

UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA

CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL

DESARROLLAR UNA PROPUESTA DE MEJORA DE PROCESO Y DISEÑO PARA LA LINEA DE PRODUCCION CMR, EN LA EMPRESA MICRO STAMPING COSTA RICA, UBICADA EN ZONA FRANCA METRO, BARREAL DE HEREDIA, EN EL SEGUNDO SEMESTRE DEL 2023.

PROYECTO DE GRADUACION PARA OBTAR POR EL BACHILLERATO EN INGENIERIA INDUSTRIAL.

OSCAR MARIO VARGAS HERNANDEZ

LIC. LUIS PABLO TORRES GONZALEZ

Heredia, 2023.

**Dedicatoria:**

A mi esposa, mi fuente constante de apoyo y amor. A mi querido hijo, que ha sido mi inspiración y mi razón para esforzarme aún más. A mi madre, cuya devoción han motivado el camino hacia este logro. A todas las personas que me brindaron su apoyo, consejo y motivación, mi gratitud infinita. Esta tesis es el fruto de la perseverancia, resiliencia y amor.

**Agradecimiento:**

A mi amada esposa, quien ha sido mi apoyo constante y mi fuente de fortaleza durante este arduo camino. Tu amor y comprensión inquebrantables me han sostenido en los momentos más desafiantes.

A mi querido hijo, cuya alegría y sonrisa han sido mi mayor inspiración. Tu presencia en mi vida ha dado un propósito más profundo a mi búsqueda académica.

A mi querida madre, que, a pesar de todo, siempre ha sido un faro de amor y sabiduría. Tus valores y amor han sido mi guía a lo largo de mi vida.

A mis respetados profesores, cuyas enseñanzas y orientación me han enriquecido académica y personalmente. Su compromiso con la educación ha sido una influencia trascendental en mi desarrollo.

A la empresa MICRO, por brindarme la oportunidad de realizar este proyecto de investigación y por su apoyo continuo en mi crecimiento profesional y académico.

Mis más sinceros agradecimientos a todos ustedes por su apoyo, paciencia y sabiduría, que han hecho posible este logro. Sin su presencia en mi vida, este camino habría sido mucho más desafiante. Gracias de corazón

## Tabla de contenido

Dedicatoria: .....	2
Agradecimiento: .....	3
Tabla de contenido.....	4
Acrónimos y Siglas .....	11
Resumen Ejecutivo:.....	12
CAPÍTULO I .....	13
1.1 Descripción general del Proyecto.....	14
1.2 Identificación de la organización en donde se realiza el proyecto. ....	15
1.2.1 Descripción General de la organización .....	15
1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	19
1.3.1 DEFINICIÓN Y MEDICIÓN DEL PROBLEMA .....	19
1.3.2 JUSTIFICACIÓN.....	22
1.4 OBJETIVOS DEL PROYECTO. ....	23
1.4.1 OBJETIVO GENERAL.....	23
1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	23
1.5 ALCANCES Y LIMITACIONES.....	23
1.5.1 ALCANCES .....	23
1.5.2 LIMITACIONES.....	24
CAPÍTULO II .....	25
2.1 Marco conceptual general relativo a la carrera .....	26
2.1.1 Ingeniería Industrial .....	26
2.1.2 Industria Medica .....	26
2.1.3 Mapa de flujo de procesos.....	27
2.1.4 Diagrama de Pareto:.....	28

2.1.5	Diagrama de relación de actividades:.....	28
2.1.6	Planos:.....	28
2.1.7	Diseño de planta:.....	29
2.1.8	Balanceo de línea:.....	29
2.1.9	Diagrama de Causa y Efecto “Ishikawa”:.....	29
2.1.10	Régimen de Zonas Francas:.....	30
2.1.11	Laparoscopia:.....	30
2.1.12	Cirugía Robótica:.....	30
2.2	Marco Conceptual atinente a la gestión del proyecto.....	31
2.2.1	Metodología DMAIC. ....	31
2.3	Marco Conceptual referente al impacto del proyecto.....	35
2.3.1	Mejora continua:.....	35
2.3.2	Optimización de recursos. ....	35
2.4	Antecedentes de proyectos o experiencias semejantes. ....	35
CAPÍTULO III .....		37
3.1	Metodología para la definición del problema:.....	38
3.2	Metodología para la medición y respaldo cualitativo de proyecto.....	39
3.3	Metodología para la propuesta de mejora, construcción o puesta en práctica de un nuevo proceso, producto o servicio. ....	41
3.4	Metodología para la implementación del proyecto.....	42
3.5	Metodología para la verificación, aseguramiento, control y seguimiento de resultados.....	43
CAPÍTULO IV .....		44
4.0	Análisis de la línea CMR.....	45
4.1	Situación actual de la empresa:.....	45
4.2	Descripción del proceso CMR.....	45

4.3	Diagrama de Recorrido .....	49
4.4	Tiempos estimados de traslado. ....	53
4.5	Diagrama de relación de actividades. ....	54
4.6	Análisis de oportunidades de mejora .....	56
4.7	Análisis de Causa Raíz .....	57
4.7.1	Falta de capacitación en manejo de materiales:.....	57
4.7.2	Falta de inspección en la recepción de materiales después de los traslados:.....	58
4.7.3	Mala manipulación de los materiales:.....	58
4.7.4	Espacio insuficiente:.....	58
4.7.5	Largos desplazamientos:.....	58
4.7.6	Falta de planificación para la capacidad:.....	59
4.8	Se detalla el 5 por qué del análisis de causa raíz .....	59
4.9	Conclusiones de la situación actual. ....	60
CAPÍTULO V .....		61
5	Planteamiento de soluciones a la causa raíz para la línea de producción CMR en Costa Rica. ....	62
5.1	Metas y estrategias.....	62
5.2	Balanceo de línea para Costa Rica. ....	64
5.3	Diagrama de Flujo para la línea de producción CMR en Costa Rica.....	69
5.4	Redistribución de planta para la línea CMR en Costa Rica. ....	72
5.5	Costo beneficio. ....	76
5.6	Implementación en la línea CMR en Costa Rica. ....	79
5.3	Control .....	82
CAPÍTULO VI .....		84
6.1	Conclusiones:.....	85

6.2	Recomendaciones: .....	86
6.2.1	Recomendaciones para la planta en Costa Rica: .....	86
6.2.2	Recomendaciones para las plantas en New Jersey: .....	86
CAPÍTULO VII .....		88
Bibliografía .....		89
CAPÍTULO VIII .....		91

## Tabla de Imágenes

Figura 1 Ejemplo de productos fabricados por MICRO .....	16
Figura 2 Cuarto Limpio, en MICRO Costa Rica.....	17
Figura 3 Edificio de MICRO Costa Rica .....	17
Figura 4 Organigrama .....	18
Figura 5 Gráfico de Scrap I trimestre 2023.....	20
Figura 6 Detalle Producto no conforme en el mes de mayo 2023.....	21
Figura 7 Diagrama Ishikawa.....	30
Figura 8 cirugía robótica.....	31
Figura 9 Distancia entre edificios 100 y 130.....	46
Figura 10 Diagrama de flujo del proceso CMR en New Jersey .....	50
Figura 11 Diagrama de relación de actividades línea CMR.....	55
Figura 12 Diagrama Ishikawa.....	57
Figura 13 Metas de la propuesta de redistribución.....	62
Figura 14 Colocación de los cables cortos.....	70
Figura 15 Diagrama de flujo propuesto para la línea de CMR en Costa Rica. ....	71
Figura 16 Espacio disponible en el cuarto limpio en Costa Rica .....	72
Figura 17 Instalaciones eléctricas y de aire ubicadas dentro del cuarto limpio en Costa Rica. ....	74
Figura 18 Distribución propuesta para la línea CMR en Costa Rica .....	75
Figura 19 Gantt de instalación de equipos dentro de la línea de CMR en Costa Rica. ....	81
Figura 20 Panel de Control para línea CMR en Costa Rica. ....	83

## Tabla de tablas

Tabla 1, Simbología Diagrama de flujo.....	27
Tabla 2 Primer paso de la metodología DMAIC: Definir. ....	38
Tabla 3 Segundo paso de la metodología DMAIC: Medir. ....	39
Tabla 4 Tercer paso de la metodología DMAIC: Analizar.....	40
Tabla 5 Propuesta de oportunidad de mejora.....	41
Tabla 6 Cuarto paso de la metodología DMAIC: Implementar.....	42
Tabla 7 Quinto paso de la metodología DMAIC: Controlar.....	43
Tabla 8 tabla de relación entre operaciones, personal y producción. ....	48
Tabla 9 Tabla de tiempos de traslados .....	53
Tabla 10 Tabla de variables para el balanceo de línea.....	65
Tabla 11 Balanceo de línea inicial. ....	66
Tabla 12 Tabla de propuestas de balanceo de línea.....	68
Tabla 13 Tabla de características y requisitos del fabricante.....	73
Tabla 14 comparativo balanceo Casa Matriz / Propuesta Costa Rica .....	77
Tabla 15 Cuadro de inversión en equipos para Costa Rica.....	77
Tabla 16 cuadro de mejora en los traslados.....	78
Tabla 17 Costo beneficio Balanceo. ....	78
Tabla 18 Costo beneficio de las propuestas .....	78

## Tabla de Anexos

Anexo 1 Cuarto limpio con la distribución propuesta.....	92
Anexo 2 Carta de aceptación de Tesina.....	93
Anexo 3 Carta de aprobación Tutor.....	94
Anexo 4 Carta de aprobación Lector.....	95
Anexo 5 Carta de autorización .....	96
Anexo 6 Anexo Carta de autorización .....	97
Anexo 7 Declaración Jurada .....	98

## **Acrónimos y Siglas**

CMR: Producto a fabricar.

SCRAP: Producto, material, ensamble o subensamble desechado por defectos.

IQ: Siglas en inglés para Installation Qualification, la calificación de instalación se utiliza en la validación de procesos para verificar que los equipos, maquinaria y/o sistemas están en buen estado, instalados de manera correcta, de acuerdo con las indicaciones del fabricante y que cuenta con los requisitos de seguridad operacional.

OQ: Siglas en inglés para Operation Qualification, la calificación de operaciones se utiliza en la validación de procesos, mediante pruebas y estudios documentados se busca demostrar que los equipos, maquinarias y/o sistemas pueden operar dentro de los parámetros de los límites y tolerancias admitidas.

PQ: Siglas en inglés para Performance Qualification, la calificación de desempeño se utiliza en la validación de procesos, después de realizar el OQ se verifica que los parámetros críticos definidos en la calificación de operaciones perduran en el tiempo demostrando que el desempeño del proceso mantiene una estabilidad.

Auto CAD: Software de diseño asistido por computadora, utilizado en las áreas como arquitectura, ingeniería mecánica y dibujo técnico.

## **Resumen Ejecutivo:**

El presente proyecto se enfoca en mejorar la eficiencia de la línea de ensamble CMR Costa Rica, en la empresa MICRO Stamping, ubicada en Zona Franca Metro, Heredia Costa Rica. En los últimos meses, esta línea de producción ha experimentado un crecimiento en la casa matriz en New Jersey, lo que ha generado la necesidad de crear una línea fuera de Estados Unidos.

El objetivo principal de este proyecto es desarrollar una propuesta que mejore la distribución al instalar la línea de producción CMR en Costa Rica, para optimizar los recorridos, maximizar el tiempo de trabajo y eliminar los traslados. La empresa no cuenta con una propuesta previa que aborde esta problemática, por lo que se realizará un estudio a detalle de los que sucede en la línea de producción en casa matriz con la finalidad de presentar una guía clara y estructurada de lo que se quiere desarrollar.

Para llevar a cabo este proyecto de manera efectiva, se ha decidido involucrar activamente al personal de mantenimiento y se trabajará en estrecha colaboración con los departamentos de producción y calidad. Las contribuciones y sugerencias de estos departamentos serán fundamentales para mejorar las condiciones de trabajo de los operarios y garantizar que los estándares de calidad se mantengan a la par de los establecidos en la casa matriz.

Además, el estudio detallado realizado para este proyecto servirá como un valioso recurso y modelo para futuras mejoras en otros cuartos de producción dentro de la empresa. La experiencia adquirida y las mejores prácticas identificadas se podrán aplicar en otros contextos, lo que promoverá una cultura de mejora continua en la organización.

En resumen, el proyecto no solo es relevante en el corto plazo para mejorar la eficiencia de la línea de producción CMR, sino que también sienta las bases para el crecimiento sostenible y la mejora continua en la empresa. Su impacto se extiende mucho más allá de esta iniciativa específica y contribuirá al éxito a largo plazo de MICRO Stamping.

## **CAPÍTULO I**

### **Planteamiento del problema**

## 1.1 Descripción general del Proyecto

La empresa MICRO Stamping se dedica a la manufactura metalmecánica, sin embargo, ha incursionado en la fabricación de subensambles y productos terminados para la industria médica, parte de su crecimiento los llevo a abrir sus puertas en Costa Rica con el fin de producir ensambles para laparoscopia robótica, situación que permite el desarrollo del presente proyecto.

El mismo se centra en un producto fabricado en casa matriz en New Jersey, el cual es un ensamble compuesto por tres subensambles. Debido a limitaciones de espacio, estos subensambles pasan a través de cuartos limpios separados, generando gastos en traslados de los componentes, debido a los traslados de más de 500 metros que duran hasta 15 minutos.

Por la naturaleza del producto final no pueden tener ningún daño, sin embargo, los daños en los mismos han generado cantidades de scrap que superan la meta semanal de \$6000 dólares, durante las primeras 13 semanas del año 2023, la suma del costo por Scrap es de \$513044.1, un 657.7% más que la meta de la compañía.

El establecimiento de la compañía en Costa Rica pretende desarrollar una línea de producción que facilite replicar la producción actual de la sede principal en New Jersey, por lo tanto, el presente trabajo busca crear una línea de producción, la cual mediante la ayuda de una análisis del proceso busca identificar los puntos clave de mejora, se busca optimizar el diagrama de flujo para poder realizar todos los procesos de ensamble en un solo cuarto limpio, así como determinar las acciones necesarias para que el monto del Scrap en Costa Rica cumpla con las métricas de la compañía.

El primer capítulo del presente proyecto aborda la información general de la empresa MICRO Stamping Costa Rica, Se presenta una introducción al problema identificado, justificando la necesidad de explorar las características generales de la empresa, estableciendo el planteamiento del problema y perfilando los objetivos del proyecto junto con sus respectivos alcances y limitaciones.

El segundo capítulo se dedica al marco teórico, donde se integran opiniones e investigaciones previas de diversas fuentes bibliográficas. Además, se detallan las distintas herramientas y metodologías empleadas en la elaboración del proyecto.

El tercer capítulo explora la metodología aplicada, en este caso, el enfoque DMAIC, destacando cómo su correcta implementación contribuirá a resolver los diversos problemas identificados.

El cuarto capítulo presenta la línea base y el análisis de causas, incluyendo la interpretación de datos. Este análisis implica la aplicación de todas las herramientas pertinentes al proceso, con el objetivo de ofrecer una solución al aumento de producción requerido.

En el quinto capítulo, se desarrolla la mejora implementada en la toma de tiempos utilizando el método de tiempos y movimientos, proporcionando un diseño de planta, y balanceo de línea.

El sexto capítulo aborda las conclusiones y recomendaciones derivadas de la implementación del proyecto, ofreciendo una visión integral de los hallazgos y sugerencias para futuras acciones.

## **1.2 Identificación de la organización en donde se realiza el proyecto.**

### **1.2.1 Descripción General de la organización**

MICRO Stamping es un fabricante por contrato que abrió sus puertas en 1945 en el estado de Nueva Jersey, Estados Unidos, brindando sus servicios en diferentes áreas

como estampado de metal, moldeo por inserción e inyección, mecanizado, afilado y acabado, al ver la necesidad de los clientes de ensamblar las piezas que la compañía fabricaba, tomaron la decisión de incursionar en el área de ensamblaje médico. La compañía ofrece productos de la más alta calidad a clientes en diferentes industrias, incluyendo dispositivos médicos, automotriz, aeroespacial y electrónica. Ejemplos de estos se encuentran en la figura 1.

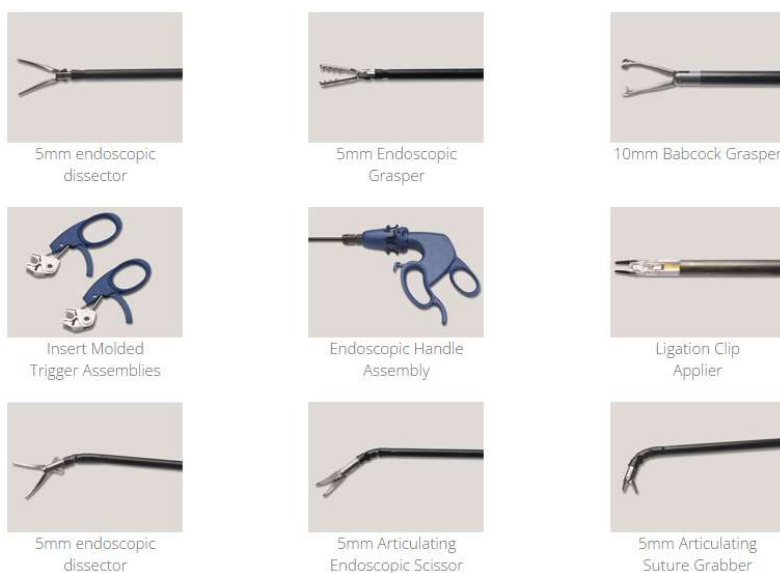


Figura 1 Ejemplo de productos fabricados por MICRO

En el año 2021 buscando bajar costos de operación deciden abrir operaciones en Costa Rica, por lo que en septiembre del mismo año abren operaciones en Zona Franca Metropolitana, ubicada en Barreal de Heredia, (en la figura 3 se puede observar el edificio de la compañía) con la finalidad de crear líneas de ensamble de producto médico, más no líneas de mecanizado, por lo que construyen un cuarto limpio de 1828m<sup>2</sup> que se muestra en la Figura 2.



*Figura 2* Cuarto Limpio, en MICRO Costa Rica.

La compañía al estar iniciando operaciones en Costa Rica tiene una cantidad de personal que va creciendo conforme va incrementando de productos que se validan, para inicios del segundo cuatrimestre del 2023, la empresa cuenta con 13 colaboradores en Costa Rica como lo muestra el organigrama en la Figura 4 .



