

**PROPUESTA DE MEJORA BAJO LOS LINEAMIENTOS LEAN  
MANUFACTURING PARA EL PROCESO PRODUCTIVO DE LA  
EMPRESA J&K**

**HERNÁNDEZ PEDROZO, RAFAEL DAVID  
ROSALES DIAZ, GABRIEL EDUARDO**



**UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERIA INDUSTRIAL  
CARTAGENA DE INDIAS  
2021**

**PROPUESTA DE MEJORA BAJO LOS LINEAMIENTOS LEAN  
MANUFACTURING PARA EL PROCESO PRODUCTIVO DE LA  
EMPRESA J&K**

**HERNÁNDEZ PEDROZO, RAFAEL DAVID  
ROSALES DIAZ, GABRIEL EDUARDO**

Proyecto como requisito para optar el título de Ingenieros Industriales

Nombre de director

**UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERIA INDUSTRIAL  
CARTAGENA DE INDIAS  
2021**

### **Notas del autor**

Hernández Pedrozo, Rafael David, Facultad de Ingeniería Industrial,  
Universidad Antonio Nariño, Cartagena de Indias.

Rosales Diaz, Gabriel Eduardo, Facultad de Ingeniería Industrial,  
Universidad Antonio Nariño, Cartagena de Indias.

### **Nota de Aceptación**

Nombre y firma jurado 1

---

Nombre y firma jurado 2

---

Nombre y firma presidente

---

Nombre y firma secretario

---

## **Dedicatoria**

Primeramente, a Dios, a quien le debo la vida.

Dedico de manera especial este paso, a mis padres Cecilio y Mariela, que me formaron incansablemente, como la persona que soy en la actualidad.

A mi esposa Brianda y mi hija Rafaella, apoyo incondicional y motor de energía y ánimos en el día a día.

**Rafael David.**

## **Dedicatoria**

Primeramente, a Dios, a quien le debo la vida.

Dedico de manera especial este paso, a mis padres Hernando Rosales y María Lourdes Díaz, que me formaron incansablemente, como la persona que soy en la actualidad.

A mi esposa Candelaria Cristina Salgado Suarez que fue el mayor punto de motivación para finalizar la ingeniería y mis hijos que fueron un gran motor para poder continuar día a días y demostrar que todo en la vida lleva sacrificios.

**Gabriel Eduardo.**

## **Agradecimientos**

Agradezco a mis hermanos, Leonard Andrés, Juan José, Angela Patricia y Jesús Alberto. Gracias por el apoyo constante e incondicional en cada etapa académica y formativa.

A mis familiares y amigos, que sin pedirlo me han brindado colaboración y respaldo.

A mi director, por la colaboración y la guía durante la realización de este proyecto.

A la empresa J&K, por facilitarnos la información necesaria para el desarrollo de la investigación.

A la Empresa donde laboro, a mis compañeros de trabajo, por las facilidades de tiempo y apoyo para que siguiera desarrollándome académica y profesionalmente.

Finalmente, agradezco a la Universidad Antonio Nariño y su cuerpo de docentes, por darme la oportunidad de estudiar y formarme profesionalmente.

**Rafael David.**

## **Agradecimientos**

Agradezco a mi esposa Candelaria Salgado por el apoyo constante e incondicional en cada etapa académica y formativa.

A mis familiares y amigos, que sin pedirlo me han brindado colaboración y respaldo.

A mi director por la colaboración y la guía durante la realización de este proyecto.

A la empresa J&K, por facilitarnos la información necesaria para el desarrollo de la investigación.

A la Empresa donde laboro, a mis compañeros de trabajo, por las facilidades de tiempo y apoyo para que siguiera desarrollándome académica y profesionalmente.

Finalmente, agradezco a la Universidad Antonio Nariño y su cuerpo de docentes, por darme la oportunidad de estudiar y formarme profesionalmente.

**Gabriel Eduardo.**

## Resumen

Las organizaciones deben garantizar su productividad como principal estrategia de competitividad y sostenibilidad. Dada la importancia de esta premisa, las ciencias organizacionales e ingenieriles han estudiado y diseñado diferentes metodologías que se ajustan a diferentes modelos de negocios incluyendo los de las empresas manufactureras e industriales. Una de estas empresas es la empresa J&K que es una unidad productiva de diferentes productos metalmeccánicos como soluciones tanto domiciliarias como empresariales e industriales. Esta empresa viene presentando una productividad muy estándar, esto debido a diferentes factores que generan mayor costo en el proceso productivo, por ello, se presenta el presente proyecto con una propuesta basada en Lean Manufacturing para la empresa, en este se hace inicialmente un diagnóstico del estado de la empresa, posteriormente se identifican técnicas lean que ayuden a transformar la realidad de la empresa sin que esto signifique una gran inversión para la misma, se presenta nueva distribución de la planta y el proceso productivo y se establece el impacto financiero que la propuesta puede generar en la empresa. A través de la observación directa y teniendo en cuenta fundamentos de caracterización de procesos y estudios de tiempo, se establecen los desperdicios y las nuevas oportunidades para la empresa.

**Palabras Clave:** Desperdicios, Costos de operación, Lean Manufacturing, Procesos industriales.



### **Abstract**

Organizations must guarantee their productivity as the main strategy for competitiveness and sustainability. Given the importance of this premise, organizational and engineering sciences have studied and designed different methodologies that adjust to different business models, including those of manufacturing and industrial companies. One of these companies is the company J&K, which is a productive unit of different metal-mechanical products such as home, business and industrial solutions. This company has been presenting a very standard productivity, these due to different factors that generate higher cost in the production process, therefore, this project presents a proposal based on Lean Manufacturing for the company, this is initially a diagnosis of the state of the company, then lean techniques are identified to help transform the reality of the company without this means a large investment for the same, it presents new plant layout and production process and establishes the financial impact that the proposal can generate in the company. Through direct observation and taking into account the fundamentals of process characterization and time studies, waste and new opportunities for the company are established.

**Keywords:** Waste, Operating costs, Lean Manufacturing, Industrial processes.

## Tabla de contenido

Introducción .....	16
Planteamiento del Problema .....	16
Descripción del Problema .....	16
Formulación del Problema .....	17
Justificación .....	18
Objetivos .....	20
General .....	20
Específicos .....	20
Marco Referencial .....	21
Antecedentes .....	21
Antecedentes en español .....	21
Antecedentes en inglés .....	22
Marco Teórico .....	23
Sistema de producción Toyota - TPS .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
La máquina que cambio el mundo .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
El nuevo enfoque del lean manufacturing .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Marco Conceptual .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Técnicas y herramientas Lean .....	24
Marco Legal .....	28
Diseño Metodológico .....	42
Tipo y Enfoques de Investigación .....	42
Variables de Medición .....	42
Recolección y Análisis de Datos .....	42
Unidad de Estudio o Muestra .....	43
Fuentes y técnicas de investigación .....	43
Fuentes Primarias .....	43
Fuentes Secundarias .....	43
Fases y Actividades Metodológicas .....	43
Etapa 1 .....	44

Etapa 2 .....	44
Etapa 3 .....	44
Caracterización de la empresa J&K .....	45
Perfil Estratégico de la Empresa .....	45
Reseña Histórica .....	45
Misión .....	45
Visión .....	45
Ubicación .....	46
Perfil productivo .....	46
Diagnóstico de la empresa .....	52
Estudio De Tiempos De La Empresa J&K .....	52
Diagramas De Flujo De Operaciones .....	69
Herramientas Lean requeridas para la mejora del proceso productivo de la empresa .....	77
Cinco principios de Lean Manufacturing .....	77
Metodologías necesarias para eliminar el desperdicio en el proceso productivo .....	77
Propuesta de mejora para mitigar las ineficiencias identificadas en los procesos de la cadena productiva .....	79
Propuesta de distribución de distribución en planta de la empresa .....	80
Estrategias para la aplicación del primer principio: Especificar el valor para el cliente .....	85
Estrategia para la aplicación del segundo principio: identificar el flujo de valor .....	86
Estrategia para la aplicación del tercer principio: flujo continuo. ....	87
Estrategias para la aplicación del cuarto principio: Atraer (PULL). ....	88
Estrategia para la aplicación del quinto principio: Perfección. ....	89
Metodologías aplicadas para la eliminación de desperdicio en los procesos productivos de la empresa. ....	90
Impacto financiero de la propuesta de mejora para la empresa .....	92
Costos por desperdicio de tiempo .....	92
Costos por desperdicio de inventarios .....	93
Costos por desperdicio de transporte por pedido de materiales. ....	93
Costos por desperdicio de transportes innecesarios dentro del proceso productivo .....	94
Costos por defectos .....	94

Costo desperdicio por reproceso .....	95
Conclusiones .....	97
Recomendaciones .....	99
Referencias.....	100

**Lista de Tablas**

Tabla 1 .....	48
Tabla 2 .....	48
Tabla 3 .....	53
Tabla 4 .....	55
Tabla 5 .....	56
Tabla 6 .....	59
Tabla 7 .....	60
Tabla 8 .....	61
Tabla 9 .....	62
Tabla 10 .....	63
Tabla 11 .....	64
Tabla 12 .....	66
Tabla 13 .....	67
Tabla 14 .....	68
Tabla 15 .....	69
Tabla 16 .....	70
Tabla 17 .....	71
Tabla 18 .....	73
Tabla 19 .....	90
Tabla 20 .....	92
Tabla 21 .....	93
Tabla 22 .....	93

Tabla 23 .....	94
Tabla 24 .....	95
Tabla 25 .....	95
Tabla 26 .....	96

**Lista de Figuras**

Figura 1 .....	47
Figura 2 .....	54
Figura 3 .....	56
Figura 4 .....	58
Figura 5 .....	80
Figura 6 .....	83
Figura 7 .....	84
Figura 8 .....	85

## **Introducción**

Los procesos productivos consumen gran parte de los recursos de las empresas, en ese sentido el tiempo, los materiales y el capital humano se encuentran indudablemente incluidos en estos procesos. La producción determina la capacidad de las empresas para ofertar soluciones que satisfagan las necesidades de los clientes. Optimizar los recursos en la producción ayuda a conseguir mayores beneficios para la empresa en tanto consume los recursos necesarios para tal fin, evitando desperdicios.

Los desperdicios se originan cuando él no se da orden en el proceso y se consumen los recursos sin producir ningún tipo de beneficio para la empresa, para evitar estas pérdidas es necesario hacer un análisis constante de la forma en como el proceso productivo se desarrolla en las empresas identificando mejorar potenciales que lleven a la optimización de los recursos.

El presente proyecto obedece a la necesidad de optimizar los recursos en el proceso de producción de la empresa J&K que se dedica a la producción de diferentes productos como ventanería, puertas y barandas para soluciones habitacionales. La empresa objeto de estudio cuenta con una trayectoria importante en el mercado, sin embargo, algunos indicadores como la tasa de accidentes, el tiempo que se demora el proceso productivo y las entregas del producto terminado están mostrando la necesidad de contemplar mejoras que generen mayor beneficio a la empresa.

Se presenta a continuación las partes del proyecto que describen el problema abordado dentro de la empresa, los beneficios y beneficiarios de la investigación, los objetivos que se proyecta alcanzar que son evaluar el estado del proceso productivo de la empresa, identificar herramientas para las mejora, elaborar y costear propuesta de mejora, este sería el orden sistémico de desarrollo del trabajo, por otro lado, el marco referencial integrado por los



antecedentes investigativos, las teorías, conceptos y marco legal y metodológico del proyecto.

Finalmente se presente un presupuesto y cronograma de actividades a desarrollar para alcanzar los objetivos planteados.

## **Planteamiento del Problema**

### **Descripción del Problema**

Las empresas han logrado mejorar su competitividad mediante la innovación y la mejora continua. La primera garantiza a través del desarrollo tecnológico la optimización de recursos como el tiempo, ya que permite reducir la duración de ciertos procesos, gracias a la automatización, por cierta un ejemplo. La mejora continua por su parte se enfoca en técnicas, cultura y desarrollo progresivo de pequeñas y frecuentes mejoras, lo que permite que la ventaja adquirida se mantenga y actualice por más tiempo, logrando que las empresas mantengan un ritmo de mejora e incremento de la competitividad óptima y sostenido en el tiempo, provocando así que tanto las mejoras como la tecnología soporten los procesos de la organización y respondan a las necesidades actuales del mercado global (Corredor, 2015).

La gestión de la calidad integrada a la innovación y la mejora continua garantiza que cada una de las decisiones, políticas, métodos y procesos diseñados cumpla con el propósito de generar crecimiento y productividad.

La empresa J&K METALES se encuentra en un cambio de cultura organizacional donde pretende implementar la innovación y mejora de sus procesos productivos, en estos últimos se distinguen diversas falencias, problemas como la generación de desperdicios o bien llamados aquellos procesos que no agregan valor derivados de algunos procedimientos no deseados al momento de ejecutar las operaciones, estos problemas hacen que el área de producción sea el lugar menos idóneo para realizar los productos que comercializa la empresa, ya que no tiene una distribución

en planta adecuada, la maquinaria es obsoleta, no existe tecnificación de procesos, hay muchos tiempos muertos y los materiales primos no están cerca del área de producción lo que conlleva a que se generen pérdidas de tiempos, productos e incluso accidentalidad laboral, y con esto una disminución en la productividad y baja competitividad que ha provocado que la empresa no se posicione a un nivel elevado en ventas en el mercado en que se encuentra actualmente.

Los datos reportados por la empresa muestran una tasa de 15 incidentes y 5 accidentes por mes, los mismos son reportados en su mayoría en la zona de producción. Para el año 2019 la empresa invirtió 19 millones de pesos en gastos por transporte, hospedaje, honorarios y repuestos para las diferentes maquinas que se usan para el proceso productivo, la mayoría de los diagnósticos reportados por los técnicos apuntan a fallas por falta de mantenimiento preventivo y adecuado manejo. Como si eso fuera poco, la empresa cuenta con muchas quejas reportadas por clientes gracias a la demora en la entrega de pedidos y a la calidad de los productos que apunta a una falta de control de calidad del producto terminado.

### **Formulación del Problema**

De acuerdo con lo antes expuesto se presenta el siguiente como el principal interrogante de esta investigación: ¿cómo mejorar el proceso productivo a través de una propuesta bajo los lineamientos Lean Manufacturing para la empresa J&K?

## **Justificación**

Hoy la competencia en el mercado genera que las empresas se encuentren en constante búsqueda de nuevas tendencias, estrategias y planes para mejorar su productividad, para darse a conocer y encontrar un posicionamiento ideal que genera que la empresa pueda ser sostenible. Y en esa búsqueda se han identificado necesidades que se deben satisfacer, el hecho de que las empresas desarrollen procesos de producción requiere o trae consigo situaciones importantes que atender y prevenir, como es el caso de pérdida, mal uso de los materiales y el mal uso de las herramientas y maquinarias.

Estas necesidades en las empresas requieren ser atendidas con estrategias que garanticen el adecuado uso y además el máximo nivel de resultado dentro de los procesos productivos y para ello, las ciencias organizacionales han logrado hacer aportes importantes como se reconocen entre otras las técnicas de lean manufacturing.

