

**UNIVERSIDAD  
HISPANOAMERICANA  
ESCUELA DE INGENIERÍA  
INDUSTRIAL**

**REDUCCIÓN DE COSTOS MEDIANTE  
UN BALANCE DE LINEA DE  
PRODUCCIÓN DE MÁSCARAS EN  
PHILIPS COSTA RICA EN EL  
TERCER CUATRIMESTRE DEL 2022**

**PROYECTO DE TESINA PARA  
OPTAR EL  
GRADO DE BACHILLERATO EN  
INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**ARLINE GUERRERO CHAVES  
ING. AGUSTIN MEJIA SOLANO**

**ALAJUELA, MARZO, 2023**

# ACTA DE APROBACIÓN

## CARTA DEL TUTOR

Puntarenas, Jueves 6 de Abril de 2023

**Destinatario**  
**Carrera**  
**Universidad Hispanoamericana**

Estimado señor:

El estudiante Arline Guerrero Chaves, cédula de identidad número 1117110125, me ha presentado, para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado "REDUCCIÓN DE COSTOS MEDIANTE UN BALANCE DE LINEA DE PRODUCCIÓN DE MÁSCARAS EN PHILIPS COSTA RICA EN EL TERCER CUATRIMESTRE DEL 2022", el cual ha elaborado para optar por el grado académico de Bachillerato en la carrera de ingeniería industrial.

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, resultados económicos; 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%	28
d)	RELEVANCIA DE LAS CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	20%	19
e)	CALIDAD, DETALLE DEL MARCO TEORICO	20%	18
	TOTAL		90

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

Atentamente,



**Nombre: MBA. Agustín Mejía Solano**  
**Cédula identidad 6 0345 0690**  
**Carné Colegio Profesional II-28964**

# DECLARACIÓN JURADA

## DECLARACIÓN JURADA

Yo, Arline Guerrero Chaves, mayor de edad, portador de la cédula de identidad número 117110125, 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 Bachiller en Ingeniería Industrial, juro solemnemente que mi trabajo de investigación titulado: Reducción de Costos, mediante un balance de línea de Producción de máscaras en Philips Costa Rica 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 7 días del mes de abril del año dos mil veintidós.



Firma del estudiante

Cédula) 117110125

## CARTA DE APROBACIÓN DE LA EMPRESA

Philips Medical  
Zona Franca Coyol  
Alajuela Costa Rica

06 de abril de 2023

Señores Universidad Hispanoamericana  
Servicios Estudiantiles

Por medio de la presente hago constar que la estudiante Arline Guerrero Chaves cédula 117110125 realizó su proyecto de investigación en nuestra empresa, para optar por el título de bachillerato de Ingeniería Industrial durante el tercer cuatrimestre del 2022.

A partir de la revisión detallada y el análisis del proyecto desarrollado por Arline Guerrero, 2se da la aprobación de las propuestas realizadas la investigación, las cuales contribuyen a la solución de del problema a mejorar.

La información y datos que contiene el desarrollo del proyecto escrito es de carácter confidencial, por lo que no se permite su divulgación, con la excepción de que exista una autorización de por medio.

Lo anterior debe de ser respetado en virtud de la información suministrada.

Sin mas que agregar se despide.

Atentamente,

*Rafael Araya E.*



Rafael Araya Espinoza  
Continuous Improvement Engineer  
E-mail: [Rafael.Enriquearayaespinoza@philips.com](mailto:Rafael.Enriquearayaespinoza@philips.com)  
Philips Medical Costa Rica

# **CARTA DE AUTORIZACION DE LOS AUTORES PARA LA CONSULTA EN CENIT**

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

San José, 14-Julio-2023


Señores:  
Universidad Hispanoamericana  
Centro de Información Tecnológico (CENIT)

Estimados Señores:

El suscrito (a) Arline Guerrero Chaves con número de identificación 117110125 autor (a) del trabajo de graduación titulado Reducción de costos mediante un Balance de Línea de producción de máscaras en Philips Costa Rica en el tercer cuatrimestre del 2022 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,

  
Firma y Documento de Identidad

## CARTA DE APROBACION DEL LECTOR

San José, 13 de julio de 2023

**Señores**

**Servicios estudiantiles**

**Universidad Hispanoamericana**

Estimados señores:

El estudiante Arline Guerrero Chaves, cédula de identidad 1-1711-0125, me ha presentado, para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado: Reducción de costos mediante un balance de línea de producción de máscaras en philips costa rica en el tercer cuatrimestre del 2022, el cual ha elaborado para optar por el grado de Bachillerato en Ingeniería Industrial.

He revisado y he hecho las observaciones relativas al contenido analizado, particularmente, lo relativo a la coherencia entre el marco teórico y el análisis de datos; la consistencia de los datos recopilados y la coherencia entre estos y las conclusiones; asimismo, la aplicabilidad y originalidad de las recomendaciones, en términos de aporte de la investigación. He verificado que se han hecho las modificaciones correspondientes a las observaciones indicadas.

Por consiguiente, este trabajo cuenta con mi aval para ser presentado en la defensa pública.

Atentamente,

JOSE  
EDUARDO  
VARGAS SOLIS  
*Ing. Jose Eduardo Vargas Solis*  
Cédula: 1-1559-0116

Firmado digitalmente  
por JOSE EDUARDO  
VARGAS SOLIS  
Fecha: 2023.07.12  
20:20:25 -06'00'

## **DEDICATORIA**

Le dedico mi tesis a mi madre, por creer en mí, dándome ejemplo de superación, humildad y sacrificio, enseñándome a valorar todo lo que poseo.

Por fomentar el deseo de triunfo en la vida, espero contar siempre con su valioso e incondicional apoyo.

## **AGRADECIMIENTOS**

Primeramente, agradecerle a Dios por haberme permitido llegar hasta aquí, por darme la sabiduría y el entendimiento para lograr el objetivo planteado desde un inicio.

A mi madre, agradecerle por su apoyo incondicional desde, por impulsarme a perseguir mis metas y nunca abandonarlos aun frente a las adversidades.

También le agradezco a mi tutor Agustín Mejía por su orientación y paciencia.

A mi compañero Ismael Farfán por su apoyo y consejos, cuando los necesite.

## EPÍGRAFES

*El camino a la mejora es interminable, siempre se puede  
lograr una mejor versión.*

# ÍNDICE

ACTA DE APROBACIÓN.....	ii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTOS .....	vii
EPÍGRAFES.....	ix
ÍNDICE	
.....	
.x	
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xiii
ÍNDICE DE TABLAS .....	xiv
ACRÓNIMOS Y SIGLAS.....	xv
RESUMEN EJECUTIVO.....	xvi

## CAPÍTULO I

<b>1.1 ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....</b>	<b>2</b>
1.1.1 Antecedentes del contexto de la empresa .....	
1.1.2 Misión .....	3
<b>1.2 JUSTIFICACIÓN .....</b>	<b>6</b>
<b>1.3 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA .....</b>	<b>4</b>
1.3.1 Problemática .....	
1.3.2 El problema de la investigación.....	i.
<b>1.4 OBJETIVOS .....</b>	<b>6</b>
1.4.1 Objetivo general .....	7
1.4.2 Objetivos específicos .....	7
<b>1.5 ALCANCES Y LIMITACIONES.....</b>	<b>8</b>
1.5.1 Alcances .....	8
1.5.2 Limitaciones.....	10

## CAPÍTULO II

<b>2.1</b>	<b>MARCO CONCEPTUAL GENERAL RELATIVO A LA CARRERA .....</b>	<b>12</b>
2.1.1	Ramas tradicionales que acompañan a la ingeniería industrial .....	12
2.1.2	Herramientas de ingeniería relacionadas con este proyecto.....	13
2.1.2.1	Balance de línea.....	16
2.1.2.2	WCG (Work Content Graph).....	
2.1.2.3	Diagrama Ishikawa.....	14
2.1.2.4	Lluvia de ideas .....	14
2.1.2.5	Pareto.....	15
2.1.2.6	Diagrama de flujo .....	13
2.1.2.7	sipoc.....	
2.1.2.8	Gantt .....	
2.1.2.9	Project charter .....	17
2.1.2.10	Business case .....	17
<b>2.1.3</b>	<b>Ramas vinculadas a la Ingeniería Industrial que respaldan este proyecto ....</b>	<b>18</b>
2.1.3.1	Mejora continua .....	18
2.1.3.2	Costos.....	18
2.1.3.3	Producción.....	19
2.1.3.4	Productividad .....	20
2.1.3.5	Finanzas.....	20
2.1.3.6	Seguridad y Salud Ocupacional .....	20
<b>2.2</b>	<b>MARCO CONCEPTUAL ATINENTE A LA GESTIÓN DEL PROYECTO.....</b>	<b>21</b>
2.2.1.1	Tipo de Metodología.....	22
<b>2.3</b>	<b>MARCO CONCEPTUAL REFERENTE AL IMPACTO DEL PROYECTO.....</b>	<b>22</b>
2.3.1.1	UPPH .....	22
2.3.1.2	Eficiencia .....	23
2.3.1.3	Yield .....	23
2.3.1.4	Output.....	24
<b>2.4</b>	<b>ANTECEDENTES DE PROYECTOS SEMEJANTES.....</b>	<b>25</b>

## CAPÍTULO III

3.1	Metodología para la definición del problema.....	<b>28</b>
3.2	Metodología para la medición y respaldo cualitativo de proyecto .....	34
3.3	Metodología para la propuesta de mejora, construcción o puesta en práctica de un nuevo proceso.....	38
3.4	Metodología para la implementación del proyecto .....	39
3.5	Metodología para la verificación, aseguramiento, control y seguimiento de resultados.....	40

## CAPÍTULO IV

4.1	Descripción del proceso.....	
4.1.1	Entrevista .....	43
4.1.2	Diagrama SIPOC.....	51
4.1.3	Diagrama de flujo .....	
4.2	Recolección de datos .....	
4.2.1	Diagrama Ishikawa.....	
4.2.2	Estudio de tiempos .....	
4.3	Identificación de la causa del problema .....	<b>57</b>
4.4	Diagnóstico del Proceso.....	<b>59</b>
4.4.1	Conclusiones de la situación actual .....	

## CAPÍTULO V

5.1	DESPLIEGUE DE LA PROPUESTA .....	<b>63</b>
5.2	Análisis económico de la empresa .....	<b>64</b>
5.3	Análisis de la implementación.....	<b>66</b>
5.4	Análisis Costo/Beneficio del Proyecto.....	52
5.5	Análisis del nuevo flujo de línea .....	<b>71</b>
5.6	RIESGOS .....	<b>75</b>

## CAPÍTULO VI

6.1	CONCLUSIONES .....	77
6.2	RECOMENDACIONES .....	79

## ÍNDICE DE FIGURAS

Ilustración. 1	Herramientas DMAIC.....	21
Ilustración. 2	Metodología de la Implementación .....	39
Ilustración. 4	Diagrama del flujo operativo .....	.
Ilustración. 5	Diagrama del flujo .....	.
Ilustración. 6	Estaciones de trabajo SRC .....	.
Ilustración. 7	Costo monetario 2022 .....	.
Ilustración. 8	Diagrama de Ishikawa.....	.
Ilustración. 9	Toma de tiempo .....	.
Ilustración. 10	Timer.....	.
Ilustración. 11	Resultados del WCG.....	.
Ilustración. 12	Porcentaje de Utilización .....	.
Ilustración. 13	Futuro costo monetario.....	65
Ilustración. 14	Reducción de costo y recurso humano .....	65
Ilustración. 15	Control de WIP.....	66
Ilustración. 16	WIP / Tiempo de procesamiento .....	67
Ilustración. 17	Análisis de Operaciones.....	67
Ilustración. 18	Rotación del personal.....	68
Ilustración. 19	Resultados del primer WCG .....	72
Ilustración. 20	Resultado de la propuesta del WCG .....	72
Ilustración. 21	Datos del nuevo WCG .....	74
Ilustración. 22	Ahorro de la implementación .....	74
Ilustración. 3	Entrevista SRC .....	86
Ilustración. 23	Sitio de reuniones.....	87
Ilustración. 24	Caso de negocios .....	87



## ACRÓNIMOS Y SIGLAS

WCG	Work Content Graph
SRC	Sleep and Respiratory Care
WIP	Work In Process
UPPH	Units Per worker Per Hour
DWC	Dream Wear Full Cushion

## RESUMEN EJECUTIVO

Este proyecto se desarrolla para optar por el grado de bachillerato en la carrera de Ingeniería Industrial, el mismo se realiza en la empresa Philips Costa Rica, donde se analizará y generará una propuesta en la reducción de costos mediante el balance

de línea de SRC.

El proyecto se llevó a cabo en un área dedicada a la manufactura de máscaras para la apnea del sueño. Este producto es de alta demanda, por lo que se produce en gran

cantidad.

Como objetivo General se determinó, Proponer una mejora en la línea de producción de máscaras respiratorias mediante la metodología DMAIC para disminuir los costos del recurso humano en un 12% en la empresa Philips, en ElCoyol, Alajuela, año 2023.

Primeramente, se determina la metodología para el desarrollo del proyecto, en este caso se consideró adecuado utilizar DMAIC.

En la etapa de definir se identifica una problemática la cual se denomina la baja utilización del personal, esto representa un desperdicio y una baja en la eficiencia, dando como resultado un incremento en los costos de producción.

En la etapa de medir se determinan las herramientas para identificar el problema para esto se realizó tomas de tiempos en las líneas de producción y la utilización dio un porcentaje de un 54, representando un desperdicio por el bajo aprovechamiento de los recursos y poca productividad, por lo que se diagnosticó baja utilización. Para dar con la causa raíz se realizó una lluvia de ideas con las

posibles causas, se sometieron a una matriz multivoto para alimentar el Diagrama de Pareto y de esta manera se hallaron la causa raíz que se denominan Falta de un nuevo balance de línea y exceso de personal. El plan de implementación para la mejora se basó en la propuesta de reducir 1 persona por cada dos máquinas, es decir,

.5 personas, de esta manera aumenta la utilización de la línea en 12 % por ende la eficiencia y productividad y se reducen costos en más del 12% un alcanzando el objetivo general.

# **I. CAPÍTULO INTRODUCCIÓN**

## **1.1 DESCRIPCION GENERAL DEL PROYECTO**

Este proyecto nace de la necesidad de mejorar la productividad en líneas de producción de máscaras respiratorias para la apnea del sueño, por medio del aumento de la utilización del recurso humano.

Primeramente, se busca demostrar con la recolección de datos cualitativos que respalden esta baja utilización, para corroborar la existencia de esta problemática que se viene percibiendo por el equipo de producción e ingeniería.

Una vez confirmado el problema que se viene especulando, se debe medir la magnitud de este, para identificar el nivel de impacto y cuantificar los beneficios al mejorarlo.

Seguidamente el desarrollo de herramientas ingenieriles para identificar las posibles causas y poder identificar aquellas que sean los verdaderos detonantes de la baja utilización, de esta manera poder trabajar en propuestas que ayuden a mitigarlas.

Este proyecto busca poder demostrar la mejora comparando el escenario actual contra la nueva propuesta después de haberse implementado, en base a los objetivos propuestos.

## **1.2 Identificación de la Empresa**

La empresa donde se desarrolla este proyecto se denomina Philips, ubicada en la Zona Franca del Coyol de Alajuela.

### **1.2.1 Descripción General de la empresa**

Cubero (2017), afirma:

Philips estableció sus operaciones en Costa Rica en el año 2015, después de la adquisición de Volcano, una compañía de dispositivos médicos estadounidense. La compañía desarrolla artículos tecnológicos para el sector de la salud, actualmente cuenta con líneas de producción de “Cuidado Respiratorio y del Sueño.

## 1.2.2 Antecedentes del contexto de la empresa

### 1.2.3 Misión

La misión de Philips es mejorar la vida de la gente mediante innovaciones con sentido. Para conseguirlo se necesita una empresa conectada que permita llevar las mejores ideas al mercado rápidamente. Mediante el uso de una sola plataforma de PLM, Philips se está sometiendo a una transformación global con el fin de poner la información de producto adecuada en manos de los equipos que la necesitan, ya sean de ingeniería, ventas, servicio o marketing. (Philips, 2022)

La compañía también deja en claro el proceso de cambio que está ocurriendo, desde su interior, enfocándose en sus clientes:

Philips se encuentra en plena transformación de negocio para situar el foco de su actividad empresarial en los clientes en lugar de en los productos. Philips cuenta con más de 100.000 empleados en todo el mundo que contribuyen a generar más de 30.000 millones de dólares en ingresos anuales, y necesita mantener una coordinación muy próxima entre las distintas divisiones y dentro de ellas. (Philips, 2022).

Dado a que se trata de una labor empresarial con fines de lucro, la colaboración significa que se tiene que trabajar juntamente con otras personas, con el propósito de alcanzar un objetivo y, en este sentido, la colaboración es un proceso que requiere que se asocien varios colaboradores y, así, la filosofía de la empresa Philips afirma lo siguiente:

La colaboración es un concepto fácil al que acudir en cualquier negocio moderno. Pero aplicar una colaboración verdadera exige realizar cambios en equipos, procesos y tecnologías. Mediante su programa PLM común, cada división (Cuidado de la Salud, Alumbrado y Consumo y Estilo de vida) puede compartir activamente ideas de producto, diseños y procesos de desarrollo de productos, con lo cual se reduce el tiempo necesario para lanzar nuevos productos al mercado. (Philips, 2022).

De acuerdo con los procesos históricos derivados de la integración y globalización económica, se estima que estos acarrearán innovación y desarrollo tecnológico, por lo que la empresa Philips afirma:

Más allá de la innovación, también se encuentran los desafíos de servir a los clientes de distintos continentes, cada uno de ellos con sus propios requisitos de producto. Gestionar las variantes de producto es un proceso esencial que gana eficacia gracias a su proceso en el PLM, ya que este permite a los ingenieros encontrar los diseños de piezas y productos que necesitan para innovar y mejorar. (Philips, 2022).

Los líderes de Philips saben que la misión de la empresa de mejorar la vida de las personas requiere un enfoque colaborativo hacia la innovación y el desarrollo de productos. Cumplir con esta misión es lo que impulsa a todo el mundo en Philips a marcar la ventaja con sus productos en el mercado global. (Philips, 2022).

La recolección de la información se produjo en el tercer cuatrimestre del año 2022, mientras que el análisis y la presentación de los resultados es en primer cuatrimestre del año 2023.

## **1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

A continuación, se describe la problemática de la empresa Philips Costa Rica con relación a su proceso actual de manufactura de máscaras DWF Cushion.

### **1.3.1 Definición del Problema**

La empresa Philips Costa Rica cuenta con un departamento de mejora continua el cual debe cumplir con una tarea o función que se basa en realizar proyectos que mejoren indicadores como lo es la eficiencia y el UPPH (unidades producidas por hora hombre), ya que esto justifica la existencia de dicho departamento, porque se considera que en el piso de producción existen muchos procesos que se podrían mejorar.

En base a la experiencia y conocimiento de la línea y el proceso se percibe que existe una baja utilización de los recursos, causando un desperdicio por el bajo aprovechamiento de estos, que se refleja en gastos adicionales para el respectivo centro de costos.

El equipo de ingeniería y producción sostienen varias hipótesis con respecto a las causas que pueden ocasionar la baja utilización que consigo traen consecuencias al negocio las cuales son:

- ❖ Método: Los operarios de producción pueden estar ejecutando mal el proceso de manufactura.  
Consecuencia: Rechazos y desperdicios de materia y prima y producto final, incrementando costos.
- ❖ Baja capacitación del personal: Los operarios de producción pueden no estar totalmente entrenados sobre sus tareas de trabajo en la línea.  
Consecuencia: Tareas incompletas y trabajo de poca calidad en las líneas.
- ❖ Mala organización en la distribución de tareas: Algunos operarios pueden estar mas cargados que otros en cuanto a las tareas diarias.  
Consecuencia: Fatiga y problemas ergonómicos para los colaboradores con mas carga de trabajo y bajo aprovechamiento de los colaboradores que tienen tiempos muertos, afectando la productividad.
- ❖ Mal cálculo de la cantidad de personal por maquina: Podría haber más personas por máquina de las necesarias.  
Consecuencia: Incremento de costos de manufactura.
- ❖ Incorrecto balance de línea: Esta causa trae consigo muchas de las anteriores ya que puede ser por tiempos no estandarizados, distribución no balanceada de las tareas entre operarios, cantidad errónea de recursos, el flujo del proceso no es el óptimo.  
Consecuencia: Afectación ergonómica, incremento de costos innecesarios.
- ❖ Procedimientos mal redactados o poco claros: Instrucciones incorrectas, incompletas o poco claras.  
Consecuencia: Manufactura de mala calidad, retrabajos.

El departamento de Mejora Continua y el equipo de producción están conscientes que resolver esta problemática es una necesidad para la compañía, por lo que se propone el desarrollo de un proyecto para encontrar la verdadera causa raíz y atacarlas, este proyecto se desarrollaría mediante las siguientes fases: Definición, Medición, Análisis, Implementación y Control. Para realizar la propuesta de mejora se debe de llevar acabo varias pruebas para validar los resultados esperados de mejora.

