

# **UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA**

## **INGENIERÍA INDUSTRIAL**

“PROPUESTA DE MEJORA EN EL DISEÑO DE UNO DE LOS CUARTOS DE PRODUCCIÓN PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LOS RECORRIDOS Y EL REACOMODO DE LOS PROCESOS, EN EMPRESA DE DISPOSTIVOS MÉDICOS EN EL III CUATRIMESTRE DEL AÑO 2022”

### **PROYECTO FINAL DE GRADUACIÓN PARA OPTAR POR EL BACHILLERATO EN LA CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

ESTUDIANTE:

JOSE ALEXANDER GONZALEZ HERNANDEZ.

TUTOR:

ING. MARCO CARTIN GAMBOA. MII

SAN JOSE OCTUBRE, 2022

# Tabla de contenidos

índice de figuras .....	6
Declaración Jurada.....	7
Carta de aprobación lector.....	8
Carta de aprobación tutor .....	9
Carta de aprobación filólogo .....	10
Carta autorización CENIT .....	11
Dedicatoria .....	12
Agradecimientos.....	13
Abreviaturas .....	14
CAPITULO I.....	16
INTRODUCCIÓN .....	16
1.1. Descripción del general del proyecto .....	17
1.1.1. Identificación de la empresa.....	17
1.1.2. Situación Actual. ....	18
1.1.3. Misión & Visión.....	18
1.2. Planteamiento del problema .....	18
1.2.1. La idea del problema .....	18
1.2.2. Definición de problema.....	20
1.2.3. Justificación.....	20
1.3. Objetivos del proyecto .....	21
1.3.1. Objetivo General .....	21
1.3.2. Objetivos Específicos .....	21
1.4. Alcances y limitaciones .....	21
1.4.1. Alcances .....	21
1.4.2. Limitaciones .....	21
CAPITULO II.....	23
MARCO TEÓRICO .....	23
2.1. Metodología DMAIC – Six Sigma.....	24
2.1.1. Fase I Definición .....	25

2.1.2.	Fase II Medición.....	25
2.1.3.	Fase III analizar.....	26
2.1.4.	Fase IV implementar .....	26
2.1.5.	Fase V de controlar .....	27
2.2.	Herramientas utilizadas.....	27
2.2.1.	Herramientas de distribución de planta .....	27
2.2.1.1.	Distribución por producto .....	28
2.2.1.2.	Diagramas de flujo .....	29
2.2.1.3.	Diagrama de Gantt.....	30
CAPITULO III.....		32
MARCO METODOLÓGICO .....		32
3.1.	Tipo de Investigación .....	33
3.1.1.	Enfoque de la investigación.....	34
3.2.	Fuentes de información.....	36
3.2.1.	Fuentes Primarias .....	36
3.2.2.	Fuentes Secundarias .....	36
3.3.	Técnicas y herramientas de recolección de información. ....	37
3.3.1.	Observación.....	37
3.3.2.	Revisión documental .....	38
3.3.3.	Toma de tiempos. ....	38
3.4.	Variables de investigación .....	39
3.5.	Diseño de la investigación .....	40
3.6.	Metodología para la implementación del proyecto. ....	41
3.6.1.	DMAIC .....	41
3.6.1.1.	Fase de Definir.....	41
3.6.1.2.	Fase de medir .....	42
3.6.1.3.	Fase de Análisis.....	42
3.6.1.4.	Fase de implementación .....	42
CAPITULO IV .....		43
ANALISIS DE CAUSA .....		43
4.1.	Descripción de la situación actual .....	44
4.2.	Análisis de procesos .....	45

4.3.	Análisis del diseño de la planta .....	45
4.3.1.	Línea #1 .....	51
4.3.1.1.	Faltante de estaciones de trabajo. ....	51
4.3.1.2.	Recorridos .....	52
4.3.1.3.	Equipos.....	54
4.3.2.	Línea #2 .....	56
4.3.2.1.	Línea necesita horno adicional.....	57
4.3.3.	Línea #4 .....	61
4.3.3.1.	Problemas de distribución de la línea de producción .....	61
4.3.3.2.	Recorridos .....	63
4.3.4.	Línea #7 .....	66
4.3.4.1.	Problemas Estación #1 y #2.....	67
4.3.4.2.	Distribución de la línea.....	67
4.3.4.3.	Estación empaque .....	69
4.3.5.	El recurso humano .....	70
CAPITULO V	.....	73
PROPUESTA	.....	73
5.1.	Estrategias para el rediseño del cuarto de producción .....	74
5.1.1.	Metas y estrategias.....	74
5.1.1.1.	Metas.....	74
5.1.1.2.	Estrategias.....	75
5.1.2.	Métricas.....	75
5.1.2.1.	Métricas recurso humano.....	75
5.1.2.1.1.	Eficiencia.....	76
5.1.2.1.2.	Productividad .....	76
5.1.2.1.3.	Tasa de efectos.....	77
5.1.3.	Planeación de la función del rediseño del cuarto .....	78
5.1.3.1.	Dirección de los procesos .....	79
5.2.	Escenarios de la nueva propuesta de distribución .....	79
5.2.1.	Estrategias para los cambios.....	79
5.2.1.1.	Planificación de movimiento de las líneas .....	79
5.2.1.2.	Shutdown .....	80

5.2.1.3.	Planificación Shutdowns .....	81
5.2.1.4.	Primer Semana Shutdown.....	82
5.2.1.5.	Segunda Semana Shutdown.....	82
5.2.1.6.	Planificación con el equipo de microbiología .....	83
5.2.2.	Puntos para considerar dentro de la propuesta .....	83
5.2.3.	Escenario 1 .....	90
5.2.4.	Costos escenario 1 .....	93
5.2.5.	Escenario 2 .....	94
5.2.6.	Costos escenario 2.....	96
CAPITULO VI .....		98
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....		98
5.3.	Conclusiones .....	99
5.4.	Recomendaciones .....	100
CAPITULO VII .....		101
APENDICES Y ANEXOS.....		101
6.1.	Apéndices .....	102
6.1.1.	Apéndice 1. Tabla de observaciones.....	102
6.1.2.	Apéndice 1.1. Tabla de observaciones.....	103
6.1.3.	Apéndice 2. Tabla de tiempos. ....	107
6.2.	Anexos.....	110
6.2.1.	Carta de aceptación tesina.....	110
6.2.2.	Convenio de la Empresa .....	111
7.	Bibliografía .....	116

## índice de figuras

Figura 1 Etapas de la metodología DMAIC Fuente: Back to Basics: Six Sigma   2018-01-01   Quality Magazine .....	24
Figura 2 Flujo de trabajo por medio de la distribución por producto .....	28
Figura 3 Diagrama de flujo línea productiva .....	29
Figura 4 Formas y Significado de los elementos para un diagrama de flujo. Fuente: IVE Consultores.....	30
Figura 5 Diagrama de Gantt, planificación de proyecto Elaboración propia (2022) .....	31
Figura 6 Enfoques de la investigación.....	35
Figura 7 Diseño antiguo del CER.....	47
Figura 8 Diseño de CER Actualizado .....	48
Figura 9 Espacios no utilizados o no productivos del CER.....	50
Figura 10 Diagrama de proceso dentro del procedimiento de la línea.....	51
Figura 11 Observaciones recorridos tabla 9.....	53
Figura 12 Recorrido Línea #1.....	53
Figura 13 Línea #2.....	57
Figura 14 Propuestas de ubicaciones horno.....	58
Figura 15 Estaciones tomadas por aumento de capacidad de la línea .....	60
Figura 16 Línea #4.....	62
Figura 17 Recorrido retrabajo Línea #4 .....	64
Figura 18 Gráfico de muestreo aleatorio simple Fuente: Elaboración Propia.....	65
Figura 19 Recorrido de la línea sin la estación de retrabajo.....	66
Figura 20 Recorrido Línea #7.....	68
Figura 21 Espacio Empaque .....	70
Figura 22 Metas de la propuesta de redistribución .....	74
Figura 23 Propuesta y Ubicación actual Línea 2, 5 y 6 .....	85
Figura 24 Propuesta y ubicación actual línea #7 .....	87
Figura 25 Propuesta línea #4.....	88
Figura 26 Escenario #1 .....	91
Figura 27 Diseño actual línea #1 .....	92
Figura 28 Propuesta línea #1 .....	93
Figura 29 Escenario #2 .....	95

## Declaración Jurada

### DECLARACIÓN JURADA

Yo Jose Alexander González Hernández, mayor de edad, portador de la cédula de identidad número 1-1619-0608 egresado de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Hispanoamericana, hago constar por medio de éste acto y debidamente apercibido y entendido de las penas y consecuencias con las que se castiga en el Código Penal el delito de perjurio, ante quienes se constituyen en el Tribunal Examinador de mi trabajo de tesis para optar por el título de Bachillerato en Ingeniería Industrial, juro solemnemente que mi trabajo de investigación titulado: Propuesta de mejora de diseño de uno de los cuartos de producción para la optimización de recorridos y el reacondicionado de los procesos en empresa de dispositivos médicos en el tercer cuatrimestre del 2022, es una obra original que ha respetado todo lo preceptuado por las Leyes Penales, así como la Ley de Derecho de Autor y Derecho Conexos número 6683 del 14 de octubre de 1982 y sus reformas, publicada en la Gaceta número 226 del 25 de noviembre de 1982; incluyendo el numeral 70 de dicha ley que advierte; artículo 70. Es permitido citar a un autor, transcribiendo los pasajes pertinentes siempre que éstos no sean tantos y seguidos, que puedan considerarse como una producción simulada y sustancial, que redunde en perjuicio del autor de la obra original. Asimismo, quedo advertido que la Universidad se reserva el derecho de protocolizar este documento ante Notario Público. en fe de lo anterior, firmo en la ciudad de San José, a los diez días del mes de mayo del año dos mil veintitrés.

JOSE  
ALEXANDER  
GONZALEZ  
HERNANDEZ  
(FIRMA)

Firmado digitalmente por  
JOSE ALEXANDER  
GONZALEZ  
HERNANDEZ (FIRMA)  
Fecha: 2023.05.10  
22:05:12 -06'00'

Firma del estudiante

Cédula: 1-1619-0608

## Carta de aprobación lector

San José, 10 de mayo de 2023

Señores  
Departamento de Registro  
Universidad Hispanoamericana

Estimados señores:

En calidad de lector del proyecto de graduación presentado por la estudiante **JOSE ALEXANDER GONZALEZ HERNANDEZ**, titulado "**PROPUESTA DE MEJORA EN EL DISEÑO DE UNO DE LOS CUARTOS DE PRODUCCIÓN PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LOS RECORRIDOS Y EL REACOMODO DE LOS PROCESOS, EN EMPRESA DE DISPOSITIVOS MÉDICOS EN EL III CUATRIMESTRE DEL AÑO 2022**" para optar por el grado de Bachillerato en Ingeniería Industrial, he verificado que se han hecho las correcciones indicadas durante el proceso y he evaluado aspectos relativos a la elaboración del problema, objetivos, justificación; antecedentes, marco teórico, marco metodológico, tabulación, análisis de datos; conclusiones y recomendaciones.

Es por esta razón que considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser trasladado al proceso de revisión por el filólogo.

Atentamente,

**NAHUM  
MONTIEL  
SALAS**



Digitally signed by  
NAHUM MONTIEL  
SALAS  
Date: 2023.05.10  
13:42:44 -06'00'

**MBA. Nahum Montiel Salas**

Cédula: 3-0398-0713

## Carta de aprobación tutor

### CARTA DEL TUTOR

Heredia, 29 de Marzo de 2023

**Destinatario**  
**Departamento de Registro**  
**Universidad Hispanoamericana**

Estimados señores:

El estudiante José Alexander González Hernández, me ha presentado, para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado: PROPUESTA DE MEJORA EN EL DISEÑO DE UNO DE LOS CUARTOS DE PRODUCCIÓN PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LOS RECORRIDOS Y EL REACOMODO DE LOS PROCESOS, EN EMPRESA DE DISPOSITIVOS MÉDICOS EN EL III CUATRIMESTRE DEL AÑO 2022, el cual ha elaborado para optar por el grado académico de Bachillerato.

En mi calidad de tutor, he verificado que se han hecho las correcciones indicadas durante el proceso de tutoría y he evaluado los aspectos relativos a la elaboración del problema, objetivos, justificación; antecedentes, marco teórico, marco metodológico, tabulación, análisis de datos; conclusiones y recomendaciones.

De los resultados obtenidos por el postulante, se obtiene la siguiente calificación:

a)	ORIGINAL DEL TEMA	10%	10%
b)	CUMPLIMIENTO DE ENTREGA DE AVANCES	20%	15%
C)	COHERENCIA ENTRE LOS OBJETIVOS, LOS INSTRUMENTOS APLICADOS Y LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACION	30%	20%
d)	RELEVANCIA DE LAS CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	20%	20%
e)	CALIDAD, DETALLE DEL MARCO TEORICO	20%	20%
	TOTAL		85%

En virtud de la calificación obtenida, se avala el traslado al proceso de lectura.

Atentamente,

MARCO CARTIN Firmado digitalmente por MARCO  
CARTIN GAMBOA (FIRMA)  
 GAMBOA (FIRMA) Fecha: 2023.03.29 09:44:19 -05'00'

*Ing. Marco Cartin Gamboa. MII*  
*Cédula identidad: 110610393*  
*Carné Colegio Profesional: II-15546*

## **Carta de aprobación filólogo**

## Carta autorización CENIT

**UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA  
CENTRO DE INFORMACION TECNOLOGICO (CENIT)  
CARTA DE AUTORIZACIÓN DE LOS AUTORES PARA LA CONSULTA, LA  
REPRODUCCION PARCIAL O TOTAL Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA  
DE LOS TRABAJOS FINALES DE GRADUACION**

San José, 10 de mayo de 2023

Señores:  
Universidad Hispanoamericana  
Centro de Información Tecnológico (CENIT)

Estimados Señores:

El suscrito (a) **Jose Alexander González Hernández** con número de identificación **1-1619-0608** autor (a) del trabajo de graduación titulado **Propuesta de mejora en el diseño de uno de los cuartos de producción para la optimización de los recorridos y el reacomodo de los procesos en empresa de dispositivos médicos en el tercer cuatrimestre del dos mil veintidós** presentado y aprobado en el año **2023** como requisito para optar por el título de **Bachillerato en Ingeniería Industrial**; (SI) autorizo al Centro de Información Tecnológico (CENIT) para que con fines académicos, muestre a la comunidad universitaria la producción intelectual contenida en este documento.

De conformidad con lo establecido en la Ley sobre Derechos de Autor y Derechos Conexos N° 6683, Asamblea Legislativa de la República de Costa Rica.

Cordialmente,

JOSE ALEXANDER  
GONZALEZ  
HERNANDEZ  
(FIRMA)



Firmado digitalmente por  
JOSE ALEXANDER GONZALEZ  
HERNANDEZ (FIRMA)  
Fecha: 2023.05.10 23:08:03  
-06'00'

Firma y Documento de Identidad

## **Dedicatoria**

### **A mi familia**

Una dedicatoria especial a mi padre, que logro verme concluir mis estudios y mi etapa en la universidad, y a pesar de que hoy ya no está con nosotros en vida, en cualquier lugar donde se encuentre sé que estará orgulloso de lo que logre, y que con gran amor y orgullo le dedico este logro; el estudio fue la mejor herencia que me dejó.

A mi madre y mis hermanos, que junto a mi padre fueron un pilar fundamental durante toda mi carrera, gracias al apoyo y consejo de ellos, concluyo una etapa importante de mi vida, sin ellos no lo hubiera logrado. A mis tíos que siempre estuvieron brindando su apoyo, durante estos años de estudio estuvieron pendiente de mí y que hoy también están orgullosos de ver los resultados de mis días de sacrificio.

### **A mi pareja**

Por apoyarme, aún en los momentos más difíciles y frustrantes estuvo ahí siendo un gran pilar para seguir en la lucha y continuar, gracias por las ayudas brindadas, y por estar al pendiente de mí, que en la etapa final de mi carrera juntos hicimos un sacrificio en la para lograr cumplir un sueño, sin ella no lo hubiera logrado.

## **Agradecimientos**

A todos los profesores que me enseñaron, tanto con conocimientos básicos, así como sus experiencias profesionales para poder desarrollar mis habilidades en lo que tanto me apasiona.

Gracias a mi tutor Marco Cartín por la dedicación, y el tiempo invertido para que yo pudiera lograr culminar esta tesina, que es un logro importante en mi vida, también le agradezco la forma en que me trato y estuvo al pendiente de todo mi trabajo, eso sobre destaca lo gran profesional que es.

## **Abreviaturas**

CER = Cuarto de ambiente controlado.

SCRAP = Material desechado.

## **Resumen Ejecutivo**

Este proyecto se enfoca en mejorar la eficiencia de uno de los cuartos de producción de una empresa de dispositivos médicos ubicada en la zona franca Flexipark en San Rafael de Alajuela. En los últimos meses, esta área ha experimentado un crecimiento, lo que ha generado la necesidad de mejorar los recorridos y reacomodar los procesos para maximizar el tiempo de trabajo.

El objetivo principal de este proyecto es desarrollar una propuesta que mejore el diseño de uno de los cuartos de producción para optimizar los recorridos y maximizar el tiempo de trabajo. La empresa no cuenta con una propuesta previa que aborde esta problemática, por lo que se realizará un estudio a detalle para presentar una guía clara y estructurada de lo que se quiere desarrollar.

Para llevar a cabo este proyecto, se involucrará al personal encargado del cuarto limpio y se trabajará en etapas con el supervisor de producción a cargo, los ingenieros de calidad y manufactura, y los líderes del área. Se tomarán en cuenta sus propuestas e ideas para mejorar el área de trabajo de los operarios.

La relevancia de este proyecto radica en que permitirá mejorar la eficiencia del área de producción, aumentar la capacidad de producción y reducir costos operativos. Además, el estudio presentado será un valioso recurso para futuras mejoras en otros cuartos de producción.

En conclusión, este proyecto es relevante tanto para la empresa como para la industria en general, ya que busca mejorar la eficiencia de un área de producción en constante crecimiento. Los resultados obtenidos servirán como un recurso valioso para la empresa y para futuros proyectos que busquen mejorar la eficiencia en otros cuartos de producción.

# **CAPITULO I**

# **INTRODUCCIÓN**

## **1.1. Descripción del general del proyecto**

El presente proyecto se realizará en la compañía, específicamente en uno de los cuartos de ambiente controlado ubicado en el edificio G6 en la Zona Franca Flexipark.

El proyecto consiste en desarrollar una propuesta que mejore en el diseño de uno de los cuartos de producción para la mejora de los recorridos y el reacomodo de los procesos, y así maximizar el tiempo de trabajo ya que esta área está afrentándose a un crecimiento en sus últimos meses.

La empresa no cuenta en su histórico de documentos, una propuesta que involucre la mejora de uno de los cuartos de producción, por lo que el desarrollo de este proyecto será el primero en realizar un estudio a detalle, y así poder realizar como principal objetivo la mejora de los recorridos de las líneas de producción, mostrando así a base de una investigación realizada, una guía clara y estructurada de lo que se quiere desarrollar.

Durante el desarrollo del proyecto se involucrará al personal encargado del **CER**, en primera línea se trabajará con el supervisor de producción a cargo, donde se realiza un diagrama Gantt, con la planificación respectiva del proyecto, desarrollando por etapas el mismo.

En segunda línea se trabajará con los ingenieros de calidad y manufactura a cargo de las líneas, al mismo tiempo que se realiza la parte investigativa del estudio, así como se trabajará con los líderes del área, las propuestas, tomando en cuenta ideas, que ayuden a mejorar el área de trabajo de los operarios, y facilitar la forma de trabajar.

### **1.1.1. Identificación de la empresa**

La empresa se encuentra ubicada en San Rafael de Alajuela, anteriormente conocida como Creganna Medical. En el año 2016, la empresa fue adquirida por Connect, según lo menciona su sitio web oficial. , Actualmente, la empresa se dedica a la manufactura de diferentes tipos de dispositivos médicos, tanto para nivel cardiovascular, como para la parte neurológica.

### **1.1.2. Situación Actual.**

La empresa actualmente se dedica a la manufactura de sub-ensambles, para otras empresas que también producen diversos tipos de dispositivos médicos. Su tarea principal es cumplir con los estándares de calidad, requeridos, de manera que las empresas asociadas puedan finalizar la fabricación del resto del sub-ensamble sin problemas.

La empresa cuenta con instalaciones ubicadas dentro de la zona franca Flexipark, en San Rafael de Alajuela y la zona franca metropolitana en Heredia. Actualmente se estima que en las instalaciones de Alajuela cuenta con cerca de 350 empleados y se espera que crezca en un rango de 50 a 100 empleados en áreas administrativas, operaciones, mantenimiento y bodega (Gerencia general – Departamento de recursos humanos, comunicación personal, 17 de agosto de 2022).

### **1.1.3. Misión & Visión**

Misión: Crear un producto sostenible, seguro y más conectado hacia el futuro

Visión: Deber mantener el enfoque en brindar un desempeño financiero sólido, crecer más rápido que el mercado y brindar una experiencia de cliente extraordinaria para ayudarnos a lograr nuestra visión estratégica; entre sus valores se encuentran integridad, trabajo en equipo, responsabilidad e innovación.

## **1.2. Planteamiento del problema**

### **1.2.1. La idea del problema**

Cuando la empresa adquirió Creganna Medical, ya tenían líneas de producción establecidas en el cuarto que fue estudiado. Sin embargo, al introducir nuevas líneas estas fueron colocadas en espacios disponibles dentro del **CER**, lo que resultó en una mala distribución del espacio de trabajo. Como resultado algunas líneas de producción tienen recorridos que son hasta un 90% más largos, lo que ha tenido un impacto negativo de hasta de \$100 por unidad debido a la mala distribución de las estaciones. Esto ha causado retrasos en el flujo hasta 10min por unidad, lo que ha afectado las metas diarias de producción que van desde 200 a 300 unidades diarias.

Además, dos de las estaciones de trabajo que funcionan simultáneamente y están conectadas de forma paralela a un mismo **polo**, lo que provoca que la segunda mesa de trabajo produzca 36% menos que la primera. Esto significa que se pierde un beneficio de hasta \$1000 dólares por unidad no producida en un lo que dificulta cumplir con las metas diarias o semanales de producción , que pueden ser de entre 150 a 200 piezas para exportación. Para lograrlo, se deben modificar los parámetros de las máquinas, lo que puede generar hasta un 10% de **scrap** o materia prima desechada de la producción diaria. Esto afecta la parte económica ya que el costo de la materia prima puede llegar a ser de hasta \$150 la unidad.

Debido al mal acomodo, el 50% del espacio no utilizado no está siendo utilizado de manera eficiente, lo que representa pérdida de oportunidad de inversión de alrededor de \$300.000, según la información brindada por el gerente de producción a cargo.