Este proyecto se hace en base a que la empresa J&K METALES, está presentando diversas problemáticas en el área de producción que le está generando desperdicios y por lo tanto crean costos innecesarios que hacen que no sea eficiente a la hora de producir y tenga pérdidas que van desde las materias primas hasta la parte de almacenamiento del producto terminado. Lo que se quiere lograr es implementar diversas técnicas que sean útiles y efectivas para eliminar todo tipo de desperdicio que se presenta actualmente en la empresa creando una cultura más organizada que conlleve a una producción más limpia, esto hará que la empresa se beneficie a nivel de mercado ya que al tener unos procesos tecnificados y una distribución en planta idónea sus desperdicios serían mínimos y sus utilidades aumentarían.

Se espera con el proyecto desarrollado genera en la empresa mejoras a nivel operativo, puesto que al definir los recorridos y los desperdicios dentro de la planta se formulara una propuesta que pueda eliminar gastos innecesarios, lo que mejoraría los costos en los que incurre la empresa para desarrollar el proceso productivo, la accidentalidad también mejoraría ya que se reordenaría el espacio de trabajo y los clientes se verían más satisfechos gracias a las entregas que se realicen a tiempo de acuerdo a los contratos establecidos.

## **Objetivos**

### **General**

Diseñar propuesta de mejora bajo los lineamientos lean manufacturing para el proceso productivo de la empresa J&K

### **Específicos**

Evaluar el estado del proceso productivo de la empresa para tener un diagnóstico de esta.

Identificar las herramientas lean que requieren mejora en el proceso productivo de la empresa.

Elaborar propuesta de mejora que permita mitigar las ineficiencias identificados en los procesos de la cadena productiva.

Determinar el impacto financiero de la propuesta de mejora en la empresa a través de un estudio costo-beneficio.

## Marco Referencial

### Antecedentes

#### *Antecedentes en español*

La tendencia de la industrialización económica ha venido generando un carácter estricto dentro de la intensificación económica, por ello, las empresas han experimentado una intensa búsqueda de tipos de gestión que integren herramientas que ayuden a satisfacer las necesidades frecuentes del mercado en el que se encuentran sumidas. La influencia de factores culturales y sociales en la economía en general ha ocasionado necesidades incesantes en los usuarios de los diferentes segmentos de mercado, por ello, las empresas requieren modelos de gestión que ayuden a optimizar los recursos, la productividad de los procesos y por ello, a maximizar los resultados o los niveles de beneficio (Suñe, 2010).

Estas investigaciones dejan en evidencia el estado científico y práctico de la metodología lean manufacturing para adelgazar los gastos en la cadena productiva generando mayor atractivo a la cadena de valor de las empresas.

Por su lado, (Orozco, Cuervo, & Bolaños, 2016) desarrollaron el trabajo de titulado Implementación de herramientas lean manufacturing para el aumento de la eficiencia en la producción de EKA Corporación, con el objetivo de mejorar la eficiencia a través de las herramientas lean en la línea de terminaciones y acabados. En general se buscaba mejorar los tiempos del proceso para aumentar la cantidad producida. Los principales problemas abordados tienen que ver con el tiempo requerido para el

desarrollodel proceso siguiente entre otras paramentros los que indica la teoría de las restricciones.

Otro estudio es el desarrollado por (Munoz, 2017) titulado Implementación de herramientas de lean manufacturng en el área de control de caldiad de la empresa Maderas Arauco, este trabajo busca solucionar los problemas de la empresa respecto a la producción, la calidad, ayudando a reducir la cantidad de rechazos, mejorando los tiempos dispuestos para el desarrollo del proceso.

Tambien se tiene el trabajo desarrollado por (Mendez & Bermudez, 2018) titulado Planteamiento de un modelo lean manufacturing para el mejramiento de calidad y procesos, en la empresa ABS Cromosol Ltdan, con el fin de abordar los problemas presentados en la línea de producción de cromado de piezas plásticas que contaba con un bajo estandar en la calidad del producto y ponía en riesgo la sostenibilidad de la empresa en el tiempo, en general con el proyecto se logró mejorar la calidad de la producción mejorando la reputación de la empresa en el mercado.

Finalmente se tiene el trabajo desarrollado por (Córdoba & Bonilla, 2019) titulado Implementación de herramientas lean manufacturing e industria 4.0 para minimizar desperdicios en la empresa Cilindros Company S.A.S, en este proyecto se da la solución a los problemas de productividad en la línea de producción de la empresa, además se contempla la industria 4.0 como oportunidad para optimizar y diferenciar a la empresa, generando una mejor acogida en el mercado.

*Antecedentes en inglés*



Se tiene el estudio desarrollado por (Santos, 2011) titulado Lean Manufacturing improvements in production systems, en este el autor apunta a las mejoras que se pueden lograr en los sistemas productivos a través del uso de lean manufacturing, optimizando recursos como el tiempo, capital humano y materia prima. Por otro lado, el autor habla de la responsabilidad de la gerencia para promover en la empresa la participación de todos los miembros respetando los nuevos productivos que garantizan el éxito de esta.

Seguidamente, se tiene el trabajo desarrollado por (Padilla, 2016) titulado Lean manufacturing lean / agile manufacturing, este se constituye un aporte teórico que apunta a la eficacia del lean manufacturing para garantizar una producción más limpia, reduciendo el tiempo, las materias primas y los accidentes dentro de las áreas productivas.

Por último, se tiene el trabajo desarrollado por (Sarria, Fonseca, & Bocanegra, 2017) titulado Lean manufacturing implementation methodological model, en este trabajo los autores apuntan a los pasos más esenciales dentro de la implementación de un modelo Lean, para ello, es importante aplicar el mayor número de herramientas lean posible, ya que esto pone en evidencia de manera más cercana y profunda el estado real de los sistemas productivos de las empresas, y esto ayuda a diseñar soluciones más pertinentes y acertadas.

## **Marco Teórico**

### ***Lean manufacturing***

(Perez, La Rocca, & Sánchez, 2011) definen el lean manufacturing como un conjunto de herramientas y principios para llevar a cabo una producción pulcra, disminuyendo a su más mínima expresión los posibles desperdicios que por la naturaleza de la producción se puedan presentar en una empresa manufacturera

En la empresa Toyota Motor Corporation se dio posiblemente la primera aplicación de esta estrategia para lograr una producción más limpia. Es quizás una alternativa reina en la producción y la manufactura, puesto que se enfoca en lo material, el orden de las herramientas, la optimización de los tiempos, de los recursos, el uso correcto de la maquinaria y sobre todo el resultado más óptimo dentro de las empresas.

Existen diferentes modelos para implementar Lean Manufacturing, como estrategia cuenta con una variada lista de técnicas y metodologías y cada día surge una nueva combinación de estas que satisfacen de manera específica las necesidades que experimenta cada empresa (Sarria, Fonseca, & Bocanegra, 2017).

En general, cada combinación de herramientas y técnicas lean, obedecen al cumplimiento de principios estándar en cada empresa, estos principios son:

- Máxima reducción de desperdicios
- Reajustes y reingeniería
- Estandarización dentro de la empresa.

### ***Técnicas y herramientas Lean***

Existen un sin número de competitividad técnicas y herramientas que las empresas puedan usar de acuerdo a cada conveniencia para implementar un filosofía de lean

manufacturing, estas ayudan al proceso de enfoque de recursos, maquinaria, herramientas y personas para lograr resultados de alto impacto en materia de productividad, seguridad y (Womack & Jones, 2005).

**5S:** Se origina en la Toyota Production System y posibilita un crecimiento constante en la eficiencia a través de la ejecución ordenada de cada una de las actividades de producción. Como resultado provee orden la producción, limpieza en las zonas de trabajo, estandarización de materiales físicos y disciplina a largo plazo (Cuatrecasas & Subirachs, 2011). Cuenta con 5 actividades esenciales que son:

Actividad 1 Seiri: Traduce a organización. Es la etapa en la que se lleva a cabo un proceso de selección y separación de elementos útiles e inútiles, dotando los puestos de trabajo solo de elementos necesarios para la labor y eliminando todo lo que carece de utilidad (Cuatrecasas & Subirachs, 2011).

Actividad 2 Seiton: Traduce a orden. Etapa en la que se lleva a cabo un proceso de clasificación, ubicación y tipificación de los elementos que se han quedado en el puesto de trabajo en la etapa seiri. La meta es que sean localizables y identificables en el menor tiempo posible para optimizar el proceso (Cuatrecasas & Subirachs, 2011).

Actividad 3 Seiso: Traduce a limpieza. En esta etapa se reconoce la importancia de la limpieza del puesto de trabajo y cada uno de los elementos que lo integran. Es vital en esta etapa identificar fuentes que generan suciedad y garantizar a través de acciones puntuales que no se salgan de control (Cuatrecasas & Subirachs, 2011).

Actividad 4 Seiketsu: Traduce a estandarización. En aras de un entorno de trabajo impecable y productivo, se busca en esta etapa aplicar constantemente, replicar en otros

lugares del proceso y mantener en el tiempo, lo que se ha desarrollado en las etapas anteriores, estableciendo el orden como un parte fundamental del proceso o trabajo (Cuatrecasas & Subirachs, 2011).

Actividad 5 Shitsuke: Traduce disciplina. En esta última etapa es necesario que se garantice el cumplimiento de las etapas anteriores garantizando la formación de hábitos que son los que llevan a estas acciones sea naturales en cada miembro de la organización (Cuatrecasas & Subirachs, 2011).

SMED (SINGLE-MINUTE EXCHANGE OF DIE): éstas son técnicas que permiten la instalación de equipos y maquinaria de una planta de producción en un tiempo relativamente corto, a través de la premisa de que la puesta en marcha de un equipo o máquina o el reemplazo de este no debe ser mayor a 10 minutos (Womack y Jones, 2005).

VSM (VALUE STREAM MAP): permite identificar el estado real de un sistema productivo en tiempo real a través de la visualización del flujo de recursos, llámese materiales y materias primas entre otros. Con esta herramienta se pueden visualizar procesos de manera grafica logrando mostrar los cambios que resulten de la implementación de otras técnicas y herramientas lean.

HEIJUNKA: es una técnica que busca adaptar la producción a la demanda existente, conectando todos los eslabones de la cadena de valor desde los proveedores de insumos hasta los clientes finales. Ayuda a la nivelación de las variaciones de la demanda generando la producción de pequeños lotes de los diferentes modelos que produce la empresa generando una mayor rapidez (Cardona, 2013).

Lo que se busca con esta técnica de producir pequeños lotes es garantizar la calidad del producto reduciendo el nivel de defectos de fábrica y satisfaciendo los requisitos del producto y las expectativas del cliente.

**KAIZEN:** esta técnica promueve el cambio como una cultura, algo que identifica a la empresa, de esta forma esta puede evolucionar a mejoras actividades y prácticas. Entonces, se trata de lograr una mejora continua a través del análisis frecuente de los factores que influyen en la empresa buscando oportunidades para cambiar, mejorar modelar y reestructurar pequeñas áreas de la empresa que con el tiempo sumen el total de impacto en la misma. Tiene tres principios esenciales de base: la percepción, el desarrollo de ideas, la toma de decisiones.

**JIT (JUST IN TIME):** al igual que el resto de las técnicas esta busca reducir costos, a través de la entrega a tiempo de las activadas que se deben desarrollar y la reducción de desperdicios, es decir, en un proceso productivo es necesario que las materias primas requeridas para un lote demandado estén a tiempo ene l área de producción de esta forma se garantiza el inventario necesario para la demanda real evitando perdidas por mal uso, mal almacenaje o por no aprovechamiento.

**JUIDOKA:** esta técnica busca la automatización, es decir lograr procesos productivos autómatas, donde las maquinas no requieren de presencia humana para operar. Con esta técnica desarrollada en Toyora Jidoka se inicia la era de la automatización inicial a través del uso de procesos y principios de mecánica.

En la actualidad esta técnica se puede ver reflejada en el uso constatado de investigación para lograr automatizar las actividades y procesos reduciendo así los costes de personal y sobre todo los riesgos de accidentalidad.

La cuarta revolución industrial que se refiere a la data, usa mucho esta técnica en cuanto ha generado que las personas intervengan en los procesos solo si la misma data muestra que es necesario.

### **Marco Legal**

Para efectos de la implementación de herramientas de lean manufacturing no existe normatividad que, de cobertura al proyecto, por lo que en este apartado se presentan normas que rigen el sector metalmecánico, estas pueden ser:

- Ley de Prevención de Riesgos Laborales (Ley 31/1995, de 8 de noviembre. BOE nº 269 de 10 de noviembre).
- Decreto 1435/1992 de 27 de noviembre (BOE 11.12.92) relativo a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre máquinas.
- Decreto 590 de 2018 Por el cual se adiciona el Capítulo 12 al Título 1 de la Parte 2 del Libro 2 del Decreto Único Reglamentario del Sector Comercio, Industria y Turismo, Decreto 1074 de 2015, estableciéndose un Programa de Fomento para la Industria de Astilleros.



## **Diseño Metodológico**

### **Tipo y Enfoques de Investigación**

Para alcanzar el propósito del proyecto se define que este es una investigación descriptiva, ya que se utilizaron datos estadísticos para poder determinar el número de observaciones para la muestra en el estudio de tiempo de los procesos.

Es necesario desarrollar una investigación de tipo cualitativa y cuantitativa, que ofrece herramientas y técnicas que ayudan a determinar el estado actual de la empresa J&K METALES para identificar las ineficiencias y pérdidas y a partir de ahí, hacer posible el diseño de un modelo idóneo para la empresa.

### **Variables de Medición**

En el presente proyecto la variable más frecuente en medición es el tiempo, en esa media se mide el tiempo que duran los procesos, el tiempo de vida útil de los elementos, el tiempo perdido en cada subproceso.

Otra variable puede ser el dinero, todo lo que la empresa en el proceso productivo puede considerar como tiempo utilizado, se puede convertir en dinero dentro del proceso.

### **Recolección y Análisis de Datos**

En esta etapa del proyecto se debe describir claramente cómo se realizó la recolección y el análisis de la información en cada una de las etapas establecidas. No se focaliza en la descripción de las herramientas de recolección si no por el contrario en como este fue aplicado en la ejecución de este.



### **Unidad de Estudio o Muestra**

La muestra para esta investigación está compuesta por el gerente de la empresa y 5 empleados asignados para suministrar información de cada una de las áreas de trabajo y etapas del proceso productivo.

### **Fuentes y técnicas de investigación**

Dentro de las fuentes de información necesarias para la investigación se requieren las primarias, que se definen como cada una de las técnicas y recursos bibliográficos existentes alrededor del tema, para ello, se desarrollará, observación directa en la empresa, aplicación de formatos de entrevistas y además se trazará una línea de tiempo en la parte productiva de la empresa.

*Fuentes Primarias.* Entrevistas realizadas al directivo de la empresa y a los empleados. Anexo entrevista documento.

*Fuentes Secundarias.* La empresa proporciona documentación referente a sus procesos de fabricación de barandales de acero inoxidable con vidrio templado y las fichas técnicas de todos los equipos y máquinas utilizadas en la empresa para el desarrollo de sus operaciones de fabricación, también se tomó documentación referente al lean manufacturing.

### **Fases y Actividades Metodológicas**

Las siguientes son las etapas de la investigación necesarias para el alcance del objetivo general:

***Etapa 1:*** Evaluación el estado del proceso productivo de la empresa J&K METALES para tener un diagnóstico de esta, a través de la recolección de información acerca de su estructura organizacional y procesos productivos para desarrollar diagnóstico de esta. En esta primera parte es necesario identificar el perfil estratégico de la empresa, y conocer el perfil productivo de la misma por lo que es necesario establecer el plano actual de la empresa, los productos que fabrican y los equipos para la fabricación, finalizando con la descripción del proceso productivo.