El problema de la investigación se plantea por medio de la siguiente pregunta:

¿La implementación de un proyecto de mejora para aumentar la utilización del personal con ayuda de herramientas ingenieriles puede elevar la productividad y disminuir costos de producción de máscaras respiratorias para el desarrollo de la empresa Philips, en El Coyol, Alajuela, año 2023?

### 1.3.2 JUSTIFICACIÓN

Como se mencionó en los antecedentes, Philips Costa Rica cuenta con un área de producción de máscaras para el tratamiento de la apnea del sueño, que es una afección que ocasiona las personas que lo sufren, hagan pausas de al menos diez segundos, porque hay problemas en la forma en que el cerebro controla la respiración durante el sueño.

Las mascarillas faciales completas le permiten respirar con la boca abierta mientras duerme, *DreamWear Full Cushion* es una de las líneas de mascarillas que manufactura Philips Costa Rica. “El innovador diseño con almohadilla que se ajusta debajo de la nariz evita las marcas rojas, las molestias y la irritación en el puente nasal”. (Philips, 2022)

Dado lo anterior, es por lo que este trabajo se considera que tiene importancia práctica, porque los resultados de la investigación sirven para que la empresa analizada, atienda las necesidades económicas más relevantes que están generando desperdicios y altos costos de producción de máscaras respiratorias, induciendo al desarrollo de un nuevo balance de línea.

También se considera que este trabajo tiene aporte teórico porque permite conocer el comportamiento de las variables estudiadas y la relación entre estas, ya que, con el análisis realizado, surgen ideas y recomendaciones para un nuevo balance de línea, que pueden ser aprovechadas por investigadores en sus proyectos futuros.

Se hace la distinción de que Philips Costa Rica cuenta con seis máquinas que manufacturan mascarillas *DreamWear Full Cushion*, cada una cuenta con tres estaciones y una persona por estación de trabajo, para un total de 18 personas/recursos, por turno. En esta área se trabaja en 4 turnos comprimidos, de 12 horas.

Como se amplía adelante, los turnos A son de día, tres y cuatro veces por semana de manera intercalada y, los turnos B de igual manera, son nocturnos, esto lleva a la suma de 72 recursos mensuales para lograr suplir la demanda.

En estas máquinas se presenta una oportunidad de mejora a la vista, ya que la utilización de los recursos se percibió como muy baja, por lo que se recolectaron varias muestras por medio de la toma de tiempos y se analizaron en una herramienta llamada *Work Content Graph* (WCG), esta se utiliza para analizar la capacidad/utilización y requerimientos de los recursos para realizar cierto proceso, en este caso la manufactura de dispositivos médicos en Philips Costa Rica.

Como se mencionó anteriormente, se trabaja con tres recursos por máquina, los cuales no se están como se debería, lo que afecta la productividad y posiblemente incrementa los gastos en dado caso de que no se requiera dicha cantidad, con este proyecto se pretende mejorar un indicador llamado UPPH (unidades producidas por hora hombre) que va muy de la mano con Eficiencia (horas trabajadas/horas pagadas), generando ahorros (*savings*), por medio de la utilización adecuada de los recursos, en el centro de costos del departamento responsable del desarrollo del proyecto, en este caso Mejora Continua.

## **1.4 OBJETIVOS**

### **1.4.1 Objetivo general**

Proponer una mejora en la línea de producción de máscaras respiratorias mediante la metodología DMAIC para disminuir los costos del recurso humano en un 12% en la empresa Philips, en El Coyol, Alajuela, año 2023.

### **1.4.2 Objetivos específicos**

- Definir las necesidades de las personas que trabajan en la línea de producción de máscaras respiratorias con base a los requerimientos del departamento de Salud Ocupacional para que la propuesta que se va a desarrollar no afecte su ergonomía.

- Medir el tiempo de operaciones mediante la toma de tiempos para obtener el ciclo de la línea para presentar la situación actual.
- Analizar los tiempos de ciclo de cada operación mediante la herramienta WCG para obtener el porcentaje de utilización de los recursos y evidenciar el problema planteado.
- Plantear lluvia de ideas con las posibles causas que originan la problemática para encontrar la causa raíz y su respectiva propuesta de mejora.
- Implementar la propuesta de mejora para solucionar la problemática mediante herramientas ingenieriles en la línea de producción de máscaras respiratorias.
- Controlar los resultados de implementación mediante visitas al área productiva y reuniones para corroborar el éxito del proyecto y soportar cualquier evento o incertidumbre.

## **1.5 ALCANCES Y LIMITACIONES**

En esta sección se definen los alcances del proyecto, así como sus limitaciones de la investigación.

### **1.5.1 Alcances**

Es proyecto se desarrolla en la empresa dedicada a la industria médica, en la Zona Franca, ubicada en el Coyoil de Alajuela, Costa Rica, específicamente la unidad de negocio de mascarillas respiratorias entre los meses de octubre y marzo de 2023. Parte importante del desarrollo de este proyecto lo apoya las herramientas que otorga el departamento de mejora continua de la empresa, a sí mismo, el departamento de producción principalmente al área de trabajo en las líneas de producción, las pruebas que se realizaran no afectan la producción comercial por lo que no se incurre en gastos adicionales.

La propuesta de mejora que será desarrollada en este proyecto será de uso exclusivo para la planta de Philips en El Coyoil de Alajuela, Costa Rica, específicamente en el área de SRC dedicada a la creación de máscaras respiratorias, ya que la propuesta sea crea en esta

compañía y se adapta puntualmente a las necesidades de la línea, contemplando la demanda, cantidad de recursos y tiempo establecido.

Mediante la recolección de datos obtenidos por la toma de tiempos se determina la nueva propuesta con base a un análisis previo, el cual refleja los parámetros importantes a medir que mejoran la eficiencia del proceso.

Seguidamente, se efectúan las reuniones necesarias con el equipo de producción para exponer el proyecto.

Posteriormente se realizan las pruebas cortas y largas de la mejora propuesto, evaluando los aspectos importantes como la producción de la línea y la ergonomía de las personas que trabajan en la línea de producción.

De acuerdo con las pruebas realizadas y a la obtención de los resultados estudiados se toma la decisión de desarrollar e implementa el nuevo modelo de línea con base en la propuesta que arrojó el análisis.

### 1.5.2 Limitaciones

Para poder comercializar el producto es importante cumplir ciertos parámetros de calidad y requerimientos del cliente, por lo que la aprobación de los cambios de la propuesta está sujeto a los resultados de las pruebas en cuanto a la calidad del producto final por lo tanto representa una limitación para la implementación de la misma.

En la línea es usual que exista cierta cantidad de producto acumulado en la segunda estación, especialmente en los horarios de comida, por lo que la efectividad del proyecto será medida de acuerdo con la cantidad de producto acumulado en la segunda estación, ya que no se puede acumular más cantidad, después de realizar las pruebas de la propuesta.

La presencia del departamento de salud y seguridad ocupacional en el trabajo es de suma importancia a la hora de realizar las pruebas por lo que deber ser necesario que las personas que trabajan directamente con la línea se sientan cómodos y sin exceso de fatiga, esto presenta un limitante ya que sin la satisfacción ergonómica que solicita Salud Ocupacional, este proyecto podría no ser aprobarlo.

## **II. CAPÍTULO**

# **MARCO TEÓRICO**

En este segundo capítulo se describen los conceptos más comúnmente utilizados en proyectos relacionados a propuestas de mejora y a balances de línea en áreas productivas de manufactura en la industria médica. El objetivo de este capítulo es que el lector comprenda los términos utilizados para el desarrollo de este proyecto.

## **2.1 MARCO CONCEPTUAL GENERAL RELATIVO A LA CARRERA**

La Ingeniería Industrial se encarga de la optimización de los procesos de una empresa. El producto final de esta ingeniería es un profesional multidisciplinario que combina recursos administrativos, humanos, materiales y sistemas financieros, para aumentar la productividad de una organización.

### **2.1.1 Ramas tradicionales que acompañan a la ingeniería industrial**

Al hablar de la disciplina de la Ingeniería Industrial, es necesario mencionar algunas ramas tradicionales que han acompañado los procesos productivos a lo largo de los años.

Una de las más relevantes es la concerniente al caso de la Ingeniería Industrial en Higiene y Seguridad, nació hace muchas décadas como una necesidad para evitar riesgos, contaminación y accidentes en los entornos de producción.

Entre las acciones más comunes de los expertos en esta área del diseño y ejecución de programas de seguridad industrial están:

- Establecimiento de políticas laborales
- Fijación de normas de seguridad y métodos de prevención
- Desarrollo de talleres de concientización y capacitación
- Entrenamiento para el uso adecuado de maquinarias y equipos

También, un experto en Ingeniería en Higiene y Seguridad Industrial tiene que distribuir y diseñar estratégicamente los espacios de trabajo, para evitar que estos sean propensos a los accidentes y a la contaminación, entre otros.

Para garantizar la higiene, también se deben evaluar los componentes químicos y bacteriológicos del ambiente y los diferentes insumos y productos utilizados, así como las medidas de protección de quienes estén en contacto con ellos.

Otro punto clave de esta área es la ergonomía, que busca adecuar los espacios y elementos a las características fisiológicas de los trabajadores y operadores, ya que de esta manera se disminuye el riesgo de lesiones, dolencias y enfermedades derivadas del trabajo.

El área de las finanzas también juega un papel fundamental en cualquier fábrica. La Ingeniería Industrial Financiera es aquella que se centra en garantizar la rentabilidad de los procesos de transformación de materia prima en productos terminados. Para ello, analiza los costos de insumos y su reposición, las horas-hombre requeridas en la manufactura, la depreciación de las maquinarias y los diferentes activos que participan en la producción de bienes.

También, los expertos en Ingeniería Industrial Financiera se ocupan de realizar estimaciones de las inversiones requeridas para ideas y proyectos de desarrollo e innovación.

## **2.1.2 Herramientas de ingeniería relacionadas con este proyecto**

### **2.1.2.1 Diagrama de SIPOC**

Es una herramienta que resume las entradas y salidas de uno o más procesos en forma de tabla. Es un acrónimo que, en idioma español, significa Suministros, Entradas, Procesos, Productos y Clientes. Así, Cañedo, Curbelo, Núñez y Zamora (2012, p. 41), afirman:

El SIPOC es una técnica que permite identificar cuáles son los suministradores del proceso, las entradas de cada suministrador al proceso, el proceso propiamente dicho, o sea, las etapas o fases del proceso, las salidas que emite el mismo y los clientes externos e internos que reciben estas salidas. En muchos estudios se identifican los requerimientos de calidad que desea el cliente para cada una de las salidas. Se utiliza fundamentalmente para identificar las variables de entradas y de salidas para un posterior análisis de estas y además a partir de las fases generales del proceso que se definen realizar análisis más detallados de estas fases posteriores en la gestión de procesos.

### **2.1.2.2 Diagrama de flujo**

Es la esquematización gráfica de un algoritmo, el cual muestra gráficamente los pasos o procesos a seguir para alcanzar la solución de un problema. Asana (2022), afirman:

En el diagrama de flujo se representan todos los pasos, las secuencias y las decisiones de un proceso o flujo de trabajo. Si bien hay muchos tipos diferentes de diagrama de flujo, el diagrama básico es un mapa de procesos en su forma más simple. Es una herramienta muy potente que se puede aplicar en muchos campos diferentes para la planificación, visualización, documentación y mejora de los procesos.

### **2.1.2.3 Lluvia de ideas**

Se trata de una práctica común en el mundo laboral de hoy. Así, Pomar (2020, p. 8), afirma:

Es una herramienta que sirve para generar una gran cantidad de ideas en torno a un tema concreto. Esta definición tan simple encierra dos grandes secretos: Requiere un objetivo: No se pueden hacer lluvias de ideas en general, o, mejor dicho, sí que se pueden hacer, pero no suelen llevar a ninguna parte. Cuanto mejor formulado esté el problema, mejor será la solución.

Prima la cantidad: La calidad de las ideas que surjan son una derivada de la cantidad.

Toda idea es válida, olvídate de la censura y céntrate en pensar alternativas.

### **2.1.2.4 Matriz Multivoto**

Herramienta que también es conocida como tabla multivotacional

que ayuda a la toma de decisiones ante la resolución de problemas exponiendo las causas con mayor impacto.

Clasifica posibles causas de un problema mediante el sometimiento a votación de cada una, siendo las causas principales aquellas que obtengan una mayor puntuación.

### **2.1.2.5 Diagrama Ishikawa**

También conocido como “Diagrama de Pescado”, es una herramienta que identifica problemas de calidad y les da solución al representar de forma gráfica los factores que involucran la ejecución de un proceso. Rodríguez (2023), afirma:

Este esquema también conocido como diagrama de causa-efecto se basa en la premisa de que todo problema tiene una causa; de algo que está mal en un proceso. Entonces hay que identificar de dónde surgen las acciones que están conformando ese problema.

Otro valor del método es su flexibilidad para adaptarse a cualquier industria, actividad, área, contexto o situación.

### **2.1.2.6 Diagrama de Pareto**

Este principio define que el 80% de los resultados provienen del 20% de los esfuerzos dedicados. Reyes y Franklin (2014, p. 223), afirman:

En suma, el criterio de Pareto es, a la vez, un criterio de clasificación para ciertas situaciones de la economía y de rechazo a clasificar otras. Este permite distinguir las situaciones óptimas y las sub-óptimas. En una situación óptima es imposible mejorar el bienestar de alguien sin que disminuya el de otros. En una situación sub-óptima, por el contrario, estos cambios son posibles. Pero se rechaza como ilegítima toda clasificación de situaciones en las que el bienestar de unos y otros evoluciona de manera divergente a partir de cualquier cambio en la economía. De lo anterior se deduce una demostración célebre, Pareto estableció que en una economía en que los individuos se dotan de un stock de bienes individuales, la racionalidad de sus elecciones les conducirá necesariamente hacia posiciones de equilibrio de los intercambios que, a su vez, son estados óptimos

F

### **2.1.2.7 WCG (Work Content Graph)**

Un gráfico de trabajo es una secuencia conectada de pasos que ejecutan los equipos para realizar el trabajo. William L. Hamilton (2020, p. 2), afirma:

Los gráficos son una estructura de datos omnipresente y un lenguaje universal para describir sistemas complejos. En la vista más general, un gráfico es simplemente una colección de objetos (es decir, nodos), junto con un conjunto de interacciones (es decir, bordes) entre pares de estos objetos, Por ejemplo, para codificar una red social como un gráfico, podríamos usar nodos para representar individuos y usar aristas para representar que dos individuos son amigos.

### **2.1.2.8 Balance de línea**

Es un factor crítico para la productividad de una empresa, que se ocupa de hallar una distribución de la capacidad adecuada, para asegurar un flujo continuo y uniforme de los productos, a través de los diferentes procesos dentro de la planta, encontrando las formas adecuadas. Orejuela y Flórez (2016, p. 110), afirman:

El problema general de los sistemas de producción consiste en definir la correcta asignación de recurso a los procesos de fabricación, para lograr un equilibrio que ayude a encontrar la forma de minimizar costos, mantener la calidad y usar el tiempo eficientemente. El balanceo de línea contribuye con estos propósitos, ya que su fin es el de asegurar un flujo continuo y uniforme de los productos, acomodando las operaciones en estaciones de tal forma que se equilibren los tiempos. Una línea de ensamble es un sistema productivo donde las operaciones se encuentran alineadas en estaciones alrededor de una pieza de trabajo. Estas piezas visitan las estaciones a lo largo de la línea usando generalmente algún sistema de transporte automático. Originalmente, las líneas de ensamble fueron diseñadas para obtener eficiencia de los costos en la producción en masa de artículos estandarizados, sin embargo, para responder a las diversas necesidades de los clientes, las compañías han buscado la individualización de sus artículos o lo que comúnmente se conoce como masscustomization.

### **2.1.2.9 Business Case**

Es un documento que explica el valor o los beneficios que obtiene la empresa si realiza una inversión importante o lleva a cabo una iniciativa comercial significativa. McCoy (2016), afirma:

Un estudio de caso es una pieza de contenido, publicada por una empresa, que describe su éxito o eficacia en el trato con un cliente. Se usa comúnmente como una pieza de contenido de marketing y puede ser increíblemente útil, ya que ayuda a los posibles clientes a comprender cómo la agencia o el profesional se han destacado en el pasado.

### **2.1.2.10 Project Charter**

Es una herramienta para el desarrollo de toda actividad en un proyecto, en la cual se detallan cada uno de los aspectos fundamentales. Martins (2022), afirma:

El projectcharter o acta de constitución del proyecto es una presentación de alto nivel de los objetivos, el alcance y las responsabilidades del proyecto para obtener la aprobación de las partes interesadas clave al inicio del proyecto. En el projectcharter debes proporcionar una justificación del proyecto que incluya una descripción del proyecto breve y concisa de sus elementos principales como punto de partida. Al elaborar el projectcharter o acta de constitución del proyecto antes de comenzar con otros documentos de planificación más detallados, podrás obtener la aprobación por parte de los principales *stakeholders*, como así también corregir el curso si fuera necesario.

## 2.1.3 Ramas vinculadas a la Ingeniería Industrial que respaldan este proyecto

### 2.1.3.1 Mejora continua

De acuerdo con la Corporación Universitaria de Asturias (2017, p. 2), afirman:

La **Mejora Continua** constituye uno de los principios de la Gestión de la Calidad Total. Se puede definir como una actividad recurrente destinada a aumentar la capacidad para cumplir las objetivos y expectativas de las organizaciones.

La mejora continua debe alcanzar a todos los campos (los productos, la eficiencia de los recursos y los procesos, etc.)

El concepto de mejora continua guarda relación con el hecho de que nada puede considerarse como algo terminado o mejorado en forma definitiva. Por un lado, aunque la excelencia no sea alcanzable, su búsqueda permitirá al menos ser mejor que la competencia. Por otro lado, la realidad es cambiante: la demanda del mercado, los productos comercializados, los medios productivos (materias primas, maquinaria o mano de obra), y los procesos. En consecuencia, se está siempre en un proceso de desarrollo y cambio, con posibilidades de mejorar. En la medida que el desarrollo y cambio no paran, se requiere que la mejora sea continua, es decir, un ciclo ininterrumpible.

Lo deseable es mejorar un poco cada día, y **convertirlo en un hábito**, en vez de dejar las cosas tal como están, o abordar mejoras ocasionalmente, sin regularidad y con altibajos. Lo peor es un rendimiento irregular. Cuando se detecta un problema, la solución ha de ser inmediata. Su demora podría ocasionar consecuencias indeseadas.

### 2.1.3.2 Costos

Es un concepto con connotaciones en distintas disciplinas, las que incluyen financieras, contables y económicas, entre otras. Véliz y Culcay (2022, p. 36), afirman:

El término Costos se viene usando en toda actividad de la vida cotidiana, ya sea con fines o sin fines de lucro; en sentido monetario el desembolso para la obtención de un bien o servicio puede significar la suma de esfuerzos y recursos que se han invertido para producir algo útil. Ejemplos: El padre de familia que invierte en la educación de los hijos; el comerciante para saber en cuanto debe vender el producto que compro; el constructor de vivienda, carreteras, parques, urbanizaciones para saber cuánto le cuesta cada obra y a cómo debe vender o licitar la compra; el artesano, el agricultor, el

dueño de un restaurante, la industria para determinar lo que cuesta elaborar sus productos (Sarmiento, 2011).

### **2.1.3.3 Producción**

Se refiere al uso de los factores productivos para obtener bienes y servicios y que puedan satisfacer las necesidades de los consumidores. Moreno (2017, p. 14), afirma:

Para definir el sistema productivo de una organización, es importante tener en cuenta factores que permitan incidir en el tipo de clientes con que se cuenta, una organización puede desarrollarse en diversos sistemas productivos. Criterios que definen el sistema productivo con el que puede iniciar una organización: tamaño del mercado, estrategia de la empresa, dinamismo tecnológico del sector, tipo de clientes y etapa del ciclo de vida en que se encuentra el producto.

### **2.1.3.4 Productividad**

Corresponde a un indicador que cuántos productos o servicios se han llegado a producir de acuerdo con cada uno de los recursos utilizados en su elaboración un plazo determinado. De acuerdo con la Organización Internacional del Trabajo (OIT, 2016, p. 1), afirma:

La productividad es el uso eficaz de la innovación y los recursos para aumentar el agregado añadido de productos y servicios. Para mejorar la productividad, el propietario de un negocio puede hacer dos cosas:

- Aumentar la producción sin cambiar el volumen de los insumos de entrada (producir y vender más)
- Disminuir el volumen de los insumos de entrada sin cambiar la producción (reducir los costos de los recursos utilizados en la empresa)

### **2.1.3.5 Finanzas**

Es la disciplina que identifica y valora los riesgos para la mejora de la rentabilidad. Ponce, Morejón, Salazar y Baque (2019, p. 11), afirman:

Por otro lado, las finanzas son la parte de la economía que se encarga de la gestión y la optimización de los flujos de dinero relacionados con las inversiones, la financiación, la entrada por los cobros y la salida por los pagos. Uno de los objetivos principales de las finanzas, es maximizar el valor de la empresa y garantizar que se puedan atender todos los compromisos en la salida de dinero de la empresa.

