

**UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA**  
**INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**PROPUESTA DE MEJORA PARA LA  
REDUCCIÓN DE COSTOS Y  
APROVECHAMIENTO DE MATERIALES,  
MEDIANTE LA REUTILIZACIÓN DE  
COMPONENTES, EN EL DEPARTAMENTO  
DE PRODUCCIÓN EN UNA EMPRESA DE  
INDUSTRIA MÉDICA, EN EL PRODUCTO  
GAMA, ALAJUELA, I SEMESTRE 2022**

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

**SUSTENTANTE: LUIS FERNANDO VEGA SOTO**


**TUTOR: ING. FRANKLIN CARVAJAL CORDERO, M.IOP.**

**HEREDIA, JUNIO 2022**

# DECLARACIÓN JURADA

## DECLARACIÓN JURADA

Yo Luis Fernando Vega Soto, mayor de edad, portador de la cédula de identidad número 1-1350-0115 egresado de la carrera de Bachillerato en Ingeniería Industrial de la Universidad Hispanoamericana, hago constar por medio de éste acto y debidamente apercebido y entendido de las penas y consecuencias con las que se castiga en el Código Penal el delito de perjurio, ante quienes se constituyen en el Tribunal Examinador de mi trabajo de tesis para optar por el título de Bachillerato en Ingeniería Industrial, juro solemnemente que mi trabajo de investigación titulado: Propuesta de Mejora Para la Reducción de Costos y Aprovechamiento de Materiales, Mediante la reutilización de componentes, en el departamento de Producción, en una Empresa de Industria Médica en el Producto Gama, Alajuela, I semestre 2022 es una obra original que ha respetado todo lo preceptuado por las Leyes Penales, así como la Ley de Derecho de Autor y Derecho Conexos número 6683 del 14 de octubre de 1982 y sus reformas, publicada en la Gaceta número 226 del 25 de noviembre de 1982; incluyendo el numeral 70 de dicha ley que advierte; artículo 70. Es permitido citar a un autor, transcribiendo los pasajes pertinentes siempre que éstos no sean tantos y seguidos, que puedan considerarse como una producción simulada y sustancial, que redunde en perjuicio del autor de la obra original. Asimismo, quedo advertido que la Universidad se reserva el derecho de protocolizar este documento ante Notario Público. en fe de lo anterior, firmo en la ciudad de San José, a los 08 días del mes de junio del año dos mil veintidós

  
\_\_\_\_\_  
Firma del estudiante  
Cédula 1-1350-0115

## CARTA DEL TUTOR LECTOR

### CARTA DEL TUTOR

San José, 14 de junio de 2022

**Estimados Señores**  
**Carrera de Ingeniería Industrial**  
**Universidad Hispanoamericana**

El estudiante LUIS FERNANDO VEGA SOTO, cédula de identidad número 1-1350-0115, me ha presentado, para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado PROPUESTA DE MEJORA PARA LA REDUCCIÓN DE COSTOS Y APROVECHAMIENTO DE MATERIALES, MEDIANTE LA REUTILIZACIÓN DE COMPONENTES, EN EL DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN, EN UNA EMPRESA DE INDUSTRIA MÉDICA, EN EL PRODUCTO GAMA, ALAJUELA, I SEMESTRE, 2022, el cual ha elaborado para optar por el grado académico de Bachillerato.

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

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

a)	ORIGINAL DEL TEMA	10%	10%
b)	CUMPLIMIENTO DE ENTREGA DE AVANCES	20%	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%	20%
e)	CALIDAD, DETALLE DEL MARCO TEORICO	20%	20%
	TOTAL		100%

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

Ing. Franklin Carvajal Cordero, M.IOP.  
 Cédula identidad 7-0143-0830  
 Carné Colegio Profesional IPI-18032

FRANKLIN ENRIQUE CARVAJAL  
 CARVAJAL  
 CORDERO (FIRMA)

