

REDUCCIÓN DE CUELLOS DE BOTELLA EN EL PROCESO DE PINTURA DE PIEZAS

PLASTICAS EN INCOLMOTOS YAMAHA

HERNAN DARIO GONZALEZ

JEFFERSON CASTAÑO QUIROZ

INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO

FACULTAD DE PRODUCCIÓN Y DISEÑO

INGENIERIA INDUSTRIAL

MEDELLÍN

2023

REDUCCIÓN DE CUELLOS DE BOTELLA EN EL PROCESO DE PINTURA DE PIEZAS

PLASTICAS EN INCOLMOTOS YAMAHA

HERNAN DARIO GONZALEZ

JEFFERSON CASTAÑO QUIROZ

TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR AL TITULO DE INGENIERO INDUSTRIAL

ASESORES

SANDRA MILENA ALVAREZ GALLO

JACOBO HERNAN ECHAVARRIA CUERVO

INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO

FACULTAD DE PRODUCCIÓN Y DISEÑO

INGENIERIA INDUSTRIAL

MEDELLÍN

2023

Nota de Aceptación

---

---

---

---

Presidente del Jurado

---

Jurado

---

Jurado

Ciudad y Fecha (día, mes, año) (Fecha de entrega)

## **AGRADECIMIENTOS**

Hay grandes premios al esfuerzo, entre ellos la conciencia de haber logrado una meta, la alegría de poder compartirlo con aquellos que quieres y la dignidad incomparable de poder decir: “misión cumplida”, es por ello por lo que para mí es un orgullo decir ¡GRACIAS! a todas esas personas que, con su ejemplo, ayuda y comprensión han hecho posible la realización de este trabajo y me han permitido pasar por gratas experiencias durante la carrera. A Dios, por darme la fortaleza y la oportunidad de alcanzar una de mis más anheladas metas. A mis padres Gloria Amparo Y Francisco.

A mis padres Rosmery Y Fabián, por el esfuerzo que han realizado durante toda mi vida para que al fin llegara este momento y por sus enseñanzas y ejemplo, porque comprendí que gracias a ellos y a su amor he crecido y alcanzado este propósito.

A Carlos Mario, Cipriano, Jhonatan, Lina y Catalina. Y se las dedico porque siempre estuvieron presentes y por su apoyo incondicional para seguir en este camino.

A mi esposa Yoana y a mis hijas Laura y Valentina, por su amor, son los motores más grandes de mi vida y que me motivaron para no dejar transcurrir más el tiempo.

A mi esposa Yessica por sus consejos y los momentos de felicidad, por compartir conmigo esta etapa de nuestras vidas y enseñarme a soñar que todo es posible.

A la Institución Universitaria Pascual Bravo y a la Facultad de producción y Diseño, por su participación en mi desarrollo académico. A los docentes Sandra Milena Alvarez Gallo y al docente Jacobo Hernan Echavarría Cuervo y a todo el Departamento de producción y diseño que con sus enseñanzas y experiencias han contribuido en mi formación profesional.

Al Ing. Edison Giraldo, por su confianza, paciencia, comprensión, enseñanzas, experiencia para la ejecución del proyecto en planta de pintura de Incolmos Yamaha.

**A TODOS USTEDES MIL GRACIAS**

## **RESUMEN**

La presente investigación tiene el propósito de conocer cuáles son las causas principales que originan los paros de línea en la planta de pintura “empresa Incolmotos Yamaha. Para ello se integró un equipo de mejora con el único fin de dar respuesta al planteamiento del problema y contribuir con la productividad de la empresa.

El objetivo principal es disminuir al 50% los paros no programados en el área de pintura, lo que corresponde a una reducción de 660 minutos aproximadamente con respecto a los 1332 minutos registradas en 2022.

La metodología seleccionada para el desarrollo de este proyecto fue la estrategia de las herramientas de la calidad de (Hitoshi Kume), Se consideró la que más apropiada para la investigación del proyecto.

Dicho equipo se integró con personal de la empresa que de acuerdo con sus responsabilidades y habilidades nos aportan información relevante que aportan a resolver el problema.

Se recopiló información de todos los paros de línea en 2022, se concentró y estratificó la información y se elaboraron los diagramas de Pareto para identificar las principales causas.

Posteriormente se aplicaron cada uno de los pasos de la metodología y se describen las acciones a lo largo del proyecto.

## CONTENIDO

1. Introducción .....	14
2. Planteamiento del Problema .....	15
2.1 Definición del Problema.....	15
2.2 Descripción del Problema.....	16
2.3 Situación Problema .....	16
2.4 Efectos Situación Problema.....	17
2.4.1 Paro Total del Área de Pintura.....	17
2.4.2 Retrasos en la Entrega del Producto Pintado .....	18
2.4.3 Generación de Altos Costos de Producción .....	18
2.4.4 Ineficiencia y Desperdicio de Recursos.....	18
2.4.5 Falta de Flexibilidad y Adaptabilidad .....	18
2.4.6 Impacto en la Calidad del Producto.....	19
2.4.7 Falta de Visibilidad y Control .....	19
2.5 Costos Paro Línea Pintura.....	19
2.6 Pregunta de Investigación Proyecto Incolmotos Yamaha .....	20
3. Objetivos.....	20
3.1 Objetivo General.....	20
3.2 Objetivos Específicos .....	20
4. Antecedentes del Problema .....	21
5. Justificación .....	26
6. Marco Contextual.....	27
6.1 Historia de Yamaha en el Mundo.....	27
6.2 De La Música A Las Motos.....	27
6.3 Proceso Productivo Planta de Pintura .....	29
7. Marco Teórico .....	38
7.1 Hoja de Recogida de Datos.....	38
7.2 Histograma .....	39
7.3 Diagrama de Pareto .....	40

7.4 Diagrama de Espina de Pescado .....	41
7.5 Grafico de Control .....	42
7.6 Diagrama de Dispersión .....	43
7.7 Estratificación .....	44
7.8 Balanceo de líneas de Producción.....	46
7.9 Teoría de Restricciones o de Cuellos de Botella.....	47
7.9.1 Focalización de Cuellos de Botella .....	49
7.9.2 Diagrama De Procesos .....	50
7.9.3 Diagrama de Recorrido .....	51
8. Diseño Metodológico.....	53
8.1 Enfoque Metodológico .....	54
8.2 Eliminación de Cuellos de Botella.....	54
8.3 Etapa 1: Análisis del Proceso Actual. ....	56
8.4 Etapa 2: Estudio de Tiempos.....	57
8.5 Etapa 3: Exploración y Descubrimiento. ....	58
8.6 Etapa 4: Diagrama de Causa y Efecto.....	60
8.7 Etapa 5: Aplicación balanceo de línea .....	61
8.8 Etapa 6: Método para el Balanceo del proceso de Pintura .....	62
8.9 Etapa 7: Informe Final .....	62
9. Resultados.....	63
9.1 Análisis del Proceso Producción Incolmotos Yamaha mediante diagrama de Ishikawa...63	
9.2 Clasificación Paros Planta Incolmotos Yamaha .....	66
9.3 Formato Actual de Reporte de Paros de Línea Planta Pintura.....	68
9.4 Propuesta de Mejora para Consolidar el Reporte Diario de Paros de Línea de la Planta de Pintura.....	68
9.5 Resultados de Producción Ensamble .....	70
9.6 Resultados de Producción Pintura.....	72
9.7 Modelos con Mayor Participación en el Proceso de Pintura.....	74
9.8 Pareto modelo de producción pintura .....	75
9.9 Resultados de criterios y aceptación de los modelos con más participación de unidades pintadas.....	76
9.10 Vista isométrica planta de pintura. ....	77
9.11 análisis diagrama de flujo proceso de pintura .....	78

9.12 Análisis Descargue de Piezas Pintadas Producción Ensamble. ....	80
9.13 Análisis Zona de Pulido de Piezas Defectuosas .....	81
9.13.1 Propuesta y Recomendaciones Para La Operación Numero 15 R.S. Del Sistema De Pintura. ....	82
9.13.2 Operación 15. Pulido de Piezas Tiempo Operativo Real.....	83
9.13.3. Diagrama de Recorrido Actual del Proceso de la Planta de Pintura. ....	85
9.13.4 Diagrama de Recorrido Propuesto.....	87
9.13.5 Recomendaciones para el puesto de trabajo taller de reproceso.....	90
9.13.6 Mejora de Tiempos del Proceso de Pulido Operación 15 R.S.....	91
9.13.7 Análisis Zona de Reprocesos .....	94
9.13.8 Propuesta y Recomendaciones para la Operación Numero 17 R.S del Sistema de Pintura. ....	95
9.13.8 Recomendaciones para la Operación Numero 17 R.S del Sistema de Pintura. ....	96
9.13.9 Operación 17 Reproceso de Piezas Tiempo Real.....	97
9.13.10 Análisis de Piezas Pintadas y Empacadas.....	99
9.14 Paros de Línea por Falta de Módulos.....	101
9.15 Costo de Paro en Planta de Pintura.....	102
9.15.1 Propuesta y Recomendaciones para la Operación Numero 19 R.S del Sistema de Pintura.....	103
9.15.2 Recolección de Registros Faltantes de Piezas por Empacar .....	106
9.15.3 Operación 19 Almacenamiento de Piezas Terminadas Tiempo Real.....	109
9.16 Diagrama de Flujo de Operaciones con Tiempos Restringidos en la Línea de la Planta de Pintura. ....	111
9.16.1 Diagrama de Flujo de Operaciones con Tiempos Mejorados en la Línea de la Planta de Pintura. ....	112
9.16.2 Priorización de Propuestas.....	113
9.16.3 Cotización financiera de fabricación de Modulo Propuesto para Mejorar el Proceso de Almacenamiento de Piezas Terminadas. ....	114
9.16.4 Análisis financiero Retorno de la Inversión. ....	115
10. Conclusiones .....	116
BIBLIOGRAFIA.....	119



## LISTA DE IMÁGENES

Imagen 1.fuente Incolmotos Yamaha - planta Girardota (yamaha I. , s.f.) .....	28
Imagen 2. Fuente Incolmotos Girardota - línea de terminado (yamaha I. , s.f.).....	30
Imagen 3. fuente Incolmotos - planta de producción (yamaha I. , s.f.) .....	31
Imagen 4. fuente Incolmotos - Ensamble motor (yamaha I. , s.f.).....	31
Imagen 5. fuente Incolmotos - Montaje motor (yamaha I. , s.f.).....	32
Imagen 6. Fuente Incolmotos - Zona de embarque producto terminado (yamaha I. , s.f.).....	32
Imagen 7. fuente Incolmotos - Tolva planta pintura (yamaha I. , portafolio.co, 2013).....	33
Imagen 8. fuente Incolmotos - zona tratamiento curado de piezas (yamaha I. , portafolio.co, 2013) .....	34
Imagen 9. Fuente Incolmotos - Salida de piezas pintadas del horno (yamaha I. , portafolio.co, 2013) .....	34
Imagen 10. fuente propia Incolmotos - inspección de calidad.....	36
Imagen 11. Fuente propia Incolmotos - Descargue de piezas pintadas .....	37
Imagen 12. Fuente propia Incolmotos - Racks de almacenamiento de piezas pintadas .....	37
Imagen 13. Hoja de datos (Pensa G. , 2020).....	39
Imagen 14. Histograma (Pensa G. , 2020) .....	40
Imagen 15. Diagrama de Pareto (Pensa G. , 2020).....	41
Imagen 16. Diagrama espina de pescado (Pensa G. , 2020).....	42
Imagen 17. Gráfico de control (Pensa G. , 2020) .....	43
Imagen 18. Diagrama de dispersión (Pensa G. , 2020).....	44
Imagen 19. Estratificación (Gomez, 2017).....	45
Imagen 20. Diagrama de recorrido (Martinez, 2013) .....	52

Imagen 21 Diagrama flujo (smartdraw, 2023).....	57
Imagen 22 Evidencia acta de reunión con persona Yamaha.....	58
Imagen 23 Esquema lluvia de ideas (creately, 2021) .....	59
Imagen 24 Diagrama shikawa (Customer, 2022) .....	60
Imagen 49 Formato actual reporte de paros de línea planta pintura .....	68
Imagen 50 propuesta de mejora formato digital reporte de paros planta pintura .....	69
Imagen 51 asignación de carpeta en la red .....	70
Imagen 25 Datos producción ensamble Incolmotos (Investigadores) .....	71
Imagen 26 Programación producción pintura Incolmotos (Investigadores).....	73
Imagen 27 Datos ranking por referencias alta rotación Incolmotos (Investigador).....	74
Imagen 28 Pareto modelo producción (Investigadores) .....	75
Imagen 29 Descripción de modelos (Investigadores).....	76
Imagen 30 Plano planta pintura Incolmotos Yamaha (Investigadores) .....	77
Imagen 31 Diagrama proceso pintura (Investigadores) .....	79
imagen 32 Descargue de piezas pintadas - Investigadores .....	80
Imagen 33 Flujo de clasificación de piezas pintadas (Investigadores) .....	81
Imagen 34 Retrabajos de piezas pintadas (Investigadores) .....	82
imagen 35(Diseño taller encabinado reproceso de piezas defectuosas - investigadores).....	83
Imagen 36 Tiempo estándar, real y mejorado operación 15 .....	84
Imagen 37 plano diagrama de recorrido actual planta pintura - Investigadores .....	85
Imagen 38 piezas terminadas sin ubicación en modulo.....	85
Imagen 39 Rotación piezas defectuosas por la línea .....	86
Imagen 40 ubicación operación 19 dentro del sistema de la planta de pintura.....	86

Imagen 41(Plano diagrama de recorrido propuesto con mejora de tiempos de operaciones - investigadores) .....	87
Imagen 42( Body Cowlig one - modelo BBE-3 - Investigadores).....	91
imagen 43 Retrabajos de pz pintadas (Investigadores).....	94
Imagen 44 Tiempo estándar, real y mejorado operación 17 reproceso de piezas.....	98
Imagen 45 Flujo empaque de mercancía pintada.....	99
Imagen 47 Paros de línea en minutos .....	101
Imagen 46 Tiempo estándar, real y mejorado operación 19 proceso de almacenamiento .....	110
Imagen 48 Cotización fabricación módulo de almacenamiento de piezas .....	114

### **LISTA DE TABLAS**

Tabla 1.Referencias y Modelos de motocicletas (Incolmos Yamaha).....	30
Tabla 2 Características del diagrama (Etecé, 2021).....	51
Tabla 3 Actividades proyecto (Investigadores) .....	53
Tabla 4 Método Balanceo de línea (López B. S., 2019).....	62
Tabla 5 Registro de paros por falta de módulos .....	106
Tabla 6 Registro de paros por falta de módulos .....	107
Tabla 7 Registro de paros por falta de módulos .....	107
Tabla 8 Registro de paros por falta de módulos .....	108

## LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Paros área empaque (Investigadores) .....	15
Ilustración 2 Comportamiento Producción (Investigadores) .....	17
Ilustración 3 Costo paro de línea (Investigadores) .....	19
Ilustración 4 Diagrama proceso de pintura (Investigadores) .....	35
Ilustración 8 (Diagrama de Ishikawa - Investigadores) .....	63
Ilustración 5 propuesta planeador Excel para reproceso.....	95
Ilustración 6 Diagrama de flujo línea con tiempos restringidos .....	111
Ilustración 7 Diagrama de flujo con tiempos mejorados .....	112

## GLOSARIO

**Estímulo:**

Factor que puede desencadenar un cambio físico o de conducta.

**Involucramiento:**

Quedar conectado o comprometido con un asunto o situación; participar en ello.

**Optimo:**

Que es extraordinariamente bueno o el mejor, especialmente en lo que se refiere a las condiciones o características de una cosa.

**Formación:**

Nivel de conocimientos que una persona posee sobre una determinada materia, proceso entre otras.

**Intercambio:**

Situación de trueque en el cual un grupo provee un tipo de bien.

**Estrategia:**

Plan general para lograr uno o más objetivos a largo plazo o generales en condiciones de incertidumbre.

**Esquema:**

Representación mental o simbólica de una cosa material o inmaterial o de un proceso en la que aparecen relacionadas de forma lógica sus líneas o rasgos esenciales.

**Innovación:**

Proceso que introduce novedades y que se refiere a modificar elementos ya existentes con el fin de mejorarlos.

## **1. Introducción**

Incolmos Yamaha, una destacada ensambladora de motocicletas a nivel mundial, se ha ganado una reputación por la calidad de sus productos. La empresa, ubicada en Girardota, Colombia, ha estado en operación durante 24 años y se constituyó como entidad independiente en 1999, con la participación mayoritaria de Yamaha Motor. Incolmos Yamaha forma parte del Grupo YAMAHA y se ha destacado por su compromiso con la educación, la calidad de vida de los colombianos y la protección del medio ambiente.

Este contexto proporciona el marco para el desarrollo del proyecto, que se titula "Reducción de Cuellos de Botella en el Proceso de Pintura de Piezas Plásticas en Incolmos Yamaha". La aplicación de un modelo de gestión tiene como objetivo mejorar el rendimiento de la producción. El proyecto comienza con la identificación y planteamiento del problema que Incolmos Yamaha enfrenta en el área de pintura, con un análisis de las causas y efectos asociados.

La metodología del trabajo busca realizar el análisis y la interpretación de los resultados, para luego de esto realizar la verificación de la hipótesis y así poder aplicar un modelo de gestión que permita elevar el desempeño del flujo de la producción.

Se formulan las conclusiones y recomendaciones alcanzadas en el proyecto.

## 2. Planteamiento del Problema

### 2.1 Definición del Problema

El presente trabajo tiene como fin disminuir los paros de línea no programados presentados en el área de la planta de pintura, la cual se presenta por fallas en el proceso de almacenamiento de las piezas que salen del horno de pintura y deben ser puestas a disposición del siguiente proceso de la cadena de producción. Esto representa una relevancia importante ya que durante los últimos años este problema viene incrementando, al punto que en el año 2022 se presentaron paros de producción por más de 1300 minutos, reflejando pérdidas y demoras durante las entregas.

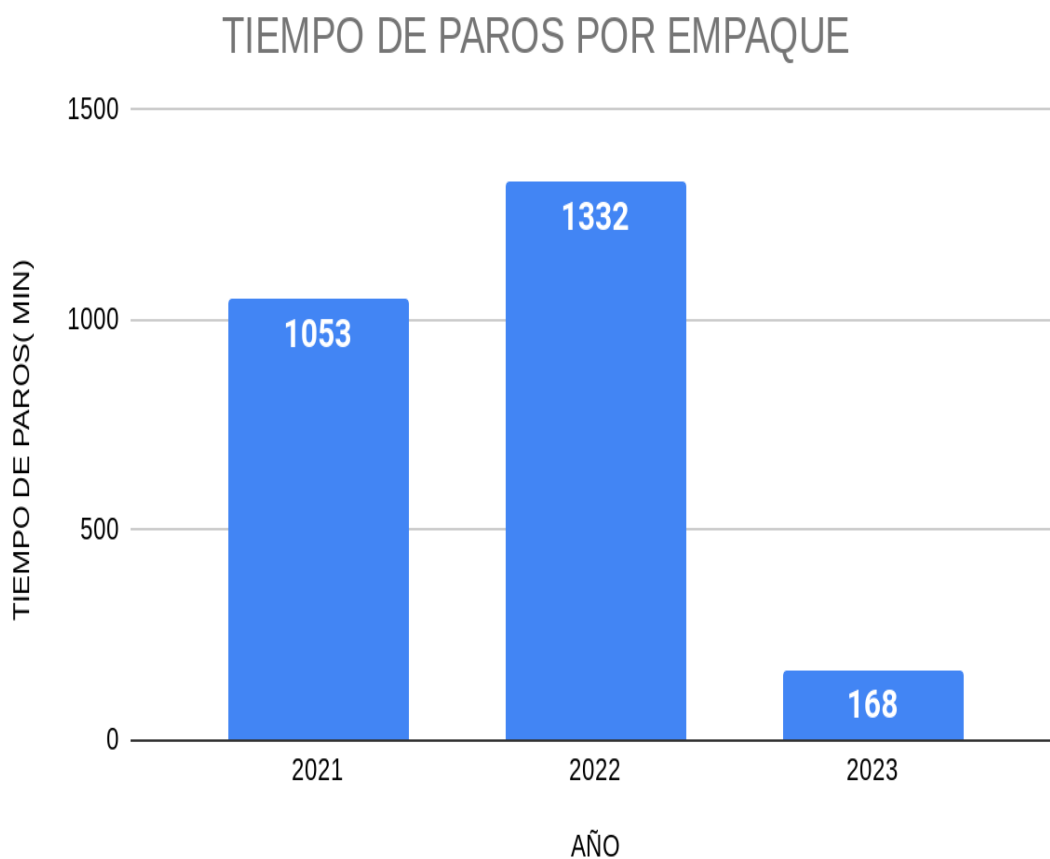


Ilustración 1 Paros área empaque (Investigadores)

## **2.2 Descripción del Problema**

En la empresa se ensamblan actualmente 12 modelos de motocicletas de distintas referencias y colores, las cuales pasan por diferentes procesos de producción hasta que quedan completamente ensambladas para su comercialización.

Para el proceso de pintura la empresa dispone de dos plantas de producción para el proceso de pintura una de piezas metálicas y otras de piezas plásticas.

Cuando las piezas ya tienen todo el proceso de pintura y están en condiciones óptimas para su manipulación, se realiza el proceso de almacenamiento de producto terminado, donde en un turno de 8 horas pueden llegar a ser aproximadamente 5 mil piezas que requieren de diferentes medios logísticos para su almacenamiento mientras pasan al proceso siguiente.

El problema de los cuellos de botella en el proceso de empaque de la planta de pintura de Incolmotos Yamaha radica en situaciones en las que la capacidad de producción de la línea de empaque no coincide con la demanda o el ritmo de producción de las demás etapas del proceso.

Esto puede generar retrasos, acumulación de productos sin empacar y, en última instancia, afectar la eficiencia y productividad general de la planta.

## **2.3 Situación Problema**

Fallas presentadas en el procedimiento de empaque y almacenamiento de las piezas para ser entregadas al siguiente proceso de la cadena de ensamble.

El problema viene acrecentando a medida que la compañía va aumentando su producción, ya que en el proceso de empaque de las piezas pintadas no cuenta con un sistema estandarizado que optimice el proceso y ayude a identificar los principales cuellos de botella.



Las restricciones que hoy día tiene el proceso por lo cual se afecta el flujo rápido del material e impiden un tiempo de ciclo adecuado en cuanto a la preparación del producto que es menor al tiempo de empaclado, esto ocasiona paros de producción y numerosas pérdidas para la compañía.

## 2.4 Efectos Situación Problema

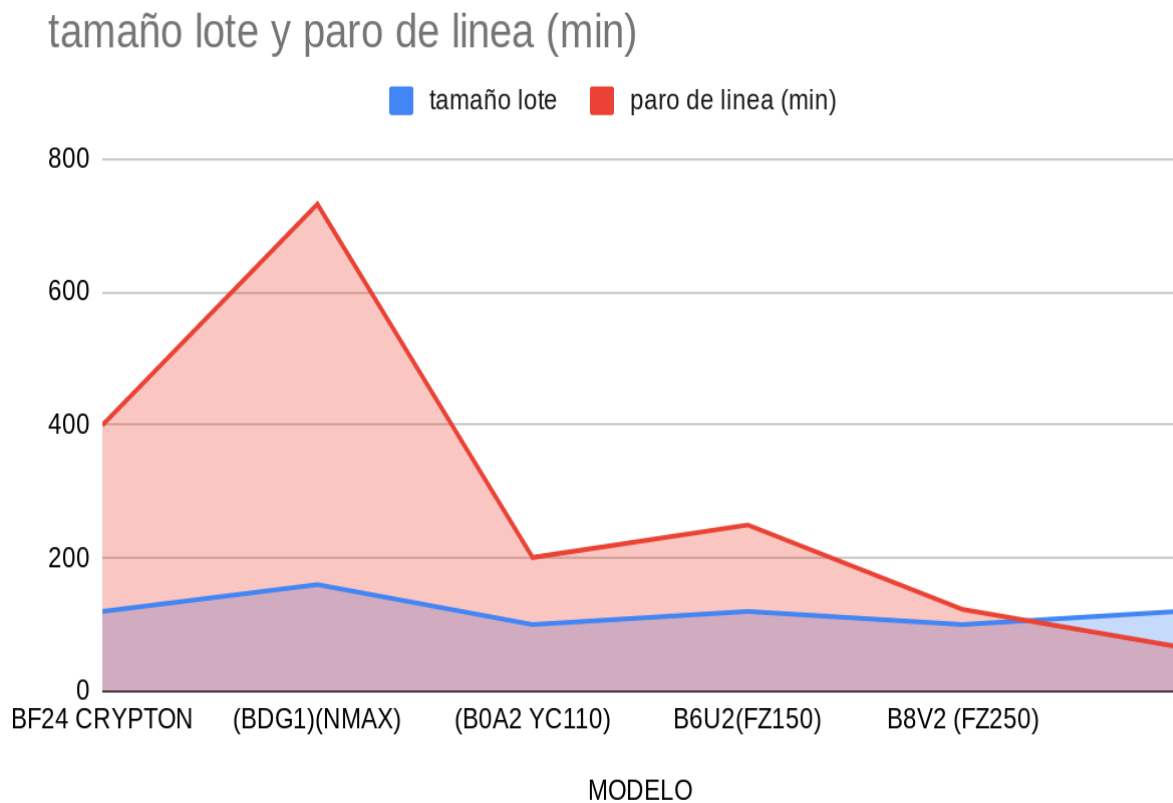


Ilustración 2 Comportamiento Producción (Investigadores)

### 2.4.1 Paro Total del Área de Pintura

Los paros en la línea de pintura se han debido a problemas de empaque que generan un desperdicio de tiempo y esfuerzo, ya que el personal debe esperar a que se resuelva el problema antes de poder continuar con su trabajo.

#### **2.4.2 Retrasos en la Entrega del Producto Pintado**

Se generan retrasos en el proceso de empaque, lo que a su vez restringe la entrega de los productos. Esto puede resultar en insatisfacción por parte de los clientes, incumplimiento de plazos y posibles pérdidas de ventas.

#### **2.4.3 Generación de Altos Costos de Producción**

El paro total genera costos adicionales debido a la interrupción en la producción y la necesidad de tomar medidas correctivas para solucionar los cuellos de botella en el empaque de piezas pintadas. Esto puede incluir gastos de mano de obra adicional, horas extras, reparaciones o inversiones en equipos y tecnología.

#### **2.4.4 Ineficiencia y Desperdicio de Recursos**

El mal manejo y planificación provoca una utilización ineficiente de los recursos, como mano de obra, equipos y materiales de empaque.

Se pueden requerir esfuerzos adicionales y horas extras para compensar los retrasos, lo que puede aumentar los costos operativos y disminuir la rentabilidad.

#### **2.4.5 Falta de Flexibilidad y Adaptabilidad**

Si el proceso de empaque está limitado por un cuello de botella, puede haber una falta de flexibilidad para responder a cambios en la demanda o en las necesidades del mercado.

Esto puede dificultar la capacidad de la empresa para ajustarse rápidamente a las fluctuaciones en la demanda y satisfacer las necesidades de los clientes.

### 2.4.6 Impacto en la Calidad del Producto

Debido a los cuellos de botella en el proceso de empaque se pueden generar presiones adicionales sobre el personal de empaque, lo que puede aumentar el riesgo de errores o defectos en el proceso de empaque.

Esto puede afectar la calidad del producto final y potencialmente dañar la reputación de la empresa.