### **2.1.3.6 Seguridad y Salud Ocupacional**

Asegura la salud de los trabajadores, fortaleciendo las empresas y la economía en general, porque la seguridad y la salud laboral tienen una poderosa capacidad para mitigar disparidades. Carrera, Rivadeneira, Navarrete y Paredes (2019, p. 6), afirman:

Es el conjunto de actividades dirigidas hacia el mejoramiento de la calidad de vida de los trabajadores. Se tienen además dentro de este grupo de actividades a actividades como diagnóstico precoz y tratamiento oportuno de enfermedades ocupacionales, readaptación laboral y la atención de las contingencias derivadas de los accidentes de trabajo y de las enfermedades ocupacionales a través del mantenimiento y mejoramiento de sus condiciones de vida.

## 2.2 MARCO CONCEPTUAL ATINENTE A LA GESTIÓN DEL PROYECTO

Existen diversas metodologías para el desarrollo de un proyecto de balance de línea u optimización de recursos, en el caso de esta investigación se utiliza la metodología DMAIC.

De acuerdo con la metodología DMAIC, la primera etapa consta de la definición del problema, en la siguiente etapa se mide el impacto que se va a obtener en la realización del cambio en el proceso, esto de acuerdo con la propuesta de mejora que se obtiene mediante el análisis de la información recolectada, en la siguiente etapa se describe cómo se implementa la mejora y finalmente, en la última etapa se indica cómo se controlan los resultados obtenidos al realizar un informe donde se muestren las conclusiones y beneficios obtenidos con la implementación del nuevo balance.

De acuerdo con la definición anterior, la metodología DMAIC cuenta con cinco etapas que están conectadas entre sí: definir, medir, analizar, mejorar y controlar. Cada fase está concebida para tener un efecto acumulativo: basarse en la información y los datos generados en las fases anteriores y repetirse en varias interacciones. Gómez (2019, p. 29 - 30).

**Ilustración. 1 Herramientas DMAIC**



**Fuente.**(Customer Experience LLC, 2022)

### 2.2.1.1 Tipo de Metodología

Referente a esta metodología DMAIC, en específico *Six Sigma*, así Garza, González, Rodríguez y Hernández (2016, p. 21), afirman:

#### **Metodología de mejora *Six Sigma***

En la actualidad existen diversas metodologías de mejoras entre las que se encuentra Seis Sigma que propone aplicar un método de investigación para los procesos que agregan valor para el cliente y desarrollar acciones o proyectos que permitan elevar la satisfacción de este, utilizando para ello métodos estadísticos que garantizan fundamentar las decisiones basada en datos (Gutiérrez y de la Vara, 2008), convirtiéndose así en una plataforma que permite mejorar la competitividad de las organizaciones (Porter, 2002). Para ello, propone desarrollar 5 etapas (DMAIC):

- Definir.
- Medir.
- Analizar.
- Mejorar.
- Controlar.

## 2.3 MARCO CONCEPTUAL REFERENTE AL IMPACTO DEL PROYECTO

En esta sección se trata de dar sustento teórico al abordaje propio que se da en el proyecto a las distintas fases mencionadas, de acuerdo con indicadores claves de rendimiento, conocidos como **KPI**. Se refiere a medidas cuantificables del rendimiento a lo largo del tiempo para un objetivo específico.

Los KPI proporcionan objetivos a los que apuntar los equipos, señales para medir el progreso y conocimientos que ayudan a las personas de toda la organización a tomar mejores decisiones.

### 2.3.1.1 UPPH

Con este concepto se suele distinguir a las unidades producidas por hora. Así, Alejandra Padilla (2016, p. 7), afirma:

Es posible hablar de distintos tipos de productividad a partir de los recursos involucrados en los procesos constructivos, tal y como lo establecen Botero y Álvarez (2004). [...]

Productividad de la mano de obra: Se podría considerar como la más importante, el recurso humano es el que generalmente fija el avance del trabajo y de él depende la productividad de los demás recursos. [...]

En la actualidad existe gran cantidad de factores que inciden negativa o positivamente sobre la productividad y sobre los cuales es necesario ejercer un estricto control para disminuir el efecto de los factores negativos.

### **2.3.1.2 Eficiencia**

Se refiere a la utilización correcta y con la menor cantidad de recursos para conseguir un objetivo, de igual manera que cuando se alcanza más objetivos con los mismos o con menos recursos. Contreras, Cassinelli, Piñones y Quiroz (2016, p. 79), afirman:

Probablemente una de las nociones más utilizadas, cuando se trata de entender el concepto de eficiencia, diga relación con el óptimo paretiano, razón por la cual no se pasará por alto. Según esta visión, se establece que una asignación de recursos o un proyecto puede calificarse como “bueno”, cuando sus impactos son iguales para todos y al menos, mejor para uno; o bien cuando aquellos que reciban los beneficios del mismo puedan compensar, eventualmente, a aquellos afectados negativamente. Dicho de otra forma, el óptimo de Pareto, conocido también como Pareto-optimidad, se da cuando una asignación de recursos X, es preferible a otra Y, si y sólo si, con la segunda al menos algún individuo mejora y nadie empeora; esto implica, que un óptimo paretiano es una asignación de recursos que no puede modificarse, para mejorar la situación de alguien, sin empeorar la de otro(s) (Martínez, 2003; Gravelle y Ress, 2006). En definitiva, se podría decir que una organización es eficiente, cuando se logran los propósitos trazados, al menor costo posible y en el menor tiempo, sin malgastar recursos y con el máximo nivel de calidad factible.

### **2.3.1.3 Yield**

Este término es sinónimo de producir; más concretamente, se asocia con el porcentaje de unidades buenas producidas. Álvarez (2019, p. 7), afirma:

La predicción del *yield* (índice de falla) resulta de gran interés para una adecuada cotización y planeación de recursos para la manufactura de los productos, de ahí la idea de encontrar un método adecuado que sea aplicable a las circunstancias de la realidad actual de los procesos de manufactura de ensamblés electrónicos.

Un producto que fue mal cotizado con un bajo *yield* en la fase de producción, tendrá graves impactos financieros en la empresa, especialmente si todo este índice de falla no fue considerado en la cotización.

### 2.3.1.4 Output

En términos generales este concepto se refiere al producto final resultante de un proceso de producción y en de manera más específica se trata de las unidades producidas por hora o por día, por ejemplo. Valencia (2015, p. 4), afirma:

#### **Función de producción**

Uno de temas centrales de cualquier economía es la escasez, por eso en cualquier sociedad se plantean cuatro cuestiones básicas:

- ¿Qué producir? Se enfoca a la naturaleza y tipo de bienes y servicios que se deben fabricar. Los empresarios se encargan de satisfacer las necesidades de los consumidores, tomando en cuenta que el precio del bien o servicio les reditue ganancias.
- ¿Cuánto producir? Se refiere a la cantidad que será colocada en el mercado, relacionado de manera directa con el tamaño de la población y el grado de consumo de ésta.
- ¿Cómo producir? Hace alusión a la combinación de recursos y técnicas que se emplean en la producción. En esta etapa interviene el factor “costo” y se busca una producción eficiente y de calidad a los costos más bajos.
- ¿Para quién producir? Se observa la distribución entre los consumidores estableciendo quienes disfrutarán de los bienes y servicios producidos.

Una función de producción es la relación entre la cantidad de factores productivos que una empresa utiliza y la cantidad de output que la empresa produce.

## 2.4 ANTECEDENTES DE PROYECTOS SEMEJANTES

Los antecedentes de proyectos similares buscan mejorar los rendimientos de las líneas de producción, éstos se presentan enseguida, de acuerdo con investigaciones científicas derivadas de trabajos finales del área de Ingeniería Industrial y relacionadas.

En la investigación para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería en Producción Industrial de la Universidad Técnica Nacional de Costa Rica, UTN, titulado “Análisis de la línea de producción de empaçado, para la disminución de residuos peligrosos en la empresa Industriales Austin de Costa Rica, en un lapso de ocho meses”, (2020), los autores Vanessa Jiménez y Raquel Mejías, afirmaron que:

Con respecto a lo académico, se realizará un estudio de tiempos, utilización de herramientas estadísticas, un análisis de la productividad, así como un análisis de eficacia y eficiencia en el proceso de producción del empaçado, todo con el fin de identificar las partes que generan mayores residuos peligrosos para poder minimizarlos. (p. 7)

De acuerdo con Jiménez y Mejías, el objetivo general es analizar la línea de producción del empaçado mediante herramientas de medición para la disminución de residuos peligrosos en la empresa Industriales Austin de Costa Rica en un tiempo de 8 meses. (p. 28)

Entre las principales conclusiones se puede citar que, se identifica que el motor hidráulico no introduce el arranque ni el paro en la máquina empaçadora al instante que se le proporciona la orden, asimismo, el operario debe estar controlando con regularidad las revoluciones deseadas de la máquina para que no se salgan de los parámetros. (p. 104)

Referente al proyecto de graduación de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad de Costa Rica titulado “Mejora del proceso de producción de cables de aluminio enfocada en la disminución de “scrap” en la compañía General Cable Conducen”, (2019), los autores Yuli Orozco, Mitzi Rodríguez y Josephe Zamora, afirmaron que el proyecto se desarrolló en dicha compañía, cuya actividad principal es la elaboración de cables de energía y telecomunicaciones, con más de 140 años de experiencia y con presencia en más de 50 países alrededor del mundo, incluyendo la planta de producción, contiguo al Hotel Herradura, en Heredia, Costa Rica. (p. 14)

Los autores indicaron el objetivo general como identificar las causas principales de generación de “scrap” de aluminio dentro del proceso de producción, con el fin de cumplir la meta establecida y el plan de producción de la compañía General Cable Conducen. (p. 32)

Entre las principales conclusiones mencionaron que a partir de la estandarización del proceso de arranque de la máquina de cableado y la utilización de la herramienta de cálculo de la cantidad a programar se obtiene una disminución de un 50% en la generación de *scrap* o chatarra en el mes de agosto del 2018 con respecto al promedio generado hasta junio 2018 antes de la implementación, lo que también permitió mayor agilidad en el trabajo de los operarios y en el entendimiento de las funciones de cada uno. (p. 105)

En el trabajo final de graduación para optar por el grado de Ingeniería Industrial, titulado “Balance de líneas de producción en la tabacalera CubanacanCigars S.A de la ciudad de Estelí, en el segundo semestre del año 2019” (2020), de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, los autores Raúl Pinell, Lisbeth Ríos y Akyeri Bucardo, afirmaron que el balance de líneas se reconoce como el principal medio para fabricar a bajo costo grandes cantidades, es por eso que dentro de la investigación se relacionó cual es el costo y cuál es el beneficio que obtendrá la empresa al momento de aplicar esta propuesta de balance. (p. 5)

El objetivo principal de la investigación fue realizar un balance de las líneas de producción mediante un estudio de métodos que determine los tiempos óptimos de producción en las distintas áreas de la tabacalera CubanacanCigars S.A. (p. 19)

Como conclusiones principales afirmaron que la empresa se encuentra en un estado regular en cuanto a seguridad e higiene tanto como en las condiciones que laboran los trabajadores, exceptuando que hacen falta murales informativos sobre el proceso de manufacturación del puro.

También concluyeron que con respecto a operaciones y tiempos de producción se analizaron cada uno de ellos haciendo constar que todas son importantes, pero se deben eliminar los desperdicios de tiempo innecesarios. (p. 102)

# **III. CAPITULO MARCO METODOLÓGICO**

## 3.2 Metodología para la definición del problema

Es común que al enfrentar una problemática que parece cercana, en donde los términos que la conforman presentan la apariencia de lo perfectamente conocido, no obstante, tal apariencia debe ser examinada para corroborar o no, la transparencia de las variables que la constituyen. En esta sección se presentan las diferentes etapas de la metodología DMAIC explicadas teóricamente, ya que se van a desarrollar en el siguiente capítulo.

Si bien es cierto existen muchas metodologías para el desarrollo reducción de desperdicios, como es lo es el bajo aprovechamiento de recursos de producción, para esta investigación se eligió DMAIC porque describe de principio a fin cada paso que se ha realizado en el correcto abordaje para lograr el objetivo una propuesta de una nueva línea de producción de máscaras respiratorias.

En esta etapa se definirá el problema a desarrollar, mediante una planeación que debe involucrar las necesidades y expectativas de las partes interesadas, la caracterización e identificación del proceso y sus interrelaciones. Para esto, se debe tener en cuenta las herramientas a utilizar dado que brindara no solo un análisis, pero también, la interpretación de datos con el fin de definir el problema.

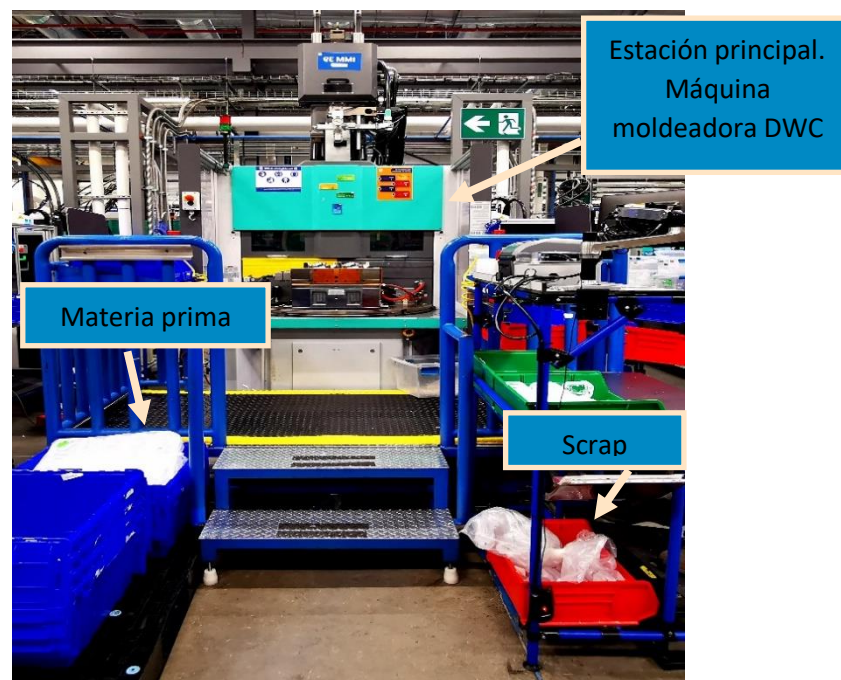
Para la definición del problema se realizará un *gemba walk* en la planta, para conocer el flujo del proceso e identificar las necesidades de las personas que trabajan en la línea, mas que todo a nivel ergonómico, se tomará nota en detalle sobre los datos que sean pertinentes sobre el proceso en estudio. Posteriormente, se establecerá una reunión con el departamento de mejora continua, el personal de producción y salud y seguridad ocupacional que se encuentre relacionado con el proceso con el fin de aportar información útil y oportuna; todo esto sin dejar de lado una entrevista realizada con los ingenieros de manufactura y supervisores que cuenta la compañía. El objetivo de esta entrevista es lograr recolectar la mayor información posible acerca del proceso, aclarando dudas y escuchar las deficiencias del proceso. Es aquí

donde se utilizarán herramientas como: Diagrama de Flujo y un SIPOC con el fin de visualizar las entradas y salidas del proceso.

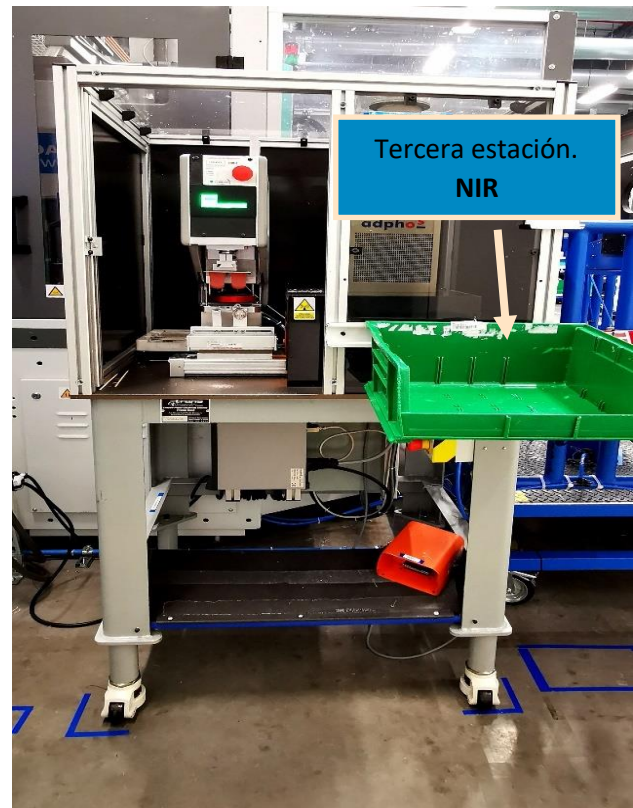
De acuerdo con la experiencia y los estudios realizados, desde el punto de vista de la disciplina de la ergonomía, en la línea de manufactura de mascarillas DreamWear Full Cushion, en la evaluación no se detectaron problemas en la adaptación de las máquinas a los puestos de trabajo de los colaboradores, por otra parte, se percibe una falta de eficiencia en el aprovechamiento del tiempo laboral de los funcionarios, presentándose un desperdicio de los recursos empleados.

La falta de eficiencia en el aprovechamiento del tiempo laboral de los funcionarios da como resultado incremento de costos innecesarios en la compañía y un proceso poco fluido de producción. Para determinar cuánto tiempo se está perdiendo y las causas de la pérdida de tiempo que ocasiona baja utilización en el personal, se requerirá realizar una evaluación detallada del proceso de producción y el flujo de trabajo, que identifique los cuellos de botella y las áreas que requieren mejoras. Una vez que se hayan identificado las problemáticas, se implementaran soluciones para mejorar la eficiencia y reducir el tiempo ocioso.

#### Ilustración. 5 Estaciones de trabajo SRC



Fuente.(Propia, 2023)



ETAPA DEFINIR					
Objetivo	Actividad	Herramientas	Descripción	Plazos	Responsable
<ul style="list-style-type: none"> <li>Definir las necesidades de las personas que trabajan en la línea de producción de máscaras respiratorias con base a los requerimientos del departamento de Salud Ocupacional para que la propuesta que se va a desarrollar no afecte su ergonomía.</li> </ul>	Gemba en el área productiva para identificar riesgos y posturas. Reunión con el departamento de Seguridad y Salud Ocupacional.	DIAGRAMA DE SIPOC. DIAGRAMA DE FLUJO.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se realizó un diagrama de flujo y Sipoc para conocer el proceso y tareas realizadas por cada persona, en el gemba se observaron tiempos y posturas.</li> </ul>	2 días	Arline Guerrero Chaves

Tabla. 1EtapaDefinir

Fuente.(Propia, 2023)

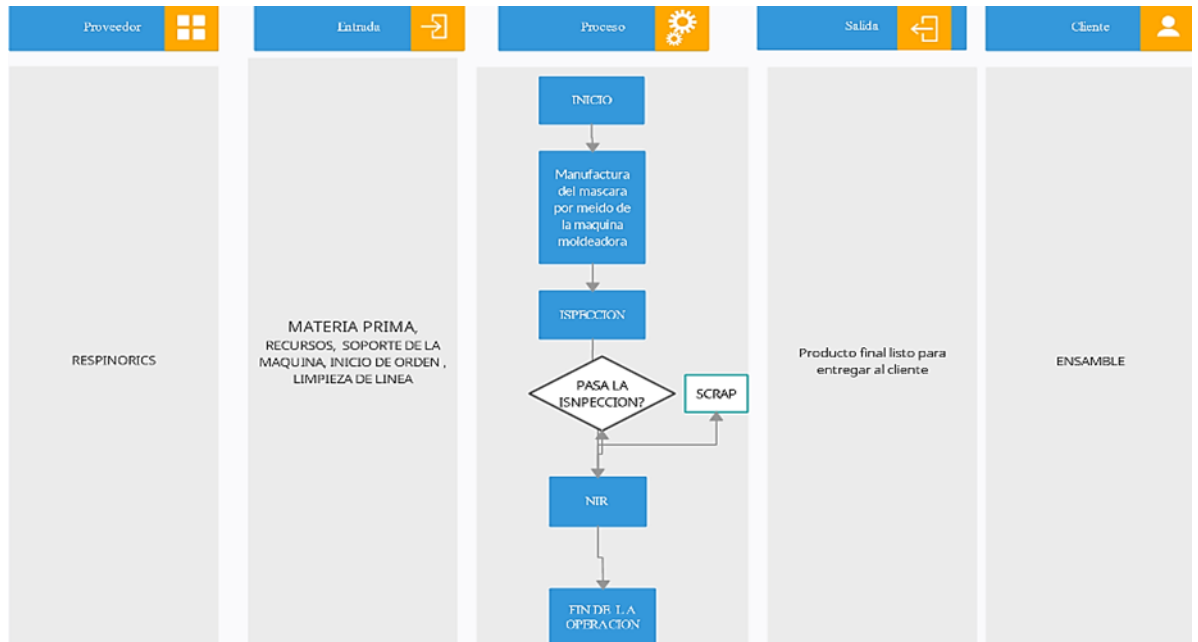
### **3.2.1 Descripción del proceso Actual**

#### **3.2.1.1 Diagrama SIPOC**

En el siguiente diagrama SIPOC, se puede observar una visión general y amplia del proceso, en donde se especifican los factores involucrados y su relación con el departamento, permitiendo obtener a grandes rasgos la información que se necesita para desarrollar de una manera óptima el proceso de manufactura y realizar un plan de mejora para controlar correctamente el flujo.