Firmado digitalmente por  
 FRANKLIN ENRIQUE CARVAJAL  
 CORDERO (FIRMA)  
 Fecha: 2022.06.14 07:56:47  
 -06'00'

## CARTA DEL LECTOR

### CARTA DE LECTOR

**San José, 23 de julio del 2022**

**Universidad Hispanoamericana  
Sede Heredia  
Carrera de Ingeniería Industrial**

**Estimado señor**

El estudiante Luis Fernando Vega Soto, cédula de identidad 1-1350-0115 me ha presentado para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado "Propuesta de mejora para la reducción de costos y aprovechamiento de materiales, mediante la reutilización de componentes, en el Departamento de Producción en una empresa de industria médica, en el producto Gama, Alajuela, I semestre 2022", el cual ha elaborado para obtener su grado de Bachillerato en Ingeniería Industrial.

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

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

Atte.

**ROBERTO SANCHEZ**  
**MORALES (FIRMA)**

Firmado digitalmente por  
ROBERTO SANCHEZ MORALES  
(FIRMA)  
Fecha: 2022.07.23 09:35:16 -06'00'

C.I. 900810622

## CARTA DE AUTORIZACIÓN DE AUTORES

**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, 18Aug2022


Señores:  
Universidad Hispanoamericana  
Centro de Información Tecnológico (CENIT)

Estimados Señores:

El suscrito (a) Luis Fernando Vega Soto con número de identificación 1-1350-0115 autor (a) del trabajo de graduación titulado Propuesta de mejora para la reducción de costos y aprovechamiento de materiales, mediante la reutilización de componentes, en el departamento de producción de una empresa de Industria médica, en el producto GAMA. presentado y aprobado en el año 2022 como requisito para optar por el título de Bachillerato en la carrera de Ingeniería Industrial; SI autorizo al Centro de Información Tecnológico (CENIT) para que, con fines académicos, muestre a la comunidad universitaria la producción intelectual contenida en este documento.

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

Cordialmente,

 1-1350-0115  
Firma y Documento de Identidad

**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.**

## **DEDICATORIA**

Este proyecto es dedicado a mi familia que siempre ha estado a mi lado en este proceso, el cual ha sido difícil pero no imposible.

A mi esposa que ha sido la piedra angular en mi vida y siempre ha aportado su grano de arena para poder finalizar este proceso.

## **AGRADECIMIENTOS**

Primordialmente, dar gracias a Dios por haberme permitido llevar acabo esta meta en mi vida y así finalizar exitosamente mi carrera.

A cada uno de los docentes que aportaron conocimiento y un mayor crecimiento en mi vida lo cual me ha ayudado a crecer profesionalmente.

## Índice

1	CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN .....	1
1.1	Descripción general del Proyecto .....	2
1.2	Identificación de la empresa o institución .....	7
1.2.1	Misión de la Empresa.....	8
1.2.2	Visión de la empresa.....	8
1.2.3	Política de Calidad .....	8
1.2.4	Valores .....	9
1.2.5	Estructura Organizacional.....	9
1.3	Planteamiento del Problema .....	10
1.4	Objetivos del proyecto.....	11
1.4.1	Objetivo general .....	11
1.4.2	Objetivos específicos .....	11
1.5	Alcances y limitaciones .....	11
1.5.1	Alcances.....	11
1.5.2	Limitaciones .....	12
2	CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO .....	13
2.1	Marco conceptual general relativo a la carrera.....	14
2.1.1	Ingeniería Industrial.....	14
2.1.2	Proceso de manufactura .....	16
2.1.3	Producción .....	16
2.1.4	Procesos de producción.....	17
2.1.5	Catéter.....	17
2.1.6	Línea de producción.....	17
2.1.7	Muda .....	18
2.1.8	Validación de procesos .....	19
2.1.9	Diagrama de Gantt.....	20
2.1.10	Diagrama de flujo de procesos .....	20
2.1.11	Diagrama de Ishikawa (causa-efecto) .....	22
2.1.12	Los 5 ¿Por qué?.....	23
2.1.13	Diagrama de Pareto .....	24
2.1.14	Reporte A3 .....	25
2.1.15	Diagrama de Espaguetti.....	26
2.1.16	Cuello de botella.....	27