### 2.4.7 Falta de Visibilidad y Control

El mal proceso de empaque dificulta la visibilidad y el control del proceso de empaque. Esto puede dificultar el seguimiento y la gestión eficiente de la producción, lo que a su vez puede limitar la capacidad de realizar mejoras y optimizaciones en el proceso.

## 2.5 Costos Paro Línea Pintura

Costo/mes frente a Paros de pintura

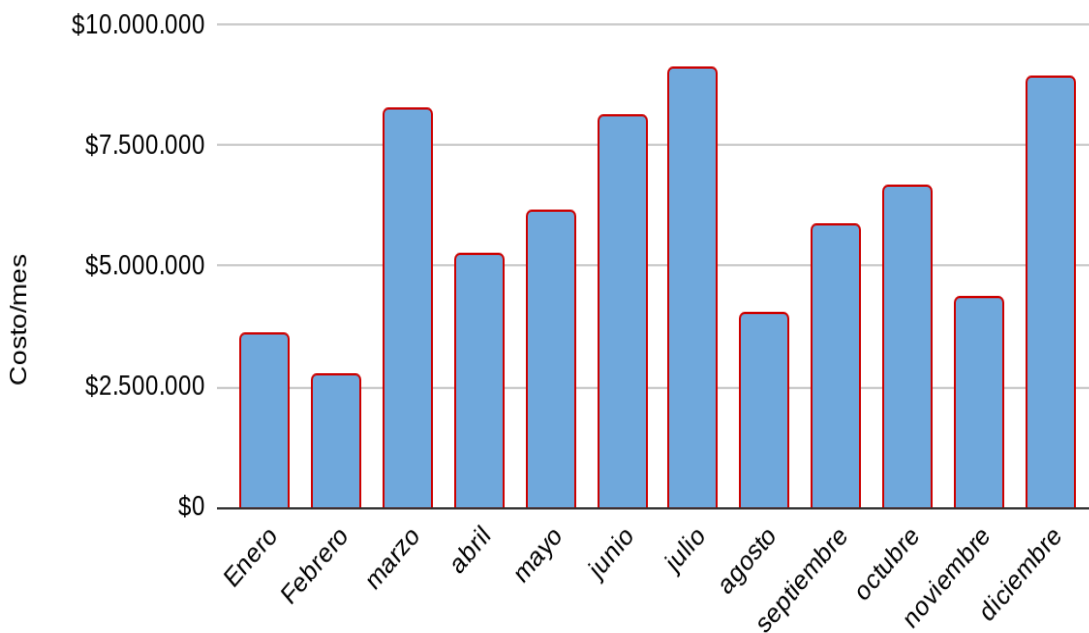


Ilustración 3 Costo paro de línea (Investigadores)

## **2.6 Pregunta de Investigación Proyecto Incolmos Yamaha**

¿Cuáles son las causas principales que originan los paros de producción en la planta de pintura de Incolmos Yamaha?

## **3. Objetivos**

### **3.1 Objetivo General**

- Diseñar soluciones que permitan identificar los cuellos de botella en el sistema de operatividad de la planta de pintura, con el fin de reducir los ciclos de paro de línea y mejorar el nivel de servicio percibido por los clientes internos.

### **3.2 Objetivos Específicos**

- Establecer el flujo del proceso de la planta de pintura teniendo en cuenta las causas de los paros de línea.
- Determinar el tiempo estándar de cada actividad y de las referencias que se pintan en la planta, con el propósito de estandarizar los procesos y brindar información a la gerencia para asignar metas de producción a los operarios.
- Identificar el cuello de botella para el proceso de pintura mediante las herramientas tradicionales de la calidad. con el fin de registrarlo y de esta forma poder elaborar un diagnóstico de la situación actual de la compañía que conduzca al mejoramiento del proceso.
- Diseñar las propuestas que permitan disminuir los tiempos de las operaciones identificadas como críticas.

#### **4. Antecedentes del Problema**

Cuello de botella de la línea Industria Mecanizados. En este apartado se ha realizado un estudio de la línea final de mecanizado para conocer el estado actual de las diferentes operaciones y así obtener los tiempos de ciclo de estas. Dichos estudios se han determinado mediante el uso de las herramientas de datos almacenadas en servidores por ingeniería de producción, la cual, dispone de todos los datos diarios de producción y conoce que maquinas trabajan por encima de tiempo de ciclo o en que maquina se producen mayores retenciones de piezas.

Tras el análisis de la línea de mecanizado para obtener las operaciones, las cuales, generan o son cuellos de botella, se establecen unas prioridades debido a la disposición de las operaciones a lo largo de la línea. Las prioridades más importantes son aquellas en las cuales el tiempo de ciclo de trabajo está por encima del tiempo de ciclo objetivo, como también los son las maquinas únicas, que son estas, en las que toda la producción pasa por ellas. En ocasiones, se requiere duplicar en paralelo una operación por distintos motivos: - Un tiempo de ciclo de trabajo elevado respecto al tiempo objetivo - Un aumento de demanda que conlleva un aumento de producción en ese mismo tiempo de ciclo Sin embargo, existen operaciones las cuales no pueden ser duplicadas por motivos de tolerancia o simplemente por espacio en la línea para albergar otra operación de iguales características, por lo que, se requiere que estas máquinas ‘únicas’ trabajen con un tiempo de ciclo objetivo o incluso por debajo de este tiempo para asegurar no tener cuello de botellas en esas operaciones. (Pérez García, 2018)

Para el balance de línea en el procesamiento de vidrio templado es de gran importancia para controlar la producción, debido a que, si se logra un correcto equilibrio de la línea de producción, se podrá optimizar otras variables que influyen en la productividad, por ejemplo: el inventario de

piezas por procesar, el tiempo promedio de procesamiento y los despachos parciales de piezas terminadas.

Al momento de diseñar la línea de producción, se deben distribuir las tareas de tal manera que los recursos sean aprovechados en todo el proceso. Lo más complicado de balancear la línea de producción es dividir el proceso en estaciones de trabajo donde se ejecutará un grupo de tareas, de manera que la carga de trabajo sea la óptima dentro del tiempo de ciclo de la producción.

Balancear una línea de producción es que cada estación de trabajo produzca un mismo metraje y tenga un mismo tiempo de ciclo de producción, para así evitar las acumulaciones de carga por procesar. (Pérez García, 2018)

Los pasos para iniciar el balance de línea son los siguientes (Escalante, 2021):

- Definir e identificar todas las tareas que conforman al proceso de producción.

- Determinar el tiempo estándar que se necesitará para el desarrollo de cada tarea.

- Establecer los recursos que se necesitarán.

- Determinar el orden de ejecución.

Una vez implementado el balance de línea se pueden identificar los cuellos de botella. La variabilidad de la demanda y el poseer maquinaria con capacidades diferentes hace que se requieran diferentes tiempos de procesamiento, lo que genera cuellos de botella dinámicos.

Para obtener una línea de producción balanceada, se necesita de una correcta aplicación teórica, redistribución de recursos e incluso inversiones económicas.

Al balancear la línea de producción se logra (Escalante, 2021):

- Reducir y estandarizar los costos.

- Elaborar una estructura de bonificaciones por la productividad alcanzada.

- Obtener la cantidad de producción esperada dentro del plazo establecido.

Mejorar la gestión de la producción.

Incrementar la productividad general y el estímulo del personal.

Determinar tiempos y movimientos para mejorar la distribución de la carga de trabajo.

Eliminar los inventarios de piezas en proceso y los cuellos de botella.

Mejorar el flujo del proceso entre las áreas de producción.

Comprometer a los trabajadores en la eliminación de los 7 desperdicios (sobreproducción, tiempos de espera, transporte, procesos, inventarios, movimientos y productos defectuosos). (Escalante, 2021)

La definición de cuello de botella coincide en la limitación de la función de producción y en resultado la era de periodo o estándar del proceso, o sea pasa una vez que una sección del sistema de producción lleva el ritmo más bajo de producción que lo demás del sistema. El cuello de botella tiene un impacto negativo en la eficiencia de la producción, ya que los periodos siguientes al cuello de botella que existe tienen que operar por abajo de su capacidad, generando descanso e incrementando cada vez más su ineficiencia (Lluga, 2020) .

De consenso con (Romero, 2021) la presencia de un cuello de botella en una compañía hace alusión a la preparación de producto que suele ser más tardío o que su producción es más desarrollada por ende tendría como efecto retraso en la producción y ejecución del producto, ocasionando un alza de costos productivos por el decrecimiento de producción. Debido al cuello de botella varias etapas de producción realizan que se trabaje por abajo de su capacidad provechosa ocasionando que ciertos productos que ya han sido preparación no terminen su fase de producción.

Por lo cual es fundamental detectar los cuellos de botella en los procesos de producción y más que nada realizar un estudio profundo en establecer cómo incrementar la eficiencia en las operaciones,

al solucionar y resolver los cuellos de botella que se identifiquen en el proceso, disminuyendo los tiempos de operación y en la situación de estudio, ofrendando la disponibilidad del inventario (Cueva, 2020)

La explicación del término cuello de botella posee numerosas referencias a lo largo de su origen, de modo que podemos enlistar las siguientes definiciones como una breve explicación al término en mención: (Cueva, 2020)

Momentos de aglomeración que ocurren durante las actividades del proceso.

Instantes donde las solicitudes requeridas no son cumplidas por el recurso limitado.

Actividades incapaces del cumplir con el programa de producción.

Algunos bloqueos temporales que limitan la producción.

Conjunto de procedimientos que reducen los resultados de producción.

Limitación de productos producidos por actividades innecesarias. (Cueva, 2020)

Tomando en consideración estos conceptos se puede deducir que existe una gran variedad bibliográfica respecto a los cuellos de botella, partiendo de esto se constata que no solo son causadas por el ámbito físico como son: la disposición de los recursos, la actividad dentro del proceso o las instalaciones, y que de igual manera pueden ser generados por el operador por movimientos innecesarios o inoportunos (Chung, 2017).

La metodología Lean Manufacturing es de fundamental trascendencia, que indica que su filosofía es opuesta a lo tradicional, en donde se dividen las funcionalidades de conservar y crear. (González & Idrovo, 2022)



El adiestrar y asignar labores sencillas y ordinarias, pero de enorme trascendencia a los operarios es el objetivo. Estas labores que han sido asignadas permiten que los operarios encuentren o identifiquen anomalías, minimizando los deterioros o desperfectos. (González & Idrovo, 2022)

Lean Manufacturing instituye aquellos puntos claves en el sistema de construcción donde busca comprometerse a aquellas personas o individuos que juegan un papel fundamental debido al igual que como competidores directos en los procesos de producción tienen la posibilidad de contribuir a detectar el origen de los inconvenientes que no adhieren costo al desarrollo productivo. (González & Idrovo, 2022)

Los instrumentos de Lean Manufacturing admiten, identificar ciertas oportunidades de optimización, minimizar tiempos y precios de producción para lo que se necesita de la supresión toda clase de “desaprovechamiento” o mudas, catalogados éstos como toda tarea, que implica el consumo de cualquier recurso (materiales, equipos, espacio, tiempo, personas, etc.), visto que no genera algún tipo de costo al producto o servicio que se está produciendo y en el cual principalmente el comprador no va a estar decidido a costear. (González & Idrovo, 2022).

## **5. Justificación**

En el presente proyecto se focaliza en la atención del proceso de pintura que provocan un proceso productivo más lento dentro de la línea. Como se dice en la industria, una cadena es tan fuerte como su eslabón más débil, el eslabón más débil hace referencia a los procesos que provocan ‘cuellos de botella’. La existencia de ‘cuellos de botella’ provoca una restricción de la capacidad de la línea que produce un descenso considerable de la eficiencia. A lo largo del proyecto, se expondrán diferentes críticas en la línea y se desarrollaran las mejoras para incrementar la eficiencia en los procesos que son ‘cuellos de botella’, mediante la aplicación de soluciones técnicas de ingeniería, como son las 7 herramientas de la calidad.

Gracias a estas herramientas se mejorará los tiempos de dichos procesos para adecuarlos al resto de la línea, para así, aumentar la capacidad de producción a lo largo de dicha línea de procesos.

Se desarrollará el proceso de diseño de las aplicaciones seleccionadas, exponiendo el contenido del diseño del sistema de pintura. para poder comprender el global de cada uno de los puestos de trabajo del sistema del área de pintura.

El oobjetivo planteado en este proyecto se reflejará y/o dará beneficio a los clientes desde el punto de vista de abastecimiento de las piezas pintadas a tiempo, a los accionistas mayor rentabilidad para el negocio y a los colaboradores seguridad en el trabajo.

También permitirá reducir los costos de paro de línea y el eficiente cumplimiento en los programas de producción, lo que se traduce en una productividad alta.

Lo anterior, se logra usando el conjunto de herramientas técnicas de calidad para solucionar los problemas relacionados con paros de línea desde su origen o causa raíz.

## **6. Marco Contextual**

A continuación, se presenta una descripción de la historia de Incolmos Yamaha S.A. desde su origen a nivel mundial y cómo se ha convertido en una empresa heredera de grandes logros y gestores de nuevos comienzos, con un gran sentido de orgullo de lo que ha conseguido gracias a un espíritu emprendedor y dinámico que ha buscado siempre tocar el corazón de los colombianos con la emoción que caracteriza a la marca Yamaha en todo el planeta.

### **6.1 Historia de Yamaha en el Mundo**

Yamaha es una marca reconocida mundialmente, en la fabricación y ensamble de motocicletas, pero muchos no conocen que sus orígenes comenzaron como una fábrica de instrumentos musicales, como pianos y armonios. Fue fundada en 1887 por el japonés Torakusu Yamaha como Nippon Gakki Company. En sus inicios, en 1877, la empresa creada por el señor Torakusu Yamaha dependía de la fabricación y venta de pianos verticales, pero ya a comienzos del XX probó con los pianos de cola y órganos. En 1927, Kaichi, el padre de Kawakami asume la tercera presidencia de la compañía. Su hijo, tras graduarse en la Escuela Comercial de Takachiho, se unió en 1937 a la empresa, convirtiéndola en el principal fabricante de pianos del mundo. Pero fue al heredar el mando, en 1950, cuando cambió el rumbo que habían impuesto hasta entonces las otras generaciones. (yamaha, s.f.)

### **6.2 De La Música A Las Motos**

El aparentemente extraño salto a la producción de motocicletas ocurrió después de que Yamaha utilizará su experiencia en la fabricación de pianos para diversificarse con la producción de hélices

de madera para aeroplanos durante la Segunda Guerra Mundial. De allí, pasó a producir hélices de metal, pero el equipo para fabricarlas quedó en desuso cuando terminó la guerra. (yamaha, s.f.)

Una visita a Estados Unidos y Europa en 1953 convenció a Kawakami de que el mercado recreativo tenía un futuro brillante en Japón. Fue así como bajo su liderazgo, Yamaha aprovechó el dominio de las técnicas de tratamiento de materiales utilizados en los pianos para fabricar los componentes metálicos de las motos, recuperando y adaptando la tecnología metalúrgica abandonada tras la Segunda Guerra Mundial, para producir la primera motocicleta, la YA-1, conocida como “aka tombo”, o la libélula roja. (yamaha, s.f.)

En 1955, tras el lanzamiento de esta motocicleta, fundó Yamaha Motor, una compañía dedicada al arte de la ingeniería. (yamaha, s.f.)

Podemos observar la planta de producción de Incolmotos Yamaha en Colombia, la cual se encuentra en el municipio de Girardota (Antioquia)



*Imagen 1.fuente Incolmotos Yamaha - planta Girardota (yamaha I. , s.f.)*

En la década de 1970 se ensamblaron las primeras motocicletas Yamaha en Colombia. Incolmotos Yamaha cumple más de 45 años liderando el sector de venta y distribución de motocicletas en el país, con más de 1 millón de unidades ensambladas y alrededor de 1200 personas trabajando para la Empresa. (yamaha, s.f.)

Después de ser filial de Coltejer, empresa independiente y de 24 años de exitosa presencia en el país, Incolmotos Yamaha se constituye como tal en el año de 1999. Con participación mayoritaria de Yamaha Motor Co., Incolmotos entró a formar parte de las empresas del Grupo YAMAHA y a proyectarse por su compromiso con la educación, la calidad de vida de los colombianos y el medio ambiente. (yamaha, s.f.)

Bajo el eslogan “Un nuevo ritmo de vida”, las motocicletas YAMAHA conquistaron el corazón de los colombianos con modelos como Furia FS80, RX 100 y DT 175 y posteriormente la Axxis 90 y la V-80. (yamaha, s.f.)

El nuevo siglo se inició con la certificación bajo la norma ISO 9000. La certificación de la Empresa bajo la norma ISO 14000 ratificó su compromiso con la protección del medio ambiente y el uso óptimo de los recursos naturales. (yamaha, s.f.)

### **6.3 Proceso Productivo Planta de Pintura**

Para el ensamble de una motocicleta se deben pasar por varios procesos, como lo son el desempaque y selección de las materias primas, soldadura, pintura, procesos de sub-ensamble. (yamaha I. , s.f.)

Las materias primas llegan a la bodega por medio de diferentes proveedores nacionales e internacionales, estas se desempacan según los planes de producción y por medio del área de logística pasan a las áreas correspondientes para su respectivo proceso. (yamaha I. , s.f.)

En la imagen 2 se observa el proceso de ensamble, de una motocicleta de la referencia de la FZ 2.0 en la plata de Incolmotos Yamaha.



*Imagen 2. Fuente Incolmotos Girardota - línea de terminado (yamaha I. , s.f.)*

La producción actual ensambla 12 modelos de motocicletas con diferentes referencias y colores.

REFERENCIA	NOMBRE COMERCIAL
B39	SZ-R R
2MD	XTZ125
BF2	CRIPTON
BK31	NMAX
BOA	YC110
B6U	FZ15N
BBL	XTZ150
B9L	XTZ250
BEU	R15 ABS
B8V	FZ25 ABS
B7H	YBR
BBE	GPD155
BGK	FZ 15 ABS
BCH	MTN155

*Tabla 1.Referencias y Modelos de motocicletas (Incolmotos Yamaha)*



*Imagen 3. fuente Incolmotos - planta de producción (yamaha I. , s.f.)*



*Imagen 4. fuente Incolmotos - Ensamble motor (yamaha I. , s.f.)*



*Imagen 5. fuente Incolmotos - Montaje motor (yamaha I. , s.f.)*



*Imagen 6. Fuente Incolmotos - Zona de embarque producto terminado (yamaha I. , s.f.)*



Según (Incolmotos Yamaha) Actualmente cuenta con una planta de pintura electrostática para pintar piezas plásticas, con lo cual ahorrarán alrededor del 40% de pintura durante la aplicación. La nueva planta de pintura de plásticos es el resultado de la necesidad de seguir creciendo como Empresa, de seguir aportando al crecimiento de la región, el país y el sector.

Esta planta tiene la capacidad de reducir un 70 – 80% las partículas grandes que contaminan el acabado de la pieza, lo que ha disminuido los reprocesos. Ahora la planta permite pintar 12.000 motocicletas utilizando un 23% menos de pinturas, en comparación con las 10.000 motocicletas que se podían pintar antes de contar con las nuevas instalaciones.

En cuanto al cuidado del medio ambiente, el uso de la pintura electrostática hace que se disminuyan los desperdicios como los compuestos orgánicos volátiles y la pintura que se expone al medioambiente, ya que la planta alcanza una cobertura del 50 y 60%.



*Imagen 7. fuente Incolmotos - Tolva planta pintura (yamaha I. , portafolio.co, 2013)*



*Imagen 8. fuente Incolmotos - zona tratamiento curado de piezas (yamaha I. , portafolio.co, 2013)*



*Imagen 9. Fuente Incolmotos - Salida de piezas pintadas del horno (yamaha I. , portafolio.co, 2013)*

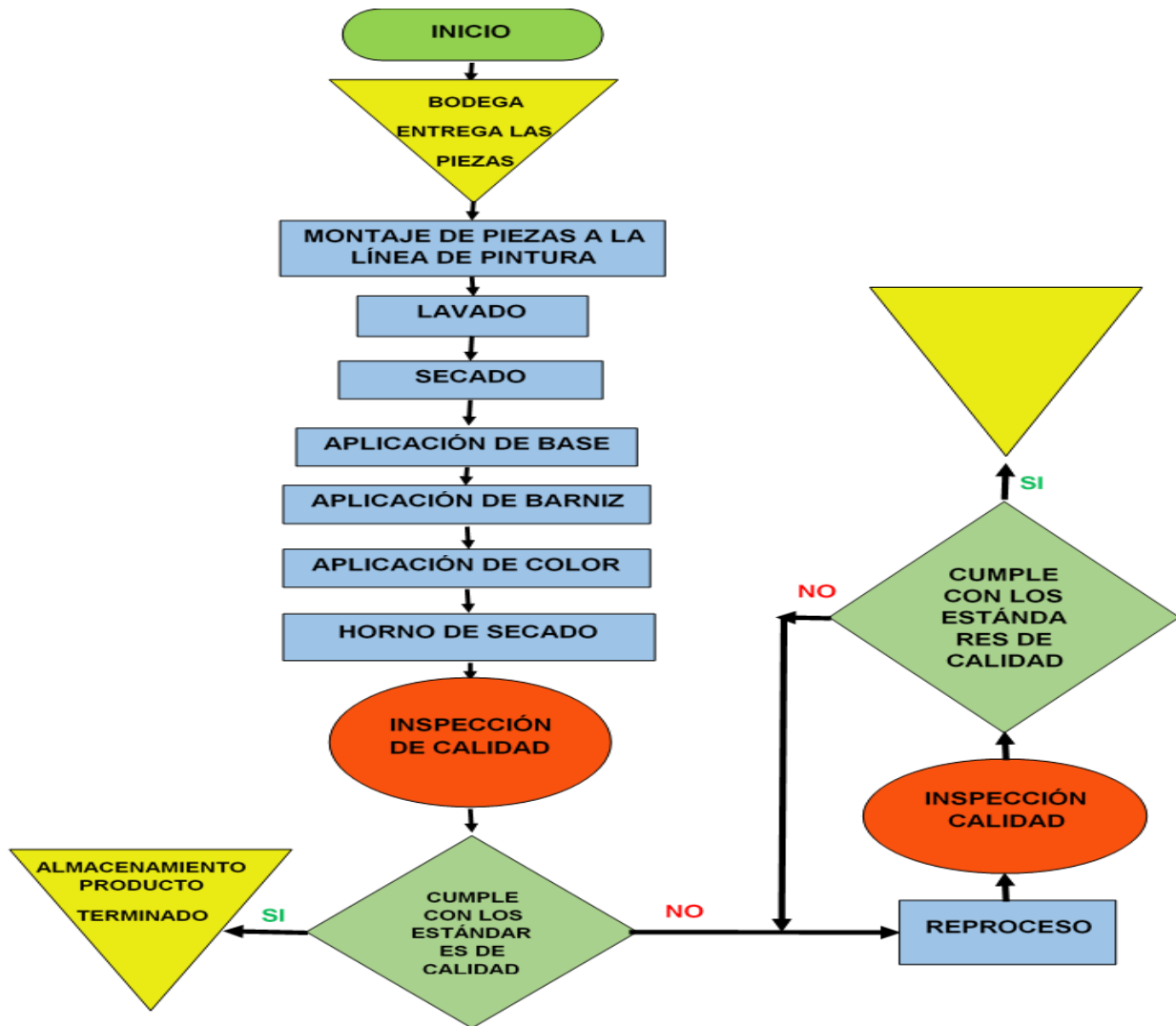


Ilustración 4 Diagrama proceso de pintura (Investigadores)

Para que una pieza quede completamente pintada y llegue al área de calidad, ésta debe pasar por una serie de procesos, así: todas las piezas se seleccionan de acuerdo con un plan de producción, éstas son entregadas por el área de desempaquetado y entran a la planta de pintura. Allí un operario realiza el montaje de las piezas a una línea de producción, donde empieza su recorrido, pasan primero por un tanque para el lavado y la eliminación de las partículas que trae la pieza, posteriormente llegan a las cabinas de pintura; primero se les aplica una base, luego el color y por último el barniz, luego entran a un horno para el secado y después llegan al área de calidad.

La inspección se realiza de acuerdo con unos estándares, los cuales brindan la información necesaria para que el operario tenga los criterios de inspección y catalogar las piezas según los diferentes defectos que se puede encontrar durante la inspección de calidad.

El desarrollo de este proyecto está enfocado en el área de almacenamiento y empaque de las piezas plásticas de la motocicleta. El proceso lo ejecutan dos operarios, que luego de recibir las piezas ya pintadas y en condiciones óptimas para pasar al proceso siguiente, las almacenan en diferentes medios logísticos según el modelo y la cantidad.