Otra problemática encontrada se refiere a una de las líneas de producción a la que vamos a llamar "Línea #2", que se encuentran dentro del cuarto de producción. Cuando esta línea experimenta un aumento de su capacidad, necesitan utilizar hasta el 50% de su espacio actual, lo que genera la necesidad de buscar una solución para poder solventar el problema y no afectar la planificación de la línea "Línea #1". En el caso de que la "Línea #2" supere su máxima capacidad, genera un alto porcentaje de ingresos para la empresa, que llega a ser hasta \$8000 por lote de exportación. Sin embargo, esto afecta la planificación de la línea "Línea #1", que se ve afectada cerca durante de 2 meses, sin poder correr la producción, ya que debe facilitar estaciones de trabajo, para lograr cumplir con las metas de producción, lo que afecta hasta \$14.500 de ingresos mensuales, según lo suministrado por el gerente de producción del cuarto.

Por otra parte, la generación de materia prima desechada afecta de manera importante a nivel económico, ya que, según el costo del material de trabajo, si fuera un porcentaje importante de "scrap", puede llegar a ser de hasta \$1000 diarios. Esto se puede evitar, generando las distribuciones correctas, ya que el material puede ser descartado por un simple roce en cualquier punto de su recorrido, ya que, al ser materiales sumamente delicados, cualquier partícula fuera de los parámetros, se cuenta como contaminación del producto.

### **1.2.2. Definición de problema**

El problema se define como la falta de una organización adecuada en la distribución actual distribución actual que genera dificultades en la conexión y utilización de equipos dentro del cuarto. Esto provoca múltiples recorridos entre las distintas líneas, y el poco espacio disponible impide que los mismos líderes y supervisores puedan estar al tanto de todas las líneas de producción.

La mala distribución ocasiona que una de las líneas se encuentre mal acomodada, resulta que ocupe más espacio del que necesita y genere muchos recorridos innecesarios. Esto se pueden evitar, atacando el problema y generando una mejor distribución dentro de la planta que ayude a mejorar el flujo del trabajo.

### **1.2.3. Justificación**

El proyecto se da a razón de que a nivel de las diferentes gerencias observó y concluyó que el mal acomodo estaría generando muchas problemáticas por el espacio reducido en el que se encuentra actualmente. Por lo tanto, la mejora dentro del cuarto y un reordenamiento adecuado podría generar un impacto positivo de inversión al generar espacios que podrían atraer una nueva línea de producción. Además, si se logrará obtener un espacio libre de 50m<sup>2</sup> beneficiaría positivamente, por el costo de m<sup>2</sup> dentro del cuarto, que redonda los \$2500 según los datos otorgados por el gerente de producción.

Por su parte, los problemas de scrap que generan pérdidas de hasta \$1000 dólares diarios debido a una mala distribución y conexión de equipos, se puede erradicar y mejorar. Esto tendrá un impacto positivo y significativo en la calidad del producto y se buscará disminuir la pérdida a \$250 mensuales.

Además, la inversión en la mejora y reorganización de la distribución de los equipos reduciría los costos asociados con la reconfiguración y recalibración de los equipos, que se realizan a través de proveedores externos. El costo de cada equipo puede llegar hasta \$4000, por lo que la implementación del proyecto apunta a minimizar el impacto, en validaciones, calibraciones y movimiento de equipo, lo que se puede ahorrar hasta \$15000 de la inversión total.

### **1.3. Objetivos del proyecto**

#### **1.3.1. Objetivo General**

Desarrollar una propuesta de mejora en el diseño de uno de los cuartos de producción, por medio de herramientas de distribución, que genere un impacto positivo a nivel económico y la reducción del desperdicio de manera significativa.

#### **1.3.2. Objetivos Específicos**

- Analizar los diferentes procesos de producción para identificar una mejor distribución que ayude a mejorar el recorrido de las líneas de producción.
- Diseñar una propuesta que se adecue a las necesidades encontradas durante el desarrollo del proyecto.
- Análisis costo beneficio, para la viabilidad de la propuesta.

### **1.4. Alcances y limitaciones**

#### **1.4.1. Alcances**

La propuesta de mejora del cuarto de producción abarca todas las líneas de producción dentro del mismo. Actualmente el flujo de producción se ve afectado por la mala distribución de los equipos e instalaciones. Al adecuarlas de forma correcta, se puede trabajar de manera fluida, mejorando los espacios de trabajo de cada una de las líneas y dejando espacio libre donde pueda implementar una nueva línea de trabajo sin problema.

El desarrollo de la propuesta se llevará a cabo en el tercer cuatrimestre del año 2022, lo que nos permite realizar los estudios necesarios para garantizar que el impacto económico al momento de la implementación sea mínimo y se llegue a realizar una propuesta viable.

#### **1.4.2. Limitaciones**

- Muchos de los equipos necesitan un alto costo de calibración en caso generar los movimientos por lo que va a depender de cuánto puede generar el rediseño para que sea viable.
- Al ser líneas que se producen para otras empresas, se debe presentar la propuesta para conseguir la aprobación del cliente para desarrollar el cambio.

- Al estar en constante producción se debe buscar un tiempo donde, realizar todos los cambios y diseños necesarios no vayan a afectar a las líneas.
- La mayoría de los equipos que se necesita mover necesitan realizar las validaciones respectivas, por lo que puede llevarse su tiempo la aprobación de los diferentes equipos.

# **CAPITULO II**

## **MARCO TEÓRICO**

En este capítulo se abordarán algunos temas importantes relacionados con el plan de acción y la metodología utilizada. En particular, se definirá el uso del DMAIC y las herramientas de distribución para el desarrollo del proyecto. Estas herramientas son de fácil de implementar y permiten trabajar de manera más estructurada y organizada, lo que ayuda a tener un enfoque más claro de lo que se está desarrollando y comprender mejor la situación actual de la empresa.

## 2.1. Metodología DMAIC – Six Sigma

Six Sigma, según López (2011), Es un enfoque revolucionario de gestión que mide y mejora la calidad. Ha llegado a ser un método de referencia para , al mismo tiempo, satisfacer las necesidades de los clientes y lograrlo con niveles próximos a la perfección. Pero ¿A que nos referimos cuando hablamos de utilizar Six Sigma como metodología?

Six Sigma es un método de gestión de calidad combinado con herramientas estadísticas cuyo propósito es mejorar el nivel de desempeño de un proceso mediante decisiones acertadas, logrando de esta manera que la organización comprenda las necesidades de sus clientes. (Six Sigma métodos estadísticos y sus aplicaciones).

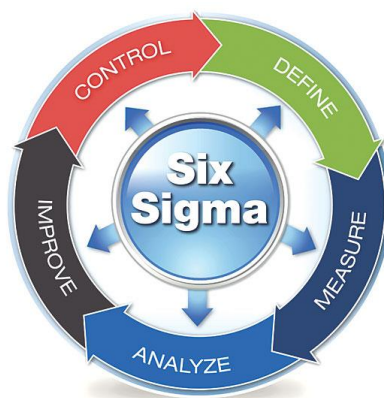


Figura 1 Etapas de la metodología DMAIC

Fuente: Back to Basics: Six Sigma | 2018-01-01 | Quality Magazine

Para comenzar a utilizar la metodología también conocida como DMAIC por sus diferentes etapas como se muestra en la figura 1, se deben realizar diferentes análisis que nos ayuden a tener una idea clara sobre el problema que será el enfoque principal de la propuesta del proyecto. En este proceso también se evaluará la viabilidad del

proyecto, creando así una propuesta válida y concreta, respaldada con los estudios realizados.

### **2.1.1. Fase I Definición**

En esta etapa se aplican los siguientes pasos para implementar la filosofía en gestión. (Six Sigma métodos estadísticos y sus aplicaciones).

1. A través de un diagnóstico preliminar, la organización debe conocer e identificar las áreas susceptibles de mejora, definir las metas, objetivos y alcance del proyecto.
2. Es importante evaluar la percepción tanto de los clientes, tanto activos como potenciales, para poder dar una respuesta acorde con sus necesidades y expectativas es aspectos como a la fiabilidad del producto, impacto ambiental, disponibilidad, tiempo de entrega, costo y seguridad. Comprender estas necesidades y expectativas es clave para el éxito de una organización.
3. Basado en el análisis del diagnóstico, se seleccionan los proyectos potenciales y se estima el ahorro y el tiempo de implementación razonable que cada uno generaría.
4. La caracterización de los procesos es de suma importancia para comprenderlos. Caracterizar el proceso radica en comprender cada una de las fases o de las actividades que lo conforman, ya que de ello depende el grado de confiabilidad del análisis para la toma de decisiones.
5. Selección del Líder y el equipo del Proyecto.

### **2.1.2. Fase II Medición**

La etapa de medir según León & Ferreiro (2020) se enfoca en medir las variables críticas de la calidad (CTQ), identificadas en la etapa anterior. Esto nos permite obtener que nos ayuden a entender el comportamiento y desempeño del proceso bajo estudio.

Entonces la medición nos ayuda a dar una visión más concreta del problema; pero en esta etapa no solo importan los valores, sino también cuales son las situaciones que se presentan en el proceso que dan como resultado la cifra obtenida durante la etapa, “ al medir nos enteramos de los detalles de su funcionamiento, las decisiones que se toman, los obstáculos que se presentan, los cuellos de botellas que existen, etc. Toda información relevante que será utilizada en la etapa siguiente” León & Ferreiro (2020)

### **2.1.3. Fase III analizar**

Durante esta etapa se deben examinar los datos que se han observado con el fin de identificar y confirmar cuales son las posibles causas raíz del problema. Es decir, la etapa de análisis nos permite entender cómo se generan las(s) falla(s) hasta llegar hasta sus causas más profundas o raíces, confirmadas con datos.

Esta etapa del six sigma es clave, ya que las fases siguientes suelen ser costosas y generan mucho trabajo. Sería lamentable desperdiciar recursos (no solo económicos) en un proyecto que no arroja los resultados esperados.

Además, la correcta identificación de lo que efectivamente debemos mejorar es clave en un proyecto de mejoramiento de procesos.

### **2.1.4. Fase IV implementar**

El propósito de la etapa Mejorar es planificar e implementar soluciones que aborden las causas raíz identificadas en la etapa Analizar, buscando asegurar que estemos eliminando, corrigiendo o mitigando el problema que dio origen al proyecto.

En esta fase también es relevante realizar un análisis de los riesgos que implican las soluciones propuestas, no solo en términos de la probabilidad de éxito, sino también en relación con posibles efectos colaterales que podrían surgir y los obstáculos que se podrían presentar durante su desarrollo.

La ejecución de las actividades de mejora requiere de una cuidadosa planificación, lo que implica:

1. Establecer las actividades a ejecutar y su secuencia en el tiempo (fecha de inicio y término)
2. Encargados de las diferentes actividades
3. Recursos necesarios que utilizar
4. Cualquier otra información que apoye la ejecución del proyecto

Con esta información, podemos realizar un seguimiento de los avances del plan de mejora y tomar medidas correctivas en caso de que sea necesario modificar o adaptar lo

propuesto de acuerdo con las observaciones y conclusiones, durante el avance de nuestro proyecto.

### **2.1.5. Fase V de controlar**

El último paso de la metodología DMAIC puede ayudarte a verificar y sostener el éxito de tus soluciones para el futuro. En la fase Controlar, tu equipo debe crear un plan de supervisión y control para reevaluar continuamente los impactos de los cambios de proceso implementados. Al mismo tiempo, debes crear un plan de respuesta para actuar en caso de que el rendimiento comience a disminuir de nuevo y aparezca un nuevo problema. Poder volver a mirar cómo se realizaron las mejoras y qué soluciones se diseñaron puede ser un recurso invaluable. En estos momentos, es fundamental tener la documentación adecuada y el control de versiones en el proceso de mejora.

## **2.2. Herramientas utilizadas**

En esta sección se describen las herramientas que se utilizaron para lograr una mejor respuesta en el desarrollo del proyecto de graduación. Se utilizaron diversas herramientas, desde aquellas que permiten el desarrollo de la distribución de planta correcta, hasta los diagramas que sirvieron como guía para enfocar con mayor claridad la mejora a implementar, sin afectar las líneas de producción existentes.

### **2.2.1. Herramientas de distribución de planta**

Las herramientas de distribución de planta nos sirven como base para poder realizar de forma clara y ordenada la propuesta de mejora del cuarto limpio. Según el tipo de característica que queramos ver en la nueva propuesta, estas herramientas nos ayudarán a tener una idea más clara de cómo acomodar las líneas de producción de acuerdo con las necesidades del personal facilitando el flujo del trabajo.

Richard Muther, en su obra “Distribución en Planta” la define como: “ El proceso de ordenación física de los elementos industriales de modo que constituyan un sistema productivo capaz de alcanzar los objetivos fijados de la forma más adecuada y eficiente posible. Esta ordenación ya practicada o en proyecto, incluye tanto los espacios necesarios para el movimiento del material, almacenamiento, trabajadores indirectos y todas las otras actividades o servicios, como el equipo de trabajo y el personal de taller.”

### 2.2.1.1. Distribución por producto

La distribución por producto es la herramienta que utilizaremos para poder realizar el reordenamiento del cuarto limpio. Este tipo de distribución tiene un enfoque secuencial por lo que su objetivo principal es tener todas las estaciones de trabajo en un orden acorde al proceso de producción del producto. El trabajo debe ser de manera fluida y lo más cercana posible de una estación a otra para, poder trabajar con el mínimo de interrupciones y extensos recorridos.

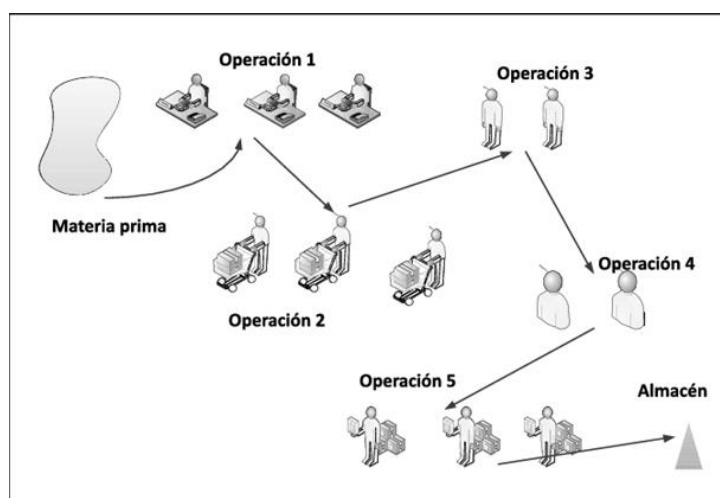


Figura 2 Flujo de trabajo por medio de la distribución por producto

Tabla 1 Características de la distribución por producto

Características	
<b>Producto</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Estandarizado</li> <li>✓ Alto volumen de producción</li> <li>✓ Tasa de producción constante</li> </ul>
<b>Flujo de trabajo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Línea continua o cadena de producción</li> <li>✓ Se sigue la misma secuencia de operaciones</li> </ul>
<b>Mano de obra</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Altamente especializada y poco cualificada</li> <li>✓ Capaz de realizar tareas rutinarias y repetitivas</li> </ul>
<b>Personal staff</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Numeroso personal auxiliar en supervisión, control y mantenimiento</li> </ul>
<b>Manejo de materiales</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Previsible, sistematizado y, a menudo, automatizado</li> </ul>
<b>Inventarios</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Alto inventario de productos terminados.</li> </ul>

Características	
	✓ Alta rotación de inventarios de materias primas.
<b>Utilización de espacios</b>	✓ Eficiente: Elevada salida por unidad de superficie
<b>Necesidad de capital</b>	✓ Elevada inversión en procesos y equipos altamente especializados
<b>Coste del producto</b>	✓ Costes fijos relativamente altos ✓ Bajo coste unitario por mano de obra y materiales

Fuente: Libro Distribución en planta, cálculos y ubicación de máquinas - Richard Muther.

### 2.2.1.2. Diagramas de flujo

Los diagramas de flujo, son una herramienta útil para entender el procedimiento de un trabajo paso por paso y el tipo de decisiones que se realizan en la línea de producción. Existen diferentes tipos de diagramas, que se utilizará según la facilidad del usuario para su interpretación o explicación de lo que se está realizando.

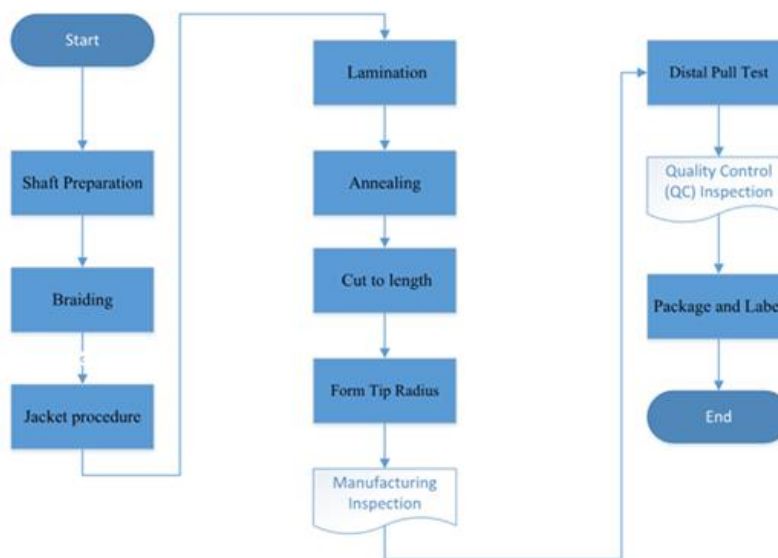


Figura 3 Diagrama de flujo línea productiva

Como se ve en la figura anterior, el diagrama de flujo posee diferentes formas y cada una cuenta con un significado diferente, para darle un mejor entendimiento al proceso durante la producción. Se puede tomar como una forma resumida del procedimiento escrito desarrollado para el operador. En la siguiente figura se mostrarán, las diferentes

figuras que se pueden utilizar para el desarrollo de un diagrama de flujo y su respectivo significado.










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 óvalo 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.

Figura 4 Formas y Significado de los elementos para un diagrama de flujo.

Fuente: IVE Consultores.

### 2.2.1.3. Diagrama de Gantt

Según Vega (2017), los gráficos de Gantt son una de las herramientas de gestión más antiguas que aún están en uso. Fueron inventadas por un americano llamado Henry Gantt en 1910. Es sorprendente que, en más de 100 años nadie haya encontrado algo mejor. Esto hace pensar que simplemente no hay nada mejor.

El gráfico de Gantt nos ayuda a tener una planificación y un orden para el desarrollo del proyecto, paso por paso según la complejidad de la tarea que se vaya a realizar y su duración. Esto nos dará una claridad sobre cuanto se llevará la planificación e implementación del proyecto en días, semanas o años.

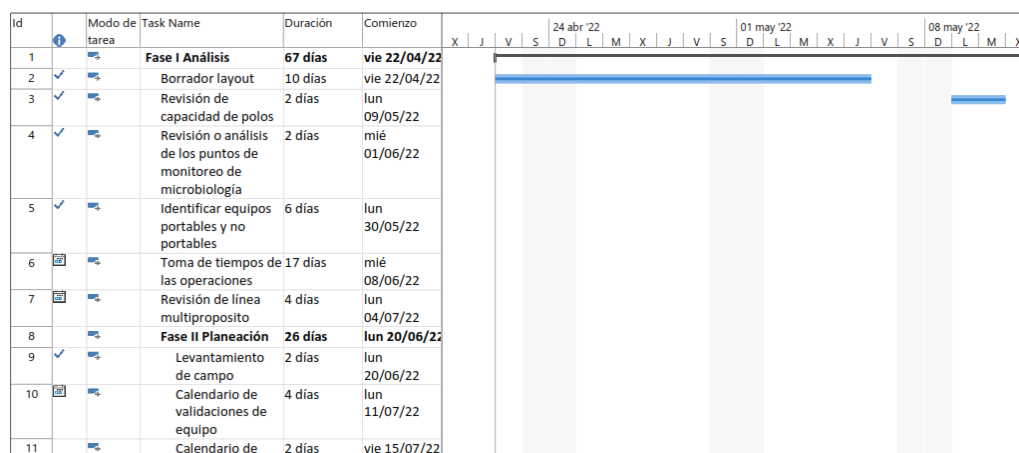


Figura 5 Diagrama de Gantt, planificación de proyecto  
Elaboración propia (2022)

# **CAPITULO III**

# **MARCO METODOLÓGICO**

En este capítulo se desarrollará y explicará la estructura de trabajo que se llevará a cabo para lograr los objetivos propuesto en el primer capítulo de este documento. En relación con lo mencionado anteriormente, se analizaron los datos obtenidos con el objetivo de conocer la situación actual de la empresa en estudio. Posteriormente, se realizará una propuesta a las gerencias de producción, calidad y proyectos con el fin de obtener ideas más claras que permitan fortalecer el camino correcto del proyecto.

(Tamayo y Tamayo, 2012, pág. 37) definen al marco metodológico como “Un proceso que, mediante el método científico, procura obtener información relevante para entender, verificar, corregir o aplicar el conocimiento”, dicho conocimiento se adquiere para relacionarlo con las hipótesis presentadas ante los problemas planteados.

### **3.1. Tipo de Investigación**

Como paso inicial, debemos de definir el tipo de investigación que se va a desarrollar en el proyecto final de graduación, en el área de trabajo donde se realizó la propuesta. Por ello, existen varios tipos de investigación que se pueden aplicar. Según (Riquelme, 2020) se pueden encontrar varios tipos de investigación en función al caso de estudio, en los que se encuentran:

- **Investigación pura:** Cuya función principal es generar conocimientos y teorías, en la cual se incrementa el conocimiento teórico que ya existe, en lo que cabe resaltar que los conocimientos no se obtienen de manera inmediata. Este tipo de investigación se centra en leyes o teorías que fundamentan la existencia de estudios realizados, a su vez es de contexto teórico, fundamental o básico.
- **Investigación aplicada:** Este tipo de investigación depende de los aportes que la investigación desarrollada brinde y se basa en la resolución de problemas o falencias existentes para elevar la calidad de vida de la comunidad, lo que a su vez busca la utilidad de los estudios y no solo la veracidad de los estudios. Se debe de tomar en cuenta que esta investigación es de contexto empírico.
- **Investigación de campo:** Es aquella en la que se obtienen conocimientos reales del entorno o de los objetos de estudio para establecer un criterio que

permita aplicar los conocimientos con métodos prácticos y encontrar soluciones a la problemática encontrada. El tipo de criterio que se toma en cuenta es el lugar y la forma en que se obtiene la información necesaria, lo cual se realiza en el propio lugar y tiempo en que ocurren las acciones de estudio.

- **Investigación documental:** Para desarrollar este tipo de investigación el estudio se basa en la consulta de documentos como libros, memorias, revistas, periódicos, registros, entre otros; esto con el fin de conocer la realidad actual de la sociedad o el ámbito a estudiar.

Basado en lo anterior, el tipo de investigación en el que se desarrolla este proyecto es una investigación de campo, ya que el desarrollo de la investigación y la propuesta se dará mediante métodos prácticos, desde donde la problemática está situada, y así generar una solución para que las situaciones detectadas puedan ser corregidas y facilitar los procesos que se encuentran dentro del cuarto de producción. Como punto principal la propuesta se desarrollará con los puntos obtenidos en el transcurso de la investigación.