El diagrama SIPOC tiene la función de documentar los pasos relevantes entre los proveedores, entradas, proceso, salidas, y clientes de una operación, el orden de esto puede ayudar a marcar los límites de cada punto, este diagrama se usa para reflejar a quienes toman las decisiones la información crucial sobre el proceso, pero sin dar mayor detalle de este, es importante tener presente que este diagrama sirve para cuantificar insumos y saber quién los suministra.

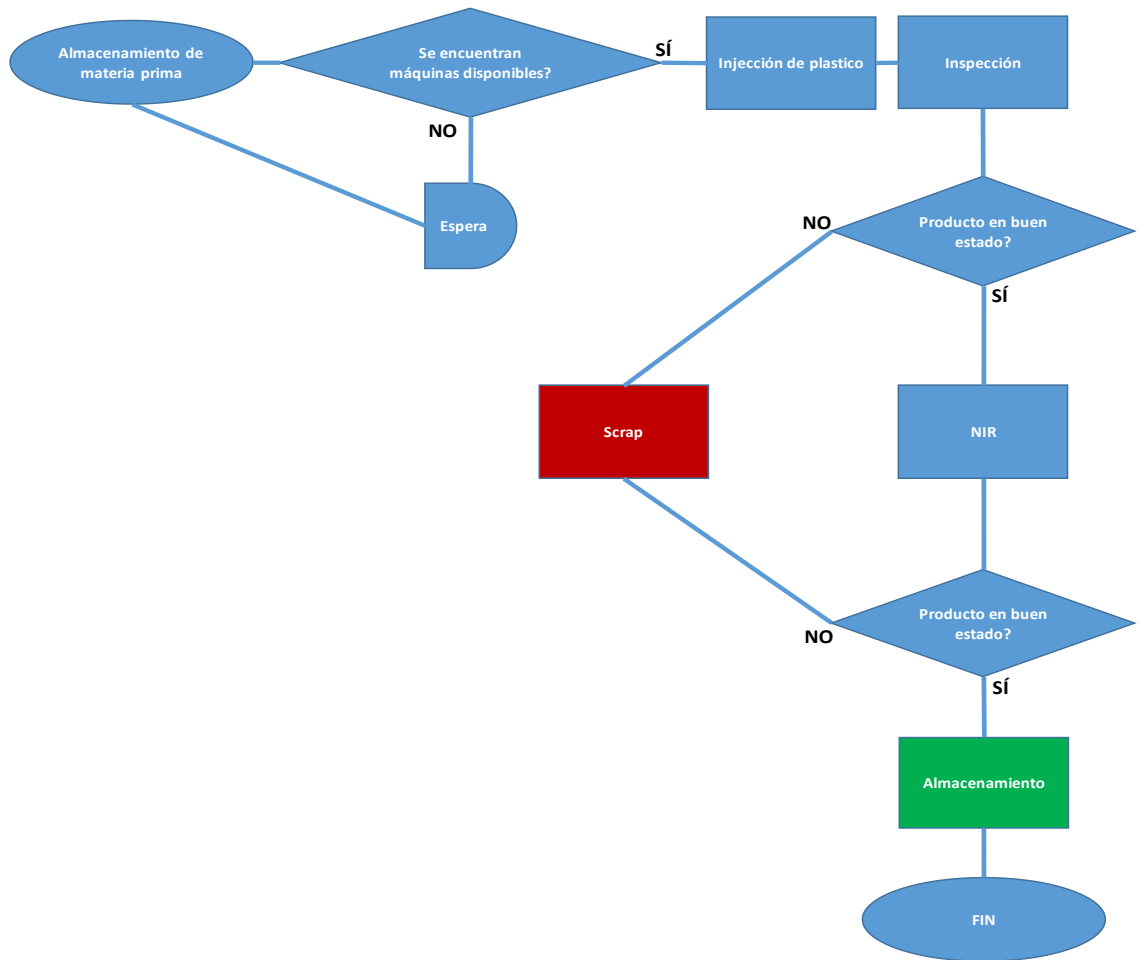
### Ilustración. 3 Diagrama del flujo operativo



Fuente.(Propia, 2023)

### 3.2.2 Diagrama de flujo

Para tener una perspectiva más clara, a continuación, se presenta en la **Error! Reference source not found.** de la secuencia del proceso desde el momento que ingresa una nueva orden de producción hasta que esta es almacenada.

**Ilustración. 4 Diagrama del flujo**

Fuente.(Propia, 2023)

### 3.3 Metodología para la medición y respaldo cualitativo de proyecto

Esta metodología es relevante por sus aplicaciones docentes y empresariales, en especial sobre la gestión de operaciones, con un papel de gran valor en el ámbito práctico de la Ingeniería Industrial, porque provee una revisión basada en el método científico, al momento de servirse de una visión investigativa en la mejora de procesos industriales y, gracias a esto, se sientan las bases para llevar a cabo el estudio de contenido en un proyecto de investigación.

Los enfoques de estudio cualitativo complementan en gran medida otros análisis decisivos en los procedimientos industriales y esto promueve la mejora del funcionamiento de la organización. De acuerdo con la Universidad de San Sebastián (2023), afirman:

Los **métodos cualitativos** se han aplicado a una serie de campos de interés para el desarrollo humano. La mayoría de estos se relacionan con la gestión de operaciones, donde se integran distintos aportes disciplinarios, con el fin de mejorar e incrementar la eficiencia de los procesos industriales.

Aunque la mayor parte de las investigaciones sobre la gestión de operaciones, se basa en los métodos cuantitativos, los cualitativos aportan información relevante que puede ser usada en los procesos de optimización. La gestión de operaciones es una disciplina aplicada que requiere de la integración de muchos conocimientos. Tanto lógicos y racionalistas, como analíticos y cualitativos.

Esto se debe a que las investigaciones en ingeniería y algunas ciencias sociales, tienen un carácter aplicado, donde existe una fuerte necesidad de generar soluciones prácticas a problemas determinados, tanto a nivel industrial como social. Por esta razón, los métodos cualitativos son considerados una poderosa herramienta, que proveen metodologías para comprender mejor los fenómenos o problemas dentro de un contexto particular.

Como ya se indicó, DMAIC es la metodología de abordaje para la solución del problema, porque permite caracterizarlo utilizando datos. A partir de que se comprende el problema, se identifican sus causas para definir cada paso a seguir, estableciendo cómo se va a observar el cambio por realizar. Esta medición debe ser respaldada con datos, por lo que la obtención de información verídica cuantitativa es fundamental para el desarrollo de esta fase.

El objetivo de esta etapa es establecer el rendimiento actual del proceso y los datos que se analizarán, es por eso por lo que se crea un plan de recopilación de datos para supervisar el rendimiento e ir comparando el antes y el después conforme se van realizando los cambios.

Para este proyecto los datos fueron recolectados por la toma de tiempos de las operaciones de la línea, los mismos serán representados con ayuda de un gráfico de barras, además, estas muestras son analizadas por un Excel debidamente diseñado para mostrar el tiempo consumido por unidad producida. Ya que la recopilación de los datos se obtuvo por medio de la toma de tiempos, esto será analizado en el WCG, estas herramientas son el pilar de este proyecto ya que permiten las siguientes etapas de implementación y control.

**Tabla.2 Etapa Medir**

ETAPA MEDIR					
Objetivo	Actividad	Herramientas	Descripción	Plazos	Responsable
<ul style="list-style-type: none"> <li>Medir el tiempo de operaciones mediante la toma de tiempos para obtener el ciclo de la línea para presentar la situación actual.</li> </ul>	Toma de tiempos, con un cronómetro digital llamado timer.	Timer. Tabla de Excel de calculadora de tiempos de ciclo.	Se visita el área productiva, se observa el proceso y se toman tiempos de cada operación para obtener tiempos de ciclo de cada una de ellas.	1 MES	Arlene Guerrero Chaves

Fuente.(Propia, 2023)

### **3.4 Metodología para el análisis cualitativo y cuantitativo del proyecto**

En esta sección se incluyen los elementos de respaldo de la metodología que establecen la base de la propuesta de mejora, para el caso del diseño del nuevo proceso que lleva a su desarrollo. Además, se toman decisiones sobre el proceso, con base en la revisión de los datos recopilados, con ayuda de un mapa de proceso actual usando los datos para comprender donde comienzan los problemas.

En la tercera etapa de la metodología DMAIC, se analizan los datos recolectados de la situación actual del proceso de estudio que cuentan con mayor relevancia e impacto en el proyecto. Es de mucha importancia mencionar que, los datos que no se tienen a mano son obtenidos de las diferentes bases de datos con las que ya cuenta el departamento del área por medio de los colaboradores de producción y los encargados. Las aplicaciones y metodologías de estudio de mucha importancia son seleccionadas, de las cuales se obtienen respuestas específicas para poder optar por soluciones al problema en análisis, además de evaluar y evidenciar el comportamiento actual del proceso.

Una vez realizado el Diagrama Ishikawa se procede a darle una calificación a las causas que afectan el problema de investigación, esto se realizará tratando de establecer de lo general las variables específicas que están afectando la eficiencia del proceso.

A partir de la lluvia de ideas realizada, se encuentran puntos importantes que están afectando directa e indirectamente el proceso, aquí se ven reflejadas las causas obtenidas por medio de la reunión donde se abordaran puntos a tomar en cuenta ya que son dadas por las personas que están involucradas directamente en el proceso; de este modo se visualiza la causa de este problema que cuenta la empresa hoy en día.

Una vez realizado el diagrama de causa y efecto y con ayuda a la lluvia de ideas anteriormente mencionada, se procede a darle una calificación a las causas que afectan el problema de investigación con ayuda a la matriz de decisión, esto se realiza estableciendo de lo general todas las variables específicas que estén afectando la eficiencia del proceso.

**Tabla.3 Etapa Analizar**

ETAPA ANALIZAR					
Objetivo	Actividad	Herramientas	Descripción	Plazos	Responsable
<p>Analizar los tiempos de ciclo de cada operación mediante la herramienta WCG para obtener el porcentaje de utilización de los recursos y evidenciar el problema planteado.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Plantear lluvia de ideas con las posibles causas que originan la problemática para encontrar la causa raíz y su respectiva propuesta de mejora.</li> </ul>	<p>Se copian los tiempos de ciclo a la herramienta de WCG. Gemba y reuniones para generar lluvia de ideas.</p>	<p>WCG y Lluvia de ideas.</p>	<p>Se colocan los tiempos de ciclo en la herramienta de WCG para ver utilización y output del escenario actual. Se anotan las causas que se cree que es la que ocasiona el problema.</p>	<p>15 DIAS</p>	<p>Arline Guerrero Chaves</p>

**Fuente.**(Propia, 2023)

### **3.5 Metodología para la propuesta de mejora, construcción o puesta en práctica de un nuevo proceso.**

En esta sección se incluyen los elementos de respaldo de la metodología que establecen la base de la propuesta de mejora, para el caso del diseño del nuevo proceso que lleva a su desarrollo. Además, se toman decisiones sobre el proceso, con base en la revisión de los datos recopilados, con ayuda de un mapa de proceso actual usando los datos para comprender donde comienzan los problemas.

En la tercera etapa de la metodología DMAIC, se analizan los datos recolectados de la situación actual del proceso de estudio que cuentan con mayor relevancia e impacto en el proyecto. Es de mucha importancia mencionar que, los datos que no se tienen a mano son obtenidos de las diferentes bases de datos con las que ya cuenta el departamento del área por medio de los colaboradores de producción y los encargados.

Las aplicaciones y metodologías de estudio de mucha importancia son seleccionadas, de las cuales se obtienen respuestas específicas para poder optar por soluciones al problema en análisis, además de evaluar y evidenciar el comportamiento actual del proceso.

Una vez realizado el Diagrama Ishikawa se procede a darle una calificación a las causas que afectan el problema de investigación, esto se realizará tratando de establecer de lo general las variables específicas que están afectando la eficiencia del proceso.

A partir de la lluvia de ideas realizada, se encuentran puntos importantes que están afectando directa e indirectamente el proceso, aquí se ven reflejadas las causas obtenidas por medio de la reunión donde se abordaran puntos a tomar en cuenta ya que son dadas por las personas que están involucradas directamente en el proceso; de este modo se visualiza la causa de este problema que cuenta la empresa hoy en día.

Una vez realizado el diagrama de causa y efecto y con ayuda a la lluvia de ideas anteriormente mencionada, se procede a darle una calificación a las causas que afectan el problema de investigación con ayuda a la matriz de decisión, esto se realiza estableciendo de lo general todas las variables específicas que estén afectando la eficiencia del proceso.

### 3.6 Metodología para la implementación del proyecto

El mecanismo para la implementación del proyecto es el seguimiento de las pautas que establece el área de Mejora Continua de la empresa Philips, ya que este el desarrollo de este tipo de estudios de investigación sistemática es su responsabilidad para llevar a cabo nuevas iniciativas.

Es por esto que, en esta etapa del proyecto, una vez analizada la problemática actual, se establece la manera en que se implementan las propuestas para contrarrestar las posibles implicaciones que se generan, esto sirve de apoyo para obtener una buena planificación del proceso y así tomar mejores decisiones, las cuales atacaran en mayor medida cada una de las causas originadas por el problema detectado.

Como toda empresa organizada, en PhilipsCosta Rica hay guías que apoyan la implantación de la propuesta que se desarrolló en esta investigación. En esta etapa se comienzan a realizar las mejoras reales en el proceso. Se debe de tomar una decisión sobre la solución que se va a implementar.

**Ilustración. 2 Metodología de la Implementación**

Actividad	Objetivo
Informe de la necesidad.	Dar a conocer detalladamente la problemática actual que se encuentra en la empresa.
Revisar y diagnosticar datos obtenidos de la base de datos.	Cuantificar estadísticamente la problemática actual.
Cotizaciones	Rentabilidad de propuesta, costo de la mejora
+	
Elaborar propuestas para la implementación del proyecto.	
Implementación de mejoras.	
Ejecución de plan piloto.	
Medición de mejoras	

**Fuente.**(Propia, 2023)

En esta fase llega el momento de reunirse con los colaboradores de producción para darles las instrucciones sobre el nuevo balance en el que va a correr la línea y como se van a distribuir, especialmente en los turnos de comidas, ya que las estaciones deben de quedar con alguna persona y ya con las instrucciones claras y sus dudas evacuadas, se inician las pruebas cortas, recopilando data por medio de la toma de tiempos que serán evaluados en el WCG donde mide el output, utilización y capacidad de la línea, adicional a esto, se mide el yield por medio de Pass orFail.

**Tabla.4 Etapa Implementación**

ETAPA IMPLEMENTACION					
Objetivo	Actividad	Herramientas	Descripción	Plazos	Responsable
<ul style="list-style-type: none"> <li>Implementar la propuesta de mejora para la problemática que genere ahorro en costos de recursos mediante herramientas ingenieriles.</li> </ul>	Ejecución de la propuesta y desarrollo de herramientas ingenieriles para el respaldo de resultados.	WCG, timer, Pass or fail.	Se ejecuta el plan de mejora mediante pruebas, reuniones y medición de indicadores post pruebas, para la implementación oficial.	1 MES	Arline Guerrero Chaves

Fuente.(Propia, 2023)

### 3.7 Metodología para la verificación, aseguramiento, control y seguimiento de resultados

Como se ha mencionado antes, el área de Mejora Continua es la responsable de que la solución propuesta se lleven a cabo, el departamento de Producción es el responsable de que la mejora no se debilite y que permanezcan en el tiempo, la Auditoría Operativa y Análisis Financiero son los responsables del control y seguimiento de los resultados en el proyecto y entre los indicadores que se tomaron en consideración se tienen: las unidades producidas por hora (UPPH), la eficiencia, el *Yield* y el output, entre otros.

Este último paso de la metodología y es fundamental para asegurarse que la mejora se está implementando de manera oficial, apoyar al equipo de trabajo con dudas o acciones que acompañen a esta etapa y lo más importante, que se esté ejecutando de manera correcta y eficiente. Es por esto que se crea un plan de supervisión del equipo, para controlar y reevaluar continuamente los impactos de los cambios en el proceso implementado.

En esta fase se mide el yield y se documenta nuevamente un Pass or Fail para verificar la calidad del proceso. Al mismo tiempo, se debe crear un plan de respuesta para actuar en caso de que el rendimiento comience a disminuir de nuevo y aparezca un nuevo problema, además, 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.

Con el control y la recolección de datos históricos se podrá evidenciar y comparar el proceso que se desea mejorar, realizando los ajustes necesarios que estos necesitan obtener para lograr

los objetivos deseados, entre ellos, cumplir con la producción, la utilización de los recursos y velar por que la capacidad de la línea siga estando dentro de los parámetros con los que se midió al principio.

**Tabla. 5 Etapa de Control**

ETAPA DE CONTROL					
Objetivo	Actividad	Herramientas	Descripción	Plazos	Responsable
<ul style="list-style-type: none"> <li>Controlar los resultados de implementación mediante visitas al área productiva y reuniones para corroborar el éxito del proyecto y soportar cualquier evento o incertidumbre.</li> </ul>	Gembas, reuniones.	WCG. Pass or Fail.	Se realizaron toma de tiempos 2 veces por semana y se analizaron en el WCG para verificar la variabilidad de datos, se realizaron gembas al área productiva para verificar indicadores productivos, como el yield y el wip (trabajo en proceso o espera). Reuniones para controlar resultados con supervisores y gerentes.	3 semanas	Arline Guerrero Chaves

**Fuente.**(Propia, 2023)

## **IV. CAPITULO LÍNEA BASE Y ANÁLISIS DE CAUSAS**

En este capítulo se realiza el diagnóstico de la problemática de este proyecto de graduación, midiendo y analizando la información más relevante que se ha recopilado.

Los resultados de los análisis son desarrollados de acuerdo con datos cuantitativos para que el diagnóstico del objeto de estudio sea el más adecuado según la disciplina ingenieril, con base en información estadística que sirve como evidencia.

De acuerdo con la siguiente tabla, se presentan los costos de salarios de colaboradores, cargas sociales, materiales, energía y servicios públicos, mantenimiento y reparación, gestión y supervisión, transporte y logística y finalmente seguros; todos estos son tomados en cuenta en la planificación y evaluación del costo total de la línea de manufactura de mascarillas DreamWear Full Cushion.

**Ilustración. 6 Costo monetario 2022**

<b>Philips Business Care</b>	
Costo monetario de línea de producción Dream Wear Full Cushion año 2022	
<b>Descripción del costo</b>	<b>Costo mensual estimado</b>
Salarios de colaboradores	\$61,200 (72 colaboradores x \$850/mes)
Cargas sociales	\$27,540 (45% de \$61,200)
Materiales	\$20,000
Energía y servicios públicos	\$6,000
Mantenimiento y reparación	\$3,500
Gestión y supervisión	\$8,000
Transporte y logística	\$3,000
Seguros	\$1,200
<b>Costo total</b>	<b>\$130,440</b>
<b>Costo anual</b>	<b>\$1,565,280 (12 meses x \$130,440/mes)</b>

Fuente.(Propia, 2023)

- Los costos de salarios y cargas sociales asociados son los costos laborales asociados con los colaboradores de la línea de producción DreamWear Full Cushion. Estos costos incluyen el salario mensual pagado a los colaboradores, así como las cargas sociales asociadas a sus salarios, que generalmente incluyen impuestos, contribuciones al sistema de seguridad social y otros gastos asociados con la contratación de personal.
- Los costos de materiales incluyen el costo de los materiales necesarios para fabricar las mascarillas DreamWear Full Cushion, como resina, tinta y otros insumos necesarios para la producción.

- Los costos de energía y servicios públicos incluyen los costos de electricidad, gas, agua, y otros servicios necesarios para la operación de la línea de producción.
- Los costos de mantenimiento y reparación incluyen los costos de reparación y mantenimiento de la maquinaria utilizada en la línea de producción, así como los costos de reemplazo de partes y herramientas necesarias para mantener la línea de producción en funcionamiento.
- Los costos de gestión y supervisión incluyen los costos de salarios y cargas sociales para los gerentes, supervisores y otros empleados responsables de la gestión y supervisión de la línea de producción.
- Los costos de transporte y logística incluyen los costos asociados con el transporte de materiales y productos terminados desde y hacia la línea de producción.
- Finalmente, los costos de seguros incluyen los costos de responsabilidad civil y otros seguros necesarios para proteger la empresa en caso de accidentes o lesiones relacionados con la línea de producción.