*Figura 3* Edificio de MICRO Costa Rica

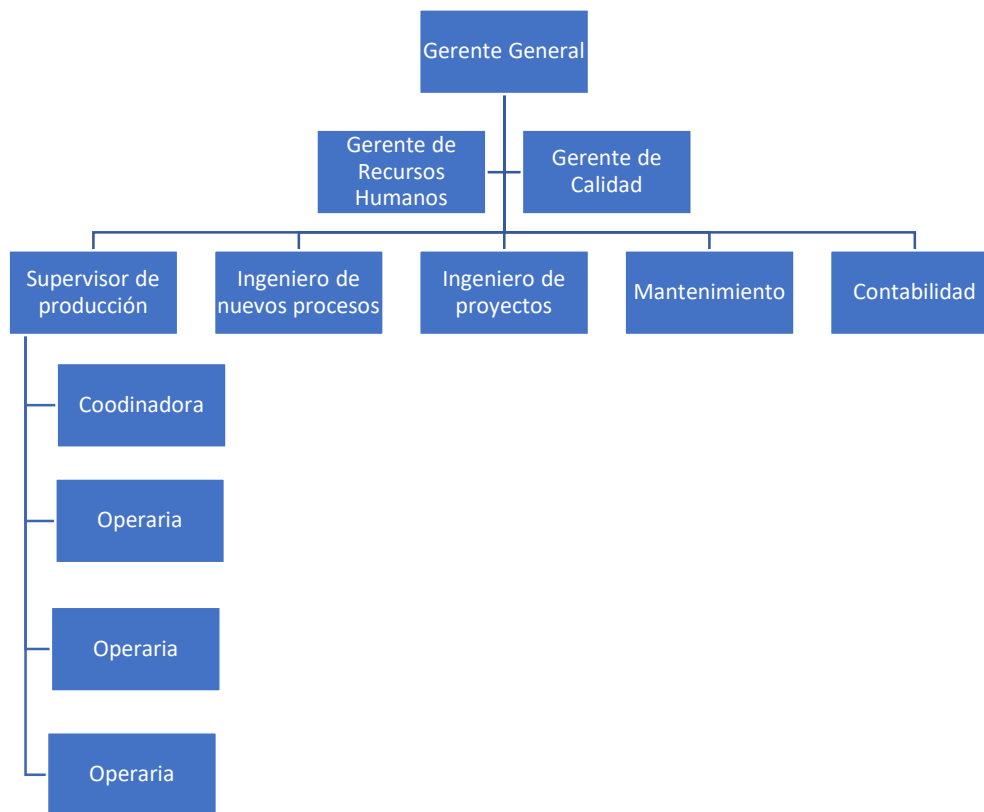


Figura 4 Organigrama

La misión y la visión de la compañía son:

- *“Misión: Fabricar Soluciones para la vida.”*
- *“Visión: Ayudar a nuestros clientes a salvar vidas.”*

La compañía cuenta con valores corporativos los cuales son:

- *“Enfoque en el cliente.”*
- *“Integridad.”*
- *“Innovación.”*
- *“Disciplina.”*
- *“Operación.”*

- *“Trabajo en equipo.”*

Política de calidad:

*“MICRO está comprometida con los más altos estándares de seguridad del paciente, eficiencia del producto, servicio al cliente y cumplimiento de normas para ofrecer productos innovadores en dispositivos médicos, componentes y productos comerciales no médicos a nuestros clientes. Este compromiso impulsa una cultura de calidad y cumplimiento en MICRO. Esta política de calidad es la base de un sólido sistema de gestión de calidad que se revisa periódicamente para garantizar que los esfuerzos de mejora continua cumplan con nuestras altas expectativas de calidad para nuestros pacientes y clientes” (MICRO, 2023)*

### **1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

#### **1.3.1 DEFINICIÓN Y MEDICIÓN DEL PROBLEMA**

La familia de productos CMR consta de cinco herramientas quirúrgicas especializadas, cuya diferencia está en la punta de cada una, utilizadas en cirugías laparoscópicas asistidas por brazos robóticos, por lo que la calidad, y precisión tanto del producto final como de sus componentes, deben ser un resultado de alto nivel de la operación, por lo que cualquier golpe, marca o raya puede afectar la funcionalidad o estética del producto y se consideraría producto no conforme.

El proceso actual en la casa matriz enfrenta varios desafíos como lo es que el proceso de ensamblaje pasa por tres diferentes cuartos limpios en dos edificios diferentes, con traslados de más de 500 metros, los cuales suman tiempo, gastos y posibilidades de dañar los componentes.

Adicionalmente no se cumplen objetivos establecidos como mantener un bajo costo de productos no conformes. La Figura 5 ilustra que en las primeras 17 semanas de

2023, el costo de productos no conformes supera la meta de la compañía de \$6,000 por semana.

De acuerdo con las estadísticas recopiladas durante este período, alrededor del 40% de los quinientos setenta y ocho mil dólares en costos de scrap se deben a daños en componentes críticos como poleas, rodamientos y ejes. Por ejemplo, en el mes de mayo del 2023, los daños, como marcas o rayas en dichos componentes representaron el 44% de los costos de scrap, como se muestra en la Figura 6.

Esta situación destaca la urgencia de mejorar y estandarizar tanto la distribución de la línea como los procesos de empaque, traslado y manipulación de los componentes y subensambles, así como la gestión de la calidad en la inspección al recibir los productos del proveedor y durante el proceso de producción. Las oportunidades de mejora deben enfocarse en optimizar el proceso para establecer una línea de producción en Costa Rica que esté libre de defectos.

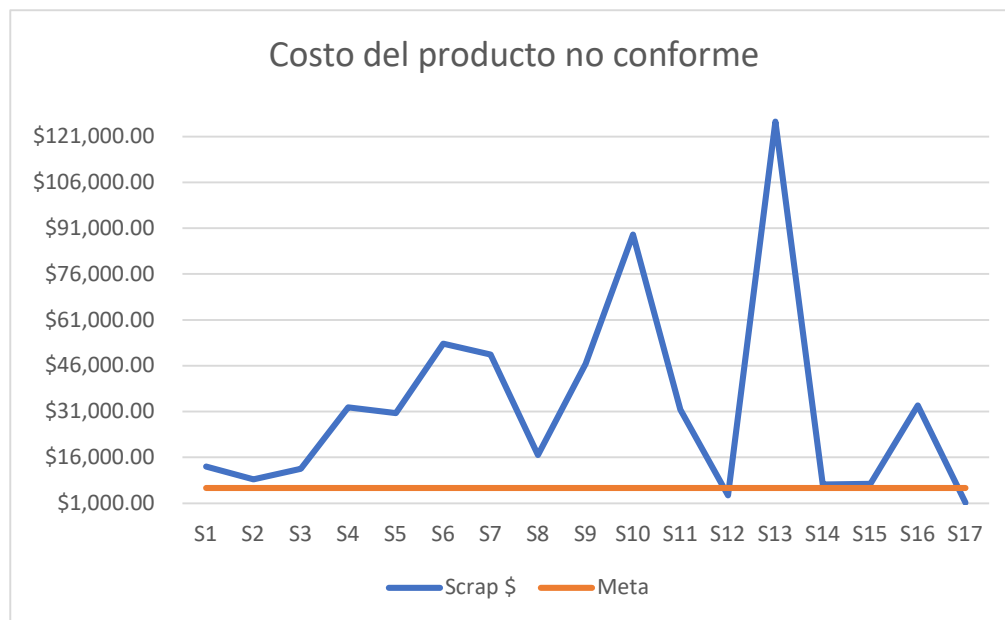


Figura 5 Gráfico de Scrap I trimestre 2023

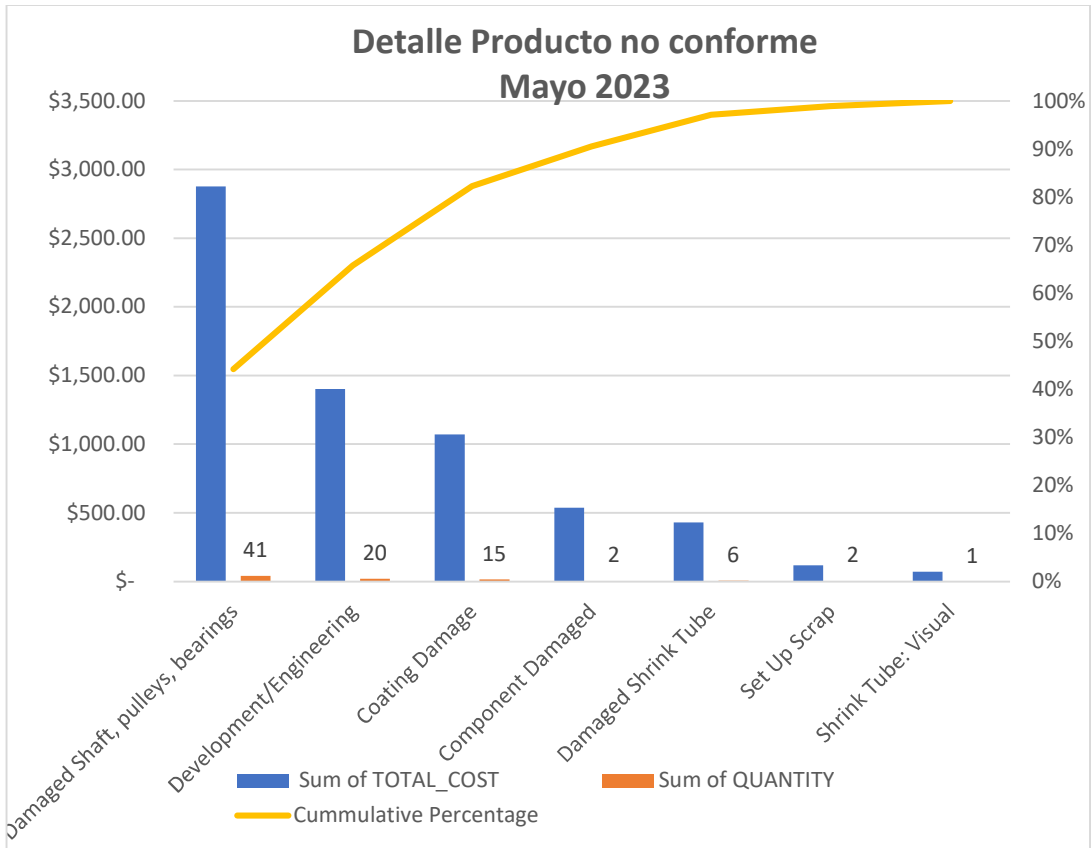


Figura 6 Detalle Producto no conforme en el mes de mayo 2023

### **1.3.2 JUSTIFICACIÓN**

La empresa MICRO Stamping, en su proceso de crecimiento y buscando bajar costos de producción, busca lugares donde invertir y gracias a PROCOMER, decide abrir operaciones en Costa Rica, debido a su mano de obra calificada y estabilidad política, por lo que, a finales del 2021, alquilan un edificio en Zona Franca Metropolitana, y comienzan con la construcción de un cuarto limpio clase 8, con la finalidad de mover, duplicar o crear nuevas líneas de producción.

El crecimiento acelerado de la compañía, los llevo a crear pequeños cuartos limpios utilizando los espacios vacíos que tenían en sus tres edificios en Nueva Jersey, 3 de estos cuartos limpios se utilizaron para realizar sub-ensambles y el producto final CMR, sin embargo, las distancias entre cuartos limpios generan movimientos de más de 500 metros.

Al tratarse de producto medico con componentes pequeños, los cuales deben de estar sin golpes ni marcas, adicionalmente al ser ensamblado en cuarto limpio para poder realizar los desplazamientos se deben de empacar los subensambles de manera en la que se evite la contaminación en el transporte y así mantener el producto lo más estéril posible.

Debido a dichos desplazamientos deciden crear una línea nueva de producción en Costa Rica con la finalidad de disminuir tiempos y movimientos evitando los daños que generan, así como buscar la forma de maximizar el uso del personal operativo, y generar una distribución de planta más eficiente.

## **1.4 OBJETIVOS DEL PROYECTO.**

### **1.4.1 OBJETIVO GENERAL**

Desarrollar una mejora de proceso y diseño para la línea de producción CMR, que disminuya los traslados y que cumpla con la meta de Scrap de \$6000 dólares o menos, en la compañía MICRO Stamping Costa Rica, en el segundo semestre del 2023.

### **1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Analizar las causas que generen componentes o ensambles defectuosos, dentro del proceso de ensamble CMR.

Definir las áreas de mejora para la línea de ensamblaje CMR en Costa Rica.

Mejorar la eficiencia del proceso para instalar la línea de ensamble CMR en Costa Rica.

Controlar las acciones propuestas para la línea de ensamblaje CMR en Costa Rica.

## **1.5 ALCANCES Y LIMITACIONES**

### **1.5.1 ALCANCES**

El alcance de la presente investigación es diseñar una distribución de planta para la línea de producción CMR cuya distribución minimice los tiempos y movimientos dentro de la misma, así como la maximización del espacio, y con un balance de personal eficiente, durante el segundo semestre del 2023, beneficiando al departamento de producción.

### 1.5.2 LIMITACIONES

En el desarrollo del proyecto se presentan las siguientes limitaciones:

- Al ser una línea de producto médico, el proceso de validación (IQ, OQ, PQ) del producto final queda por fuera del proyecto.
- La instalación completa de la línea queda limitada al envío del equipo por parte de casa matriz y o el cliente.
- Las inversiones requeridas por parte de empresa quedan a disposición de esta.
- No se pueden mostrar imágenes del producto ni de sus componentes debido a los contratos de confidencialidad con el cliente.
- Los estudios de tiempos y movimientos están basados en pocas unidades debido, a que las líneas existentes están localizadas en New Jersey y las visitas son restringidas.

**CAPÍTULO II**  
**MARCO TEÓRICO**

En el presente capítulo se revelarán algunos temas y conceptos, relacionados con la ingeniería industrial, cuya finalidad es la de ser aplicados de manera correcta en la presente investigación, brindando una dirección clara y un mejor entendimiento para mejorar la situación en la empresa MICRO Stamping Costa Rica.

## **2.1 Marco conceptual general relativo a la carrera**

### **2.1.1 Ingeniería Industrial**

De acuerdo con la definición del Consejo de Acreditación para la Ingeniería y la Tecnología de Estados Unidos de América, la ingeniería es la profesión en la que los conocimientos de matemáticas y ciencias naturales, obtenidos a través del estudio, la experiencia y la práctica, se aplican con juicio para desarrollar diversas formas de utilizar, de manera económica, las fuerzas y los materiales de la naturaleza en beneficio de la humanidad (Baca U, 2014).

Por lo que se podría decir que es una colección de conocimientos especializados, enfocados en la optimización de sistemas y/o procesos, buscando una reducción de tiempos, costos, manejando no solo el recurso humano, como lo pueden ser equipos de trabajo multidisciplinarios, sino también la parte de recursos como maquinas, métodos, presupuestos, con una planeación y visión estratégica a futuro.

### **2.1.2 Industria Medica.**

Se refiere a la fabricación de productos para uso médico, ya sea farmacéutico, implantes o herramienta a ser utilizadas en quirófanos y salas de hospitales.

En Costa Rica, los productos farmacéuticos y productos químicos representan el 6% de las exportaciones en el año 2019. (Pacheco, 2021)




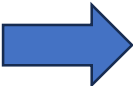




### 2.1.3 Mapa de flujo de procesos.

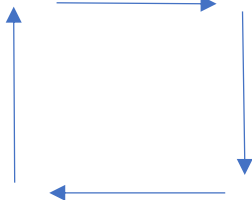
El mapeo de flujo de procesos es una técnica gráfica que se utiliza para representar la secuencia de pasos que operan en las entradas del proceso y producen la salida. (p. 629) (Groover, 2016).

Los mapas de flujo o diagramas de flujo Son una herramienta que ayuda a entender los procesos de un trabajo etapa por etapa, y las decisiones que pueden llegar a tomarse en cada uno de los pasos a la hora de producir.

Dichos mapas llevan una serie de formas que consta con un significado, con la finalidad de que estos se entiendan de una manera más simplificada.

Tabla 1, Simbología Diagrama de flujo

Símbolo	Función	Descripción
	Límite	Indica el inicio o final de un proceso.
	Operación	Representa una actividad o tarea del proceso
	Inspección	Representa una detención en el flujo de proceso.
	Movimiento	Indica el transporte de un resultado de un lugar a otro.
	Demora	Indica cuando algo debe esperar o ser puesto en un almacenamiento temporal.
	Decisión	Designa un punto de decisión o división del flujo.
	Almacenamiento	Indica un resultado almacenado en espera de un cliente.
	Documento	Indica que el resultado de una actividad se registra en un medio impreso.

	Base de datos	Identifica cuando la salida de una actividad almacena en un medio electrónico.
	Flechas	Indica la secuencia y la dirección del diagrama.

Fuente: Elaboración propia

#### 2.1.4 Diagrama de Pareto:

Es también conocida como la regla del 80-20, donde el 20% de los productos representan el 80% o más del total de la actividad. El análisis permite enfocar los esfuerzos en pocas actividades que crean la mayor parte de los problemas.

Es una herramienta que sirve para determinar el orden de importancia de las causas de un efecto determinado; en otras palabras, proporciona información sobre las causas más importantes que provocan un problema (p.124). (Baca U, 2014)

#### 2.1.5 Diagrama de relación de actividades:

También conocido como diagrama de análisis de afinidades, se utiliza para mostrar las relaciones entre departamentos, operaciones, oficinas o servicios, con la finalidad de ubicarlas con cercanía las que tienen relación y alejar las que puedan afectar de alguna manera a otras operaciones, ya sea por componentes, ruido, vibraciones, contaminación, entre otros.

Responde a la pregunta: ¿Qué tan importante es para este departamento, oficina o instalación de servicios, estar cerca de otro departamento, oficina o instalación de servicios? Este cuestionamiento necesita plantearse en forma imprescindible (p.181) (Meyers Fred E, 2006).

#### 2.1.6 Planos:

Los planos funcionan como método de representación gráfica, donde la finalidad es tener una representación a escala de datos importantes a la hora de realizar una distribución como lo son el espacio, los accesos, datos de conexiones eléctricas y de aire entre otros.

Los planos constituyen el procedimiento más utilizado universalmente; incluso es el procedimiento más utilizado en aquellas empresas que están perfectamente equipadas para fabricar maquetas y modelos. (p.179) (Muther, 1968).

#### **2.1.7 Diseño de planta:**

El diseño de instalaciones de manufactura se refiere a la organización de las instalaciones físicas de la compañía con el fin de promover el uso eficiente de sus recursos, como personal, equipo, materiales y energía. (p.1) (Meyers Fred E, 2006)

#### **2.1.8 Balanceo de línea:**

El balanceo de línea es la herramienta que ayuda a determinar la cantidad ideal de operadores a asignar a una línea de producción con la finalidad de maximizar la producción.

En las líneas de producción donde hay varios operadores, cada uno de ellos realizando operaciones consecutivas, trabajando como uno solo, “la velocidad de producción depende del operador más lento”. (Benjamin W. Niebel, 2009)

#### **2.1.9 Diagrama de Causa y Efecto “Ishikawa”:**

Es una representación gráfica que organiza de forma lógica y en orden de mayor importancia las causas potenciales que contribuyen a crear un efecto o problema determinado (figura 7). (p.49) (Gaya, 2013)

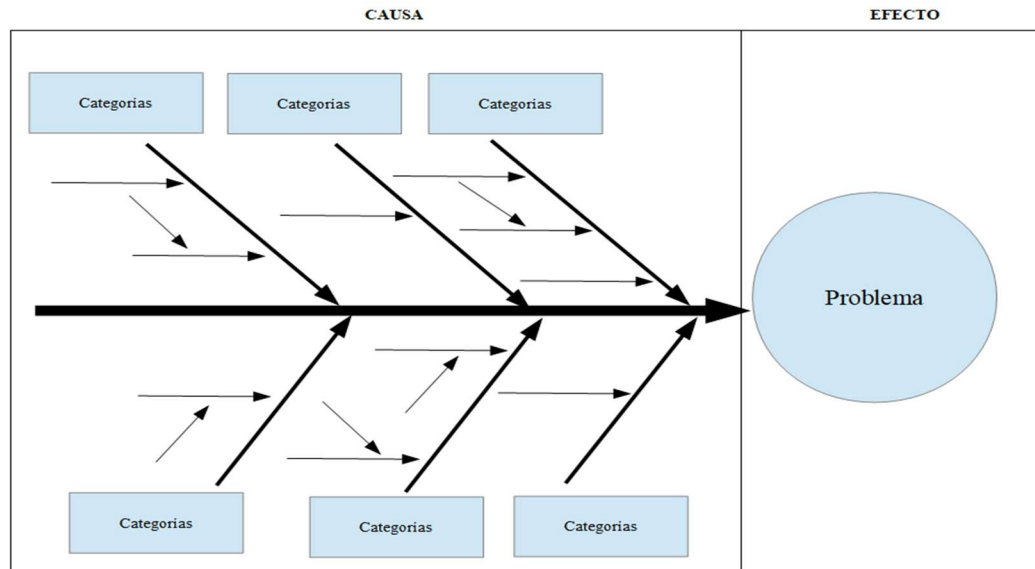


Figura 7 Diagrama Ishikawa

Fuente: Internet

### 2.1.10 Régimen de Zonas Francas:

Se basa en los requisitos y obligaciones de la ley 7210, sus reformas y reglamentos. “El régimen es una serie de incentivos y beneficios que el estado otorga a empresas que realicen inversiones nuevas en el país” (PROCOMER, 2023).