### **3.1.1. Enfoque de la investigación**

Para toda investigación se debe poseer un enfoque para saber cómo elaborar y desarrollar la misma, por eso se toma como segundo paso del proyecto final de graduación explicar cuál va a ser el enfoque de este. Existen tres tipos de investigación: cualitativa, cuantitativa y mixta. (Yanez, 2019) define el enfoque cuantitativo como la manera de recolectar datos que deben de ser comprobados de manera sistemática por medio de hipótesis definidas, por medio del análisis de datos que son interpretados de una forma subjetiva, pero de ordenada de manera lógica y fundamentada.

El enfoque cuantitativo en el segundo, (Yanez, 2019) lo toma como el análisis de cantidades o dimensiones; este se trata de (Yanez, 2019) “una investigación objetiva y rigurosa en la que los números son significativos; y de un trabajo secuencial y deductivo en el que la comprobación de las hipótesis suele ser más rápida”.

Mientras el tipo de enfoque mixto se trata de una combinación tanto del enfoque cualitativo como el cuantitativo. Este tipo de enfoque no se aplica con frecuencia en las investigaciones. La recolección de datos combina características del enfoque cualitativo y cuantitativo, a su vez los resultados se generalizan y dan lugar a nuevas hipótesis; (Yanez, 2019) “por lo general, este enfoque se usa para resolver problemas de investigación complejos.” En la figura 5 se resume las características de los diferentes enfoques explicados con anterioridad, así como los procesos de estos.



Figura 6 Enfoques de la investigación

Tomando en cuenta lo anterior, este trabajo se establece como un tipo de investigación mixto, esto a razón de que el proyecto tiene puntos acerca de la situación actual dentro del cuarto de producción dentro de la empresa, así como datos estadísticos previos, que nos sirvieron como respaldo, para la elaboración de la propuesta en desarrollo y las razones para realizar las mejoras respectivas dentro del proyecto.

Es por esto que, en las siguientes secciones, se mostrarán las fuentes de información, metodología y herramientas utilizadas para la recolección de la información necesaria. Dentro de estas secciones se detallan las características que posee el enfoque mixto, junto con los significados correspondientes significados, para poder elegir la calificación que más se adapte a la investigación a desarrollar.

### **3.2. Fuentes de información**

Durante el desarrollo de toda investigación se establecen fuentes de información, de las cuales se obtienen datos que son tomados en cuenta para poder desarrollar la investigación con mayor facilidad. Esto se debe a que estas fuentes poseen el conocimiento y la experiencia de personas especialistas en el tema que se va a desarrollar. Es importante destacar que las fuentes de información se dividen en dos tipos: primarias y secundarias. Además, hay una tercera fuente de información (Raffino, 2020) la define como “aquellas que recopilan y comentan las fuentes primarias y/o secundarias, siendo así una lectura mixta de testimonios e interpretaciones.

Durante la recolección de datos e información del proyecto de graduación se tomaron fuentes primarias y secundarias.

#### **3.2.1. Fuentes Primarias**

Según (Raffino, 2020) una fuente de información primaria es “aquellas que más cercanas posible al evento que se investiga, es decir, con la menor cantidad posibles de intermediaciones”. Es decir, el tipo de información que se obtiene no se encuentra manipulada, los datos no han sido tratados por los autores.

Dentro de las fuentes primarias existentes se muestran a continuación las que fueron tomadas para el desarrollo del proyecto final de graduación.

- Información y consultas facilitadas por los supervisores de producción, ingenieros, y gerencia.
- Tesis y trabajos finales de graduación con propuestas de diseño y proyecto.
- Documentos oficiales.
- Libros relacionados facilitadores de las herramientas utilizadas, (Distribución de planta, Diagramas etc...)
- Artículos científicos.

#### **3.2.2. Fuentes Secundarias**

Según (Raffino, 2020) las fuentes secundarias de información “se basan en las primeras y le dan algún tipo de tratamiento, ya sea sintético, analítico, interpretativo o evaluativo, para proponer a su vez nuevas formas de información”. Es decir, en este ámbito la

información ya ha sido tratada por los autores, lo que provoca que la información ya ha sido tratada por otros autores, lo que provoca que la información recolectada no sea obtenida directamente de las fuentes originales, lo que puede traer como consecuencia una interpretación diferente de los datos.

Dentro de las fuentes de información secundarias utilizadas en el trabajo final de graduación se mencionan las más relevantes a continuación:

- Comentarios de tesis, libros y documentos especializados sobre desarrollos de diseños de plantas.
- Enciclopedias digitales con definiciones generales.
- Sitios Web o revistas digitales.

### **3.3. Técnicas y herramientas de recolección de información.**

En todas las investigaciones se recolectan datos por medio de diversas técnicas que se implementan para poder obtener la información necesaria, para la toma de decisiones en el transcurso de la investigación. Durante el desarrollo de este trabajo final de graduación se definen distintas herramientas para la toma de información necesaria, para desarrollar soluciones, que se adapten a las necesidades de la empresa.

En los siguientes apartados, se detalla cada una de las herramientas y técnicas de recolección de datos elegidos para cada uno de los puntos mencionados.

#### **3.3.1. Observación**

Esta técnica consiste en observar con detenimiento las actividades o el fenómeno en estudio. Para el trabajo final de graduación, se requiere realizar diferentes análisis del manejo de las actividades, con el fin de entender, el desarrollo de los procesos y también la definición de los resultados aplicados. Tanto la observación científica, como la no científica, son los dos tipos de observaciones existentes. La diferencia entre ambas es la intencionalidad, ya que, según (Puente 2018):

“observar científicamente significa observar con un objetivo claro, definido y preciso: el investigador sabe qué es lo que desea observar y para qué quiere hacerlo, lo cual implica que debe preparar cuidadosamente la observación.

Observar no científicamente significa observar sin intención, sin objetivo definido y, por tanto, sin preparación previa”.

Para el desarrollo de este trabajo se va a realizar la observación científica, ya que se desea conocer cómo se realizan los procesos dentro del cuarto de producción. En el apéndice 1 se observa, la plantilla de observaciones que se utilizó para el registro de actividades, que evidencien, la problemática de los recorridos, espacios y las posibles causas que hacen pueden ser fuentes generadoras de “Scrap”.

### **3.3.2. Revisión documental**

Este proceso se basa en la búsqueda de información ya existente dentro de la organización, como por ejemplo información de procedimientos, informes, registros etc. Por lo tanto, se debe tener o desarrollar la habilidad de encontrar y seleccionar la información que tenga una mayor relevancia, esto, ya que, al momento de encontrar datos, podrían ser datos inexactos o incompletos.

Durante el desarrollo del proyecto de graduación, se llevará a cabo un análisis exhaustivo de los procedimientos, y documentos de validación. Esto nos permitirá ajustar los parámetros necesarios para evitar el error y garantizar que los equipos no se vean afectados, evitando así a detener las líneas de producción más del tiempo requerido para hacer toda la transición.

### **3.3.3. Toma de tiempos.**

En su tesis, “Medición del tiempo y análisis de métodos para mejorar la eficiencia laboral” (2019) destaca la importancia de medir el tiempo de trabajo y analizar la forma en que las personas realizan sus actividades laborales con el objetivo de mejorar su eficiencia. En su investigación, explora diversos métodos que pueden ser utilizados para lograr este fin.

La recolección de información de este tipo nos permite a obtener un diagnóstico más preciso sobre los recorridos de las líneas de producción estudiadas y los tiempos excesivos para mejorar el flujo del trabajo. En el Apéndice 2 se puede observar la plantilla de tiempos utilizada, que pone en evidencia la problemática de los tiempos de recorrido generados, por el uso compartido de diferentes equipos en ciertas líneas.

### 3.4. Variables de investigación

Con el fin de brindar una mejor comprensión y resaltar la importancia a la propuesta en desarrollo, se han detallado en la tabla 2 las variables de investigación de manera que podrían existir una o más variables de investigación, para cada objetivo específico trabajado.

Tabla 2 Variables de Investigación

Objetivos Específicos	Variables Asociadas	Descripción
<p>Analizar los diferentes procesos de producción para identificar una mejor distribución que ayude a mejorar el recorrido de las líneas de producción.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✚ Situación actual del cuarto limpio.</li> <li>✚ Gembas Walk para identificar puntos importantes dentro de las líneas.</li> <li>✚ Revisión de la práctica vs procedimiento de las diferentes estaciones de trabajo</li> </ul>	<p>Se necesita la elaboración a detalle de un análisis, de la situación actual del cuarto controlado, para desarrollar una propuesta acorde a las necesidades de las diferentes líneas sin que se vean afectadas en el flujo de producción.</p>
<p>Diseñar una propuesta que se adecue a las necesidades encontradas durante el desarrollo del proyecto.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✚ Diseño de la propuesta, con base a la información recolectada.</li> <li>✚ Revisión de diferentes tipos de propuestas acorde a las necesidades de la empresa.</li> </ul>	<p>El diseño de la propuesta como base para una versión mejorada y necesaria para el reacomodo del cuarto limpio, es una pieza fundamental del desarrollo del proyecto, ya que muchos de los puntos a tomar en cuenta, se tomarán desde la línea del diseño.</p>
<p>Análisis costo beneficio, para la viabilidad de la propuesta.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✚ Evaluación de costos, de los equipos que necesiten calibración por fuera de la empresa.</li> <li>✚ Análisis general de costos vs el costo por m<sup>2</sup> que se desea generar para inversión.</li> </ul>	<p>Con el desarrollo de esta variable, se verán todos los impactos positivos a nivel económico que el desarrollo de la propuesta puede generar y posibilidad de atracción de las líneas de producción que ayuden al crecimiento de la empresa.</p>

### 3.5. Diseño de la investigación

(Hernández Sampieri, Fernández Collado & Baptista Lucios, 2010) mencionan que el diseño “se refiere al plan o estrategia concebida para obtener la información que desea”. A su vez, establece que la investigación es no experimental debido a que las variables, no serán manipuladas ni controladas por el investigador, sino que se limitará a la observación de los hechos tal y como ocurren dentro del ambiente natural de los sujetos de investigación.

(Hernández Sampieri, Fernández Collado & Baptista Lucios, 2010) establecen que la investigación no experimental se divide en transeccionales. Esta modalidad se caracteriza por la recolección de datos en un momento único y específico. A su vez, se compone de tres tipos: exploratorios, descriptivos, y correccionales – casuales. La siguiente tabla muestra las características de la calificación de cada tipo de investigación mencionada anteriormente.

Tabla 3 Tipos de investigación no experimental transaccional o transversal.

Se establecen las características de tipos de investigación.

Elaboración propia (2023) Adaptado de: (Hernández Samperi, Fernández Collado & Baptista Lucio,2010)

<b>Exploratorio</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✚ Se trata de una exploración inicial en el momento específico.</li> <li>✚ Su propósito es comenzar a conocer una comunidad, contexto, una variable o un conjunto de variables.</li> <li>✚ Se aplican investigaciones nuevas o en temas pocos conocidos</li> </ul>
<b>Descriptivo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✚ Indaga la incidencia y valores en que se dan una o más variables.</li> <li>✚ Proporciona la visión de una situación en concreto.</li> <li>✚ Consiste en la medición de un grupo de personas u objetos y proporcionar su descripción.</li> </ul>
<b>Correccional-Casual</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✚ Describe relaciones entre dos o más variables en un momento determinado.</li> <li>✚ Mide la relación entre variables en un tiempo determinado</li> </ul>

De acuerdo con lo anterior, se establece que este proyecto final tiene un enfoque descriptivo, ya que se busca recolectar la información necesaria sin manipular los datos

obtenidos. Esto se debe a que se requiere conocer la situación empresarial actual. A su vez (Hernández Sampieri, Fernández Collado & Baptista Lucios, 2010) afirman que “en este tipo de diseños queda claro que ni siquiera cabe la noción de la manipulación, puesto que se trata a cada variable individualmente, no se vinculan las variables”. En los siguientes apartados se muestra el proceso metodológico desarrollado para el proyecto.

### **3.6. Metodología para la implementación del proyecto.**

La implementación de un proyecto puede basarse en diversas metodologías que brindan un enfoque claro para el desarrollo del proyecto final de graduación. Entre ellas se pueden mencionar, la metodología Kanban o Scrum para la implementación de un proyecto.

El desarrollo de este proyecto se basa en las fases de la metodología DMAIC, explicadas en el capítulo anterior de este proyecto final de graduación, las cuales fueron propuestas por López (2011). A continuación, se detallan las técnicas y herramientas utilizadas en cada etapa, así como los resultados esperados dentro del desarrollo de la investigación.

#### **3.6.1. DMAIC**

La metodología DMAIC fue una de las herramientas esencial para el desarrollo paso a paso del proyecto y su investigación correspondiente, así como la recolección de datos que se obtuvo en cada una de sus diferentes fases. Esto permitió a obtener una idea más clara de la propuesta que se debía realizar.

En los siguientes apartados se presentará el desarrollo de las diferentes etapas o fases del DMAIC y la forma en que se trabajó el paso a paso de cada una de ellas.

##### **3.6.1.1. Fase de Definir**

Se llevó a cabo la investigación del problema, observando el cuarto de producción y los diferentes movimientos realizados por los colaboradores dentro de las líneas. Además, se buscó dar una participación más valorada tanto a líderes de producción como sus encargados.

Para esta fase se definió la problemática principal y la búsqueda de sus posibles soluciones, que puedan beneficiar de manera económica el desarrollo de la empresa y abrir las puertas a nuevas líneas de producción.

### **3.6.1.2. Fase de medir**

Durante la fase de medir, se tomaron en cuentas diferentes situaciones, como la medición de los polos y su capacidad para mover equipos de alto voltaje, el levantamiento de campo, mediciones de estaciones, distancias reguladas por salud ocupacional, toma de tiempo de las operaciones y los recorridos realizados, para su respectivo análisis.

### **3.6.1.3. Fase de Análisis**

En esta fase se tomaron en cuenta diferentes puntos para la investigación, desde la revisión de la capacidad de los polos y el análisis de puntos de monitoreo de microbiología ya que, al ser un cuarto de ambiente controlado, es importante asegurar que el producto no se contamine. También se analizó la toma de tiempo de las diferentes operaciones, así como la identificación de equipos portables y no portables, que se debían mover o validar antes de sus respectivos movimientos. Además, se realizaron estudios financieros que respaldan la viabilidad de la propuesta para una futura implementación.

### **3.6.1.4. Fase de implementación**

La fase de implementación es la fase que más tiempo puede llevarse, ya que se requiere de una planificación estratégica muy clara, para que a la hora de realizar todos los movimientos, las líneas de producción no se vean afectadas o en paro, y así no se vea afectada a nivel económico la empresa.

# **CAPITULO IV**

## **ANALISIS DE CAUSA**

En este capítulo, se describe el resultado obtenido con la implementación de las herramientas de investigación descritas en el capítulo anterior de este proyecto final. Una vez finalizada esta fase de análisis, se podrá hacer una propuesta de un rediseño total del cuarto de producción en estudio. El objetivo de proponer soluciones que beneficien la línea de negocio actual.

La primera etapa de la metodología propuesta para este proyecto consiste en la investigación y revisión acerca de la situación actual del negocio. Para lograr esto, se llevará a cabo la toma de tiempos, y la tabla de observaciones para analizar la situación actual del cuarto limpio. De esta manera, podremos obtener información valiosa sobre el rendimiento y la eficiencia de la operación actual del cuarto limpio.

#### **4.1. Descripción de la situación actual**

Actualmente, la empresa cuenta con una distribución en el cuarto de producción que genera muchas situaciones problemáticas. En las secciones siguientes se presentará el análisis de las líneas de producción para identificar los puntos que generan problemas dentro del cuarto limpio. Además, se mostrará en la siguiente figura los puntos observados que deben ser considerados en la mejora del cuarto limpio.

Es importante destacar que la ausencia de los ingenieros y supervisores de manufactura es otro factor que ha generado problemas en la operación del cuarto. Asimismo, el espacio disponible para el equipo de calidad es insuficiente para llevar a cabo sus respectivas revisiones, lo que afecta su trabajo. Todo esto se debe a la falta de espacio y recursos adecuados para realizar las tareas correspondientes.

Durante el desarrollo de las listas de observaciones ([Apéndice 1](#)), se identificaron varias problemáticas que se discutieron en reuniones con la gerente de producción a cargo del **CER** y el resto del equipo de producción. Se revisó cada punto encontrado con la herramienta de observación para analizar su impacto en la operación del cuarto limpio.

Durante estas reuniones, se discutieron en detalle las problemáticas identificadas en la lista de observaciones y se evaluaron las posibles soluciones. La participación de la gerente de producción y del equipo de producción fue esencial para entender las necesidades y desafíos que enfrenta el cuarto limpio.

## 4.2. Análisis de procesos

En el apéndice #2, podemos observar la tabla de tiempos de la línea #7 donde se pueden ver las estaciones #1 y #2 trabajando de forma simultánea. Sin embargo, se puede observar una gran diferencia en la duración del proceso entre ambas estaciones. Esto se debe a que ambas estaciones comparten el mismo proceso, y están conectadas eléctricamente de forma paralela. La estación #1 consume más potencia que la estación #2, lo que genera una dificultad para que ambas estaciones trabajen en paralelo. Por lo tanto, se genera un retraso en la estación #2, lo que afecta la producción de la línea. A pesar de que la producción deseada es de alrededor de 150 unidades diarias, solo en el primer turno, esta cantidad no se logra debido a la diferencia en los tiempos de las estaciones.

Como podemos observar en la información proporcionada por el supervisor de producción del cuarto, que se muestra en la tabla 4, podemos ver que de un lote que se está produciendo de alrededor de 300 unidades en ambas estaciones, solo en la estación #2 genera la mayor cantidad de scrap por proceso, lo que genera una pérdida de alrededor de \$1700 diarios por solamente 17 unidades perdidas.

*Tabla 4 Tabla de Scrap Línea #7*

Tabla de SCRAP Línea #7			N° Parte 001	
Estación	Unidades	Scrap Proceso	Piezas procedas	Costo Scrap
#1	150	6	144	\$600
#2	150	17	133	\$1700

*Fuente: Datos suministrados por el supervisor de producción*

En las siguientes secciones se ha analizado los recorridos, tiempos y las líneas de producción. Se han identificado problemáticas relacionadas con la distribución de la línea. Además, se presentará de forma gráfica los espacios no utilizados en la línea y se evaluará el impacto económico que podría tener dentro del CER.

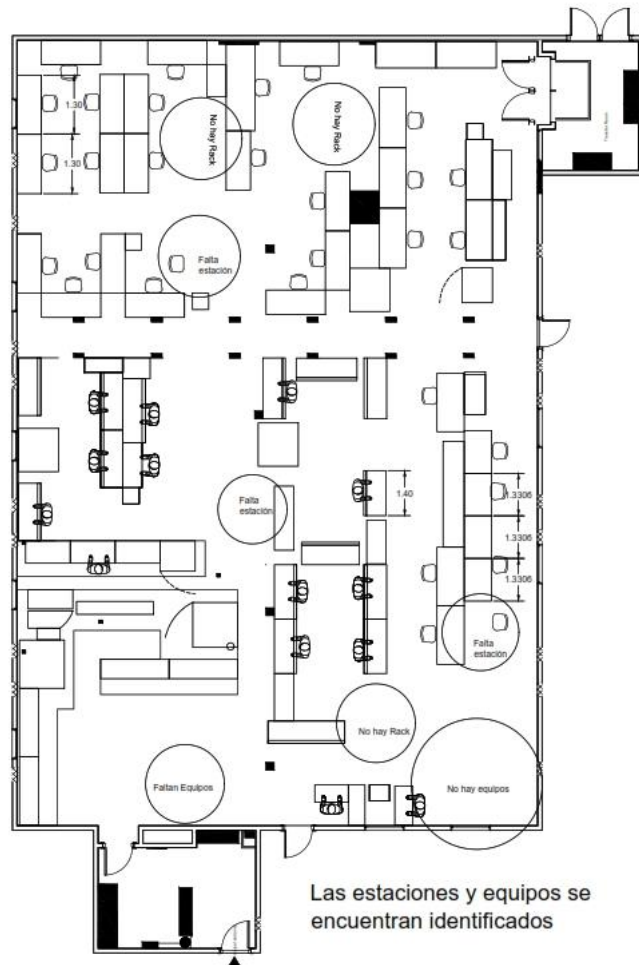
## 4.3. Análisis del diseño de la planta.

En el análisis del diseño del cuarto limpio, a nivel de software se encontró que el diseño mismo no se encontraba completamente terminado y contaba con dificultades para

entender el inicio y el fin del proceso, así como faltantes de equipos y estaciones de trabajo, por lo que se tuvo que realizar un levantamiento de campo para determinar las dimensiones reales, así como la identificación de las líneas de producción y sus respectivas estaciones, ya que el diseño antiguo no reflejaba la realidad del CER.

Un diseño defectuoso con dimensiones incorrectas puede llevar a errores costosos en un cuarto limpio. Si no se identifican las estaciones y no se asegura la corrección de las dimensiones del diseño, se corre el riesgo de generar problemas graves dentro de las líneas de producción. Esto puede ser especialmente costoso para la empresa y puede afectar significativamente el rendimiento en el cuarto de producción. Por lo tanto, es importante asegurarse de que el diseño sea correcto y de que se sigan los procedimientos adecuados para evitar errores costosos.

Lo que puede ocasionar estos errores de diseño podría ser problemas con la maquinaria o los equipos de producción que podrían afectar la calidad de los productos fabricados. También podría haber problemas con la limpieza y la esterilización del cuarto limpio, lo que podría afectar la calidad y la seguridad de los productos. En resumen, cualquier error en el diseño del cuarto limpio puede tener consecuencias costosas y graves para la empresa.



*Figura 7 Diseño antiguo del CER*

Como se puede apreciar en la figura anterior, el diseño del cuarto limpio no cuenta con delimitaciones claras de cada una de las líneas, y hay estaciones y mesas de trabajo sin identificar y con dimensiones más pequeñas de lo necesario, lo cual se puede notar fácilmente a simple vista. Además, los equipos tampoco están identificados, lo que dificulta la gestión de los recursos en la producción.

Durante el levantamiento de campo como se observa en la Figura 8, se pudo determinar que estas deficiencias deben ser mejoradas, especialmente en términos de dimensiones y espacios, los cuales están regulados por el ente de salud ocupacional de la empresa.



cuarto puedan trabajar dentro del área. También se nota la falta de visibilidad de los líderes de producción debido a su ubicación dentro del cuarto.

Si se presenta una situación en el que el contribuyente no pueda intervenir debido a procedimientos o fallas de equipos, el equipo de manufactura y producción al encontrarse fuera del CER no puede actuar de manera inmediata. Además, la comunicación a través de Teams genera retrasos. Esto se debe a que el equipo respectivo debe llegar al área de producción y seguir los protocolos y procedimientos estrictos, como la vestimenta y limpiado, antes de ingresar al cuarto de producción, que es un ambiente controlado. Todos estos procedimientos pueden aumentar el tiempo de respuesta y, en consecuencia, afectar la eficiencia del proceso de producción.

Cada una de las líneas tiene áreas sin uso, en su mayoría pasillos, que fueron determinados por los ingenieros de manufactura y el supervisor a cargo. Estos espacios pueden ser aprovechados para mejorar los recorridos y área de trabajo de las diferentes líneas, como se observa en la siguiente figura, donde se delimita visualmente el área no utilizada.