Una de las mayores fuentes de preocupación de la administración de las empresas es la productividad laboral, o lo que es lo mismo, la utilización correcta del tiempo, por lo que aquí, lo que priva es trabajar de forma más inteligente y, no trabajar más y eso se logra dando la formación necesaria al personal para que sea competente en general.

Dado a como se muestra en la tabla anterior, el costo de los 72 colaboradores de la línea de manufactura de mascarillas DreamWear Full Cushion es mayor a un millón de dólares durante el año 2022, el área de Mejora Continua consideró conveniente la realización de estudios que permitiesen lograr ahorros en ese monto, considerando como prioridad la satisfacción de las necesidades ergonómicas de los colaboradores.

#### **4.1.1 Estudio de tiempos**

Se tiene presente que el valor de ejecución para obtener piezas es superior a 2 minutos y con base en la **Error! Reference source not found.** se tendría un muestreo inicial de 15 muestras. Debido a la duración de cada operación y teniendo en cuenta que son únicamente tres personas por máquina, se procede a seleccionar aleatoriamente a 9 personas de las 72 para realizar esta toma de tiempos con diez muestras a cada una para tener un total de 90 muestras, todo esto en los distintos turnos comprimidos.

**Tabla6. Número recomendado de ciclos de observación.**

Tiempo de ciclo (minutos)	Número recomendado de ciclos
0.10	200
0.25	100
0.50	60
0.75	40
1.00	30
2.00	20
2.00-5.00	15
5.00-10.00	10
10.00-20.00	8
20.00-40.00	5
40.00 o más	3

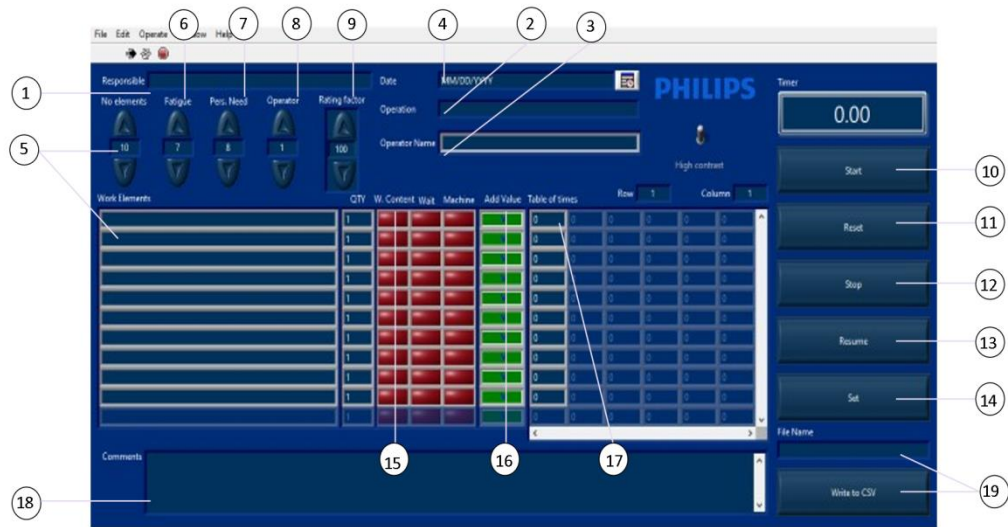
**Fuente:** (Benjamin W. Niebel, 2009)

En este caso de estudio, se seleccionaron 9 personas aleatoriamente y se realizan 10 tomas de tiempo a cada una de ellas. Esto puede ser suficiente para respaldar estadísticamente las conclusiones, siempre y cuando se hayan tomado las mediciones de tiempo de manera precisa, estandarizada y se hayan determinado si existen diferencias significativas entre los tiempos de producción de los diferentes operadores.

En resumen, aunque el tamaño de muestra puede variar según el tipo de estudio y la población en cuestión, con una selección aleatoria de 9 personas y 10 tomas de tiempo en cada persona, se pueden obtener resultados estadísticamente respaldados para evaluar la eficiencia de la línea de producción de las mascarillas DreamWear Full Cushion.

En la compañía se cuenta con tabletas específicas para esta labor, éstas cuentan con una app denominada *Error! Reference source not found.*, que ayuda a tomar los tiempos de cada operación de una manera precisa, seguidamente al guardarse los datos se transportan a una hoja de Excel que calcula los tiempos de ciclo de cada operación listos para ser analizados en una herramienta llamada Work Content Graph, para evidenciar la utilización de los recursos.

### Ilustración. 7 Timer



- |   |   |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>1 Escriba su nombre</li> <li>2 Escriba el nombre de la operación</li> <li>3 Agregue el nombre del operario</li> <li>4 Seleccione la fecha</li> <li>5 Seleccione y escriba la cantidad de elementos que la operación tiene</li> <li>6 Seleccione el porcentaje de fatiga de la operación</li> <li>7 Seleccione el porcentaje de necesidades personales de la operación</li> <li>8 Si necesita otra toma de tiempo de la misma operación, presione el botón</li> <li>9 Seleccione el nivel con el que el operario esta trabajando</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>10 Seleccionar START para iniciar el timer</li> <li>11 Seleccionar RESET para reiniciar el timer</li> <li>12 Seleccionar STOP para detener el timer</li> <li>13 Seleccionar RESUME para continuar con la toma de tiempo</li> <li>14 Seleccionar SET para agregar un dato en una celda específica</li> <li>15 Seleccionar la información que pertenece a cada elemento (W.Content- Wait- Machine)</li> <li>16 Seleccionar la información (Si agregavalor, si es necesario si no agregavalor)</li> <li>17 Adquise incluir cada una de la toma de tiempo</li> <li>18 Si es necesario agregue un comentario en relación al proceso</li> <li>19 Asegúrese que este escrito el nombre del documento. Seleccionar write to CSV</li> </ul> |
|---|---|

Fuente.(Propia, 2023)

### Ilustración. 8 Hoja de Excel

Process information																													
Product Name:	DWF Cushion			Operario 1:	Pablo Rodríguez			Shift	A	Operario 3:		Shift																	
Operation Name:	Maquina molde			Operario 2:	David Arias			Shift	A	Operario 4:		Shift																	
Responsible:	Arline Guerrero Chaves			Date:	2/10/2022			Date:																					
	Place an X on corresponding box			VALUE ADDED 0.0%	OBSERVED TIMES Op 1										OBSERVED TIME														
WORK ELEMENTS	WORK CONTENT	Wait	MACHINE DWELL ONLY	VALUE ADDED or VA. added	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	AVG. OBSERV.	STDEV/ avg.	Rating Factor	QTY.	AVG/unit	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Quitan materiales ya moldeados de la máquina	x			N	5	5	6	6	10	9	9	6	7	5	6.7	0.24	100%	2	3.4	7	5	10	9	5	9	6	6	7	10
Limpian toda la superficie de la máquina, soplan el molde	x			N	8	15	12	13	15	18	14	19	15	17	14.6	0.21	100%	2	7.3	8	12	10	12	10	10	10	9	12	9
Colocan materiales en crudo para las nuevas piezas	x			N	17	16	23	21	20	22	20	16	17	18	19.0	0.12	100%	2	9.5	18	14	16	16	19	13	17	12	13	15
Tiempo de espera a que de vuelta		x		V	71	73	73	65	67	61	64	67	70	73	68.3	0.06	100%			74	76	74	70	74	76	70	74	72	75

Fuente.(Propia, 2023)

Una vez que las muestras de los tiempos de cada operación son transportadas a la tabla anterior, esta se encarga de calcular el tiempo de ciclo por unidad, así como se muestra en las siguientes ilustraciones.

**Ilustración. 9 Tiempo de ciclo por Operación**

Operación	Piezas	Tiempo en Segundos
Tiempo Maquina	2	110
Tiempo Plataforma	2	42
Tiempo en Inspección	2	67.6
Tiempo en NIR	2	47.4
<b>Total en segundos</b>		<b>267</b>
<b>Total en minutos</b>		<b>4.45</b>

Fuente.(Propia, 2023)

**Ilustración. 10 Tiempo de ciclo por Operación mas tiempos muertos**

Operación	Piezas	Tiempo en Segundos
Tiempo Maquina	2	110
Tiempo Plataforma	2	42
Tiempo en Inspección	2	67.6
Tiempo de espera		84.2
Tiempo en NIR	2	47.4
Tiempo de espera		20.2

Fuente.(Propia, 2023)

**Ilustración. 11WCG Actual**

Enter data only in the gray cell

Total customer demand	1335
Available days	1
Total daily demand	1335
Yield	85.0%
To Produce	1571

Operation	Cycle Time (sec/unit)	Theoretical station required	Real Qty Ops	Real Qty Station	Learning Curve (%)	Equipment Availavility (%)	Yield (%)	To Produce (Units)	Targuet per hour per Station
Molding	55.0	1.0	1.00	1.0	100%	100%	100.0%	1571	65
Operario en Maquina	21.0	0.4	1.00	1.0	100%	100%	100.0%	1571	75
Operario en Inspeccion	33.8	0.7	1.00	1.0	100%	100%	100.0%	1571	75
Operario en NIR	23.7	0.5	1.00	1.0	100%	100%	85.0%	1571	64
	<b>134</b>	<b>2</b>	<b>3.0</b>	<b>3.0</b>			<b>85.0%</b>		

Select Shifts with "1"							Avaliable Time	Flow Line	Utilization %	Daily Capacity (yield 100%)	Yielded Output	Takt Time per Operation (Sec/unit)	Real Oper x Takt Time	UPPH
Shift 1	Shift 2	Shift 3	Satur day	Comp A	Comp B	Over Time								
							86400	55.0	100%	1571	1571	55	55	65
							75420	21.0	44%	3591	1571	48	48	75
							75420	33.8	70%	2231	1571	48	48	75
							75420	23.7	49%	3182	1335	48	48	64
							<b>20.95</b>	<b>134</b>	<b>54%</b>	<b>1571</b>	<b>1335</b>			<b>199</b>

Summary		
Goal	1335	Units
Output	1335	Units
GAP	0	Units
Output per hour	64	Units
Output 100% per hour	75	Units
UPPH	21.2	
% Balance to Takt	64%	

Fuente.(Propia, 2023)

Nota: Se muestran dos tablas ya que la original fue dividida para una mejor apreciación visual.

Como se muestra en la tabla 11 los **Error! Reference source not found.**, el flujo de la línea en las operaciones de Op,Máquina, Inspección y NIR tienen tiempos de ciclo menores al Takt time, lo que indica que estas operaciones tienen un exceso de capacidad y podrían ser optimizadas para mejorar la eficiencia del proceso, además se evidencia al visualizar el **Error! Reference source not found.** de cada uno de los operarios en las operaciones de trabajo 44%,70% y 49% respectivamente; gracias a este análisis se quiere reflejar y se da respaldo de la forma en la que se trabaja actualmente y la urgencia que tiene este proyecto para así mejorar la eficiencia de este proceso.

### Ilustración. 3 Porcentaje de Utilización

Operation	Utilization %
Molding	100%
Operario en Maquina	44%
Operario en Inspection	70%
Operario en NIR	49%

Fuente.(Propia, 2023)

Utilizando los datos de la tabla se puede evidenciar los tiempos promedios que realizan los operarios al ejecutar el proceso en cada una de las operaciones, estas actividades son realizadas de forma cíclica. Este estudio se realizó con el fin de tener un criterio más certero y actualizado de cómo se está realizando el proceso hoy en día por cada operador, además, este fue medido gracias a la toma de tiempos de los elementos que conforma la operación realizada en estas líneas de producción. En la compañía se cuenta con tabletas específicas para esta labor, éstas cuentan con una app denominada *Error! Reference source not found.*, que ayuda a tomar los tiempos de cada operación de una manera precisa, seguidamente se analizan los datos recolectados en una herramienta llamada Work Content Graph, para evidenciar la utilización de los recursos.

#### 4.1.2 Entrevista

Durante la entrevista realizada a los ingenieros de manufactura y supervisores en el departamento de SRC, se realizaron una serie de preguntas para lograr entender las principales fallas y/o puntos de mejora del proceso. De esta manera se da respaldo de la forma en la que se trabaja actualmente y la urgencia que tiene este proyecto para así mejorar la eficiencia y no solo la eficacia.

Del mismo modo, se identifican problemas en la ergonomía de los trabajadores, es por esto por lo que aplicando teoría, principios, datos y métodos al diseño que permita optimizar el bienestar de cada uno de los operarios. Todo esto con el propósito de que éste se adapte a las personas de la mejor manera posible. La ergonomía cobra especial importancia en el diseño de las mesas y sillas, tratándose de este objetivo específico la ergonomía cobra relevancia en la adaptación de las máquinas a los puestos de trabajo de los colaboradores. La planta de producción de la empresa Philips Costa Rica cuenta con seis máquinas que manufacturan mascarillas DreamWear Full Cushion y, cada una de las máquinas cuenta con tres estaciones y una persona por estación de trabajo. Para leer y entender más a fondo lo detallado anteriormente, puede encontrar esta entrevista completa en el apartado apéndice como Apéndice **Error! Reference source not found.**

Con base en lo que se indica en el párrafo anterior, entre las seis máquinas y las tres estaciones de trabajo han ocupado un total de dieciocho personas o recursos humanos por cada turno. Aquí, se trabaja en cuatro turnos comprimidos, cada uno con un total de doce horas denominados como A1, A2, B1 y B2. Los llamados turnos A, son de trabajo en horas del día, entre tres y cuatro veces por semana de manera intercalada, mientras que los turnos B funcionan de igual manera, pero de noche, lo que lleva a la suma de 72 colaboradores o recursos mensuales para lograr suplir la demanda del cliente.

### 4.1.3 Lluvia de ideas

Para la identificación principal de la causa raíz del problema, es de suma importancia plantear una lluvia de ideas tomando en cuenta al equipo de producción, como lo son los líderes y supervisores, ya que son las personas que están día a día en el piso, conviviendo con el proceso diario.

La recolección de las posibles causas se llevaron a cabo gracias a un gemba en el área productiva .

En la siguiente lista se muestra el resultado obtenido y la hipótesis del efecto de cada una en la baja utilización del personal;

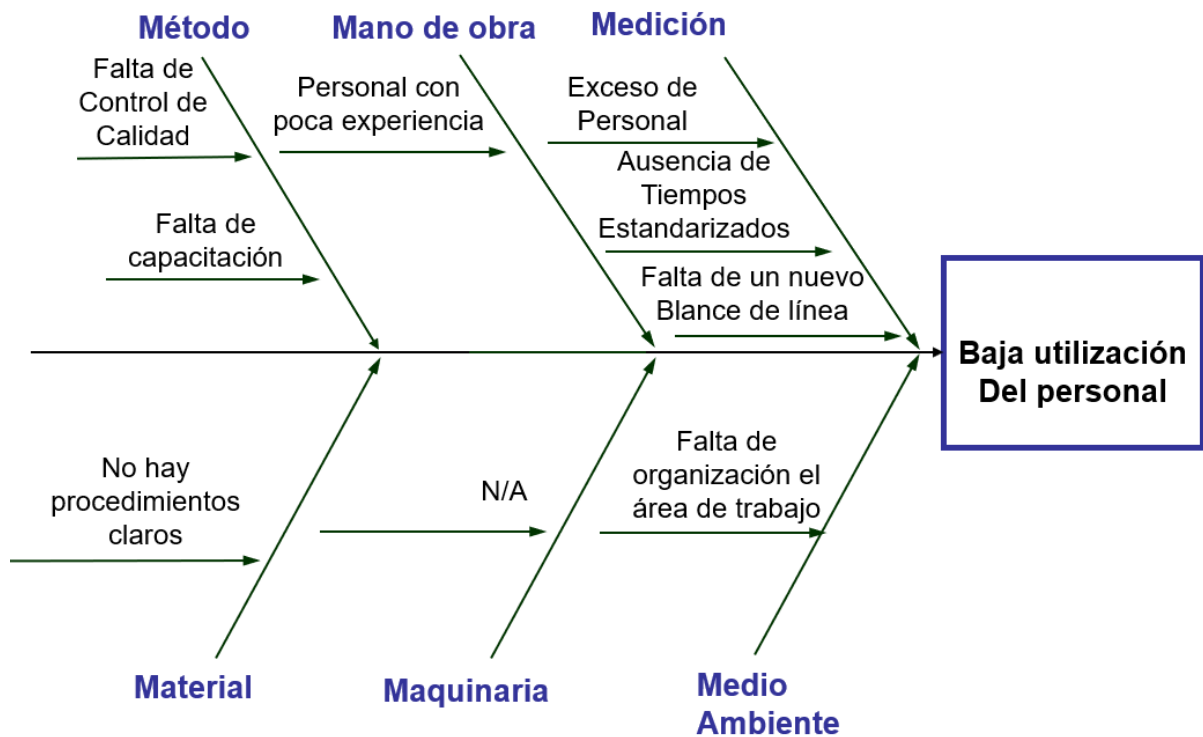
- Exceso de Personal: Se considera que al tener una incorrecta distribución del personal hay más personas por máquina de las requeridas por lo es normal que exista baja utilización y periodos de inactividad entre las personas.
- Operarios con poca experiencia/nuevo ingreso: En las áreas productivas hay operarios que se están entrenando en las operaciones ya que son de nuevo ingreso, por lo que no dominan bien el proceso, por lo que cabe la posibilidad de que no se está realizando de manera adecuada.
- Falta de organización en el área de trabajo: Una posible causa también puede ser una mala distribución de tareas en la línea de producción.
- Falta de control de calidad: No seguir el procedimiento adecuado de manufactura.
- Ausencia de tiempos estandarizados: Actualizar tiempos para estandarizar el proceso y cerrar gaps existentes.
- Falta de un nuevo balance de línea: Posiblemente el balance actual no sea el adecuado y se debe ajustar para aprovechar mejor los recursos y disminuir los tiempos muertos.

- No hay procedimientos claros: Documentos con instrucciones poco claras que dificultan el entendimiento de los operarios el debido pasa a paso.
- Falta de capacitación: Los operarios de producción pueden no tener claro cuáles son todas sus funciones en la línea o no están ejecutando sus tareas en su totalidad.

Una vez realizado la lluvia de ideas se utilizó la herramienta del diagrama de espina de pescado, conocido como Ishikawa, esta herramienta es muy útil ya que como se explica en el marco teórico ayuda a clasificar las posibles causas en las seis M, para lograr identificar con mayor facilidad los factores y condiciones laborales en las que se encuentran las causas para un mayor entendimiento gracias al orden de las ideas de una manera más visual.

#### 4.1.4 Ishikawa

Ilustración. 13 Diagrama de Ishikawa



Fuente.(Propia, 2023)

En base a las causas del Ishikawa anterior obtenido por la lluvia de ideas, estas se someten a una votación, mediante una matriz multivoto para identificar las causas con mayor impacto que pueden estar originando la problemática.

La matriz multivoto se alimenta por la opinión del equipo de trabajo de ingeniería, supervisores y líderes de los diferentes turnos.

La herramienta consiste en colocar las diferentes causas halladas en el Ishikawa y otorgarle una puntuación del 1 al 10, representando el 1 un impacto mínimo en la problemática y el 10 el impacto más significativo de esta.

Esta herramienta ayuda a identificar las causas más importantes para poder enfocarse en ellas y trabajar en un plan para mitigarlas.

#### 4.1.5 Matriz Multivoto

**Ilustración. 14 Matriz multivoto**

Posibles Causas	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	Frecuencia (Suma del valor de las votaciones )
Exceso de Personal	9	8	10	9	10	9	10	65
Operarios con poca experiencia	2	1	3	1	2	1	3	13
Falta de organización en el área de trabajo	6	7	5	5	7	6	5	41
Falta de control de calidad	1	3	1	2	1	2	1	11
Ausencia de tiempos estandarizados	5	6	6	6	5	7	6	41
Falta de un nuevo balance de línea	10	10	9	10	9	10	9	67
No hay procedimientos claros	3	2	2	3	3	3	2	18
Falta de capacitación	5	5	7	7	6	5	7	42

Fuente.(Propia, 2023)

En la ilustración anterior se muestra las causas y la puntuación que otorgaron el equipo de producción, mismas que se sumaron para poder unificar el resultado de esta manera se obtiene la frecuencia de cada una, para graficar el Pareto, que va a mostrar las principales causas que se deben de atacar.

Se ordena de mayor a menor dicha suma de las puntuaciones/frecuencia, después se realiza una suma acumulada, es decir se suma cada frecuencia con su antecesor, la primera al no tenerlo se suma con cero y el resultado se divide con el valor total de las frecuencias que en este caso es 298 obteniendo así el Porcentaje acumulado, como se muestra en la siguiente tabla.