***Etapa 2:*** Identificación de las herramientas lean que requieren mejora en el proceso productivo de la empresa. En esta etapa se hará un estudio de los tiempos dentro de la empresa y diagramas de flujo de las operaciones, identificando las herramientas que pueden ayudar a mejorar la productividad.

***Etapa 3:*** Elaborar y costear propuesta de mejora que permita mitigar las ineficiencias identificados en los procesos de la cadena productiva. Por último, se debe desarrollar una propuesta que funciona como intervención para la empresa, que contenga: redistribución de la planta, estrategia los principios de lean manufacturing (valor para el cliente, identificación del flujo de valor, flujo continuo, estrategias pull, principio de perfección) y la presentación de metodologías a aplicar para la eliminación de desperdicios en los procesos productivos de la empresa.

## **Caracterización de la empresa J&K**

### **Perfil Estratégico de la Empresa**

Para el desarrollo de la propuesta de aplicación en la empresa, es importante desarrollar una contextualización de la empresa, donde se identifique la identidad estratégica y corporativa, y los principales procesos productivos de la misma.

### ***Reseña Histórica***

La empresa J&K, se funda en agosto del año 2016 bajo la iniciativa del señor Walter Ramírez, quien inicialmente trabajaba como jefe de producción de la empresa de aluminios, después de 12 años de trabajo y de llevar a la empresa a posicionarse en el mercado, decide fundar su propia empresa dedicada a la fabricación de barandales de acero inoxidable 304 y accesorios, la conforma con capital propio y con 7 empleados de los cuales 2 son familiares.

### ***Misión***

Somos una organización dedicada a la fabricación y comercialización de divisiones de baño en vidrio templado y barandas en acero inoxidable con las especificaciones exigidas y con los atributos que satisfagan las necesidades y expectativas de los clientes, logrando un retorno óptimo sobre la inversión y un desarrollo sostenible que genere bienestar a nuestros accionistas y empleados.

### ***Visión***

En J&K buscamos para el año 2022 afianzarnos como los fabricantes y comercializadores de divisiones de baño en vidrio templado y barandas en acero inoxidable, líder en el mercado a nivel regional, reconocidos por la alta calidad de sus

productos, su excelente administración y por un talento humano con las más altas competencias capaces de sortear el desarrollo y crecimiento de esta.

### ***Ubicación***

J&K está ubicada en la ciudad de Cartagena, en el barrio Blas de Leso Cra 71 manzana 12 lote 6 quinta etapa, sus instalaciones son arrendadas y fueron escogidas por el espacio el cual era idóneo para la fabricación de sus productos.

### ***Perfil productivo***

#### **Plano Actual de la Empresa J&K**

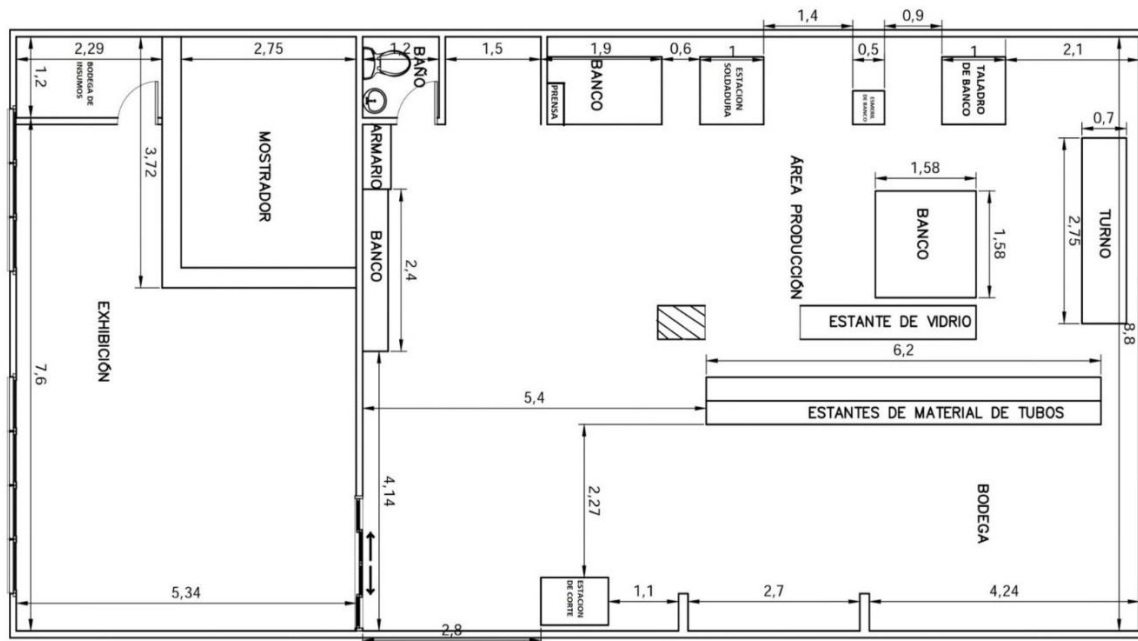
Actualmente en la distribución en planta de la empresa J&K se puede evidenciar lo siguiente:

- Inadecuada utilización del espacio: los equipos y bancos de trabajo están ubicados de tal manera que no llevan una secuencia lógica según el proceso, lo que genera cruces y desplazamientos innecesarios tanto de material como de personal, lo que conlleva a fallos y demorar en el proceso.
- Áreas demarcadas: no se evidencia demarcación de las áreas de puestos de trabajo y no cuenta con rótulos suficientes de seguridad industrial que avisen sobre todos los riesgos dentro de la planta.
- Áreas de almacenamiento: no se evidencian áreas donde se almacenen temporalmente los productos en proceso y terminados mientras son entregados al cliente.
- Desorden: se evidencia mucho desorden en los puestos de trabajo, los equipos manuales y herramientas no las colocan en su sitio cada vez que terminan las labores.

- Ventilación: cuentan con poca ventilación dentro de la planta de proceso, por lo que es un lugar cerrado y no hay una buena circulación del aire.

**Figura 1**

*Plano actual de la empresa.* Fuente: Autores con información obtenida en observación directa



*Nota.* Se muestra el estado inicial de la empresa, la ubicación de cada área de trabajo en el proceso de producción.

### Productos que Fabrican

Actualmente se fabrican barandales de acero inoxidable, postes recibidores y tocetos (soportes para vidrio templado).

- **Materia Prima.** La materia prima que interviene en la fabricación de los productos es de acero inoxidable la cual se discrimina en el siguiente cuadro.

**Tabla 1***Materia prima para barandales*

<i>Materia prima</i>	<i>Dimensiones</i>	<i>Diámetro en pulgadas</i>
	Barandales de acero inoxidable.	
Tubos (baranda)	6 metros	2"
	Postes recibidores	
Tubos (postes)	6 metros	1 ½ "
Varilla (ejes)	6 metros	½ "
Bridas	Depende del poste.	½, ¾, 1, 1 ½, 2"
Aros		½, 2"
Discos ciegos		½, ¾, 1, 1 ½, 2"
Vidrio templado	De acuerdo con especificaciones del cliente, medida de grosor estándar de 10 mm	

*Nota.* Listado y caracterización general de la materia prima de la empresa.

**Tabla 2***Materia prima para tocetos*

<i>Materia prima</i>	<i>Dimensiones</i>	<i>Diámetro en pulgadas</i>
	tocetos.	
Varilla	6 metros	¾, 1
Prisionero	¼ x ¼ cabeza allen.	
Tornillo	1 x ¼ cabeza allen avellanado.	½
Empaque termifil.		¾, 1

*Nota.* Listado y caracterización general de la materia prima usada en la empresa para la ceración de tocetos.

**Equipos para la fabricación de los productos de la empresa**

Los equipos que se utilizan en la fabricación de los barandales de acero inoxidable y vidrio templado son:

- a) Esmeriladoras angulares de 4 ½ pulgadas.
- b) Esmeril recto de 6 pulgadas.
- c) Esmeril de banco.
- d) Tronzadoras ingleteadoras de 14 pulgadas.
- e) Torno.
- f) Taladro de banco.
- g) Taladro de mano percutor de ½ pulgada.
- h) Equipo de soldadura eléctrica invertir con electrodos de tungsteno con argón.

**Pasos para la fabricación e instalación de barandas de acero inoxidable 304 y vidrio templado.**

- Fabricación de baranda de acero (Estructura)
  1. Tomar todas las medidas y se realiza el diseño del barandal
  2. Se fabrican los postes recibidores bajo especificaciones del diseño.
  3. Perforación de los tubos superiores a 2 pulg para la incrustación de los postes.
  4. Se sueldan los postes a estructura principal y demás accesorios (bridas).
  5. Se realiza pulido con disco flap y con gratalija.
  6. Se brilla con disco jean.
  7. Se da acabado con zabra para eliminar juntas de soldadura y dar una apariencia uniforme a la estructura.

- Fabricación de postes

1. Corte de tubo de 1 ½ a medida específica en el diseño.
2. Perforación en el tubo para el eje de ½ pasante.
3. Colocar tapa brida.
4. Soldar eje receptor tubo de 2 pulgadas.
5. Soldar eje ½ receptor del vidrio.
6. Soldar brida de 1 ½ y eje de media con aro.
7. Brillar con disco flap y con gratalija.
8. Terminar acabados con zabra.

- Fabricación de tocetos

1. Corte de eje de ¾ o de 1 pulgada a la medida (cuerpo del toceto).
2. Corte de eje de ¾ o de 1 pulgada a la medida (cabeza del toceto).
3. Se perfora el cuerpo del toceto de forma vertical con broca de 7/32 pulgadas.
4. Se perfora el cuerpo del toceto de forma horizontal con broca de ¼ pulgada.
5. Se perfora la cabeza del toceto con broca de ¼ pulgada.
6. Tomar machos de ¼ y realizar el roscado interno del toceto manualmente.
7. Ampliar con broca de ½ la perforación hecha con broca de ¼ pulgada.
8. Pulir cuerpo y cabeza del toceto con tela esmeril # 80.
9. Pulir el cuerpo y cabeza del toceto con zabra.
10. Unir la cabeza y cuerpo del toceto con prisionero de ¼ de pulgada, tornillos y empaques para armarlos.

- Instalación de baranda



1. Presentar estructura y confirmar que este según los planos del diseño.
2. Se perfora la baldosa con la ubicación de la brida.
3. Se instalan los tocetos en el eje de ½ pulgada.
4. Se acomodan los vidrios teniendo en cuenta que coincidan las perforaciones de los vidrios con la ubicación de los tocetos.

### **Pedido del Vidrio**

La empresa J&K no fabrica el vidrio templado, este lo pide bajo especificaciones técnicas que arroja el diseño y proyecto que se esté realizando, el proceso para realizar el pedido es el siguiente:

- a) Para vidrios con medidas cuadradas.
  1. Se toman las medidas del vidrio largo, alto y diámetros de perforación y se realiza el dibujo en una plancha de detalle técnico indicando todas las medidas y tolerancias, a su vez se llena un formato adjunto a este dónde se especifican los ítems de la plancha con medidas de espesor ancho, alto, tipo de vidrio (curvo o plano) y la cantidad.
  2. Se envía al proveedor con el carro que trae los pedidos de vidrio templado (llegan 2 veces por semana a la ciudad y avisan por correo electrónico el día que van a pasar).
  3. Tiempo de entrega se estima de 8 a 10 días.
- b) Para vidrios con medidas no uniformes.

1. Se toman las medidas del vidrio largo, alto y diámetros de perforación y se realiza una plantilla de cartón con las medidas y tolerancias del vidrio a medir en ella se indican las medidas y perforaciones además de la cantidad se enrollan y se empacan para ser enviadas.
2. Se envía al proveedor con el carro que trae los pedidos de vidrio templado (llegan 2 veces por semana a la ciudad y avisan por correo electrónico el día que van a pasar).
3. Tiempo de entrega se estima de 8 a 10 días.

### ***Diagnóstico de la empresa***

Dentro de las visitas desarrolladas a la empresa se pudieron recopilar datos sobre los procesos en la misma, los tiempos que requieren cada etapa del proceso productivo, se identificaron posibles ineficiencias y en entrevista a gerente de la empresa se identificaron problemáticas puntuales a nivel estratégico y administrativo.

Inicialmente se tienen las siguientes tablas que describen los tiempos de cada uno de los procesos, que permiten evidenciar el estado actual de la empresa.

### ***Estudio De Tiempos De La Empresa J&K***

- ***Descripción de las actividades de la empresa J&K.*** Actualmente la empresa J&K realiza el proceso de fabricación e instalación de barandas en acero inoxidable 304 y ensamble con vidrio templado, postes recibidores y tocetos los cuales definiremos a continuación.

## Fabricación De Barandales De Acero Inoxidable 304

La tabla 3 muestra las actividades y el diagrama 2 el recorrido desarrollado para la fabricación de barandales.

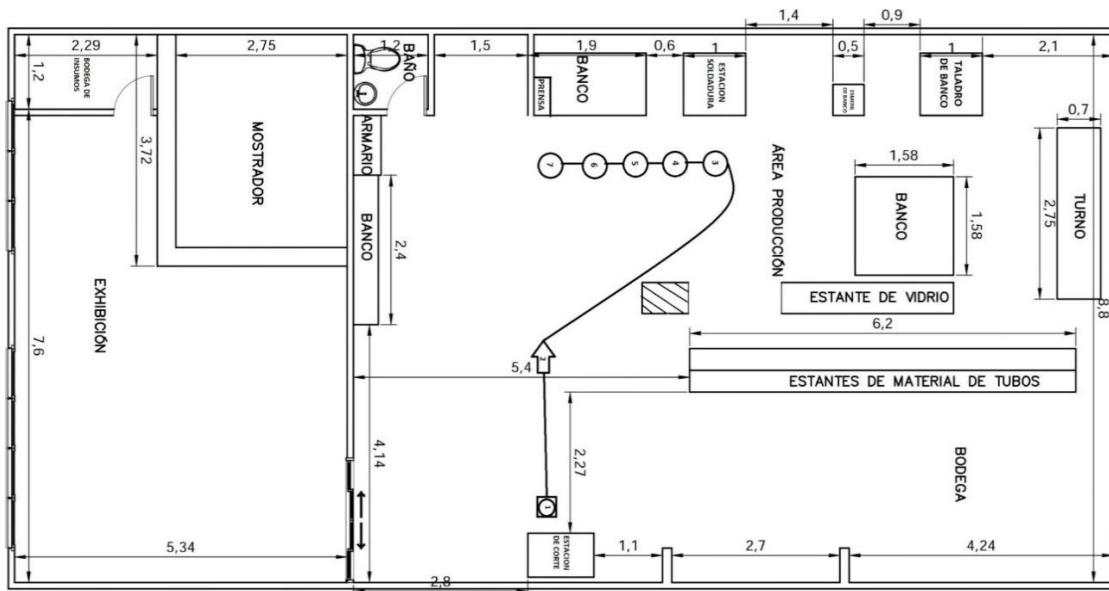
**Tabla 3***Actividades para la fabricación de barandales*

<i>Actividad</i>	<i>Descripción</i>
Medición y corte de tubos de 2"	De acuerdo con el diseño se mide el tubo de 2 pulgadas y se corta recto y a 45 grados en esquina.
Soldar tubos de 2" para estructura superior	Se fijan los tubos con un punto de soldadura y se suelda un cordón para unirlos.
Perforar los tubos superiores de 2" para la incrustación de postes.	Con el taladro y una broca de ½ se perfora a cada 90 cm para la incrustación de cada poste.
Soldar postes a estructura principal y demás accesorios (bridas).	Se incrustan los postes y se sueldan a la estructura principal.
Pulir con disco flap y con grata lija, brillar con disco jean y terminar acabados con zabra.	Se pule, brilla y se le da acabado a las uniones donde se hizo la soldadura para darle un aspecto sólido y uniforme.