ISO 14644-1, tiene un costo promedio de \$2500 por metro cuadrado (Fuente Clean Room Magazine. (s.f.). Cleanroom construction costs) .

En las siguientes secciones vamos a ver de manera más puntual, las principales causas o problemáticas encontradas dentro de algunas de las líneas de producción que llevaron a realizar el rediseño del cuarto limpio, tanto a nivel de recorridos, tiempos, así como también se mostraran problemáticas que fuera de las líneas de producción también se mapearon para una oportunidad de mejora más elaborada, y con respaldo de los diferentes equipos involucrados en el trabajo.

#### 4.3.1. Línea #1

Esta línea de producción presenta varias problemáticas que se tomaron en cuenta para realizar la redistribución del cuarto limpio. En las siguientes secciones se detallarán en punto por punto las situaciones a nivel de planta, diseño y recorridos que se identificaron y que fueron consideradas para la reorganización

##### 4.3.1.1. Faltante de estaciones de trabajo.

Esta línea cuenta con una oportunidad de crecimiento en la cual se está trabajando como proyecto. Uno de los puntos observados y discutidos con el ingeniero de manufactura de la línea, es que se identificó un faltante de estaciones necesarias para realizar la totalidad de los trabajos que se requieren, lo cual fue evidenciado por el diagrama de procesos.

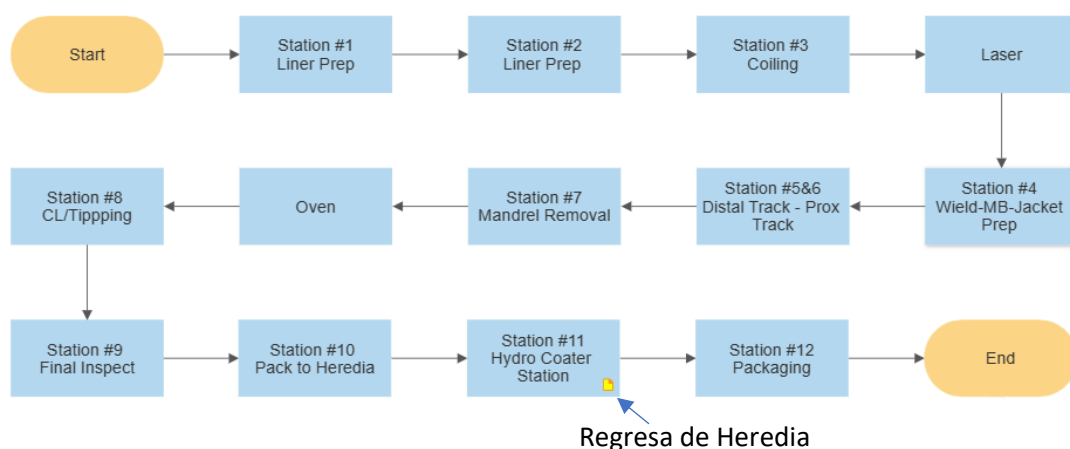


Figura 10 Diagrama de proceso dentro del procedimiento de la línea

En la siguiente tabla, podemos observar los puntos que se identificaron en relación con el crecimiento de las líneas de producción. Esto se elaboró con la ayuda del ingeniero de manufactura, el equipo de mejora continua y el supervisor de producción a cargo, y se establecieron los siguientes parámetros para tener en cuenta dentro de la línea de producción para llevar a cabo la respectiva mejora.

*Tabla 6 parámetros de la línea #1*

Parámetros línea #1	
Línea	<ul style="list-style-type: none"> <li>✚ Existen 9 procesos diferentes: 7 estaciones de trabajo, y 3 equipos</li> <li>✚ La línea necesita al menos 5 estaciones más para realizar la totalidad de los procesos requeridos.</li> </ul>
Dimensiones	<ul style="list-style-type: none"> <li>✚ Dimensión actual: 30m<sup>2</sup></li> <li>✚ Dimensión con las estaciones necesarias: 58m<sup>2</sup></li> <li>✚ Espacio disponible actualmente: 15m<sup>2</sup></li> </ul>
Plan	<ul style="list-style-type: none"> <li>✚ Agregar estaciones de producción en corto plazo</li> <li>✚ Propuesta del nuevo diseño para solventar la problemática.</li> </ul>

En base a los parámetros anteriores, se identificó una problemática relacionada con el espacio limitado de la línea de producción. Si se realizan cambios a corto plazo, podrían afectar a otra línea de producción, lo que aumentaría los costos de trabajo al tener que realizar procesos de validación, y calibración, que podrían ser costosos.

En un futuro, volvería a generar un alto costo monetario ya que sería necesario reajustar las líneas de producción para satisfacer las necesidades de cada líneas y su distribución dentro del CER.

#### **4.3.1.2. Recorridos**

Desde el inicio de la producción, la línea ha enfrentado problemas de recorridos debido a que el **rack** de materia prima que utilizan se encuentra alejado. Esto ha sido medido utilizando la tabla de tiempos, donde se ha observado que deben realizar un extenso recorrido basado en el diagrama mostrado en la figura 12 para poder traer material a la estación #1. El problema principal es que los lotes se transportan cada 12 unidades como máximo.



En la figura 12, podemos observar como las flechas indican el extenso recorrido entre el rack de materiales y la estación #1, así como el recorrido de la estación #2 hasta la estación #3 realiza otro largo recorrido. Una de las preocupaciones que existen es que el recorrido y otras líneas que se encuentran en el trayecto pueden generar algún accidente que pueda impactar el material, ya sea en contaminación o daño de este.

#### **4.3.1.3. Equipos**

Un aspecto considerado en el desarrollo del proyecto fue la selección de equipos para la línea #1. Se identificó que 2 de los equipos utilizado en esta línea no son específicos de la misma, lo que genera problemas con las validaciones. Una de las soluciones encontradas fue utilizar la VHS de la línea #2, la cual se encuentra al lado y cuenta con parámetros compatibles para los procesos respectivos.

El uso compartido de este equipo puede ocasionar atrasos para ambas líneas, especialmente si ambas están operando a una capacidad de producción alta. En este caso es necesario que las líneas hagan cola para utilizar el equipo de manera simultánea, lo que puede provocar retrasos en la entrega de los lotes y, en última instancia, impedir que se cumplan los planes de producción previstos.

Como se mencionó anteriormente, la falta de estaciones de trabajo y la necesidad de compartir equipos puede generar tiempos muertos mientras se espera a que otros trabajadores finalicen sus tareas y se liberen los equipos. Una solución viable para reducir estos tiempos muertos sería tener una VHS propia, ya que esto permitiría a la línea tener acceso a los equipos en todo momento y no habría necesidad de esperar a otros trabajadores para utilizarlos.

Cuando una línea de producción tiene que compartir equipos y herramientas con otras líneas, se genera una espera y una disminución en el ritmo de trabajo, lo que tiene un impacto negativo en la productividad de la línea. Sin embargo, si la línea cuenta con una VHS propia, tendría acceso a los equipos necesarios en todo momento, sin necesidad de compartirlas con otras líneas. Esto permitiría un ritmo de trabajo más fluido y constante, lo que a su vez aumentaría la productividad de la línea.

Tabla 7 Tabla comparativa de espera entre líneas

Comparativa por unidades de la línea #1 y la línea #2			
Línea de trabajo	Unidades	Tiempo estimado	Tiempo de espera
Línea #1	8	20:00min	15:00min
Línea #2	8	15:00min	20:00min

Fuente: elaboración propia

En la tabla anterior se presenta un estimado de tiempo, basado en los parámetros de la VHS, los cuales están configurados de acuerdo el proceso de cada línea. Además, se tomaron en cuenta los tiempos registrados en la estación 6 de la tabla 25 mostrada del [apéndice 2](#), donde se logra observar la espera de las líneas en caso de que se trabajara, con una demanda alta de producción.

Como se puede observar, en caso de tener que alternar el equipo durante el proceso de producción, por cada ocho unidades trabajadas para la línea #1, la línea #2 debe esperar un tiempo de 20:00min. En base lo anterior, si la VHS solo permite 8 unidades dentro y se trabaja un lote de 40 unidades, se tendrían que hacer 5 tiempos de espera con un tiempo total de 100min, mientras se completa el proceso de la línea #1.

En el análisis de planificación de la capacidad de producción, es esencial considerar la capacidad de producción de cada línea y la posibilidad de trabajar de manera simultánea. Para ellos se plantea un escenario hipotético en el que se evalúa qué sucedería si ambas líneas trabajaran simultáneamente a su máxima capacidad de producción.

Tabla 8 Comparativa meta diaria

Meta diaria			
Línea de trabajo	Meta	Unidades totales	Unidades producidas
Línea #1	2 lotes	200 unidades	100 unidades
Línea #2	1 lote	40 unidades	25 unidades

Fuente: Elaboración junto a supervisor de producción.

La tabla 8 muestra las metas diarias para cada línea de trabajo, así como las unidades totales y producidas en un momento específico. Al observar los resultados de la línea #1, se puede apreciar que no se logró cumplir con la meta diaria establecida, lo que sugiere

que existe un problema que debe ser abordado para aumentar la capacidad de producción y alcanzar las metas establecidas.

Por lo tanto, el análisis de la capacidad de producción y los resultados obtenidos en la tabla, permiten identificar los problemas en la línea de producción y tomar medidas para mejorar la capacidad de producción, reducir costos, mejorar la eficiencia y mejorar la satisfacción del cliente.

*Tabla 9 Costo final producto*

Costo Meta diaria				
Línea de trabajo	Meta por unidad	Precio en dólares	Unidades producidas	Precio total
Línea #1	200 unidades	\$58.000	100 unidades	\$29.000
Línea #2	40 unidades	\$20.000	25 unidades	\$12.500

*Fuente: Departamento financiero de la empresa.*

Desde el punto de vista monetario, el impacto del uso de un solo equipo puede ser significativo si las dos líneas trabajaran de manera simultánea, por lo que podría afectar los costos de producción y generar la necesidad de abrir la posibilidad de utilizar otro turno. Esto a su vez podría generar un mayor impacto a nivel financiero, por contratar nuevo personal para cubrir las metas diarias.

#### **4.3.2. Línea #2**

En la siguiente figura, se observa la línea #2, la cual se encuentra señalada dentro de un cuadro. Esta línea cuenta con varias situaciones particulares que se describirán a continuación para analizar las causas que se tomaron en cuenta para realizar una reubicación adecuada. También se explorarán formas de mejorar la ubicación de la línea acorde las necesidades del negocio de la empresa. A pesar de que la línea es pequeña, con solo tres estaciones de trabajo, se espera que funcione de manera fluida.

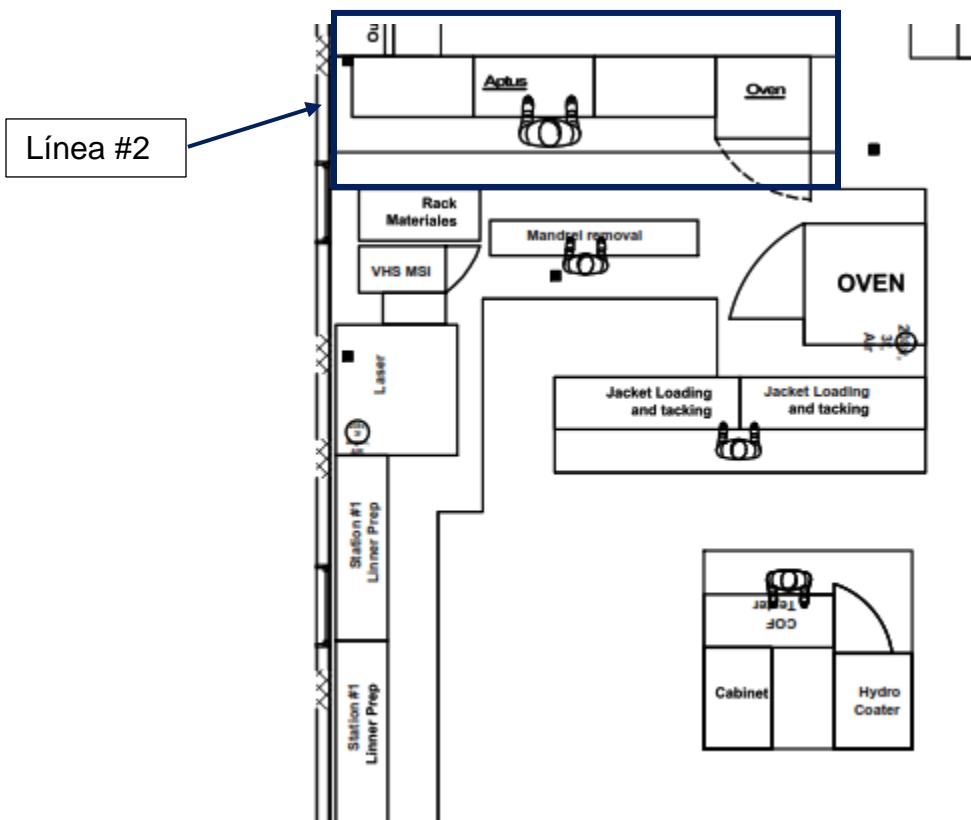


Figura 13 Línea #2

#### 4.3.2.1. Línea necesita horno adicional.

Una de las problemáticas de la línea, como se observa 57 en la figura 14, es que solo hay dos opciones disponibles para colocar un segundo horno debido a las dimensiones reducidas de la zona cercana a la línea. Además, debido a las conexiones necesarias para el horno, no es posible ubicarlo cerca para poder aumentar la capacidad diaria de producción de la línea.

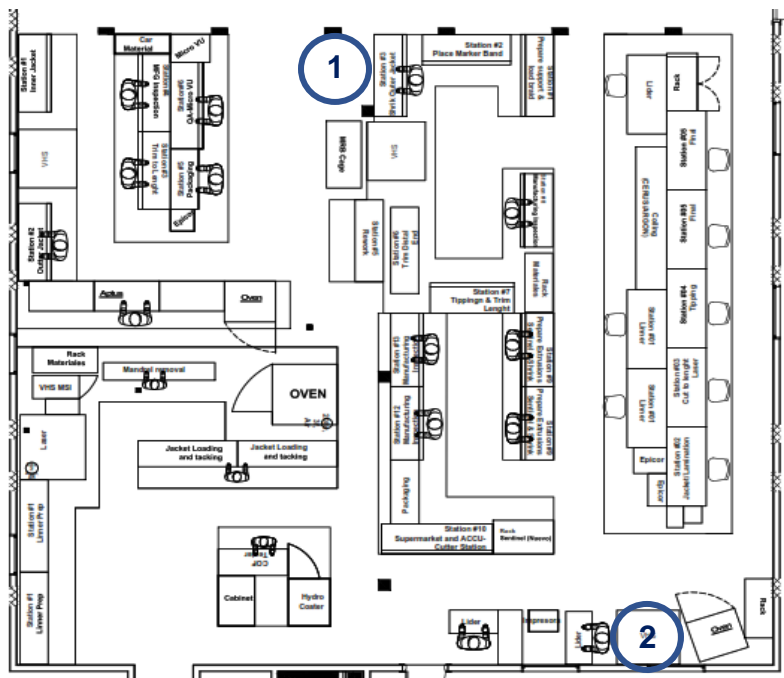


Figura 14 Propuestas de ubicaciones horno

Uno de los comentarios que se recibió por el supervisor de producción indica que la línea ya cuenta con un segundo horno, que fue adquirido hace meses. Sin embargo, no se la podido asignar un espacio específico, por lo que actualmente se encuentra almacenado en la bodega. Esto podría generar problemas para el horno, ya que está fuera de la línea y no tiene una ubicación precisa, lo que podría incluso dañarlo.

Durante una reunión con los ingenieros encargados de la línea de producción y el supervisor, se analizaron posibles ubicaciones para el segundo horno, las cuales se muestran en la siguiente tabla y en el diseño actual del cuarto de producción. También se discutieron las ventajas y desventajas de cada propuesta, teniendo en cuenta la distribución actual del **CER**.

Tabla 10 Ubicaciones para segundo horno

Propuestas segundo horno		
Ubicación	Ventajas	Desventajas
1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- No hay recorridos extensos desde la línea.</li> <li>- Los polos disponibles se encuentran cerca por lo que no</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- El calor que emana el horno podría afectar el material de la línea vecina y el MRB de calidad.</li> </ul>

	genera costo adicional para realizar una nueva conexión.	- Se requiere mover la mesa de retrabajo de la línea #4, por lo que genera afectación a las dimensiones del pasillo.
2	- Espacio disponible, por equipo obsoleto que se requiere mover dentro del cuarto de producción. - Comparte espacio y conexión con el horno de la línea #5, por lo que tampoco requiere un gasto adicional.	- Extensos recorridos desde la línea #2. - Estudio del departamento de EHS, para ver si no hay afectación a las lideres que se encuentran al lado.

Fuente: Elaboración propia

#### Aumento de producción

Otras de las principales problemáticas que enfrenta la línea es el aumento temporal de capacidad que se requiere en diferentes etapas del año, debido a los requerimientos del comprador del producto. Esto significa que la línea debe pasar de producir 40 unidades diarias a 80 unidades diarias.

Esta situación hace que la línea #2 tenga que tomar personal de la línea #1, que es la más afectada durante los periodos de aumento de capacidad. Para lograr una producción más fluida, se utilizan 2 estaciones de trabajo de la línea #1, como se puede observar en los cuadros azules mostrados en la figura #13.

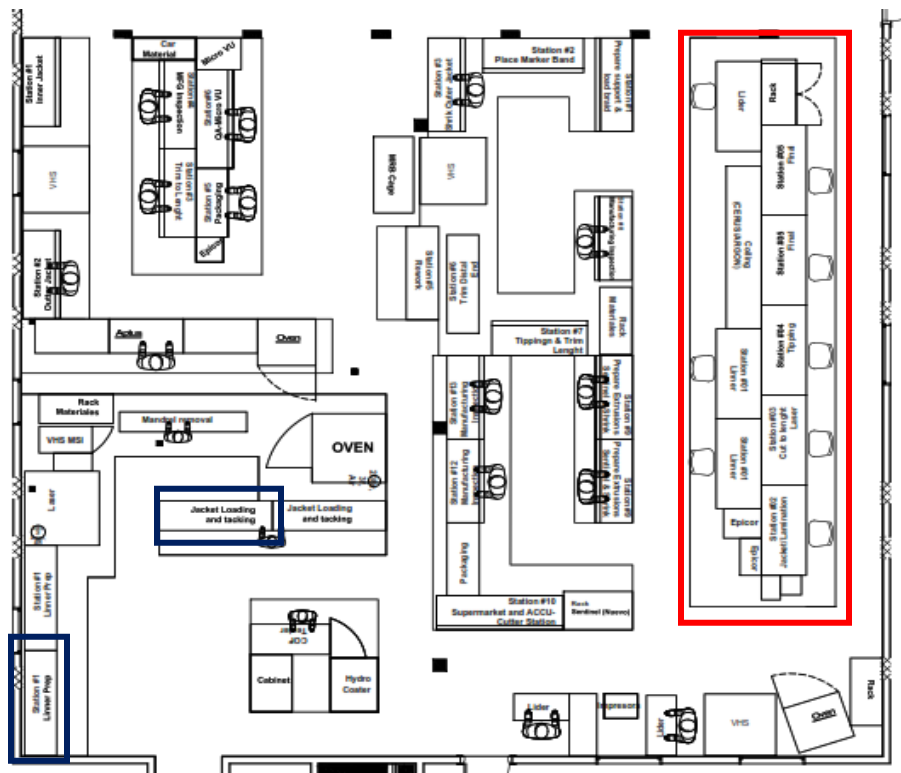


Figura 15 Estaciones tomadas por aumento de capacidad de la línea

Como se puede observar en la figura anterior, el cuadro de color rojo representa una de las líneas que se pueden utilizar durante los periodos de aumento de capacidad. Esta línea cuenta con paros estratégicos que coincide con la planificación de la línea #2, lo que significa que la producción de las otras líneas no se vería afectada.

Tabla 11 Comparativa por aumento de producción de la línea

Costo Meta diaria				
Línea de trabajo	Meta por unidad	Precio en dólares	Unidades producidas	Precio total
Línea #1	200 unidades	\$58.000	50 unidades	\$14.500
Línea #2	80 unidades	\$40.000	65 unidades	\$32.500

Fuente: Elaboración junto con el ingeniero de manufactura y supervisor de producción.

Como se puede observar en el cuadro anterior, el aumento de producción de la línea #2, tiene un impacto positivo en los ingresos generales de la línea debido al aumento en la

producción del producto final. Sin embargo, una desventaja de esta estrategia es que la línea #1 se ve afectada negativamente, ya que se reflejan \$14.500 menos en sus ingresos- que se dejan de reflejar.

Como se mencionó anteriormente, con el equipo compartido, la línea #1 generaba un ingreso de \$29.000 mientras que la línea #2 generaba \$12.500. Sin embargo, con el aumento de capacidad, la línea #2 se beneficia con un crecimiento de ingresos de \$20.000 mientras que la afectación de la línea #1 por el préstamo de estaciones y personal resulta en una reducción de \$14.500. En consecuencia, el impacto real del aumento de capacidad es solo de \$5.500.

#### **4.3.3. Línea #4**

Dentro de esta línea podemos observar varias situaciones que, al igual que en las líneas anteriores, se mencionarán punto por punto para un mejor entendimiento de las causas que hacen que la línea sea tomada en cuenta para una mejor redistribución y como una de las partes principales de la propuesta a realizar.

##### **4.3.3.1. Problemas de distribución de la línea de producción**

Una de las situaciones que se logró observar fue la mala distribución de la línea con respecto en el diseño que con el que cuentan actualmente como se puede observar (figura 16) es posible mejorar la distribución de la línea de producción mediante la identificación de espacios adecuados que permitan un flujo de procesos más rápido y eficiente, con menos recorridos y una disposición más lineal. Al revisar cuidadosamente los espacios disponibles, se pueden identificar oportunidades de mejora que permitan optimizar la distribución de la línea y reducir los tiempos de ciclo. De esta manera, se podría mejorar los niveles de productividad y eficiencia en la línea de producción.



Tabla 12 Ventajas y desventajas Línea #4

Distribución actual de la línea	
Ventajas	Desventajas
- La línea cuenta con su espacio propio para poder producir sin problema	- Diferentes estaciones se encuentran mal distribuidos por lo que genera recorridos más largos.
- Los líderes de la línea se encuentran cerca, por lo que tienen un seguimiento visual más fácil.	- Al no contar con un espacio requerido, la segunda estación de retrabajo no se puede agregar aún.
	- Por situaciones de espacio la estación de empaque cuenta con una mesa de tamaño reducido, por lo que no se puede agregar una mesa con los parámetros adecuados para la tarea respectiva.