**Ilustración. 15 Tabla de Cálculo de Análisis de Causas**

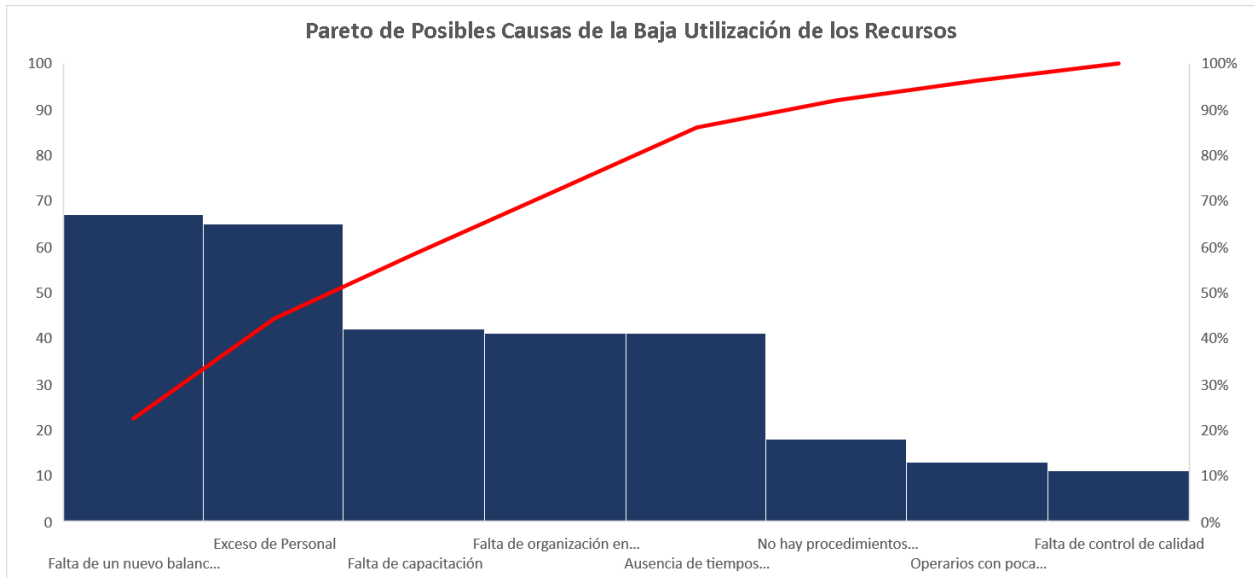
Posibles Causas	Frecuencia	P.Acumulado	
Falta de un nuevo balance de línea	67	22%	67
Exceso de Personal	65	44%	132
Falta de capacitación	42	58%	174
Falta de organización en el área de trabajo	41	72%	215
Ausencia de tiempos estandarizados	41	86%	256
No hay procedimientos claros	18	92%	274
Operarios con poca experiencia	13	96%	287
Falta de control de calidad	11	100%	298

Fuente.(Propia, 2023)

Después de obtener la frecuencia y el P.Acumulado se grafica un diagrama de Pareto que es alimentado por dichos datos, con el fin de averiguar cuales es el 20% de las causas que originan el 80% de la baja utilización del personal.

## 4.1.6 Diagrama de Pareto

Ilustración. 16 Diagrama de Pareto



**Fuente.**(Propia, 2023)

En el Pareto anterior se aprecia que las dos principales causas es falta de un nuevo balance de línea y exceso de personal, ambas van de la mano, sin embargo, dentro del 80% también se encuentra la falta de capacitación y organización en el área de trabajo, por lo que lo ideal es que las propuestas mitiguen el impacto de estas 4.

## 4.2 Identificación de la causa del problema

Bajo la hipótesis de que es posible una reducción de la cantidad de recursos empleados, se hace necesario contemplar alternativas que no afecten la salud ni el estado de ánimo de los colaboradores porque, como ya se dijo, lo que se busca es trabajar de forma más inteligente y no el hecho de trabajar más y, es en este sentido que adquiere importancia la posibilidad de formular un plan de rotación del personal. La rotación laboral organizada asegura un cambio de escenario con nuevas responsabilidades que suponen al colaborador los retos de aprender y adaptarse, por lo que se considera una excelente manera de motivación de los empleados y aumentar su productividad, reduciendo el aburrimiento y el agotamiento.

Lo que se está hablando es de rotación laboral al interior de la propia empresa, en específico, rotación interna el área de manufactura de mascarillas DreamWear Full Cushion, lo que implica que los colaboradores siguen formando parte de la organización, al menos en su mayor parte. El objetivo de esta rotación interna es alternar de posición a un colaborador para asignarle sus funciones a otro, intentando que esto suponga una alteración favorable del rendimiento.

En la actualidad son muchas las organizaciones que llevan a cabo las rotaciones para que cada colaborador pueda experimentar cómo es la actividad en otros puestos o en otros departamentos, potenciando esto también para el desarrollo profesional de los trabajadores. Las rotaciones, además, en algunos casos, se pueden realizar por un corto período de tiempo, en estos casos pretenden que los empleados valoren el trabajo que realizan otras personas.

Por otro lado, pero de la mano con lo que aborda este objetivo específico, cuando en las líneas de producción se produce un desequilibrio, este se refleja en los niveles de stock intermedio acumulado o con trabajadores ociosos, porque las tareas de una línea de fabricación están relacionadas entre sí, a través del producto que conforman y esto establece un conjunto de relaciones de precedencia que deben ser respetadas al diseñar la línea.

En las líneas de manufactura se produce una transformación sucesiva de los productos: al principio de la línea ingresa la materia prima y conforme el producto avanza está siendo

transformado y el único flujo remanente sería el desalojo del material sobrante en caso de existir.

Como se sabe, las líneas pueden ser manuales y automáticas en función del modo como se mueve el producto entre estaciones y, en las manuales es el trabajador quien mueve el producto, mientras que en las automáticas hay mecanismos que mueven el producto de un sitio a otro. Estos mecanismos pueden ser cintas transportadoras, mesas de transferencia y Vehículos Guiados Automáticos (AGVs).

Desde el punto de vista de la ingeniería, se debe tener en cuenta que cuando se habla de producción hay que tener en cuenta que es un proceso en el cual se planean, diseñan, implementan y optimizan los sistemas que permiten manufacturar tanto bienes como servicios, integrando personas, materiales, equipos, tecnología y energía, en busca de la máxima productividad. En el caso de la demanda, esta tiene que ver con aquello que los clientes o consumidores desean adquirir, lo que significa que están dispuestos a comprar, o sea, que finalmente se realice la adquisición del bien o servicio en cuestión, pasando de la intención al hecho de comprar.

### 4.3 Diagnóstico del Proceso

Con este estudio y evaluación del proceso, se evidencia que la empresa no está aprovechando todos sus recursos al máximo, los pasos que se realizaron para ejecutar cada proceso tienen muchos contratiempos que pueden ser eliminados con el fin de obtener resultados positivos. El diagrama de flujo dio como resultado observar el comportamiento de las operaciones donde se encuentran los materiales en espera a ser procesados y los materiales scrap, además de visualizar el correcto funcionamiento en cuanto a distribución del diseño de la línea.

Como ya se indicó, para el desarrollo de esta investigación se utiliza la metodología DMAIC, en consecuencia, se definió como problema principal la baja utilización de los recursos en una línea de producción, teniendo como resultado un alto costo de manufactura de los productos al tener asignados más recursos de los que en realidad se consideran necesarios, lo que genera un desperdicio del tiempo que podría ser productivo en otra área del negocio que sea requerido.

Como resultado obtenido, se debe reducir un recurso por cada dos máquinas. Como se mencionó anteriormente se trabaja con tres recursos por máquina y la herramienta (WCG) sugiere utilizar 2,5 recursos para una mejor utilización y de esta manera mejorar el indicador UPPH (unidades producidas por hora hombre) que va muy de la mano con Eficiencia (horas trabajadas/horas pagadas), generando ahorros en el centro de costos del departamento responsable del desarrollo del proyecto, en este caso Mejora Continua. La compañía pasaría a necesitar de 72 recursos a 60 para suplir la demanda mensual del cliente.

Esta problemática se midió gracias a la toma de tiempos de los elementos que conforma la operación realizada en estas líneas de producción. En la compañía se cuenta con tabletas específicas para esta labor, éstas cuentan con una app denominada timer, que ayuda a tomar los tiempos de cada operación de una manera precisa, seguidamente se analizan los datos recolectados en una herramienta llamada Work Content Graph, para evidenciar la utilización de los recursos. Gracias a la toma de tiempos y a la implementación del WCG no se dio evidencia de posibles cuellos de botellas, pero se pudo determinar el tiempo de ciclo de cada una de las operaciones que componen el proceso productivo, además se visualizan los movimientos que son realizados por parte de los operarios para llevar a cabo su operación. Todo esto permite tener una mejor visión general de todas las actividades involucradas en el proceso y de aquellas cuyas cuales afectaron el cumplimiento de métricas.

En síntesis, el departamento de SRC se encuentra afectado directamente por no contar con una adecuada distribución de la línea de producción y los tiempos no estandarizados a través del proceso. Por lo tanto, las oportunidades de mejora para aumentar la rentabilidad de la compañía deben aplicarse mediante estrategias dirigidas a contrarrestar las causas críticas, con acciones que ayuden a disminuir los problemas relacionados a tiempos de producción y con la variante de disminuir los recursos a 60 personas con el fin de tener un control total en el área productiva.

Sin embargo, lo anterior es una estimación con base a la experiencia y a lo observado en el proceso, por lo que esta hipótesis debe respaldarse bajo un análisis, estudios y pruebas.

De acuerdo con las pautas del área de Mejora Continua, se percibió la oportunidad de obtener ahorros monetarios gracias a un nuevo balance de línea que se va a proponer, con base en una mejora del rendimiento laboral y la mejor utilización de los recursos empleados en la línea de manufactura de mascarillas DreamWear Full Cushion, sin afectar a los colaboradores, toda vez que se deben contemplar todos los análisis necesarios, incluyendo la satisfacción de las necesidades ergonómicas.

#### 4.3.1 Análisis Económico con el Balance Actual

**Ilustración. 17 Costo monetario 2022**

<b>Philips Business Care</b>	
Costo monetario de línea de producción Dream Wear Full Cushion año 2022	
<b>Descripción del costo</b>	<b>Costo mensual estimado</b>
Salarios de colaboradores	\$61,200 (72 colaboradores x \$850/mes)
Cargas sociales	\$27,540 (45% de \$61,200)
Materiales	\$20,000
Energía y servicios públicos	\$6,000
Mantenimiento y reparación	\$3,500
Gestión y supervisión	\$8,000
Transporte y logística	\$3,000
Seguros	\$1,200
<b>Costo total</b>	<b>\$130,440</b>
<b>Costo anual</b>	<b>\$1,565,280 (12 meses x \$130,440/mes)</b>

Fuente.(Propia, 2023)

- Los costos de salarios y cargas sociales asociados son los costos laborales asociados con los colaboradores de la línea de producción DreamWear Full Cushion. Estos costos incluyen el salario mensual pagado a los colaboradores, así como las cargas sociales asociadas a sus salarios, que generalmente incluyen impuestos, contribuciones al sistema de seguridad social y otros gastos asociados con la contratación de personal.
- Los costos de materiales incluyen el costo de los materiales necesarios para fabricar las mascarillas DreamWear Full Cushion, como resina, tinta y otros insumos necesarios para la producción.
- Los costos de energía y servicios públicos incluyen los costos de electricidad, gas, agua, y otros servicios necesarios para la operación de la línea de producción.
- Los costos de mantenimiento y reparación incluyen los costos de reparación y mantenimiento de la maquinaria utilizada en la línea de producción, así como los costos de reemplazo de partes y herramientas necesarias para mantener la línea de producción en funcionamiento.
- Los costos de gestión y supervisión incluyen los costos de salarios y cargas sociales para los gerentes, supervisores y otros empleados responsables de la gestión y supervisión de la línea de producción.
- Los costos de transporte y logística incluyen los costos asociados con el transporte de materiales y productos terminados desde y hacia la línea de producción.
- Finalmente, los costos de seguros incluyen los costos de responsabilidad civil y otros seguros necesarios para proteger la empresa en caso de accidentes o lesiones relacionados con la línea de producción.

**V. CAPITULO  
DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA  
SOLUCIÓN**

## 5.1 DESPLIEGUE DE LA PROPUESTA

Referente a los argumentos que fundamentan la propuesta, estos son de diversa naturaleza, sin embargo, para la empresa Philips el principal argumento es de índole económico porque en el análisis del problema de estudio se detectó que efectivamente se podría realizar un rediseño de la línea de manufactura de mascarillas *DreamWear Full Cushion*, que permitiese generar ahorros en la utilización de los recursos.

A continuación, se presentará una serie de propuestas para implantar una mejora en la reducción de los tiempos y recurso humano en el departamento SRC de la empresa Philips; esto mediante el uso de las herramientas planteadas en los capítulos anteriores para el análisis y control de la información generada durante el proceso. Estas herramientas mostrarán información significativa para la toma de decisiones durante el proceso, minimizando así el impacto negativo que pueda tener algún faltante de información para la empresa.

Además, se realizara una charla con los integrantes de la línea *DreamWear Full Cushion*, el principal enfoque de esta actividad es explicar a los trabajadores las bajas cifras que se han estado obteniendo semanalmente en relación a la utilización del personal, con esto se quiere incentivar un mejor desempeño, al momento de efectuar las labores, buscando bien común y promoviendo mejores prácticas, así como realizar una inducción de cómo será el nuevo flujo productivo en cada una de las estaciones de trabajo.

No obstante, la empresa no dejó de lado la consideración igualmente importante acerca del aspecto ergonómico, puesto que desde el principio estaba claro que, aunque parecía evidente que se podía realizar una mejora en la mencionada línea de manufactura de mascarillas, debido a la acumulación de insumos en las estaciones, además de tiempos ociosos de los colaboradores, también debían de realizarse todos los análisis pertinentes para justificar el ahorro de recursos sin demeritar la salud de los trabajadores. Partiendo del hecho de que en el escenario inicial participaban un total de 72 colaboradores y, se pretendía ajustar a la baja esa cantidad de recursos, en el proceso de análisis del problema de estudio se pudo determinar que efectivamente era posible lograrlo, así, desde el punto de vista económico – financiero se presentó el justificante para la realización de todos los ensayos que fuesen necesarios.

## 5.2 Análisis económico de la Propuesta del nuevo modelo de Balance

Conforme a lo que se ha comentado con amplitud, antes de la implementación del proyecto de mejora, en Philips Costa Rica se trabajó con seis máquinas que manufacturaban las mascarillas *DreamWear Full Cushion*, cada una con tres estaciones y una persona por estación de trabajo, para un total de 18 personas por turno y un total de cuatro turnos comprimidos de 12 horas.

Dado a que se percibió la oportunidad de mejora reduciendo los tres recursos por máquina, de acuerdo con la herramienta empleada (WCG), sugirió utilizar 2,5 recursos para una mejor utilización y de esta manera mejorar el indicador de unidades producidas por hora hombre llamado UPPH, de la mano con el indicador de Eficiencia, que consideras las horas trabajadas/horas pagadas, generando ahorros (*savings*), en el centro de costos del departamento responsable del desarrollo del proyecto, que es el área de Mejora Continua.

Consecuentemente, se realizaron las pruebas hasta llegar a un límite inferior de 60 colaboradores, en lugar de los habituales 72, lo cual supuso un gran ahorro de recursos o *savings*, para la empresa Philips, sin menoscabo del volumen de producción que permitiese hacer frente a las exigencias de la producción de mascarillas, tampoco de la salud de los colaboradores.

Es importante hacer de conocimiento en este proyecto que los 12 colaboradores fueron reubicados en otra unidad de negocio de la compañía Philips, dedicada a la manufactura de catéteres, ya que en esta unidad se requería 18 recursos nuevos debido a la apertura de nuevas líneas de producción por incremento de demanda.

### Ilustración. 18Personas Reubicadas

Heads Relocalizados							
GEID	Worker	Actual	Comentarios	Cost Center	Cost Center Name	Business Title	BG Category
70168991	Cristopher Isaac Vargas Barrantes	Reubicado		CR9150		Operator	SRC
70160064	Karen Paola Quiros Vargas	Reubicado		CR9150		Operator	SRC
70210048	Oswaldo Villegas Hernández	Reubicado		CR9150		Operator	SRC
70167955	Juan Gabriel Pineda Ruiz	Reubicado		CR9150		Operator	SRC
70177375	Josue Rojas Bogantes	Reubicado		CR9150		Operator	SRC
70218677	Daniel José Venegas Esquivel	Reubicado		CR9150		Operator	SRC
70175032	Joselin Sánchez Estrada	Reubicado		CR9150		Operator	SRC
70179859	Cristian Adrian Salas Dalolio	Reubicado		CR9150		Operator	SRC
70212479	Farlen Sotela Morales	Reubicado		CR9150		Operator	SRC
70170711	Denilson Rolando Kirchman Harris	Reubicado		CR9150		Operator	SRC
70187086	Yesica Melisa Chaverri Figueroa	Reubicado		CR9150		Operator	SRC
70225722	Kevin Zamora Barrantes	Renuncia		CR9150		Operator	SRC

Fuente.(Propia, 2023)

En la siguiente tabla del **Error! Reference source not found.** se detalla el nuevo costo mensual y anual de los recursos de la producción de mascarillas DreamWear Full Cushion, un total de \$73,950 y \$887,400, respectivamente.

### Ilustración. 19 Futuro costo monetario

#### Tabla

#### PHILIPS BUSINESS CARE

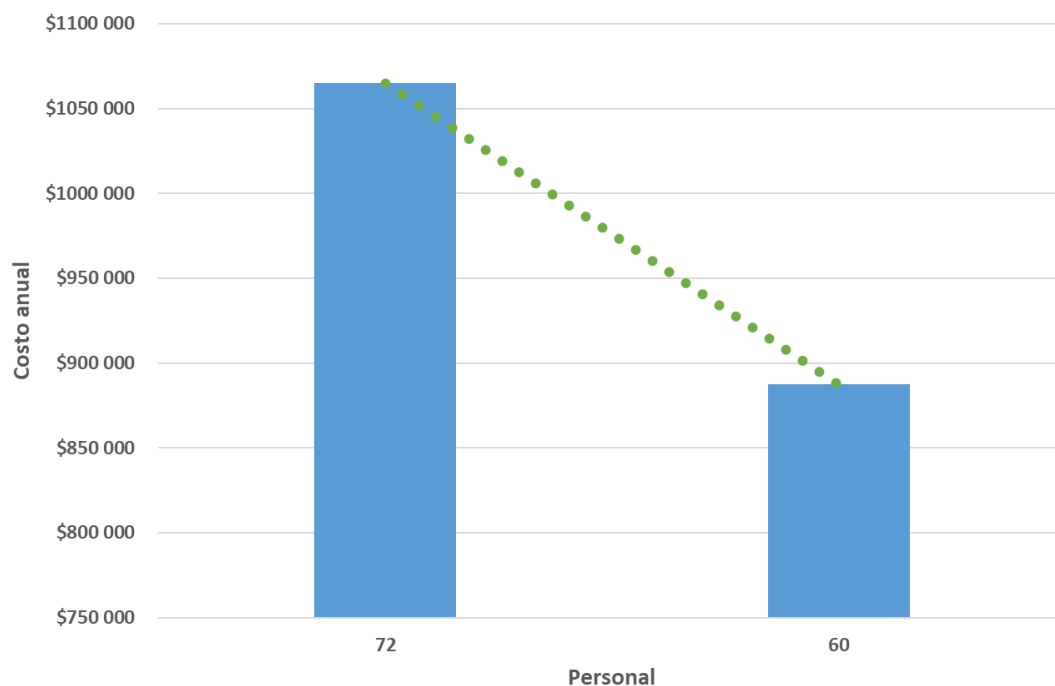
Costo monetario de línea de producción Dream Wear Full Cushion año 2023

Descripción	Cantidad (Colaboradores)	Salario Mensual	Cargas sociales 45%	Costo Mensual	Total Anual
Recursos mensuales	60	\$850	\$383	\$73,950	\$887,400

Fuente.(Propia, 2023)

De acuerdo con la tabla anterior, para el año 2023 se estima un costo total de \$887,400, en comparación con el costo anual de los recursos para el año 2022 por un total de \$1,064,880, lo que supone un ahorro anual de \$177,480, equivalente a 16,67%, lo que se considera muy bueno.

### Ilustración. 20 Reducción de costo y recurso humano



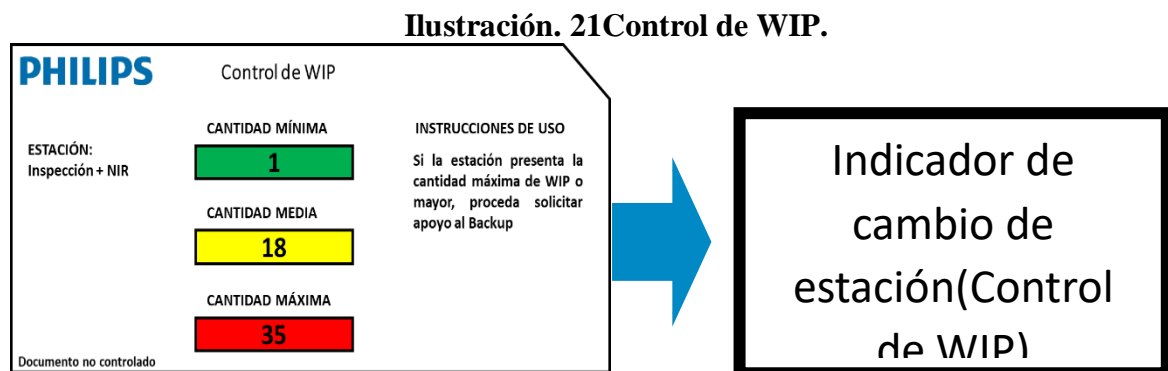
Fuente.(Propia, 2023)

### 5.3 Análisis de la implementación

En este apartado se describe la información necesaria para la implementación del proyecto, para que todas las partes interesadas y los lectores externos estén al tanto de la iniciativa.