*Imagen 10. Fuente propia Incolmotos - inspección de calidad*



*Imagen 11. Fuente propia Incolmotos - Descargue de piezas pintadas*



*Imagen 12. Fuente propia Incolmotos - Racks de almacenamiento de piezas pintadas*

## **7. Marco Teórico**

Los métodos estadísticos son herramientas eficaces para mejorar el proceso de producción y reducir sus defectos. Sin embargo, se debe tener en cuenta que las herramientas estadísticas son precisamente herramientas: no servirían si se usaran inadecuadamente. (Cortez, 2015)

Hoy se utilizan en todo el mundo y se conocen como un conjunto de metodologías que pueden aplicarse para resolver cualquier problema relacionado con la calidad y producción. Se basan en la recogida de datos y el análisis de los hechos, y para recurrir a ellas no es necesario tener amplios conocimientos de estadística, ya que su uso es sencillo. (Cortez, 2015)

Las herramientas de calidad permiten obtener los datos necesarios para solucionar problemas relacionados con la producción y la calidad en cualquier ámbito. (Cortez, 2015)

### **7.1 Hoja de Recogida de Datos**

Se emplea para recoger y clasificar información sobre un proceso o producto. Este tipo de hojas o planillas de inspección son muy similares a las checklist. Su diseño es muy importante, ya que dependiendo de este pueden utilizarse tanto para anotar resultados (de haberlos, enseguida pueden observarse patrones) como para comprobar tendencias. (Ruiz, 2009)

Otra de sus ventajas es que los datos que aporta no son complejos. Permiten valorar los síntomas de un problema, buscar sus causas o, incluso, recopilar datos una vez planteada alguna hipótesis. (Ruiz, 2009)

Defecto	Día						Total
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	
Temperatura (+)		/	/	/		/	26
Temperatura (-)		/					16
Largo (+)						/	20
Largo (-)			/		/		24
Pulido			/		/		26
Color				/	/		18
<b>Total</b>	<b>10</b>	<b>21</b>	<b>23</b>	<b>23</b>	<b>25</b>	<b>28</b>	<b>130</b>

Imagen 13. Hoja de datos (Pensa G. , 2020)

## 7.2 Histograma

Resulta especialmente útil para analizar el patrón de comportamiento en un proceso de un determinado fenómeno, para calcular su frecuencia. Al tratarse de un gráfico, es más sencillo descubrir pautas que de otro modo serían más complicadas de ver. (Gutiérrez, El histograma como un instrumento para la comprensión de las funciones de densidad de probabilidad, 2013)

No puede aplicarse a cualidades o características, sino a variables cuantificables. Estas aparecen representadas en forma de barras, cuya superficie es proporcional a la frecuencia de los datos reflejados. Las frecuencias se distribuyen en el eje vertical y las variables en el horizontal. Un

histograma puede presentarse como un resumen de datos de fácil comprensión. (Gutiérrez, El histograma como un instrumento para la comprensión de las funciones de densidad de probabilidad, 2013)

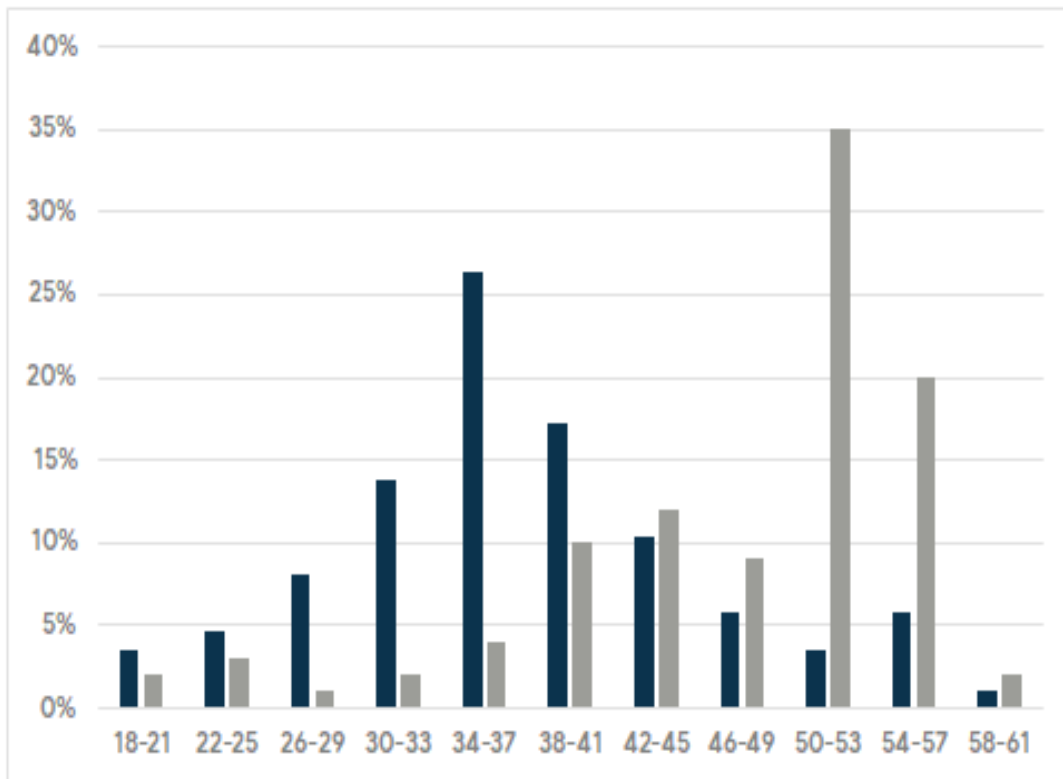


Imagen 14. Histograma (Pensa G. , 2020)

### 7.3 Diagrama de Pareto

Es un gráfico basado en el principio de Pareto que, aplicado a la calidad, afirma que el 20% de las causas provocan el 80% de los problemas. Ordena cuestiones de mayor a menor frecuencia y nos sirve para revisar la frecuencia tanto de los problemas como de las causas. Es importante definir antes de comenzar qué aspectos se van a estudiar. (Ramajo, 2013)

Con este diagrama de barras verticales se puede fijar un orden de prioridades a la hora de tomar decisiones y aplicar medidas. (Ramajo, 2013)



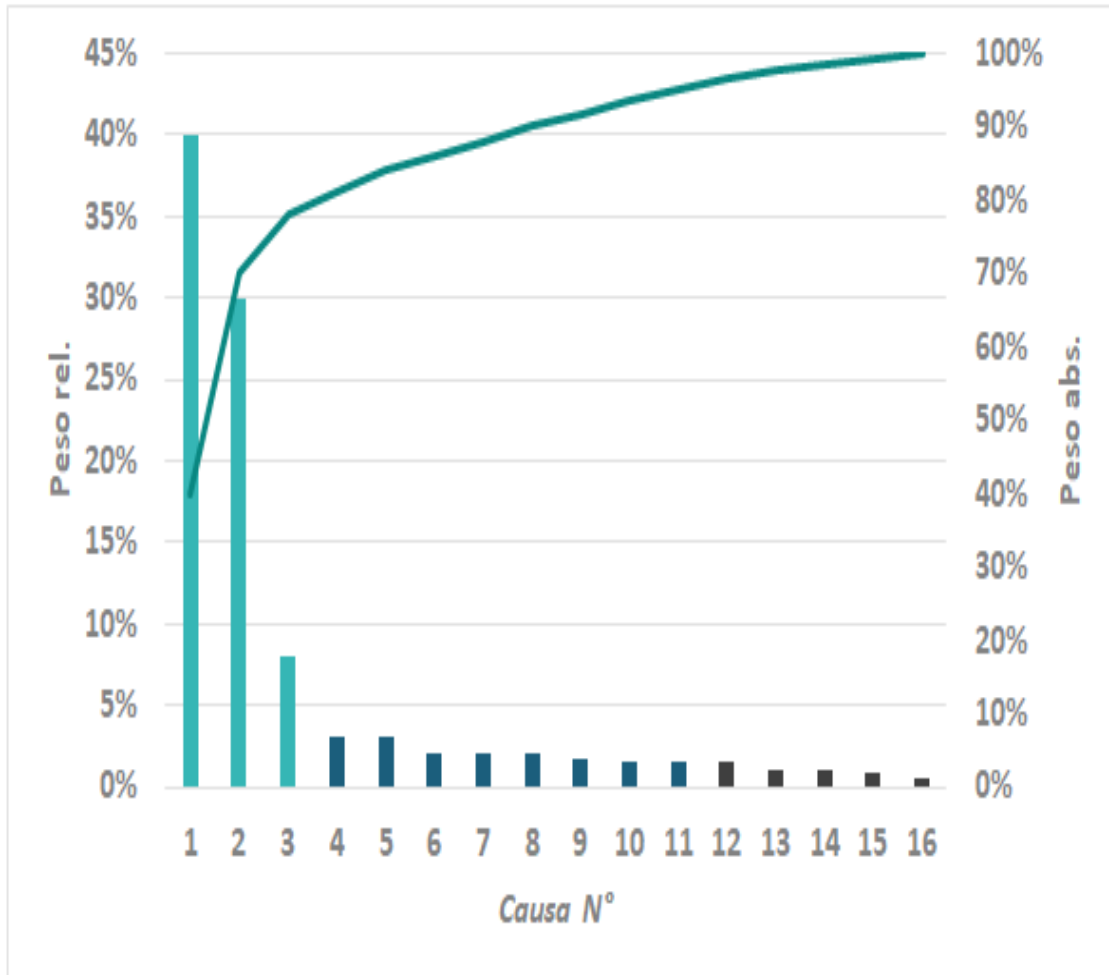


Imagen 15. Diagrama de Pareto (Pensa G. , 2020)

#### 7.4 Diagrama de Espina de Pescado

Conocido también como diagrama causa-efecto o diagrama Ishikawa, se emplea para encontrar las causas de un problema de rendimiento a partir de un análisis más complejo. (Sáez, 2016)

Su uso también es muy sencillo, su diseño es muy similar al de una espina de pez y resulta fácil interpretar los resultados. Permite, además, comprobar cuáles son las diferencias entre el

rendimiento que exigiría el correcto funcionamiento del proceso y el rendimiento actual. (Sáez, 2016)

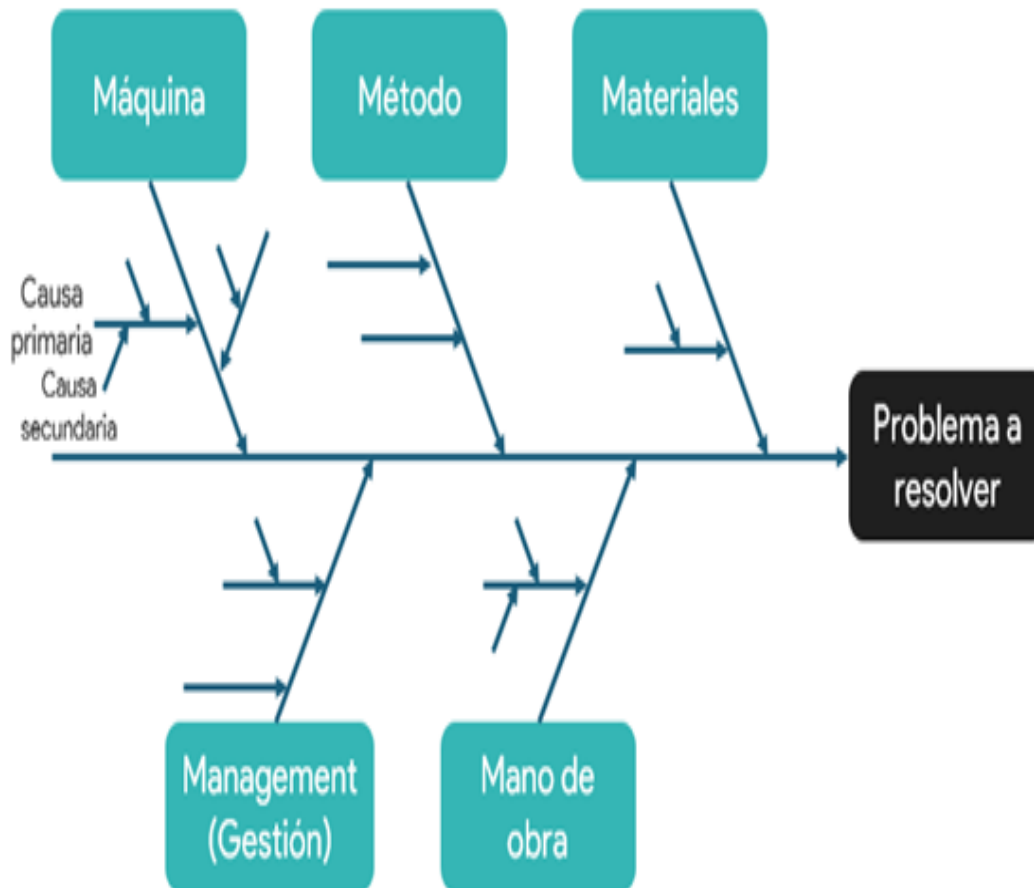


Imagen 16. Diagrama espina de pescado (Pensa G. , 2020)

### 7.5 Grafico de Control

Ayuda a descubrir si un proceso determinado tiene un comportamiento que podemos predecir, si es estable o no. Para ello, se estudian dos tipos de variables. Las aleatorias se repiten dentro de los límites predecibles, mientras que las debidas a causas especiales muestran qué factores implicados en el proceso es necesario identificar. (Betancout, 2016)

En cuanto a su diseño, hay tres líneas. La básica es la central, mientras que la superior y la inferior dibujan los límites máximos y mínimos permitidos. Estos límites de control reflejan el grado de estabilidad de la cuestión que se analiza. (Betancout, 2016)

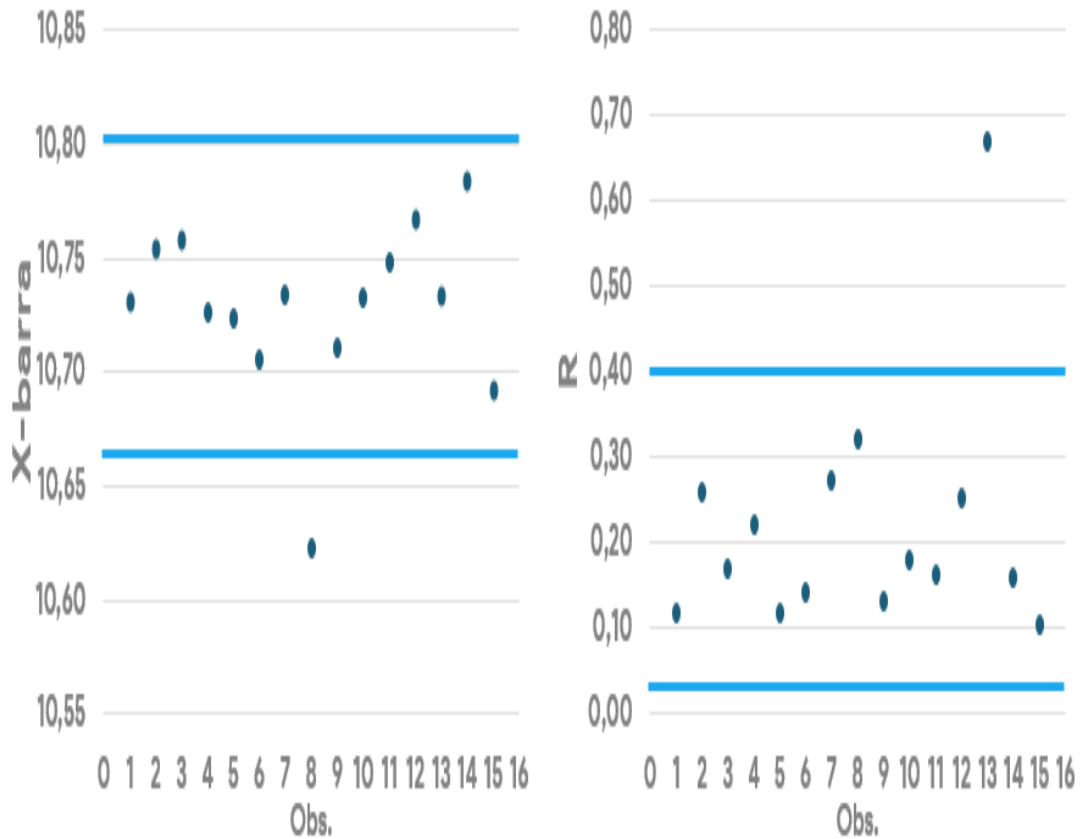


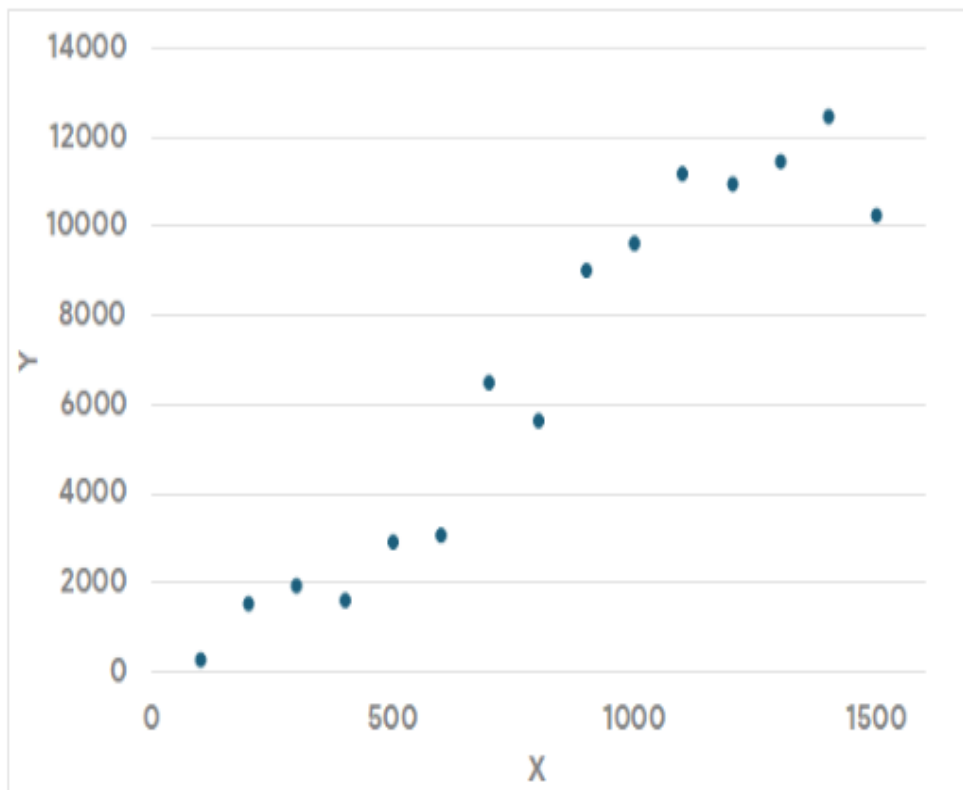
Imagen 17. Gráfico de control (Pensa G. , 2020)

### 7.6 Diagrama de Dispersión

El diagrama de dispersión o correlación se emplea para comprobar la relación que existe entre dos variables diferentes (X e Y), que pueden ser dos problemas o dos causas. X e Y pueden mantener una correlación positiva, es decir, aumentar o disminuir al mismo tiempo. (Gehisy, 2017)

También puede ser negativa, si su comportamiento es distinto, mientras una se ve incrementada, la otra se reduce. La correlación nula es aquella en la que se demuestra que no hay ningún tipo de relación entre las dos variables. (Gehisy, 2017)

Para poder aplicar este diagrama es necesario haber identificado el problema y fijar cuáles son las variables que se van a estudiar. (Gehisy, 2017)



*Imagen 18. Diagrama de dispersión (Pensa G. , 2020)*

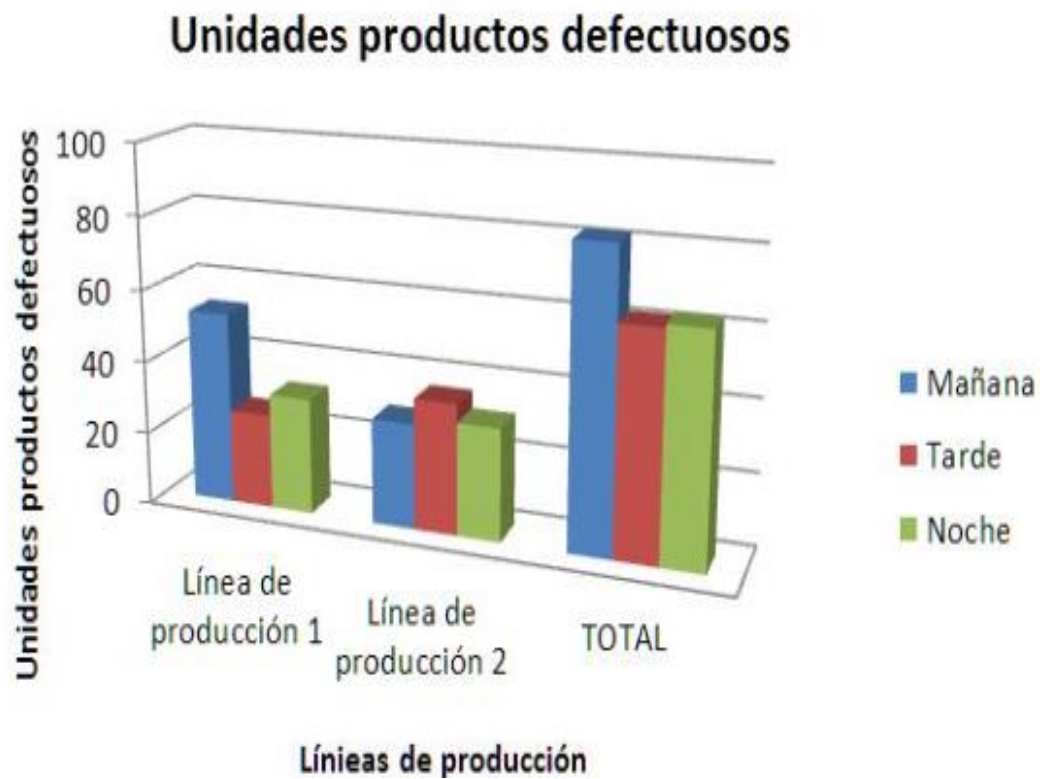
### **7.7 Estratificación**

Es una técnica muy útil cuando manejamos muchos datos, ya que contribuye a clasificarlos o agruparlos en función de sus características comunes.

Estratificar sería sinónimo de dividir el total de la información en subconjuntos, homogéneos entre sí y denominados estratos. De este modo, se pasa de datos genéricos y poco concisos a otros mucho

más precisos, poco variables y, por lo tanto, más útiles a la hora de tomar decisiones. (Hernandez, 2011)

Se puede utilizar, por ejemplo, para estratificar la materia prima (por proveedores, composición, procedencia...), la plantilla de trabajadores (antigüedad, estudios, edad...) o las ventas (físicas, online, días de la semana...). (Hernandez, 2011)



*Imagen 19. Estratificación (Gomez, 2017)*

Las herramientas de calidad evidencian los resultados que una empresa u organización está teniendo. A partir de los datos que aportan pueden subsanarse errores o tomar decisiones más acertadas en cuanto a la calidad y producción.

(Pensa, 2020)

## **7.8 Balanceo de líneas de Producción**

Consiste en agrupar actividades u operaciones que cumplan con el tiempo de ciclo determinado con el fin de que cada línea de producción tenga continuidad, es decir que, en cada estación o centro de trabajo, cuente con un tiempo de proceso uniforme o balanceado, de esta manera las líneas de producción pueden ser continuas y no tener cuellos de botella. (Kanawaty, 2004)

En su estado más refinado, la producción en línea es una disposición de áreas de trabajo en el cual las operaciones consecutivas están colocadas inmediata y mutuamente adyacentes, en donde el material se mueve continuamente y a un ritmo uniforme a través de una serie de operaciones equilibradas que permiten efectividad simultánea en todos los puntos, moviéndose el producto hacia el fin de su elaboración a lo largo de un camino razonable directo. Este total refinamiento en el proceso no es, sin embargo, absolutamente necesario. (Kanawaty, 2004)

Según Kanawaty, Los obstáculos a los que no enfrentaremos al tratar de balancear una línea de producción serán:

Líneas con diferentes tasas de producción.

Inadecuada distribución de planta.

Variabilidad de los tiempos de operación.

Para remediar esta situación debemos nivelar las cargas de trabajo, de tal manera que los operarios tengan una misma cantidad de trabajo en un tiempo determinado, de modo que se pueda reducir al máximo el tiempo ocioso de las estaciones de trabajo mediante una secuencia tecnológica predeterminada. (Kanawaty, 2004).

## 7.9 Teoría de Restricciones o de Cuellos de Botella

La teoría de las restricciones o de cuellos de botella fue descrita por primera vez por Eliyahu Goldratt, un doctor en Física israelí, en los años 80's, y está basada en el fenómeno de que los procesos de cualquier ámbito solo progresan a la velocidad del paso más lento. (Acosta, 2018)

La manera de balancear el proceso es lograr acelerar ese paso, tratando de que trabaje hasta el límite de su capacidad, para acelerar así el proceso completo.

Los factores limitantes, esos pasos lentos, se denominan restricciones, embudos o cuellos de botella. (Acosta, 2018)

Un cuello de botella se refiere a aquellas actividades que disminuyen el flujo del proceso, incrementando los tiempos de espera y reduciendo la productividad del sistema. Como consecuencia esto genera un aumento en costos. Estos cuellos de botella, que se pueden presentar tanto en el personal como en la maquinaria, son aquellos que generan una pérdida considerable de la eficiencia del sistema, debido a varios factores como pueden ser: falta de preparación o entrenamiento, falta de mantenimiento apropiado etc. (Casas, 2014)

Estos cuellos de botella pueden aparecer temporalmente o ser estáticos, pero una definición común de un cuello de botella es que “algo” limita la tasa de producción. Por tal motivo los cuellos de botella son considerados restricciones o limitantes para los procesos productivos ya que no generan valor para la compañía, es necesario hacer un estudio para identificar oportunidades de mejora que permitan relevar este cuello de botella con el fin de generar un proceso continuo de bajo costo. (Zheng, 2006)

Un cuello de botella necesita atención debido a que se busca que el sistema tenga un proceso continuo, y estos cuellos de botella restringen el flujo de trabajo y causan inventario generando costos mayores a cualquier empresa. En la mayoría de plantas procesadores los cuellos de botella

son limitadas por los equipos, por lo que para este tipo de rubro se propone la optimización de mejora de equipos (Dynamics, 2011)

Existen varios tipos de cuellos de botella, “Según el (CBOOK, 2020)

1. **Restricción de personas:** Existen diferentes tipos de personas trabajando en los diversos procesos de la empresa, desde nivel de educación, experiencia, edad entre otros. Es por esto que se debe tener en cuenta siempre el factor humano.
2. **Restricciones de materiales:** La capacidad de producción se ve muy afectada por el mal manejo de inventario, cálculo de demanda deficiente, finanzas inadecuadas entre otros. Estos factores pueden causar un flujo de materiales inapropiado que resulta en una reducción de la capacidad de producción y un aumento en el Lead time.
3. **Restricciones de equipos:** los equipos de producción deben de cumplir con la demanda del mercado, estos deben ser flexibles para poder alcanzar futuras demandas. Debido a un planeamiento inapropiado, ruptura de máquina, pocos repuestos o mantenimiento inapropiado. Un bajo nivel de disponibilidad de las máquinas o equipos genera un cuello de botella.
4. **Restricciones de procesos:** las restricciones por procesos en empresas de producción continua se dan por problemas de calidad, recursos insuficientes o poco espacio en la planta. Estas restricciones se pueden dar en cualquier parte del proceso ocasionando una demora en todo el sistema productivo.
5. **Restricciones de gestión:** una gestión eficiente conlleva a una producción más alta y por lo tanto a una mayor ganancia, es por esto que se debe tener mucho cuidado con la gestión de la empresa. Ya que el manejo o gerenciamiento debe estar alineados con los objetivos



de la empresa, ya que algunas veces el gerenciamiento de la empresa puede causar desmotivación o manejo inefectivo de recursos causando una restricción.

6. **Restricciones políticas:** las políticas de manufactura deben de cumplir con los objetivos, estos deben estar claramente definidos para poder tomar acciones cuando sea necesario. Generalmente, la gestión no es capaz de definir todos los problemas en una forma específica, esto conlleva a una restricción de la planta. Esta es la restricción más común de todas.
7. **Restricciones ambientales:** existen diversos tipos de leyes, regulaciones, demandas y expectativas al mismo tiempo que la empresa debe de cumplir para ser socialmente responsable. El retraso o carencia de alguna de ellas pueden generar un cuello de botella”

### **7.9.1 Focalización de Cuellos de Botella**

Cinco pasos fundamentales que pueden ayudar a identificar y abordar una restricción. Esta es la forma más básica y sencilla de utilizar la teoría de las restricciones.

#### **Paso 1: Identifica la principal restricción del proyecto**

Como introducción a los cinco pasos de focalización, el punto de partida es comenzar por buscar el cuello de botella. Este puede ser el proceso que lleve más tiempo. Podría ser la persona o el proceso que está obstaculizando tu proyecto o el mayor riesgo para el éxito de tu proyecto.