Fuente: Elaboración propia

#### 4.3.3.2. Recorridos

Se ha observado que la línea presenta recorridos más fluidos en algunas estaciones en comparación con otras, debido a limitaciones de espacio. Por ejemplo, se ha identificado que la estación de empaque comparte parte de su espacio con otra estación, lo que facilita el proceso de empaque, pero también alarga el recorrido para ambas estaciones. Por lo tanto, se sugiere explorar opciones para optimizar el espacio y reducir los recorridos de la línea, lo que podría mejorar la eficiencia y la productividad general de la línea de producción

Otra causa particular del cuello de botella es la extensa distancia que tienen que recorrer cuando van desde la VHS hasta la estación de retrabajo. Tienen que cubrir una larga distancia para, continuar el proceso de producción. Esto resulta en una pérdida significativa de tiempo para el flujo de producción, especialmente debido a la distancia de viaje para el retrabajo.

Como se puede observar en la figura 15, el flujo de recorrido también tiene implicaciones que puedan afectar la materia prima, ya que la línea #1 tiene que dirigirse a la estación #3 que se encuentra al lado de la línea #4. Debido a la limitación de espacio en el pasillo, se pueden producir retrasos que, aunque parezca poco significativos, podrían afectar al proceso de producción en última instancia.

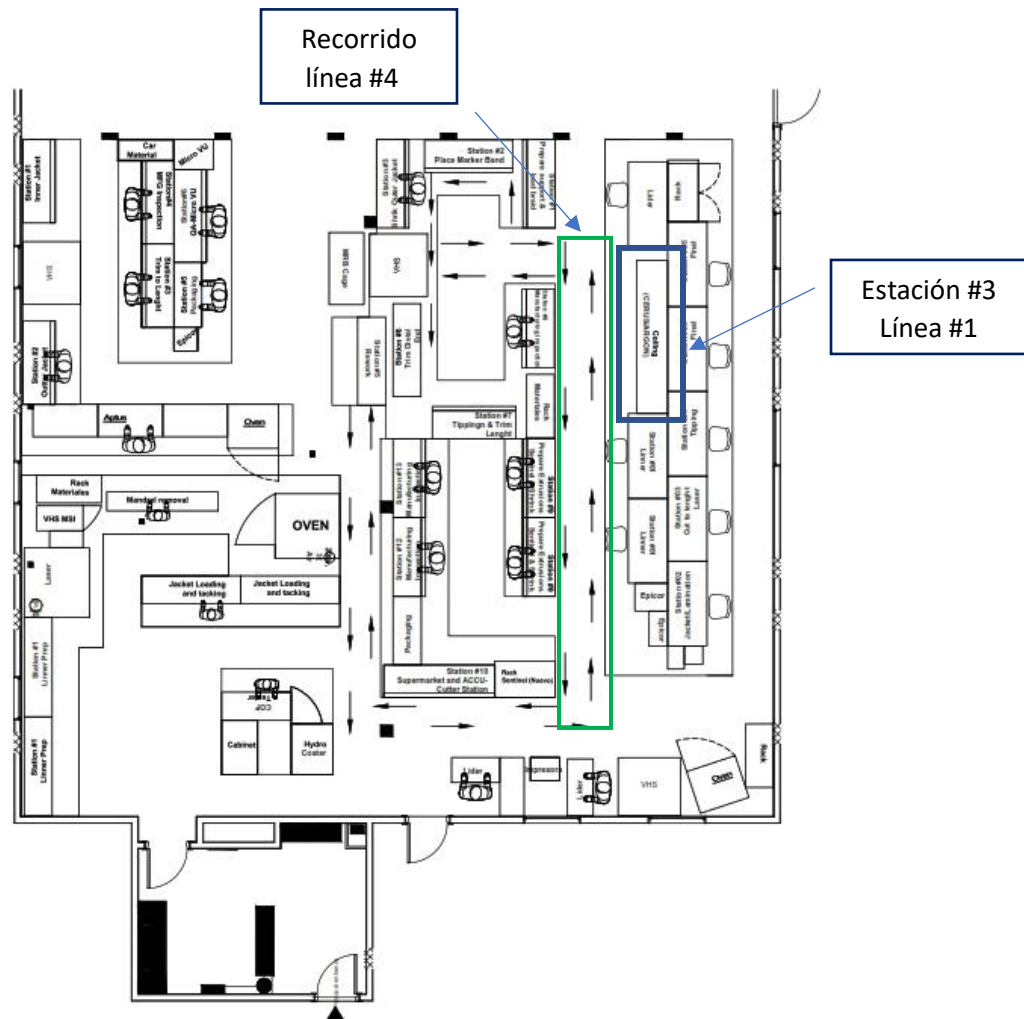
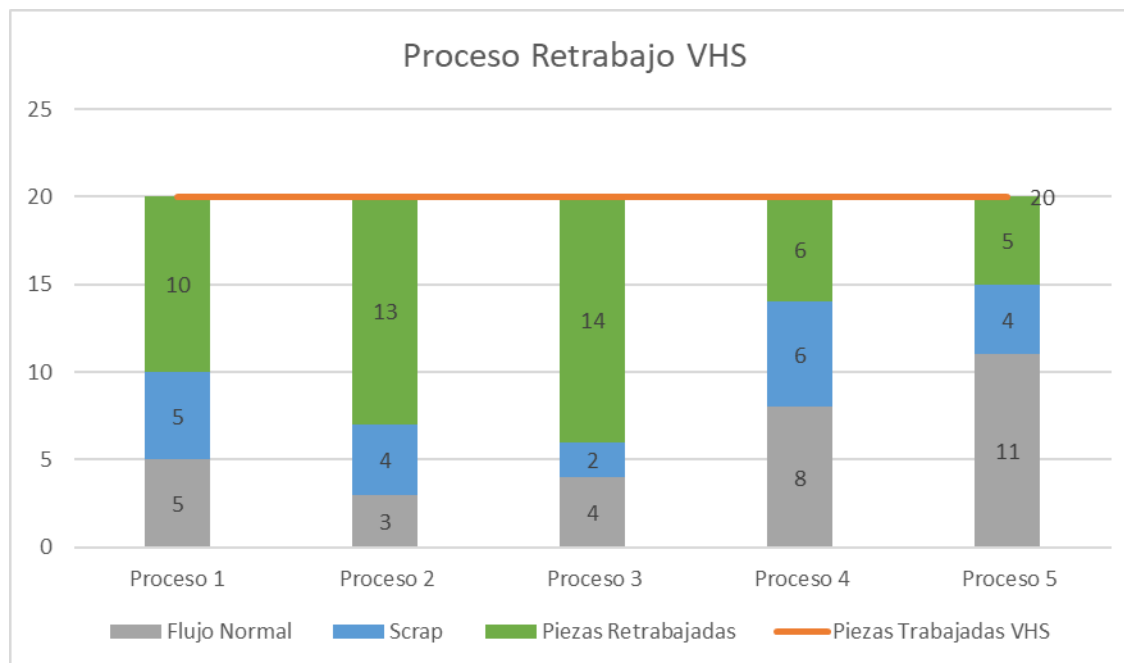


Figura 17 Recorrido retrabajo Línea #4

Otro punto observado fue que, durante el proceso de retrabajo, el colaborador encargado de la estación que involucra la VHS tiene que llevar el material a la estación de retrabajo, y volver a traerlo después de que haya sido retrabajado. Esto significa que tiene que realizar varios recorridos muy extensos para continuar con el proceso normal de la línea. Esto implica un consumo adicional de tiempo y esfuerzo para el colaborador y podría afectar el flujo de producción.



*Figura 18 Gráfico de muestreo aleatorio simple Fuente: Elaboración Propia*

Como se puede observar en el gráfico anterior, debido a limitaciones de tiempo y recursos, se optó por realizar un muestreo por conveniencia en lugar de un muestreo aleatorio simple en el proceso de la VHS. Se seleccionaron 5 procesos dentro de la VHS de diferentes lotes para ser evaluados.

En el proceso de la VHS, se observó que por cada 20 piezas trabajadas, en promedio solo el 50% de las piezas continuaron el flujo normal, mientras que en tres ocasiones más del 50% de las piezas tuvieron que ser retrabajadas y el material por scrap llegó a ser de hasta un 30% de las unidades muestreadas. Es importante tener en cuenta que el muestreo por conveniencia puede no ser completamente representativo de todo el proceso de la VHS y que los resultados pueden no ser generalizables a toda la población.

*Tabla 13 Seguimiento estación de retrabajo*

Análisis retrabajo - Scrap				
Estación	Unidades	Unidades retrabajadas	Unidades Scrap	Precio Scrap
Retrabajo	15	10	5	\$300

*Fuente: Elaboración a cargo del supervisor de producción*

Después de observar las unidades pérdidas durante el proceso de retrabajo, se logró determinar, gracias a un estudio detallado de los equipos de calidad y manufactura, que la manipulación incorrecta durante el recorrido a la estación daña el material, generando un impacto importante en términos económicos. Por ejemplo, solo 5 unidades de scrap generan una pérdida de \$300, por lo que a medida que aumentan las unidades perdidas, el impacto económico se vuelve cada vez más significativo.

También podemos observar en la siguiente figura que el recorrido normal de la línea genera muchos movimientos, los cuales podría ser reducidos con una distribución más eficiente. Además, estos tiempos de recorridos podrían aprovecharse para poder generar mayor cantidad de unidades en el mismo periodo de tiempo.

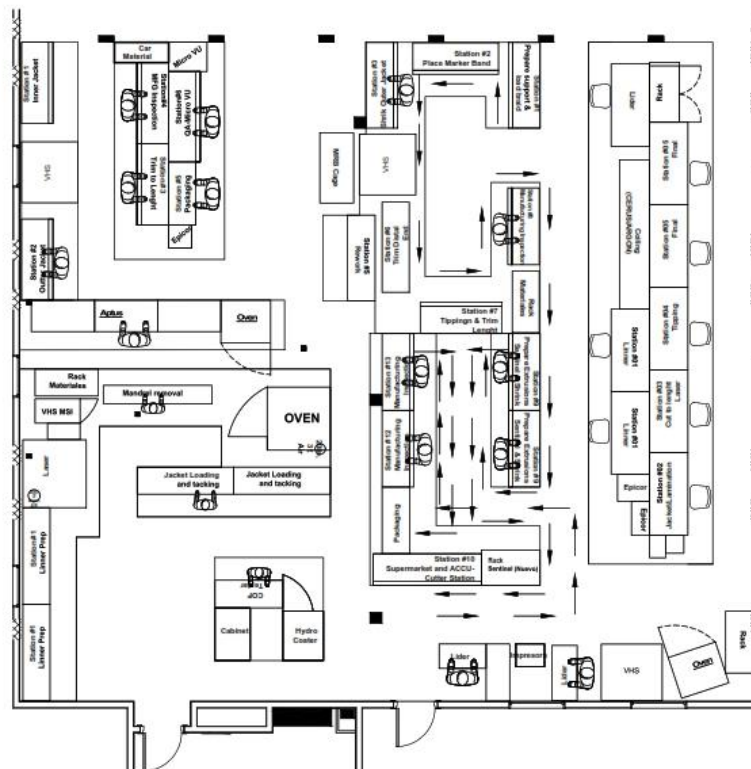


Figura 19 Recorrido de la línea sin la estación de retrabajo

#### 4.3.4. Línea #7

Con respecto a la línea #7 como se mencionó con anterioridad al inicio del capítulo, uno de los principales problemas es la situación de 2 de las estaciones y su conexión que

afecta los equipos de la estación de la otra estación; en esta sección veremos también, diferentes situaciones que también fueron tomadas para realizar la propuesta, en el proyecto en curso.

#### 4.3.4.1. Problemas Estación #1 y #2

Otra de las situaciones que presentan las estaciones #1 y #2 fuera de la problemática de la conexión, es que el tipo de material que trabajan, suelen usar equipos de calor que ayuden a realizar el proceso del material, por lo que dentro del espacio donde se ubican actualmente, cuenta con una apertura de aire acondicionado, lo que afecta directamente el material, lo que hace que para ambas líneas les genere un porcentaje más alto de scrap, solo en el inicio de los procesos.

*Tabla 14 Materia prima desechada*

Scrap por aire acondicionado			
Estación	Unidades de materia prima desechadas	Costo de unidad	Costo total perdido
1	20	\$30	\$600
2	25	\$30	\$750

*Fuente: Elaboración realizada por el supervisor de producción*

Como se puede observar en la tabla anterior en solo el inicio de los procesos de las primeras estaciones de la línea, a nivel total se generan hasta \$1350 por materia prima desechada por la situación del aire acondicionado, por lo que, entre más alta la materia desechada, más alto va a ser el valor de la materia prima perdida.

Como otras de las situaciones que les preocupa, con respecto al inicio de los procesos es que, al realizarse tanto scrap, temen que, en un corto plazo, no haya material para continuar con los trabajos necesarios, ya que se viene presentando una problemática a nivel, con respecto la entrega de materiales, que no afecta únicamente a esta empresa, por lo que realizar acciones rápidas para evitar la pérdida de material ayudaría a evitar que se logre un desabastecimiento de este.

#### 4.3.4.2. Distribución de la línea.

Una de las situaciones que presenta la línea es su distribución confusa. Según el orden lógico de los procesos la línea debería tener un flujo continuo, pero se observó que, para



Tabla 15 Material transportado accidentado durante una semana

Material perdido en accidentes			
Estación	Unidades perdidas	Costo de unidad	Costo total perdido
-	20	\$70	\$1400

Fuente: Elaboración realizada por los ingenieros de calidad

Como se puede observar en la tabla anterior, vemos que, en el transcurso de una semana, se reportaron 20 unidades perdidas, lo que significa un impacto económico significativo, ya que si semanalmente se perdieran 20 unidades por este tipo de accidentes se estaría generando una pérdida cercana a los \$5000 mensuales en unidades perdidas. Este impacto negativo en la producción podría generar una situación de no conformidad durante las auditorías de calidad.

Otra de las situaciones que se pudo observar de la línea es que el proceso de la estación #3 no se realiza en la estación designada, sino que se lleva a cabo en las estaciones anteriores mientras realizan sus propios procesos respectivos. Debido a esto, la estación #3 se utiliza para otras tareas y, una vez finalizado el proceso, se realiza una inspección.

#### 4.3.4.3. Estación empaque

Otras de las situaciones que presenta la línea es con respecto a la estación de empaque. La distribución de los equipos genera dificultades a la hora de realizar los debidos procesos, ya que una de las estaciones comparte procesos diferentes, lo que genera retrasos a la hora de tener el material final listo. No cuentan con el espacio suficiente para tener dos operarios dentro de la misma estación para realizar los respectivos procesos, ya que la impresión de la etiqueta es para la estación de DFU, que es donde se inicia el proceso de empaque.

Otra de las situaciones que se observó con la respectiva estación es que cuenta con un espacio muy pequeño para el almacenamiento del material terminado, lo que les preocupa mucho ya que si sufre algún daño podría generar un alto costo en la pérdida del producto. Según la información brindada por el supervisor y el departamento de finanzas, el costo del material terminado ronda los \$600.

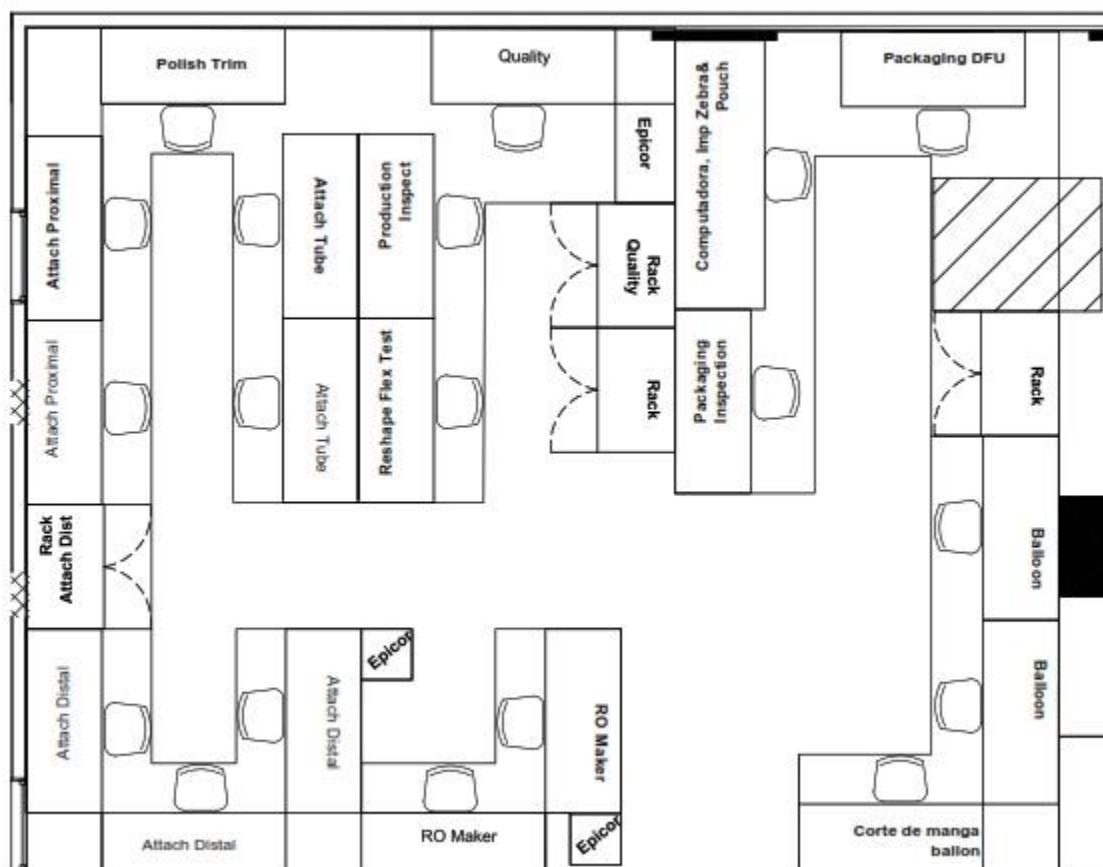


Figura 21 Espacio Empaque

Como se observa en la figura anterior, en el cuadro con líneas diagonales es el espacio para almacenar el producto terminado por lo que es un espacio muy reducido para el material final, ya que el proceso de material final se realiza en el momento que el producto quede listo para exportar, por lo que pueden llegar a ser hasta 300 unidades finales terminadas y almacenadas en ese espacio, por lo que un accidente que pierda 100 unidades finales puede llegar a ser un impacto de hasta \$60000 con base a la información brindada por el departamento financiero.

#### 4.3.5. El recurso humano

La mala distribución en el cuarto limpio puede generar una serie de problemas en la línea de producción, como el uso ineficiente del espacio, largos recorridos para acceder a los equipos y herramientas compartidas, y una mala visibilidad de los líderes de producción.

Estos problemas pueden afectar negativamente la productividad y la calidad del producto.

Una posible causa de esta mala distribución podría ser la falta de consideración de las métricas de recursos humanos al planear la distribución de la línea de producción. Si no se evalúa adecuadamente la cantidad y habilidades del personal disponible, así como las necesidades de la línea de producción, puede ser difícil asignar adecuadamente a los trabajadores y distribuir de manera óptima los equipos y herramientas.

Otra posible causa podría ser la falta de monitoreo de KPIs relevantes para la eficiencia de la línea de producción. Si los líderes de producción no están monitoreando los KPIs y no están identificando oportunidades para la capacitación del personal o la mejora de los procesos de producción, puede ser difícil optimizar la distribución de la línea de producción.

En resumen, para mejorar la distribución de la línea de producción en un cuarto limpio, es importante considerar las métricas de recursos humanos y monitorear los KPIs relevantes para la eficiencia de la línea de producción. Esto permitirá identificar áreas de oportunidad para la capacitación del personal y para la implementación de mejoras en los procesos de producción, lo que a su vez mejorará la eficiencia y la calidad del producto.

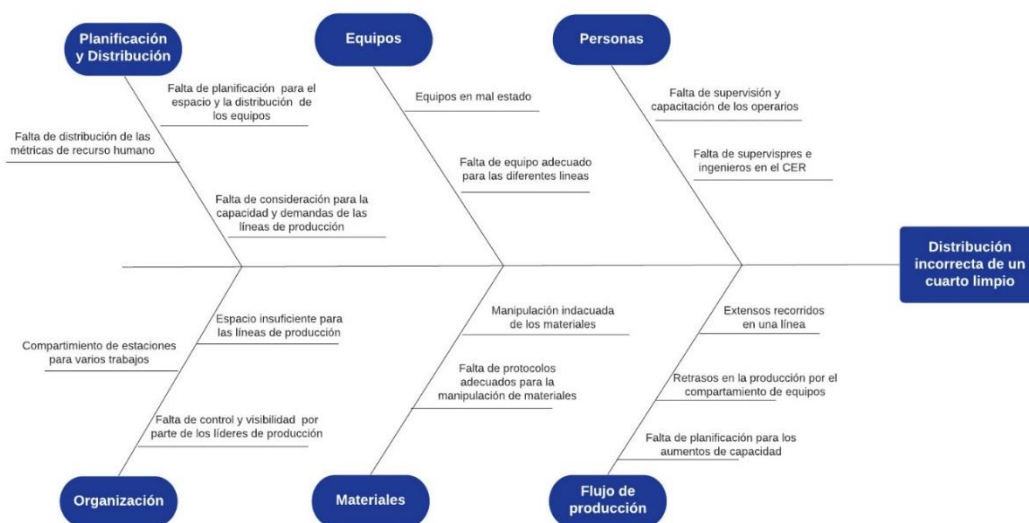
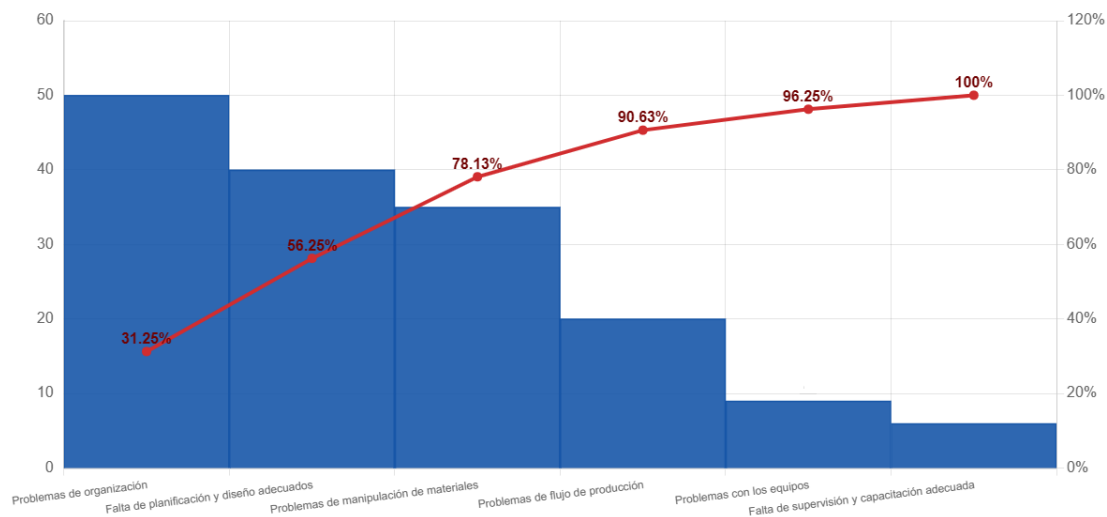


Figura 22

Diagrama de Ishikawa elaboración propia

En este caso, el diagrama de Ishikawa identifica una serie de causas y subcausas asociadas con la distribución incorrecta del cuarto limpio. Algunas de las causas incluyen la falta de planificación y diseño adecuados, problemas con los equipos, falta de supervisión y capacitación adecuada, problemas de organización, problemas de manipulación de materiales y problemas de flujo de producción.