Nota. Se muestran las actividades con su descripción, en la creación de barandales.

**Figura 2**

*Diagrama de recorrido actual de fabricación de barandales de acero inoxidable. Fuente: Autor con información obtenida en observación directa*



*Nota.* Se muestra el recorrido que se debe desarrollar para la fabricación de barandales dentro de la empresa.

Fabricación de postes recibidores de acero inoxidable 304.

En la tabla 4 se muestran las actividades desarrolladas en la fabricación de postes dentro de la empresa. Y la figura 3 muestra el recorrido del proceso.

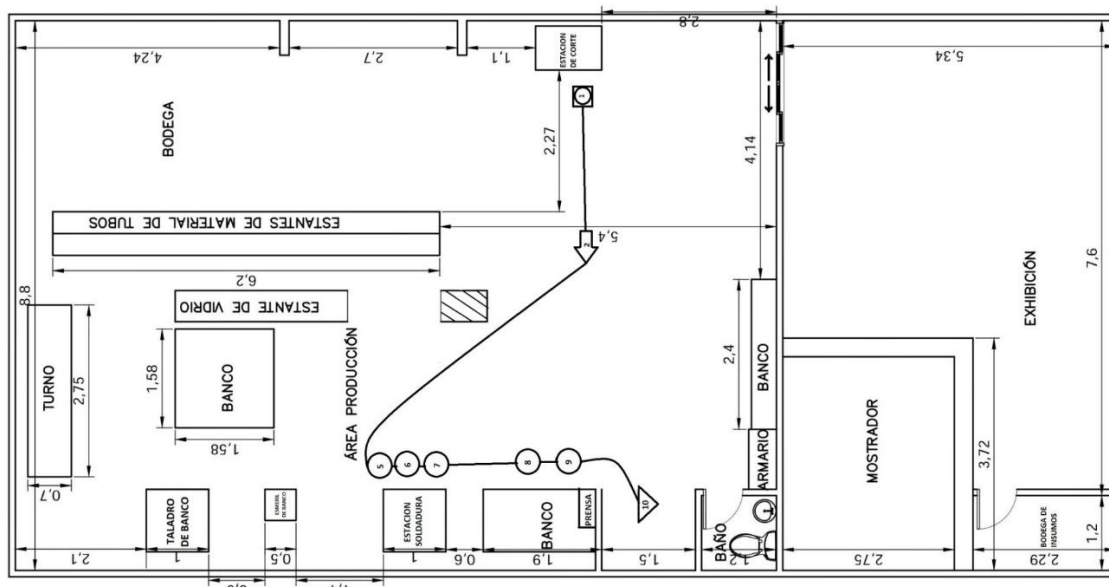
**Tabla 4***Actividades en la fabricación de postes*

<i>Actividad</i>	<i>Descripción</i>
Cortar tubo de 1 1/2 " a medida específica.	Se corta tubo de 1 1/2 para cuerpo de poste receptor.
Perforar el tubo para el eje de 1/2 " pasante y colocar tapa brida.	Se marca con punta y se perfora con ayuda del taladro de mano y broca de 1/2 luego se coloca la tapa brida.
Soldar eje receptor de Tubo 2" y eje 1/2" receptor del vidrio.	Se suelda el eje receptor al aro y este a su vez a la parte superior del poste de inmediato se suelda el eje de 1/2 receptor del vidrio.
Soldar brida 1 1/2 " y eje de 1/2 " con aro.	Se suelda la brida al eje receptor de 1/2 con el aro formando la flauta. (soporte para estructura a pared o piso)
Brillar con disco flap y grata lija. Terminar acabados con zabra.	Se pule, brilla y se le da acabado a las uniones donde se hizo la soldadura para darle un aspecto sólido y uniforme.

*Nota.* Se muestra cada una de las actividades y descripción de estas para la fabricación de postes.

**Figura 3**

Diagrama de recorrido actual de postes recibidores de acero inoxidable.



Nota. Se muestra el recorrido para el proceso de fabricación de postes.

### Fabricación De Tocetos

La tabla 5 muestra las actividades que se deben desarrollar y la figura 4 muestra el recorrido del proceso para la fabricación de tocetos.

**Tabla 5**

Actividades para la fabricación de tocetos

<i>Actividad</i>	<i>Descripción</i>
Corte de eje (6 metros) de 3/4"o de 1" a 1 metro (tronzadora)	Se corta en la tronzadora a la medida de un metro, la cual es la específica de trabajo para el torno.
Montaje de eje de 3/4" o 1" en torno, medición y corte. (cuerpo de toceto)	Se monta el eje se mide y se marca a medida específica (cuerpo de toceto) con

---

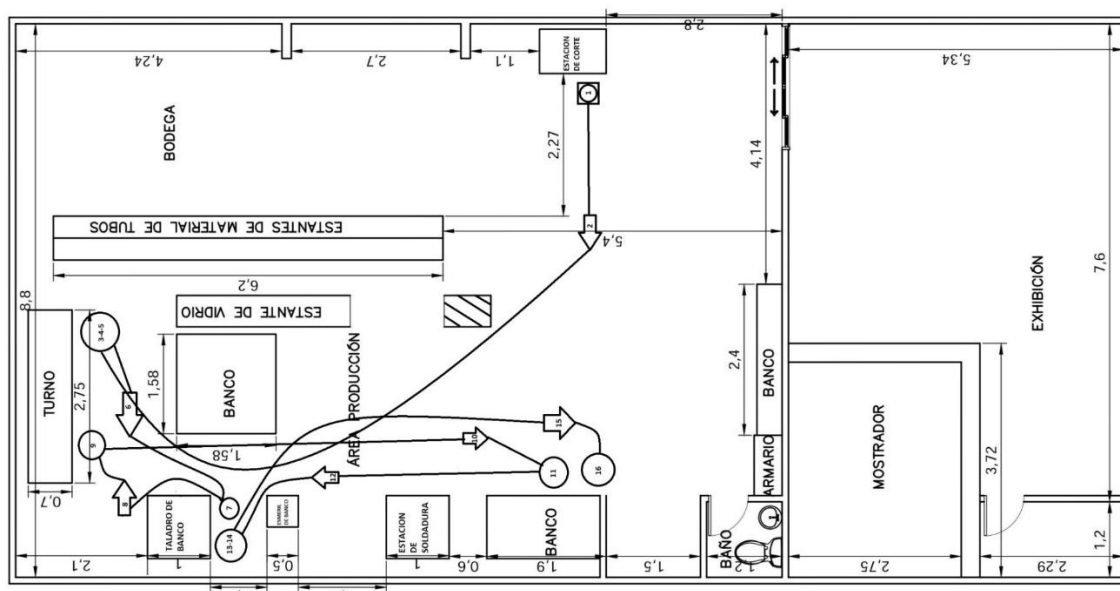
Montaje de eje de 3/4" o 1" en torno, medición y corte. (cabeza de toceto)	el buril, luego se ajusta la pulidora de mano la torno y se corta el eje en movimiento de torno a baja revolución. Se monta el eje se mide y se marca a medida específica (cabeza de toceto) con el buril, luego se ajusta la pulidora de mano la torno y se corta el eje en movimiento de torno a baja revolución.
Montar cuerpo de toceto en torno refrendar y perforar de forma vertical con broca de 7/32 (torno)	Se monta en torno y se le hace refrendado en una cara luego se perfora con broca 7/32 para hacer roscado.
Perforar el cuerpo del toceto de forma horizontal con broca de 5/16" y luego ampliar con broca de 1/2 (taladro de banco)	En el taladro de banco se perfora horizontalmente para el eje pasante de 1/2.
Montar cabeza toceto en torno refrendar y perforar con broca de 1/4(torno)	Se refrenda la cabeza del toceto y se perfora para el tornillo pasante que asegura al vidrio.
Tomar los machos de 1/4" y realizar roscado interno del toceto.	Se lleva a la prensa de banco y con juego de machos de 1/4 se realiza roscado manualmente
Pulir el cuerpo y cabeza del toceto con tela esmeril # 80 y zabra.	Se pule tanto el cuerpo y cabeza del toceto a para quitar imperfecciones y darle acabado.
Unir la cabeza y el cuerpo del toceto con prisionero de 1/4", tornillos y empaques para armarlos.	Se arman los tocetos.

---

*Nota.* Se presenta recorrido del proceso de fabricación de tocetos.

**Figura 4**

*Diagrama de recorrido actual de fabricación de toceros. Fuente: Autores con información obtenida en observación directa*



*Nota.* Se presenta recorrido del proceso de fabricación de toceros.

- **Determinación De La Muestra.** Para determinar el tamaño de la muestra se utilizó el método tradicional el cual consiste en seguir el siguiente procedimiento.
  - a) Realizar una muestra de cada elemento tomando 10 lecturas sí los ciclos son  $\leq 2$  minutos y 5 lecturas sí los ciclos son  $> 2$  minutos, esto debido a que hay más confiabilidad en tiempos más grandes, que en tiempos muy pequeños donde la probabilidad de error puede aumentar.
  - b) Calcular el rango o intervalo de los tiempos de ciclo, es decir, restar del tiempo mayor el tiempo menor de la muestra:  $R$  (Rango) =  $X_{\max} - X_{\min}$
  - c) Calcular la media aritmética o promedio:



siendo:

$$MEDIA = \frac{\sum x}{n}$$

$\sum x$  = Sumatoria de los tiempos de muestra

$n$  = Número de ciclos tomados.

d) Hallar el cociente entre rango y la media.

$$COCIENTE = \frac{R}{MEDIA}$$

e) Buscar ese cociente en la siguiente tabla, en la columna (R/X) (Ver Anexo 2), se ubica el valor correspondiente al número de muestras realizadas (5 o 10) y ahí se encuentra el número de observaciones a realizar para obtener un nivel de confianza del 95% y un nivel de precisión de  $\pm 5\%$ .

- **Cálculo del número de muestras:** A continuación se muestra el número de muestras de cada proceso para determinar el número de observaciones necesarias para realizar el estudio de tiempos:

**Tabla 6**

*Número de muestras Fabricación de barandal de acero inoxidable 304 (T1)*

<i>Elementos</i>	<i>TI</i>
Medición y corte de tubos de 2"	1
Soldar tubos de 2" para estructura superior	1,14
Perforar los tubos superiores de 2" para la incrustación de postes.	0,41
Soldar postes a estructura principal y demás accesorios (bridas).	1,32
Pulir con disco flap y con grata lija.	3,20
Brillar con disco jean.	2,54
Terminar acabados con zabra.	6,00

---

**TIEMPO TOTAL DE CICLO    15,61**

---

*Nota.* Muestras en el proceso de fabricacion de barandal

Como el tiempo de ciclo es mayor a dos minutos, se toman 5 observaciones para determinar el tamaño de la muestra.

**Tabla 7**

*Número de muestras Fabricación de barandal de acero inoxidable 304 (t1, t2, t3, t4 y t5)*

<i>Elementos</i>	<i>T1</i>	<i>T2</i>	<i>T3</i>	<i>T4</i>	<i>T5</i>
Medición y corte de tubos de 2"	1	1,02	0,56	0,58	0,55
Soldar tubos de 2" para estructura superior	1,14	1,1	1,06	1,05	1,11
Perforar los tubos superiores de 2" para la incrustación de postes.	0,41	0,39	0,40	0,37	0,41
Soldar postes a estructura principal y demás accesorios (bridas).	1,32	1,30	1,29	1,33	1,41
Pulir con disco flap y con grata lija.	3,20	3,12	3,00	2,58	3,01
Brillar con disco jean.	2,54	2,41	2,35	2,59	2,42
Terminar acabados con zabra.	6,00	5,58	5,45	5,30	5,25
<b>TIEMPO TOTAL</b>	<b>15,61</b>	<b>14,92</b>	<b>14,11</b>	<b>13,8</b>	<b>14,16</b>

*Nota.* Muestras en el proceso de fabricacion de barandal

Se calcula el rango **R** (Rango) =  $X_{\max} - X_{\min}$

RANGO= 15,61-13,8

RANGO=1,81

Se calcula la media

$$MEDIA = \frac{(15,61 + 14,92 + 14,11 + 13,8 + 14,16)}{5}$$

$$MEDIA = 14,52$$

Se calcula el coeficiente para hallar el número de muestras en la tabla

$$COCIENTE = \frac{1,81}{14,52}$$

$$COCIENTE = 0,12$$

Se obtiene que el número de observaciones para 5 es de 4

### Tabla 8

*Fabricación de postes recibidores (t1)*

<i>Tareas</i>	<i>TI</i>
Cortar tubo de 1 1/2 " a medida específica.	1,32
Perforar el tubo para el eje de 1/2 " pasante.	2,16
Poner tapa brida.	0,23
Soldar eje recibidor Tubo 2"	3,26
Soldar eje 1/2" recibidor del vidrio.	2,36
Soldar brida 1 1/2 " y eje de 1/2 " con aro.	1,14
Brillar con disco flap y grata lija.	2,1
Terminar acabados con zabra.	1,10
<b>TIEMPO TOTAL DE CICLO</b>	<b>13,67</b>

*Nota.* Muestras de tiempo fabricación de postes recibidores

Como el tiempo de ciclo es mayor a dos minutos, se toman 5 observaciones para determinar el tamaño de la muestra.