(Martins, 2022)

#### **Paso 2: Aprovecha la restricción**

Durante el paso dos, aprovecharás la restricción mientras usas los recursos que ya tienes. Uno de los beneficios de utilizar la teoría de las restricciones es que te ayuda a minimizar cualquier inversión o necesidad adicional. En esta etapa, pregúntate: ¿cómo puedo maximizar la restricción

con lo que ya tengo disponible? Si resuelves con éxito la restricción para que ya no sea el factor limitante principal, eso se llama “romper” la restricción. (Martins, 2022)

### **Paso 3: Subordina todo a la restricción**

Durante este paso, eleva la restricción para asegurarte de que todas las partes del proyecto respalden la solución que propones para la restricción. Subordinar significa asegurarte de sincronizar todos los recursos que no son una restricción al ritmo de la restricción del sistema. Ten en cuenta que la restricción que estás resolviendo es el mayor cuello de botella u obstáculo, por lo que todo lo demás en el proyecto es, por definición, menos importante. (Martins, 2022)

### **Paso 4: Atenúa la restricción (opcional)**

Este paso solo es necesario si aún tienes que corregir la restricción. En este punto, si la restricción es un obstáculo grave, considera agregar más recursos para solucionar el problema. (Martins, 2022)



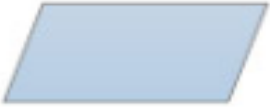
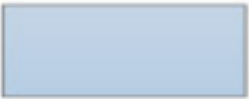

### **Paso 5: Repite según sea necesario**

A estas alturas, habrás resuelto el factor limitante más grande para tu proyecto. Ahora que has resuelto la principal restricción, el segundo factor limitante más importante es ahora la principal restricción. Si es necesario, habrá que volver al paso 1 y repetir el proceso nuevamente para resolver esa restricción, y así sucesivamente. (Martins, 2022)

## ***7.9.2 Diagrama De Procesos***

Es una representación gráfica de los pasos que se siguen en una secuencia de actividades que constituyen un proceso o procedimiento, identificándose mediante símbolos de acuerdo con su naturaleza; además, incluye toda la información que se considera necesaria para el análisis, tal como distancias recorridas, cantidad considerada y tiempo requerido. (Garcia, 2005)

Es conveniente clasificar las acciones que tienen lugar durante un proceso dado en cinco categorías, conocidos bajo los términos de operaciones, transportes, inspecciones, retrasos o demoras y almacenajes. (Garcia, 2005)

Símbolo	Nombre	Función
	Inicio / Final	Representa el inicio y el final de un proceso
	Línea de Flujo	Indica el orden de la ejecución de las operaciones. La flecha indica la siguiente instrucción.
	Entrada / Salida	Representa la lectura de datos en la entrada y la impresión de datos en la salida
	Proceso	Representa cualquier tipo de operación
	Decisión	Nos permite analizar una situación, con base en los valores verdadero y falso

*Tabla 2 Características del diagrama (Etecé, 2021)*

### **7.9.3 Diagrama de Recorrido**

Es un complemento del diagrama de flujo de operaciones y se realiza sobre un plano a escala de la planta de producción, en el cual se indica con flechas el recorrido del producto durante todo el proceso productivo, empezando desde la materia prima hasta llegar al producto terminado. (Ortiz, 1999)

Los diagramas de recorrido son de gran utilidad para diagnosticar problemas relacionados con la ubicación de máquinas y equipos dentro de la planta, definición de áreas de trabajo, resolver inconvenientes de desplazamiento y lograr disminuir las distancias recorridas, espacio ocupado y eliminar zonas de congestión. (Ortiz, 1999)

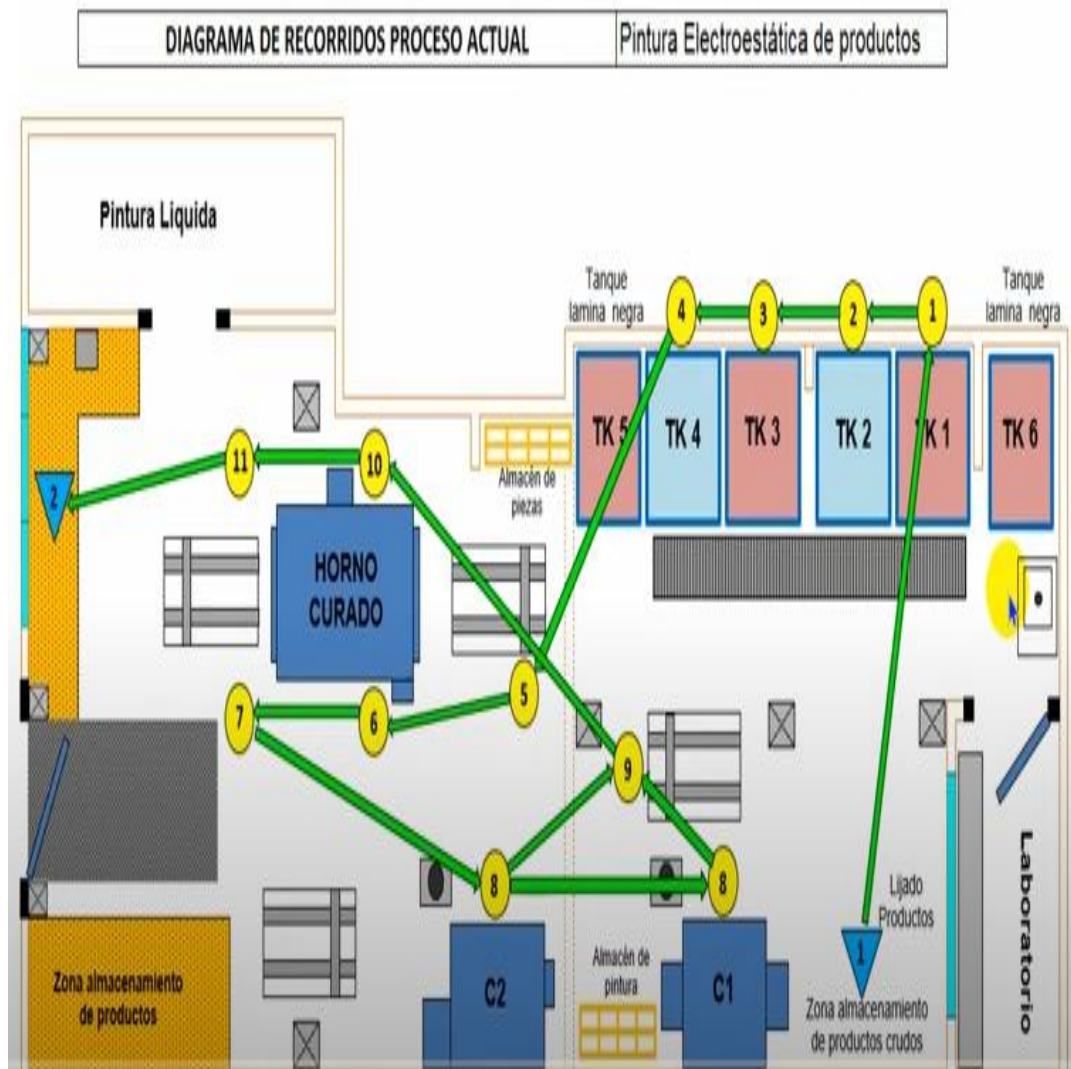


Imagen 20. Diagrama de recorrido (Martinez, 2013)

## 8. Diseño Metodológico

OBJETIVO	ACTIVIDADES	TEORÍAS RELACIONADAS
<p>Determinar el tiempo estandar de cada actividad y de las referencias que se pintan en la planta, con el propósito de estandarizar los procesos y brindar información a la gerencia para asignar metas de producción a los operarios</p>	<p>Trabajo de campo aplicando cronometraje de los diferentes procesos de la planta de pintura</p>	<p><b>ESTUDIO DE TIEMPO</b>            * Encontrar limitaciones que estén afectando el flujo de las operaciones.            * Comprobar las diferencias entre el rendimiento correcto del proceso y el rendimiento actual.            * Interpretación de resultados.  <b>BALANCEO DE LINEAS</b>            * Agrupar actividades que cumplan tiempos de proceso uniforme.            * Balancear el ritmo de las operaciones para permitir efectividad simultánea en todos los puntos de la línea.</p>
<p>Identificar el cuello de botella para el proceso de pintura mediante las herramientas tradicionales de la calidad con el fin de registrarlo y de esta forma poder elaborar un diagnóstico de la situación actual de la compañía que conduzca al mejoramiento del proceso.</p>	<p>Determinar los puestos críticos del área de pintura.</p>	<p><b>DIAGRAMA DE FLUJO</b>            * Permite describir cada una de las áreas de una compañía.            * Por medio de estos mecanismos se evalúan o se replantean las secuencias y actividades del proceso.            * Brinda una visión gráfica de pasos estructurados requeridos para desarrollar un proceso.</p>
<p>Construir procedimientos que permitan mejorar el rendimiento de la producción de acuerdo con la probabilidad de la demanda</p>	<p>Clasificación de personal idóneo para ejecutar la operación.            Diseñar paso a paso las tareas con el fin de que los operarios puedan identificar fácilmente el inicio y final de cada una de ellas.</p>	<p><b>CICLO MC</b>            * Eliminación de actividades que no agregan valor al proceso.            * Mejorar constantemente los procesos.            * Establece competencias a partir de un foco de mejora.            * Mostrar a través de la lección de un punto único o LUP'S las soluciones aplicadas y las situaciones del antes y el después con el objetivo didáctico de expandir conocimiento a través de la organización.</p>

Tabla 3 Actividades proyecto (Investigadores)

## **8.1 Enfoque Metodológico**

La presente investigación se ha desarrollado conforme a un enfoque de tipo mixto, En donde se propone investigar, recolectar, agrupar y describir todo tipo de datos con la finalidad de segmentar toda la información cuantitativa como cualitativa que nos guíe detalladamente a la falla principal que restringe el flujo normal del proceso de la planta de pintura. la causa principal de la ralentización del proceso es la falta de personal que puede sufrir una organización, así como la avería de los equipos o máquinas encargadas de llevar a cabo acciones centrales.

En la Investigación se ha reunido información dentro de la empresa con el fin de abordar los problemas de restricciones que suscitan en la planta de pintura, análisis de la documentación proporcionada por la empresa, observación en campo y entrevistas directas con el personal.

Se recurre a información técnica para abordar la problemática de paro de línea en el proceso de pintura con el propósito de estandarizar los procesos y brindar información que permita adaptar las mejoras conseguidas a través de los modelos planteados.

## **8.2 Eliminación de Cuellos de Botella**

No existen fórmulas mágicas para evitar la aparición de un cuello de botella. Si puedes preverlos en la fase de planificación, pero nunca blindarte contra ellos. Son consustanciales a los procesos y pueden aparecer en cualquier etapa.

Lo que sí puedes hacer es gestionarlos de tal forma que no supongan un obstáculo para la productividad del área.

Alternativas de gestión:

**Identificar el obstáculo:** Lo más importante de un cuello de botella es identificar el sitio exacto donde se está produciendo y la causa principal del mismo. No siempre es fácil hacerlo. Una buena herramienta para ello son los mapas o gráficos de proceso, los cuales nos permiten visualizarlo. Una vez hecho esto, el siguiente paso es eliminarlo.

**Subordinar el resto de las tareas a la que no está terminada:** Si el obstáculo no ha podido eliminarse en primera instancia, una estrategia eficaz puede ser la de adaptar el resto del proceso al ritmo del cuello de botella. Esto nos ayuda a redistribuir recursos y evitar que se cumulen más tareas.

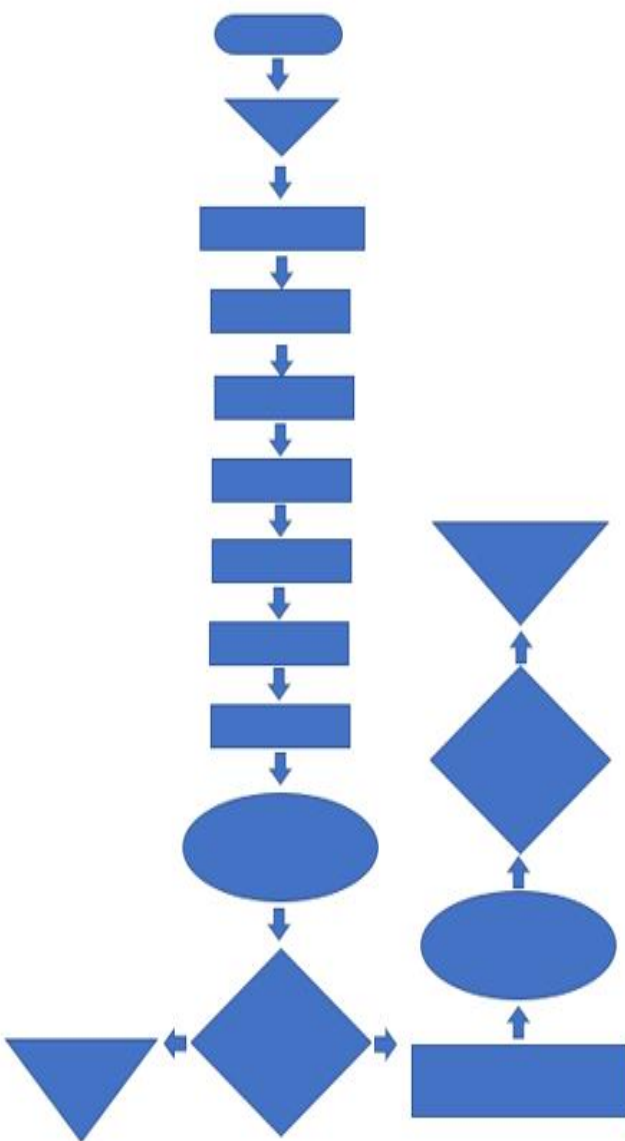
**Invertir nuevos recursos:** Cuando el cuello de botella no cede aplicando ninguna de las estrategias quizás podemos optar por elevar una petición a la dirección de la organización y solicitar nuevos recursos. A veces mejores equipos o personal más capacitado ayudan a devolver fluidez a los procesos.










**Reiniciar el ciclo de trabajo:** Pero si aun así no logramos que el proceso recupere su ritmo habitual, siempre está la opción de reiniciar el ciclo de trabajo, eliminar las causas del cuello de botella y, sobre todo, retomar las acciones donde las habíamos dejado.

Ten presente que en cualquier proyecto que lideres siempre existirán limitaciones y, en ocasiones, cuellos de botella. Por ello, lo fundamental es saber reaccionar a tiempo y tomar las medidas que devuelvan fluidez al proceso.

### 8.3 Etapa 1: Análisis del Proceso Actual.

Recopilación de información operativa de la planta de pintura, la cual es solicitada internamente para determinar del mapa del proceso actual de la planta de pintura, haciendo uso de un diagrama de flujo para determinar los cuellos de botella del proceso que ocasionan retrasos en las diversas actividades asociadas a los paros de línea.



SÍMBOLO	SIGNIFICADO
	<b>Operación:</b> Se usa para describir cualquier actividad. En el interior del rectángulo se escribe una breve descripción de la actividad.
	<b>Límites del Proceso:</b> Indica el inicio y el final de un proceso. En el interior del eclipse aparece la palabra inicio o fin.
	<b>Punto de Decisión:</b> Denota que en ese punto se toma una decisión. Los outputs salidas del diamante, son siempre dos y del tipo SI / No.
	<b>Movimiento:</b> Muestra el movimiento de un output entre distintos puntos de la organización.
	<b>Conector:</b> Señala que el output de ese proceso puede ser el input de otro ( la letra indica el proceso de entrada)
	<b>Dirección del flujo:</b> Denota la dirección y el orden de los pasos del proceso
	<b>Documento:</b> Documento/registro.
	<b>Listados:</b> Listados / notas de trabajo acumulado, información referente a la actividad.
	<b>Base de datos:</b> Punto de archivo donde se retiene temporalmente la información, en espera que se cumplan otras condiciones para continuar el proceso. Puede llevar asociada una tarea de administración de almacenamiento.



*Imagen 21 Diagrama flujo (smartdraw, 2023)*

#### **8.4 Etapa 2: Estudio de Tiempos**

Aplicando un estudio de tiempos mediante la técnica de cronómetro a vuelta cero y describiendo las actividades que permitan un procedimiento básico para realizar una medición del trabajo de manera sistemática mediante las etapas de seleccionar, registrar, examinar, medir, compilar y definir, y que describan la eficiencia de sus operaciones actuales.

Para la evaluación de la productividad se tomó como referencia los tiempos de operación, de inspección, transporte de recorrido de piezas pintadas, esperas y almacenamiento.

Los resultados obtenidos permitirán la conformación de una propuesta de mejora mediante datos reales para la disminuir los tiempos de traslados.

Esta actividad implica la técnica de establecer un estándar de tiempo permisible para realizar una tarea determinada, con base en la medición del contenido de trabajo del método prescrito.

DESCRIPCIÓN DEL AREA	TIEMPO ESTANDAR POR AREA	TIEMPO ACUMULADO	SUPLEMENTOS	OPERARIOS	DESVIACIÓN TE.VSTA

Imagen 28 Formato toma de tiempos (Parra, 2020)

### 8.5 Etapa 3: Exploración y Descubrimiento.

En esta etapa, se presentó al equipo de investigación ante la jefatura del área en cuestión y se socializaron los objetivos que el estudio busca alcanzar, así como los requerimientos de información que serán solicitados en las diversas reuniones que se programarán.

Se contó con la participación de al menos 1 operador de las áreas del proceso de pintura, con quienes se evaluó la problemática que se presenta en la planta con respecto a los paros de línea, en donde se propone utilizar lluvia de ideas que permita reordenar las causas y efectos.

INCOLMOTOS YAMAHA		ACTA DE REUNIÓN		N002-0108			
FECHA: 28/02/2023		HORA DE: 9:30 a.m. A 11:00 a.m.					
TIPO DE REUNION: Socialización plan de mejora paros de línea							
ASISTENTES							
NOMBRE		FIRMA		NOMBRE		FIRMA	
Neri yepes Jaimes Acevedo Cristian martinez Heider Fuentes Sergio Andres Barcia		[Firmas manuscritas]		JEFFERSON CASTAÑO Q. Haniel Dario Gonzalez A.		JEFFERSON CASTAÑO Q. Haniel D. Gonzalez.	
TEMAS TRATADOS							
<p>* presentación Objetivo general * Exploración * Descubrimiento.</p> <p>* Actividades para el desarrollo de la investigación.</p> <p>* Mejorar las condiciones de Organización, Orden y limpieza.</p> <p>* Construir procedimientos para mejorar el rendimiento productivo.</p>							

Imagen 22 Evidencia acta de reunión con persona Yamaha

A continuación, se describen las herramientas que se van a aplicar en la investigación del proyecto, las cuales nos permitirán identificar las causas de paro de línea en la planta de pintura.

**Tormenta de ideas:** La finalidad de esta primera etapa es reunir al grupo de personas involucradas en el proceso de pintura para que aporten ideas e iniciativas sobre el tema de paro de línea. Para dicha actividad se va a realizar la clasificación de las características de la lluvia de ideas de la siguiente manera:

**Un moderador:** El cual serán los encargados del proyecto para que todos tengan oportunidad de participar, evitando conflictos o puntos muertos con el fin de registrar todas las ideas buenas o malas.

**Objetivo definido:** Abordar los problemas de restricciones de la planta de pintura.

**Duración establecida:** se coordina con la dirección de planta de pintura que el día de mantenimiento general se programe a los operadores entre 1 y 2 horas para la sección de la lluvia de ideas con el propósito de no afectar las operaciones.

**Número de participantes:** Se determina 1 operador por cada proceso de la línea de pintura. Estos serán los promotores de los aportes iniciales de las ideas. Dicho esto, es importante aclarar que la lluvia de ideas no siempre será la solución ideal para todos los problemas que se desean resolver.



*Imagen 23 Esquema lluvia de ideas (creately, 2021)*

## 8.6 Etapa 4: Diagrama de Causa y Efecto

Lo utilizaremos para identificar las posibles causas del problema de restricciones en la planta. La gráfica del Diagrama nos permitirá organizar grandes cantidades de información sobre el problema y determinar exactamente las posibles causas. Sugiriendo relaciones casuales entre las distintas hipótesis, proporcionando un conocimiento común del problema.

Para llevar a cabo la tarea se tiene en cuenta su aplicación en los siguientes niveles:

1. Definir el problema (efecto) que será analizado.
2. Crear la espina de pescado. Realizando un guion horizontal.
3. Reunión con el equipo y analiza las causas.
4. Conformación de subgrupos.
5. Destacar la causa principal.
6. Planificar acciones.

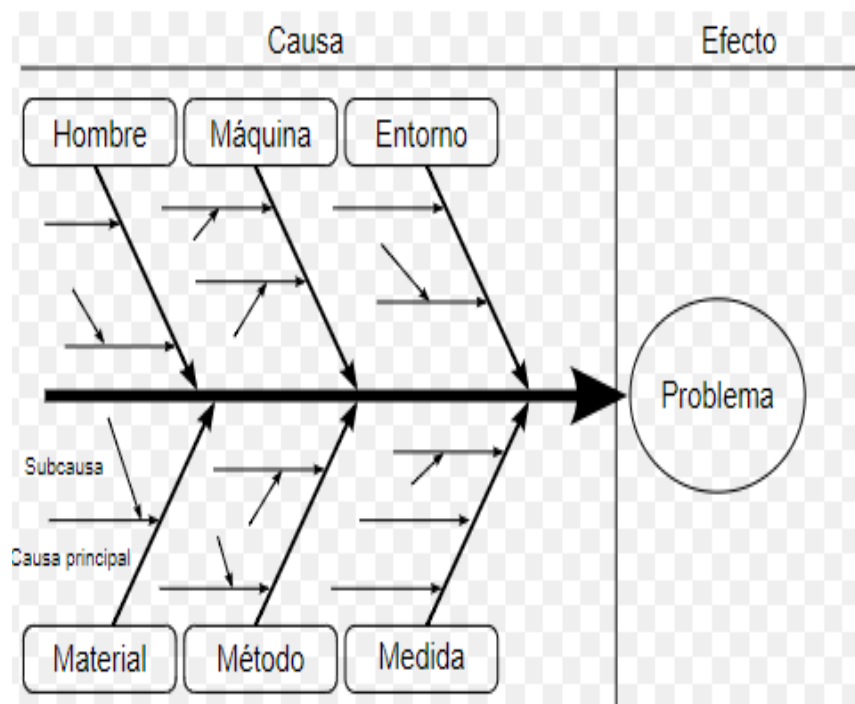


Imagen 24 Diagrama shikawa (Customer, 2022)

### 8.7 Etapa 5: Aplicación balanceo de línea

Para realizar el balanceo de línea contamos con el trabajo de campo que se asignara bajo el modelo de inspección visual y toma de tiempos, el cual consiste en alcanzar el mayor % de balance de acuerdo con la necesidad de la producción, mediante la aplicación de diversas iteraciones, como lo es el tabulado inicial de la información.

Descripción de las actividades, Determinación de la precedencia de cada operación o actividad, tiempos, Tener un diagrama de proceso, Tiempo por ciclo, Número de estaciones, tiempos de operaciones, Tiempos muertos, Cantidades de estaciones, La eficiencia del proceso actual, el retraso del balance y qué operaciones quedan en cada estación de trabajo,


			ESTUDIO DE TIEMPOS				DESCRIPCION	ITERACION 1	
								TIEMPO	OP
Departamento:						Estudio Nº			
						Hoja Nº		De	
Operación:						Comienzo:			
						Final:			
Estudio Nº:		Instalación:		Tiempo trans.					
Herramientas y calibradores:						Operario:			
						Ficha Nº:			
Método actual:		Piezas / Unidad		Observado por:					
Producto:		Número:		Fecha:					
Plano Nº:		Material:		Aprobado por:					
Descripción del elemento	V	C	T.R	T.O	Descripción del elemento	V	C	T.R	T.O
V=Valoración / C=Cronometraje / T.R=Tiempo restado / T.B=Tiempo básico						<b>MINUTO TOTAL DEL OPERARIO</b>			
						<b>CICLO DE CONTROL</b>			
						<b>No. DE OPERARIOS</b>			
						<b>TIEMPO DE LINEA</b>			
						<b>% BALANCE</b>			
						<b>CICLO DE TRABAJO AJUSTADO</b>			
						<b>UNIDAD/HORA</b>			
						<b>UNIDAD/TURNO</b>			
						<b>UNIDADES/OPERARIOS</b>			
						<b>COSTO POR UNIDAD</b>			

Imagen 29 formato estudio de tiempos (López, 2019)

### 8.8 Etapa 6: Método para el Balanceo del proceso de Pintura

En el método para balancear el proceso de la línea de pintura aplicaremos las siguientes variables y su formulación:

Minuto Total del Operario	$\sum_{i=1} (\min x Op)$	Sumatoria del producto entre el tiempo de cada operación y la cantidad de operarios que la realizan.
Ciclo de Control	$\min >$	Es el tiempo mayor entre los tiempos de cada operación.
Nº de Operarios	$\sum Op$	Sumatoria de los operarios que ejecutan las operaciones.
Total Minutos por Línea	$\text{Ciclo de Control} \times \text{Nº de Op}$	Tiempo que toma la línea en relación a su ciclo de control.
% de Balance	$\frac{\text{Minuto Total del Operario}}{\text{Total del minutos por línea}} \times 100$	% del Balance de la línea. Este es mayor a medida que los tiempos de las distintas operaciones se aproximan.
Ciclo de Control Ajustado	$\frac{\text{Ciclo de Control}}{\text{Desempeño de la línea}} \times 100$	Ciclo de control ajustado según el desempeño de la línea
Unidades / Hora	$\frac{60 \text{ minutos}}{\text{Ciclo de Control Ajustado}}$	Cantidad de unidades por cada hora de trabajo.
Unidades / Turno	$(\text{Unidades / Hora}) \times (\text{Horas / Turno})$	Cantidad de Unidades por cada turno de trabajo.
Costo x Unidad	$\frac{(\text{Nº de Op}) \times (\text{Salario diario})}{\text{Unidades/Turno}}$	Costo de mano de obra por cada unidad producida
Desempeño de la línea	$1 - \left( \frac{\text{Tolerancias Hombre}}{\text{Tiempo por turno}} \right) + \left( \frac{\text{Tolerancias Máquina}}{\text{Tiempo por turno}} \right)$	

Tabla 4 Método Balanceo de línea (López B. S., 2019)

### 8.9 Etapa 7: Informe Final

Producto del análisis del proceso actual y del estudio realizado, Se entregarán los resultados de la investigación en donde se expresará de una forma concisa el trabajo desarrollado y los resultados del proceso mejorado.

## 9. Resultados

### 9.1 Análisis del Proceso Producción Incolmos Yamaha mediante diagrama de Ishikawa.

Se emplea el diagrama de Ishikawa con el fin de encontrar la causa raíz de los problemas que se están presentando en las operaciones 15,17 y 19 de la planta de pintura, de esta forma ayudaremos al equipo a llegar a las causas reales de los cuellos de botella que afectan estas operaciones.



*Ilustración 5 (Diagrama de Ishikawa - Investigadores)*

La finalidad de utilizar el diagrama es tener un apoyo de análisis para determinar las causas de los problemas evidenciados en las operaciones 15, 17 y 19 de la planta de pintura de Incolmos Yamaha.

A continuación, se presentan listado de posibles causas recopiladas en los estudios realizados en campo (planta de pintura Incolmos Yamaha):

Falta de habilidad para completar la tarea.

Dificultad para aprender a niveles esperados.

Carencia de conocimiento sobre la tarea encomendada.

Entrenamiento deficiente para cumplir con las funciones del puesto de trabajo.

Excepciones de actividades propias del proceso.

Definición de operaciones, no mapean cuellos de botella.

Procedimientos no estandarización.

Capacidad para pintar las piezas demandadas.

Condiciones de operaciones sin ordenamientos en puesto de trabajo.

Eventos inesperados por falta de mantenimiento.

Cambios inesperados en el sistema operativo.

Diferenciación de los diferentes tipos de modelos para clasificar.

Calibración para verificar los equipos.

Repetitividad de las tareas sin fundamento.

Definiciones para modificar las especificaciones de los controladores.

Disponibilidad de los equipos en funcionamiento.

Ciclos que tarda en completar la operación en cada estación de trabajo.

Temperatura expuesta a la que los trabajadores están sometidos en el lugar de trabajo.

A continuación, se muestran las causas reales identificadas en campo de mayor impacto y de fácil solución.

Excepciones de actividades propias del proceso.

Definición de operaciones, no mapean cuellos de botella.

Procedimientos no estandarizados.

Falta de habilidad para completar la tarea.

Dificultad para aprender a niveles esperados.

Carencia de conocimiento sobre la tarea encomendada.