### 2.1.11 Laparoscopia:

En el campo de la medicina se busca la manera de realizar los diagnósticos o cirugías cada vez menos invasivas, buscando una recuperación más rápida en el paciente, ahí es donde la laparoscopia ayuda a obtener juicios más precisos y operaciones con incisiones más pequeñas.

La Laparoscopia es la técnica quirúrgica que permite el acceso al abdomen a través de incisiones pequeñas (Vanuno, 2005).

### 2.1.12 Cirugía Robótica:

Desde tiempos inmemorables el ser humano a buscado la manera de implementar los avances tecnológicos en el área de la medicina, desde el manómetro utilizado para medir la presión arterial, hasta herramientas con motor para mejorar cortes y hacerlos más precisos (figura 8), es al inicio de los noventa cuando la NASA en colaboración

con otras empresas empezaron a investigar para poder desarrollar Robots con la habilidad necesaria para realizar microcirugías.

“La cirugía asistida por computadoras, o cirugía robótica, ha permitido facilitar la cirugía y la realización de procedimientos más complejos, acercando las técnicas mínimamente invasivas a un mayor número de cirujanos.” (Dr. Castillo, 2012)



*Figura 8 cirugía robótica*

Fuente: LinkedIn

## **2.2 Marco Conceptual atinente a la gestión del proyecto**

### **2.2.1 Metodología DMAIC.**

Es una herramienta orientada en la resolución de problemas, cuyo objetivo fundamental es la puesta en práctica de una estrategia basada en mediciones que se enfoca en la mejora de un proceso con la aplicación de la técnica misma.

La mayoría de los equipos definirán el problema, Medirán su alcance, Analizarán los datos para descubrir causas, Mejorarán un proceso existente eliminando esas causas y por último controlarán el proceso mejorado para asegurarse de que viejo problema no reaparece en el futuro. (p.65) (Pande, 2004)

La palabra DMAIC es el acrónimo para las cinco fases de la metodología las cuales son:

### **2.2.1.1 Definir:**

Es la primera etapa y una de la más importantes ya que se busca definir los objetivos y requisitos para poder realizar las mejoras de una manera precisa y clara.

“Para definir apropiadamente el problema deben responderse preguntas tales como: ¿por qué es necesario hacer (resolver) esto ahora? ¿Cuál es el flujo de proceso general del sistema? ¿Qué se busca lograr en el proceso? ¿Qué beneficios cuantificables se esperan lograr del proyecto? ¿Cómo sabrá que ya terminó el proyecto (criterio de finalización)? ¿Qué se necesita para lograr completar el proyecto exitosamente?” (p2) (Ocampo, 2012)

Para contestar dichas preguntas se debe de tomar en cuenta una serie de puntos:

Evaluar el proceso.

Evaluar los defectos del proceso.

Impacto estimado del proyecto.

Aprobación de directores.

Formato del equipo.

Una vez definida la oportunidad de mejora, se debe de definir los objetivos importantes por lo que se debe:

Validar/identificar las oportunidades del negocio.

Identificar los integrantes del equipo.

Validar /desarrollo del equipo.

Mapear el proceso.

Identificar logros y afinar el proceso.

Elaborar guías y reglas para el equipo.

### **2.2.1.2 Medir:**

En esta parte de la metodología se busca definir como medir el proceso, objetivos y sus variables, así como el equipo y el método a utilizar.

Para (Naik, 2012) si no puedes medir la calidad de algo, no serás capaz de establecer una base para mejorar, en otras palabras si no sabes donde estas no sabes a donde vas a llegar.

El resultado de la medición tiene que reflejar la capacidad real del proceso, parte importante de este proceso es obtener métricas fiables para poder llevar el proyecto con precisión por lo que se debe de tomar en cuenta los siguientes puntos a la hora de realizar la medición:

Mapear el proceso donde se identifique las entradas y salidas.

Estableces el sistema de medidas de causas reales.

Estableces líneas a base de las capacidades.

Matriz causa-efecto.

A la hora de definir los objetivos de la medición se debe de tomar en cuenta los siguientes puntos:

Identificar las métricas que son necesarias para evaluar el éxito de satisfacer las necesidades críticas y empezar a desarrollar una metodología que efectivamente de información para analizar el proceso.

Entender los elementos six sigma para calcular y establecer una línea para el proceso y equipo que lo está trabajando.

### **2.2.1.3 Analizar:**

En esta fase se busca analizar el proceso aislando las causas raíz y variaciones de los defectos. Para investigar las causas de los defectos se agrupan en dos categorías, análisis de procesos y análisis de datos.

La fase de analizar es sobre hacer comparaciones, cuando se analizan los datos recopilados en la etapa de medir se busca determinar qué es lo que está causando los problemas. (Naik, 2012)

#### **2.2.1.4 Implementar:**

Cuando se determina que la oportunidad de mejora es real y no un evento aleatorio, se identifican posibles soluciones. (Ocampo, 2012)

Por lo tanto, la cuarta etapa busca mejorar el proceso reduciendo variaciones y defectos, para encontrar la mejora a implementar se debe:

Desarrollar y cuantificar las soluciones potenciales.

Mejorar u optimizar el proceso.

Seleccionar la evaluación final.

Verificar la solución final.

#### **2.2.1.5 Controlar:**

Una vez que el proceso alcanza el nivel de calidad requerido se busca emplear herramientas en la etapa de control para asegurar los beneficios, por lo que se busca crear un sistema de monitoreo, medición y un sistema de retroalimentación para detectar y corregir tendencias. (George, 2002)

La última fase de la metodología es controlar el desempeño futuro del proceso institucionalizando las mejoras. Por lo que en esta etapa se debe definir los tipos de control estadísticos a utilizar, por lo que se debe de tomar en cuenta a la hora de definir el tipo de control los siguientes puntos:

Establecer una tolerancia para las variables vitales.

Mantener las variables vitales dentro de esa tolerancia.

Utilizar esas graficas de control y medición para vigilar la variación de las variables vitales.

## **2.3 Marco Conceptual referente al impacto del proyecto.**

### **2.3.1 Mejora continua:**

Proviene de los ideogramas japoneses Kai y Zen que significan cambio y para mejorar por lo que se puede decir que Kaizen significa mejora continua.

podemos decir que se realiza en un área de gemba, piso o lugar donde ocurre la acción, no en las oficinas. Su objetivo es incrementar la productividad controlando los procesos de manufactura mediante la reducción de tiempos de ciclo, la estandarización de criterios de calidad y de los métodos de trabajo por operación. (p11) (Carro Roberto, 2022)

### **2.3.2 Optimización de recursos.**

De acuerdo con la Real Academia de la Lengua Española optimizar Significa “buscar la mejor manera de realizar una actividad” (Española, 2023), por lo tanto con la optimización de recursos lo que se busca obtener la mejor manera para utilizar el espacio reduciendo los desplazamientos, así como la optimización del recurso Humano, buscando tener la cantidad de personal ideal para cumplir con la metas de producción y que no tengan tiempos muertos.

## **2.4 Antecedentes de proyectos o experiencias semejantes.**

En la presente sección, se mencionan antecedentes teóricos de proyectos o experiencias relacionadas con las metodologías a utilizar para el presente proyecto.

En el año 2022 la estudiante de la Universidad Hispanoamericana Hannia Sáenz Cerdas desarrolló el proyecto “REDISEÑO OPERATIVO DEL PROCESO DE SUBENSAMBLES DE LA EMPRESA TERUMO BCT PARA EL III CUATRIMESTRE 2022”, dentro de los problemas de dicha investigación, están la falta de estudios de tiempos y movimientos, así como de estándares de producción y un histórico de producción.

Debido a que dentro del 20% de las causas se encuentran la falta de involucramiento del supervisor, balance de línea, rotación de personal y escases de material por lo que las recomendaciones, son:

Contratar un supervisor enfocado exclusivamente en el proceso en cuestión.

Que el equipo de ingeniería genere un sistema automático que permita el balance de línea.

Que el departamento de recursos humanos realice actividades que fomenten el sentido de pertenencia entre los asociados para evitar la deserción.

Buscar suplidores a nivel nacional y la instalación de maquinaria para fabricar los productos que son comprados.

**CAPÍTULO III**  
**METODOLOGÍA DE TRABAJO**

En el presente capítulo, se profundiza en el marco metodológico empleado en la investigación de este proyecto. El enfoque metodológico se basa en la metodología DMAIC, una estrategia probada y eficiente en el ámbito de la mejora de procesos y la toma de decisiones informadas.

### 3.1 Metodología para la definición del problema:

De acuerdo con la metodología DMAIC, se comienza definiendo un problema o una necesidad que tiene la compañía MICRO.

Mediante acercamientos y reuniones con el gerente general para Costa Rica de la compañía, y visitas a casa matriz se logra observar una oportunidad de mejora en el diseño de distribución de planta para el producto CMR en el país.

Tabla 2 Primer paso de la metodología DMAIC: Definir.

Actividades	Objetivos	Departamento	Plazo
Reunión con el Gerente General para Costa Rica	Determinar áreas y/o procesos en los que la compañía tuviera necesidades u opciones de mejora.	Gerencia General	Agosto 2022
Reunión con el gerente de Desarrollo de nuevos productos.	Conocer, el uso y funcionamiento del producto CMR	Departamento de Desarrollo de nuevos productos	Setiembre 2022
Recorrido de las líneas de producción del producto CMR	Conocer las operaciones, de la línea instalada en casa matriz.	Departamento de Ingeniería de procesos	Setiembre 2022
Diagrama de flujo de operaciones en las líneas de producción CMR	Detallar la relación entre operaciones.	Departamento de Ingeniería de procesos	Octubre 2022
Analizar las relaciones entre las máquinas y operaciones involucradas	Determinar si la cercanía de las diferentes máquinas pueden afectar el producto final, si tienen restricciones entre ellas, y definir cuellos de botella.	Departamento de Ingeniería de procesos	Octubre 2022

Fuente: Elaboración propia

Se revisan los diagramas de flujo y en conjunto con el recorrido en las líneas de producción en New Jersey, se logra observar oportunidades de mejora aplicables para la línea de producción que se desea instalar en Costa Rica.

### 3.2 Metodología para la medición y respaldo cualitativo de proyecto.

Conforme con la metodología DMAIC el segundo paso a realizar es el de medir, de manera en la que de forma cuantitativa se puedan validar los datos obtenidos.

Tabla 3 Segundo paso de la metodología DMAIC: Medir.

Actividades	Objetivos	Herramientas	Plazo	Encargado
Medir distancias de los desplazamientos	Tomar las distancias entre los diferentes procesos.	Cinta métrica y Google maps.	Entre el 16 de agosto del 2023 y el 1 de setiembre del 2023	Oscar Vargas
Medir la cantidad de volumen de producto que se desplaza	Tomar la cantidad de producto empacado por bandeja, contenedor plástico u otro modo de embalaje.	Conteo manual, cinta métrica.	Entre el 16 de agosto del 2023 y el 1 de setiembre del 2023	Oscar Vargas
Definir el recorrido de del producto	Representar de manera grafica los movimientos que tiene la materia prima en la línea de ensamble hasta formar el producto final.	Diagrama de recorrido.	Entre el 16 de agosto del 2023 y el 1 de setiembre del 2023	Oscar Vargas

Medir tiempos y movimientos	Tomar los tiempos estándares de las operaciones presentes en los diferentes procesos	Estudio de tiempos y movimientos	Entre el 16 de agosto del 2023 y el 1 de setiembre del 2023	Oscar Vargas
Ponderar las causas de los scraps generados en casa matriz en las líneas de CMR	Cuantificar los defectos que generan el Scrap, con la finalidad de enfocar el estudio en las principales causantes de producto no conforme.	Diagrama de Pareto	Entre el 1 de enero y el 30 de mayo del 2023	Oscar Vargas

Fuente: Elaboración propia

Después se analizan los datos obtenidos.

Tabla 4 Tercer paso de la metodología DMAIC: Analizar

Actividades	Objetivos	Herramientas	Plazo	Encargado
Análisis de diagramas de Pareto de Scrap	Analizarlas principales causas de Scrap en la línea de producción CMR	Análisis estadístico.	Entre enero del 2023 y el 31 de mayo del 2023	Oscar Vargas

Fuente: Elaboración propia

### 3.3 Metodología para la propuesta de mejora, construcción o puesta en práctica de un nuevo proceso, producto o servicio.

El tercer paso de la metodología DMAIC, en el cual se analizan los datos en la etapa anterior, el objetivo del presente proyecto es analizar la distribución de línea e identificar las causas de scrap en el proceso de producción de CMR.

Con ayuda de las herramientas ingenieriles se transcribe la información obtenida a datos medibles.

Tabla 5 Propuesta de oportunidad de mejora

Actividades	Objetivos	Herramientas	Plazo
Distribución de planta	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Determinar la relación entre operaciones para CMR.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diagrama de relación de actividades.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Febrero 2023</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disminuir o eliminar los traslados dentro de la línea de producción CMR.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Análisis de tiempos y movimientos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Junio 2023</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Determinar la cantidad de personal para línea de producción.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Balanceo de línea.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Setiembre 2023</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia

En esta etapa el diagrama de Pareto ayudo a tener un análisis de las causas de scrap y plantear una propuesta para la oportunidad de mejora.

### 3.4 Metodología para la implementación del proyecto

En este apartado de implementación, se definió la causa raíz de esta etapa del proyecto donde se busca atacar la oportunidad de mejora.

Tabla 6 Cuarto paso de la metodología DMAIC: Implementar

Actividades	Objetivos	Herramientas
Diseñar una distribución de planta.	Tener una representación visual de donde estarán ubicados los equipos y maquinas, con la finalidad de analizar las distancias en los traslados y el nuevo flujo.	Auto CAD
Generar un nuevo diagrama de flujo de acuerdo con los cambios realizados.	Representar de manera grafica los pasos y operaciones de acuerdo con el nuevo diseño de planta.	Diagrama de flujo.
Balanceo de línea de acuerdo con el nuevo diseño de distribución de planta	Mejorar el aprovechamiento tanto de la mano de obra como del equipo. Generar un flujo continuo de producto a través de los diferentes procesos.	Balanceo de línea

Fuente: Elaboración propia

Al finalizar el cuarto paso de la metodología DMAIC se brindaron las recomendaciones, analizando el impacto que pueden generar mediante pruebas estadísticas.

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

Es el último paso de la metodología DMAIC en la cual se diseña un conjunto de indicadores que permita controlar cada proceso en donde realizaron los cambios.

Tabla 7 Quinto paso de la metodología DMAIC: Controlar

Actividades	Objetivos	Herramientas
Medir tiempos y movimientos	Comprobar que la distribución de la línea disminuyo o elimino los desplazamientos. Y mejoro los tiempos.	Estudio de tiempos y movimientos
Ponderar las causas de los scraps generados en la línea de CMR	Analizar los defectos que generan el Scrap, con la finalidad de verificar que el diseño de la distribución de la línea ayudo a disminuir los productos con defectos.	Diagrama de Pareto
Medir tiempos y movimientos	Revisar que la cantidad de personal es la justa para la cantidad de producción mensual.	Estudio de tiempos y movimientos

Fuente: Elaboración propia

**CAPÍTULO IV**  
**ANÁLISIS DE CAUSAS RAÍZ**

## **4.0 Análisis de la línea CMR**

Por medio de la ejecución de las herramientas descritas en la sección anterior de este proyecto, se busca analizar las situaciones que presenta la compañía y describir el resultado obtenido, una vez realizado el análisis se podrá brindar una propuesta para las oportunidades de mejora que presenta el proceso, con la finalidad de proponer soluciones que beneficien al proceso y la empresa.

### **4.1 Situación actual de la empresa:**

Actualmente en Costa Rica se busca instalar una línea de ensamble para CMR, la casa matriz en New Jersey cuenta con una línea la cual está dando los primeros pasos por lo que es necesario perfeccionar los procesos, adicionalmente dicha línea de producción esta dividida en tres cuartos limpios ubicados en dos diferentes edificios, en las siguientes secciones se presentará el análisis de la línea de producción de la planta principal, con la finalidad de identificar las oportunidades de mejora dentro del proceso y aplicar estas mejoras en la planta de producción en Costa Rica.

Cabe destacar que, en las plantas ubicadas en New Jersey, el factor espacio es uno de los principales problemas, generado que el producto tenga que pasar por diferentes cuartos limpios, por lo que tiene transportes de más de 500 metros de distancia, en los que se tarda más de 14 minutos.

La incidencia de daños en los componentes se ha identificado como una de las principales causas de scrap, debido a esta situación la meta relacionada con el producto no conforme, la cual es de menos de 6000 dólares semanales, solo se ha sido alcanzada una vez durante el primer trimestre del 2023, siendo el mes de marzo el de mayor costo con un valor de \$296676.23, un 494.4% más que la meta planteada.

La falta de instrucciones claras y la ausencia de estandarización en los procesos, junto con la insuficiente inspección, contribuyen a mantener elevados los niveles de scrap.

### **4.2 Descripción del proceso CMR.**

Durante del proceso de ensamble CMR, los materiales utilizados en el ensamble constan de elementos de diferentes tamaños y materiales, sin embargo, la mayoría son elementos de acero inoxidable de grado medico no endurecidos, entre los que se

encuentras poleas, rodamientos, pines y piezas moldeadas cuyos bordes o filos son parte fundamental para el perfecto funcionamiento del producto final. Durante el ensamble es muy común que algunas poleas y pines caigan al piso y se pierdan debido a su diminuto tamaño y difícil manipulación.

En la primera parte del ensamble realizada en el edificio 130, las piezas más delicadas del ensamble son colocadas, soldadas y ribeteadas en su lugar, para luego ser transportadas en un vehículo al edificio 100, las piezas son empacadas en bandejas de entre 30 y 40 unidades, una sobre otra, luego se colocan en doble bolsa plástica, cabe recalcar que consultando con las personas encargadas del proceso no tienen una instrucción de trabajo donde les especifique como empacar las piezas y el proceso solo se ha pasado de boca en boca, en esta primera etapa participan 5 personas (una de ellas trabaja medio tiempo) y se tarda 4.5 minutos en producir un subensamble.