En el contexto de este proyecto se planteó la posibilidad de reducción del costo de los recursos empleados en la manufactura de mascarillas *DreamWear Full Cushion*, lo cual se comentó en el punto anterior, porque se producía una acumulación de material en las estaciones de trabajo, además, de tiempos muertos por parte de los colaboradores.

Primeramente, se realizaron tarjetas Kanban donde se puede reflejar y detallar la cantidad de WIP que se puede mantener en la línea de producción, a como se muestra en la siguiente imagen.



Fuente. (Propia, 2023)

Donde 1 unidad llegaría a ser la cantidad mínima de piezas en espera a ser procesadas, una cantidad media sería de 18 unidades las cuales se encuentran en espera para su procesamiento y ahí aún no habría un tiempo productivo significativo y finalmente, si entre las operaciones de Inspección y NIR hay un total de 35 unidades en espera para su procesamiento, es ahí cuando el back up brindará apoyo a la línea de producción. Todo esto se da gracias a la importancia de saber los tiempos de producción de los empleados.

En la siguiente tabla de se muestra el tiempo que se tarda procesando las unidades dependiendo de la cantidad. Estos datos fueron medidos con las herramientas ya mencionadas en la etapa de medición, Timer y la hoja de cálculo del ciclo de tiempo.

La dinámica consiste en tomarle el tiempo al operario procesando ciertas cantidades de WIP y este fue el resultado:

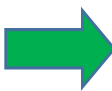
### Ilustración. 22WIP / Tiempo de procesamiento

Cantidad de piezas (WIP)	Operaciones	Tiempo de procesamiento
1	Inspección + NIR	0.67 min
18	Inspección + NIR	12.18 min
35	Inspección + NIR	23.68 min

Fuente.(Propia, 2023)

Aquí es importante recalcar la eficiencia y eficacia que obtenemos del resultado de la unión de ambas operaciones; ya que se presenta una disminución de tiempo al realizar ambas operaciones por una sola persona.

### Ilustración. 23Análisis de Operaciones

<b>ANTES</b>			<b>DESPUÉS</b>	
Operación	Tiempo (s)		Operación	Tiempo (s)
Inspección	33.8		Inspección + NIR	40.6
NIR	23.7			
<b>Total</b>	<b>57.5</b>		<b>Total</b>	<b>40.6</b>

Fuente.(Propia, 2023)

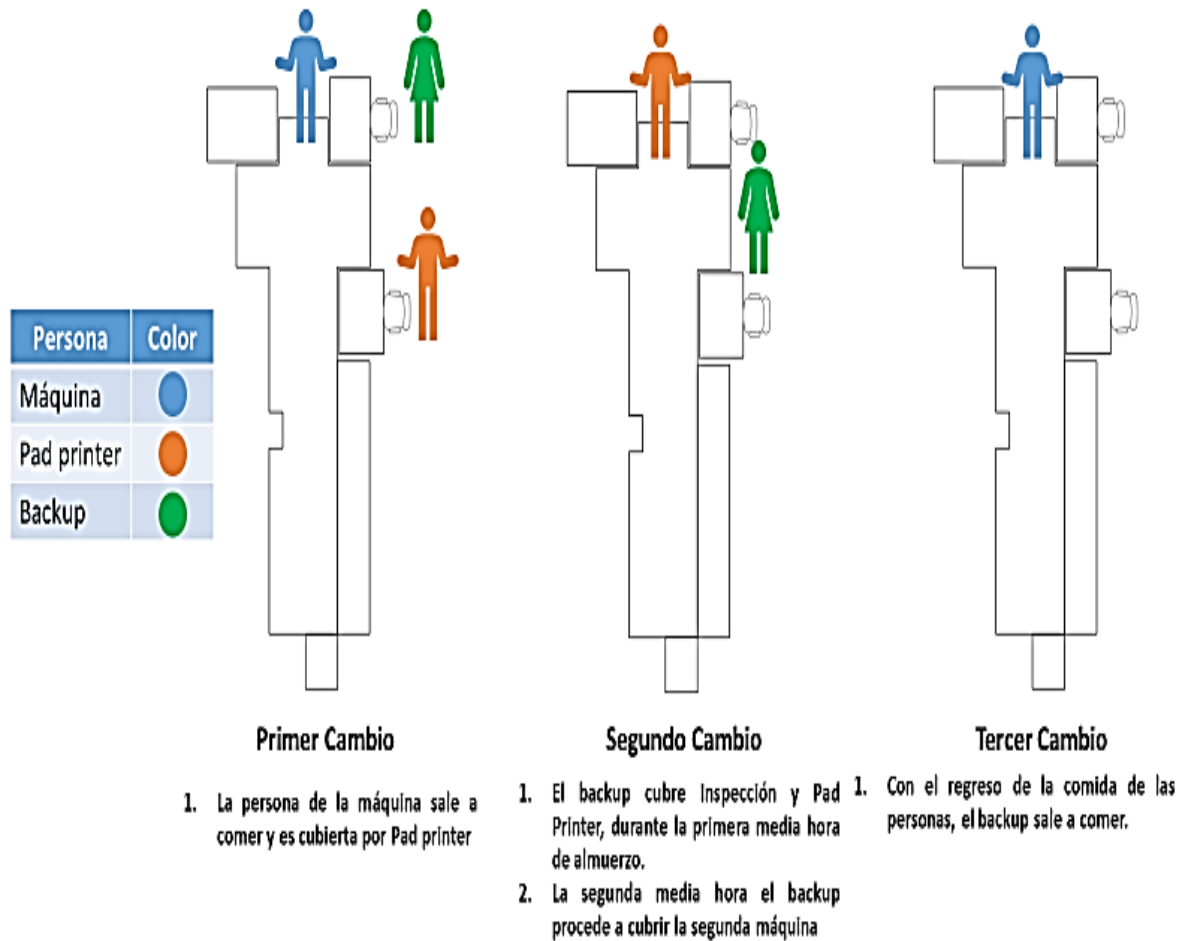
Estos cambios serán realizados en las tres máquinas de cada turno comprimido teniendo un total de 72 estaciones de trabajo, todo esto con el fin de optimizar los recursos y cuantificar de la mejor manera los resultados de la propuesta. Además, para controlar los movimientos en los tiempos de descanso se realiza un nuevo Kanban donde se puede detallar como se realizarán las rotaciones del personal con el fin de tener siempre personal disponible y de evitar paros de máquina e incremento de los materiales en proceso.

De color azul se detallan los operarios que trabajan con la máquina inyectora, de color anaranjado los operarios que trabajaran en Inspección y en la máquina NIR, finalmente se agrega de color verde los operarios que trabajaran como back up de los procesos.

### Ilustración. 24 Rotación del personal

#### Rotación de comidas

PHILIPS



Fuente.(Propia, 2023)

Gracias a la **Error! Reference source not found**, la producción será estable y esto permite dar inicio a la transición del balance de líneas a personas por máquina y el personal a cargo del back up. Como en toda distribución en planta sus necesidades han de ser estudiadas antes del diseño. Pero en esta, dadas las características de corto tiempo de ciclo, el diseño con detalle de los movimientos a realizar adquiere mucha importancia para eliminar, reducir o transferir las actividades con cargas ergonómicas no deseadas, así como las actividades de no valor agregado. El lugar donde se reciben los materiales y el lugar de almacenamiento de las

herramientas deben ser ubicados en algún lugar en específico ya que son de especial relevancia, por su efecto en la salud de los trabajadores y por tanto en la productividad.

En este entorno de producción ajustada se enfoca mayormente en la reducción de todas aquellas tareas y actividades que no generan valor. Es por esto por lo que se realiza un estudio de MUDAS donde se tomaron en cuenta; transportes, inventarios, movimiento, esperas, sobre producción, reprocesamiento y defectos de los cuales únicamente se detecta el tiempo de espera.

El plan de rotación mostrado en la ilustración anterior fue aprobado por el departamento de Seguridad y Salud Ocupacional, ya que ellos mismos estuvieron presentes en las pruebas y se observaron posturas, movimientos, repeticiones y duración del tiempo por actividades.

En las siguientes ilustraciones se muestra las herramientas con las que se calificaron el plan de rotación.

### Ilustración. 25 Estudio de Movimientos, posturas y Tiempos

<b>DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO REPETITIVO</b> ¿Hay ciclos reales? Escribir el número de unidades / trabajadores / turnos <b>40</b>		<b>Tiempo neto de trabajo repetitivo (min)</b> <b>50,0</b>		<b>MULTIPLICADOR DE DURACIÓN</b> <b>0,500</b>	
¿Hay ciclos reales? Escribir el tiempo de ciclo observado (en segundos) <b>66,00</b>		<b>Tiempo de ciclo neto calculado (segundos)</b> <b>75,00</b>		Minutos no justificados <b>6</b>	
No hay un ciclo real pero se repiten siempre las mismas acciones. Escribir (en segundos), el tiempo de observación representativo. <b>0</b>		% de diferencia entre el tiempo de ciclo observado y el tiempo de ciclo establecido <b>12%</b>			
¿Existe presencia de tiempos de recuperación dentro del ciclo? Señalar con una X en caso afirmativo <b>0</b>					
<b>B. BREVE DESCRIPCIÓN DEL TURNO DE TRABAJO Y LAS PAUSAS</b> _____ _____					
<b>C. EVALUACIÓN DE LOS PRINCIPALES FACTORES DE RIESGO Y PRIORIDADES EN LA INTERVENCIÓN DE MEJORAS (describa la extremidad más pensosa o ambas si son simétricas)</b>					
Extremidad analizada: <input checked="" type="checkbox"/> DERECHA <input type="checkbox"/> IZQUIERDA		Bilateral: <input checked="" type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO			
<b>FRECUENCIA:</b> acciones dinámicas Indicar el número de acciones técnicas observadas por separado para la extremidad izquierda y derecha		derecha: <b>70</b> acciones, <b>56,0</b> frecuencia izquierda: <b>30</b> acciones, <b>24,0</b> frecuencia		Puntuación de frecuencia: DX: <b>2,0</b> IX: <b>2,5</b>	
Si las acciones son muy rápidas y difíciles de contar (> 70 acc/min), marque una "X" en el recuadro, sin necesidad de contar las acciones técnicas.		¿SON POSIBLES BREVES INTERRUPCIONES? (el ritmo no es del todo impuesto por la máquina) NO: <input type="checkbox"/> SI: <input type="checkbox"/>			

<b>FRECUENCIA:</b> acciones estáticas ¿Un objeto es mantenido en presa estática por una duración de 5 seg. ocupa 2/3 del tiempo del ciclo o del periodo de observación? (Coloque una "X") ¿Un objeto es mantenido en presa estática por una duración de 5 seg. Ocupa 1/3 del tiempo ciclo del periodo de observación? (Coloque una "X")			
HOMBRE BRAZO EN ALTO	CODIGO FLEJO-EXTENSIÓN Y PRONO-SUPINACIÓN	MUJERCA FLEJO-EXTENSIÓN Y DESVIACIÓN	
<b>POSTURA FORZADA DE LA EXTREMIDAD SUPERIOR</b>		MENOS TIEMPO PERJUICIOSO APROX. 1/3 DEL TIEMPO	APROX. 1/3 DEL TIEMPO
La mano sujeta objetos o partes o instrumentos con los dedos en pinch, palmar o garcho (no en grifi) El brazo se mantienen casi a la altura del hombro o en otra postura extrema		X	
Desviaciones extremas de la muñeca en flexión y desviación, radio / cubital			
El codo realiza amplios movimientos de flexo-extensión o prono-supinación			
<b>ESTEREOTIPO</b>		tiempo del ciclo sup. 15 seg	repeticiones de las mismas acciones técnicas sup. 15 seg

<b>POSTURA FORZADA DE LA EXTREMIDAD SUPERIOR</b>		MENOS TIEMPO PERJUICIOSO APROX. 1/3 DEL TIEMPO	APROX. LA MITAD DEL TIEMPO	APROX. 2/3 DEL TIEMPO	CASI TODO EL TIEMPO	3,0 P. POSTURA DX IX
La mano sujeta objetos o partes o instrumentos con los dedos en pinch, palmar o garcho (no en grifi) El brazo se mantienen casi a la altura del hombro o en otra postura extrema		X	X			3,0
Desviaciones extremas de la muñeca en flexión y desviación, radio / cubital			X			2,0
El codo realiza amplios movimientos de flexo-extensión o prono-supinación		X				2,0
<b>ESTEREOTIPO</b>		tiempo del ciclo sup. 15 seg	repeticiones de las mismas acciones técnicas la mayoría de las veces (más de la mitad)	igual o inferior a 5 seg.	casi todo el tiempo	0,0
						0,0
						3,0 P. POSTURA IX

Fuente.(Propia, 2023)

### Ilustración. 24 Estudio de Movimientos, posturas y Tiempos

		MENOS DE 1/3 DEL TIEMPO	APROX. 1/3 DEL TIEMPO	APROX. LA MITAD DEL TIEMPO	APROX. 2/3 DEL TIEMPO	CASI TODO EL TIEMPO	7	
<b>FUERZA EXTREMIDAD DERECHA</b>	Uso moderado de la fuerza en el accionamiento de equipos de trabajo o cualquier otra acción.		<b>X</b>					
Fuerza intensa (Puntaje 5-5.7 de la escala de Borg) en el uso de equipos de trabajo o cualquier otra acción.	1-2 segundos cada 10 minutos		1% del tiempo	5% del tiempo		más del 10% tiempo		2.0
Fuerza muy intensa (Borg 8.0-10) en el uso de equipos de trabajo o cualquier otra acción	1-2 segundos cada 10 minutos		1% del tiempo	5% del tiempo		más del 10% tiempo		0.0
NOTAS SOBRE EL USO DE LA FUERZA								
<b>FUERZA EXTREMIDAD IZQUIERDA</b>	Uso moderado de la fuerza en el accionamiento de equipos de trabajo o cualquier otra acción.		<b>X</b>					
Fuerza intensa (Puntaje 5-5.7 de la escala de Borg) en el uso de equipos de trabajo o cualquier otra acción.	1-2 segundos cada 10 minutos		1% del tiempo	5% del tiempo		más del 10% tiempo		2.0
Fuerza muy intensa (Borg 8.0-10) en el uso de equipos de trabajo o cualquier otra acción	1-2 segundos cada 10 minutos		1% del tiempo	5% del tiempo		más del 10% tiempo		0.0
NOTAS SOBRE EL USO DE LA FUERZA								

NOTA:

**D. PUNTAJACIÓN FINAL CHECKLIST OCRA, PONDERADO POR LA DURACIÓN**

DERECHA	14,00	ÍNDICE PONDERADO POR LA DURACIÓN EFECTIVA DE LA TAREA REPETITIVA	DERECHA	7,00
IZQUIERDA	9,50		IZQUIERDA	4,75

ÍNDICE INTRÍNSECO (Independencia de la duración): DERECHA 14,00, IZQUIERDA 9,50

RESUMEN DEL CHECKLIST

NOMBRE	MULTIPLICADOR DE RECUPERACIÓN	Reposición	Frecuencia	Fuerza	Extremidad analizada	Hierro	Codo	Muñeca	Mano	Estreñido	Total posturas	Complementarias	checklist OCRA
0	1,00	0	7	2	DX	2	2	3	3	0	3	2	7,00
0	1,00	0	2,5	2	IX	2	2	3	3	0	3	2	4,75

DISTRIBUCIÓN DE LAS PAUSAS: min del turno, fin del turno

Fuente.(Propia, 2023)

## 5.4 Resumen Análisis Costo/Beneficio

**Ilustración. 26 Análisis Costo/Beneficio del Proyecto**

Costo			Beneficio	
Costo por hora hombre		Cantidad de Personal Operativo	Ahorro mensual por personal rehubicado	
\$	5.33		\$	902.75
Tiempo Extra por entrenamiento de personal		72	Cantidad de personal rehubicado	
30 min				12
Costo por entrenamiento de personal operativo (72)			Ahorro mensual total por personal rehubicado	
\$	191.52		\$	10,833.00

**Fuente.**(Propia 2023)

\$10,833.00	-	\$191.52	=	\$10,641.48
-------------	---	----------	---	-------------

A nivel de costo se dispone de 30 minutos de entrenamiento del personal de la línea que equivale a 2.66 dólares por persona, para un total de 191.52 dólares por las 72 personas de los 4 turnos.

A nivel de beneficio se considera un ahorro de 10, 833 dólares por mes, por las 12 personas rehubicadas a otra unidad de negocio. Para una diferencia de 10,641 el cual muestra el beneficio total al implementar el proyecto.

### 5.5 Análisis del nuevo flujo de línea

Como se puede evidenciar en este **Error! Reference source not found.**, el flujo de la línea ya se encuentra optimizado, teniendo un muy buen resultado en el *takt time* pasando de 48 segundos a 31.3 segundos la velocidad a la que se debe completar una unidad para satisfacer la demanda del cliente.

**Ilustración. 27** Resultados del primer WCG

Takt Time	% Balance to Takt	Build Plan	Daily Output	Line Yield
48.0	67%	1335	1335	85.0%
Seconds		Units / Daily	Units	

Fuente.(Propia, 2023)

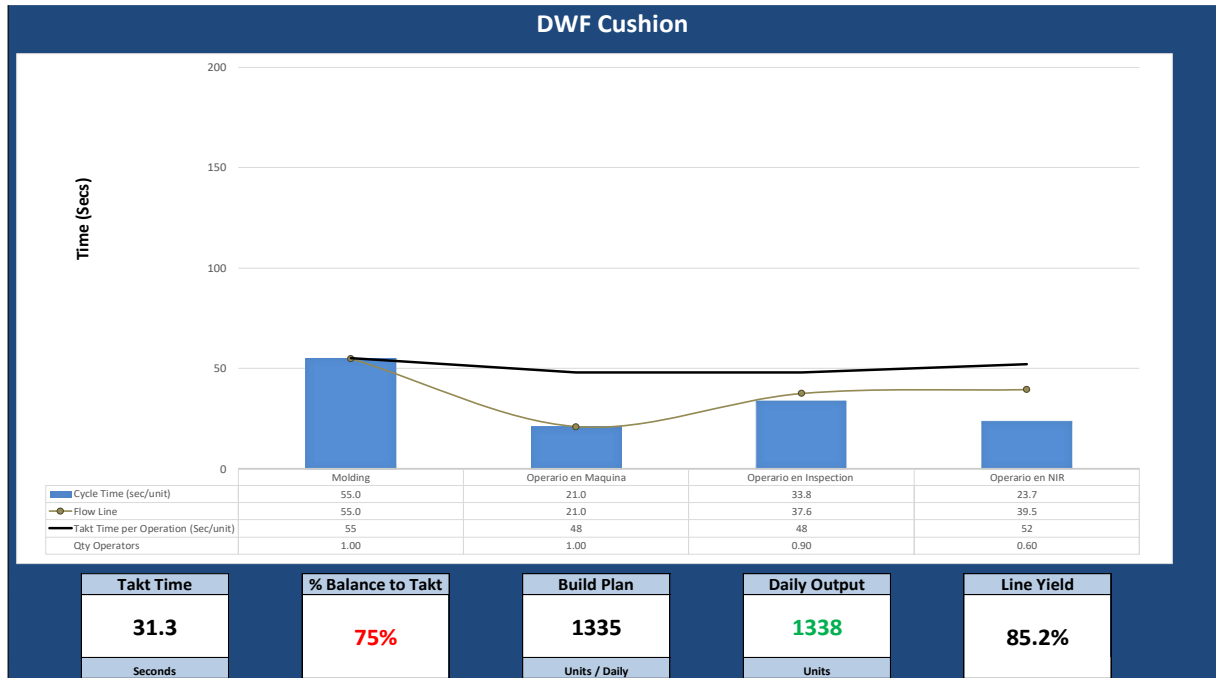
**Ilustración. 28** Resultado de la propuesta del WCG

Enter data only in the gray cell

Total customer demand	1335
Available days	1
Total daily demand	1335
Yield	85.2%
To Produce	1567

Operation	Cycle Time (sec/unit)	Theoretical station required	Real Qty Ops	Real Qty Station	Learning Curve (%)	Equipment Availability (%)	Yield (%)	To Produce (Units)	Targuet per hour per Station
Molding	55.0	1.0	1.00	1.0	100%	100%	100.0%	1567	65
Plataforma + 1 Inspección	38.1	0.8	1.00	1.0	100%	100%	92.3%	1567	69
NIR + 1 Inspección	40.6	0.8	1.50	1.0	100%	100%	92.3%	1446	43

Select Shifts with "1"				Available	Utilization	Daily Capacity (yield 100%)	Yielded Output	Takt Time per Operation (Sec/unit)	Real Oper x Takt Time	UPPH
Shift 1	Shift 2	Shift 3	Satur day	<b>Summary</b>						
				Goal	1335	Units				
				Output	1338	Units				
				GAP	3	Units				
				Output per hour	64	Units	1571	1571	55	65
				Output 100% per hour	20	Units	1978	1450	48	69
				UPPH	20	27.6	2786	1338	52	43
				% Balance to Takt	95.74%	120	1571	1338	181	



Fuente.(Propia, 2023)

Es importante establecer un balance, entre estas dos variables, con el fin de mejorar la eficiencia y la optimización de los costos, obteniendo una mayor flexibilización de los procesos de producción, para la elaboración de todos los productos que den respuesta a las demandas actuales y futuras de la organización. El aplicar de una forma correcta y adecuada esta herramienta de simulación es muy importante, ya que es una herramienta que permite ilustrar la complejidad de las operaciones del sistema de producción que requieren como en este caso de una modelación más ajustada a la realidad, para efecto de comprender con mayor profundidad el comportamiento del proceso y poder evaluar varias estrategias.