Entrenamiento deficiente para cumplir con las funciones del puesto de trabajo.

Capacidad para pintar las piezas demandadas.

Condiciones de operaciones sin ordenamientos en puesto de trabajo.

Eventos inesperados por falta de mantenimiento.

Cambios inesperados en el sistema operativo.

Diferenciación de los diferentes tipos de modelos para clasificar.

Causas de menor impacto y de difícil solución.

Calibración para verificar los equipos.

Repetitividad de las tareas sin fundamento.

Definiciones para modificar las especificaciones de los controladores.

Disponibilidad de los equipos en funcionamiento.

Ciclos que tarda en completar la operación en cada estación de trabajo.

Temperatura expuesta a la que los trabajadores están sometidos en el lugar de trabajo.  
repetitividad.

Definiciones.

Disponibilidad.

Se concluye que para las operaciones: 15 (pulido de piezas), operación 17 (reprocesos) y operación 19 (almacenamiento de piezas).

Los métodos de trabajo aplicados no contribuyen al mejoramiento del flujo de las operaciones, En estos se observan que no cuentan con una definición lógica de la tarea, no cuentan con documentación que describa el paso a paso para ejecutar la tarea, excluyen actividades propias del proceso y tratan de intervenir empíricamente, no se tiene estandarizadas las actividades y funciones de las áreas en cuestión.

De los problemas que existen dentro de línea de producción en planta de pintura, el proceso de almacenamiento genera el 36,36% de los paros totales de la línea de los últimos meses de producción, y en aumento.

El proceso de pulido está generando 16,98% y por último encontramos las cabinas de pintura (Reproceso) el cual genera 18,84% de paro, siendo estas 3 operaciones las generadoras de cuellos de botella como se observa en la ilustración 6 del diagrama de flujo especificando cuello botella, es por ello por lo que los análisis son centrados en estos procesos.

## **9.2 Clasificación Paros Planta Incolmotos Yamaha**

### **Paro Operativo**

Verificación de equipos.

Preparación de pinturas.

Toma de flujos.

Pruebas de viscosidad.

Cambios de referencia.

Adición de referencias.

Limpieza de filtros.

### **Paro Planificado**

Pausas activas.

Planificación de producción.

Tiempo de alimentación.

Pruebas nuevos productos.

Reuniones informativas.

5S puesto de trabajo.

## **Paro no programado**

Faltante de materia prima.

Faltante accesorio de montaje.

Ausencia de operario.

Mala planificación de la producción.

Producto no cumple especificaciones técnicas.

Exceso de devoluciones por parte de calidad.

Acumulación de producto en proceso.

Falta medio logístico de empaque.

Falta capacitación.

Para la gestión de la información correspondiente a los paros de línea que afecten directamente al funcionamiento de la planta se propone la implementación de la creación de una plantilla digital que pueda ser manejada desde la red de la empresa por cada una de las áreas de trabajo y alimentada por los colaboradores encargados de las diferentes estaciones de trabajo con el fin de obtener información detallada de los paros, a continuación, conceptos:

históricos de cada una de las estaciones de trabajo del área de pintura.

Identificar causas.

Proponer seguimiento.

Definir métricas para mejoramientos de causas.

Disponer en todo momento información relevante para toma de decisiones.

### 9.3 Formato Actual de Reporte de Paros de Línea Planta Pintura

FECHA	HORA INICIO	HORA FINAL	MOTIVO DEL PARO	ZONA/AREA	TIEMPO	OBSERVACION
10/25/20	9:03	9:06	medición de flujos cabina #2	cabina	3m	
	9:07	9:08	prueba calidad	"	1m	
	9:33	9:36	" "	"	3m	
	9:39	9:41	" "	"	2m	
	9:58	10:01	charla ARL	montaña	3m	
	10:49	10:45	montaje XT250	"	3m	
	10:53	10:56	" "	"	3m	
	10:59	11:01	" "	"	2m	
	11:04	11:09	" "	"	5m	
	12:06	12:13		descargas	7m	
	12:25	12:26		cabina	1m	
	12:32	12:35		"	3m	

Imagen 25 Formato actual reporte de paros de línea planta pintura

La información se lleva manualmente en formato físico, el cual no es controlado para tomar decisiones, no cuenta con almacenamiento de históricos, ya que el registro manual es desechado año tras año, lo que no facilita consolidar información valiosa al momento de realizar estudios que permitan generar oportunidades de mejora.

### 9.4 Propuesta de Mejora para Consolidar el Reporte Diario de Paros de Línea de la Planta de Pintura.

Incorporar planilla digital en la red, con el fin de:

- Optimizar papel.

- Llevar control estadístico de los datos.

- Tener disponible la información en un solo lugar.

- Toma de decisiones.

- Proponer mejoras de acuerdo con fallas reportadas.

INCOLMOTOS YAMAHA		PLANILLA CONTROL DE PAROS EN LINEA DE PINTURA								
TURNO 6:00 AM 5:00 PM		FECHA	HORA INICIO	HORA FINAL	MOTIVO DEL PARO	ZONA/AREA	TIEMPO	OBSERVACIÓN	TRATAMIENTO	SOLUCIONES APLICADAS

*Imagen 26 propuesta de mejora formato digital reporte de paros planta pintura*

En la planilla se debe ingresar información relevante para identificar con claridad la situación del paro tal como:

Fecha.

Hora de inicio.

Hora de final.

Motivo del paro.

Zona /Área afectada.

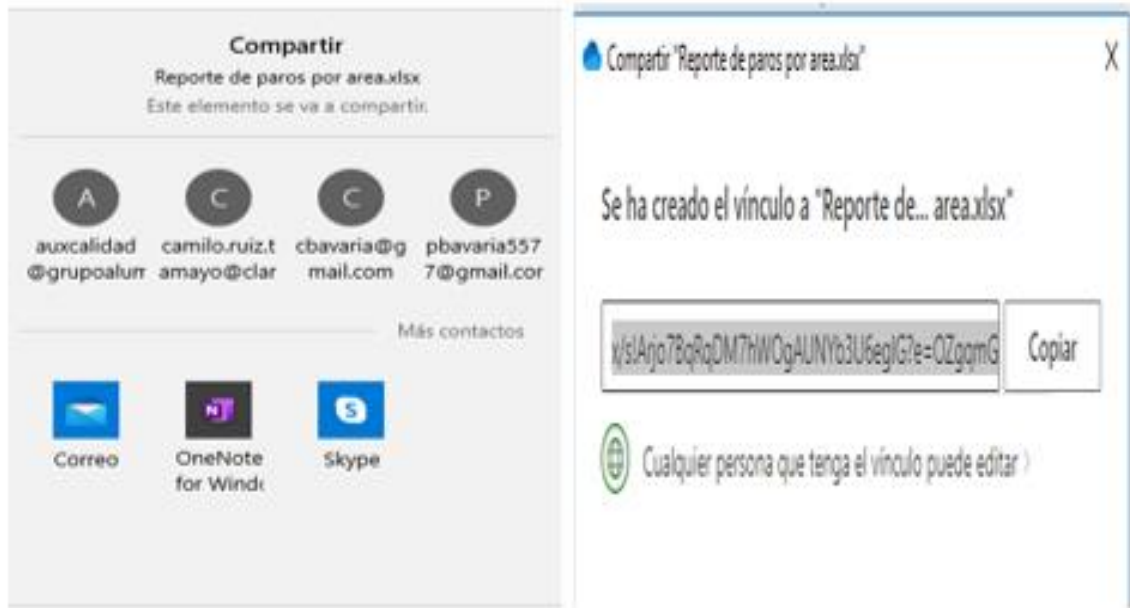
Tiempo.

Observaciones.

Tratamiento.

Soluciones aplicadas.

Una vez se tenga el formato en la red cada integrante asignado para el control de la digitalización de los datos se le debe dar acceso al vínculo con la opción de editar la plantilla y aplicar la información correspondiente a los paros.



*Imagen 27 asignación de carpeta en la red*

El acceso a la información la pueden obtener todos los integrantes involucrados en el funcionamiento de la planta, con el fin de tener conocimiento en tiempo real de las fallas que generan el paro de producción y actuar con la mejor eficacia posible para resolver la situación en el menor tiempo posible.

### **9.5 Resultados de Producción Ensamble**

Para llevar a cabo el proceso de planeación, programación y control de la producción, se revisa el inventario de cada referencia con el fin de conocer el nivel de inventario actual. Esto, permite establecer cuales referencias se deben producir en la semana, que es la política instaurada por la empresa. Una vez el planeador identifica las necesidades de producción del producto terminado, solicita al auxiliar de producción vía e-mail la generación de las ordenes de producción en el sistema.

Las utilidades que ofrece la base de datos a la empresa son las siguientes: Agrupar y almacenar todos los datos de la empresa en un único lugar. Facilitar que se compartan los datos entre los diferentes miembros de la empresa. Evitar la redundancia y mejorar la organización de la actividad.

### Planeador de ensamble

La función principal del planificador es garantizar el correcto y óptimo proceso de los plazos y recursos para poder cumplir con la demanda específica para cada semana. En este encontramos:

Modelo, Color de pintura requerida, toneladas x color, cantidades, fechas y turnos, como se observa en la imagen 28.

INCOLMOTOS YAMAHA		FORMATO DE CALIDAD FP-CP-000-001 Plan Semanal de Ensamble																	
Realizo: Programacion.Prod.		NO RECIBIDO RECIBIDO		WCPXXX WCPXXX		PINTADO EN GRAFIC.													
PLAN SEMANAL DE ENSAMBLE: Linea de alto volumen				Fecha								22/08/2023							
MODELO	COLOR	TOT	% COLOR			1		2		3		4		5					
TURNO				2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1				
T115FI (BF24)	ME2 NEGRO MATE AZUL	955	0,64	60	60			30		45									
	ME2 NEGRO MATE AMARILLO	450	0,30	30	30			20		15									
	SMX NEGRO ROJO	95	0,06	10	10			50		40									
GPD155-A (BBE3)	BWM1 BLANCO NEGRO GRIS	800	0,30								60	100							
	ME2 NEGRO MATE	920	0,34							120									
	MDBM4 VERDE NEGRO	480	0,18																
	PDG GRIS NEGRO	480	0,18																
YC1100 (B0A2)	ME2 NEGRO MATE	215	0,54			35													
	SMX NEGRO	155	0,39			45													
	VRC7 ROJO NEGRO	30	0,08			20													
YB125ZR (B7H2)	DBMWS GRIS NEGRO	0				115													
	DPBMC AZUL NEGRO	0				35	30												
FZN1500-6 (BBU2)	BWC1 BLANCO NEGRO ROJO	240	0,12	15				25											
	CM6 AZUL CHAMPAÑA	420	0,21	20				50											
	DGM1 NEGRO MATE	975	0,49	55				105											
	MW3 GRIS AZUL	345	0,17	20				40											
FZN250-A (B8V3)	ME2 NEGRO MATE	150	0,63																
	MPPM1 AZUL GRIS	50	0,21																

Imagen 28 Datos producción ensamble Incolmotos (Investigadores)

## **9.6 Resultados de Producción Pintura**

A continuación, se muestra la planeación agregada para la planta de pintura, A lo largo del estudio de los procesos productivos de la planta se han identificado varias prioridades básicas en las operaciones, estas incluyen los costos, calidad y confiabilidad del producto en cuanto a la pintura de las piezas, velocidad de entrega, confiabilidad en la entrega, capacidad para afrontar cambios en la demanda, flexibilidad y velocidad de introducción de nuevos productos.

Concluimos para el planeador de producción de pintura que el formato detalla cada característica del producto a pintar y tiene como objetivo describir los aspectos más importantes para el control y aseguramiento de calidad y producción, así como los recursos.

A continuación, se muestra la planeación agregada para la planta de pintura, A lo largo del estudio de los procesos productivos de la planta se han identificado varias prioridades básicas en las operaciones, estas incluyen los costos, calidad y confiabilidad del producto en cuanto a la pintura de las piezas, velocidad de entrega, confiabilidad en la entrega, capacidad para afrontar cambios en la demanda, flexibilidad y velocidad de introducción de nuevos productos.

Concluimos para el planeador de producción de pintura que el formato detalla cada característica del producto a pintar y tiene como objetivo describir los aspectos más importantes para el control y aseguramiento de calidad y producción. Así como los recursos humanos, materiales y tecnológicos necesarios para el funcionamiento de las piezas a procesar en cada una de las estaciones de la planta de pintura.



## Planeador de pintura

En el archivo de producción de pintura se establece el plan de trabajo en donde se obtiene información detallada que permite gestionar de una forma sincrónica los pedidos a ensamblar, En este podemos encontrar:

Fecha de ensamble, modelo, de piezas a pintar, color, cantidad, fecha de pintura, lotes, Ganchos, códigos y tiempo, Como se observa en la imagen 26.

	Fecha ensamble	Modelo	Pieza	Color	Cantidad	Fecha pintura	Lotes	Ganchos	Código	Tiempo	Fecha pegado	
296	2/1/2023	BF24	COVER SIDE 4	MB2	30	30/12/2022	T115F1 BDGLLOPL - 20	8	10	2	30/12/2022	
297	2/1/2023	BBE3	EMBLEM HANDLE	MGM3	160	30/12/2022	GPD155-A BDJU90P9 - 21/22	GPD1	20	90	5	30/12/2022
298	2/1/2023	BBE3	COVER METER	MGM3	160	30/12/2022	GPD155-A BDJU90P9 - 21/22	GPD1	20	91	5	30/12/2022
299	2/1/2023	BBE3	SHIELD LEG 2	MGM3	160	30/12/2022	GPD155-A BDJU90P9 - 21/22	GPD1	40	92	9	30/12/2022
300	2/1/2023	BBE3	COVER FRONT	MB2	160	30/12/2022	GPD155-A BDJU90P9 - 21/22	GPD1	53	93	12	30/12/2022
301	2/1/2023	BBE3	BODY COWLING 1	MB2	160	30/12/2022	GPD155-A BDJU90P9 - 21/22	GPD1	53	94	12	30/12/2022
302	2/1/2023	BBE3	BODY COWLING 2	MB2	160	30/12/2022	GPD155-A BDJU90P9 - 21/22	GPD1	53	95	12	30/12/2022
303	2/1/2023	BBE3	COVER FRONT 2	MB2	160	30/12/2022	GPD155-A BDJU90P9 - 21/22	GPD1	40	96	9	30/12/2022
304	2/1/2023	BBE3	FENDER	MB2	160	30/12/2022	GPD155-A BDJU90P9 - 21/22	GPD1	80	97	18	30/12/2022
305	2/1/2023	BBE3	COVER SIDE 3	SMX	160	30/12/2022	GPD155-A BDJU90P9 - 21/22	GPD1	80	98	18	30/12/2022
306	2/1/2023	BBE3	COVER SIDE 4	SMX	160	30/12/2022	GPD155-A BDJU90P9 - 21/22	GPD1	80	99	18	30/12/2022
307	2/1/2023	BBE3	MOLE SIDE COVER 1	MB2	160	30/12/2022	GPD155-A BDJU90P9 - 21/22	GPD1	40	100	9	30/12/2022
308	2/1/2023	BBE3	MOLE SIDE COVER 2	MB2	160	30/12/2022	GPD155-A BDJU90P9 - 21/22	GPD1	40	101	9	30/12/2022
309	2/1/2023	BBE3	COVER SIDE 1	MB2	160	30/12/2022	GPD155-A BDJU90P9 - 21/22	GPD1	40	102	9	30/12/2022
310	2/1/2023	BBE3	COVER SIDE 2	MB2	160	30/12/2022	GPD155-A BDJU90P9 - 21/22	GPD1	40	103	9	30/12/2022
311	2/1/2023	BBE3	COVER REAR FENDER	MB2	160	30/12/2022	GPD155-A BDJU90P9 - 21/22	GPD1	32	104	7	30/12/2022
312	3/1/2023	B395	COVER TANK SIDE 1	MB2	160	2/1/2023	SZ15RR WCPTU821 - 4	SZ15RR WC	40	31	9	2/1/2023
313	3/1/2023	B395	COVER TANK SIDE 2	MB2	160	2/1/2023	SZ15RR WCPTU821 - 4	SZ15RR WC	40	32	9	2/1/2023
314	3/1/2023	B395	PANEL 1	MB2	160	2/1/2023	SZ15RR WCPTU821 - 4	SZ15RR WC	20	33	5	2/1/2023
315	3/1/2023	B395	PANEL 2	MB2	160	2/1/2023	SZ15RR WCPTU821 - 4	SZ15RR WC	20	34	5	2/1/2023
316	3/1/2023	B395	COVER TAIL 1	MB2	160	2/1/2023	SZ15RR WCPTU821 - 4	SZ15RR WC	40	35	9	2/1/2023
317	3/1/2023	B395	COVER TAIL 2	MB2	160	2/1/2023	SZ15RR WCPTU821 - 4	SZ15RR WC	40	36	9	2/1/2023

Imagen 29 Programación producción pintura Incolmotos (Investigadores)

### 9.7 Modelos con Mayor Participación en el Proceso de Pintura

Con la información recolectada en el seguimiento de los planeadores y consolidado encontramos el modelo BBE3 con la mayor participación representando el 38,0% de las piezas pintadas.

Se tomarán los 5 primeros modelos en el ranking para la intervención de análisis y determinar cuáles son sus comportamientos y participación en los paros de línea.

Modelo	TOT Pintura	Ranking	TOT Pintura Acumulado	Porcentaje Pintura	% pintura Acumulado
BBE3	475120	1	475120	38%	38%
B6U2	362950	2	838070	29%	67%
BF24	166460	3	1004530	13%	81%
B395	132000	4	1136530	11%	92%
B8V3	105560	5	1242090	8%	100%
TOTAL	1242090				

*Imagen 30 Datos ranking por referencias alta rotación Incolmotos (Investigador)*

En la siguiente tabla se muestran datos que nos permite reconocer claramente la conducta de los modelos con mayor participación en pintura, En esta podemos identificar datos relevantes como: el modelo a pintar, Cantidad de piezas pintadas, posición de participación % Pintura y % Acumulados observados en la (imagen 27).

## 9.8 Pareto modelo de producción pintura

Actualmente la compañía maneja 17 modelos de motocicletas los cuales se ven representados en una determinada cantidad de piezas por cada modelo, para poder concentra el trabajo en las referencias que representar el mayor índice de producción se realiza un modelo de pareto de la siguiente manera:

Se realiza un análisis de los históricos del último año.

Se realiza el análisis de frecuencia.

Por medio del Pareto damos el ordenamiento necesario, lo que deja más claro qué modelos determinan la mayor participación en el proceso de pintura, este nos permite identificar puntos en donde debemos enfocarnos primero y definir su intervención para determinar el % de causa frente a las consecuencias de tiempos improductivos.

### Pareto planta pintura

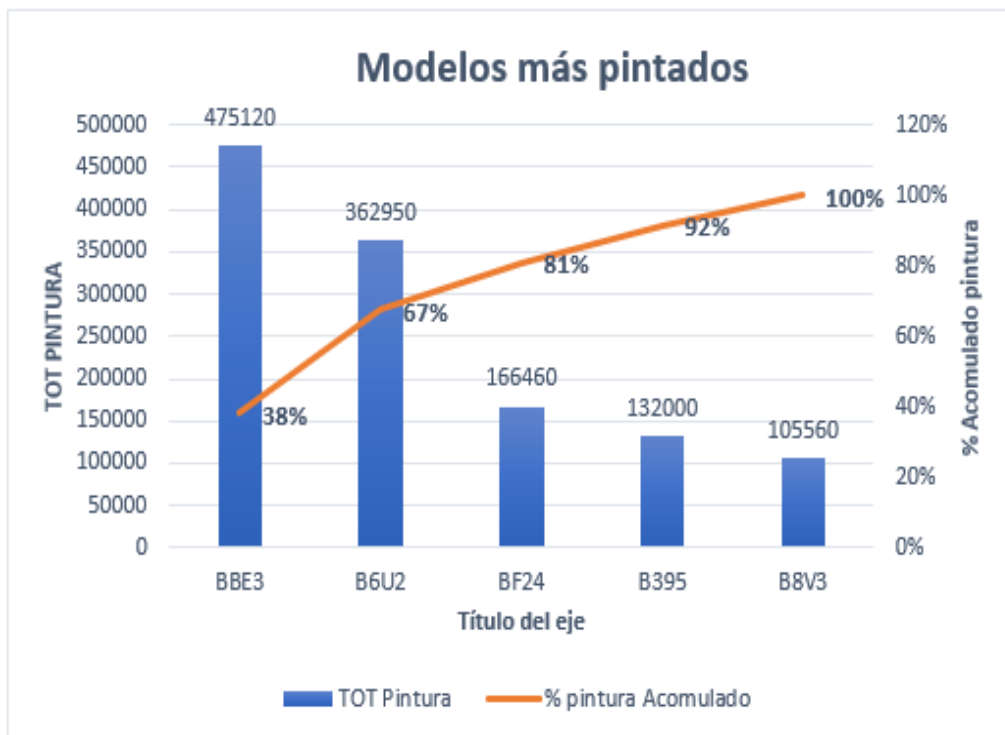


Imagen 31 Pareto modelo producción (Investigadores)

## 9.9 Resultados de criterios y aceptación de los modelos con más participación de unidades pintadas.

De acuerdo con el Pareto se realiza el despiece del top 5 de los modelos más representativos del proceso de pintura, Esté nos permite obtener la información detallada de la cantidad de piezas por modelo. Para el modelo BBE3 -15 piezas, modelo B6C2 - 14 piezas, modelo BF24 - 5 piezas, modelo B395 - 11 piezas y el modelo B8V - 14 piezas.

Al definir los conjuntos de piezas con mayor rotación de pintura encontramos la asociación por modelo, las cuales representan el pareto del área. Estas corresponden a cada modelo ya que son únicas para cada una de las referencias, teniendo en cuenta que la producción de pintura se realiza por referencia y cada pieza de estas son exclusivamente para cada modelo, ya que estas son el pareto a investigar.

### Hoja de referencias críticas




REFERENCIA	NOMBRE COMERCIAL	MOTOCICLETA (Imagen referencia )	PIEZA
BBE3	GPD155		FENDER FRONT COVER REAR FENDER COVER SIDE 1 COVER SIDE 2 BODY COWLIG 1 BODY COWLIG 2 MOLE SIDE COVER 1 MOLE SIDE COVER 2 COVER FRONT 2 COVER FRONT SHIELD LEG 2 EMBLEM HANDLE COVER METER COVER SIDE 3 COVER SIDE 4
B6J2	FZ15N		FENDER GUIDE AIR 1 GUIDE AIR 2 COVER UNDER 1 COVER OUTER 1 COVER OUTER 2 COVER TANK SIDE 1 COVER TANK SIDE 2 COVER TOP PANEL 1 PANEL 2 COVER SIDE 3 COVER SIDE 4 COVER SIDE 5 COVER HANDLE 1 SHIELD LEG 1
BF24	CRYPTON		FENDER FRONT 1 COVER SIDE 3 COVER SIDE 4 PANEL 1 PANEL 2
B395	SZ-R R		FENDER FRONT GUIDE AIR 1 GUIDE AIR 2 COVER TANK SIDE 1 COVER TANK SIDE 2 COVER TAIL 1 COVER TAIL 2 PANEL 1 (TAP. LATERAL) PANEL 2 (TAP. LATERAL)
B8V	FZ25 ABS		FENDER GUIDE AIR 1 GUIDE AIR 2 SCOOP AIR 1 SCOOP AIR 2 COVER OUTER 1 COVER OUTER 2 COVER TANK SIDE 1 COVER TANK SIDE 2 COVER UPPER PANEL 1 PANEL 2 COVER SIDE 5 COVER SIDE 6

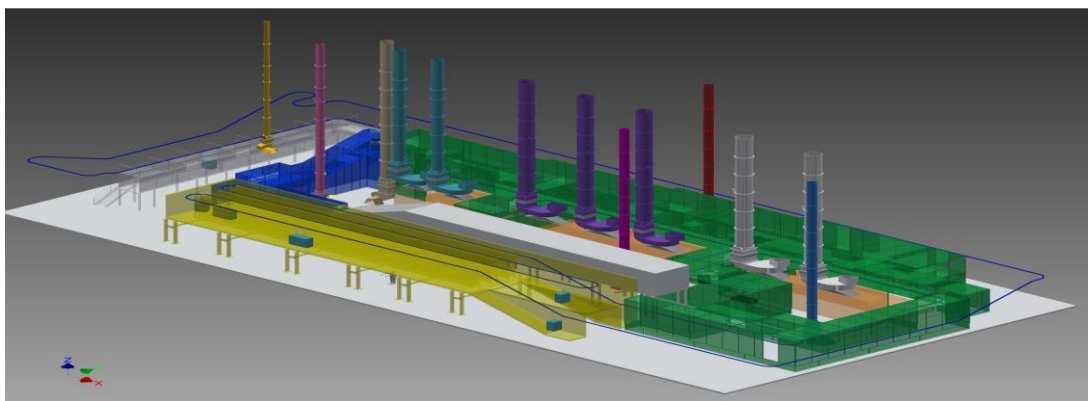
Imagen 32 Descripción de modelos (Investigadores)

### 9.10 Vista isométrica planta de pintura.

Los resultados del diseño nos permiten transmitir con mucha más precisión el contenido de cada uno de los elementos que conforman la operación del proceso de pintura, en donde podemos obtener la visión del recorrido de las operaciones y determinar puntos específicos de causas que puedan limitar el flujo del sistema.

Este plano fue desarrollado en Pro-Mobel con el objetivo de ofrecer una representación a escala que nos permitiera situarnos y orientarnos correctamente en la planta para llevar a cabo el flujo de la operación

#### Plano planta pintura Incolmotos Yamaha



*Imagen 33 Plano planta pintura Incolmotos Yamaha (Investigadores)*

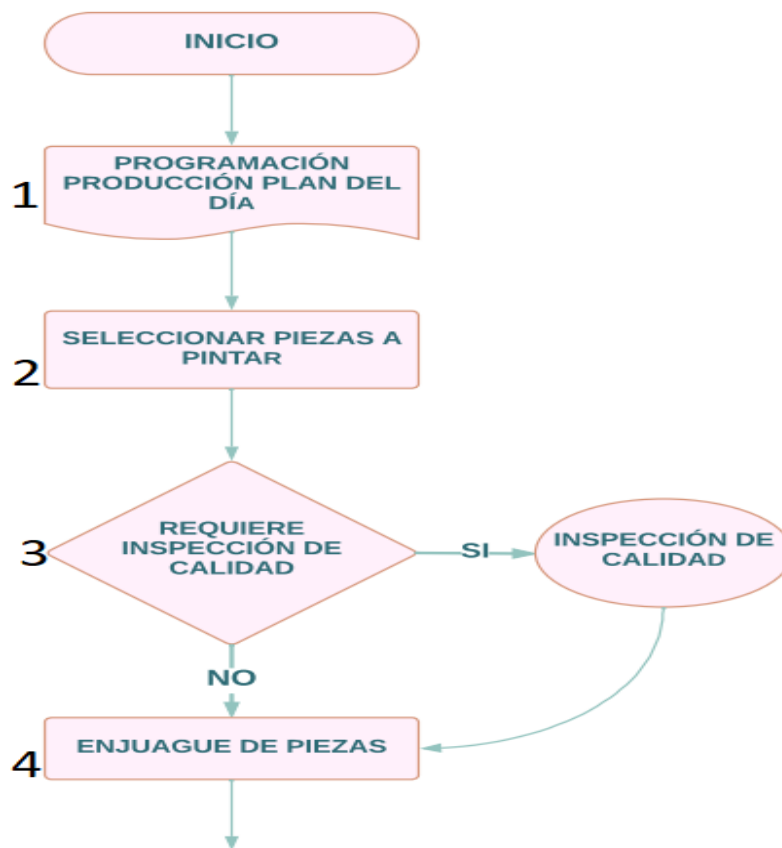
Se define por medio de la siguiente colorimetría cada una de las estructuras que conformar el sistema de pintura.