Figura 9 Distancia entre edificios 100 y 130.

Fuente: Google Maps

Con los subensambles en el edificio 100, en el segundo cuarto limpio, se colocan los cables de acero inoxidable y los sellos de silicona, en un proceso paralelo se colocan los pines, rodamientos y poleas en el chasis, en el área de hornos, al eje se le coloca el recubrimiento, en otro equipo se cura la silicona con los chips para radio frecuencia, al final de la línea se une el chasis al eje y se empacan en 6 piezas por bandeja, y se apilan un máximo de 3 bandejas, para ser empacadas en doble bolsa plástica. En esta parte del proceso trabajan 7 personas todas capacitadas para realizar cualquiera de las operaciones que hay en el cuarto limpio.

Se transportan los subensambles al tercer cuarto limpio, en donde se realizan las últimas operaciones, el material llegado del cuarto limpio #2 no es inspeccionado antes de iniciar los procesos, por lo que se comienzan a colocar los cables por los rodamientos y poleas del chasis, y se ajusta la tensión en cada uno de los cables, en una parte del cuarto limpio se realiza el marcaje de los cobertores del chasis, una vez que los equipos tienen la tensión correcta se colocan los cobertores con su respectiva identificación y se procede con las pruebas finales para determinar que los equipos están ensamblados de manera correcta.

En la parte final del proceso trabajan 8 personas (ver tabla 9), una de ellas trabaja medio tiempo, la meta de producción por semana es de 250 unidades.

Cabe recalcar que para el estudio de tiempos y movimientos una de las restricciones fue el tiempo debido a que la línea de producción se encuentra en New Jersey y las visitas son restringidas, por lo que en la única visita que se realizó a la casa matriz se tomó en cuenta un estudio de 30 minutos por operación, de ahí se sacó la cantidad promedio de piezas por hora.

Tabla 8 tabla de relación entre operaciones, personal y producción.

Operación	Personal por operación	Tiempo por operación	
		Minutos por pieza	Piezas por hora
Soldadura laser	1	1	60
Ribeteadora	0.5	0.5	60
Prensa 1	1	1	60
Prensa 2	1	1	60
Inspección en proceso	1	1	60
HyperCyl	2	10	12
Prensas caliente y fría	2	7.5	16
Horno para Eje	1	1.5	40
Horno para resina	1	1.75	34
Ensamble Chasis/eje	1	1.9	32
Trenzado	2	7.5	16
Pretensado	1	11.2	5.4
Tensado	1	11.2	5.4
Marcado laser	0.5	1	30
Ensamble final	1	2	30
Prueba de corte	1	2	30
Prueba final	1	5	12
Total	19		

Fuente: Elaboración propia

### **4.3 Diagrama de Recorrido**

Con la finalidad de entender el flujo del proceso de ensamble se presenta el diagrama de flujo (figura 10), donde se muestran los procesos realizados en cada uno de los cuartos limpios y sus respectivos desplazamientos.

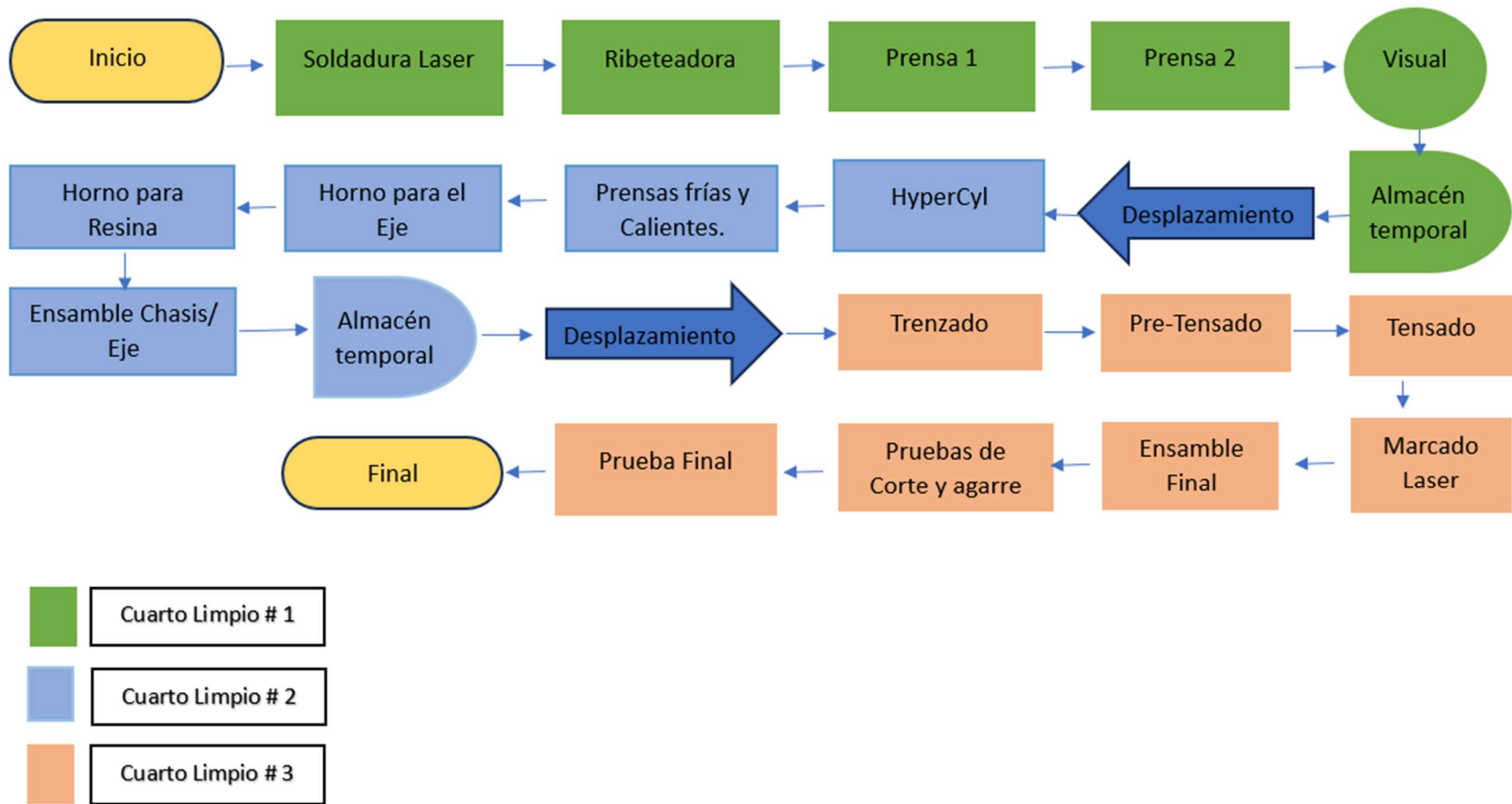


Figura 10 Diagrama de flujo del proceso CMR en New Jersey

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con el diagrama de recorrido se detalla cada uno de los procesos que se requieren para poder generar el dispositivo medico:

1. Preparación de Material: Consiste en el proceso de recibir material, revisar que el producto que está ingresando cumpla con las especificaciones del cliente, una vez realizada la inspección se generan lotes de materiales en el ERP con la finalidad de dar trazabilidad a todos los componentes que ingresen.
2. Soldadura laser: En esta etapa, se lleva a cabo la colocación y soldadura de los pines guía en posición, que sirven como guía para las poleas. Esto se hace con el propósito de asegurar que las poleas permanezcan en su lugar de manera segura.
3. Ribeteadora: Realiza el proceso de remachado de los pines guía en los laterales de las piezas, lo que es crucial para mantener la integridad del ensamblaje.
4. Prensa 1: Se utiliza una prensa manual para fijar las poleas superiores en su posición.
5. Prensa 2: Otra prensa manual se emplea para fijar las poleas inferiores internas en su lugar.
6. Inspección en proceso: Este paso implica la revisión de las poleas y pines para garantizar que estén correctamente ubicados y que no presenten marcas, rayas o defectos que puedan afectar la calidad del producto.
7. Almacenamiento en Bandejas: Los productos ensamblados se almacenan en bandejas y luego se colocan en dos bolsas plásticas. Estas bandejas se acumulan en un estante hasta que se trasladen a la siguiente etapa del proceso.
8. Traslado a Cuarto Limpio #2: Por la mañana, las bolsas con las bandejas se trasladan en primera instancia en una carretilla y luego en un vehículo que recorre una distancia de 520 metros (Figura 9), una vez en el edificio 100, se trasladan en carretilla los subensambles hasta el cuarto limpio # 2.
9. HyperCyl: se toman los subensambles del cuarto limpio # 1, sin inspeccionar y se colocan los cables cortos en los subensambles para luego ser prensados junto con los cables largos en la HyperCyl.

10. Prensas Frías y Calientes: En este proceso se colocan los pines guía y las poleas con rodamiento en ambas partes del chasis.
11. Horno para el eje: se utiliza para colocar el recubrimiento al eje.
12. Horno para resina: En esta etapa, se lleva a cabo el curado de la resina que sujeta el chip de identificación de las piezas.
13. Ensamble Chasis/ eje: En esta fase del proceso, se ensambla el eje con el chasis, lo que crea una unidad integral.
14. Almacenamiento en Bandejas: Una vez ensamblados, los productos sin inspeccionar se colocan en bandejas y se empaquetan en doble bolsa plástica para su posterior manipulación.
15. Traslado a Cuarto Limpio #3: Los chasis ensamblados se trasladan en una carretilla a una distancia de cinco metros hasta el cuarto limpio #3.
16. Trenzado: se toman los subensambles del cuarto limpio # 2 y sin realizar ninguna inspección se pasan los cables largos a través del eje y de las poleas y rodamientos del chasis y se sujetan a las tensoras.
17. Pretensado: Utilizando un destornillador con torquímetro, se ajustan los tornillos en las tensoras para garantizar la tensión adecuada.
18. Tensado: mediante la máquina de tensado se ajustan los tornillos y se fijan con pegamento, hasta lograr la tensión específica que solicita el cliente.
19. Marcadora laser: En esta etapa, se colocan los números de serie, modelo y logos requeridos por el cliente en los cobertores plásticos que cubrirán los cables y poleas.
20. Ensamble final: Se realiza una inspección final de las piezas y se colocan los cobertores en el chasis, completando así el ensamblaje final.
21. Pruebas de corte y agarre: En un proceso manual, se activan las mordazas o cuchillas para verificar que el producto funcione de manera adecuada en términos de corte y agarre.
22. Prueba final: Se lleva a cabo una inspección de 20 productos finales al día utilizando el equipo proporcionado por el cliente para demostrar que la producción cumple con las expectativas y especificaciones.

#### 4.4 Tiempos estimados de traslado.

Para comprender mejor los traslados que se realizan entre cuartos limpios se realizó una toma de tiempos, y sus procesos:

Para los traslados entre el cuarto limpio 1 y cuarto limpio 2, estos se realiza un solo traslado por día, en las mañanas con la finalidad de enviar la producción del día anterior, dicho traslado se realiza entre 8:30 y 9:00 am, el mismo se realiza en un vehículo, en este traslado también se envían productos terminados de otras líneas, tanto del edificio 130 como del 140, el tiempo de carga del vehículo es de aproximadamente 5 minutos, mientras que el tiempo de traslado es de 2 minutos, el tiempo de descarga del vehículo es de aproximadamente 5 minutos, el traslado en carrito hasta el cuarto limpio 2 es en promedio de 2 minutos (tabla 9).

En los traslados entre cuarto limpio 2 y 3 el tiempo promedio es de 1.99 minutos y se realiza en una carretilla plástica.

En la toma de tiempos debido a la limitante de la visita se realizaron 5 tomas de tiempo para el traslado entre edificios en días diferentes, para los traslados entre cuartos limpios 2 y 3, se tomaron 10 muestras en días diferentes y horas diferentes.

Tabla 9 Tabla de tiempos de traslados

Traslados											
	Toma de tiempos en minutos										Promedio
Entre edificio 130 y 100	1.75	2.5	2	1.66	2	-	-	-	-	-	1.98
De bodega a cuarto limpio 2	2.25	2	2.33	1.75	1.66	-	-	-	-	-	2.00
Entre cuarto limpio 2 y 3	1.88	1.66	2.33	2.4	1.7	2.2	2.25	1.75	1.66	2.1	1.99

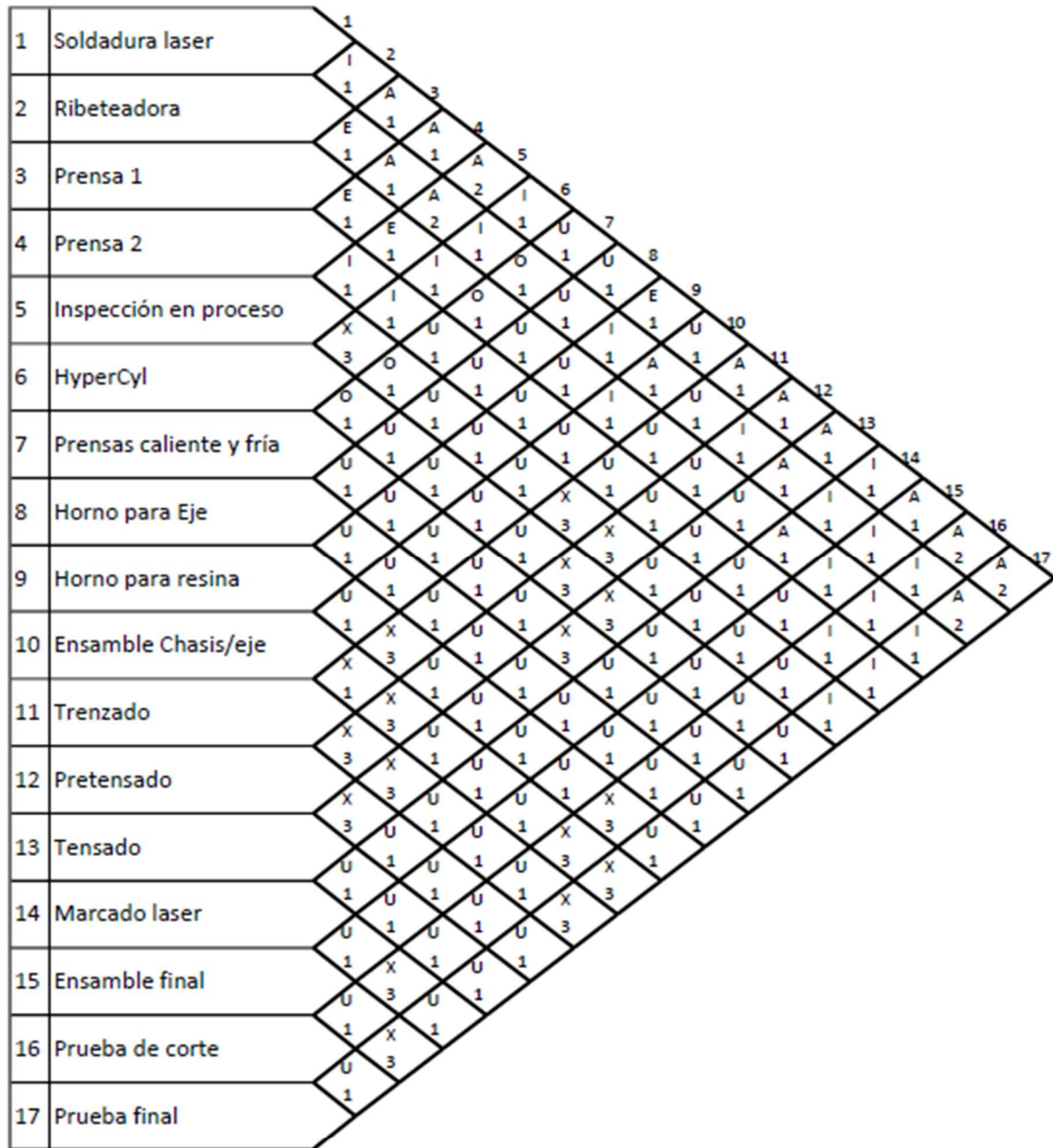
Fuente: Elaboración propia

#### **4.5 Diagrama de relación de actividades.**

Con la finalidad de determinar afinidades y restricciones en la línea de CMR que ayuden a entender mejor las oportunidades de mejora, ayudando a disminuir las distancias, los tiempos y las posibilidades de dañar los componentes y el producto se genera un diagrama de relación de actividades (Figura 11).

Al analizar las relaciones entre operaciones se toma en cuenta si las cercanías son:

- Absolutamente necesario: Definitivamente las operaciones tienen que estar cerca ya sea por proximidad en el proceso o por control.
- Especialmente necesario: Son operaciones que cuya relación permite que estén cerca pero no necesariamente a la par.
- Importante: Son operaciones cuya relación de cercanía es necesario que este cerca no como operación siguiente, pero si en la misma línea de producción.
- Poco importante: Son operaciones cuya relación no afecta, podrían estar cerca o lejos.
- Sin importancia: Son las operaciones que la cercanía no aporta nada positivo o negativo al proceso.
- No deseable: Son las operaciones que si están cerca pueden afectar el resultado o la calidad del producto final.



Motivo	
1	Proximidad en el Proceso
2	Control
3	Genera vibraciones

Proximidad	
A	Absolutamente necesario
E	Especialmente necesario
I	Importante
O	Poco importante
U	Sin importancia
X	NO deseable

Figura 11 Diagrama de relación de actividades línea CMR

Fuente: Elaboración propia

El diagrama de relación de actividades muestra que las operaciones que generen vibraciones como la ribeteadora y Hypercyl, tiene que estar lejos de las operaciones y procesos delicados donde el golpe de la maquina puede generar variaciones en las celdas de carga de las maquinas, como lo son la prueba de corte, prueba final, el pretensado y tensado de los cables.

Las operaciones que implican cambios de temperatura para su función no tienen relaciones directas con otros procesos, como lo son las prensas frías y calientes y los hornos para el eje y para la resina por lo que podrían estar separadas en un cuarto limpio y no afectarían el flujo.

Las operaciones que son cuello de botella como el pretensado y tensado necesitan tener el proceso que los alimenta el trenzado con una relación de absolutamente necesaria.

#### **4.6 Análisis de oportunidades de mejora**

Una vez realizado el diagrama de relaciones, podemos definir ciertas oportunidades de mejora:

Debido a que por el espacio en los edificios el tema de los traslados es inevitable en la casa matriz, la distribución de los procesos se puede analizar mejor y separar los procesos que no dependen de otros y no necesariamente deben de estar cerca, como lo son las prensas frías y calientes, el horno para los ejes y el horno para resina, los cuales se pudieron haber colocados en el edificio 130 en lugar del 100, así se disminuirá el traslado de los componentes más delicados ensamblados en la primera etapa.

Con el análisis del proceso determina que la falta de inspección al recibir producto entre traslados está afectando la calidad el producto final, así mismo la falta de instrucciones para el empaque de los subensambles, así como la falta de capacitación del personal es una de las causantes de los daños.

## 4.7 Análisis de Causa Raíz

De acuerdo con el 80-20 que se describe en capítulo uno (figura 6), se ha identificado que la principal causa de Scrap en los primeros meses de 2023 han sido los daños de componentes críticos como las poleas, rodamientos y ejes. Estos problemas de calidad tienen un impacto significativo en el rendimiento y la confiabilidad del dispositivo final. Para comprender y abordar de manera efectiva esta cuestión, se ha llevado a cabo un análisis de causa raíz, que incluye la creación de un diagrama de Ishikawa (Figura 12).