**Tabla 9**

*Fabricación de postes recibidores (t1, t2, t3, t4 y t5)*

<i>Tarea</i>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>	<b>T5</b>
Cortar tubo de 1 1/2 " a medida específica.	1,32	1,25	1,29	1,24	1,25
Perforar el tubo para el eje de 1/2 " pasante.	2,16	2,12	2,10	2,05	2,3
Poner tapa brida.	0,23	0,19	0,2	0,18	0,21
Soldar eje recibidor Tubo 2"	3,26	3,4	3,1	3,56	3,42
Soldar eje 1/2" recibidor del vidrio.	2,36	2,4	2,1	3,18	2,41
Soldar brida 1 1/2 " y eje de 1/2 " con aro.	1,14	1,1	1,24	1,28	1,20
Brillar con disco flap y gratalija.	2,6	2,5	2,4	2,8	2,50
Terminar acabados con zabra.	1,10	1,15	1,0	1,05	1,20
<b>TOTAL DE TIEMPO</b>	<b>14,17</b>	<b>14,11</b>	<b>13,43</b>	<b>15,34</b>	<b>14,49</b>

*Nota.* Muestras de tiempo fabricacion de postes recibidores

Se calcula el rango **R** (Rango) =  $X_{\max} - X_{\min}$

RANGO= 15,34-13,43

RANGO=1,91

Se calcula la media

$$MEDIA = \frac{(14,17 + 14,11 + 13,43 + 15,34 + 14,49)}{5}$$

$$MEDIA = 14,31$$

Se calcula el coeficiente para hallar el número de muestras en la tabla

$$COCIENTE = \frac{1,91}{14,31}$$

$$COCIENTE = 0,13$$

Se obtiene que el número de observaciones para 5 es de 5

### Tabla 10

#### *Fabricación de tocetos (t1)*

<i>Tarea</i>	<i>T1</i>
Corte de eje (6 metros) de 3/4"o de 1" a 1 metro (tronzadora)	2,14
Montaje de eje de 3/4" o 1" en torno, medición y corte. (cuerpo de toceto)	1,70
Montaje de eje de 3/4" o 1" en torno, medición y corte. (cabeza de toceto)	1,35
Montar cuerpo de toceto en torno refrendar y perforar de forma vertical con broca de 7/32 (torno)	4,67
Perforar el cuerpo del toceto de forma horizontal con broca de 5/16" y luego ampliar con broca de 1/2 (taladro de banco)	2,97
Montar cabeza toceto en torno refrendar y perforar con broca de 1/4(torno)	4,40
Tomar los machos de 1/4" y realizar roscado interno del toceto.	4,35
Pulir el cuerpo y cabeza del toceto con tela esmeril # 80 y zabra.	0,65
Unir la cabeza y el cuerpo del toceto con prisionero de 1/4", tornillos y empaques para armarlos.	0,45
<b>TOTAL TIEMPO DE CICLO</b>	<b>22,68</b>

*Nota.* Muestras de tiempo en las actividades de fabricacion de tocetos.

Como el tiempo de ciclo es mayor a dos minutos, se toman 5 observaciones para determinar el tamaño de la muestra.

**Tabla 11**

*Fabricación de tocetos (t1, t2, t3, t4 y t5)*

<i>Tarea</i>	<i>T1</i>	<i>T2</i>	<i>T3</i>	<i>T4</i>	<i>T5</i>
Corte de eje (6 metros) de 3/4"o de 1" a 1 metro (tronzadora)	2,14	2,30	2,05	2,01	2,30
Montaje de eje de 3/4" o 1" en torno, medición y corte. (cuerpo de toceto)	1,70	1,50	1,83	1,22	1,48
Montaje de eje de 3/4" o 1" en torno, medición y corte.(cabeza de toceto)	1,35	1,40	1,25	1,35	1,31
Montar cuerpo de toceto en torno refrendar y perforar de forma vertical con broca de 7/32 (torno)	4,67	4,45	5,01	4,13	4,33
Perforar el cuerpo del toceto de forma horizontal con broca de 5/16" y luego ampliar con broca de 1/2 (taladro de banco)	2,97	2,92	2,68	2,34	2,68
Montar cabeza toceto en torno refrendar y perforar con broca de 1/4(torno)	4,40	4,39	4,42	4,15	4,54
Tomar los machos de 1/4" y realizar roscado interno del toceto.	4,35	4,21	5,10	4,36	4,48
Pulir el cuerpo y cabeza del toceto con tela esmeril # 80 y zabra.	0,65	0,75	0,62	0,59	0,62
Unir la cabeza y el cuerpo del toceto con prisionero de 1/4", tornillos y empaques para armarlos.	0,45	0,39	0,40	0,30	0,42
<b>TOTAL TIEMPO DE CICLO</b>	<b>22,68</b>	<b>22,31</b>	<b>23,36</b>	<b>20,45</b>	<b>22,16</b>

*Nota.* Muestras de tiempo en las actividades de fabricacion de tocetos.

Se calcula el rango  $R$  (Rango) =  $X_{\max} - X_{\min}$

$$RANGO = 23,36 - 20,45$$

$$RANGO = 2,91$$

Se calcula la media

$$MEDIA = \frac{(22,68 + 22,31 + 23,36 + 20,45 + 22,16)}{5}$$

$$MEDIA = 22,19$$

Se calcula el coeficiente para hallar el número de muestras en la tabla

$$COCIENTE = \frac{2,91}{22,19}$$

$$COCIENTE = 0,13$$

Se obtiene que el número de observaciones para 5 es de 5

- **Estudio De Tiempos Ciclo Breve**

Las tablas 12, 13 y 14 muestran el estudio de tiempo en ciclo breve de la empresa.

**Tabla 12***Fabricación de barandas de acero inoxidable 304*

ESTUDIO DE TIEMPOS : CICLO BREVE										
DPTO			SECCION:			ESTUDIO #:		1		
OPERACIÓN: FABRICACION DE BARANDAS DE ACERO INOXIDABLE						HOJA #:		1		
ESTUDIO DE METODOS #:			1			TERMINO:				
INSTALACION/MAQUINA:			#:			COMIENZO:				
HERRAMIENTAS Y CALIBRADORES:						TIEMPO TRANS:				
PRODUCTO/PIEZA:			TUBO DE 2 PULGADAS			OPERARIOS:		1		
PLANO #:						FICHA:				
CALIDAD:			CONDICIONES NORMALES			OBSERVADO POR:				
			DE TRABAJO:			FECHA:				
						COMPROBADO:				
ELEMENTO		TIEMPO DE CICLO OBSERVADO					T PROM	VALOR	T BASICO	T TIPO
		1	2	3	4	5				
Medicion y corte de tubos de 2"	T	1	1,02	0,56	0,58	0,55	0,74	1,1	0,82	0,95
	L	1	1,02	0,56	0,58	0,55				
Soldar tubos de 2" para estructura superior	T	1,14	1,1	1,06	1,05	1,11	1,09	1,1	1,20	1,33
	L	1,14	1,1	1,06	1,05	1,11				
Perforar los tubos superiores de 2" para la incrustacion de postes.	T	0,41	0,39	0,40	0,37	0,41	0,40	1,1	0,44	0,57
	L	0,41	0,39	0,40	0,37	0,41				
Soldar postes a estructura principal y demas accesorios (bridas).	T	1,32	1,30	1,29	1,33	1,41	1,33	1,1	1,46	1,59
	L	1,32	1,30	1,29	1,33	1,41				
Pulir con disco flap y con gratalija.	T	3,20	3,12	3,00	2,58	3,01	2,98	1,1	3,28	3,41
	L	3,20	3,12	3,00	2,58	3,01				
Brillar con disco jean.	T	2,54	2,41	2,35	2,59	2,42	2,46	1,1	2,71	2,84
	L	2,54	2,41	2,35	2,59	2,42				
Terminar acabados con zabra.	T	6,00	5,58	5,45	5,30	5,25	5,52	1,1	6,07	6,20
	L	6,00	5,58	5,45	5,30	5,25				
								<b>TIEMPO ESTANDAR</b>		<b>16,88</b>
<b>SUPLEMENTOS</b>		<b>PORCENTAJES</b>		<b>Rapido</b>	<b>Valoracion mayor que 100</b>					
FATIGA BASICA		0,04	4%	<b>Normal</b>	<b>Valoracion igual a 100</b>					
NECESIDADES PERSONALES		0,05	5%	<b>Lento</b>	<b>Valoracion menor que 100</b>					
TRABAJO DE PIE		0,02	2%							
RUIDO INTERMITENETE Y FUERTE		0,02	2%							
<b>TOTAL</b>		<b>0,13</b>	<b>13%</b>							
				<b>TIEMPO PROMEDIO</b>	=	$(T1+T2+T3+T4)/4$				
				<b>TIEMPO BASICO</b>	=	TIEMPO PROM * VALORACION				
				<b>TIEMPO TIPO</b>	=	TIEMPO BASICO+SUPLEMENTO				
				<b>TIEMPO ESTANDAR</b>	=	SUMA DE TODOS LOS TIEMPOS TIPO				

*Nota.* Estudio de tiempo desarrollado por los autores



Tabla 13

## Fabricación de postes recibidores

ESTUDIO DE TIEMPOS : CICLO BREVE											
DPTO	produccion		SECCION Ensamble y soldado				ESTUDIO #:	2			
OPERACIÓN: FABRICACION DE BARANDAS DE ACERO INOXIDABLE							HOJA #:	1			
ESTUDIO DE METODOS #:		1					TERMINO:				
INSTALACION/MAQUINA:		#:					COMIENZO:				
HERRAMIENTAS Y CALIBRADORES:							TIEMPO TRANSC:				
PRODUCTO/PIEZA:		poste recibidor					OPERARIOS:	2			
PLANO #:							FICHA:				
CALIDAD:		CONDICIONES NORMALES					OBSERVADO POR:				
		DE TRABAJO:					FECHA:				
							COMPROBADO:				
ELEMENTO		TIEMPO DE CICLO OBSERVADO					T PROM	VALOR	T BASICO	T TIPO	
		1	2	3	4	5					
Cortar tubo de 1 1/2 " a medida especifica.	T	1,32	1,25	1,29	1,24	1,25	1,27	1,1	1,40	1,53	
	L	1,32	1,25	1,29	1,24	1,25					
Perforar el tubo para el eje de 1/2 " pasante.	T	2,16	2,12	2,10	2,05	2,3	2,15	1,1	2,36	2,49	
	L	2,16	2,12	2,10	2,05	2,3					
Poner tapa brida.	T	0,23	0,19	0,2	0,18	0,21	0,20	1,1	0,22	0,35	
	L	0,23	0,19	0,2	0,18	0,21					
Soldar eje recibidor Tubo 2"	T	3,26	3,4	3,1	3,56	3,42	3,35	1,1	3,68	3,81	
	L	3,26	3,4	3,1	3,56	3,42					
Soldar eje 1/2" recibidor del vidrio.	T	2,36	2,4	2,1	3,18	2,41	2,49	1,1	2,74	2,87	
	L	2,36	2,4	2,1	3,18	2,41					
Soldar brida 1 1/2 " y eje de 1/2 " con aro.	T	1,14	1,1	1,24	1,28	1,20	1,19	1,1	1,31	1,44	
	L	1,14	1,1	1,24	1,28	1,20					
Brillar con disco flap y gratalija.	T	2,6	2,5	2,4	2,8	2,50	2,56	1,1	2,82	2,95	
	L	2,6	2,5	2,4	2,8	2,50					
Terminar acabados con zabra.	T	1,10	1,15	1,0	1,05	1,20	1,10	1,1	1,21	1,34	
	L	1,10	1,15	1,0	1,05	1,20					
							TIEMPO ESTANDAR		15,44		
SUPLEMENTOS		PORCENTAJES		Rapido	Valoracion mayor que 100						
FATIGA BASICA		0,04	4%	Normal	Valoracion igual a 100						
NECESIDADES PERSONALES		0,05	5%	Lento	Valoracion menor que 100						
TRABAJO DE PIE		0,02	2%								
RUIDO INTERMITENETE Y FUERTE		0,02	2%								
TOTAL		0,13	13%								
							TIEMPO PROMEDIO	=	$(T1+T2+T3+T4)/4$		
							TIEMPO BASICO	=	TIEMPO PROM * VALORACION		
							TIEMPO TIPO	=	TIEMPO BASICO+SUPLEMENTO		
							TIEMPO ESTANDAR	=	SUMA DE TODOS LOS TIEMPOS TIPO		

Nota. Estudio de tiempo desarrollado por los autores

Tabla 14

## Fabricación de tocetos

ESTUDIO DE TIEMPOS : CICLO BREVE											
DPTO	produccion	SECCION TORNO Y TALADRO					ESTUDIO #:	3			
OPERACIÓN: CORTE TALADRADO Y TORNEADO							HOJA #:	1			
ESTUDIO DE METODOS #:		3						TERMINO:			
INSTALACION/MAQUINA: TORNO TALADRO		#:						COMIENZO:			
HERRAMIENTAS Y CALIBRADORES:								TIEMPO TRANSC:			
PRODUCTO/PIEZA: TOCETO								OPERARIOS:	2		
PLANO #:								FICHA:			
CALIDAD:		CONDICIONES NORMALES						OBSERVADO POR:			
		DE TRABAJO:						FECHA:			
								COMPROBADO:			
ELEMENTO		TIEMPO DE CICLO OBSERVADO					T PROM	VALOR	T BASICO	T TIPO	
		1	2	3	4	5					
Corte de eje (6 metros) de 3/4"o de 1" a 1 metro (tronzadora)	T	2,14	2,30	2,05	2,01	2,30	2,16	1,1	2,38	2,51	
	L	2,14	2,30	2,05	2,01	2,30					
Montaje de eje de 3/4" o 1" en torno, medicion y corte. (cuerpo de	T	1,70	1,50	1,83	1,22	1,48	1,55	1,1	1,70	1,83	
	L	1,70	1,50	1,83	1,22	1,48					
Montaje de eje de 3/4" o 1" en torno, medicion y corte.(cabeza de toceto)	T	1,35	1,40	1,25	1,35	1,31	1,33	1,1	1,47	1,60	
	L	1,35	1,40	1,25	1,35	1,31					
Montar cuerpo de toceto en torno refrendar y perforar de forma vertical	T	4,67	4,45	5,01	4,13	4,33	4,52	1,1	4,97	5,10	
	L	4,67	4,45	5,01	4,13	4,33					
Perforar el cuerpo del toceto de forma	T	2,97	2,92	2,68	2,34	2,68	2,72	1,1	2,99	3,12	
	L	2,97	2,92	2,68	2,34	2,68					
Montar cabeza toceto en torno refrendar y perforar con broca de	T	4,40	4,39	4,42	4,15	4,54	4,38	1,1	4,82	4,95	
	L	4,40	4,39	4,42	4,15	4,54					
Tomar los machos de 1/4" y realizar roscado interno del toceto.	T	4,35	4,21	5,10	4,36	4,48	4,50	1,1	4,95	5,08	
	L	4,35	4,21	5,10	4,36	4,48					
Pulir el cuerpo y cabeza del toceto con tela esmeril # 80 y zabra.	T	0,65	0,75	0,62	0,59	0,62	0,65	1,1	0,71	0,84	
	L	0,65	0,75	0,62	0,59	0,62					
Unir la cabeza y el cuerpo del toceto con prisionero de 1/4", tornillos y	T	0,45	0,39	0,40	0,30	0,42	0,39	1,1	0,43	0,56	
	L	0,45	0,39	0,40	0,30	0,42					
<b>SUPLEMENTOS</b>		<b>PORCENTAJES</b>						<b>TIEMPO ESTANDAR</b>		<b>24,18</b>	
<b>FATIGA BASICA</b>		0,04	4%			<b>Rapido</b>	Valoracion mayor que 100				
<b>NECESIDADES PERSONALES</b>		0,05	5%			<b>Normal</b>	Valoracion igual a 100				
<b>TRABAJO DE PIE</b>		0,02	2%			<b>Lento</b>	Valoracion menor que 100				
<b>RUIDO INTERMITENTE Y FUERTE</b>		0,02	2%			<b>TIEMPO PROMEDIO</b>		= (T1+T2+T3+T4)/4			
<b>TOTAL</b>		0,13	13%			<b>TIEMPO BASICO</b>		= TIEMPO PROM * VALORACION			
						<b>TIEMPO TIPO</b>		= TIEMPO BASICO+SUPLEMENTO			
						<b>TIEMPO ESTANDAR</b>		= SUMA DE TODOS LOS TIEMPOS TIPO			






Nota. Estudio de tiempo desarrollado por los autores

## Diagramas De Flujo De Operaciones

**Tabla 15**

### Diagrama De Flujo De Proceso - Fabricación de barandal de acero inoxidable 304

Diagrama De Flujo De Proceso					
Fecha de realización: 19/09/17			Ficha de numero:		
Diagrama #:	1	Página	1 de 1		
RESUMEN					
Proceso: Fabricación de barandal de acero inoxidable 304		Actividad	Actual	Propuesto	Economía
Actividad: corte, soldadura, pulido y brillado		Operación	6		
		Transporte	1		
Tipo de diagrama:	Material ( x )	Espera			
	Operario ( )	Inspección	1		
Método:	Actual ( x )	Almacena			
	Propuesto ( )	Distancia total	5 m		
Área/sección: Corte y ensamble		Tiempo total	15,56		
Elaborado por: David Betancourt		Aprobado por:			

Descripción						Dist	Tmpo	Observaciones
Medición y corte de tubos de 2" en área de corte	x			x			0.95	
Llevar material a estación de soldadura y ensamble		x				5		
Perforar los tubos superiores de 2" para la incrustación de postes.	x						0.57	Se utiliza taladro de mano con broca de 1/2
Soldar postes a estructura principal y demás accesorios (bridas).	x						1.59	
Pulir con disco flap y con grata lija.	x						3.41	
Brillar con disco jean	x						2.84	Se brilla toda la estructura
Terminar acabados con zabra.	x						6.20	Se pasa la zabra en las uniones de la soldadura.