*Figura 23 Diagrama de Pareto Elaboración propia*

En el caso de una mala distribución de planta debido a la falta de organización, el diagrama de Pareto muestra que el 80% del problema se debe a la falta de organización. Esto significa que, de todos los factores que contribuyen a una mala distribución de planta, el 80% del problema se debe a la falta de organización.

Es importante destacar que la utilización del diagrama de Pareto no significa que se deba ignorar el otro 20% del problema, sino que debe ser abordado también en su debido momento. Pero la prioridad es resolver la falta de organización para tener un impacto significativo en la mejora de la distribución de planta.

# **CAPITULO V**

# **PROPUESTA**

En este capítulo se presentará la propuesta para mejorar el diseño del cuarto de producción, con el objetivo de optimizar los procesos y recorridos que se encuentran dentro del CER. Se tomará en cuenta cada una de las estaciones y sus recorridos para lograr una continuidad en los flujos de las líneas, con el objetivo de reducir los tiempos de producción y aumentar la eficiencia en la generación de unidades finales. Se espera que esta mejora contribuya a generar mayores ingresos dentro de las líneas de producción.

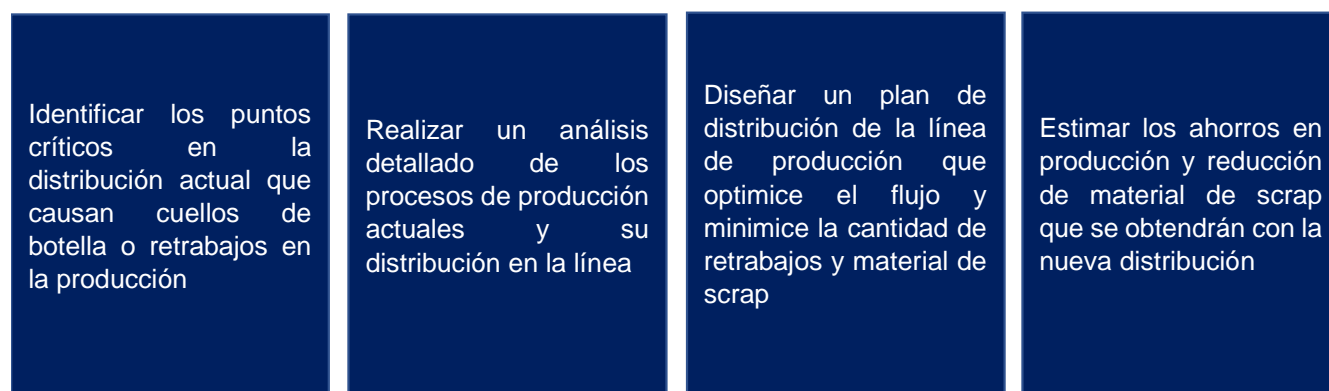
Para este capítulo, se presentarán dos escenarios en los que se pondrán diversas situaciones que puedan beneficiar a la empresa de manera positiva. Además, se explorará la posibilidad de inversión en la mejora del diseño lo que podría generar nuevas fuentes de trabajo. Se analizará cuidadosamente cada escenario para determinar la viabilidad de cada propuesta y seleccionar la opción que ofrezca el mayor potencial de crecimiento y rentabilidad de la empresa.

## **5.1. Estrategias para el rediseño del cuarto de producción**

### **5.1.1. Metas y estrategias**

#### **5.1.1.1. Metas**

Las siguientes metas son obtenidas, bajo el desarrollo de la investigación realizadas durante el proyecto, y que deben ir alineadas junto con la organización y en mira de las mejoras para el crecimiento de la empresa.



*Figura 24 Metas de la propuesta de redistribución*

### 5.1.1.2. Estrategias

A continuación, se presentan unas series de estrategias que se utilizarán para que la propuesta que se implemente no llegue a afectar las producciones de la empresa.

- ✚ Crear junto con el departamento de planing, movimientos de estaciones y equipo que no requiera validación, según la demanda de producción que tengan las líneas.
- ✚ Aprovechar las dos semanas de **Shut Down** que se realizan durante la época de fin año para realizar los trabajos respectivos dentro del cuarto.
- ✚ Primera semana de shut down, revisión de conexiones, movimiento de estaciones de trabajo, así como de los equipos
- ✚ Segunda semana shut down, validación y calibración de equipos, tanto los que se trabajan de manera interna, como los que se trabajan con proveedor.
- ✚ Planificar con el departamento de microbiología, los puntos estratégicos y de riesgos de contaminación del cuarto, para tenerlos bajo constante vigilancia.

### 5.1.2. Métricas

En este apartado, veremos las métricas que se tomarán en cuenta para el proceso de rediseño del cuarto de producción, donde se evaluarán las áreas de recurso humano, así como la parte financiera, esto para establecer indicadores que logren puntuar y comparar el rendimiento que tendría el mejoramiento de las líneas de producción.

#### 5.1.2.1. Métricas recurso humano

Las métricas de recursos humanos son relevantes para una redistribución de planta porque la asignación adecuada de los recursos humanos es esencial para una eficiente distribución de la línea de producción. Es necesario evaluar la cantidad y habilidades del personal disponible, y determinar cómo se pueden distribuir de manera óptima en los diferentes procesos de producción.

Al monitorear métricas con el KPI (Key Performance Indicator) por sus siglas en inglés, se pueden identificar áreas de oportunidad para la capacitación del personal y para la implementación de mejoras en los procesos de producción. De esta manera, se puede

asegurar que el personal esté preparado para la nueva distribución de la planta y que pueda trabajar de manera efectiva y eficiente en el nuevo entorno.

### 5.1.2.1.1. Eficiencia

Tabla 16 Métricas OEE

Nombre de la métrica	Eficiencia global de equipos
Identificador	ME-RH-001
Encargado	Departamento de mejora continua
Descripción	Para poder realizar de una mejor manera el desarrollo de los rediseños es importante tomar en cuenta el tiempo máquina y horas hombre a trabajar para determinar si las líneas a la vez requieren de más equipos.
Forma de cálculo	$OEE = \frac{(D)}{(A)} = \frac{\text{Tiempo Productivo}}{\text{Tiempo Planificado}}$ $\text{Tasa Disponibilidad} = \frac{(B)}{(A)} = \frac{\text{Tiempo Operativo}}{\text{Tiempo Planificado}}$ $\text{Tasa Rendimiento} = \frac{(C)}{(B)} = \frac{\text{Tiempo Funcionamiento}}{\text{Tiempo Operativo}}$ $\text{Tasa Calidad} = \frac{(D)}{(C)} = \frac{\text{Tiempo Productivo}}{\text{Tiempo Funcionamiento}}$ <p>Donde (A) = Tiempo planificado para producir, (B) = Tiempo Operativo, (C) = Tiempo de funcionamiento, (D) = Tiempo productivo</p> <p>Fuente: (CDI Consultorías)</p>
Frecuencia de medición	Semanal

Fuente: Elaboración propia

### 5.1.2.1.2. Productividad

Tabla 17 Métricas productividad

Nombre de la métrica	Productividad
Identificador	ME-RH-002
Encargado	Departamento de mejora continua / Producción
Descripción	Bajo la productividad podremos analizar de mejor manera, como se podría mejorar las líneas con las mejoras a realizar, como parte del plan del rediseño.
Forma de cálculo	$\text{Productividad} = \text{Eficiencia} * \text{Calidad}$ $\text{Productividad} = \frac{\text{Tiempo real}}{\text{Tiempo disponible}} * \frac{\text{Unidades producidas}}{\text{Unidades planificadas}}$ <p>Fuente: (CDI Consultorías)</p>
Frecuencia de medición	Diaria

Fuente: Elaboración propia

### 5.1.2.1.3. Tasa de efectos

Tabla 18 Métrica tasa de efectos

Nombre de la métrica	Tasa de efectos
Identificador	ME-RH-003
Encargado	Departamento de mejora continua
Descripción	La tasa de efectos es uno de los puntos importante dentro de las métricas a utilizar, ya que se puede ver el impacto que pueda tener el material de scrap en la producción y como poder evitar estas situaciones con las nuevas mejoras.
Forma de cálculo	$Tasa\ de\ efectos = \frac{Cantidad\ fabricada\ no\ conforme}{Cantidad\ fabricada\ total}$ <p>Fuente: (CDI Consultorías)</p>
Frecuencia de medición	Semanal

Fuente: Elaboración propia

### 5.1.2.2. Métricas financieras

#### 5.1.2.2.1. Medición de los costos facilidades

Tabla 19 Métrica de los gastos de facilidades

Nombre de la métrica	Gastos operativos
Identificador	ME-FI-001
Encargado	Departamento de facilidades
Descripción	Se medirá la oportunidad de inversión, más los gastos operativos que se realicen dentro de la línea, para ver la viabilidad del proyecto.
Forma de cálculo	$Gastos\ operarios = Validación\ de\ equipos + nuevas\ instalaciones + movimientos\ de\ las\ líneas$ <p>Fuente: (Flores, 2018)</p>
Frecuencia de medición	Una vez

Fuente: Elaboración propia

#### 5.1.2.2.2. Medición sobre la inversión

Tabla 20 Métrica sobre la inversión

Nombre de la métrica	Retorno sobre la inversión
Identificador	ME-FI-002

Encargado	Departamento financiero
Descripción	Es importante estudiar el crecimiento dentro de la organización, esto tomando en cuenta la mejora de los procesos y la rentabilidad que esto puede estar generando.
Forma de cálculo	$ROI = \frac{(\text{valor obtenido de beneficio} - \text{valor total de inversión})}{\text{valor de la inversión}}$ <p style="text-align: center;">Fuente: (Nogueira, 2018)</p>
Frecuencia de medición	Trimestral

Fuente: Elaboración propia

### 5.1.2.2.3. Cálculo del TIR y VAN

Nombre de la métrica	Calcular TIR y VAN
Identificador	ME-FI-003
Encargado	Departamento financiero
Descripción	El objetivo de esta métrica es saber si el cuarto de producción está generando valor agregado que la compañía necesita, es decir la relación costo-beneficio en la asignación del presupuesto para el departamento de producción
Forma de cálculo	$VAN = \sum_{n=1}^N \frac{Q_n}{(1 + TIR)^n} - I = 0$ <p>Donde:  <math>Q_n</math> = es el flujo de caja en el periodo n.  <math>n</math> = es el número de periodos.  <math>I</math> = es el valor de la inversión inicial</p> <p style="text-align: center;"> <math display="block">TIR = \left[ -I + \left[ \frac{FC}{(1+X)^n} \right] \dots \right] = 0</math> </p> <p style="text-align: center;">Fuente: (Durst, 2020)</p>
Frecuencia de medición	Trimestral

Fuente : Elaboración propia.

### 5.1.3. Planeación de la función del rediseño del cuarto

A continuación, se definen las bases para determinar el nivel de madures deseable del funcionamiento correcto del rediseño de la planta de producción, para esto se

establecerá la dirección deseada de la propuesta, según las necesidades que presenta la empresa.

#### **5.1.3.1. Dirección de los procesos**

Los procesos de las diferentes líneas de producción dentro del cuarto de producción son la base fundamental del CER, por lo que se presentan los principios que buscaran dar guía a la nueva distribución del cuarto limpio, los cuales son:

- ✚ **Eficiencia y efectividad:** Los procesos deben ser lo óptimos posibles, en el uso de los recursos cumpliendo con un resultado satisfactorio que cumpla con la finalidad de este principio.
- ✚ **Mejores prácticas:** Se diseñarán mejores prácticas con el colaborador y líder de las diferentes líneas de producción, para que los procesos presenten resultados conformes a lo esperado.
- ✚ **Mejora continua:** Los procesos deben apuntar a tener una constante mejora continua, se deben revisar los resultados de los indicadores que se vayan a implementar y desarrollar mejorar a los procesos necesarios para alcanzar niveles de desempeño superiores.

### **5.2. Escenarios de la nueva propuesta de distribución**

En esta sección veremos los dos escenarios planteados para la propuesta de mejora de la distribución del cuarto de producción, donde se planteará la mejora a las líneas de producción y el objetivo principal de la empresa que la oportunidad espacio para inversión, así como, partes estratégicas que llevaron a que ambas propuestas se realizaran acorde a planificación, con los departamentos respectivos.

#### **5.2.1. Estrategias para los cambios**

Los cambios por realizar se planean realizar por medio de las estrategias mencionadas en los puntos anteriores, de los cuales en cada una se toman varios puntos a considerar y que se verán de manera más definida en este punto.

##### **5.2.1.1. Planificación de movimiento de las líneas**

En conjunto con el departamento de planificación y el equipo de calibraciones se toman en cuenta los siguientes puntos para desarrollar la estrategia:

- ✚ Identificar las estaciones de trabajo y equipos que no requieren validación y que se pueden mover sin afectar la calidad del producto.
- ✚ Trabajar en colaboración con el departamento de planificación para determinar la demanda de producción de las líneas y cuáles estaciones y equipos serían necesarios en cada momento.
- ✚ Desarrollar un plan de movimientos de estaciones y equipos que se ajuste a la demanda de producción y que permita una mejor distribución de las líneas de producción.
- ✚ Establecer indicadores de desempeño o KPI para medir la eficacia de la nueva estrategia y su impacto en la productividad, calidad y satisfacción del personal.
- ✚ Implementar la nueva estrategia y monitorear los indicadores de desempeño para evaluar su efectividad.
- ✚ Realizar ajustes y mejoras continuas en la estrategia en función de los resultados obtenidos y las retroalimentaciones recibidas de los trabajadores y supervisores de la línea de producción.

#### **5.2.1.2. Shutdown**

Se podrán aprovechar las semanas de Shut Down para realizar los trabajos necesarios dentro del cuarto limpio, minimizando los impactos en la producción y garantizando la calidad del producto. Además, se estará maximizando el uso del tiempo disponible y asegurando que los trabajos se realicen de forma planificada y eficiente tomando en cuenta los siguientes puntos:

- ✚ Identificar los trabajos que se necesitan realizar dentro del cuarto limpio durante el período de Shut Down.
- ✚ Priorizar los trabajos según su importancia y urgencia, considerando los impactos en la producción y en la calidad del producto.
- ✚ Planificar los recursos necesarios para llevar a cabo los trabajos, incluyendo personal, equipos, materiales y herramientas.
- ✚ Definir los procedimientos y protocolos de trabajo, considerando las buenas prácticas de fabricación y los requisitos regulatorios aplicables.

- ✚ Capacitar al personal involucrado en los trabajos, asegurando que cuenten con los conocimientos y habilidades necesarios para realizar sus tareas de forma segura y eficiente.
- ✚ Realizar una evaluación de riesgos previa a los trabajos, identificando posibles riesgos y estableciendo medidas preventivas y de contingencia.
- ✚ Comunicar a los diferentes departamentos involucrados en la producción y al personal de apoyo sobre los trabajos a realizar y los impactos en la operación de la planta.
- ✚ Ejecutar los trabajos planificados durante el período de Shut Down, asegurando el cumplimiento de los procedimientos y protocolos establecidos, así como las normas de seguridad y calidad.
- ✚ Realizar un seguimiento y evaluación de los resultados obtenidos, comparando los indicadores de rendimiento antes y después de los trabajos, y ajustando la estrategia según sea necesario.

### **5.2.1.3. Planificación Shutdowns**

También se plantean las mejoras de cada una de las líneas generando recorridos más lineales, que ayuden al flujo de producción, para que tenga una producción más continua sin necesidad de realizar recorridos extensos; así como también se tomaron varios puntos a considerar, para que la propuesta fuera ajustada a las necesidades de la empresa, los cuales fueron los siguientes.

- ✚ Identificación de equipos portables y no portables para las validaciones necesarias
- ✚ Planear con el personal de calibraciones, cuales equipos necesitaban más tiempo, y cuales equipos los calibraba un proveedor externo.
- ✚ Ubicación de las estaciones acorde las necesidades de la línea para que no se vea afectado el material durante el proceso.
- ✚ Evaluación con el departamento de planificación el comportamiento de las líneas, tanto en aumento o disminución de capacidad, incluso la detención de estas por periodos estratégicos.

#### 5.2.1.4. Primer Semana Shutdown

Con esta estrategia, se busca optimizar la distribución de la línea y mejorar el flujo de procesos dentro del cuarto limpio, aprovechando la semana de shut down para realizar los movimientos y revisiones necesarias sin afectar la producción y la calidad del producto, a esta sección se evalúan los siguientes puntos:

- ✚ Identificar las estaciones de trabajo y equipos que se pueden mover sin afectar la producción y la calidad del producto.
- ✚ Establecer un plan de movimientos de estaciones de trabajo y equipos que mejore la distribución de la línea y el flujo de procesos.
- ✚ Realizar una revisión de las conexiones eléctricas, neumáticas y de agua de las estaciones de trabajo y equipos para detectar posibles fallas o mejoras.
- ✚ Realizar una limpieza profunda de las estaciones de trabajo y equipos antes de moverlos.
- ✚ Realizar el movimiento de estaciones de trabajo y equipos, siguiendo el plan establecido.
- ✚ Realizar una nueva revisión de las conexiones eléctricas, neumáticas y de agua de las estaciones de trabajo y equipos después del movimiento, para verificar que todo esté funcionando correctamente.

#### 5.2.1.5. Segunda Semana Shutdown

Con anticipación, se realizaría una planificación las actividades que se harán durante la segunda semana de shut down, considerando la validación y calibración de los equipos, tomando los siguientes puntos:

- ✚ Identificar todos los equipos que necesitan ser validados y calibrados durante el shut down, tanto los equipos internos como los que se trabajan con proveedores.
- ✚ Definir los criterios de validación y calibración para cada uno de los equipos identificados, considerando las normativas y regulaciones aplicables.
- ✚ Asignar responsabilidades claras y definidas a los miembros del equipo encargados de realizar la validación y calibración de los equipos.

- ✚ Durante la segunda semana de shut down, llevar a cabo las actividades de validación y calibración de los equipos identificados, asegurándose de seguir los criterios establecidos.
- ✚ Documentar todas las actividades realizadas durante la validación y calibración de los equipos, incluyendo los resultados obtenidos, para poder hacer seguimiento y mantener un registro adecuado.
- ✚ Realizar un seguimiento de los equipos validados y calibrados para asegurar que continúen funcionando adecuadamente y cumpliendo con las normativas y regulaciones aplicables.

#### **5.2.1.6. Planificación con el equipo de microbiología**

El punto más importante de las estrategias a realizar es en conjunto con el departamento de microbiología se evalúan los siguientes puntos:

- ✚ Realizar una evaluación de riesgos para identificar los puntos críticos de control y establecer medidas preventivas y correctivas.
- ✚ Crear un plan de monitoreo ambiental y microbiológico para asegurar que los niveles de contaminación se mantengan dentro de los límites aceptables.
- ✚ Establecer procedimientos de limpieza y desinfección adecuados para minimizar la propagación de microorganismos.
- ✚ Proporcionar capacitación a los empleados sobre las buenas prácticas de higiene y control de contaminación.
- ✚ Implementar un sistema de registro y documentación para mantener un registro de las actividades de monitoreo y control de contaminación.

#### **5.2.2. Puntos para considerar dentro de la propuesta**

Dentro de la propuesta también se toman varios puntos, desde el departamento de planificación, así como el equipo de producción, en este caso la gerencia y el supervisor del cuarto, lo cuales fueron en este caso para la línea #2

- ✚ Se ubica en un mismo espacio en conjunto con línea 5, y línea 6, esto debido que todas las líneas cuenta con equipos como hornos, así como VHS, por lo que ubicarlos en un mismo lugar, ayudaría a tener un flujo dentro de las líneas, así

como también una planificación más concreta, para que cuando línea 2 aumente su capacidad pueda aprovechar las estaciones de las otras líneas que se detendrían de forma planificada en el mismo periodo del aumento de capacidad, esto para que no se vean afectadas las producciones y no se impacte a nivel económico.

- ✚ Dentro del espacio que se encuentran Línea 2,5 y 6 se encuentra el segundo horno que necesita línea 2 para producir sin problema, lo que beneficia a la línea a un aumento progresivo de la producción diaria, siempre y cuando la capacidad de las estaciones con las que cuenta sean las necesarias.
- ✚ Las otras líneas también comparten la estación final, por lo que los procesos dentro de ambas líneas en conjunto con la línea 2, se ubica para que el material vaya al proceso de empaque sin necesidad de realizar recorridos extensos, y solo con mover el material a la estación misma.
- ✚ Se verifica con el departamento de facilidades, que las conexiones existentes en este punto puedan utilizarse con la capacidad adecuada para que las maquinas no sufran ningún inconveniente y puedan trabajar con normalidad.
- ✚ Se propone que para línea 5 así como línea 6 realizar un estudio para aumentar capacidad con las mismas estaciones con las que cuentan, así crear la oportunidad de contratar más personal, ya que actualmente ambas líneas cuentan con 2 operarios cada uno para 4 procesos diferentes, esto debido a que cumplen con capacidad.

El uso del diagrama de recorrido permitió identificar áreas de mejora en los diseños anteriores del cuarto de producción. Al analizar el flujo de los procesos en detalle, se pudo detectar puntos críticos que generaban congestión y retrasos en la producción. Al utilizar esta herramienta para generar la propuesta de redistribución del cuarto limpio, se pudo diseñar un espacio más eficiente y con un flujo de procesos optimizado, lo que

permitió reducir los tiempos de producción y aumentar la eficiencia en la generación de unidades finales.