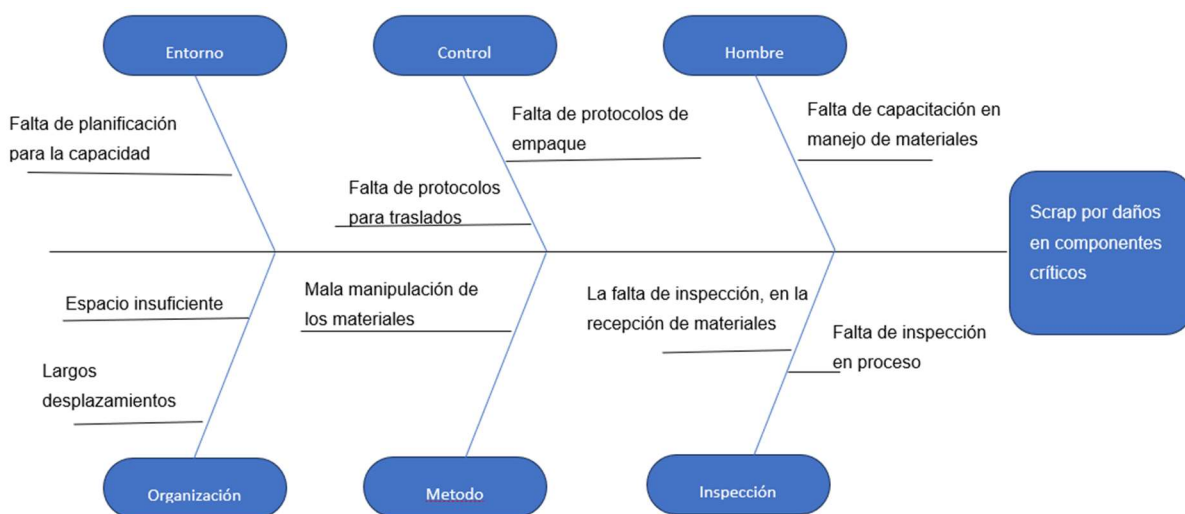


Figura 12 Diagrama Ishikawa

Fuente: Elaboración propia

Dentro de las causas encontramos:

### 4.7.1 Falta de capacitación en manejo de materiales:

Dado que no hay un plan de capacitación y refrescamiento, no se encontró evidencia de los entrenamientos, de acuerdo con las consultas realizadas se encuentra que el conocimiento se pasa de boca en boca y no hay una instrucción de trabajo en la que se indique como de deben de empacar y las cantidades a colocar por bandeja ya que las bandejas para el traslado mayor cuentan con 30 cavidades, sin embargo se colocan entre 30 y 40 piezas por bandeja.

#### **4.7.2 Falta de inspección en la recepción de materiales después de los traslados:**

Una de las preocupaciones clave en las operaciones después de los traslados es la falta de inspección de los subensambles recibidos. Esto se debe en gran medida a la ausencia de un protocolo de inspección y a la falta de capacitación en el proceso de recepción. Como resultado de esta carencia, la primera operación después del traslado con frecuencia se enfrenta a la presencia de piezas dañadas debido a golpes durante el transporte. Esta situación no solo aumenta el tiempo de inactividad en el proceso, sino que también incide en los costos operativos y la calidad de los productos ensamblados.

#### **4.7.3 Mala manipulación de los materiales:**

Durante el ensamblaje de las poleas y pines, se ha observado una problemática relacionada con la manipulación de los componentes. Debido a su tamaño y a la dificultad en su manejo, es común que muchos componentes caigan al suelo, resultando en daños o pérdidas. Este problema no solo afecta la eficiencia del proceso, sino que también aumenta los costos de reemplazo y reparación de piezas dañadas.

#### **4.7.4 Espacio insuficiente:**

La limitación de espacio en los edificios donde se ubican los cuartos limpios ha generado desafíos en la disposición de las operaciones. Cuando se diseñaron estos espacios, no se consideró la necesidad de acomodar todas las operaciones en un solo cuarto. Esta falta de espacio puede tener un impacto significativo en la logística y la eficiencia de las operaciones, lo que a su vez podría retrasar la producción y aumentar los costos.

#### **4.7.5 Largos desplazamientos:**

La ubicación de los cuartos limpios en dos edificios diferentes ha dado lugar a desplazamientos considerables para el personal y los materiales. El desplazamiento más largo alcanza los 520 metros y, para llevarlo a cabo, es necesario utilizar un vehículo. Estos desplazamientos prolongados pueden afectar la eficiencia y la productividad, además de generar posibles retrasos en las operaciones.

#### 4.7.6 Falta de planificación para la capacidad:

La falta de espacio físico para aumentar la cantidad de piezas fabricadas en la casa matriz plantea un desafío crítico. No se ha previsto un plan estratégico para ampliar o duplicar los procesos, especialmente aquellos que funcionan como cuellos de botella. Esta falta de planificación podría limitar la capacidad de respuesta de la empresa ante la demanda del mercado y dificultar la expansión del negocio.

#### 4.8 Se detalla el 5 por qué del análisis de causa raíz

Definición del problema:

Durante el proceso de producción de CMR, más del cuarenta por ciento del scrap, está relacionado con el daño a las poleas, rodamientos y ejes.

1- ¿Por qué se dañan las poleas, rodamientos y ejes?

Porque las piezas se golpean entre ellas en los trasados

2- ¿Por qué las piezas se golpean entre ellas en los traslados?

Porque se colocan entre 30 y 40 unidades por bandeja, cuando las bandejas traen 30 cavidades.

3- ¿Por qué se colocan más unidades que las cavidades de las bandejas?

Porque no hay un entrenamiento de como colocar los subensambles en las bandejas

4- ¿Por qué no hay un entrenamiento de como colocar los subensambles en las bandejas?

Porque no hay un protocolo para el empaque de los subensambles, para los traslados internos.

5- ¿Por qué no hay un protocolo para el empaque de los subensambles, para los traslados internos?

Porque es el primer proceso que se realiza en casa matriz que para obtener el producto final tengan que hacer transportes entre edificios.

#### **4.9 Conclusiones de la situación actual.**

Con ayuda del diagrama de Ishikawa, los 5 por qué' s, y el diagrama de relación de actividades, se puede llegar a las siguientes causas raíz:

Causa 1: Mala manipulación de los subensambles a la hora de empacarlos para los traslados, se colocan hasta un 33% más de unidades por bandeja cuando las mismas solo tienen 30 cavidades.

Causa 2: Falta de capacitación sobre el manejo de las piezas. De acuerdo con el personal de casa matriz entrevistados, el 100% no ha recibido ninguna capacitación para el manejo de los componentes en la línea CMR.

Causa 3: No hay un protocolo para preparación y empaque de los subensambles para los traslados.

Causa 4: No existe una inspección de las piezas cuando se reciben en los cuartos limpios.

Causa 5: Mala distribución de planta, debido a la falta de espacio se deben de hacer traslados de hasta 520 metros, en el cual se gasta más de 14 minutos cada vez que se realiza un traslado.

Causa 6: No existe una inspección cuando se reciben componentes de un proveedor.

Causa 7: Falta de experiencia en los traslados entre edificios de subensambles médicos, ya que es la primera vez que lo realizan.

## **CAPÍTULO V**

### **DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN**

En el presente capítulo y con ayuda de las principales causas identificadas en la sección cuatro, se presentarán las soluciones a cada una de ellas, con el objetivo de optimizar la distribución de planta, estandarizar los procesos de manejo de las piezas, para línea de producción CMR en Costa Rica.

Para la distribución de planta se tomarán en cuenta todos los procesos involucrados para la producción CMR, con el objetivo de disminuir traslados y reducir tanto los tiempos de producción como las posibilidades de Scrap por golpes en las poleas, rodamientos y ejes.

## 5 Planteamiento de soluciones a la causa raíz para la línea de producción CMR en Costa Rica.

### 5.1 Metas y estrategias.

#### 5.1.1 Metas

En esta sección, se establecen las metas y estrategias para abordar las oportunidades de mejora identificadas en la línea de producción CMR en Costa Rica. Las metas deben estar alineadas con los objetivos de la organización y el crecimiento de la empresa (figura 13).

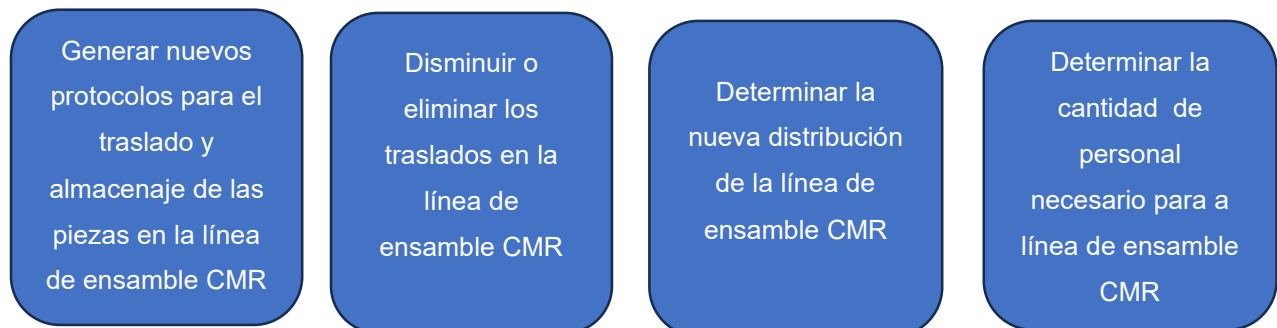


Figura 13 Metas de la propuesta de redistribución

Fuente: Elaboración propia

#### 5.1.2 Estrategias.

A continuación, se presentan las estrategias que se utilizarán para que la propuesta no afecte la producción de los demás productos que se ensamblan en el cuarto limpio.

- Estrategia 1: Diseñar y generar protocolos para el manejo de las piezas y componentes dentro del cuarto limpio, con la finalidad de estandarizar el proceso y minimizar o eliminar las probabilidades de dañar los componentes en el proceso.
- Estrategia 2: Implementar la inspección de los componentes para asegurar que cumplen con las características y especificaciones del cliente, antes de empezar la producción.
- Estrategia 3: Preparar las estaciones para ingresar los equipos y herramientas al cuarto limpio.

Esta estrategia implica una coordinación eficiente entre los departamentos de producción y facilidades. Se deben preparar las estaciones y el espacio en el cuarto limpio de manera que la entrada de equipos y herramientas no interfiera con las operaciones en curso de las demás líneas de producción. Esto puede incluir la programación de producción, la optimización del espacio y la implementación de medidas de seguridad para garantizar que la operación continúe sin interrupciones significativas.

- Estrategia 4: Planear la calibración del cuarto limpio en colaboración con el departamento de Calidad una vez que los equipos estén dentro.

La calibración del cuarto limpio es esencial para mantener los estándares de calidad y limpieza requeridos. Esta estrategia implica coordinarse con el departamento de Calidad para programar la calibración una vez que los equipos estén en su lugar en el cuarto limpio.

- Estrategia 5: Coordinar con el departamento de producción y recursos humanos la cantidad de personal necesaria para la nueva línea de producción.

La introducción de una nueva línea de producción en el cuarto limpio requiere de personal adicional. Esta estrategia implica una estrecha colaboración entre el departamento de producción y el departamento de recursos humanos para determinar la cantidad de personal necesario y planificar su incorporación sin afectar las operaciones existentes. Se deben considerar aspectos como la capacitación del

personal y la asignación de tareas de manera que no interfieran con la producción de otros productos.

### **5.1.3 Métricas.**

En este apartado, se presentan las métricas que se tomarán en cuenta para el proceso de rediseño de la línea de ensamble CMR, se evaluarán las áreas de recurso humano, tiempos y movimientos, con la finalidad de establecer indicadores que logren comparar el rendimiento que tendría el mejoramiento de la línea de producción.

#### **5.1.3.1 Métricas de tiempos y movimientos:**

Movimientos innecesarios: Se analizarán y contarán los movimientos innecesarios realizados por los trabajadores en la línea de producción, con el objetivo de minimizar el esfuerzo y la fatiga.

Distancias recorridas: Se medirán las distancias que los trabajadores deben recorrer dentro de la línea de ensamble para completar sus tareas, identificando oportunidades para reducir movimientos ineficientes.

Tiempo de ciclo: Se medirá el tiempo requerido para completar un ciclo de producción desde el inicio hasta el final del proceso. Este indicador es esencial para evaluar la eficiencia general.

#### **5.1.3.2 Métricas de Recurso Humano:**

Analizar las tareas y procesos para calcular el personal necesario para la línea de producción CMR en Costa Rica.

### **5.2 Balanceo de línea para Costa Rica.**

El balanceo de línea es esencial para determinar la cantidad de personal necesaria en cada operación con el fin de maximizar la producción. Se comparan diferentes propuestas de balanceo de línea y se busca aumentar el porcentaje de balance, reducir la cantidad de personal y disminuir el costo por unidad. De acuerdo con la tabla de variables (tabla 10) hay que tener en cuenta los tiempos por operación, las unidades por hora y el costo por unidad.

Tabla 10 Tabla de variables para el balanceo de línea.

<b>Minuto Total del Operario</b>	$\sum_{i=1} (\min x Op)$	Sumatoria del producto entre el tiempo de cada operación y la cantidad de operarios que la realizan.
<b>Ciclo de Control</b>	$\min >$	Es el tiempo mayor entre los tiempos de cada operación.
<b>N° de Operarios</b>	$\sum Op$	Sumatoria de los operarios que ejecutan las operaciones.
<b>Total Minutos por Línea</b>	$\text{Ciclo de Control} \times \text{N° de Op}$	Tiempo que toma la línea en relación a su ciclo de control.
<b>% de Balance</b>	$\frac{\text{Minuto Total del Operario}}{\text{Total del minutos por línea}} \times 100$	% del Balance de la línea. Este es mayor a medida que los tiempos de las distintas operaciones se aproximan.
<b>Ciclo de Control Ajustado</b>	$\frac{\text{Ciclo de Control}}{\text{Desempeño de la línea}} \times 100$	Ciclo de control ajustado según el desempeño de la línea
<b>Unidades / Hora</b>	$\frac{60 \text{ minutos}}{\text{Ciclo de Control Ajustado}}$	Cantidad de unidades por cada hora de trabajo.
<b>Unidades / Turno</b>	$(\text{Unidades / Hora}) \times (\text{Horas / Turno})$	Cantidad de Unidades por cada turno de trabajo.
<b>Costo x Unidad</b>	$\frac{(\text{N° de Op}) \times (\text{Salario diario})}{\text{Unidades/Turno}}$	Costo de mano de obra por cada unidad producida
<b>Desempeño de la línea</b>	$1 - \left( \frac{\text{Tolerancias Hombre}}{\text{Tiempo por turno}} \right) + \left( \frac{\text{Tolerancias Máquina}}{\text{Tiempo por turno}} \right)$	

Fuente: Internet

Para realizar un comparativo se presenta el balanceo de la línea actual en casa matriz (tabla 11), con la finalidad de realizar la contratación del personal en Costa Rica se realizará una serie de balanceo de líneas, para proponer la que mejor se ajuste para la compañía.

Tabla 11 Balanceo de línea inicial.

Descripción	Iteración 1	
	Tiempo	Operario
Soldadura laser	1	1
Ribeteadora	0.5	0.5
Prensa 1	1	1
Prensa 2	1	1
Inspección en proceso	1	1
HyperCyl	10	2
Prensas caliente y fría	7.5	2
Horno para Eje	1.5	1
Horno para resina	1.75	1
Ensamble Chasis/eje	1.9	1
Trenzado	7.5	2
Pretensado	11.2	1
Tensado	11.2	1
Marcado laser	1	0.5
Ensamble final	2	1
Prueba de corte	2	1
Prueba final	5	1
Minutos total del operario	67.05	
Ciclo de control	11.20	
# de operarios	19.00	
Tiempo de línea	212.80	
% de Balance	32%	
Ciclo de trabajo Ajustado	11.20	
Unidad / hora	5.36	
Unidad turno	42.86	
Unidades / Operarios	2.26	
Costo por unidad	₡ 117,926.67	

Fuente: Elaboración propia

Se presentan cinco opciones de balanceo de línea para aplicar en la línea de producción CMR en Costa Rica dentro de las cuales se busca encontrar la cantidad de personal que maximice, la producción cumpliendo con la meta de producción de 205 piezas por semana, adicionalmente se busca aumentar el porcentaje de balance

comparándolo con el actual balance de la línea localizada en casa matriz en New Jersey es de 32%.

Adicional las opciones no requieren la compra de equipos adicionales, lo que se busca es que el personal de la línea pueda trabajar en diferentes áreas durante la jornada de trabajo.

De las cinco propuestas, la que presenta un mejor balanceo de línea es la iteración 6 (tabla 12), la cual aumenta en un 20% el porcentaje de balanceo de línea se disminuye en 5 la cantidad de personal y se disminuye el costo por pieza en un 45.7%, pasando de 117926.67 colones a 64026.67 colones.

Para la iteración 5, el balance de línea aumenta de 32% a 46%, disminuyendo la cantidad de personal de 19 a 13 personas, y abaratando el costo de producción en un 37.3%, pasando de 117926.67 colones a 73937.5 colones.

La tabla 12 demuestra que la cantidad de personal que logra un mejor balanceo de línea no es necesariamente el que tiene menor cantidad, si no el que logra disminuir la mayor cantidad en el costo de producto y aumentar el porcentaje de balanceo, por lo que se recomienda utilizar la iteración 6, dicha información se comparte con Recursos Humanos y producción para utilizarlo a la hora de contratar el personal.

Tabla 12 Tabla de propuestas de balanceo de línea.

