad 3PL, el fabricante administra sus pedidos y facturas, pero se libera de la responsabilidad de administrar sus propios almacenes y flota de vehículos.

4PL (Fourth Party Logistics)

La empresa externaliza por completo las actividades de su cadena de suministro a un *operador logístico 4PL*, desde el abastecimiento de materiales para la fabricación hasta la distribución de productos a los clientes finales, pasando por algunos procesos de almacenaje y valor agregado. El operador logístico 4PL se convierte en la única interfaz entre el fabricante y sus clientes. Asimismo, el operador logístico 4PL brinda a la empresa servicios de asesoría, planeación estratégica e integración de nuevas tecnologías.

➤ **Referencia:**

ATOX (2016). ¿Qué es 3PL y 4PL? *ATOX Sistemas de Almacenaje*. Recuperado el 30/abril/2018 en: <http://www.atoxgrupo.com/website/noticias/3pl-y-4pl>