Terminar acabados con zabra	x						1.34	
-----------------------------	---	--	--	--	--	--	------	--

Tabla 17

*Diagrama De Flujo De Proceso - Fabricación de tocos acero inoxidable 304*




DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO						
Fecha de realización: 19/09/17				Ficha de numero:		
Diagrama #:	3	Página 1 de 1		RESUMEN		
Proceso: Fabricación de tocos acero inoxidable 304		Actividad	Actual	Propuesto	Economía	
Actividad: corte, torno, taladrado y pulido		Operación	9			
		Transporte	6			
Tipo de diagrama:	Material ( x )	Espera				
	Operario ( )	Inspección	1			
Método:	Actual ( x )	Almacena				
	Propuesto ( )	Distancia total	20 m			
Área/sección: Corte y torneado		Tiempo total	25,69			
Elaborado por: Ramiro Aroca		Aprobado por:				


Descripción						Dist.	Tmpo	Observaciones
Corte de eje (6 metros) de 3/4" o de 1" a 1 metro (tronzadora)	x			x			2.51	En tronzadora
Llevar ejes a torno.		x				9		
Montaje de eje de 3/4" o 1" en torno, medición y corte. (cuerpo de toco)	x						1.83	
Montaje de eje de 3/4" o 1" en torno, medición y corte. (cabeza de toco)	x						1.60	
Montar cuerpo de toco en torno refrendar y perforar de forma vertical con broca de 7/32	x						5.10	En torno
Llevar a taladro de banco		x				1		

Perforar el cuerpo del toceto de forma horizontal con broca de 5/16" y luego ampliar con broca de 1/2 (taladro de banco)	x						3.12	Talador de banco
Llevar a torno		x				1		
Montar cabeza toceto en torno refrendar y perforar con broca de 1/4(torno)	x						4.95	
Llevar a prensa en banco de trabajo		x				5		
Tomar los machos de 1/4" y realizar roscado interno del toceto.	x						5.08	
Llevar a taladro de banco		x				2		
Pulir el cuerpo y cabeza del toceto con tela esmeril # 80 y zabra.	x						0.84	
Llevar a banco de trabajo		x				2		
Unir la cabeza y el cuerpo del toceto con prisionero de 1/4", tornillos y empaques para armarlos.	x						0.56	

A continuación, se presentan evidencias fotográficas que muestran el estado actual de la planta de la empresa, de cada una de las áreas de producción, los elementos que contiene y los riesgos presentes.

**Tabla 18***Hallazgos en las áreas productivas*

AREA	FOTO EVIDENCIA	DESCRIPCIÓN
Área de taladro		<p>En esta área se evidencia falta de señalización y limpieza del equipo y del puesto de trabajo.</p>
Área de almacén		<p>El área de almacén no cuenta con organización de los elementos guardados, de tal forma que se dificulta la identificación de los insumos (potencial área de despilfarro).</p>
Área de corte		<p>El área de corte no cuenta con señalización, no se evidencia organización y además, cuenta con la presencia de elementos que no se relacionan con el puesto de trabajo.</p>

Área de ensamble			<p>En esta área se evidencia desorden, no existe clasificación y señalización de las herramientas, la presencia de diferentes equipos de trabajo puede generar accidentes laborales. (posible área de despilfarro)</p>
Área de armado			<p>En el área de armado también se evidencia desorden, falta de señalización, cables en el suelo.</p>
Área de torno			<p>En el área de torno no se evidencia organización de las herramientas manuales, hay desorden en el puesto de trabajo y elementos en el piso que pueden causar accidentes.</p>
Área de soldadura			<p>El área de soldadura cuenta con los cables de conexión de la máquina soldadora sin levantamiento. Se evidencian elementos en las paredes del puesto de trabajo, con riesgo de caída y daño en el trabajo.</p>

De forma general se puede apreciar que la empresa no cuenta con planes de organización en el puesto de trabajo, respecto a los tiempos, es importante considerar que se evidenció que los empleados no están asignados en puestos de trabajo, sino que son rotantes para garantizar la productividad, el hecho de que los honorarios son cancelados ayuda a que no existan responsables por cada de trabajo, lo que ayuda al desorden. De



estos hallazgos se identifican las siguientes necesidades a satisfacer desde la propuesta de aplicación de Lean Manufacturing en la empresa y son: orden y limpieza, disminución de los tiempos muertos y optimización de los recursos.

## **Herramientas Lean requeridas para la mejora del proceso productivo de la empresa**

Las herramientas identificadas para abordar los problemas de la empresa se presentan a continuación:

### **Cinco principios de Lean Manufacturing**

Estos principios implican las siguientes acciones y metas:

- Especificar el valor del cliente: definir la importancia que representan el producto para el cliente.
- Identificar el flujo de valor: apela a la importancia de conocer la totalidad de las actividades de fabricación y entrega del producto al cliente final.
- Flujo continuo: lograr que se del flujo de los procesos a través de un sistema sin interrupciones ni contraflujos.
- Atraer (PULL): apunta a que la demanda del mercado atraiga para sí la producción de la empresa.
- Perfección: La necesidad imperante de mejorar cada día para alcanzar la perfección, búsqueda constante de una mejor manera de hacer las cosas.

### ***Metodologías necesarias para eliminar el desperdicio en el proceso productivo***

A continuación, se hace presentación general de los tipos de desperdicios y las metodologías sugeridas para abordarlos:

- Tiempo: las 5 S, métodos de tiempo y JUDOKA
- Inventarios: Las 5 S y Just in time.

- Transporte y movimientos: Las 5 S, Estudios de tiempo y distribución de planta.
- Defectos: Just in time.
- Reproceso; Las 5 S.
- Sobreproducción: Just in time.

Esta herramientas y metodologías serán presentadas y justificadas en la propuesta de mejora a continuación.

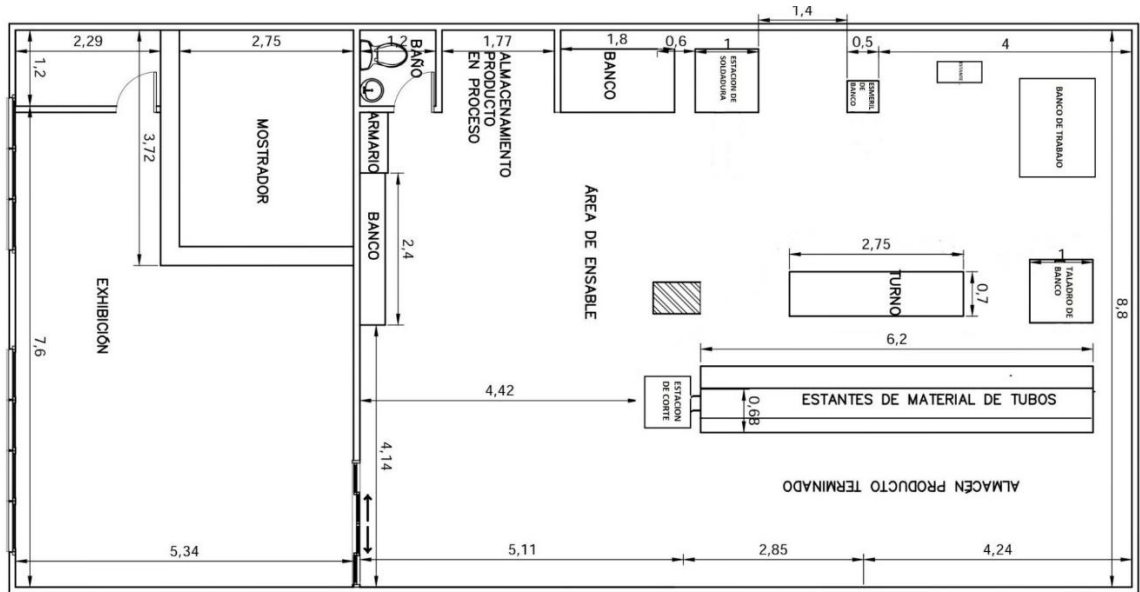
## **Propuesta de mejora para mitigar las ineficiencias identificadas en los procesos de la cadena productiva**

A través de la visita a la empresa, observación directa, y entrevista con el gerente de la empresa, se logró determinar las principales necesidades de la empresa y que son la base de la siguiente propuesta basada en el modelo Lean Manufacturing en cuatro principios importantes: valor para el cliente, flujo de valor, flujo continuo y el atraer (pull). Para ello, inicialmente se desarrolla un rediseño de la planta de la empresa proponiendo la reubicación estratégica de algunos puestos de trabajo en pro de minimizar ineficiencias en materia de tiempo y mitigación de riesgos laborales. Posteriormente se presentan estrategias en pro de los cuatro principios de lean manufacturing antes mencionados, se presentan la metodología utilizada para la propuesta y los costos de la implementación de esta para la respectiva evaluación del gerente de la compañía.

A continuación, se presenta el diseño de la planta propuesta para mejorar la productividad de la empresa, teniendo como principal guía, los requerimientos de los clientes respecto a precio y tiempo.

**Figura 5**

*Plano propuesto a la empresa.*



Nota. Se presenta plano para la empresa, reordenando las actividades.

### ***Propuesta de distribución de distribución en planta de la empresa***

De acuerdo con las irregularidades evidenciadas en el diseño de la planta actual se propone una nueva distribución en la cual se realizaron los siguientes cambios:

Se da la reubicación de puestos de trabajo de tal manera que siga la secuencia lógica del proceso, evitando demoras y cruces de personal y material, estos puestos de trabajo son los siguientes:

- a) Sección de corte: se propone la ubicación delante de la estantería de tubos, haciendo un soporte para esta el cual este adherido a la estantería y sea removible (para caso de aprovisionamiento de tubos), esto con el fin de

aprovechar las guías de la estantería para realizar un corte preciso y disminuir los desplazamientos de material y personal de los procesos donde interviene esta sección, además de brindar más seguridad y minimizar riesgos de accidentabilidad.

- b) Sección de maquinado y taladrado: esta es una de las áreas donde se presenta más cruce y desplazamiento tanto de material como de personal, por lo que se propone trasladar el torno y taladro al lado de la estantería de tubos con lo que se reduce el espacio de la sección de corte a esta de 9 metros a 2 metros, obteniendo una economía de desplazamiento de 7 metros y se evitan los cruces, el banco de trabajo que está en la mitad se reubica en la esquina tal cual como se ve en el plano de la propuesta, esto es con el fin de seguir una secuencia lógica y dejar más espacio para el paso del material y el personal, además se coloca una estantería para almacenar temporalmente el producto terminado (toceto) mientras se termina la jornada laboral.
- c) Sección de soldadura y ensamble: debido a la reubicación del área de corte, en esta propuesta en los procesos de ensamble y soldadura se reduce el desplazamiento de 5m a 3 metros por lo que se evitan cruces y ahorro en tiempo, además se ubica una zona de almacenamiento temporal para los postes mientras que se fabrica el barandal que los va a contener.
- d) Zonas de almacenamiento temporal: se demarca un espacio en el área de ensamble y soldadura un área para almacenar temporalmente productos en proceso, en este caso los postes recibidores, de tal manera que no generen

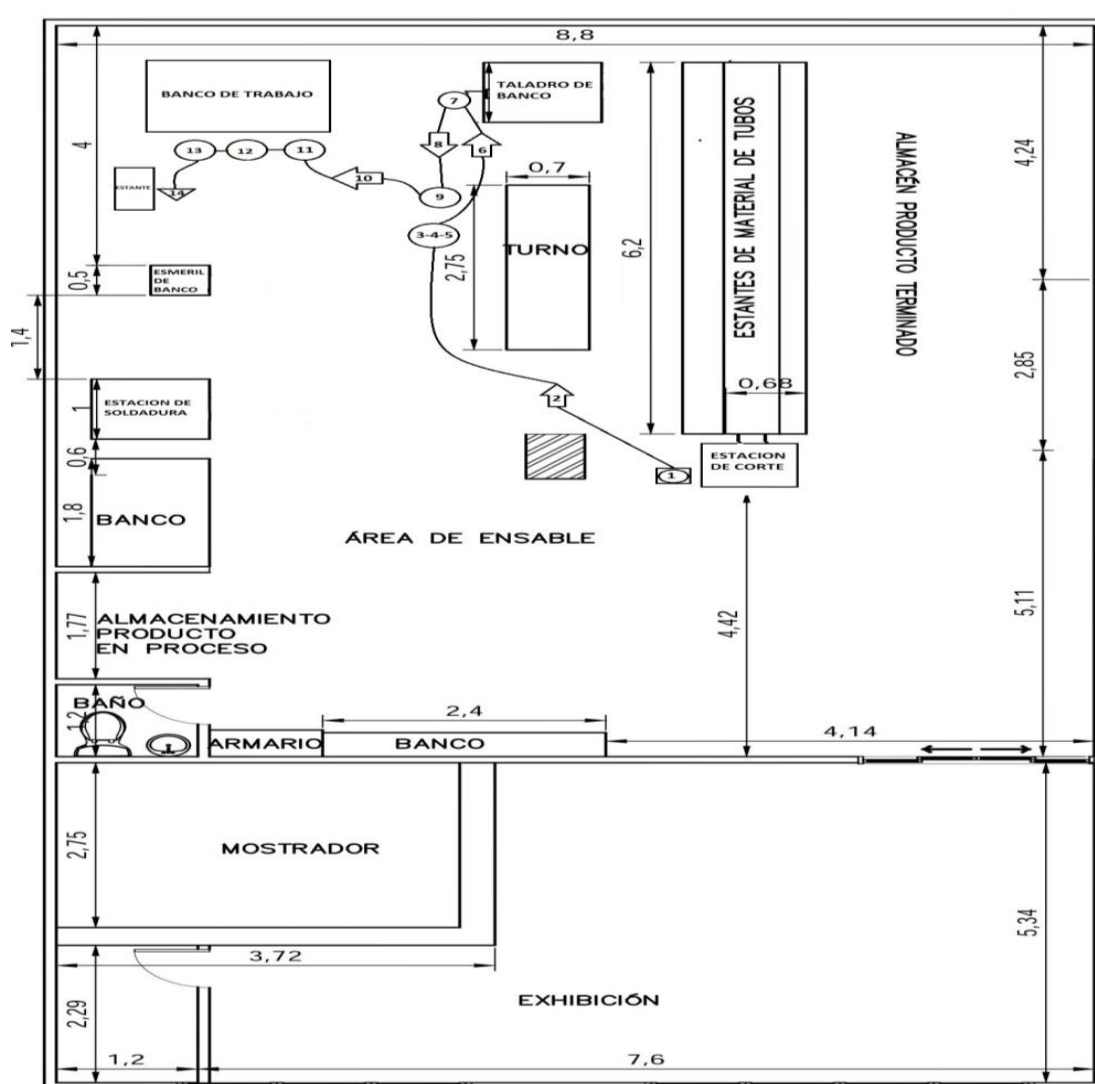
obstaculización en el proceso de ensamble mientras se esté fabricando la estructura del barandal en la que se van a adicionar estos postes.