Descripción	Iteración 1		Iteración 2		Iteración 3		Iteración 4		Iteración 5		Iteración 6	
	Tiempo	Operario	Tiempo	Operario	Tiempo	Operario	Tiempo	Operario	Tiempo	Operario	Tiempo	Operario
Soldadura laser	1	1	2	0.5	2	0.5	2	0.5	2	0.5	2	0.5
Ribeteadora	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	1	0.5	1	0.25	1	0.25
Prensa 1	1	1	2	0.5	2	0.5	2	0.5	2	0.5	2	0.5
Prensa 2	1	1	2	0.5	2	0.5	2	0.5	2	0.5	2	0.5
Inspección en proceso	1	1	2	0.5	2	0.5	2	0.5	2	0.5	2	0.5
HyperCyl	10	2	10	2	10	2	10	2	10	2	10	2
Prensas caliente y fría	7.5	2	3.75	4	3.75	4	7.5	2	7.5	2	7.5	2
Horno para Eje	1.5	1	3	0.5	3	0.5	3	0.5	3	0.5	3	0.5
Horno para resina	1.75	1	3.5	0.5	3.5	0.5	1.75	1	3.5	0.5	3.5	0.5
Ensamble Chasis/eje	1.9	1	1.9	1	3.8	0.5	1.9	1	3.8	0.5	3.8	0.5
Trenzado	7.5	2	7.5	2	7.5	2	11.25	3	15	1	7.5	2
Pretensado	11.2	1	11.2	1	5.6	2	11.2	1	11.2	1	11.2	1
Tensado	11.2	1	11.2	1	5.6	2	11.2	1	11.2	1	11.2	1
Marcado laser	1	0.5	1	0.5	1	0.5	1	0.5	2	0.25	2	0.25
Ensamble final	2	1	4	0.5	4	0.5	2	1	4	0.5	4	0.5
Prueba de corte	2	1	4	0.5	4	0.5	2	1	4	0.5	4	0.5
Prueba final	5	1	5	1	10	0.5	10	0.5	5	1	5	1
<b>Minutos total del operario</b>	67.05		74.55		70.25		81.80		89.20		81.70	
<b>Ciclo de control</b>	11.20		11.20		10.00		11.25		15.00		11.20	
<b># de operarios</b>	19.00		17.00		18.00		17.00		13.00		14.00	
<b>Tiempo de línea</b>	212.80		190.40		180.00		191.25		195.00		156.80	
<b>% de Balance</b>	32%		39%		39%		43%		46%		52%	
<b>Ciclo de trabajo Ajustado</b>	11.20		11.20		10.00		11.25		15.00		11.20	
<b>Unidad / hora</b>	5.36		5.36		6.00		5.33		4.00		5.36	
<b>Unidad turno</b>	42.86		42.86		48.00		42.67		32.00		42.86	
<b>Unidades / Operarios</b>	2.26		2.52		2.67		2.51		2.46		3.06	
<b>Costo por unidad</b>	₡	117,926.67	₡	94,406.67	₡	94,500.00	₡	94,828.13	₡	73,937.50	₡	64,026.67

Fuente: Elaboración propia

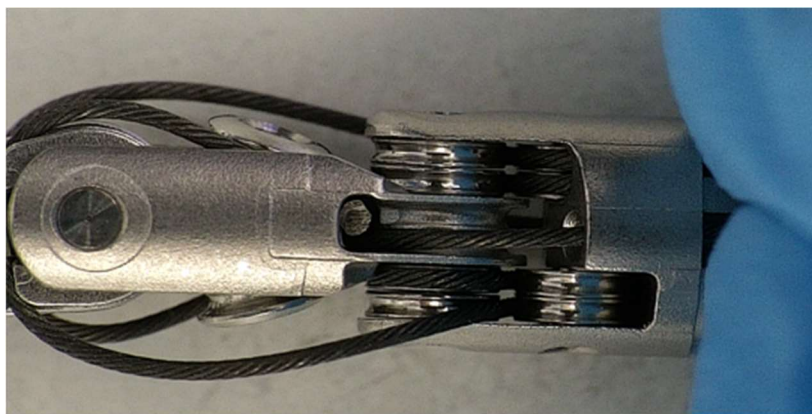
### 5.3 Diagrama de Flujo para la línea de producción CMR en Costa Rica.

Con la finalidad de realizar una distribución de planta eficaz y eficiente, se eliminan los desplazamientos y los almacenes temporales, y con base a estos cambios se realiza una nueva propuesta de diagrama de flujo, para determinar el paso a paso del proceso de ensamble de la línea de producción CMR en Costa Rica.

De acuerdo con el diagrama de recorrido (figura 15) se detalla cada uno de los procesos que se requieren para poder generar el dispositivo medico:

1. En la primera operación, se utilizan técnicas de soldadura láser para fijar los pines guía en su posición, lo que permite que las poleas giren libremente sin desprenderse. La soldadura láser es una técnica precisa que garantiza una unión sólida sin dañar las piezas circundantes.
2. Ribeteadora: se emplea una ribeteadora para remachar los pines guía a los laterales de las piezas. Este proceso agrega una capa adicional de seguridad, asegurando que los pines estén firmemente sujetos.
3. Prensa 1: Por medio de una prensa manual se fijan las poleas superiores.
4. Prensa 2: Por medio de una prensa manual se fijan las poleas inferiores internas.
5. Inspección en proceso: Un paso crítico para garantizar la calidad del producto. Aquí se verifica que las poleas y pines estén en su posición final y no presenten defectos, rayones ni marcas que puedan afectar el funcionamiento.
6. HyperCyl: se toman los subensambles, se colocan los cables cortos en los subensambles (figura 14) para luego ser prensados junto con los cables largos en la HyperCyl.
7. En las prensas frías y calientes: Se insertan los pines guía y las poleas con rodamiento en ambas partes del chasis. Dependiendo de la técnica utilizada, se pueden utilizar prensas en frío o caliente para asegurar una unión firme.
8. Horno para el eje: se utiliza para colocar el recubrimiento al eje.
9. Horno para resina: En esta etapa, la resina que sujeta el chip que identifica las piezas se cura, asegurando que esté bien fijada.

10. Ensamble Chasis/ eje: en esta parte del proceso se ensambla el eje con el chasis.
11. Trenzado: Los cables largos se pasan a través del eje, las poleas y los rodamientos del chasis y se sujetan a las tensoras. Esta etapa es esencial para garantizar que los cables estén correctamente dispuestos.
12. Pretensado: Se ajustan los tornillos en las tensoras con un destornillador con torquímetro, lo que permite alcanzar la tensión específica requerida.
13. Tensado: Utilizando una máquina de tensado, se ajustan los tornillos y se fijan con pegamento hasta lograr la tensión específica solicitada por el cliente.
14. Marcadora laser: En esta etapa, se aplican marcas como números de serie, modelo y logotipos en los cobertores plásticos que cubrirán los cables y las poleas. La marcadora láser proporciona una marcación precisa y duradera.
15. Ensamble final: Se inspeccionan las piezas y se colocan los cobertores en el chasis, completando la fase de ensamblaje.
16. Pruebas de corte y agarre: Mediante un proceso manual, se activan las mordazas o cuchillas para verificar que el producto funcione correctamente en términos de corte y agarre. Esta prueba puede garantizar que el producto está listo para su uso previsto.
17. Prueba final: se deben de inspeccionar 20 productos finales al día con el equipo brindado por el cliente para demostrar que la producción del día cumple con las expectativas y especificaciones.



*Figura 14* Colocación de los cables cortos.

Fuente: Elaboración propia.

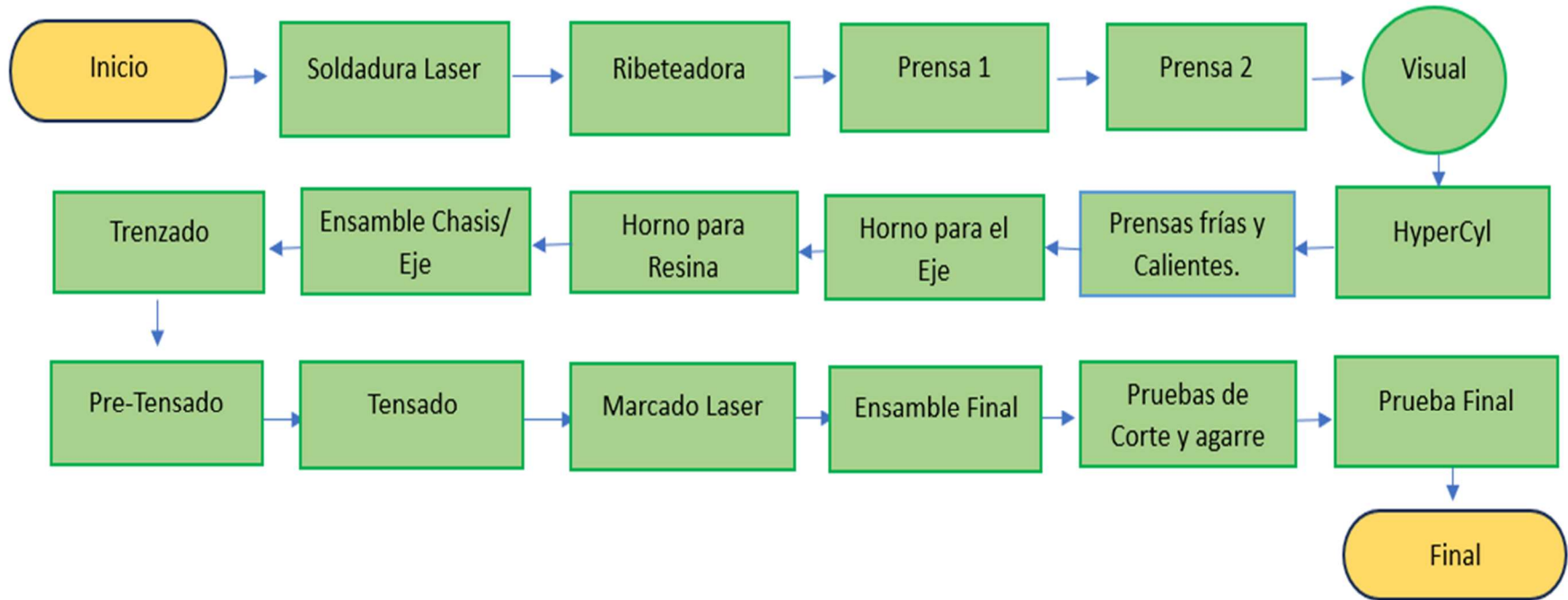


Figura 15 Diagrama de flujo propuesto para la línea de CMR en Costa Rica.

Fuente: Elaboración propia.

#### 5.4 Redistribución de planta para la línea CMR en Costa Rica.

Con respecto a la distribución de planta y basado en el diagrama de flujo propuesto se presenta una opción, en la cual se exhiben todas operaciones dentro de un solo cuarto limpio en Costa Rica el cual tiene espacio disponible de 1412 metros cuadrados como se muestra en la figura 16, al contrario que el comparativo con casa matriz donde el producto pasa por 3 diferentes cuartos limpios debido a la falta de espacio.

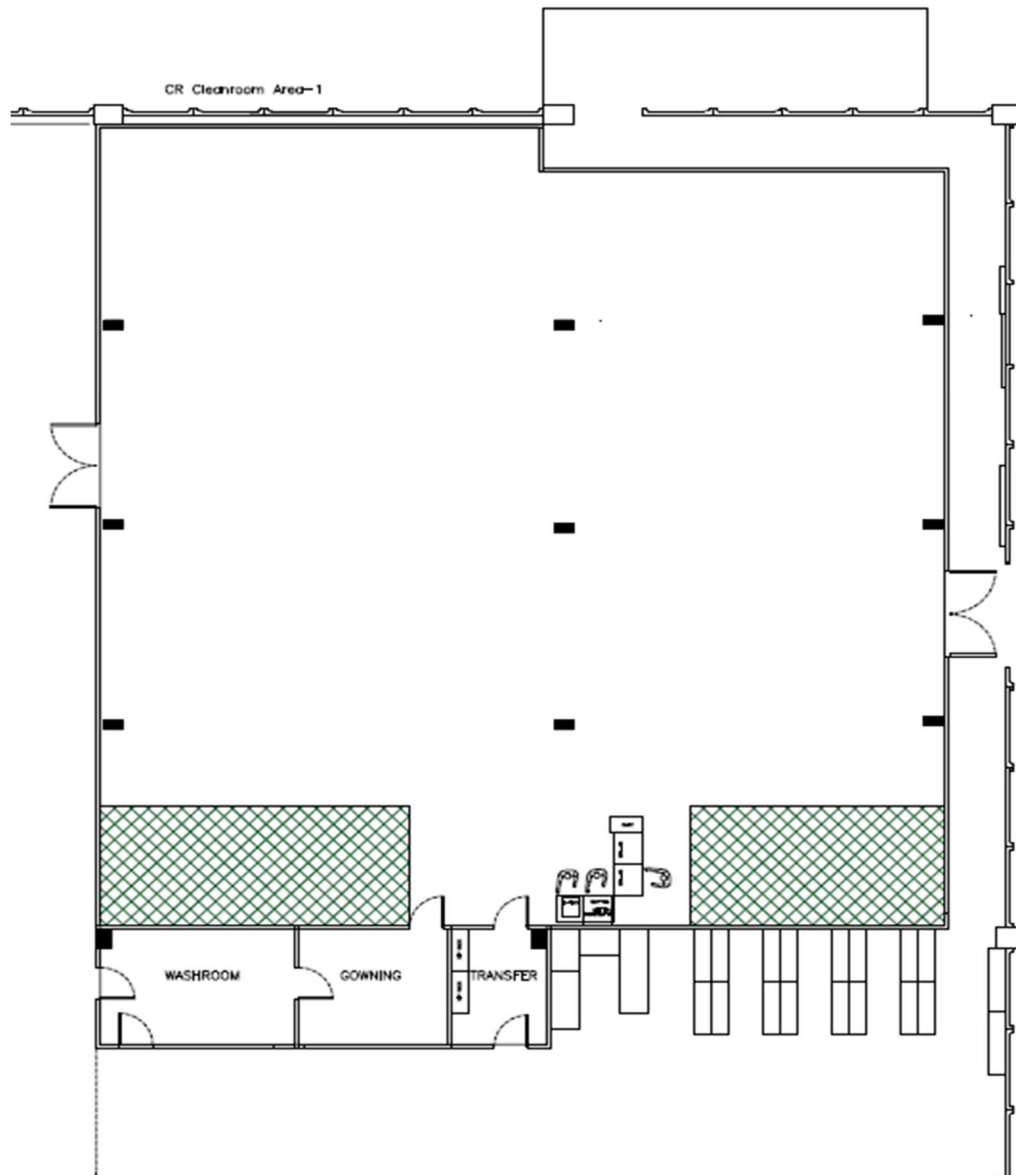


Figura 16 Espacio disponible en el cuarto limpio en Costa Rica

Fuente: Elaboración propia

Adicionalmente se tomó en cuenta las características de las máquinas, las recomendaciones de los fabricantes (tabla 13), y las instalaciones eléctricas y de aire ubicadas dentro del cuarto limpio en Costa Rica (figura 17).

Tabla 13 Tabla de características y requisitos del fabricante

Equipos	Requerimientos
Soldadura laser	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mínimo 90 PSI de aire compreso.</li> <li>• Mínimo 80 PSI de Gas argón</li> <li>• Conexión 110v</li> <li>• Espacio libre de 36" alrededor de la máquina</li> </ul>
Ribeteadora	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mínimo 90 PSI de aire compreso.</li> <li>• Conexión 110v</li> <li>• Espacio libre de 36" alrededor de la máquina</li> </ul>
Prensa 1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uso manual no requiere, electricidad ni Aire</li> </ul>
Prensa 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uso manual no requiere, electricidad ni Aire</li> </ul>
Inspección en proceso	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El equipo por utilizar necesita conexión 110V</li> </ul>
HyperCyl	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mínimo 90 PSI de aire compreso.</li> <li>• Conexión 110v</li> <li>• Espacio libre de 36" alrededor de la máquina</li> </ul>
Prensas caliente y fría	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mínimo 90 PSI de aire compreso.</li> <li>• Conexión 220v</li> </ul>
Horno para Eje	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mínimo 90 PSI de aire compreso.</li> <li>• Conexión 220v</li> </ul>
Horno para resina	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conexión 220v</li> </ul>
Ensamble Chasis/eje	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se requiere el uso de un destornillador con torquímetro conectado a 110v</li> </ul>
Trenzado	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uso manual no requiere, electricidad ni Aire</li> </ul>
Pretensado	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conexión 110v</li> </ul>
Tensado	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conexión 110v</li> </ul>
Marcado laser	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conexión 220v</li> </ul>
Ensamble final	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uso manual no requiere, electricidad ni Aire</li> </ul>
Prueba de corte	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conexión 110v</li> </ul>
Prueba final	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mínimo 90 PSI de aire compreso.</li> <li>• Mínimo 80 PSI de Hidrogeno</li> <li>• Conexión 110v</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia

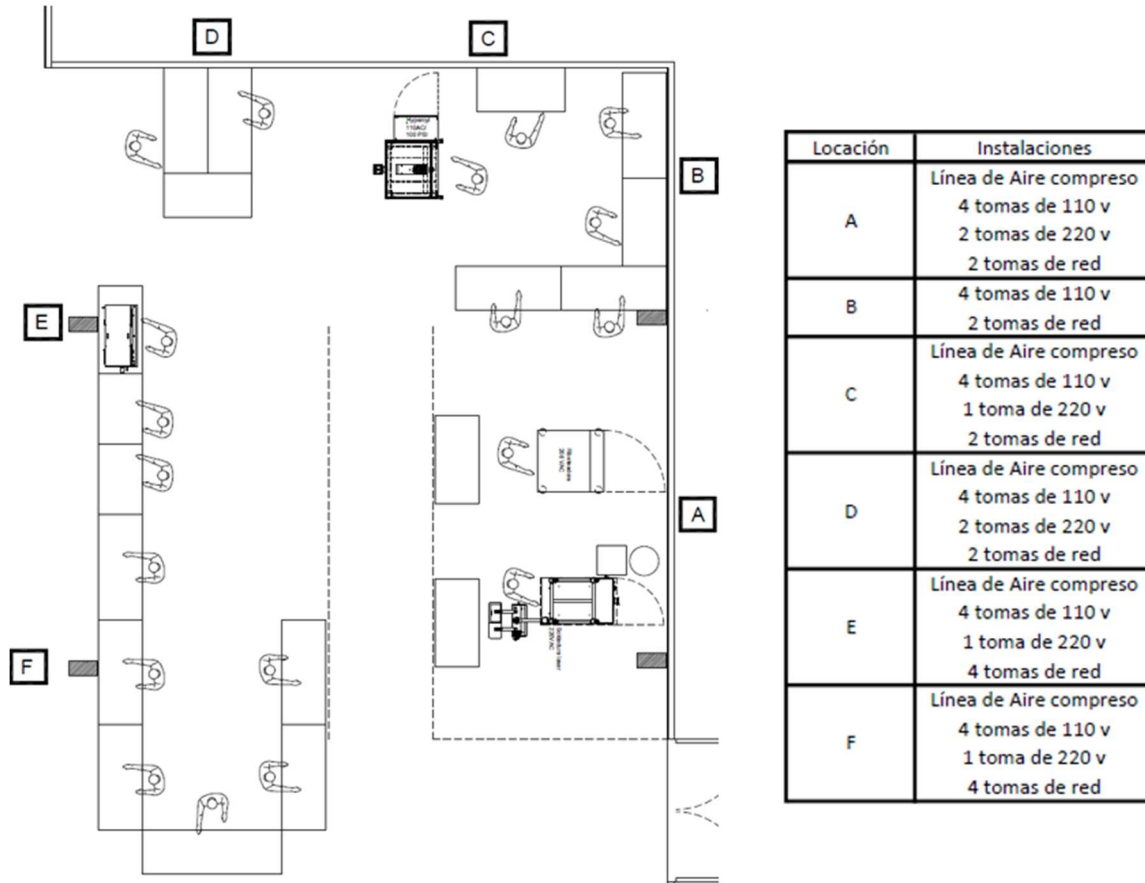


Figura 17 Instalaciones eléctricas y de aire ubicadas dentro del cuarto limpio en Costa Rica.

Fuente: Elaboración propia

Para realizar la instalación de los equipos dentro del cuarto limpio se utilizará las carretillas hidráulicas, que la compañía tiene exclusivas para utilizar en el cuarto limpio.

Tomando en cuenta toda la información de la presente sección se muestra la distribución de piso propuesta para la línea de CMR en Costa Rica (figura 18). En el anexo 1 se puede observar cómo se vería todo el cuarto limpio.