- 1- Gris translucido: pretratamiento.
- 2- Azul: manual air blow.
- 3- Gris: horno de secado.
- 4- Verde: cabina de pintura.
- 5- Amarillo: horno de curado.
- 6- Transportador en color azul.

### 9.11 análisis diagrama de flujo proceso de pintura

Con base a la información recolectada y forma operativa del proceso de pintura se diseña el flujo del sistema con los principales componentes del proceso. Estas representaciones graficas nos permiten planificar, esquematizar, ordenar y analizar cada fase del proceso productivo y sus relaciones en donde podemos encontrar puntos de mejora y en general, dar importancia a todos los procesos por pequeños que puedan parecer.

#### Diagrama de flujo proceso de pintura



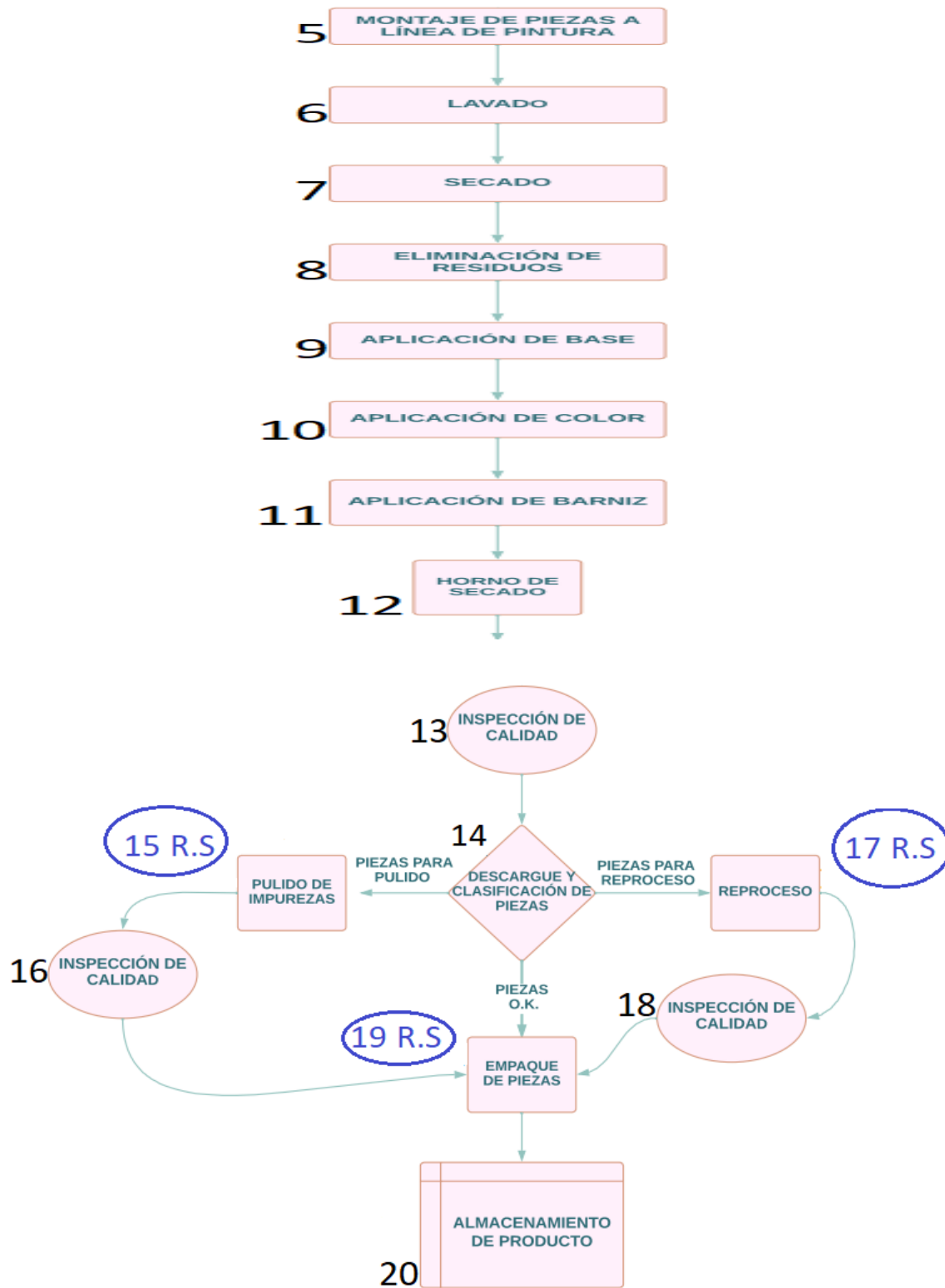


Imagen 34 Diagrama proceso pintura (Investigadores)

Para las operaciones 15 RS, 17 RS y 19 RS, Se da una codificación que permitirá más adelante hacer énfasis, las cuales son las operaciones que requieren de supervisión y revisión en el proceso de pintura.

### **9.12 Análisis Descargue de Piezas Pintadas Producción Ensamble.**

En la imagen 35, se muestra el flujo de las operaciones 15 RS, 17 RS y 19 RS, que con lleva el descargue de las piezas pintadas que van saliendo del proceso de pintura, a medida que las piezas son desenganchadas, se procede con la clasificación de acuerdo con los criterios definidos por calidad.



*imagen 35 Descargue de piezas pintadas - Investigadores*



## Operación de piezas pintadas

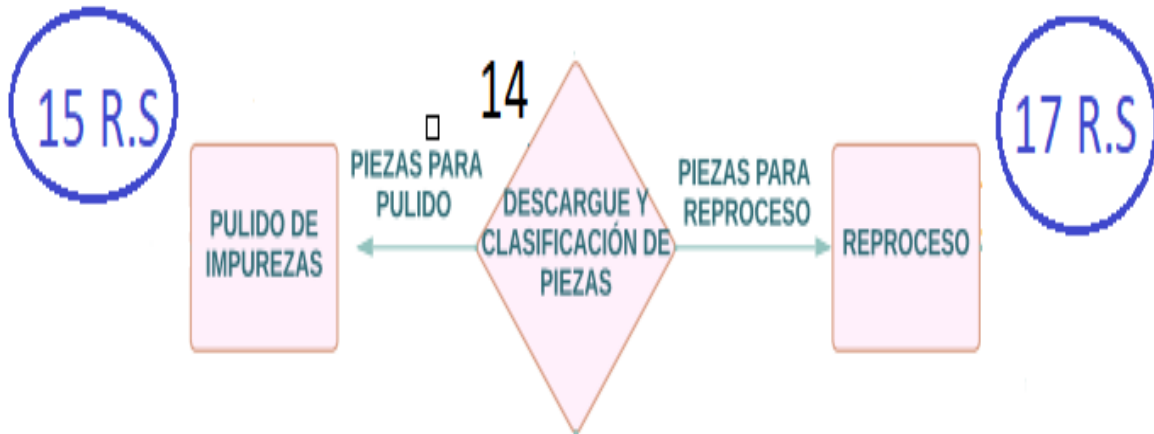


Imagen 36 Flujo de clasificación de piezas pintadas (Investigadores)

Para las operaciones 15 RS y 17 R.S. Encontramos restricciones que conllevan a ralentizar el flujo de la operación, ya que no se cuenta con un área adicional para realizar la clasificación, la tarea es ejecutada una vez están realizando el descargue de las piezas, en donde revisar se toma un tiempo, el cual no se tiene control sobre este y hace que el flujo se limite y se pierda mucho tiempo para entregar las piezas al siguiente proceso. Para dichas actividades del sistema de pintura se denotan empleando un círculo azul representando que la actividad requiere de una revisión y supervisión por presentar falencias que están afectando la operación.

### 9.13 Análisis Zona de Pulido de Piezas Defectuosas

De acuerdo con la clasificación de piezas defectuosas en la operación 15 R.S. Se debe llevar a cabo un orden para realizar el ajuste de las piezas, la cual se debe identificar la zona afectada y realizar el pulido con las herramientas asignadas como: pulidora, Lijas de agua de grano grueso: Calibre, 80, 60, 50, 40, 36, 24, 20, 16 y 12. Lijas de agua de grano medio: Calibre, 280, 240, 220, 180, 150, 120 y 100. Lijas de agua de grano fino: Calibre, 600, 500, 400, 360 y 320.

## Operación retrabajos de piezas pintadas

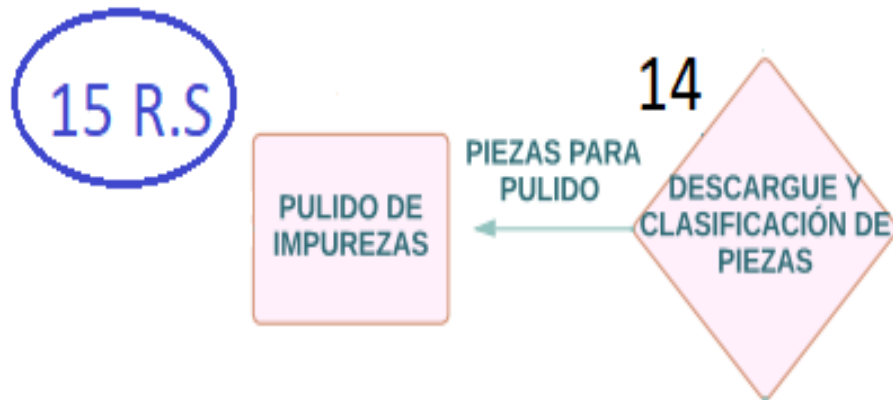


Imagen 37 Retrabajos de piezas pintadas (Investigadores)

La operación 15 R.S. No se cumple con un plan específico de pulido ya que las piezas defectuosas son lijadas en su momento y enganchadas en la línea, donde se generan paros mientras son retrabajadas en mismo sitio y colocadas nuevamente en los ganchos para ser pasadas por las cabinas ocasionando retrasos en la línea.

### ***9.13.1 Propuesta y Recomendaciones Para La Operación Numero 15 R.S. Del Sistema De Pintura.***

Propuesta: Para evitar que la operación de pulido se aplique dentro de la línea de clasificación de piezas y evitar paros que comprometan la producción programada, se propone la implementación de un taller encabinado que permita la asistencia rápida para el retiro y ubicación de piezas defectuosas fuera del proceso con el fin de no interrumpir el transito normal de la operación. Este taller permitirá mejorar los tiempos perdidos ya que las piezas serán trasladadas a este sitio de apoyo en donde se tendrán todas las garantías necesarias para intervenir las piezas defectuosas. Adicional el taller encabinado contara con unas dimensiones por el exterior de 6 x 5 x 3.5m. y dimensiones internas de 5.8 x 4.9 x 2.5m.

A continuación, se muestra taller encabinado como propuesta para las actividades de retrabajo de piezas defectuosas.



*imagen 38(Diseño taller encabinado reproceso de piezas defectuosas - investigadores)*

El taller se recomienda ser instalado al lado del proceso de enganche de piezas (operación 5). Esta zona cuenta con un espacio que actualmente está ocupado por elementos que no son necesarios y puede ser utilizarlo para la adecuación del taller en propuesta, No es necesario realizar una inversión muy costosa, básicamente todo se refleja en pro de costo beneficio, esto con la finalidad de optimizar tiempos en cuanto a desplazamientos por la línea y tener el producto disponible en tiempos estimados para cumplir la tarea.

### ***9.13.2 Operación 15. Pulido de Piezas Tiempo Operativo Real.***

Tiempo empleado 13.1 minutos de operación. De acuerdo con el tiempo estándar especificado en el flujo de la línea de 1.9 minutos, encontramos que la operación está demorando en 11.2 minutos generando retrasos y pérdida de tiempo para entregar las piezas en los tiempos establecidos al proceso de ensamble.

Con la propuesta sugerida (*Ver subnivel 9.13.1*) lograremos una reducción de 10.0 minutos correspondiente a un 76.3% de efectividad, ajustando el tiempo en 3.1 minutos, quedando

únicamente con una brecha de deferencia de + 1.2 minutos con respecto al tiempo estándar de la operación que es de 1.9 minutos.

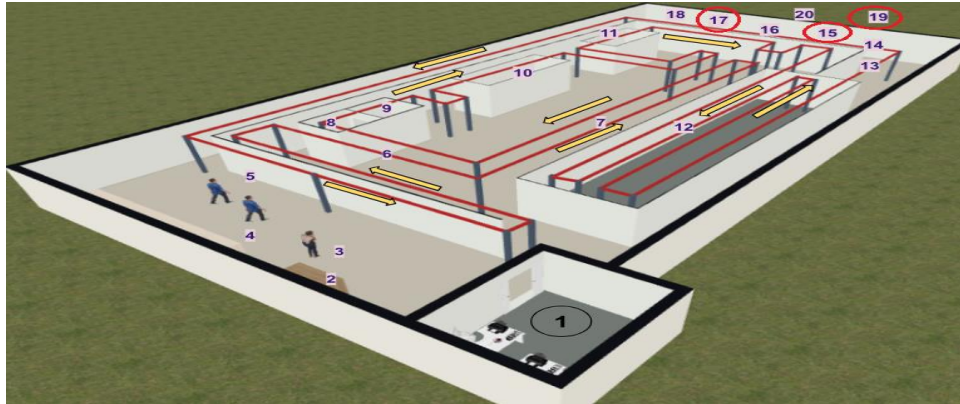


Imagen 39 Tiempo estándar, real y mejorado operación 15

Con la eliminación del cuello de botella de la operación 15, con un tiempo real de 13.1 minutos determinamos que con los ahorros de la eliminación de los pulidos de las piezas dentro de la línea que suman un tiempo entre 2.5 y 3.8 minutos con un tiempo de retraso para almacenar las piezas defectuosas por falta de módulos un tiempo de 6.2 minutos, con la sumatoria de los dos tiempos estamos logrando la reducción de aproximadamente 10 minutos.

### 9.13.3. Diagrama de Recorrido Actual del Proceso de la Planta de Pintura.

De acuerdo con imagen 39. Podemos observar que al final de la línea encontramos las operaciones 15,17 y 19, las cuales están generando cuellos de botella que no permiten que el flujo operativo trascorra con total normalidad.



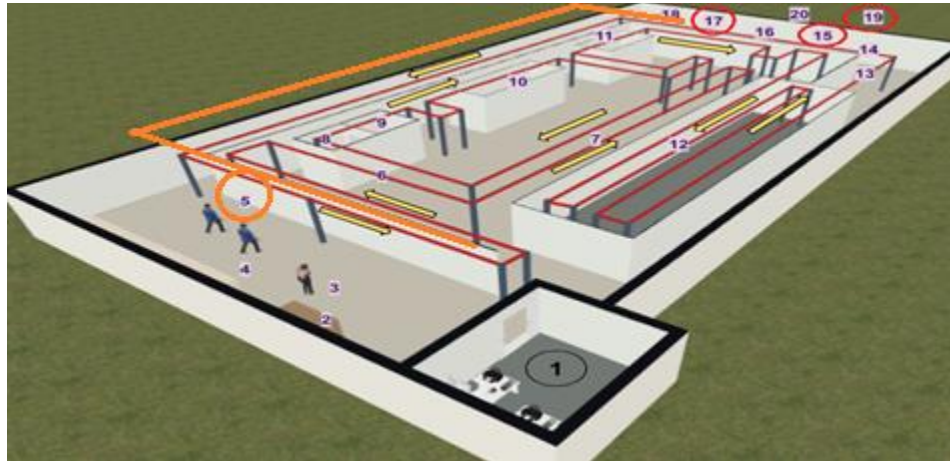
*Imagen 40 plano diagrama de recorrido actual planta pintura - Investigadores*

En los estudios pertinentes se identifica la operación 15 (Pulido de piezas). limita el proceso en hasta 13.1 minutos ya que no cuenta con los módulos necesarios ni las herramientas para intervenir y almacenar las piezas defectuosas para retirarlas de esta área, estas deben ser puestas sobre cartones y en espacios provisionales, como se observa en imagen 40.



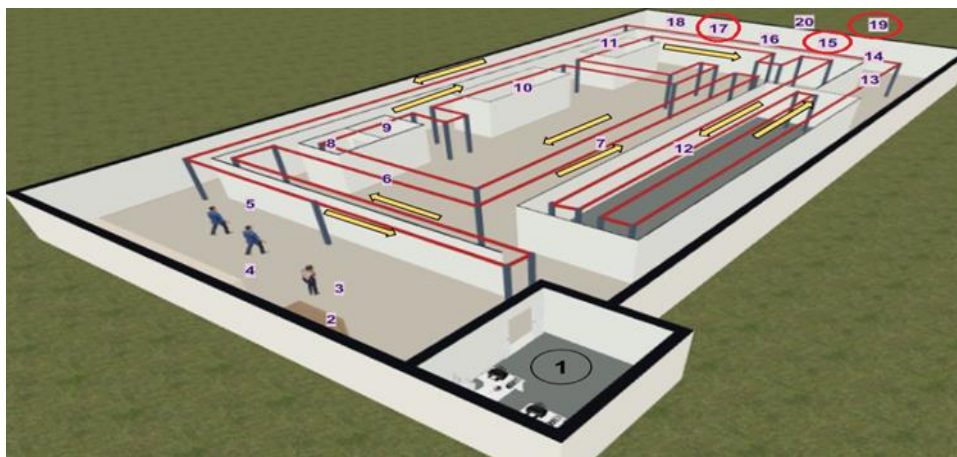
*Imagen 41 piezas terminadas sin ubicación en módulo*

Seguidamente encontramos la operación 17(Reprocesos de piezas), la cual recibe las piezas pulidas y son enganchadas nuevamente en la línea, Se evidencia que ahí realizan paros mientras pulen las piezas defectuosas una vez finalizan los pulidos, las piezas son nuevamente engancharlas y trasladarlas por la línea hasta la operación 5 (Enganche de piezas), En donde inicia el proceso, lo que retrasa la operación en aproximadamente 15.3 minutos.



*Imagen 42 Rotación piezas defectuosas por la línea*

Finalmente encontramos la operación 19(Empaque de piezas), que por falta de módulos para almacenar piezas terminadas la operación pierde un tiempo de hasta 24.8 minutos

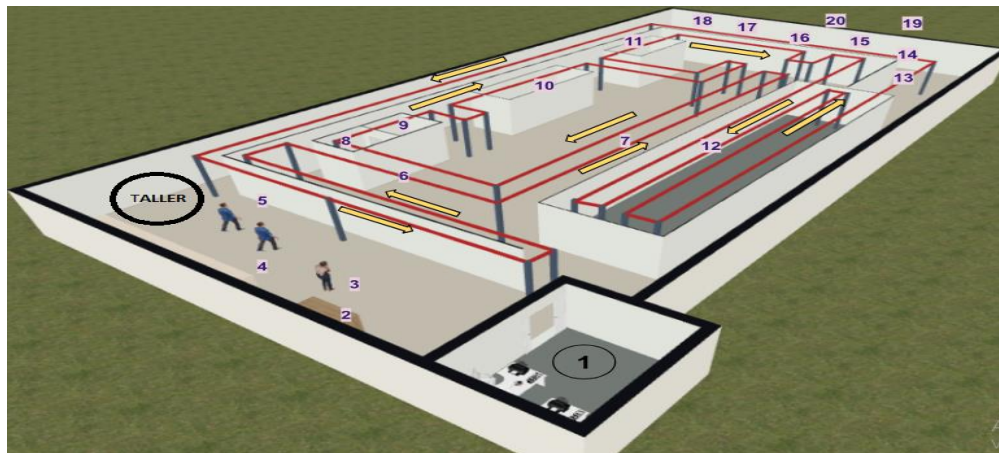


*Imagen 43 ubicación operación 19 dentro del sistema de la planta de pintura*

### 9.13.4 Diagrama de Recorrido Propuesto.

Una vez analizado el proceso y evidenciado los cuellos de botella, se proponen las siguientes mejoras:

Instalación de un taller de retrabajo de piezas defectuosas dotado con herramientas básicas y personal capacitado, lo que permitirá liberar el tiempo en las operaciones 15 y 17 en donde se presenta un tiempo perdido de 28 minutos, con el taller en funcionamiento se espera liberar el flujo de la línea y que este trascorra en condiciones normales, si se requiere de retrabajar piezas, estas serán desenganchadas a la velocidad de la línea y ubicadas en los módulos para el desplazamiento a la zona del taller en donde se les aplicara su debido proceso, obteniendo una reducción de tiempos en aproximadamente el 80%.



*Imagen 44(Plano diagrama de recorrido propuesto con mejora de tiempos de operaciones - investigadores)*

Para el equipamiento del taller se debe contar con herramientas básicas, con el fin de asistir los retrabajos en los momentos que la planta lo requiera, la contribución de proponer el taller no solamente va a mitigar los tiempos perdidos en la línea, esto también proporciona un espacio tecnificado con todas las condiciones para recuperar las piezas defectuosas con el mayor nivel de

calidad, ayudando de esta manera a reducir los desperdicios, viendo reflejado esta acción en los costos de producción.

En las inspecciones realizadas en campo se observa falencias en las herramientas empleadas para asistir las piezas defectuosas, estas no cumplen con las características mínimas para intervenir las piezas, se evidencia que ahí defectos que requieren herramientas pequeñas para pulir defectos mínimos y no las tienen, utilizan herramientas que no permiten llegar al acabado ideal, generando esto una pérdida de tiempo, mientras tratan de recuperarlas con elementos improvisados o en su defecto desperdiciar la pieza.

De la siguiente fuente (Herramundo., 2019), se obtienen las herramientas recomendadas para equipar el taller de retrabajos de piezas defectuosas con el fin de adquirir los elementos que se ajusten a las necesidades de cada pieza y defecto, contribuyendo no solo a la recuperación de las piezas si no también en controlar los tiempos normalizados asignados a las piezas de los diferentes modelos.

A continuación, algunas herramientas propuestas para dotar el taller:

**Taco de lijado:** Los tacos de lijado sirven para emparejar y alisar superficies manualmente.

**Recomendado:** Marcas y modelos de Taco de lijado: Silverline 100002 Taco de Lija Ergonómico, 150 x 85 mm.

**Medidor de Espesor de Pintura:** Este es un aparato que no te debe faltar en el taller. Con él, puedes verificar el espesor de la capa o película que has colocado. En la mayoría de los procesos de pintado, existe la aplicación de diferentes capas como laca, pintura, barniz, empaste, y cada una de ellas debe tener un espesor específico.



**Recomendado:** Akozon Medidor de espesor de recubrimiento de pintura, portátil Medidor de espesor digital, Pantalla LCD Rango de sonda de auto F & N incorporado 0-1300um. Mangueras para aire comprimido: FERM ATA1027 Manguera de aire + Conexiones (10 m).

**Pulidora Eléctrica:** Con ella también podemos alisar superficies, limpiar, Pulidora Tacklife 1500W Pulidora para Coche Profesional, Control de Velocidad Electrónico 600-3000RPM, LED Pantalla, 180mm Almohadilla de Lana/Papel de 120 Grano, D-Mango Desmontable /PPGJ01A.

**Lijadora excéntrica:** La lijadora excéntrica es una herramienta muy útil en el taller de reproceso de piezas defectuosas. Su mayor uso se concentra en alisar las superficies a pintar en el taller.

**Recomendada:** Amzdeal Lijadora Orbital Excéntrica Neumática Dual-acción Rectificadora Máquina para Lijar 10000 Rpm con Manguera y Bolsa Pulidor Multifunción para piezas plásticas y Metal.

**Pistola de soplado:** La pistola de soplado se usa mucho en el proceso de pintura. Con ella realizas limpieza de piezas, eliminación de polvo, y optimizas el consumo de aire comprimido en el taller.

**Recomendada:** Pistolas de soplado NanHong Metal neumático Soplado de Aire Plumero Rotación de 360 grados pistola de soplado de aire comprimido.

**Sistema de aspirado:** En el momento que trabajas con la lijadora, se desprende mucho polvo que debes recoger de alguna u otra manera. Lo ideal es que tengas un sistema de aspirado centralizado en la estación de lijado que te permita mantener limpia el área y el ambiente de trabajo.

**Recomendada:** MENZER Aspiradora Industrial Profesional VC 790 PRO con Sistema Automático de Limpieza del Filtro.

**Máscaras para pintura:** Al realizar los procesos de lijado y pintado, el personal debe tener máscaras que lo protejan del polvo y de la pintura atomizada. Las máscaras deben tener filtros intercambiables, y si protegen los ojos mejor, aunque no limitativo ya que puedes usar lentes de seguridad de manera independiente.

**Recomendada:** Respirador, NASUM Semimáscara Antiguas; Máscara para pintura en aerosol, polvo, productos químicos, lijado a máquina, formaldehído, protección con filtros (stock).

**Gafas de seguridad:** Cuando usas la pulidora o la lijadora, producirás polvillo que sale al ambiente, y aunque la mayor parte va al sistema de aspirado, igual debes proteger tus ojos del polvillo flotante. Invierte en un par de lentes de seguridad y úsalos siempre antes de ponerte a trabajar.

**Recomendada:** DeWalt DPG82- Gafas protectoras de seguridad.

#### ***9.13.5 Recomendaciones para el puesto de trabajo taller de reproceso.***

Contar con personal calificado para las operaciones del taller, ya que esto permitirá realizar las actividades en tiempos óptimos que conlleva a reducir los tiempos de entrega y satisfacer las necesidades del flujo de operaciones.

Brindar oportunidades de capacitación, ya que esto juega un papel primordial para el logro de tareas y proyectos, dado que es el proceso mediante el cual las y los trabajadores adquieren los conocimientos, herramientas, habilidades y actitudes para interactuar en el entorno laboral y cumplir con el trabajo que se les encomienda

Estandarizar los tiempos de operaciones para los pulidos de las piezas, con el fin de dar salida en tiempos acordados por programa de reprocesos, y de esta manera contribuir a las entregas en tiempos establecidos para el logro de los objetivos.

Contar con los medios de almacenamiento para el traslado a zona de reproceso, ya que estas son las herramientas principales para almacenar las piezas que salen de reproceso y deben ser puestas a disposición de la planta de pintura en tiempos acordados para reproceso, esto nos permite tener el producto disponible en el momento justo para cumplir el programa de reproceso y dar cumplimiento a la entrega de pedidos.

#### ***9.13.6 Mejora de Tiempos del Proceso de Pulido Operación 15 R.S.***

Para desarrollar la toma de tiempos se consideró intervenir a cada una de las piezas ingresadas para retrabajos operación 15 R.S. para esta oportunidad contamos con una muestra de 10 piezas correspondientes al modelo BBE-3, el cual hace parte del Pareto con una participación del 38% de la producción de piezas pintadas. Esto nos permitirá entregar unos tiempos normalizados una vez eliminemos los tiempos perdidos de la operación 15.R.S.