- e) El espacio donde estaba ubicado las guías de corte es aprovechado como una zona de almacenamiento temporal para los barandales terminados mientras son entregados al cliente, esta zona es apta debido a que la mayoría de los barandales que se fabrican en la empresa son de dimensiones largas y ha habido casos que los dejan afuera del negocio mientras son llevados al cliente.
- f) Demarcación de las áreas dentro de la planta de producción: se propone una demarcación de cada área pintando una línea en el piso para poder identificar los límites de cada una, esto evita cruces indebidos que afectan la realización de cada proceso.
- g) Rotulación seguridad industrial: se propone la instalación de rótulos que identifiquen las clases de riesgos existentes dentro de la planta.
- h) Ventilación: debido al que el sitio de ubicación de la planta es muy cerrado se propone la instalación de dos extractores de aire, los cuales deben instalarse de la siguiente manera uno que introduzca aire al recinto y otro que extraiga aire, ubicados en la parte frontal de la pared que limita el área de producción con la recepción, esto es con el fin de generar un buen flujo de ventilación en la planta.

Teniendo en cuenta las recomendaciones se proponen los siguientes diagramas de recorrido para la empresa.

**Figura 6**

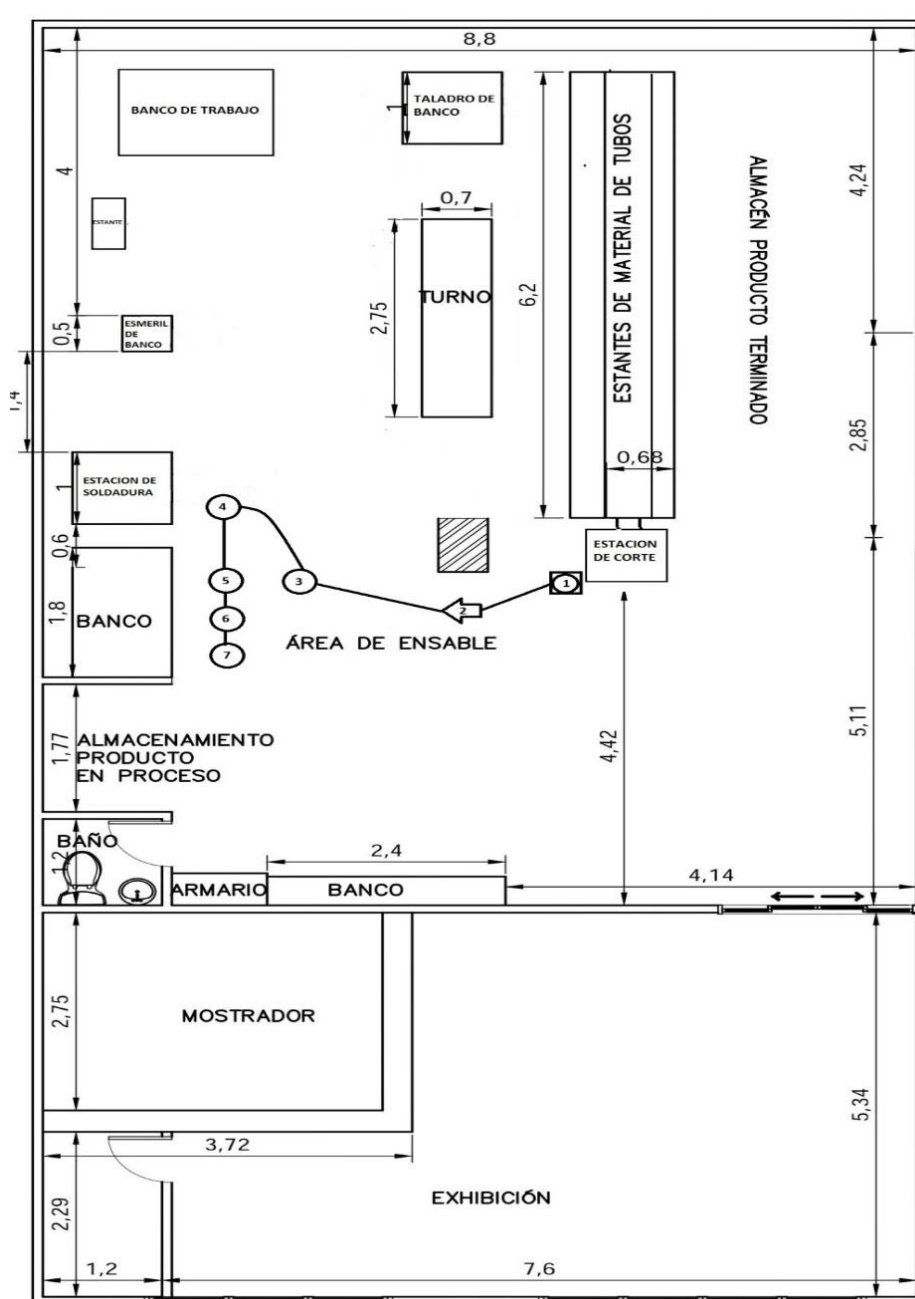
*Diagrama de recorrido fabricación de tocos*





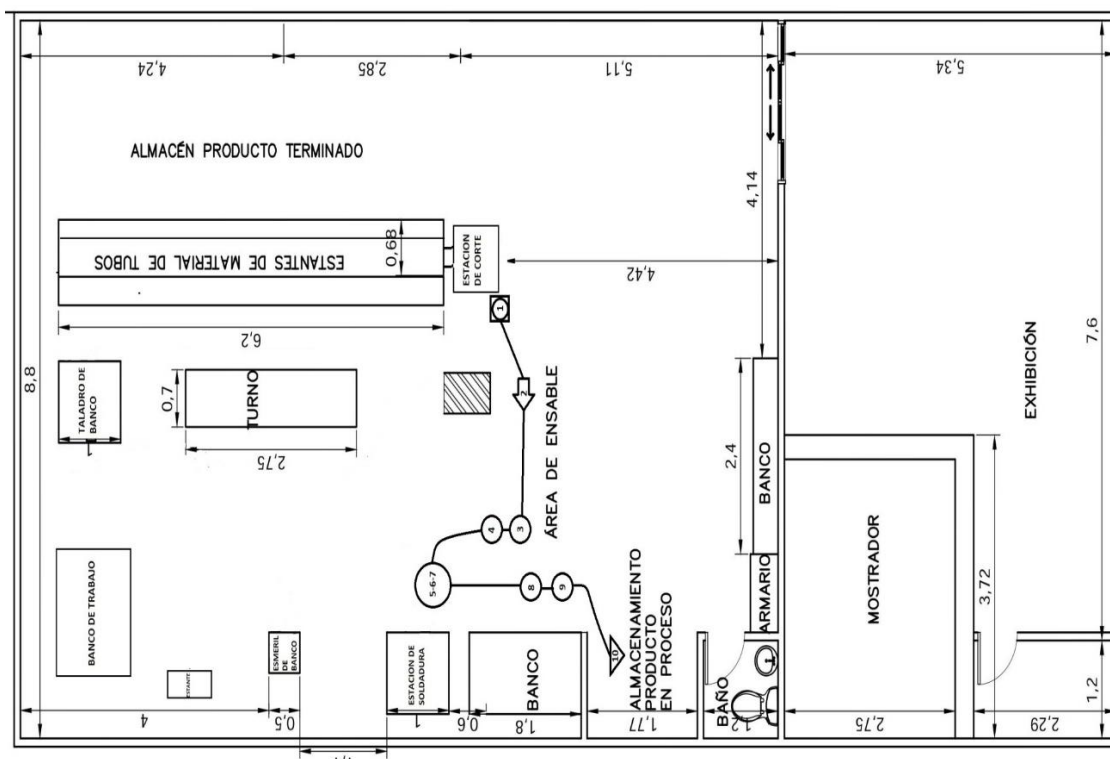
**Figura 7**

*Diagrama de recorrido propuesto fabricación de barandales de acero inoxidable.*



**Figura 8**

*Diagrama de recorrido propuesto fabricación de postes recibidores.*



***Estrategias para la aplicación del primer principio: Especificar el valor para el cliente.***

Para recordar, esta variable se refiere a la definición de lo que representa el producto para el cliente, en términos de características y propiedades, y que es capaz de satisfacer una necesidad en un momento y precio determinado. Por ello la importancia de que sea el consumidor quien defina el valor que el producto debe tener y a partir de allí se deben enfocar todos los esfuerzos de la compañía, sólo con la misión de cumplir con la expectativa del cliente.

En la empresa estudio se debe fomentar e incentivar la comunicación fluida entre todos los procesos que conforman el flujo de valor. Esta comunicación ayudará a que se

destruya la “gestión por silos” que consiste en que un departamento no tiene conocimiento de cómo opera el otro situado antes o después de él. Esta situación conlleva a que se generen problemas de coordinación y pérdidas por los re-trabajos causados por la falta de alineación hacia un objetivo común.

La empresa J&K debe identificar cada proceso que se desarrolla en la cadena productiva y establecer comunicación entre ellos para garantizar el mínimo desperdicio. También es importante la creación de una política de calidad para la empresa que le permita evaluar cada una de las piezas producidas identificando cumplimientos de estándares normativos.

***Estrategia para la aplicación del segundo principio: identificar el flujo de valor***

Este principio consta del conocimiento que debe existir acerca de la totalidad de actividades requeridas para la fabricación y entrega del producto al cliente final. Se recomienda que la empresa genere los mapas de flujo de valor para todas las líneas de producto, usando la herramienta Value Stream Mapping, esto permitirá identificar cada uno de los pasos actualmente existentes para la fabricación de los productos y su respectiva relación con la totalidad del sistema, desde el enfoque de nuevos desarrollos, desde la gestión de los pedidos y desde la transformación física.

Una vez teniendo disponibles los mapas de flujo de valor, se recomienda la evaluación concienzuda de todas las actividades relacionadas, clasificando las actividades en aquellas que son absolutamente necesarias para la creación de valor, actividades que no generan valor alguno pero que por las limitaciones de tecnología son necesarias, y, por

último, aquellas actividades que no generan valor y que pueden ser eliminadas de inmediato sin causar efectos adversos en la operación. Luego de este ejercicio es posible aportar a la eficiencia general del proceso prescindiendo de las actividades clasificadas como no necesarias y que pueden ser eliminadas de inmediato, mientras que, para las actividades clasificadas en el segundo tipo, aquellas que no generan valor, pero son necesarias en la actualidad, se recomienda analizar posibles proyectos para desecharlas a corto plazo.

***Estrategia para la aplicación del tercer principio: flujo continuo.***

Este principio se refiere a hacer que fluyan los procesos a través de sistema sin interrupciones ni contraflujos, es decir, que el producto avance de forma continua a través de la cadena de valor. Una vez definido el valor del producto y de haber identificado detalladamente el mapa de flujo de valor por cada línea de producto, la empresa debe empezar a ejecutar acciones que busquen hacer más eficiente el desarrollo del conjunto de actividades.

Para el proceso de producción, la empresa debe arrancar con un programa de implementación de herramientas Lean que ayuden a alcanzar el flujo continuo y a disminuir los tamaños de los lotes y los inventarios de productos en proceso. Se recomienda especialmente la aplicación de técnicas, entre otras, como el Takt Time que ayude a sincronizar los tiempos de producción con la demanda evitando la sobre producción, Just In Time que permita la disminución de los inventarios de productos en

proceso, 5s que permita la organización y orden en la planta y Mantenimiento Productivo Total (TPM) que asegure la disponibilidad de las máquinas.

Además, se recomienda revisar el layout de las plantas de producción, organizándolas por células de producción, y analizando los flujos de materiales y personas de tal manera que se permita el tránsito sin obstáculos. Por último, es muy importante que todos los operadores de la planta estén capacitados para realizar todas las labores dentro de ella, así como tener la competencia necesaria para la detección de no conformes durante el proceso, así es posible mantener la continuidad de la operación ante circunstancias inesperadas.

***Estrategias para la aplicación del cuarto principio: Atraer (PULL).***

El principio Pull se refiere a la premisa que la demanda del mercado debe ser la que atraiga para sí la producción.

Para aplicar este principio se recomienda que la empresa diseñe política de calidad para las pruebas del producto en cada una de sus fases, así se evitan desperdicios en el producto terminado que no cumpla con los requerimientos técnicos necesarios para ser entrega al cliente final. Se recomienda para la finalización de cada jornada el desarrollo de la técnica de las 5s, en este sentido se garantizaría el orden y la limpieza en cada inicio de jornada, gracias al levantamiento de residuos y a la organización de las herramientas una vez terminada cada labor.

***Estrategia para la aplicación del quinto principio: Perfección.***

Este principio se refiere a la incesante búsqueda de la perfección en los procesos, con el objetivo constante de encontrar siempre una mejor manera de hacer las cosas.

Para la aplicación del principio Perfección en la empresa J&K, la empresa debe reevaluar los indicadores y debe ajustarlos a la existencia de los equipos de producto propuestos anteriormente. Los indicadores deben ser diseñados para que midan aspectos que realmente dependen del equipo y que no propicien prácticas en contra del pensamiento Lean. Como ejemplo, se debe evitar indicadores producidos para el equipo de producción, ya que este incentivará a la sobreproducción para disminuir los costos asociados al proceso, en su lugar se propone indicadores tipo % de Productos Entregados a Tiempo o Productividad Del Equipo, que muestre las ventas por empleados. Estos indicadores se deben publicar y asegurarse de que sean consultados en todo momento por todos los miembros del equipo de trabajo, para concientizar acerca de donde se está con respecto a donde se quiere llegar.

El equipo investigador propone la creación de un equipo especializado en el análisis constante de toda la cadena de valor, apoyando a los equipos de producto que se creen en la empresa. Este nuevo equipo tendrá la responsabilidad de analizar los proyectos de mejora continua necesarios y establecer la priorización. También tendrá la responsabilidad de promocionar y mantener en todos los empleados de la compañía la filosofía LM.

***Metodologías aplicadas para la eliminación de desperdicio en los procesos productivos de la empresa.***

En la siguiente tabla se describen las diferentes técnicas y metodologías usadas para desarrollar la eliminación de desperdicios en la empresa.