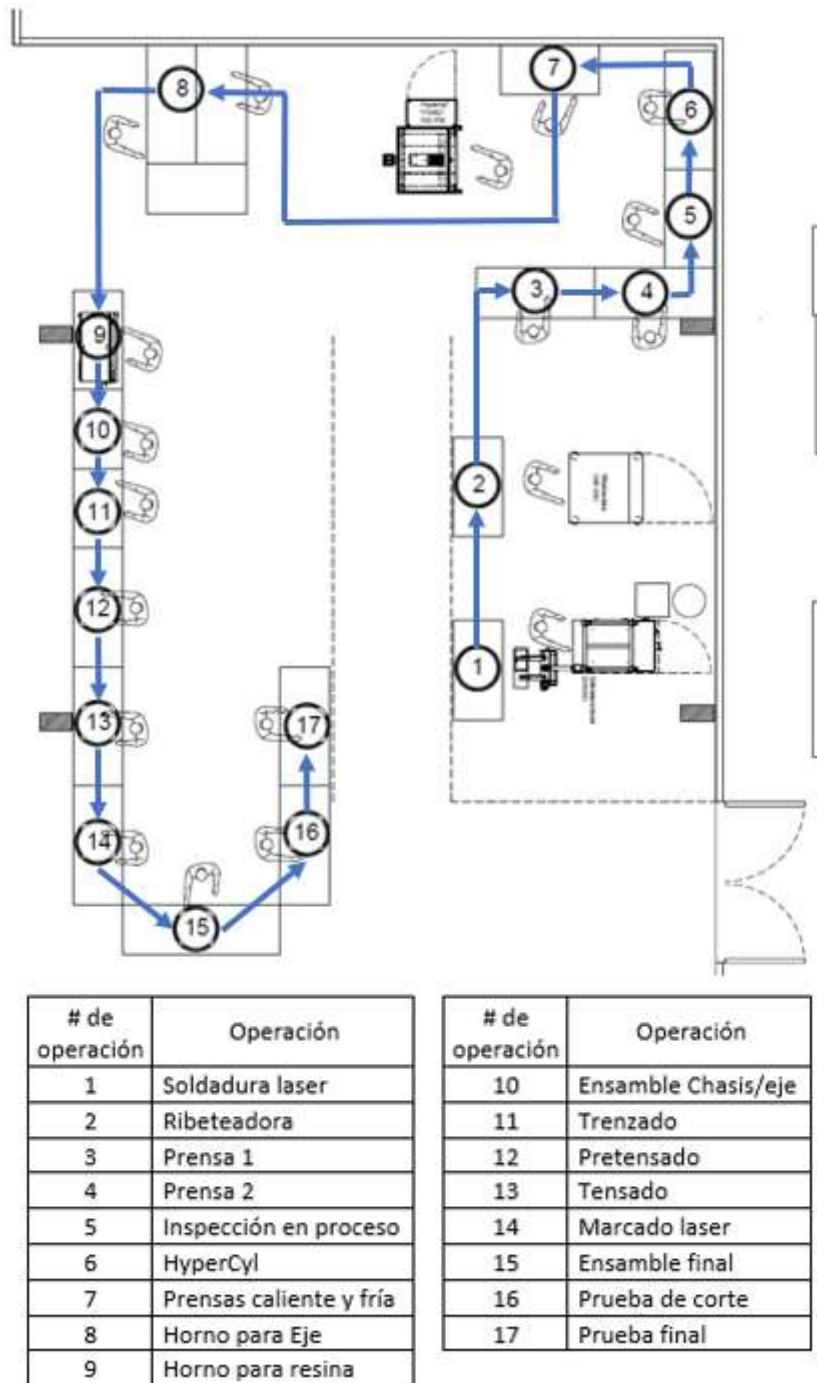


Figura 18 Distribución propuesta para la línea CMR en Costa Rica

Fuente: Elaboración propia

### **5.5 Costo beneficio.**

La creación de la línea de producción de CMR en Costa Rica se ha llevado a cabo como parte de la estrategia comercial de la empresa matriz para reducir costos. La inversión en equipos para esta iniciativa asciende a más de novecientos mil dólares, como se detalla en la Tabla 15. Sin embargo, es importante destacar que hasta el momento no se había realizado un análisis de balanceo de línea ni de distribución de planta.

Los beneficios de este proyecto se traducirán en una mejor utilización del espacio físico y un balanceo de la línea que permitirá aumentar el porcentaje de balanceo, reduciendo así los costos de producción. Para ponerlo en perspectiva, en la sede principal de la empresa en Estados Unidos, los operarios reciben un salario de aproximadamente \$22 por hora. Con el tipo de cambio actual de 550 colones por dólar, el salario por hora equivale a 12,100 colones, y el costo de mano de obra por pieza de la línea CMR es de \$1482.51 dólares (815,378.67 colones). En comparación, el costo por pieza con la iteración 6 de la Tabla 12 en Costa Rica se reduce a \$116.412 (64,026.67 colones) como lo muestra la tabla 14.

De acuerdo con los datos anteriores, se observa una diferencia de \$1366.09 por pieza entre un producto fabricado en la casa matriz y uno producido en Costa Rica con la iteración 6. Esto implica que, con una producción inicial semanal de 150 piezas mientras se ajusta la producción, se requerirían 4.41 semanas para recuperar la inversión en el equipo necesario para la fabricación en Costa Rica (tabla 17).

Esta optimización en el balanceo de la línea y la reducción de costos contribuirán de manera significativa a la eficiencia y competitividad de la operación en Costa Rica.

Con respecto a la parte de traslados, con la distribución de planta se eliminan los traslados debido a que todas las operaciones van a estar en un solo cuarto limpio, manteniendo un flujo constante en la producción ahorrando 15 minutos y 2 traslados, como lo indica la tabla 16.

Tabla 14 comparativo balanceo Casa Matriz / Propuesta Costa Rica

Balanceo de Línea				
	Cantidad de personal	% de Blance	unidades / hora	Costo por unidad
Actual Casa Matriz	19	32%	5.36	₡ 815,378.67
Propuesta Costa Rica	14	52%	5.36	₡ 64,026.67
Ahorro / ganancia	5	20%	0	₡ 751,352.00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 15 Cuadro de inversión en equipos para Costa Rica

ítem	Cantidad	Precio
HyperCyl	1	\$ 93,063.33
Marcadora Laser	1	\$ 97,630.00
Soldadura Laser	1	\$ 290,502.50
Pre-Tensado	1	\$ 135,000.00
Tensado	1	\$ 195,250.00
Cole Palmer ST MECHANICAL OVEN	1	\$ 5,234.90
Cole-Parmer Wire Shelf for 112 L OVF-800 Series	2	\$ 484.00
Sonitek Custom Vertex Series V20 Heatstake Insertion Press	1	\$ 51,370.00
Sonitek Custom Vertex APV-10 Air Press w/ PPS-	1	\$ 35,890.00
<b>Total</b>		<b>\$ 904,424.73</b>

Fuente: Micro Costa Rica

Debido a que la línea de producción CMR se va a implementar en Costa Rica, se tiene un presupuesto de \$750 dólares para la compra de bandejas genéricas para trasladar las piezas, por una inversión de \$1500 dólares se pueden comprar 150 bandejas diseñadas exclusivamente para las piezas, tipo Poka Yoke, las cuales son reutilizables, y protegerían los ensambles de una manera óptima, ayudando a disminuir los costos de scrap (tabla 18).

Tabla 16 cuadro de mejora en los traslados

Traslados		
	QTY	Tiempo (min)
Casa Matriz	2	15
Propuesta CR	0	0
Ahorro	2	15

Fuente: Elaboración propia

Tabla 17 Costo beneficio Balanceo.

Costo beneficio Balanceo						
inversión equipo en dólares	tipo de cambio	inversión equipo en colones	ahorro por balanceo/ pieza	producción semanal	Ahorro Semanal	Semanas para recuperar inversión
\$ 904,424.73	₡ 550.00	₡497,433,601.50	₡ 751,352.00	150	₡112,702,800.00	4.41

Fuente: Elaboración propia

Tabla 18 Costo beneficio de las propuestas

Propuesta	Costo	Beneficio
Distribución de planta	\$ 1,000.00 Costo de renta de montacarga	Se eliminan los traslados. Ahorro de 15 min por día.
Balanceo de Línea	1,176,000 colones Por contratación de personal	Ahorro de 751,352 colones por pieza Aumento de un 20% del % de balance
Bandejas Poka Yoke	\$ 1,500.00	Solo se puede colocar la cantidad de piezas, que indique la bandeja. Evitando que las piezas se golpeen entre sí.
creación de Instrucciones de trabajo	\$ 1,000.00	Con las instrucciones de trabajo se puede capacitar al personal en el manejo de las piezas dentro de la línea de ensamble CMR

Fuente: Elaboración propia

Con la implementación de las instrucciones de trabajo, las bandejas Poka Yoke, y la eliminación de los traslados se busca reducir los niveles de scrap para que estén dentro de las métricas de producción de la compañía.

### **5.6 Implementación en la línea CMR en Costa Rica.**

La implementación de la línea CMR en Costa Rica se realizará en el mes de noviembre de 2023, coincidiendo con la revalidación del cuarto limpio, es una estrategia significativa que permite maximizar la eficiencia del proceso. Sin embargo, es esencial llevar a cabo una planificación y ejecución cuidadosa para minimizar las interrupciones en la producción y garantizar una transición sin problemas. A continuación, se detallan algunos pasos importantes:

-Planificación: Realizar una planificación detallada que abarque la implementación de la línea y la revalidación del cuarto limpio. Esto incluye la programación de actividades, la asignación de recursos y la definición de roles y responsabilidades.

-Coordinación entre Equipos: Asegurarse de que los equipos encargados de la implementación de la línea y la revalidación del cuarto limpio estén en estrecha coordinación. La comunicación efectiva es fundamental para garantizar que ambas actividades se realicen de manera eficiente y no se solapen.

-Minimizar el Tiempo de Inactividad: Identificar oportunidades para minimizar el tiempo de inactividad en la producción durante la implementación. Esto puede incluir la preparación previa de documentación y la revalidación para que se realicen de manera simultánea o en superposición, en lugar de secuencialmente.

-Crear, traducir y tropicalizar las instrucciones de trabajo a utilizar en la línea de producción.

- Seguimiento y Evaluación: Realizar un seguimiento continuo de la implementación y la revalidación, y evaluar el progreso en comparación con el plan establecido. Realizar ajustes según sea necesario para garantizar el éxito.

Como parte de la planificación del proceso, se llevará a cabo en 4 etapas (ver figura 19), con la colaboración de los departamentos de mantenimiento, ingeniería y

producción. Las etapas 1 a 3 se completarán en un plazo de 2 semanas, mientras que la etapa 4 se llevará a cabo en un período de 2 días.

La primera etapa consistirá en el ensamblaje de las mesas y su instalación en el cuarto limpio. En la segunda etapa, se procederá a la instalación y conexión de los equipos de mayor tamaño en el cuarto limpio. En la tercera etapa, se realizará la colocación y conexión de los equipos más pequeños y los fixtures en sus ubicaciones designadas. La cuarta y última etapa implica la revalidación del cuarto limpio.

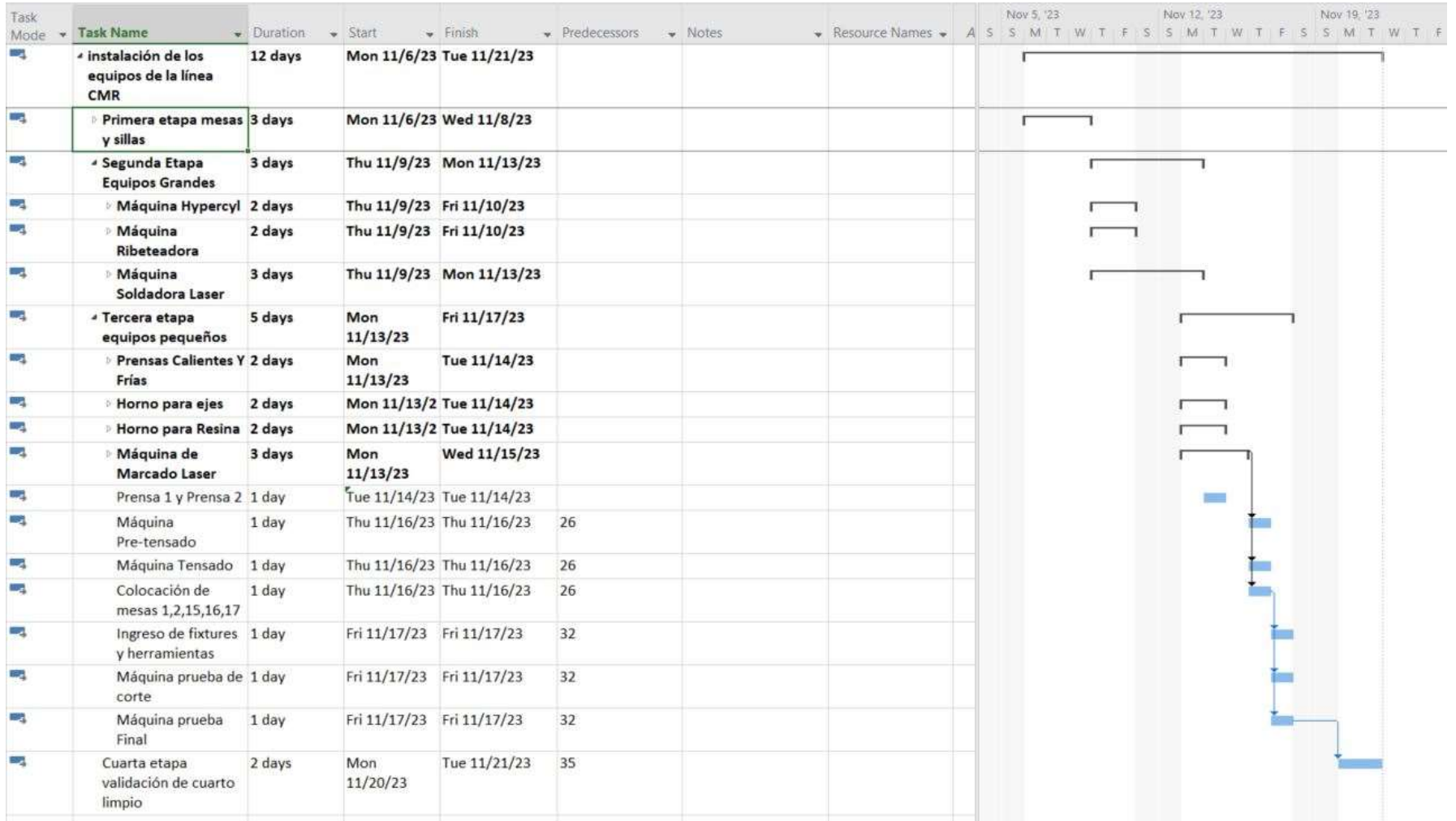


Figura 19 Gantt de instalación de equipos dentro de la línea de CMR en Costa Rica.

Fuente: Elaboración propia

### **5.3 Control**

Se implementarán métodos de control que incluirán entrenamientos sobre el manejo de materiales para el personal de la línea CMR en Costa Rica. Además, se introducirán hojas de registro de firmas para rastrear quiénes han colocado las piezas en las bandejas. El propósito de estas medidas no es señalar culpables, sino más bien identificar oportunidades de mejora en el desempeño del personal.

Se ha desarrollado un panel de control en Excel (figura 20) con el propósito de proporcionar un seguimiento visual y fácil de entender de la eficiencia y la tasa de Scrap .

Este enfoque busca promover la cooperación y el desarrollo continuo de los miembros del equipo, permitiendo una mayor eficiencia y calidad en el proceso de producción.

El costo de llenar la hoja de control por turno sería de 30 minutos, al trabajarse dos turnos el costo sería de una hora de trabajo diaria, por lo que el costo por completar la hoja de control sería de 2500 colones por día, un total de 12500 colones por semana. Al llevar un control más estricto permitiría detectar los lugares exactos donde ocurren los scraps y enfocar estudios para buscar soluciones para así ayudar a tener un costo menor de \$6000 dólares semanales en producto no conforme.

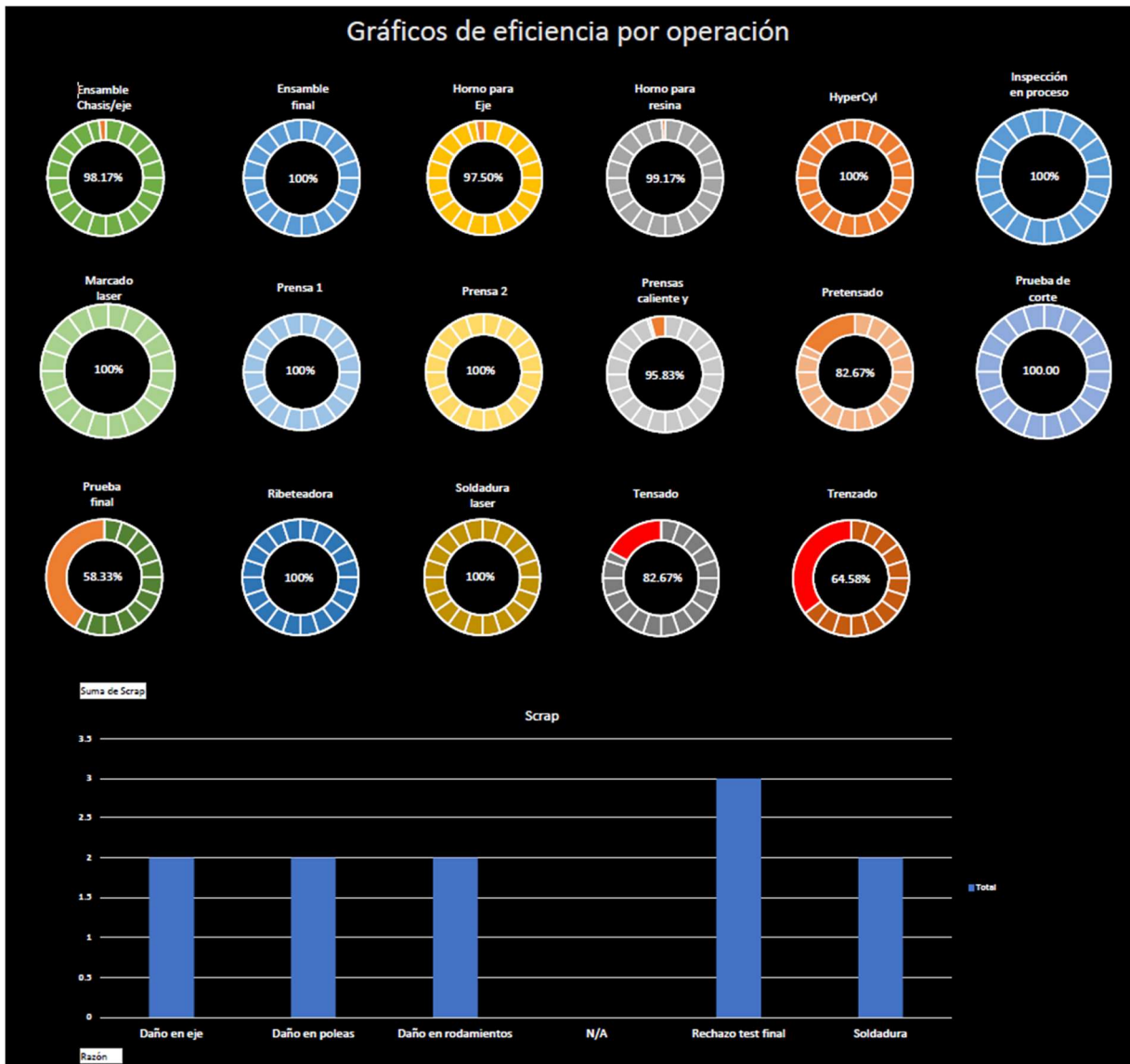


Figura 20 Panel de Control para línea CMR en Costa Rica.