### Propuesta de distribución de las líneas

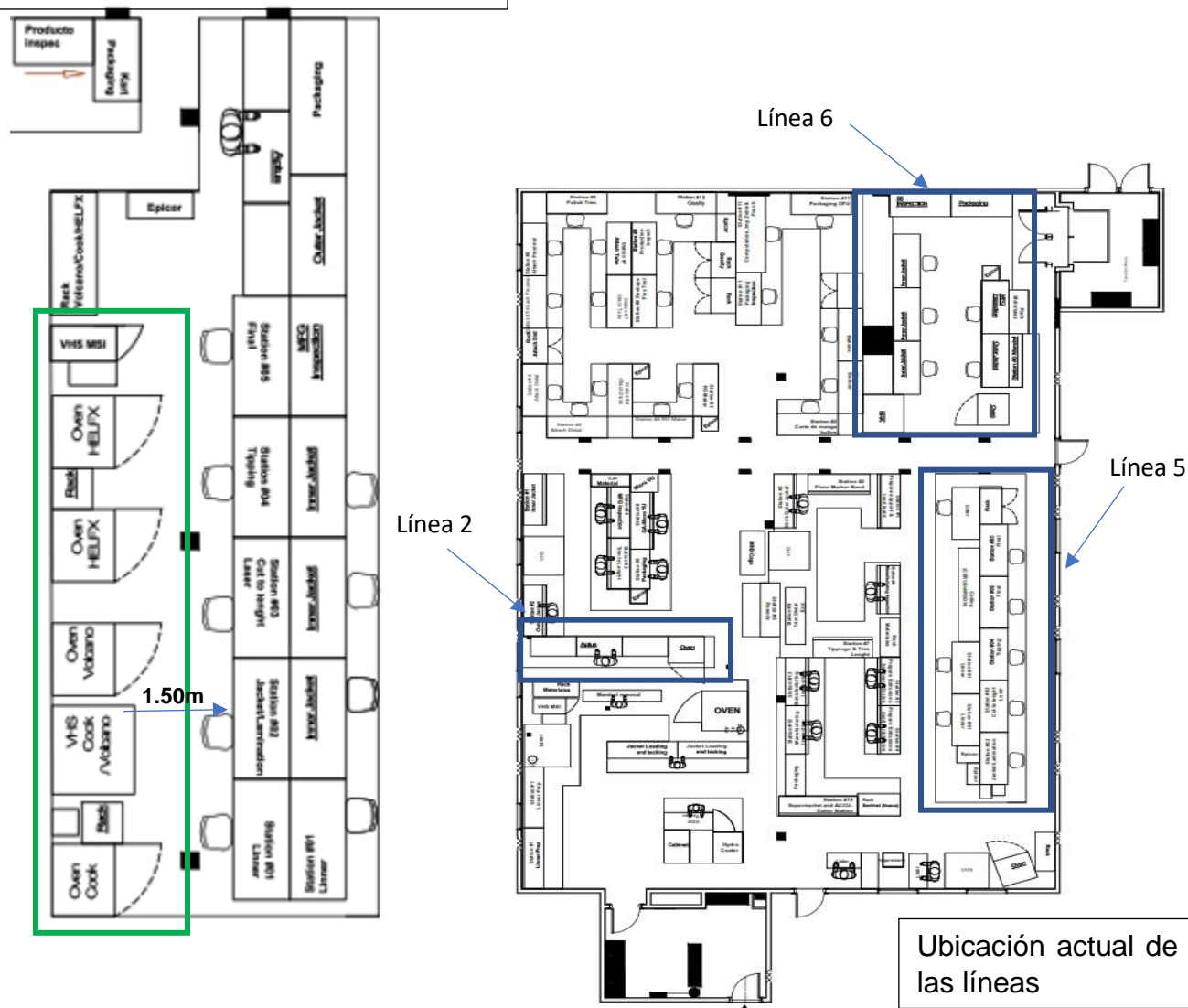
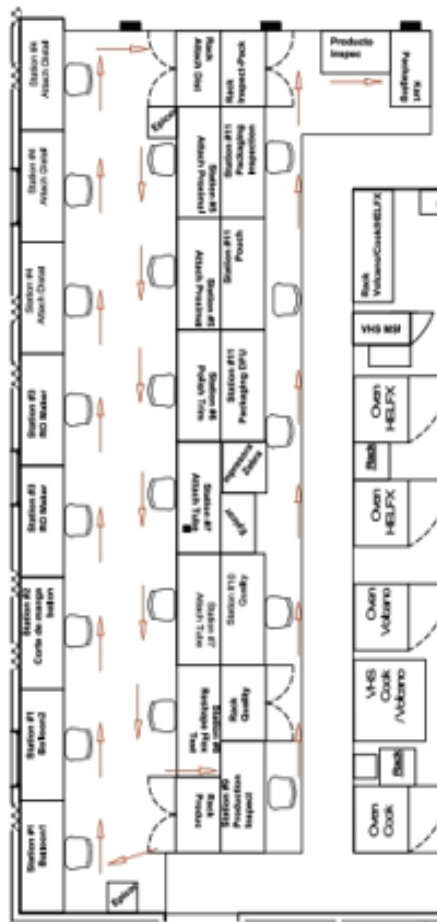


Figura 25 Propuesta y Ubicación actual Línea 2, 5 y 6

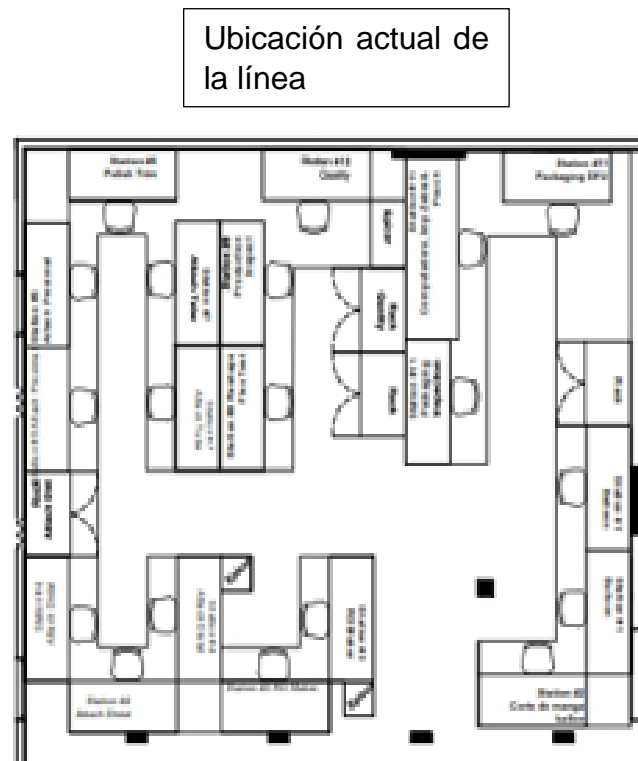
Como se observa en el cuadro de color verde, los equipos que comparten la misma ubicación, según el estudio de ingeniería realizado para ver si podría existir una afectación dentro de los productos por el tipo de calor que emanan, muestran que a un máximo de 1.50m de la materia, el impacto de material es nulo, por lo que fue uno de los puntos a tomar en cuenta para que se pudieran ubicar en la propuesta.

Para la línea #7 al contar con una cantidad de estaciones altas, también se tomaron en cuenta varios puntos, así como la solución a la problemática con la conexión de los equipos de las estaciones 1 y 2, para que las líneas trabajen de manera fluida, dentro de los puntos mencionados, entre los principales dentro de la propuesta se encuentran:

- ✚ La conexión de las estaciones #1 y #2 dentro de la ubicación propuesta, se realiza estudio junto con el ingeniero de manufactura y el técnico, para ver que la capacidad de las conexiones sea las óptimas para la mejora de las estaciones.
- ✚ Recorridos más fluidos sin necesidad de estar moviéndose a diferentes estaciones para luego volver.
- ✚ Generar espacios necesarios para que el material de empaque, este ubicado sin necesidad de que durante el proceso se vea involucradas operaciones de otras líneas.
- ✚ Dividir, las estaciones donde se encuentra la impresora zebra, para que sea parte del primer proceso de empaque.



Propuesta de distribución de la línea



Ubicación actual de la línea

Figura 26 Propuesta y ubicación actual línea #7

A la vez con el equipo tanto líderes, ingeniería, calidad, y el supervisor a cargo se tomaron los siguientes puntos realizar la propuesta de la línea #4, cumpliendo con puntos que pueden beneficiar a una eventual auditoría y que la línea ni la empresa se vea afectada, dentro de los puntos están.

- ✚ Aprovechamiento de los espacios del diseño anterior para hacer un recorrido de una manera más lineal.
- ✚ Colocación de la mesa de retrabajo contiguo a la VHS para evitar realizar recorridos extensos, las situaciones con materiales que se puedan perder y generar más pérdidas de la línea.
- ✚ Colocación de otra mesa de retrabajo antes del proceso final por sugerencia del equipo de la línea.

- Validar con el departamento de planificación, la posibilidad de realizar planes para el crecimiento de la línea, acorde a las necesidades de la empresa.

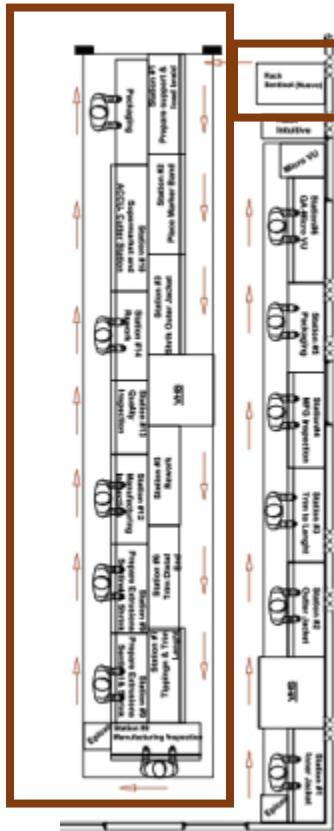


Figura 27 Propuesta línea #4

A su vez vemos dentro de la figura anterior, que otra de las líneas, que se aprecia dentro del cuadro de color verde, se ve beneficiada en el flujo de producción; también cabe destacar que, dentro de todas las mejoras, uno de los principales puntos es que todas las líneas tienen su lineal final en una misma ubicación, esto para que el transporte del material hacia fuera del cuarto limpio sea más fácil.



Como se observa las flechas azules indican el recorrido que realizan las líneas al transportar el material final fuera del cuarto, lo que no afectaría ninguna línea de producción ya que como estrategia se utilizarían en un lugar donde no hay flujo de materiales.

### **5.2.3. Escenario 1**

Esta propuesta se desarrolla acorde a las necesidades y problemáticas que presenta el cuarto de producción, con respecto el análisis del capítulo anterior, como punto importante a mencionar, es que cada una de las líneas no se ve afectada a nivel de procedimientos, o parámetros de equipos, sino que lo que se busca es mejorar las líneas a nivel de recorridos y buscar que se reduzcan los tiempos de transporte, así como mejora en la conexión de los equipos para que el trabajo de las líneas sea continuo, así como la ubicación de los líderes de producción que tengan mejor oportunidad de seguimiento a las líneas, así como la presencia del equipo de producción y manufactura dentro del CER.

En la siguiente figura se muestra el primer diseño realizado, se tomaron en cuenta varios aspectos, así como el aprovechamiento de los espacios para la ubicación de cada una de las líneas de producción.





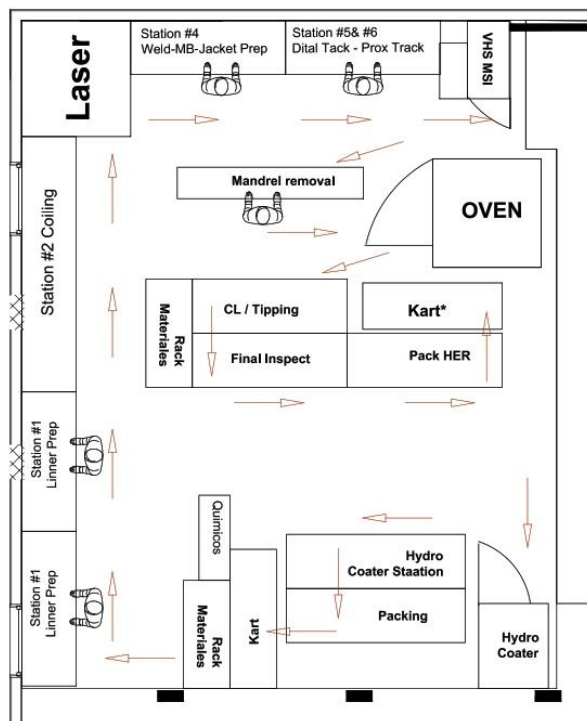


Figura 30 Propuesta línea #1

#### 5.2.4. Costos escenario 1

Como parte del desarrollo de la propuesta nos enfocamos en analizar la relación entre los gastos y la oportunidad de inversión para satisfacer la principal necesidad de la gerencia de producción. Para ayudarnos a entender mejor esta relación, en conjunto con el departamento de finanzas se proporciona una tabla detallando los gastos y la oportunidad de inversión para el primer escenario.

Estos cálculos fueron realizados, gracias a cotizaciones y recibos con los que cuenta el departamento de finanzas y que por cuestiones confidenciales no se pueden mostrar, donde se obtiene el estimado de los gastos que se necesitan realizar para el desarrollo del primer escenario.

Otro de los puntos a tomar en cuenta a nivel de la inversión realizada, es que solo con la oportunidad de inversión acorde a la necesidad del espacio, se realizarán los movimientos para que el espacio disponible no sea efecto de perdidas dentro de la empresa.

Tabla 21 Tabla de gastos escenario #1

Gastos de propuesta escenario 1			
Descripción	Precio unitario	Cantidad	Total
Calibraciones equipos	\$4000	8	\$32000
Colocación de nuevos polos	\$300	4	\$1200
Estaciones de línea #1	\$100	5	\$500
Gastos totales			\$33700
Oportunidad de inversión			
Descripción	Precio m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup> disponibles	Total
Espacio disponible dentro cuarto	\$2500	61	\$152500
Costo total Inversión vs Gastos			\$118800
<b>Observación:</b> En este punto no se muestran servicios básicos ya que la planta paga cuentas generales de todo el edificio.			

Elaboración: Departamento de finanzas

### 5.2.5. Escenario 2

Dentro del escenario 2 de la propuesta, se mantiene las mismas situaciones del escenario 1, con la única diferencia, de que la línea #1 se mueve a otro cuarto de producción, esto debido a que, por parte del departamento de proyectos, estiman un crecimiento más grande dentro de la línea, por lo que no ven dentro del cuarto de producción en estudio, una capacidad adecuada para poder cumplir con el crecimiento previsto para la línea.

Como se observa en la siguiente figura, a diferencia del escenario 1, el espacio que podría generar el movimiento de la línea #1 a otro cuarto de producción sería de 111m<sup>2</sup> a su vez, genera la oportunidad de que el equipo de calidad se encuentre más involucrado dentro del cuarto limpio, lo que podría generar una reducción importante de material perdido por scrap, ya sea dentro del proceso o por materia prima.

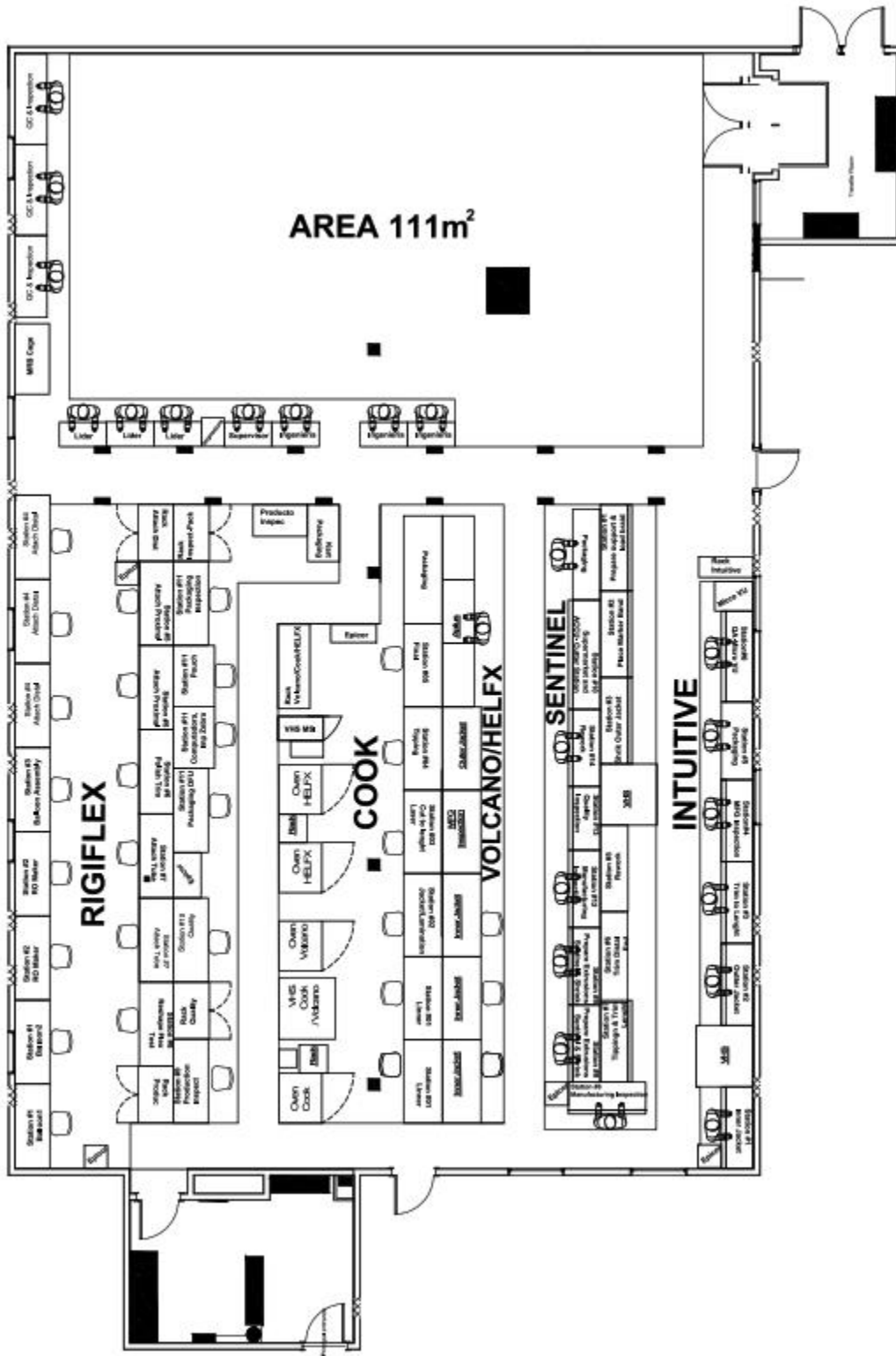


Figura 31 Escenario #2

Otro de los puntos a considerar a favor de la propuesta, es que los movimientos que se realicen dentro del escenario 2, la línea #1 no se incluye dentro del presupuesto que buscan tener para la mejora, ya que el presupuesto vendría por parte del departamento de proyectos que serían los involucrados con la línea.

### 5.2.6. Costos escenario 2

En este segundo escenario, nos enfocaremos en analizar las posibilidades de inversión a un costo menor o similar al escenario 1, pero con un beneficio potencial igualmente satisfactorio.

Además, es importante mencionar que cualquier inversión que se realice se enfocará en satisfacer la necesidad del espacio sin generar pérdidas adicionales para la empresa. Nuestro objetivo es encontrar la mejor oportunidad de inversión para lograr un resultado positivo tanto para la gerencia de producción como para la empresa en general. Con esto en mente, trabajaremos en colaboración con el departamento de producción para determinar cuál de los dos escenarios propuestos es la mejor opción.

Tabla 22 Tabla de gastos escenario #2

Gastos de propuesta escenario 2			
Descripción	Precio unitario	Cantidad	Total
Calibraciones equipos	\$4000	8	\$32000
Colocación de nuevos polos	\$300	4	\$1200
Gastos totales			\$33200
Oportunidad de inversión			
Descripción	Precio m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup> disponibles	Total
Espacio disponible dentro cuarto	\$2500	111	\$277500
Costo total Inversión vs Gastos			\$244300

Elaboración: Departamento de finanzas

El beneficio económico de tener un espacio libre en el escenario 2 como se muestra en el cuadro anterior, es que permite a la empresa atraer nuevas inversiones y generar más ingresos a través de la implementación de nuevas líneas de producción. Si la empresa aprovecha este espacio para introducir nuevos equipos y tecnologías, podría aumentar su capacidad de producción y diversificar su oferta de productos, lo que puede llevar a un aumento en las ventas y la rentabilidad.

Además, la capacidad de la empresa para atraer nuevas inversiones es un factor importante en su capacidad para crecer y mantenerse competitiva en el mercado. La inversión en nuevas líneas de producción puede ayudar a la empresa a mantenerse al día con las demandas del mercado y a mejorar su posición en relación con sus competidores. En resumen, el beneficio económico de tener un espacio libre en el escenario 2 es la oportunidad de generar nuevas inversiones y el crecimiento de la empresa, lo que puede llevar a un aumento en la rentabilidad y la competitividad en el mercado.

**CAPITULO VI**

**CONCLUSIONES Y**

**RECOMENDACIONES**

En esta sección presentaremos las conclusiones y recomendaciones resultantes de la investigación realizada en este proyecto de graduación, con relación a los objetivos establecidos en el primer capítulo y los resultados obtenidos a través de las herramientas de investigación aplicadas en la empresa.

Las recomendaciones son fundamentales, ya que son las que permitirán reducir los problemas en la empresa y aplicar soluciones efectivas y eficientes. No todas las recomendaciones abordan temas específicos abordados en el desarrollo del documento, sin embargo, todas son importantes y deben ser consideradas.

En resumen, se presentarán las conclusiones principales derivadas del análisis realizado, seguido de una serie de recomendaciones que pueden ayudar a la empresa a mejorar su eficiencia y productividad.

### **5.3. Conclusiones**

- ✚ La mejora en la distribución de las líneas de producción puede ayudar a reducir los tiempos de producción y aumentar la eficiencia del proceso en general. Esto puede traducirse en una reducción en los costos de producción y una mayor capacidad para cumplir con las demandas del mercado.
- ✚ La propuesta diseñada para mejorar la distribución de las líneas de producción requiere una inversión inicial significativa en términos de costo de diseño y materiales. Sin embargo, el análisis costo-beneficio realizado muestra que esta inversión inicial puede ser recuperada en un plazo relativamente corto a través de los ahorros en costos de producción y la mejora en la eficiencia del proceso, así como la oportunidad de inversión que genere los espacios disponibles generados.
- ✚ La implementación exitosa de la propuesta depende en gran medida de la cooperación y el compromiso de todo el equipo de producción. Será necesario involucrar a los trabajadores en el proceso de implementación y proporcionarles la capacitación necesaria para adaptarse a los cambios. La comunicación y la retroalimentación constante también serán fundamentales para asegurar que la implementación de la propuesta sea efectiva y se mantenga a largo plazo.

#### 5.4. Recomendaciones

- ✚ Realizar una capacitación adecuada para todo el equipo de producción, para que puedan adaptarse a los cambios propuestos en la distribución de las líneas de producción y así aumentar la eficiencia del proceso.
- ✚ Involucrar a los trabajadores en la planificación e implementación de la propuesta, fomentando la participación y tomando en cuenta sus comentarios y sugerencias.
- ✚ Establecer un sistema de comunicación y retroalimentación constante para evaluar el desempeño de la nueva distribución de las líneas de producción y realizar ajustes necesarios para asegurar su efectividad y mantenimiento a largo plazo.

# **CAPITULO VII**

## **APENDICES Y ANEXOS**

## 6.1. Apéndices

### 6.1.1. Apéndice 1. Tabla de observaciones.

Tabla 23 Formulario para desarrollar las observaciones

Observaciones del cuarto limpio			
Fecha de la observación: 00-00-0000		N° de observación: XXXX	
Puntos a observar: Organización	Cumple		Comentarios
	Si	No	
Las líneas cuentan con la distribución adecuada.			
Cuentan con espacios determinados para colocar material final.			
Cada línea cuenta con sus equipos de cómputo para realizar el registro de los lotes en el sistema.			
Supervisores, ingeniería y los líderes de cada área cuentan con los espacios adecuados para trabajar dentro del cuarto.			
Puntos a observar: Equipos	Cumple		Comentarios
	Si	No	
Cuentan los equipos las conexiones correctas para la elaboración de los trabajos.			
Se identifican los equipos no portables y portables dentro de las áreas.			
Las líneas cuentan con sus debidos equipos dentro del flujo de trabajo.			