Al ajustar los valores llámese personal de producción de los parámetros para obtener una mejor capacidad y/o rentabilidad, se encontró que los resultados arrojados por el modelo no sufrieron variaciones con respecto al primer estudio debido a que el tiempo de ciclo no puede ser más rápido ya que todo está ajustado al tiempo de la máquina que es el cuello de botella de la línea de producción, sin embargo, el modelo si sufre modificaciones con respecto a tener menos personal y así obtener como resultado un leve incremento en el *yield*, además del mismo UPPH pero con menos recursos por lo tanto, una mayor rentabilidad.

La programación por metas se muestra como un elemento de apoyo, al combinar la lógica tradicional de la optimización, y el deseo de los centros decisores de satisfacer diferentes metas, convirtiéndose en un instrumento analítico de gran potencialidad, dada su importancia en ambientes de incertidumbre.

**Ilustración. 29 Utilización de los Recursos con la nueva Propuesta de Balance**

Operation	Utilization %
Molding	100%
Plataforma + 1 Inspección	79%
NIR + 1 Inspección	52%
	<b>77%</b>

Fuente.(Propia, 2023)

Considerar el concepto de estaciones en paralelo, permite lograr que las operaciones que presentan tiempos mayores al tiempo de ciclo, se le asigne más de una estación, con el fin de conseguir el equilibrio deseado en el flujo de la línea.

Es por esto por lo que se propone como investigación futura, abordar el problema de balance de línea propuesto, mediante técnicas de optimización multi-objetivo de tal modo que se pueda construir un frente de Pareto con múltiples soluciones que represente puntos óptimos al problema propuesto.

Finalmente, en la siguiente comparativa se detalla el rendimiento de la propuesta y da seguimiento al proceso con el fin de poder verificar el cumplimiento de los resultados del análisis del proyecto, para detectar posibles desviaciones relacionadas con las condiciones de diseño y pruebas realizadas, que permitieron que se obtuviese el consentimiento de la nueva línea de manufactura de las mascarillas *DreamWear Full Cushion*.

**Ilustración. 30 Ahorro de la implementación**

	Saving	UPPH
Sin implementación	\$ -	21.2
Con implementación	\$ 130 000	25.6

**Fuente.**(Propia, 2023)

Donde, además del ahorro anual de \$177,480, equivalente al 16,67% por la disminución del personal se obtienen nuevos resultados al realizar la implementación de esta propuesta como el incremento del UPPH dando como resultado una ganancia anual de \$130,000

## **5.6 RIESGOS**

Se analizan los riesgos de este proyecto y se contemplaron todos los posibles factores que puedan llegar afectar el rendimiento de esta propuesta. Se obtiene como resultado los siguientes puntos:

- Faltantes de materia prima que llegue a afectar el tiempo de ciclo del proceso.
- Resistencia al cambio debido a un incremento laboral del recurso humano más no monetario.
- Por último, posibles fugas del capital humano que ocasiona a la compañía realizar nuevas contrataciones, lo cual implica una curva de aprendizaje que causaría un pequeño incremento en el tiempo de ciclo debido a la falta de experiencia.

# **VI. CAPÍTULO CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## 6.1 CONCLUSIONES

El desarrollo de este proyecto involucró la aplicación de varias herramientas que fueron implementadas a lo largo de la tesina, de este modo se concluye que el análisis de costo de manufactura de mascarillas respiratorias *DreamWear Full Cushion*, permite mejorar el balance de producción en la empresa Philips, en El Coyol de Alajuela en el año 2023, gracias a la reducción del recurso humano utilizado en la línea, pasando de 72 a 60 colaboradores.

También se concluye que la reducción de recursos mensuales utilizados se refleja en un ahorro de costos de producción, el cual se estima en más de \$300.000 anuales, representando un 16,67%, superando la meta propuesta inicialmente de un 12% cumpliendo el objetivo general del proyecto.

De acuerdo con el primer objetivo específico:

Se concluye que, los análisis realizados por el área Salud y Seguridad ocupacional y de Mejora Continua permitieron corroborar que no hay afectación en la ergonomía de los colaboradores, al reducir de 72 a 60 personas utilizadas en la línea de producción de mascarillas *DreamWear Full Cushion* de acuerdo a los estudios de tiempos, movimientos y posturas.

De acuerdo con el segundo objetivo específico:

Se concluye que, según las pruebas realizadas por el área de Mejora Continua en conjunto con el departamento de producción, el tiempo que se midió en la situación anterior a la propuesta y se detectan tiempos ociosos en la línea de producción de mascarillas *DreamWear Full Cushion*.

De acuerdo con el tercero de los objetivos específicos:

Se concluye que, según el análisis realizado en el WCG existían tiempos muertos y el mismo sugería menos cantidad de personas por máquina para el mejor aprovechamiento de los recursos en la línea de producción de de mascarillas *DreamWear Full Cushion*, ya que el análisis arroja una utilización muy baja, dejando en evidencia el problema.

De acuerdo con el cuarto objetivo específico:

Se concluye que, gracias a la lluvia de ideas y la matriz multivoto se pudieron identificar las 3 principales causas de baja utilización las cuales fueron, falta de un balance de línea, exceso de personal, ausencia de tiempos muertos, los cuales fueron mejorados con el nuevo balance de línea implementado, ya que se redujo la cantidad de personas y se realizaron una fuerte cantidad de toma de tiempos para su debida estandarización en ciclos.

Con la implementación del nuevo balance de línea se organiza y distribuye las tareas de los operarios por lo que se atacan las otras dos causas importantes, falta de capacitación y falta de organización en el área de trabajo ya que en las pruebas el personal se entrenó para el nuevo acomodo de 2.5 personas por línea.

De acuerdo con el sexto y séptimo objetivo específico:

Se concluye que, al disminuir la utilización de recursos de 72 a 60 mensuales, es posible estimar una reducción de costos de más de \$177.000, lo cual se considera muy importante desde el punto de vista económico para la empresa Philips. Además, se concluye que se puede obtener un incremento del ingreso anual en línea *DreamWear Full Cushion* de \$130.000 gracias al aumento de UPPH.

## 6.2 RECOMENDACIONES

- Se aconseja a la empresa colocar tapetes ergonómicos para evitar la fatiga. Con esto se pretende prevenir futuros problemas de ergonomía hacia con el personal.
- La capacitación al personal cumple una función muy importante dentro de toda empresa. Es por esto por lo que se recomienda al departamento realizar un adecuado entrenamiento del personal que estará en contacto directo con el proceso.
- El uso de zapatos de seguridad confortables es necesario para una mejor ergonomía, esto con el fin de brindar seguridad a los colaboradores, además de brindar calidad y comodidad para desempeñar cualquier trabajo con normalidad, por lo que se sugiere la compra de estos zapatos.
- Es importante contar con personal debidamente calificados para realizar el mantenimiento adecuado de los moldes, esto con el fin de evitar golpes, desperfectos, retrabajos, piezas *scrap* o pequeñas situaciones que puedan estar ocasionando un bajo rendimiento en el *Yield*.
- Se sugiere implementar propuestas para obtener una optimización de tiempos en el proceso de NIR ya que esta máquina cuenta con la capacidad de procesar dos unidades al mismo tiempo, aumentando así el UPPH.
- Se recomienda realizar la distribución adecuada del personal para una mejor eficacia del proceso productivo teniendo en cuenta los tiempos, movimientos y desperdicios que se dan en una empresa manufacturera.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

Álvarez, J. (2019). Metodología para la Predicción del Yield de Manufactura. CIATEQ. México D.F. Recuperado de: <https://ciateq.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1020/364/1/AlvarezRodriguezJoseA%20MMANAV%202019.pdf>

Asana (2022). ¿Qué es un Diagrama de Flujo y cómo hacerlo? Team Asana. Recuperado de: <https://asana.com/es/resources/what-is-a-flowchart>

Cañedo, C., Curbelo, M., Núñez, K. y Zamora, R. (2012). Los procedimientos de un sistema de gestión de información: Un estudio de caso de la Universidad de Cienfuegos. Universidad de Cienfuegos. Cuba. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/161/16124393005.pdf>

Carrera, E., Rivadeneira, C., Navarrete, E. y Paredes, A. (2019). Seguridad y Salud Ocupacional. Ediciones Grupo Compás. Guayaquil. Recuperado de: <http://142.93.18.15:8080/jspui/bitstream/123456789/463/3/salud%20y%20seguridad%20ocupacional.pdf>

Contreras, F., Cassinelli, A., Piñones, M. y Castillo, J. (2016). Alcances teóricos al concepto de eficiencia organizativa: una aproximación a lo universitario. Revista Líder. Universidad de Los Lagos. Santiago. Recuperado de: [file:///C:/Users/Dell/Downloads/Dialnet-AlcancesTeoricosAlConceptoDeEficienciaOrganizativa-7301578%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Dell/Downloads/Dialnet-AlcancesTeoricosAlConceptoDeEficienciaOrganizativa-7301578%20(1).pdf)

Corporación Universitaria de Asturias (2017). La Mejora Continua. Recuperado de: [https://www.centro-virtual.com/recursos/biblioteca/pdf/aseguramiento\\_calidad/unidad1\\_pdf2.pdf](https://www.centro-virtual.com/recursos/biblioteca/pdf/aseguramiento_calidad/unidad1_pdf2.pdf)

Cubero, A. (2017). *Philips iniciará en Costa Rica producción de línea para cuidado respiratorio*. <https://www.larepublica.net/noticia/philips-iniciara-en-costa-rica-produccion-de-linea-para-cuido-respiratorio#:~:text=Philips%20estableci%C3%B3sus%20operaciones%20en%20Costa%20Rica%20en,planta%20existente%20produce%20soluciones%20de%20diagn%C3%B3stico%20de%20Philips>

Garza, R., González, C., Rodríguez, E. y Hernández, C. (2016). Aplicación de la metodología DMAIC de Seis Sigma con simulación discreta y técnicas multicriterio. Revista de Métodos cuantitativos para la Economía y la Empresa. Universidad Pablo de Olavide. España. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/2331/233148815002.pdf>

Gómez, C. (2019). Guía metodológica para la aplicación del Six Sigma en procesos de fabricación de plásticos en multinacionales colombianas. Fundación Universidad de América.

Bogotá D.C. Recuperado de:  
<https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/7502/1/168166-2019-II-GC.pdf>

Hamilton, W. (2020). Graph Representation Learning. McGill University. Recuperado de:  
[https://www.cs.mcgill.ca/~wlh/grl\\_book/files/GRL\\_Book.pdf](https://www.cs.mcgill.ca/~wlh/grl_book/files/GRL_Book.pdf)

Handl, K. (2014). Aplicación Práctica del Diagrama de Gantt en la Administración de un Proyecto. Universidad Nacional de Tucumán. Recuperado de:  
<https://face.unt.edu.ar/web/iadmin/wp-content/uploads/sites/2/2014/12/Aplicaci%C3%B3n-pr%C3%A1ctica-Diagrama-de-Gantt-para-Jornada-IA-Handl.pdf>

Jiménez, V. y Mejías, R. (2020). Análisis de la línea de producción de empaçado, para la disminución de residuos peligrosos en la empresa Industriales Austin de Costa Rica, en un lapso de ocho meses. Universidad Técnica Nacional. Costa Rica. Recuperado de:  
<https://repositorio.utn.ac.cr/bitstream/handle/20.500.13077/375/An%C3%A1lisis%20de%20la%20línea%20de%20producción%20de%20empaçado%20en%20la%20empresa%20Industriales%20Austin%20de%20Costa%20Rica.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Martins, J. (2022). Project Charter: qué es y cómo crearlo con una plantilla. Asana. Recuperado de: <https://asana.com/es/resources/project-charter>

McCoy, J. (2016). How to write a business Case Study. Express Writers. Recuperado de:  
<https://expresswriters.com/how-to-write-a-business-case-study/>

Moreno, J. (2017). Fundamentos de Producción. Fundación Universitaria del Área Andina. Bogotá. Recuperado de: <https://core.ac.uk/download/pdf/326424395.pdf>

Orejuela, J. y Flórez, A. (2016). Balanceo de líneas de producción en la industria farmacéutica mediante Programación por metas. Universidad del Valle. Cali. Recuperado de:  
<file:///C:/Users/Dell/Downloads/Dialnet-BalanceoDeLineasDeProduccionEnLaIndustriaFarmaceut-7030617.pdf>

Organización Internacional de Trabajo (2016). El Recurso Humano y la Productividad. Ginebra. Recuperado de: [https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed\\_emp/---emp\\_ent/--ifp\\_seed/documents/instructionalmaterial/wcms\\_553925.pdf](https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_emp/---emp_ent/--ifp_seed/documents/instructionalmaterial/wcms_553925.pdf)

Orozco, Y., Rodríguez, M. y Zamora, J. (2019). Mejora del proceso de producción de cables de aluminio enfocada en la disminución de “scrap” en la compañía General Cable Conducen. Universidad de Costa Rica. Recuperado de: <http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/jspui/bitstream/123456789/8836/1/44162.pdf>

Padilla, A. (2016). Productividad y rendimiento de mano de obra para algunos procesos constructivos seleccionados en la ejecución del edificio ISLHA del ITCR. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Recuperado de: [https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/6732/productividad\\_rendimiento\\_procesos\\_constructivos\\_islha.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/6732/productividad_rendimiento_procesos_constructivos_islha.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Philips. (2022). *Philips: Mejorando la vida de las personas a través de innovaciones relevantes*. <https://www.ptc.com/es/case-studies/philips>

Philips. (2022). *Almohadilla facial que se ajusta debajo de la nariz*. [https://www.philips.com.ar/c-p/HH1141\\_00/dreamwear-mascara-facial-completa#see-all-benefits](https://www.philips.com.ar/c-p/HH1141_00/dreamwear-mascara-facial-completa#see-all-benefits)

Pinell, R., Ríos, L. y Bucardo, A. (2020). Balance de líneas de producción en la tabacalera CubanacanCigars S.A de la ciudad de Estelí, en el segundo semestre del año 2019. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua. Managua. Recuperado de: <https://repositorio.unan.edu.ni/13424/1/20060.pdf>

Pomar, P. (2020). Como hacer brainstorming y no morir en el intento. Editorial Thinkernautas. Recuperado de: [https://thinkernautas.com/wp-content/uploads/woocommerce\\_uploads/2020/07/como-hacer-brainstorming-y-no-morir-en-el-invento-digital\\_online\\_doc2020-z8chgy.pdf](https://thinkernautas.com/wp-content/uploads/woocommerce_uploads/2020/07/como-hacer-brainstorming-y-no-morir-en-el-invento-digital_online_doc2020-z8chgy.pdf)

Ponce, O., Morejón, M., Salazar, G. y Baque, E. (2019). Introducción a las Finanzas. Editorial Área de Innovación y Desarrollo, S.L. Alicante. Recuperado de: <https://www.3ciencias.com/wp-content/uploads/2019/09/Introducci%C3%B3n-a-las-finanzas.pdf>

Reyes, O. y Franklin, O. (2014). TEORÍA DEL BIENESTAR Y EL ÓPTIMO DE PARETO COMO PROBLEMAS MICROECONÓMICOS. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua. Managua. Recuperado de: <file:///C:/Users/Dell/Downloads/Dialnet-TeoriaDelBienestarYElOptimoDeParetoComoProblemasMi-5109420.pdf>

Rodríguez, J. (2023). Qué es el diagrama de Ishikawa, para qué sirve, cómo crearlo y ejemplos. HubSpot. Recuperado de: <https://blog.hubspot.es/sales/diagrama-ishikawa>

Universidad de San Sebastián (2023). Métodos Cualitativos en Ingeniería Industrial ¿Qué son? Chile. Recuperado de: <https://carreraingenieriaindustrial.cl/metodos-cualitativos-en-la-ingenieria-industrial-que-son/>

Valencia, K. (2015). ¿Qué nos enseña la Función de Producción? Universidad Autónoma del Estado de México. Recuperado de: <http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/33857/secme-16321.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Véliz, M. y Culcay, M. (2022). Contabilidad de Costos: Conceptos Elementales. Editorial Grupo Compás. Guayaquil. Recuperado de <http://142.93.18.15:8080/jspui/bitstream/123456789/809/1/LIBRO%20DE%20CONTABILIDAD%20DE%20COSTOS%20%207%20edicio%CC%81n%202022.pdf>

# Apéndice

### Apéndice1 Ilustración .31 Entrevista SRC

Preguntas realizadas a Supervisores y líderes de producción.

**¿Considera usted que los recursos de la línea son los adecuados para correr la producción o deberían de contar con más personal?**

**Líder - R//** Al contrario, las personas tienen ciertos tiempos muertos, más que todo en la segunda estación de inspección, lo que afecta la eficiencia.

**Supervisor - R//** Con 3 recursos es suficiente, más bien existe una holgura de tiempo de espera, por lo que el UPPH es bajo.

**¿Actualmente se cumple con el output esperado por día de acuerdo con la demanda y considera usted que si se llega a prescindir de 1 recurso por cada dos máquinas el output se verá afectado?**

**Líder - R//** Pienso que se deben de realizar las pruebas, sin embargo, creería que la meta de producción no se vería afectada ya que siempre producimos más cantidad de lo requerido.

**Supervisor - R//** Para nada, en realidad se aumentaría la eficiencia y el UPPH ya que los recursos se aprovecharían de mejor manera.

**¿Cómo considera el estado ergonómico de las personas de la línea con el balance actual?**

**Supervisor - R//** En lo personal considero se podría realizar un plan de rotación ya que muchas veces se está en una sola estación por mucho tiempo y esto afecta a nivel de fatiga y dolores musculares.

**¿Qué observaciones o puntos de mejora a identificado con el balance actual a nivel de utilización de los recursos?**

**Ingenieros de Manufactura - R//** Pienso que mejora continua debe de realizar un estudio de tiempos para verla utilización de los mismos, sin embargo a lo que he podido observar en el proceso, los recursos no se están aprovechando de la mejor manera ya que existen lapsos de tiempo de esperas para poder manufacturar y operar la máquina, estos mismos recursos podrían servir de ayuda a otra unidad de negocio y de esta manera la empresa se ahorra nuevas contrataciones y nuestra unidad podría ser más eficiente y generar ahorros al centro de costos.

**¿A nivel de rotación considera el adecuado para suplir las necesidades de producción?**

**Ingenieros de Manufactura - R//** No, ya que no hay un pan estándar con los tiempos de rotación y en los horarios de comida se quedan hasta 2 puestos solos por mucho tiempo, es necesario crear un plan de rotación que cubra los tiempos de comida principalmente.

Fuente.(Propia, 2023)

Apéndice 2. Ilustración 32 Sitio de reuniones



Fuente.(Propia, 2023)

Apéndice 3 Ilustración. 33 Caso de negocios

**PHILIPS**  
Business Case

D000984426/A

	Done	Proposed Start date	Proposed End Date	Expected Budget Capex	Expected Budget Opex
		30/05/2022	09/15/2022	N/A	N/A

PHILIPS

<b>Name / Id</b>	Molding Rebalance	<b>Proposed Sponsor</b>	Rodrigo Viquez						
<b>Description of the Problem/ Justification</b>	<b>Solution Alternatives</b>		<b>Alignment to Business Strategy (Hoshin)</b>						
<ul style="list-style-type: none"> <li>We have a utilization rate in DWF cushion balances below the required 85%, with an average utilization rate of 65%.</li> <li>Generating a negative gap of 20% in our operation.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Perform re-balancing of lines to increase the percentage of use in each of the operations.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Reach an improvement on conversion cost higher than 3 M for 2022.</li> </ul>						
<b>Expected Benefits</b>	<b>Expected Costs/Requirements</b>								
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Benefits Cost</th> <th>Month</th> <th>Year</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Heads Reduction 12</td> <td>\$14,400</td> <td>\$172,800</td> </tr> </tbody> </table>	Benefits Cost	Month	Year	Heads Reduction 12	\$14,400	\$172,800	N/A		
Benefits Cost	Month	Year							
Heads Reduction 12	\$14,400	\$172,800							

Fuente.(Propia, 2023)