*Imagen 45( Body Cowlig one - modelo BBE-3 - Investigadores)*

Estudio de tiempos para la operación 15 pulido de piezas.		Elemento 1	Elemento 2	Elemento 3	Elemento 4	Elemento 5	Elemento 6	Elemento 7	
		Desenganchar pieza	Ubicar pieza en mesa	coger pulidora	pulir pieza	limpiar pieza	ubicar pieza en modulo	ubicar pieza en reproceso	
Ciclo N° 1	TC	0,95	0,59	2,05	1,55	1,10	0,18	0,90	6,54
	Cal.	85	100	70	100	100	90	100	
	TN	0,81	0,59	1,44	1,55	1,10	0,16	0,90	
Ciclo N° 2	TC	0,87	0,47	0,09	1,61	1,13	0,21	0,99	4,82
	Cal.	95	100	100	80	95	85	90	
	TN	0,83	0,47	0,09	1,29	1,07	0,18	0,89	
Ciclo N° 3	TC	0,91	0,69	0,10	1,59	1,20	0,15	1,01	4,81
	Cal.	85	90	100	85	80	100	85	
	TN	0,77	0,62	0,10	1,35	0,96	0,15	0,86	
Ciclo N° 4	TC	0,98	0,68	0,12	1,68	1,23	0,17	0,96	4,82
	Cal.	85	90	90	75	75	100	95	
	TN	0,83	0,61	0,11	1,26	0,92	0,17	0,91	
Ciclo N° 5	TC	0,88	0,71	0,09	1,57	1,19	0,20	0,97	4,80
	Cal.	100	85	100	85	80	80	80	
	TN	0,88	0,60	0,09	1,33	0,95	0,16	0,78	
Ciclo N° 6	TC	1,02	0,61	0,11	1,46	1,05	0,17	0,88	5,01
	Cal.	75	95	100	100	100	100	100	
	TN	0,77	0,58	0,11	1,46	1,05	0,17	0,88	
Ciclo N° 7	TC	0,91	0,65	0,13	1,58	1,08	0,16	0,85	4,91
	Cal.	85	90	90	85	100	100	100	
	TN	0,77	0,59	0,12	1,34	1,08	0,16	0,85	
Ciclo N° 8	TC	1,00	0,69	0,09	1,54	1,14	0,19	0,92	5,06
	Cal.	75	90	100	100	95	80	90	
	TN	0,75	0,62	0,09	1,54	1,08	0,15	0,83	
Ciclo N° 9	TC	0,94	0,70	0,10	1,63	1,15	0,14	0,91	4,88
	Cal.	85	90	100	80	95	100	90	
	TN	0,80	0,63	0,10	1,30	1,09	0,14	0,82	
Ciclo N° 10	TC	0,98	0,69	0,11	1,60	1,11	0,19	0,87	4,98
	Cal.	85	90	100	80	100	80	100	
	TN	0,83	0,62	0,11	1,28	1,11	0,15	0,87	

Tabla 7 muestra de tiempos operación 15 proceso de pintura – investigadores

Todos los tiempos fueron cronometrados en secuencia lógica de toda la actividad. En donde se asigna: Tiempo cronometrado (TC), Calificación de ritmo de trabajo (Cal) y finalmente se normaliza el tiempo (TN). Este parámetro que se da multiplicando el tiempo cronometrado \* la calificación asignada a la actividad dividida en 100.

La selección de toma de tiempos se realizó desde un punto de vista manual, puesto que el estudio se orienta concretamente a lograr eficiencia aplicando métodos que permiten racionalizar el trabajo.

De acuerdo con cada una de las secuencias del proceso estimamos una escala de trabajo de 75% - 135%, en donde representamos con la cifra 100% el desempeño óptimo, La cifra de 100% - 135%

nivel superior al que se debe trabajar, La cifra de 70% -100% niveles inferiores al que no se puede ejecutar la actividad. (Andrade, 2019)

Consideramos que los valores porcentuales registrados tienen una estimación de incremento o decremento de 5 puntos según valoración considerada en lo observado en el campo.

El estudio consiste en 4 pasos:

1 Preparación de la operación en estudio.

2 Ejecución de toma de tiempos.

3 Calificación del ritmo de trabajo.

4 Normalización de tiempo de la operación. Como se observa en la tabla (número 5).

Una vez ejecutada la toma de tiempos en campo se procede con la generación de tiempos suplementarios, valorados con los promedios registrados de cada elemento y resaltados en color amarillo. cómo se observan en la tabla número 8.

Calculo de tiempos suplementarios - Estándar totales								
Suplementos variables	Suplementos fijos			Suplementos por Contingencia				
Se añaden cuando las condiciones de trabajo difieren mucho de las indicadas	Necesidad personal			margen que se incluye en el (tiempo estándar) para prever legítimos añadidos de trabajo o demora que no compensa medir exactament e porque aparecen sin frecuencia ni regularidad.				
5%	3%			2%				

Tiempos dados en minutos.	Elemento 1	Elemento 2	Elemento 3	Elemento 4	Elemento 5	Elemento 6	Elemento 7	TC
	Desenganchar la pieza	Ubicar la pieza en la mesa	coger pulidora	pulir la pieza	limpiar la pieza	ubicar la pieza en modulo	ubicar la pieza en reproceso	
Minutos	0,80	0,59	0,24	1,37	1,04	0,16	0,86	5,06
Suplementos Variables	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	
Suplementos Fijos	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	
Suplementos Conting.	2%	2%	2%	2%	2%	3%	2%	
Tiempo Estándar	0,880	0,653	0,259	1,508	1,147	0,177	0,944	5,57
Tiempo Estándar Tot.	0,880	0,653	0,259	1,508	1,147	0,177	0,944	5,57

Tabla 8 Calculo de tiempos suplementarios

### 9.13.7 Análisis Zona de Reprocesos

Las piezas después de ser pulidas ingresan al reproceso de pintura en donde las cabinas deben ser modificadas en cuanto a las condiciones establecidas como: velocidad, tiempo y temperatura, con el fin de lograr un acabo óptimo para dar continuidad al siguiente proceso.

#### Operación retrabajos de piezas pintadas



*imagen 46 Retrabajos de pz pintadas (Investigadores)*

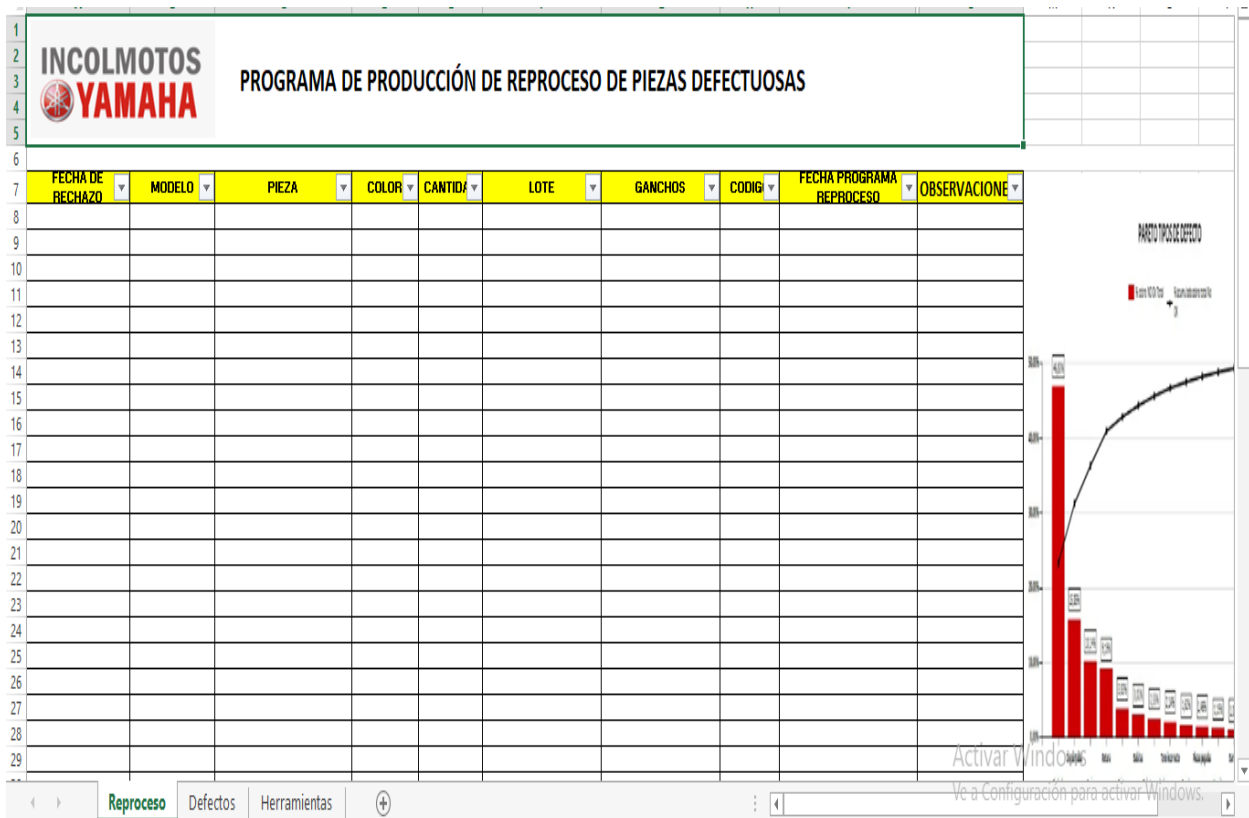
Para la operación 17 R.S, Encontramos que no cuenta con un plan propio de reproceso ya que las piezas a retrabajar son intervenidas en el mismo sitio donde se tiene el flujo de piezas enganchadas, esto ocasiona una perdida deliberada de tiempo para los objetivos planteados por producción, adicional esto requiere de modificaciones de variables del controlador, ocasionando retrasos en la línea de pintura.

**9.13.8 Propuesta y Recomendaciones para la Operación Numero 17 R.S del Sistema de Pintura.**

**Propuesta:**

Implementar una herramienta de control y registro que nos permita realizar seguimiento a los reprocesos que se están presentando en donde se consolidara toda la información correspondiente a: modelos y piezas con la recopilación, combinación y almacenamiento de datos en un solo lugar se estará brindando una medición mucho más precisa con el fin de aumentar la eficiencia y a su vez ayudara a eliminar tareas que no aportan valor al proceso.

Se presenta propuesta de herramienta de control y registro, base de datos Excel.



*Ilustración 6 propuesta planeador Excel para reproceso*

Esta herramienta permitirá manipular exclusivamente datos de piezas a reprocesar lo que nos ayudará a impulsar toma de decisiones en tiempos muchos más rápidos, El formato de registro contará con unas características básicas e identificadas con títulos de relevancia al momento de realizar el ingreso de los datos tales como:

- 1- Fecha rechazo
- 2- Modelo
- 3- Pieza
- 4- Color
- 5- Cantidad
- 6- Lote
- 7- Ganchos
- 8- Código
- 9- Fecha programa reproceso
- 10- Observaciones

#### ***9.13.8 Recomendaciones para la Operación Numero 17 R.S del Sistema de Pintura.***

Todas las piezas que sean clasificadas como reproceso deben de estar registradas en la base de datos de reproceso, con el fin de obtener información que permitirá tener el control tanto del inventario como del programa de ensamble en curso.

Por ningún motivo se deben pulir y enganchar piezas dentro del sistema de pintura, En ellas se acumula la suciedad y se depositan los restos del proceso de pintado. Este efecto puede



producir los siguientes inconvenientes: Reflexión irregular de la luz. Influye directamente en la apariencia del color del modelo, causando posibles errores en la igualación del color.

Cada turno de trabajo debe realizar el ingreso de las piezas clasificadas como reproceso con el fin de planificar el cronograma que permitirá llevar a cabo la recuperación de las piezas. Es de suma importancia esta planificación ya que de esto depende la optimización en cuanto a los aprovisionamientos del plan de producción para cumplir los tiempos acordados para la entrega.

Queda total mente restringido la modificación de los controladores de las variables para realizar paras sin justificación para enganchar piezas, este tratamiento se aplicará de acuerdo con el programa de piezas a reprocesar, con el fin de no interrumpir los tiempos del flujo normal de las operaciones. Ya que esto conlleva a daños directos en las piezas que están siendo pintadas. por la alteración de los controladores podemos incurrir en daños que probablemente acarreen pérdidas considerables, tanto de material como en tiempo de entrega de los productos.

#### ***9.13.9 Operación 17 Reproceso de Piezas Tiempo Real.***

Tiempo empleado 15.3 minutos de operación. De acuerdo con el tiempo estándar especificado en el flujo de la línea de 5.7 minutos, encontramos que la operación está demorando en 9.6 minutos generando retrasos y pérdida de tiempo para dar continuidad a la línea de pintura.

Con la propuesta sugerida (*Ver subnivel 9.13.7*) lograremos una reducción de 7.0 minutos correspondiente a un 46% de efectividad, ajustando el tiempo en 8.3 minutos, quedando

únicamente con una deferencia de + 2.6 minutos con respecto al tiempo estándar de la operación que es de 5.7 minutos.



Imagen 47 Tiempo estándar, real y mejorado operación 17 reproceso de piezas

Con la eliminación del cuello de botella de la operación 17, con un tiempo real de 15.3 minutos determinamos que con los ahorros de la eliminación de los retrabajos en el mismo sitio donde se tiene el flujo de piezas enganchadas que suman un tiempo entre 6.5 y 7.0 minutos correspondiente al paro generado por intervenir las piezas y buscar herramientas para ejecutar el reproceso logramos llevar la operación a un tiempo de aproximadamente 8.3 minutos obteniendo una reducción de 7.0 minutos.

### 9.13.10 Análisis de Piezas Pintadas y Empacadas

En la visualización de los flujos del proceso de la operación 19 R.S. nos permitió develar redundancias, tareas repetitivas y disminución del flujo por falta de dispositivos para almacenar las piezas pintadas generando también en este punto específico de la cadena del proceso de pintura la generación de un cuello de botella.

#### Diagrama de flujo piezas empacadas

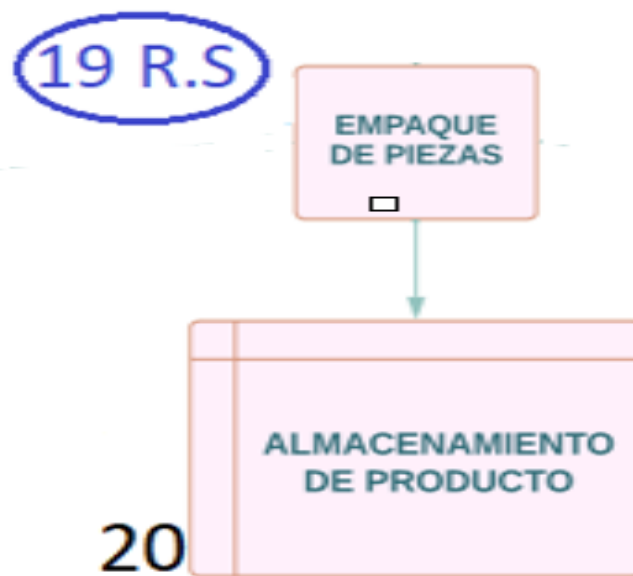


Imagen 48 Flujo empaque de mercancía pintada

Para la operación 19 R.S, Encontramos que no cuentan con los módulos logísticos suficientes para suplir las necesidades de almacenamiento de piezas pintadas, las cuales deben ser desenganchadas y ubicadas en los módulos.

El almacenamiento juega un rol vital en la cadena de suministro, puesto que favorece los tiempos de entrega y reduce las pérdidas en almacén, lo que permitirá ofrecer mejores servicios, posicionar por delante las prioridades y en última instancia aumentar los beneficios. Con el fin de ser ubicados

en zona de almacenamiento de producto terminado para el siguiente proceso. Que permita ahorrar potencialmente y aumentar las funciones de planeación y producción.

A continuación, se muestran los 3 tipos de módulos que actualmente se tienen en el proceso, los cuales son para almacenar piezas grandes, medianas y pequeñas, estos tienen capacidad para almacenar, 15, 21 y 33 unidades respectivamente, como se observa en imagen 42.

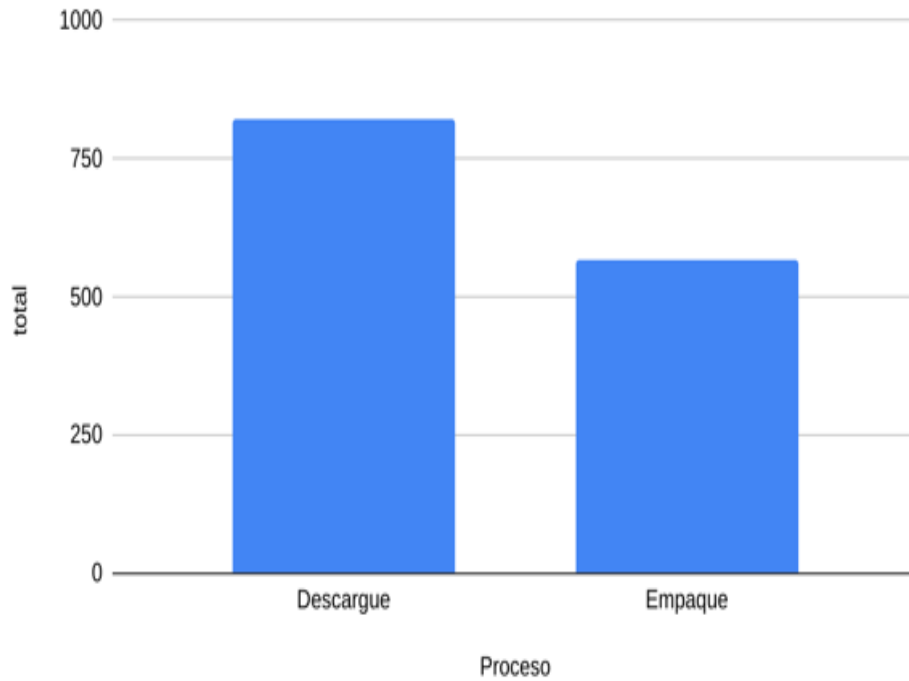


*Imagen 42 módulos actuales de almacenamiento de piezas terminadas - Investigadores*

La falencia que se tiene en los módulos actuales es que al momento se ser necesario disponer de algún modulo para almacenar piezas ya sean de gran tamaño, mediana o pequeña y no se tenga la disponibilidad en el momento, esto ocasiona los retrasos en el flujo del proceso lo que conlleva al paro de la línea, ya que no se pueden utilizar módulos diferentes al que se requiera en la línea, ya que estos tienen características únicas para el almacenamiento de piezas por modelos.

### 9.14 Paros de Línea por Falta de Módulos.

paros de línea en minutos de junio a octubre 2023		
Proceso	total	Promedio Mes
Descargue	822	164
Empaque	568	113,6



*Imagen 49 Paros de línea en minutos*

La compañía tiene definidos unos costos asociados a las pérdidas que genera un paro del proceso en cada planta, para el caso de pintura el costo equivale a \$48000 por un minuto que la línea esté parada en momento productivo.

### 9.15 Costo de Paro en Planta de Pintura.

Proceso de Empaque

$$568 \text{ min} \times 48000 \frac{\$}{\text{min}} = \$27'264000$$

Promedio Mensual

$$113 \text{ min} \times 48000 \frac{\$}{\text{min}} = \$5'424000$$

El estudio de las pérdidas relacionadas con los paros de línea de pintura por falta de módulos para el proceso de empaque representa una gran cantidad de pérdidas a la compañía, Estos costos los asume el proceso de pintura.

Para no generar más pérdidas la línea de ensamble no puede parar por falta de módulos, como plan de contingencia el área de pintura debe utilizar módulos no adecuados para el almacenamiento de las piezas para evitar el paro del proceso de ensamble. Esto revela la necesidad de fabricar nuevos módulos que ayuden a mejorar la problemática de paros y/o retrasos en la línea de pintura. (Ver imagen 43 pág. 103).

### 9.15.1 Propuesta y Recomendaciones para la Operación Numero 19 R.S del Sistema de Pintura.

#### Propuesta:

Diseñar un módulo para almacenar las piezas pintadas que son desenganchadas del proceso de pintura. como parte del proceso logístico, el almacenaje consiste en el manejo temporal de las piezas pintadas, manteniéndolas bajo control en un determinado espacio y tiempo para evitar embotellamientos de producción en la línea de pintura.

A continuación, se muestra el módulo como propuesta para el almacenamiento de piezas terminadas.



*Imagen 43 (Modulo logístico para almacenar piezas pintadas - Investigadores)*

Como se observa en imagen 43, Tenemos el diseño del módulo requerido para satisfacer la necesidad que presenta la operación 19 R.S del proceso de almacenamiento de piezas pintadas,

Este cuenta con un material metálico en su estructura y bandejas con recubrimiento de plástico para conservar la calidad de la pintura de las piezas, adicional cuenta con unas medidas de 2x1.8x1.2m. Que permite almacenar 36 unidades de gran tamaño, 72 unidades de tamaño mediano y pequeño, estas medidas se trazaron en base a la pieza con más dimensión 50X55cm.que pasa por el proceso de pintura que es la del modelo BBE3, de esta manera no solo estamos asignando modulo para un solo modelo si no que lo estamos proponiendo un sistema multifuncional para todos los modelos, lo que permite optimizar el módulo.

Este cuenta con un sofisticado funcionamiento de bandejas que permiten retirarlas si así se requiere y generar una serie de combinaciones de tamaño de piezas de acuerdo con la necesidad, estas cuentan con un sistema de rodamiento que se adjuntan a cada una de las medidas de las piezas de tal manera genera un orden que deja a la vista solamente las bandejas necesarias.

Las bandejas de plásticos están fabricadas en polipropileno de gran calidad en color gris. También se le conoce como gavetas de mostrador. La primera particularidad que salta a la vista es su forma más alargada, con un fondo amplio y un frente más ancho que permite almacenar cualquier modelo.

Las bandejas se diseñaron para responder a las necesidades de almacenaje y clasificación de piezas.

Este cuenta con una rica variedad de características:

Disponibilidad para almacenar los diferentes modelos que se tienen en producción y adaptarse a todas las piezas independientemente de su tamaño.

Su resistencia hace que toleren una buena capacidad de carga para consentir un apilamiento sólido que cuenta con diferentes medidas calculadas desde la pieza más pequeña a la más grande, siendo la medida inferior de 25 cm de bandeja hasta 50 cm de longitudes tanto de frente como de ancho.



Base antideslizante y rugosa con cavidades para conectar a los rodamientos y válidas para un amplio rango de temperaturas entre -20° C y +110° C.

De acuerdo con la necesidad que se tiene encontramos que el déficit de almacenamiento es de aproximadamente 260 piezas en promedio.

### **Beneficios:**

Permite conocer con exactitud la disponibilidad y la ubicación de los modelos almacenados.

La gestión de carga y descarga de las piezas será más rápida, precisa y eficiente mejorando la productividad de almacenamiento.

Optimización de espacio disponible tanto en los compartimientos como el área destinada para ubicar temporalmente los módulos para continuar con el flujo de la operación de ensamble.

### **Recomendaciones:**

Establecer un sistema de codificación numérica para identificar la mercancía en todos los módulos con el fin de visualizar rápidamente el orden en que deben ser entregados al siguiente proceso, ya que esto juega un papel importante en el proceso, de esto depende la continuidad exitosa del flujo de la operación.

Cada uno de los módulos debe llevar toda la información necesaria asegurando el fifo. Esto facilita la relación de prioridades y conlleva a la seguridad de los pedidos en seguimiento.

Delimitar las áreas de almacenamiento, Esto ayudara a eliminar la amanezca de que otros elementos innecesarios puedan ser ubicados en estos sitios, lo que también significa evitar daños en la mercancía y facilitar desplazamiento del producto tanto del proceso de piezas empacadas como el retorno del módulo desde el proceso de ensamble.

Al terminar de consumir todas las piezas del módulo, este debe ser llevado por el personal de ensamble a las áreas de almacenamiento que se encuentran delimitadas para la ubicación del módulo, lo que permitirá tener en todo momento el módulo, sin necesidad de estar flotando por toda la zona en busca de este para almacenar las piezas, obteniendo ganancias en tiempos y desplazamientos del personal de pintura de la operación 19, (empaque de piezas).

Para el aseguramiento del stock provisional de piezas pintadas es necesario la inversión de 4 módulos para ayudar a que el flujo sea mucho más eficiente sin necesidad de tener que optar por el paro de la línea. La importancia de dicho elemento nos permitirá agilizar las actividades de esta operación que será donde hallaremos potencial. Con la fabricación vamos a tener como contrarrestar la necesidad del proceso en donde se reflejará el flujo continuo de la línea.

### 9.15.2 Recolección de Registros Faltantes de Piezas por Empacar

Piezas que se dejan de empacar por falta de carros			
Fecha	Turno	Operador	
5/9/2023	07:00 a.m. - 3:00 p.m.	Cristian lopez	
Línea:	pintura	Proceso:	Descargue
Descripción del Paro	paro de línea falta de carros para empaque		
Hora de Inicio	1:00 p.m.		
Hora de Finalización	022:22 a.m.		
Duración (minutos)	1:22 Minutos		
Modelo	Pieza	Cantidad	
BBE3	Cover Side 1	15	
	Cover Side 2	15	
	Cover Side 3	30	
	Cover Side 4	30	
	Fender Front	15	
BF24	Panel	15	
	Cover Side 3	10	
	Cover Side 4	10	
B6U2	Cover Tank Side 1	30	
	Cover Tank Side 2	30	
	Panel 1	15	
	Panel 2	15	
	Fender Front	20	
<b>Promedio de piezas por turno</b>			<b>250</b>

Tabla 5 Registro de paros por falta de módulos

<b>Piezas que se dejan de empacar por falta de carros</b>			
Fecha	Turno	Operador	
13/10/2023	07:00 a.m. - 3:00 p.m.	Brayan Garcia	
Línea:	pintura	Proceso:	Descargue
Descripción del Paro	paro de línea falta de carros para empaque		
Hora de Inicio	10:00 a.m.		
Hora de Finalización	10:42 a.m.		
Duración (minutos)	42 Minutos		
Modelo	Pieza	Cantidad	
BF24	Panel	30	
	Cover Hand Upper	20	
	Fender Front	15	
BBE3	Cover Front	15	
	Body Cowling 1	30	
	Body Cowling 2	30	
B6U2	Cover Side 3	30	
	Cover Side 4	30	
	Panel 1	15	
	Panel 2	15	
	Fender Front	20	
<b>Total de piezas por turno</b>		<b>250</b>	

Tabla 6 Registro de paros por falta de módulos

<b>Piezas que se dejan de empacar por falta de carros</b>			
Fecha	Turno	Operador	
17/10/2023	07:00 a.m. - 3:00 p.m.	Daniela lozano	
Línea:	pintura	Proceso:	Descargue
Descripción del Paro	paro de línea falta de carros para empaque		
Hora de Inicio	12:35 p. m.		
Hora de Finalización	1:27 p. m.		
Duración (minutos)	52 Minutos		
Modelo	Pieza	Cantidad	
B6U2	Panel 1	25	
	Panel 2	25	
	Cover Tank Side 1	20	
	Cover Tank Side 2	20	
BBE3	Cover Side 1	20	
	Cover Side 2	20	
	Cover Side 3	30	
	Cover Side 4	30	
BHC1 (MT 15)	Cover Tank Side 1	15	
	Cover Tank Side 2	15	
	Fender Front	20	
BF24	Cover Hand Upper	20	
	Cover Side 3	15	
	Cover Side 4	15	
<b>Total de piezas por turno</b>		<b>290</b>	

Tabla 7 Registro de paros por falta de módulos

<b>Piezas que se dejan de empacar por falta de carros</b>			
<b>Fecha</b>	<b>Turno</b>	<b>Operador</b>	
18/10/2023	07:00 a.m. - 3:	Monica Cano	
<b>Línea:</b>	pintura	<b>Proceso:</b>	Descargue
<b>Descripción del Paro</b>	paro de línea falta de carros para empaque		
<b>Hora de Inicio</b>	2:05 p. m.		
<b>Hora de Finalización</b>	2:42 p. m.		
<b>Duración (minutos)</b>	37 Minutos		
<b>Modelo</b>	<b>Pieza</b>	<b>Cantidad</b>	
BBE3	Cover Side 1	15	
	Cover Side 2	15	
	Cover Side 3	30	
	Cover Side 4	30	
	Fender Front	15	
BF24	Panel	15	
	Cover Side 3	10	
	Cover Side 4	10	
B6U2	Cover Tank Side 1	30	
	Cover Tank Side 2	30	
	Panel 1	15	
	Panel 2	15	
	Fender Front	20	
<b>Total de piezas por turno</b>			<b>250</b>

*Tabla 8 Registro de paros por falta de módulos*

Los resultados nos permitieron diseñar el módulo de acuerdo con el promedio resultante de una serie de registros realizados en 4 fases en los meses de septiembre y octubre del año 2023.