**Tabla 19**

***Metodologías aplicadas en la propuesta***

TIPO DE DESPERDICIO	METODOLOGIA RECOMENDADA
TIEMPO	<p>Las 5 S: se recomienda en la organización de los puestos de trabajo ya que ésta pone en práctica el orden y la preparación de los elementos necesarios para iniciar la labor, con el fin de eliminar el tiempo innecesario para empezar a trabajar y no moverse del puesto de trabajo mientras que se está realizando una tarea.</p> <p>Métodos tiempos: se utiliza para identificar y eliminar las operaciones que no le dan valor agregado al producto, mediante el estudio de tiempos, recorrido y distribución en planta.</p> <p>JUDOKA: automatización con asistencia humana, se recomienda para disminuir los tiempos en las operaciones que requieren tardan más, en este caso en la elaboración de tocetos.</p>
Inventarios	<p>Las 5 S: se recomienda ya que esta pone en práctica el orden y la limpieza en los almacenes, lo cual es muy importante debido a que gracias a esto se pueden evitar pérdidas de tiempo en búsquedas, accidentes por desorden, mala utilización del espacio, deterioro y desperdicios de productos o materias primas.</p> <p>Just in time: esta metodología permite minimizar las existencias en inventario a solo aquellas que se necesiten para satisfacer la demanda inmediata de los clientes, esto permite minimizar los costos de pedido y almacenamiento, reduce también los defectos en producción y desperdicios en materia prima por productos rechazados.</p>
Transporte y movimientos.	<p>Las 5 S: se recomienda debido a que este pone en práctica el orden la limpieza y sobre todo en este caso la preparación de los elementos para realizar una tarea,</p>

	<p>lo que permite eliminar desplazamientos innecesarios tales como el de buscar alguna herramienta o algún componente para realizar la tarea en el puesto de trabajo.</p> <p>Estudio de tiempos y distribución en planta: se utiliza para identificar los desplazamientos innecesarios de un área a otra como el cruce de varias operaciones, con el fin de minimizar y darle una secuencia lógica al flujo de materiales y de personal en el proceso.</p>
Defectos	<p>Just in time: esta metodología sería necesaria porque garantiza las actividades específicas, con los recursos requeridos y en el momento crucial de la producción, esto elimina el desperdicio de materias primas, defectos de producción y las esperas por el método de arrastre.</p>
Reproceso	<p>Las 5 S: se recomienda porque este elimina todo desperdicios en cuanto a procesos inapropiados y productos defectuosos.</p> <p>Just in time: esta metodología sería necesaria porque garantiza las actividades específicas, con los recursos requeridos y en el momento crucial de la producción, esto elimina el desperdicio de materias primas, defectos de producción y las esperas por el método de arrastre, eliminando el reproceso.</p>
Sobreproducción	<p>Just in time: : esta metodología sería necesaria porque garantiza las actividades específicas, con los recursos requeridos y en el momento crucial de la producción, esto elimina el desperdicio de materias primas, defectos de producción y las esperas por el método de arrastre, eliminando la sobreproducción.</p>

*Nota.* En la tabla se presentan las metodologías usadas en la propuesta hecha a la empresa.



### **Impacto financiero de la propuesta de mejora para la empresa**

Para establecer el impacto de la propuesta en la empresa, es necesario identificar los costos de desperdicios de los procesos productivos de la empresa. Teniendo en cuenta ya identificados los desperdicios la empresa ahora procederemos a plantear los costos monetarios (\$) de cada uno de los desperdicios, para tener así una mejor visión del valor que debe darse en las empresas a la eliminación de desperdicios.

#### **Costos por desperdicio de tiempo**

En la actualidad en la empresa diariamente cada operador pierde en promedio 2 horas de trabajo debido a los desperdicios identificados, estos costos se ven a continuación.

**Tabla 20**

*Costos por desperdicios de tiempo*

<i>Tiempo muertos x día</i>	<i># de operarios</i>	<i>Valor de la hora</i>	<i>Costo Total día</i>	<i>Costo total semanal</i>	<i>Costo total mensual</i>
2 horas	8	\$ 3.073,8	\$ 49.180,80	\$ 245.904,00	\$ 983.616,00

*Nota.* Se muestra los costos representados en el tiempo sé que pierde en la empresa con el proceso desarrollado.

Como se puede observar en el cuadro anterior por desperdicios de tiempo, a la empresa le cuesta alrededor de \$ 983.616,00 mensuales.

### Costos por desperdicio de inventarios

La empresa maneja un stock de 50 tocetos de cada referencia, tiene 2 referencias de  $\frac{1}{2}$  y de  $\frac{3}{4}$  cuando hay demanda se agotan, pero en tiempos donde no hay demanda tener cuesta alrededor de:

**Tabla 21**

*Costos por desperdicios de inventarios*

<i>Referencias</i>	<i>cantidad</i>	<i>Valor de toceto</i>	<i>Costo de inventario</i>
Toceto de $\frac{3}{4}$	50	\$ 7.500,00	\$ 375.000,00
Toceto de 1"	50	\$ 8.000,00	\$ 400.000,00
		TOTAL	\$ 775.000,00

*Nota.* Se muestran los costos por desperdicios en los inventarios, de acuerdo con el proceso que se lleva.

### Costos por desperdicio de transporte por pedido de materiales

Este desperdicio ocurre cuando al pedir algún material bajo ciertas especificaciones, estas se dan equivocadas y al recibir el pedido no es lo que se esperaba, este tipo de errores le cuestan a la empresa alrededor de:

**Tabla 22**

*Costos por desperdicio de transporte*

<i>Valor transporte ida y regreso</i>	<i>Semana</i>	<i>Mes</i>
\$ 500.000,00	\$ 500.000,00	\$ 2.000.000,00

*Nota.* Se muestran los costos en los que incurre la empresa por el transporte de pedido de materiales.

### **Costos por desperdicio de transportes innecesarios dentro del proceso productivo**

Este desperdicio ocurre muy a menudo ya que la distribución actual de la planta no fue diseñada para seguir la secuencia lógica de los procesos, por lo que diariamente se pierden en promedio 2 hora en movimiento innecesario de material y operadores, lo que le cuesta a la empresa alrededor de:

**Tabla 23**

*Costos por desperdicio de transporte innecesario*

<i>Tiempo por transporte</i>	<i># de operarios</i>	<i>Valor de la hora</i>	<i>Costo total día</i>	<i>Costo total semanal</i>	<i>Costo total mensual</i>
2 horas	8	\$ 3.073,8	\$ 49.180,80	\$ 245.904,00	\$ 983.616,00

*Nota.* Se muestran los costos en los que incurre la empresa por transporte innecesario de materiales.

### **Costos por defectos**

Aproximadamente durante el día en un proceso de tocetos teniendo en cuenta que se venden presentaciones de  $\frac{1}{2}$  y  $\frac{3}{4}$  de pulgadas, se pierden aproximadamente entre 5 y 6 de cada uno por lo que le cuesta a la empresa alrededor de \$1.750.000

**Tabla 24***Costos por defectos*

<i>Referencia</i>	<i># de tocetos defectuosos</i>	<i>Valor de toceto</i>	<i>Costo defecto día</i>	<i>Costo defecto semanal</i>	<i>Costo defecto mensual</i>
Toceto ¾	5	\$ 7.500	\$ 37.500,00	\$ 187.500,00	\$ 750.000,00
Toceto 1"	5	\$ 8.000	\$ 40.000,00	\$ 200.000,00	\$1.000.000,00
				TOTAL	\$1.750.000,00

*Nota.* Se muestran los costos por defecto en materiales.

**Costo desperdicio por reproceso**

De los tocetos defectuosos por lo general hay algunos que pueden reprocesarse, lo que incrementa el costo al doble quitándole valor agregado al producto, por lo que volver a procesar un producto le cuesta a la empresa alrededor de \$880.124:

**Tabla 25***Costo por reproceso*

<i>Referencia</i>	<i># de tocetos reprocesados</i>	<i>Costo unitario de toceto</i>	<i>Costo defecto día</i>	<i>Costo defecto semanal</i>	<i>Costo defecto mensual</i>
Toceto ¾	5	\$4.889,46	\$24.447,46	\$ 97.786,2	\$ 391.156,8
Toceto 1"	5	\$6.112,1	\$ 30.560,5	\$ 122.242,00	\$488.968,00
				TOTAL	\$880.124,80

*Nota.* Se muestran los costos por reproceso.

Consolidando en un cuadro la información que arrojo los costos mensuales que incurre en desperdicios la empresa se puede concluir lo siguiente.

**Tabla 26***Costo total de desperdicios*

<i>Tipo de desperdicio</i>	<i>Costo del desperdicio</i>
Tiempo	\$ 983.616,00
Inventario	\$ 775.000,00
Transporte pedido de materiales	\$ 2.000.000,00
Transporte en proceso productivos	\$ 983.616,00
Por defectos	\$ 1.750.000,00
Por reproceso	\$880.124,80
<b>TOTAL DE DESPERDICIO MES</b>	<b>\$ 7.372.356,80</b>

*Nota.* El costo mensual de los desperdicios que genera la empresa está alrededor de los \$ **7.372.356,80**.

La suma de \$ 7.372.356 se convierte en el valor que la empresa estaría generando como beneficio si se aplica la propuesta diseñada en este proyecto, esto significa al año \$88.468.272, es importante agregar que la implementación de la propuesta no representa gran inversión económica porque lo que solo se plantean cambios de ubicación que reducen el tiempo de operación y una nueva mentalidad colectiva en la empresa.

## Conclusiones

Desarrollada la investigación el equipo llega a conclusiones como: la necesidad de las empresas de rentabilidad es lo que ha llevado a la implantación de la filosofía de Lean Manufacturing que consta de un sin número de técnicas que se ha comprobado son eficaces para optimizar la productividad de las empresas. La empresa objeto de estudio presenta fallas en el sistema productivo como es el caso de la desorganización y falta de plan de limpieza, no hay asignación de puestos de trabajo debido a la política de pago por producción, lo que genera que no haya responsables de cada una de las zonas de trabajo, carece de una política de calidad para el producto terminado que defina requerimientos técnicos medibles, más allá, que la experiencia y la necesidad de las partes producidas.

Lean manufacturing cómo se ha evidenciado en los fundamentos teóricos cuenta con 5 principios que garantizan el valor que los clientes finales busca en las empresas manufactureras. En estos cinco principios la empresa tiene que hacer la aplicación de técnicas puntuales para garantizar la productividad y satisfacción del cliente final. Cuando se lleva a cabo el estudio de cada una de las etapas del proceso productivo se logra identificar las que son de valor para la empresa y las que se debe cambiar o modificar, se determinó que la empresa debe hacer asignación de los puestos de trabajo ya que no hay responsables de cada área, esto es causado por la rotación constante de los empleados que además tienen competencias en todos los puestos de trabajo de la empresa.

En el pull se propone en la empresa, desarrollar la técnica de las 5s para generar valor agregado en el proceso y al producto, debido a que se detecta fallas en la limpieza y

orden de los puestos de trabajo, lo que puede acarrear problemas o incidentes que pongan en peligro la seguridad del trabajador y del equipo.

En la fase de perfección u objetivo final, se propone el diseño de una política de calidad con requerimientos técnicos para el producto terminado, de tal forma que se reduzcan los tiempos y evitar el remiendo de piezas defectuosas, etc.

### **Recomendaciones**

Desarrollada la investigación se emiten a la empresa las siguientes recomendaciones puntuales: hacer uso de las técnicas de Lean Manufacturing para garantizar una producción de calidad optimizando los recursos disponibles para ellos. Desarrollar asignación de puestos de trabajo de tal forma que se reduzca la rotación de empleados y sea posible la responsabilidad del orden y la limpieza en cada área.

También se recomienda un plan de seguimiento a cada una de las técnicas propuestas para implementar, de tal forma que se puedan detectar oportunidades de mejora en lo relacionado a los cinco principios de la filosofía Lean Manufacturing. Es importante, además, los procesos de capacitación de los empleados para lograr concientización frente al cambio de sistema de producción, de esta forma se garantiza que el empleado este totalmente empalmado con el proceso y pueda agilizar la toma de decisiones durante la práctica de su trabajo puntual.



## Referencias

- American Psychological Association. (2010). *Manual de Publicaciones de la American Psychological Association* (6 ed.). (M. G. Frías, Trad.) México, México: El Manual Moderno.
- Beam, H. H. (1992). *The machine that changed the world*. Business Horizons, 35(3), 81-83.
- Cardona, J. (2013). *Modelo para la implementación de técnicas Lean Manufacturing en empresas editoriales*.
- Córdoba, F., & Bonilla, K. (2019). *Implementación de herramientas lean manufacturing e industria 4.0 para minimizar desperdicios en la empresa Cilindros Company S.A.S*. Obtenido de Repositorio de Universidad Cooperativa de Colombia: [https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/15557/1/2019\\_herramientas\\_lean\\_manufacturing.pdf](https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/15557/1/2019_herramientas_lean_manufacturing.pdf)
- Cuatrecasas, L., & Subirachs, M. (2011). *Lean Management: La gestión competitiva por excelencia*.
- De Arbulo López, P. R. (2007). *La gestión de costes en Lean Manufacturing: cómo evaluar las mejoras en costes en un sistema Lean*. Netbiblo.
- García, A. (1997). *Conceptos de organización industrial*. Macombo .
- Kotler, P., & Keller, K. L. (2009). *Dirección de marketing*. Pearson educación.
- Maldonado, G. (2008). *Herramientas y técnicas lean manufacturing en sistemas de producción y calidad*.

- Mendez, D., & Bermudez, E. (2018). *Planteamiento de un modelo lean manufacturing para el mejoramiento de calidad y procesos, en la empresa ABS Cromosol Ltda.* Obtenido de Repositorio de la Universitaria Agustiniana:  
<http://repositorio.uniagustiniana.edu.co/bitstream/handle/123456789/507/DiazMendez-DannaViviana-2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Munoz, K. (2017). *Implementación de herramientas de Lean Manufacturing en el área de control de calidad de la empresa Maderas Arauco.* Obtenido de Respositorio de la Universidad Austral de Chile :  
<http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2017/bpmm971i/doc/bpmm971i.pdf>
- Orozco, J., Cuervo, V., & Bolaños, J. (2016). *Implementación de herramientas lean manufacturing para el aumento de la eficiencia en la producción de EKA Corporación .* Obtenido de Respositorio de la Universidad Cooperativa de Colombia :  
[https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/10489/1/2016\\_implementacion\\_herramienta\\_lean.pdf](https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/10489/1/2016_implementacion_herramienta_lean.pdf)
- Padilla, L. (2016). Lean manufacturing lean / agile manufacturing. *Revista Electrónica Ingeniería Primero ISSN, 2076(3166),*, 91-98.
- Peralta Ubarnes, E. E., Rocha Lora, A. M., & Del Castillo, J. A. (2015). *Propuesta de implementación del modelo de gestión lean manufacturing en la empresa Ajover SA (Doctoral dissertation, Universidad de Cartagena).*
- Santos, A. S. (2011). Lean Manufacturing improvements in production systems. *Ciencia y sociedad*, 118-134.

- Sarria, M., Fonseca, G., & Bocanegra, C. (2017). Lean manufacturing implementation methodological model. *Revista EAN*, 51-71.
- Suñe, F. (2010). *Manual Práctico de Diseño de Sistemas Productivos*. Ediciones Días de Santos .
- Tejeda, A. S. (2011). *Mejoras de Lean Manufacturing en los sistemas productivos*. *Ciencia y sociedad*, 36(2).
- Womack, J. P., & Jones, D. T. (2005). *Lean thinking: cómo utilizar el pensamiento Lean para eliminar los despilfarron y crear valor en la empresa*. Grupo Planeta (GBS).