Fuente: Elaboración propia

## **CAPÍTULO VI**

### **Conclusiones y Recomendaciones**

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

Las recomendaciones adquieren un papel de vital importancia, ya que son las que permitirán mitigar los problemas existentes en la empresa y aplicar soluciones eficaces y eficientes.

## **6.1 Conclusiones:**

- **Falta de espacio:** En casa matriz la limitante de espacio ha generado una distribución de planta deficiente, en la cual existen traslados de hasta 520 metros.
- **Inadecuada Manipulación de Subensambles:** Durante el proceso de empaque para los traslados, se evidencia una manipulación deficiente de los subensambles, lo que podría resultar en daños y retrasos en el proceso.
- **Inadecuadas Bandejas para el Transporte:** Las bandejas empleadas para el transporte de los subensambles no son las más apropiadas, lo que contribuye a la ineficiencia y aumenta el riesgo de posibles daños en el traslado.
- **Falta de Protocolos y estandarización para Preparación y Empaque:** La ausencia de un protocolo estandarizado para la preparación y empaque de los subensambles antes de los traslados puede dar lugar a inconsistencias y errores.

## **6.2 Recomendaciones:**

Dado que la investigación se llevó a cabo en el proceso de ensamblaje en New Jersey, las recomendaciones se proporcionarán tanto a la sede principal como a la planta en Costa Rica, con el objetivo de ofrecer sugerencias para ambas instalaciones.

### **6.2.1 Recomendaciones para la planta en Costa Rica:**

- Emplear un diseño de planta que facilite un flujo continuo en el proceso de ensamblaje CMR, eliminando los traslados y disminuyendo las posibilidades de dañar los componentes.
- Implementar un balanceo de línea que reduzca los costos de producción y aumente el porcentaje de equilibrio en comparación con el existente en casa matriz. Además, proponer la cantidad de personal necesaria para lograr un proceso eficaz y eficiente.
- Establecer protocolos, estandarizar los procedimientos de empaque de subensambles y proporcionar capacitación al personal para garantizar una manipulación adecuada y prevenir daños en las piezas.

### **6.2.2 Recomendaciones para las plantas en New Jersey:**

Dado que, en el estado de New Jersey, los sindicatos (Labor Unions en inglés) regulan todo lo relacionado con los operarios, no se recomendará ningún balanceo de línea. Esto se debe a que los miembros del sindicato se dedican exclusivamente a una tarea específica y, si se propusiera que realicen tareas adicionales, podría resultar en sanciones para la empresa.

- Debido a que los procesos realizados en el cuarto limpio 1 involucran piezas particularmente susceptibles a daños durante el transporte, especialmente considerando que se trata del traslado más extenso, se recomienda analizar la

posibilidad de llevar a cabo un cambio en la disposición de operaciones. Este cambio implicaría trasladar las actividades actualmente realizadas en el cuarto limpio uno al cuarto limpio tres, y viceversa, con el objetivo de reducir la distancia de transporte entre los cuartos limpios 1 y 2. Además, esta reorganización se beneficiaría del hecho de que los ensambles producidos en el cuarto limpio 2 proporcionan una mayor protección a las poleas y rodamientos, lo que a su vez minimizaría los posibles daños causados durante el transporte.

- Implementar protocolos, estandarizar los procedimientos de empaque de subensambles y brindar capacitación al personal para asegurar una manipulación adecuada y prevenir daños en las piezas.

## **CAPÍTULO VII**

### **Bibliografía**

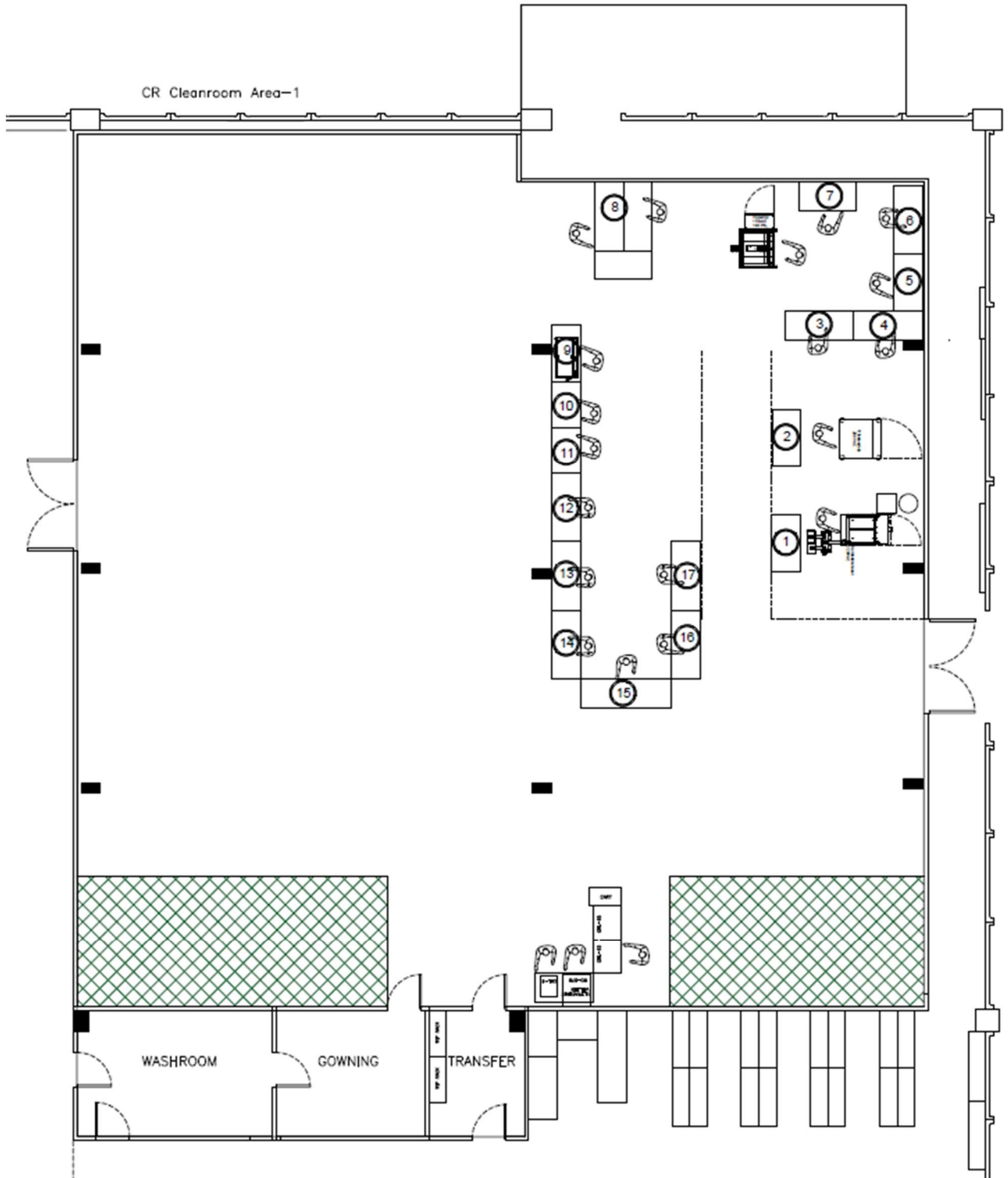
## Bibliografía

- Azofras. (2021). *Azofras.com*. Obtenido de <https://www.azofras.com/>
- Baca U, G. C. (2014). *Introducción a la Ingeniería Industria*. Renacimiento 180, colonia San Juan Tlihuaca, Delegación Azcapotzalco, código Postal 02400, México, D.F.: Grupo editorial Patria.
- Benjamin W. Niebel, A. F. (2009). *Ingeniería Industrial: Métodos, Estándares y Diseño del trabajo*. Mexico D.F.: McGraw Hill.
- Carro Roberto, G. D. (2022). Administración de la calidad total. *Administración de las operaciones*, 65.
- Chase, R. B. (2014). *Administración de Operaciones, Producción en cadena (XIII edición)*. México, D. F.: McGRAW-HILL.
- Dr. Castillo, O. (2012). Cirugía Robótica. *Revista Chilena de Cirugía*. Vol 64- N°1, 88-91.
- Española, R. A. (2023). *Diccionario de la lengua española*. Obtenido de Diccionario de la lengua española: <https://dle.rae.es/optimizar>
- Gaya, C. G. (2013). *TÉCNICAS DE MEJORA*. Madrid: Universidad Nacional de Educación a Distancia.
- George, M. (2002). *Lean Six Sigma*. Dallas: McGraw-Hill.
- Gómez, J. R. (2020). Introducción a la Ingeniería Industrial. *Revista Conexión de Ingeniería*, 14-21.
- Groover, M. P. (2016). *Automation, Production Systems, and Computer-Integrated Manufacturing*. Kendallville, Indiana, Estados Unidos: Pearson Education Limited.
- Meyers Fred E, S. M. (2006). *Diseño de instalaciones de manufactura y manejo de materiales*. México: PEARSON EDUCACIÓN.

- Meyers, F. E. (2006). *Diseño de instalaciones de manufactura y manejo de materiales*. México: PEARSON EDUCACIÓN,.
- MICRO. (2023). *Mlcro-Co*. Obtenido de Mlcro-Co: <https://www.micro-co.com/>
- Muther, R. (1968). *Planificacion y Proyeccion de la Empresa Industrial*. Barcelona: editores técnicos asociados, S.A. .
- Naik, S. (2012). *Six sigma for Business Managers*. IJMST.
- Ocampo, J. (2012). Integrando la Metodología DMAIC de Seis Sigma con la Simulacion de Eventos Discretos en Flexsim. *10th Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology* (pág. 10). Panama: Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology.
- Pacheco, I. (2021). *CINDE.org*. Obtenido de <https://www.cinde.org/es/sectores/manufactura-inteligente/ciencias-vida>
- Pande, P. S. (2004). *Las claves Prácticas de Seis Sigma*. Madrid: McGraw-Hill/Interamericana de España, S.A.U.
- PROCOMER. (03 de 07 de 2023). *PROCOMER.COM*. Obtenido de <https://www.procomer.com/>
- Vanuno, D. (2005). Laparoscopía Diagnóstica. Estado Actual. *Cirugía Paraguaya*. Vol. 28, 73.
- Zuñiga, A. E.-J. (2016). *Ingeniería Industrial Métodos y Tiempos con Manufactura Agil*. Pitágoras 1139, Col. Del Valle, C.P. 03100, México, D.F.: Alfaomega Grupo Editor.

## **CAPÍTULO VIII**

### **Anexos**



Anexo 1 Cuarto limpio con la distribución propuesta

Fuente: Elaboración propia

Heredia, 06/03/2023

Señores  
Universidad Hispanoamericana

Estimados señores:

Me permito saludarle y a la vez comunicarle que Micro Stamping Costa Rica ha autorizado el desarrollo del proyecto de graduación para optar por el nivel de bachillerato, en modalidad presencial del estudiante Oscar Vargas Hernández, cédula 401920802, de la carrera de ingeniería industrial de la Universidad Hispanoamericana, a través de un proyecto que busca mejorar el flujo y la distribución de la línea de producción de ensamble, dentro de las responsabilidades que el estudiante desarrollará se encuentran:

- Analizar los procesos y estructurar el diagrama de flujo de la línea de producción
- Clasificar las relaciones entre operaciones.
- Desarrollar una distribución de la línea de producción dentro del cuarto limpio.

El proyecto se desarrollará en el período de mayo- julio del 2023 y será supervisado por las siguientes personas:

- David Díaz
- Robert Revaz

Atentamente,

  
Robert Revaz  
Gerente General  
Micro Stamping Costa Rica  
[rrevaz@micro-co.com](mailto:rrevaz@micro-co.com)  
Teléfono: 2239-8899 ext. 701

  
**MICRO**  
*Manufacturing Solutions for Life*  
Micro Stamping Corporation S.R.L.

## CARTA DEL TUTOR

Heredia, 8 noviembre 2023

**Destinatario**  
**Ingeniería Industrial**  
**Universidad Hispanoamericana**

Estimados:


La estudiante **OSCAR MARIO VARGAS HERNANDEZ**, cédula de identidad número 401920802, me ha presentado, para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado **DISEÑO DE LINEA DE PRODUCCION CMR, EN LA EMPRESA MICRO STAMPING COSTA RICA, UBICADA EN ZONA FRANCA METRO, BARREAL DE HEREDIA, EN EL SEGUNDO CUATRIMESTRE DEL 2023**, el cual ha elaborado para optar por el grado académico de **Bachillerato**.

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

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

a)	ORIGINAL DEL TEMA	10%	10%
b)	CUMPLIMIENTO DE ENTREGA DE AVANCES	20%	20%
c)	COHERENCIA ENTRE LOS OBJETIVOS, LOS INSTRUMENTOS APLICADOS Y LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACION	30%	30%
d)	RELEVANCIA DE LAS CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	20%	17%
e)	CALIDAD, DETALLE DEL MARCO TEORICO	20%	18%
	<b>TOTAL</b>		<b>95%</b>

Atentamente,  
**Ing. Luis Pablo Torres González**

 Firmado digitalmente por  
 Luis Pablo Torres  
 Gonzalez  
 Fecha: 2023.11.08  
 16:00:26 -06'00'

San José, 26 de febrero del 2024.

Miembros del comité de Trabajos Finales de Graduación.

Universidad Hispanoamericana

Estimados Señores:

Como lector de este proyecto de graduación, he revisado y corregido el Trabajo Final de Graduación, denominado: "DESARROLLAR UNA PROPUESTA DE MEJORA DE PROCESO Y DISEÑO PARA LA LINEA DE PRODUCCION CMR, EN LA EMPRESA MICRO STAMPING COSTA RICA, UBICADA EN ZONA FRANCA METRO, BARREAL DE HEREDIA, EN EL SEGUNDO SEMESTRE DEL 2023", elaborado por el estudiante: OSCAR MARIO VARGAS HERNANDEZ, como requisito para que el citado estudiante pueda optar por el grado de Bachillerato en Ingeniería Industrial. Considero que dicho trabajo cumple con los requisitos formales y de contenido exigidos por la Universidad Hispanoamericana, y por tanto lo recomiendo para su defensa oral ante el Consejo Asesor.

Cordialmente,



---

Ing. Miguel Mc Calla Vaz.

Cedula: 07-0137-0195

Carné: IPI-27600



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

San José, jueves, 18 de abril de 2024.

Señores:

Universidad Hispanoamericana  
Centro de Información Tecnológico (CENIT)

Estimados Señores:

El suscrito (a) **Oscra Vargas Hernández**, con número de identificación 401920802, autor (a) del trabajo de graduación titulado **DESARROLLAR UNA PROPUESTA DE MEJORA DE PROCESO Y DISEÑO PARA LA LINEA DE PRODUCCION CMR, EN LA EMPRESA MICRO STAMPING COSTA RICA, UBICADA EN ZONA FRANCA METRO, BARREAL DE HEREDIA, EN EL SEGUNDO SEMESTRE DEL 2023.**, presentado y aprobado en el año 2024 como requisito para optar por el título de **Bachiller en Ingeniería Industrial**,  **SÍ** /  **NO** 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,

**Oscar Vargas Hernández**  
401920802



**ANEXO 1 (Versión en línea dentro del Repositorio)  
LICENCIA Y AUTORIZACIÓN DE LOS AUTORES PARA PUBLICAR Y  
PERMITIR LA CONSULTA Y USO**

**Parte 1. Términos de la licencia general para publicación de obras en el repositorio institucional**

Como titular del derecho de autor, confiero al Centro de Información Tecnológico (CENIT) una licencia no exclusiva, limitada y gratuita sobre la obra que se integrará en el Repositorio Institucional, que se ajusta a las siguientes características:

- a) Estará vigente a partir de la fecha de inclusión en el repositorio, el autor podrá dar por terminada la licencia solicitándolo a la Universidad por escrito.
- b) Autoriza al Centro de Información Tecnológico (CENIT) a publicar la obra en digital, los usuarios puedan consultar el contenido de su Trabajo Final de Graduación en la página Web de la Biblioteca Digital de la Universidad Hispanoamericana
- c) Los autores aceptan que la autorización se hace a título gratuito, por lo tanto, renuncian a recibir beneficio alguno por la publicación, distribución, comunicación pública y cualquier otro uso que se haga en los términos de la presente licencia y de la licencia de uso con que se publica.
- d) Los autores manifiestan que se trata de una obra original sobre la que tienen los derechos que autorizan y que son ellos quienes asumen total responsabilidad por el contenido de su obra ante el Centro de Información Tecnológico (CENIT) y ante terceros. En todo caso el Centro de Información Tecnológico (CENIT) se compromete a indicar siempre la autoría incluyendo el nombre del autor y la fecha de publicación.
- e) Autorizo al Centro de Información Tecnológica (CENIT) para incluir la obra en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.
- f) Acepto que el Centro de Información Tecnológico (CENIT) pueda convertir el documento a cualquier medio o formato para propósitos de preservación digital.
- g) Autorizo que la obra sea puesta a disposición de la comunidad universitaria en los términos autorizados en los literales anteriores bajo los límites definidos por la universidad en las "Condiciones de uso de estricto cumplimiento" de los recursos publicados en Repositorio Institucional.

**SI EL DOCUMENTO SE BASA EN UN TRABAJO QUE HA SIDO PATROCINADO O APOYADO POR UNA AGENCIA O UNA ORGANIZACIÓN, CON EXCEPCIÓN DEL CENTRO DE INFORMACIÓN TECNOLÓGICO (CENIT), EL AUTOR GARANTIZA QUE SE HA CUMPLIDO CON LOS DERECHOS Y OBLIGACIONES REQUERIDOS POR EL RESPECTIVO CONTRATO O ACUERDO.**

## DECLARACIÓN JURADA

Yo Oscar Mario Vargas Hernández, cédula de identidad número 4-0192-0802, en condición de egresado de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Hispanoamericana, y advertido de las penas con las que la ley castiga el falso testimonio y el perjurio, declaro bajo la fe del juramento que dejo rendido en este acto, que mi trabajo de graduación, para optar por el título de Bachillerato titulado "DESARROLLAR UNA PROPUESTA DE MEJORA DE PROCESO Y DISEÑO PARA LA LINEA DE PRODUCCION CMR, EN LA EMPRESA MICRO STAMPING COSTA RICA, UBICADA EN ZONA FRANCA METRO, BARREAL DE HEREDIA, EN EL SEGUNDO SEMESTRE DEL 2023." es una obra original y para su realización he respetado todo lo preceptuado por las Leyes Penales, así como la Ley de Derechos 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; especialmente el numeral 70 de dicha ley en el que se establece: "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, que conozco y acepto que la Universidad se reserva el derecho de protocolizar este documento ante Notario Público. Firmo, en fe de lo anterior, en la ciudad de Heredia, el 8 de mayo del 2024.



Oscar Mario Vargas Hernández