Por lo que se recomienda la fabricación de 5 módulos (Ver imagen 43 pág. 88). El cual va a satisfacer la demanda actual, una vez se tengan los módulos en la operación permitirá el flujo continuo de la mercancía y esto nos dará los tiempos establecidos tanto de entrega como el desembarque de las piezas en el proceso de ensamble permitiendo la sincronización de ambas operaciones dando consistencia a la programación de producción y el flujo limpio de la mercancía lo que se traducirá en alto desempeño productivo tanto para el área como los demás procesos en donde finalmente se consolidan los logros y encierran el objetivo como empresa, Además la

importancia para empezar a fortalecer las debilidades y/o oportunidades de mejora que requiere la empresa.

### 9.15.3 Operación 19 Almacenamiento de Piezas Terminadas Tiempo Real

Tiempo empleado 24.8 minutos de operación. Que de acuerdo con el tiempo estándar especificado en el flujo de la línea es de 2.1 minutos, encontramos que la operación está demorando en 22.7 minutos generando paros de línea ocasionando retrasos para entregar las piezas terminadas al proceso de ensamble, afectando el proceso de ensamble.

Con la propuesta sugerida (*Ver Subcapítulo 10.2*) lograremos una reducción de 20.0 minutos correspondiente a un 80.6% de efectividad, ajustando el tiempo en 4.8 minutos, quedando únicamente con una deferencia de + 2.7 minutos con respecto al tiempo estándar de la operación que es de 2.1 minutos.





*Imagen 50 Tiempo estándar, real y mejorado operación 19 proceso de almacenamiento*

Con la eliminación del cuello de botella de la operación 19, con un tiempo real de 24.8 minutos determinamos que con los ahorros de la eliminación de los paros de la línea generados por falta de módulos que suman 22.7 minutos de retraso, lograremos una reducción de 20 minutos ya que con el diseño del módulo multifuncional estamos asistiendo en todo momento el almacenamiento de piezas terminadas sin depender de un modelo específico. Logrando llevar la operación a un tiempo de 4.8 minutos.

## 9.16 Diagrama de Flujo de Operaciones con Tiempos Restringidos en la Línea de la Planta de Pintura.

A continuación, se presenta el flujo actual operacional con la identificación puntual de los cuellos de botella generados en la línea del proceso de pintura.

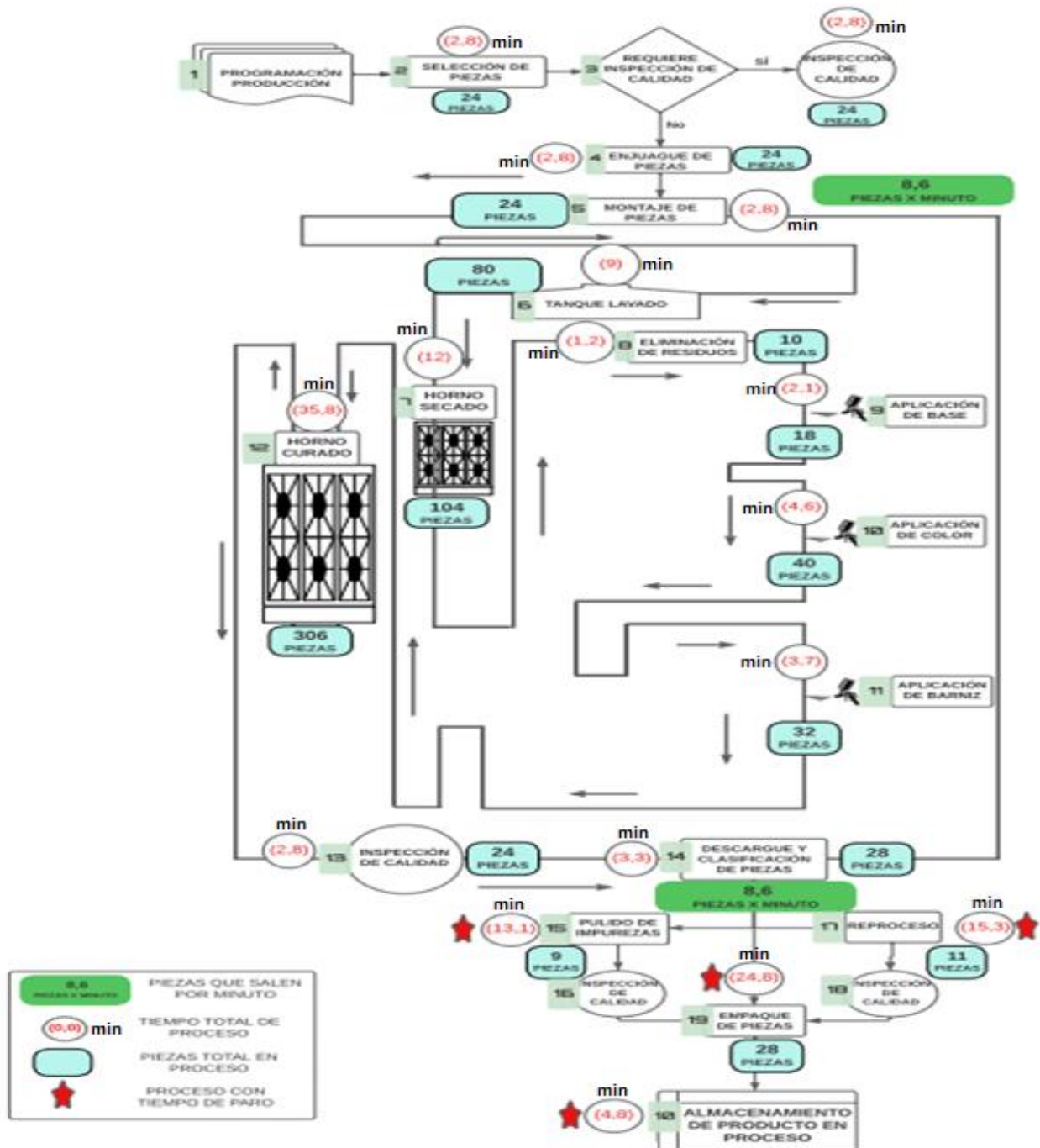


Ilustración 7 Diagrama de flujo línea con tiempos restringidos

### 9.16.1 Diagrama de Flujo de Operaciones con Tiempos Mejorados en la Línea de la Planta de Pintura.

A continuación, se muestra el flujo operacional con los tiempos mejorados en la línea del proceso de pintura, en donde podemos observar una mejora significativa tanto en los tiempos como en el procesamiento de piezas.

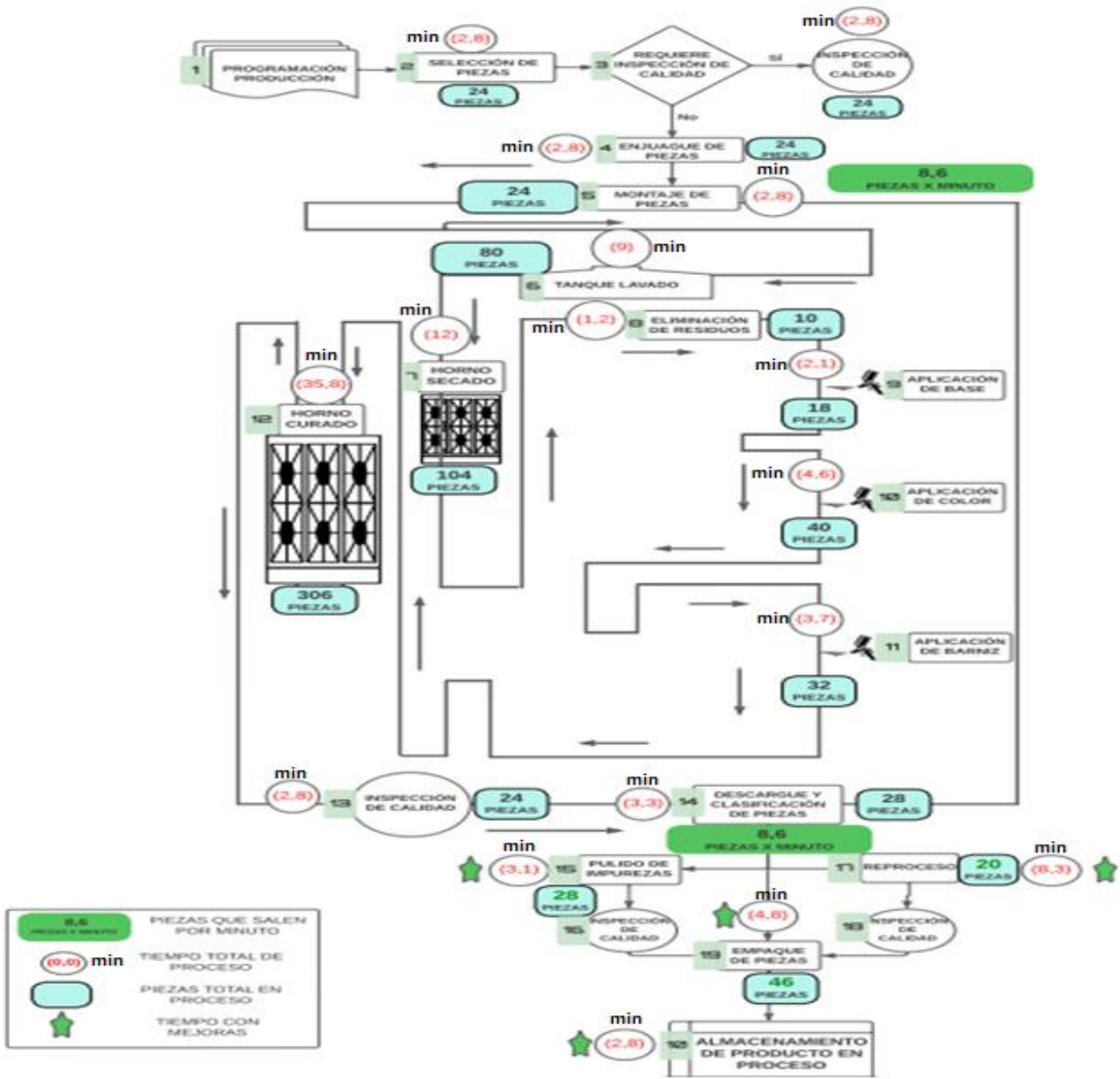





Ilustración 8 Diagrama de flujo con tiempos mejorados



### 9.16.2 Priorización de Propuestas

Para contribuir al mejoramiento de estos procesos dentro de la planta de pintura, se muestran las propuestas que permitirán aportar inicialmente a la recuperación de tiempos perdidos por medio de mejoras las cuales fueron generadas a raíz de los estudios previos en campo y de evidenciar las debilidades de estos procesos de allí surgen las propuestas.

PROPUESTAS PLANTEADAS	LAYOUT	CUENTA CON APOYO DE ACTORES RELEVANTES	VIABILIDAD FINANCIERA	EFFECTO A CORTO PLAZO	COSTO/BENEFICIO	SOSTENIBILIDAD	EFFECTO A LARGO PLAZO	VIABILIDAD TÉCNICA	TOTAL
		HASTA 20	HASTA 20	HASTA 15	HASTA 15	HASTA 10	HASTA 10	HASTA 10	HASTA 100
Desarrollo de un planeador de piezas defectuosas que permitan consolidar toda la información en un solo sitio.		20	20	15	15	10	10	10	100
Diseñar modulo para el almacenamiento de piezas terminadas		20	17	15	15	10	10	10	97
Implementación de taller de retrabajo de piezas defectuosas		20	13	13	15	10	10	10	91

*Tabla 7 Ponderación de criterios y propuesta de priorización – Investigadores*

Como se muestra en tabla 7 se describen 7 ítems de valoración con el fin de darle una ponderación sacada de la fuente (Muguiru, s.f.) que nos permita identificar la asignación de menor a mayor inversión para considerar su desarrollo dentro del proceso. La calificación presenta una escala entre 10 – 20 puntos, considerando 20 puntos nivel máximo el cual cuenta con apoyo de los interesados (Incolmotos), las frecuencias son iguales para las 3 propuestas, solo que se clasifican en orden de menor a mayor complejidad para su ejecución.

**9.16.3 Cotización financiera de fabricación de Modulo Propuesto para Mejorar el Proceso de Almacenamiento de Piezas Terminadas.**

**COTIZACIÓN**

Aluminios y Estructuras Villegas S.A.S

Medellin, Antioquia

NIT: 9016854641

3137104025

NÚMERO 321

FECHA 23/10/2023

VÁLIDO HASTA 23/11/2023

**DATOS DEL CLIENTE**

Nombre: Herman Dario Gonz

Dirección: Calle 55 F sur # 6l

Teléfono: 3013380504

E-mail: guerrero.555@hotmail.com

DESCRIPCIÓN	UNIDADES	PRECIO	TOTAL
4" X 4" X .125 WALL SQUARE TUBE 6061-T6	2	\$ 111.500,00	\$223.000,00
RT3.00 X 1.00 X 14GA X 12	2	\$ 65.000,00	\$130.000,00
12 GA. (.1046 NOM.) HOT ROLLED SHEET	4	\$ 99.800,00	\$399.200,00
871101-684 Armstrong PKGD Bearing-IB "S" Perm-l	4	\$ 74.900,00	\$299.600,00
Perfil lamina 20x20x20 E1 5 AN	12	\$ 35.000,00	\$420.000,00
Rodachina Giratoria rueda metalica 75mm - 3260	4	\$ 58.990,00	\$235.960,00
Bandejas polipropileno vatibles	36	\$ 38.500,00	\$1.386.000,00
Mano de obra	1	\$ 380.000,00	\$380.000,00

SUB-TOTAL	\$3.473.760,00
IVA % 19%	\$ 660.014,40
<b>TOTAL</b>	<b>\$4.133.774,40</b>

Imagen 51 Cotización fabricación módulo de almacenamiento de piezas

#### **9.16.4 Análisis financiero Retorno de la Inversión.**

De acuerdo con las pérdidas evidenciadas asociadas a los paros de línea se determina que, para la recuperación de la inversión para la fabricación de los módulos para almacenar las piezas terminadas, se debe tener en cuenta el impacto que generara la propuesta en cuanto a la recuperación de una pérdida promedio mensual de \$ 5.424.000.

Para la fabricación de 5 unidades de módulos que son los necesarios para suplir la necesidad de las rotaciones entre estaciones es necesario una inversión de \$ 20.668.870.

Para la compañía es de suma importancia relacionar la pérdida recuperada al implementar la propuesta ya que al restar la inversión x las pérdidas que presenta el proceso de almacenamiento por falta de módulos se obtendrá un retorno de la inversión en aproximadamente 4 meses.

El rendimiento de la inversión es una razón financiera para comparar la utilidad obtenida (ganancias), que es el objetivo principal de la compañía.

## **10. Conclusiones**

En estos tipos de proyecto muchas veces se encuentran demasiadas propuestas de mejora, en donde una matriz de priorización y un análisis de costo beneficio es esencial para que las empresas puedan poner en primer lugar las inversiones necesarias en función de su impacto y complejidad. La ponderación de los ítems permite analizar las prioridades basadas en el nivel de apoyo de los interesados, el impacto, inversión y de facilidad de implementación.

En el desarrollo de este trabajo se pudo identificar que en Incolmos Yamaha las principales causas de los paros de línea se han dado por estos motivos. Procedimientos no estandarizados, Falta de habilidad para completar la tarea, Carencia de conocimiento sobre la tarea encomendada, Definición de operaciones, No mapean cuellos de botella, No cuentan con un plan de reprocesos, Información consolidada manualmente, sin fundamento de archivo e historiales, Los módulos actuales de almacenamiento de piezas terminadas son insuficientes para suplir la necesidad actual del mercado, Los retrabajos de piezas defectuosas y pulido de piezas son realizados al interior de la línea ocasionando retrasos en el flujo de la operación.

Con poca inversión podemos ver que la aplicación de herramientas de análisis de causas es vital para plantear propuestas de mejora que le permita a la empresa visualizar las falencias y actuar sobre ellas de tal manera que contribuyan al mejoramiento de los cuellos de botella, Con la metodología construida en este proyecto para la reducción de tiempos muertos, se

realiza la aplicación de la herramienta lean manufacturing donde logramos obtener tiempos razonables con resultados positivos y eficientes para el proceso y para la empresa general.

Con las propuestas de mejora planteadas es posible simplificar los procesos que presentan cuello botella, logrando minimizar los errores atribuibles al factor humano, sé mejora la comunicación, el ambiente laboral evitando diferencias entre los miembros del proceso y la empresa. Para las mejoras específicas de cada una de las operaciones problemáticas se plantea la instalación de un taller de retrabajo, la implementación de un sistema de control y registro para reprocesos y el diseño de módulos de almacenamiento específicos. La gestión de información con plantillas digitales para el registro de paros de línea permite el acceso a la información en tiempo real, se destaca como una mejora clave para la toma de decisiones y la identificación rápida de problemas operativos.

El análisis detallado de los costos asociados a los paros de producción de la planta de pintura permite soportar la toma de decisiones basadas en alternativas como inversiones en herramientas, equipos y sistemas, con el objetivo de reducir significativamente estos costos y mejorar la eficiencia operativa, es importante presentar un cálculo de retorno de la inversión, demostrando la viabilidad económica de las propuestas. En este caso se demostró a la empresa que los tiempos estándar definidos para las estaciones de trabajo (15. Pulido de piezas, 17. Reprocesos de piezas defectuosas y 19. Almacenamiento de piezas terminadas) no correspondían a la realidad de la operación, de esto la importancia para que la empresa realice actualizaciones y revisiones periódicas de sus estándares. Para este estudio, fue necesario realizar una diagramación de los procesos para cada estación de

trabajo de la línea de pintura, permitiendo tener una mayor visualización del proceso y a detectar los puntos críticos a trabajar, logrando el mapeo de todas las etapas del flujo de la línea y de esta forma, completar toda la información necesaria para el progreso en el diseño y proporcionar las alternativas de mejora necesarias en los puntos críticos de la línea.

El proyecto aborda problemas específicos de la planta de pintura, proporcionando propuestas detalladas respaldadas por análisis económicos, Se destaca la importancia de mejorar la eficiencia operativa, reducir los tiempos perdidos y optimizar la gestión de información para impulsar el rendimiento general de la planta de pintura de Incolmotos Yamaha.

Es importante resaltar que este tipo de proyecto ha sido una pieza clave para la empresa, que motiva a seguir con los análisis y las propuestas de mejora en productividad que requieren un estudio profesional y acertado para sacar y mejorar sus procesos, su producción y sobre todo eliminar los problemas y sus causas.

## BIBLIOGRAFIA

- Acosta, M. (11 de Mayo de 2018). *eumed.net*. Obtenido de eumed.net:  
<https://www.eumed.net/rev/caribe/2018/05/recursos-restringidos-instituciones.html>
- Alvarado. (2020). *repositorio.ucv.edu.pe*. Obtenido de repositorio.ucv.edu.pe:  
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/57408>
- Berganzo. (7 de Noviemvre de 2016). *sistemasoe.com*. Obtenido de sistemasoe.com:  
<https://www.sistemasoe.com/implantar-5s/>
- Betancout. (4 de agosto de 2016). *ingenioempresa.com*. Obtenido de ingenioempresa.com:  
<https://www.ingenioempresa.com/grafico-de-control/>
- Casas, N. (2014). *Procesos y cadena de suministros*. Madrid: Décima edición . Person.
- CBOK, B. (19 de Febrero de 2020). *abpmp.org*. Obtenido de abpmp.org:  
[https://www.abpmp.org/page/guide\\_BPM\\_CBOK](https://www.abpmp.org/page/guide_BPM_CBOK)
- Chung, C. (2017). *Análisis de cuellos de botella para incrementar la tasa de procesamiento de mineral de una minera*. Universidad San Ignacio De Loyola.
- Cortez. (2015). *los metodos estadisticos*. Lima: novarua.
- creately. (26 de octubre de 2021). *creately.com*. Obtenido de creatively.com:  
<https://creately.com/es/usage/tormenta-de-ideas-plantillas-ejemplos/>
- Cueva. (2020). *Plan de mejora basado en gestión por procesos para desarrollar la productividad en la empresa Integración y Tecnología Global Protection S.A*. Universidad Politécnica Salesiana.

- Customer. (22 de febrero de 2022). *diagramadeishikawa.online*. Obtenido de diagramadeishikawa.online: <https://www.wowcx.com/que-es-un-diagrama-de-causa-y-efecto/>
- Dorbessan. (2000). *Herramientas de cambio*. Argentina: Universitaria de la U.T.N.
- Dynamics, L. (2011). *us process industries*. [https://www.leandynamics.us/process\\_industries](https://www.leandynamics.us/process_industries).
- Escalante. (2021). *Modelo de balance de linea para mejorar la productividad en una empresa de procesamiento de vidrio templado*. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Etecé, e. e. (5 de Agosto de 2021). *concepto.de*. Obtenido de concepto.de: <https://concepto.de/diagrama-de-flujo/>
- Gabriel. (12 de Diciembre de 2013). *emprendices.co*. Obtenido de emprendices.co: <https://www.emprendices.co/estrategia-de-las-5s-metodologia-mejorar-estacion-de-trabajo/>
- Garcia. (2005). *Ingeniería de métodos y medición del trabajo*. México: McGraw-Hill. Segunda edición.
- Gehisy. (8 de Mayo de 2017). *aprendiendocalidadyadr.com*. Obtenido de aprendiendocalidadyadr.com: <https://aprendiendocalidadyadr.com/diagrama-de-dispersion/>
- Gomez, A. (7 de julio de 2017). *asesordecabilidad.blogspot.com*. Obtenido de asesordecabilidad.blogspot.com: <http://asesordecabilidad.blogspot.com/2017/07/diagrama-de-estratificacion-herramienta.html#.ZEgB23ZByM8>
- González, D., & Idrovo, D. A. (2022). *Implementación de la metodología SMED y detección de cuellos de botella del proceso de reenvasado para la mejora de la productividad de una empresa comercializadora de productos agroindustriales*. Bachelor's thesis.



Gutiérrez. (2005). *Calidad total y productividad*. México: S.A. de C.V.

Gutiérrez. (2013). El histograma como un instrumento para la comprensión de las funciones de densidad de probabilidad. *Revista de didáctica de la estadística*. Obtenido de scholar.google.:

[https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as\\_sdt=0%2C5&q=histograma+de+frecuencias&oq=his](https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=histograma+de+frecuencias&oq=his)

Hernandez. (Diciembre de 2011). *monografias.com*. Obtenido de monografias.com:

<https://www.monografias.com/trabajos98/estratificacion-herramienta-control-calidad/estratificacion-herramienta-control-calidad>

Kanaway, G. (24 de marzo de 2004). *Balaceo de lineas*. México: 4 Edición. Obtenido de sites.upiicsa.ipn.mx/polilibros:

<http://www.sites.upiicsa.ipn.mx/polilibros/terminados/aspii/POLILIBRO/2%20PORTAL/PRACTICA%206/GENERALIDADES6.htm>

Lluga, J. (2020). *Estudio de tiempos en el área de dosificado de ingredientes para la empresa bioalimentar*. CIA. LTDA.

López. (26 de junio de 2019). *ingenieriaindustrialonline.com*. Obtenido de

[ingenieriaindustrialonline.com: https://www.ingenieriaindustrialonline.com/estudio-de-tiempos/herramientas-para-el-estudio-de-tiempos/](https://www.ingenieriaindustrialonline.com/estudio-de-tiempos/herramientas-para-el-estudio-de-tiempos/)

Lopez, B. (16 de junio de 2019). *ingenieriaindustrialonline.com*. Obtenido de

[ingenieriaindustrialonline.com:](https://www.ingenieriaindustrialonline.com/)

<https://www.ingenieriaindustrialonline.com/produccion/balaceo-de-linea/>

- López, B. S. (16 de junio de 2019). *ingenieriaindustrialonline*. Obtenido de *ingenieriaindustrialonline*:  
<https://www.ingenieriaindustrialonline.com/produccion/balanceo-de-linea/>
- Martinez. (2013). *ingeneriademethodos.com*. Obtenido de *ingeneriademethodos.com*:  
<https://www.ingeneriademethodos.com/>
- Ortiz. (1999). *Análisis y mejoramiento de los procesos de la empresa*. Bucaramanga: Publicaciones UIS.
- Parra, D. B. (16 de junio de 2020). *uv.mx/iiesca/files*. Obtenido de *uv.mx/iiesca/files*:  
<https://www.uv.mx/iiesca/files/2020/09/01CA2020-01.pdf>
- Pensa. (2020). *Herramientas basicas de la calidad*. Buenos Aires: atlasconsultora.
- Pensa, G. (9 de septiembre de 2020). *atlasconsultora.com*. Obtenido de *atlasconsultora.com*:  
<https://www.atlasconsultora.com/que-son-las-7-herramientas-basicas-de-la-calidad/>
- Pérez García, M. F. (2018). *Mejora de eficiencia en cuellos de botella de una línea de mecanizado*. Valencia: Universitat Politècnica de València.
- Ramajo, I. R. (2013). *Metodos estadisticos para ingenieros*. Madrid: lalibreria.upv.es/portalEd.
- Romero. (2021). *Determinación de los costos comprimidos en la producción y envasado de agua: caso empresa agua Purissima*. Digital Publisher.
- Ruiz, A. (2009). *Herramientas de calidad*. Madrid: Universidad pontificia.
- Sáez. (2016). Diagrama espina de pescado como herramienta didactica.  
<https://repositorio.uahurtado.cl/handle/11242/23938>.
- smartdraw. (2023). *smartdraw.com*. Obtenido de *smartdraw.com*:  
<https://www.smartdraw.com/flowchart/simbolos-de-diagramas-de-flujo.htm>
- Villaseñor. (2010). *Sistema 5s guía de implementación*. México.

yamaha. (s.f.). *incolmotos-yamaha.com.co*. Obtenido de [incolmotos-yamaha.com.co](https://www.incolmotos-yamaha.com.co/historia-de-yamaha-en-colombia/historia-incolmotos/):  
<https://www.incolmotos-yamaha.com.co/historia-de-yamaha-en-colombia/historia-incolmotos/>

yamaha, I. (4 de Diciembre de 2013). *portafolio.co*. Obtenido de [portafolio.co](https://www.portafolio.co/negocios/empresas/yamaha-anuncia-inversiones-planta-girardota-88110):  
<https://www.portafolio.co/negocios/empresas/yamaha-anuncia-inversiones-planta-girardota-88110>

yamaha, I. (s.f.). *incolmotos-yamaha*. Obtenido de [incolmotos-yamaha](https://www.moto125.cc/1479-f2r-incolmotos-yamaha/):  
<https://www.moto125.cc/1479-f2r-incolmotos-yamaha/>

Zheng. (2006). *Fork-join program response time on multiprocessors with exchangeable join*.  
Journal of Zhejiang University - SCIENCE A,.