Posee el cuarto limpio equipos que no se estén utilizando u obsoletos que quiten espacios de mejora.			
<b>Puntos a observar: Recurso Humano</b>	<b>Cumple</b>		<b>Comentarios</b>
	<b>Si</b>	<b>No</b>	
El personal manipula de forma correcta la materia prima cuando se mueve de una estación a otra.			
Se dan capacitaciones al equipo, sobre mejoras en las áreas para un mejor flujo de trabajo.			
Identifica el personal los equipos u estaciones donde se les dificulta trabajar por el tipo de equipo o conexión que se encuentra.			
Cuentan los lideres de trabajo con la visibilidad adecuada, para darle visibilidad a las líneas.			
El personal de trabajo cuenta con las herramientas necesarias para poder realizar reportes de faltante de material dentro de la estación de trabajo.			

### 6.1.2. Apéndice 1.1. Tabla de observaciones

<b>Observaciones del cuarto limpio</b>			
<b>Fecha de la observación: 00-00-0000</b>		<b>N° de observación: XXXX</b>	
<b>Puntos a observar: Organización</b>	<b>Cumple</b>		<b>Comentarios</b>
	<b>Si</b>	<b>No</b>	

Las líneas cuentan con la distribución adecuada.	X	Las distribuciones irregulares que muestran las líneas generan mucho recorrido, en determinadas estaciones
Cuentan con espacios determinados para colocar material final.	X	Mucho del material final tienen que acumularlo en otros cuartos de producción donde se ponen en cuarentena para evitar contaminación.
Cada línea cuenta con sus equipos de cómputo para realizar el registro de los lotes en el sistema.	X	Muchos de las líneas comparten el equipo de cómputo por lo que también se generan atrasos a la hora de registrar documentación en el sistema.
Supervisores, ingeniería y los líderes de cada área cuentan con los espacios adecuados para trabajar dentro del cuarto.	X	Tanto supervisores y como ingenieros de las líneas no cuentan con su espacio dentro del cuarto lo que cuando pasan situaciones dentro del cuarto, no pueden atender de manera inmediata.
<b>Puntos a observar: Equipos</b>	<b>Cumple</b>	
	<b>Si</b>	<b>No</b>
Cuentan los equipos las conexiones correctas para la elaboración de los trabajos.	X	Hay equipos que cuentan con conexiones en paralelo por lo que un equipo trabaja con mejor potencia a diferencia del otro equipo.
Se identifican los equipos no portables y portables dentro de las áreas.	X	Los equipos cuentan con su respectivo ID, más no hay una lista

		concreta de los equipos que sean portables o no.	
Las líneas cuentan con sus debidos equipos dentro del flujo de trabajo.	X	Una de las líneas en observación no cuenta con uno de los equipos por lo que tienen que compartir con otra de las líneas que comparte los mismos parámetros para poder trabajar.	
Posee el cuarto limpio equipos que no se estén utilizando u obsoletos que quiten espacios de mejora.	X	Hay equipos que no se están utilizando y/o se encuentran en mal estado y no los sacan del cuarto de producción.	
Puntos a observar: Recurso Humano	Cumple		Comentarios
	Si	No	
El personal manipula de forma correcta la materia prima cuando se mueve de una estación a otra.	X		El personal manipula los materiales de forma correcta, pero tienen que jalarlo de manera manual por lo que puede haber riesgo de contaminación.
Se dan capacitaciones al equipo, sobre mejoras en las áreas para un mejor flujo de trabajo.	X		Los equipos de producción cuentan con entrenamientos en mejora continua que les ayuda a trabajar de una manera más fluida.
Identifica el personal los equipos u estaciones donde se les dificulta trabajar por el tipo de equipo o conexión que se encuentra.		X	El personal si identifica los equipos y/o estaciones que más difíciles de trabajar son, por lo que a veces no les gusta cuando se turnan en las estaciones porque sienten que no van a cumplir con las metas establecidas.

<p>Cuentan los lideres de trabajo con la visibilidad adecuada, para darle seguimiento a las líneas.</p>	<p>X</p>	<p>Los lideres no cuentan con un punto estratégico dentro del CER para poder darle seguimiento completo a las líneas de producción por lo que se les dificulta saber si las líneas con poca visibilidad trabajan de la forma correcta.</p>
<p>El personal de trabajo cuenta con las herramientas necesarias para poder realizar reportes de faltante de material dentro de la estación de trabajo.</p>	<p>X</p>	<p>El personal no cuenta con las herramientas o equipo necesario donde puedan notificarle al líder de la línea que cuentan con faltantes de materiales, lo que llega a generar atrasos en la producción cuando se presentan estas situaciones.</p>



Tabla 25 Toma de tiempos de la línea #1

Línea: #1			Lote: 100ea			Tiempo: Min			Fecha: 24-06-22	
Estación #1	Estación #2	Estación #3	Estación #4	Estación #5	Estación #6	Estación #7	Estación #8	Estación #9	Estación #10	Estación #11
1:02	1:30	1:45	2:00	2:30	0:45	6:00	1:00	0:55	8:00	1:15
1:03	1:35	1:46	2:00	2:30	0:47	6:00	1:03	0:57	8:00	1:20
1:02	1:36	1:43	2:00	2:30	0:49	6:00	1:01	1:00	8:00	1:17
1:02	1:38	1:48	2:00	2:30	0:50	6:00	1:02	0:56	8:00	1:17
1:02	1:40	1:43	2:00	2:30	0:45	6:00	1:05	0:55	8:00	1:15
1:06	1:36	1:47	2:00	2:30	0:50	6:00	1:03	0:54	8:00	1:19
1:04	1:37	1:45	2:00	2:30	0:43	6:00	1:04	0:56	8:00	1:16
1:09	1:40	1:45	2:00	2:30	0:45	6:00	1:04	0:56	8:00	1:20
1:07	1:35	1:46	2:00	2:30	0:46	6:00	1:03	0:57	8:00	1:20
1:02	1:36	1:43	2:00	2:30	0:47	6:00	1:02	0:55	8:00	1:15
1:02	1:32	1:47	2:00	2:30	0:48	6:00	1:01	0:59	8:00	1:16
1:03	1:33	1:49	2:00	2:30	0:50	6:00	1:04	0:56	8:00	1:18
1:05	1:35	1:43	2:00	2:30	0:45	6:00	1:03	0:58	8:00	1:15
1:02	1:36	1:45	2:00	2:30	0:45	6:00	1:04	0:55	8:00	1:17
1:02	1:40	1:47	2:00	2:30	0:46	6:00	1:02	0:55	8:00	1:19
1:02	1:35	1:46	2:00	2:30	0:49	6:00	1:03	0:59	8:00	1:15
1:02	1:37	1:48	2:00	2:30	0:50	6:00	1:02	1:00	8:00	1:20
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Toma de tiempos es basada por unidad trabajada.</li> <li>- Por cada estación se trabajan min 3 unidades – máximo 6 unidades.</li> </ul>						<ul style="list-style-type: none"> <li>- Del rack de materiales a la estación #1 hay un tiempo de recorrido de 2:30min ida y vuelta donde se transportan 12 unidades.</li> <li>- De la estación #2 a la estación #3 hay un tiempo de transporte ida y vuelta total 2min:20seg donde se transportan 12 unidades como máximo.</li> </ul>				

Tabla 26 Tabla de tiempo de la línea #7

Línea #7												
Estación #1	Estación #2	Estación #3	Estación #4	Estación #5	Estación #6	Estación #7	Estación #8	Estación #9	Estación #10	Estación #11		
1:01	2:20	1:13	1:18	8:10	5:00	1:23	0:45	0:50	1:10	1:01	0:45	1:35
1:03	2:35	1:17	1:17	8:13	5:02	1:26	0:43	0:50	1:10	1:03	0:43	1:30
1:05	2:30	1:14	1:19	8:16	5:06	1:25	0:40	0:50	1:10	1:02	0:41	1:32
1:06	2:25	1:16	1:15	8:14	5:03	1:23	0:41	0:50	1:10	1:04	0:45	1:33
1:07	2:30	1:18	1:13	8:17	5:04	1:23	0:44	0:50	1:10	1:01	0:45	1:34
1:02	2:35	1:19	1:20	8:18	5:05	1:27	0:42	0:50	1:10	1:05	0:43	1:36
1:02	2:25	1:15	1:20	8:13	5:01	1:25	0:43	0:50	1:10	1:01	0:42	1:32
1:02	2:21	1:16	1:21	8:14	5:03	1:26	0:40	0:50	1:10	1:01	0:41	1:30
1:02	2:23	1:17	1:12	8:16	5:06	1:20	0:40	0:50	1:10	1:03	0:40	1:31
1:07	2:25	1:18	1:13	8:15	5:07	1:21	0:43	0:50	1:10	1:02	0:41	1:33
1:05	2:30	1:13	1:13	8:13	5:06	1:23	0:41	0:50	1:10	1:05	0:45	1:31
1:03	2:30	1:14	1:19	8:13	5:06	1:22	0:43	0:50	1:10	1:04	0:44	1:33
1:01	2:23	1:16	1:17	8:17	5:02	1:25	0:45	0:50	1:10	1:01	0:43	1:30
1:00	2:25	1:15	1:18	8:17	5:00	1:26	0:45	0:50	1:10	1:00	0:42	1:35
1:02	2:30	1:16	1:13	8:16	5:01	1:20	0:43	0:50	1:10	1:00	0:41	1:36
1:05	2:35	1:19	1:15	8:13	5:00	1:23	0:41	0:50	1:10	1:04	0:40	1:30

## 6.2. Anexos

### 6.2.1. Carta de aceptación tesina

Creganna Medical  
Zona Industrial FLEXIPARK  
Building G6, Alajuela, Costa Rica  
Tel: +506 2106-5750



creganna.com  
te.com

Alajuela, miércoles 08 de junio de 2022

#### Estimada

Ana Catalina Leandro Sandí  
Universidad Hispanoamericana

#### Aceptación del Proyecto Final de Graduación

La presente carta es para informar que el estudiante Alexander González Hernández, portador de la cédula de identidad número 1 1619 0608, que es estudiante activo de la Universidad Hispanoamericana, cursando la carrera de Ingeniería Industrial, ha solicitado realizar el Proyecto Final de Graduación durante el segundo y tercer cuatrimestre académico, del 2022 en TE Connectivity (Creganna Medical SRL).

En consecuencia, se avala la realización del Proyecto Final de Graduación en la organización por el período establecido y su legalización estará contemplada en el convenio interinstitucional establecido por la Universidad

Cordial saludo,

**Gabriela  
Coto**

Firmado digitalmente  
por Gabriela Coto  
Fecha: 2022.06.08  
16:46:22 -06'00'

**Gabriela Coto Obando**  
**HR Solutions Partner**  
**2106-2067**

## 6.2.2. Convenio de la Empresa

Creganna Medical  
Zona Industrial FLEXIPARK  
Building G0, Alajuela, Costa Rica  
Tel: +506 2106-5750



### CONVENIO DE PASANTIA

Entre nosotros, **Enrique Saborio Pozuelo, Casado**, portador del documento de identidad **1-685-132** en mi condición de Gerente General de la empresa **Creganna Medical** cédula de persona jurídica número cedula jurídica **3 102 484387** en adelante denominado **LA EMPRESA**; y **Jose Alexander Gonzalez Hernandez, mayor, estudiante, portador** del documento de identidad **1-1619-0608** en adelante **EL PASANTE**, hemos convenido en celebrar el presente **CONVENIO DE PASANTIA**, que se regirá por la legislación costarricense y por las siguientes cláusulas:

**PRIMERA: DEL OBJETO DEL CONVENIO Y DESCRIPCIÓN.** En virtud del presente convenio, **EL PASANTE**, en su condición de estudiante de **Bachillerato en Ingeniería Industrial** de la Universidad Hispanoamericana, institución con la cual **LA EMPRESA** mantiene un convenio vigente de pasantías, formará parte del proyecto de pasantías descrito en éste, a través del cual podrá obtener los conocimientos prácticos de su respectiva carrera, mediante el aprendizaje activo y práctico en las instalaciones de **LA EMPRESA**.

Para el desarrollo de la pasantía, **LA EMPRESA** pone a disposición de **EL PASANTE**, sus instalaciones en el área de **Producción**, así como los conocimientos y experiencia de su personal en el desarrollo de proyectos de un plan de mejora continua. Dicho programa se llevará a cabo a través de la presencia de **EL PASANTE** en las instalaciones de **LA EMPRESA**, por el lapso de **4 meses, de lunes a viernes de 7:00 am a 3:00 pm**.

En caso de que **EL PASANTE** incumpla con las obligaciones derivadas del presente convenio, **LA EMPRESA** se reserva el derecho de notificar a la institución educativa a la cual pertenece **EL PASANTE**, con el fin de que se tomen las medidas del caso, incluyendo la finalización de la pasantía, según la gravedad del incumplimiento.

**SEGUNDO: TUTOR.** **LA EMPRESA** designa como tutor a la señora **Paula Jiménez, Gerente de Producción**, quien será el encargado de brindar la orientación necesaria a **EL PASANTE** durante su estadía dentro de la empresa y procurará que éste adquiera todos los conocimientos necesarios.

Creganna Medical  
 Zona Industrial FLEXIPARK  
 Building G0, Alajuela, Costa Rica  
 Tel: +506 2105-5750



**TERCERA: DE LA DURACIÓN DE LA PASANTIA Y LA AUSENCIA DE RELACION LABORAL.**

La duración de la pasantía regulada en el presente convenio es de 4 meses, contados a partir del **04 de Marzo del 2022 hasta el 31 de Agosto del 2022**. Prorrogable en caso de contar con una carta de extensión.

Ambas partes aceptan que bajo ninguna circunstancia el presente convenio será interpretado como de naturaleza laboral y que de su ejecución no surge ningún derecho relacionado para ninguna de las partes, ni la obligación de cotizar para la seguridad social costarricense.

**CUARTA: RESULTADOS ESPERADOS. EL PASANTE** se obliga a suministrar los informes que le sean solicitados por **LA EMPRESA**, la institución a la que pertenece o bien su tutor, con el fin de comprobar el avance de los conocimientos y los resultados obtenidos en la ejecución de este convenio.

**QUINTA: REEMBOLSO DE GASTOS: LA EMPRESA** entregará al **PASANTE** por concepto de reembolso de los gastos necesarios de transporte y alimentación en que éste incurra, la suma de **350 000 colones mensuales**.

**SEXTA: OBLIGACIONES DE LA EMPRESA. LA EMPRESA** debe cumplir las siguientes obligaciones:

- a. Poner todo su empeño para que **EL PASANTE** logre el mayor provecho de los fines de este convenio, ocupándolo en actividades propias de su especialidad.
- b. Abstenerse de ocupar a **EL PASANTE** en actividades ajenas a su especialidad, de modo tal que no desnaturalice la finalidad del proceso de aprendizaje.
- c. Colaborar en todo lo que esté a su alcance para lograr la más óptima formación de **EL PASANTE**.
- d. Ofrecer a **EL PASANTE** de ser necesario equipo de seguridad para actividades dentro del proceso productivo.

**SÉTIMA: DE LAS OBLIGACIONES DEL PASANTE. EL PASANTE** deberá cumplir las siguientes obligaciones y requisitos:

Creganna Medical  
 Zona Industrial FLEXIPARK  
 Building G0, Alajuela, Costa Rica  
 Tel: +506 2106-5750



- a. Ser estudiante activo de la Universidad Hispanoamericana.
- b. Dedicar toda su capacidad física e intelectual al aprendizaje convenido en este documento.
- c. Presentación de proyecto de pasantía a desarrollar durante el desarrollo del presente convenio.
- d. Cumplir a cabalidad las actividades recomendadas por **LA EMPRESA**.
- e. **EL PASANTE** queda obligado a cumplir y respetar las regulaciones internas de **LA EMPRESA**.
- f. Guardar la confidencialidad de la información de **LA EMPRESA**.
- g. Entregar a **LA EMPRESA** un informe final de las actividades realizada dentro de la práctica profesional.
- h. Contar con el respectivo seguro de estudiante.

**OCTAVA: RESPONSABILIDAD POR DAÑOS: EL PASANTE** releva de toda responsabilidad e indemnizará a **LA EMPRESA**, por cualquier daño, pérdida o gasto, que se le ocasione en la ejecución de este convenio por negligencia, impericia u omisión de **EL PASANTE**.

**NOVENA: DE LA OBLIGACION DE CONFIDENCIALIDAD: EL PASANTE** se declara conocedor de que la información relacionada a los temas de la pasantía, *“Números de parte de los productos de la compañía o de nuestros clientes, así como nombres de clientes, suplidores, contratistas, cantidad de demanda de los productos o cualquier información relacionada al costo de producción de la planta y sus productos o ahorros generados.”* los programas de computadora, el material entregado, manuales y material de soporte, así como los procesos de licitación, programación, análisis, diseño, mantenimiento de sistemas y proyectos en general, a la que tendrá acceso en el desarrollo del presente convenio, así como la información relacionada a los clientes, proveedores y planillas, activos e inventarios de **LA EMPRESA**, gozan del carácter de información no divulgada propiedad de **LA EMPRESA**, de acuerdo a la ley de información no divulgada, **EL PASANTE** acepta el carácter secreto de dicha información y que la misma tiene un alto valor comercial para **LA EMPRESA**, además, reconoce que **LA EMPRESA** posee una estructura organizacional dirigida a proteger el carácter secreto de dicha información y consecuentemente, esa información privilegiada goza de la tutela y protección del ordenamiento jurídico costarricense.

Creganna Medical  
 Zona Industrial FLEXIPARK  
 Building G0, Alajuela, Costa Rica  
 Tel: +506 2105-5750



En tal sentido **EL PASANTE** se obliga, al amparo del artículo 7 de la ley de información no divulgada, a no utilizar, divulgar o difundir por sí solo o en el ejercicio de actividades, por cuenta propia o ajena, por tiempo indefinido o hasta que reciba una autorización expresa y por escrito de la Gerencia General de **LA EMPRESA**, la información descrita anteriormente y cualquier otra relacionada que permita inferir o deducir la información no divulgada protegida en esta cláusula.

**DÉCIMA: DE LA RESPONSABILIDAD POR INCUMPLIMIENTO A LA OBLIGACION DE CONFIDENCIALIDAD.** **EL PASANTE** se declara conocedor de la responsabilidad civil y penal en la que puede recaer en caso de incumplimiento a la obligación de confidencialidad aquí contraída y acepta la responsabilidad solidaria con **LA EMPRESA**, por cualquier reclamo o demanda que se establezca a futuro en contra de **LA EMPRESA**, por cualquier cliente del mismo, o por quien resulte perjudicado por la fuga de la información privilegiada que **EL PASANTE** se obliga a proteger.

**DÉCIMA PRIMERA: CONFLICTO DE INTERÉS.** **LA EMPRESA** se reserva el derecho de rechazar o dar por terminada la pasantía en caso de que **EL PASANTE** tenga o llegue a tener una relación, remunerada o no, con un competidor directo o cliente de **LA EMPRESA** durante el plazo de su pasantía, que genere conflicto de interés. Se entenderá como conflicto de interés el que el pasante realice otras prácticas o pasantías, sea contratista, socio, representante, propietario, accionista, patrono, empleado, consultor, asociado o similares, a título personal o en representación de una tercera persona física o jurídica, de un competidor directo o cliente de **LA EMPRESA**.

**DÉCIMA SEGUNDA: FINALIZACIÓN ANTICIPADA.** **LA EMPRESA** podrá dar por finalizado el presente convenio e impedir el ingreso de **EL PASANTE** a sus instalaciones, ante cualquiera de las siguientes situaciones:

- a) Cuando **EL PASANTE** incumpla las normas de salud y seguridad de **LA EMPRESA**, lo cual será debidamente reportado a La Institución Educativa.
- b) En caso de que **EL PASANTE** deje de estar matriculado ante La Institución Educativa por cualquier causa.
- c) En caso de que La Institución Educativa suspenda o cancele la póliza de seguro de **EL PASANTE**.
- d) En caso de que **EL PASANTE** suspenda la pasantía por cualquier causa o no se presente según los horarios convenidos, por plazo de un mes.

Creganna Medical  
 Zona Industrial FLEXIPARK  
 Building G0, Alajuela, Costa Rica  
 Tel: +506 2105-5750



- e) Cuando, a discreción de **LA EMPRESA, EL PASANTE** incurra en actos que puedan ser considerados como acoso sexual o contrarios a las buenas costumbres, en contra de los colaboradores de **LA EMPRESA**, así como cuando cause daños a las personas o bienes de **LA EMPRESA**.
- f) Cuando **EL PASANTE** revele información confidencial, en los términos del presente convenio.

En todos los casos, **LA EMPRESA** dará aviso inmediato y por escrito a La Institución Educativa y solicitará la remoción del Estudiante en un plazo máximo de 48 horas. De igual forma, cualquiera de las partes podrá dar por finalizado unilateralmente el presente convenio, dando aviso a la otra parte con al menos una semana de anticipación.

Las partes hemos leído personalmente el presente convenio, estando debidamente enteradas de todas las cláusulas que lo integran, declaramos conocer el significado y trascendencia del mismo, el que aceptamos, ratificamos y firmamos en dos ejemplares. Es todo en fe de lo anterior firmamos en la ciudad de Alajuela, jueves 25 de marzo de 2022.

---

Nombre Pasante

---

Representante de la empresa

## 7. Bibliografía

“Clean Room Magazine. (s.f.). Cleanroom construction costs”

<https://www.cleanroommagazine.com/cleanroom-construction-costs/>

“Sitio Oficial, Creganna Medical”

<https://www.creganna.com/te-connectivity-to-acquire-the-creganna-medical-group/>

“López, C. (2011) La metodología Seis Sigma ¿qué es? ¿para qué sirve? ¿cómo se aplica? ¿requisitos para su implementación? ¿etapas de implementación?”

<http://www.gestiopolis.com/recursos/experto/catsexp/pagans/ger/no12/6sigma.htm>

“Six Sigma métodos estadísticos y sus aplicaciones”

[LIBRO DE SEIS SIGMA FEBRERO 2011 EUMED \(utec.edu.sv\)](#)

“Ciclo DMAIC: Mejorar y Controlar”

[Ciclo DMAIC: Mejorar y controlar - Clase Ejecutiva UC](#)

“Ciclo DMAIC mejora de procesos”

[DMAIC Mejora de procesos - Dropbox Business](#)

“Gestión de las líneas de producción”

[GESTIÓN DE LÍNEAS DE PRODUCCIÓN. Indicadores para la mejora continua - CDI LEAN \(cdiconsultoria.es\)](#)

Muther Richard (2014). *Distribución en planta, cálculos y ubicación de máquinas*

Mañez, R. (2018). Rubén Mañez. Retrieved from <https://rubenmanez.com/como-hacer-analisis-dafo-empresa/>

Riquelme, M. (2020, Abril 9). Web y Empresas. Retrieved from <https://www.webyempresas.com/tipos-de-investigacion/>

TamayoyTamayo. (2012). El Proceso de la Investigación Científica 4ta Edición. México: Limusa Noriega Editores.

Raffino, M. E. (2020, Febrero 12). Concepto.de. Retrieved from <https://concepto.de/fuentes-de-informacion/>