2.2	Marco Conceptual atinente a la gestión del proyecto .....	28
2.2.1	Etapas de la metodología DMAIC .....	29
2.2.2	Etapa Definir .....	30
2.2.3	Etapa Medir .....	30
2.2.4	Etapa Analizar .....	31
2.2.5	Etapa Mejorar .....	31
2.2.6	Etapa Controlar .....	32
2.3	El marco conceptual referente al impacto del proyecto .....	33
2.4	Antecedentes de proyecto o experiencia semejante .....	34
3	CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO .....	36
3.1	Metodología para la definición del problema .....	37
3.2	Metodología para la medición y respaldo cualitativo de proyecto .....	38
3.3	Metodología para la propuesta de mejora, construcción o puesta en práctica de un nuevo proceso o servicio. ....	38
3.4	Metodología para la implementación del proyecto .....	39
3.5	Metodología para la verificación, aseguramiento, control y seguimiento de resultados .....	41
4	CAPÍTULO IV: LÍNEA BASE Y ANÁLISIS DE CAUSAS .....	42
4.1	Análisis del flujo del proceso .....	43
4.2	Desperdicio de suministro generado en la línea de ensamble del producto GAMA .....	47
4.2.1	Unidades y Producción mensual del producto GAMA .....	51
4.3	Jumpers utilizados diariamente, mensualmente y costo equivalente de las unidades por Jumpers en ambos Cuartos controlados (CAEs).....	55
4.3.1	Simulación con los datos Históricos.....	63
4.4	Estudios de las Causas.....	66
4.4.1	Caminata Gemba en la estación de ensamble de fibras .....	67
4.4.2	Diagrama Ishikawa o causa y efecto relacionado a las causas raíz del problema .....	69
4.4.3	Multi-votación del grupo selecto para el proceso.....	72
4.4.4	Pareto de las variables seleccionadas en el multivoto .....	74
4.4.5	Matriz de 5 ¿POR QUÉ? de las causas potenciales del proyecto .....	75
4.5	Componentes importantes para realizar el reemplazo de los Jumpers .....	80
5	CAPÍTULO V: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN.....	84
5.1	Implementación del proceso de retrabajo.....	86
5.1.1	Aprobación de Ingeniería .....	86
5.1.2	Asignación de recursos .....	91
5.1.3	Asignación de presupuesto .....	92

5.1.4	Evaluación de calidad (Quality Assessment).....	92
5.1.5	Desarrollo del proceso .....	97
5.1.6	Validación de proceso .....	98
5.1.7	Implementación del proceso .....	101
5.1.8	Tiempos, duración y costos .....	106
5.2	Plan para iniciar con el retrabajo.....	107
5.3	Flujo del proceso .....	108
5.4	Almacenamiento de material.....	110
5.5	Entrenamientos inadecuados.....	111
5.6	Planificación del desarrollo del proyecto.....	113
5.7	Análisis de costo beneficio.....	114
6	CAPÍTULO VI: Conclusiones y Recomendaciones .....	117
6.1	Conclusiones.....	118
6.2	Recomendaciones .....	120
7	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	122
8	ANEXOS .....	124
	Anexo 1. Procedimiento para retrabajar los Jumpers.....	125
	Anexo 2 Protocolo de validación de inspección.....	149

## Índice Figuras

Figura 1 .....	2
Equipo FISO probando un catéter .....	2
Figura 2 .....	3
Catéter y partes del Producto GAMA.....	3
Figura 3 .....	4
Diseño del cuarto controlado 930. (CAE 930) .....	4
Figura 4 .....	5
Diseño del cuarto controlado 3450 (CAE 3450 .....	5
.....	5
Figura 5 .....	6
Jumper, Suministro en que se enfoca la mejora.....	6
Figura 6 .....	8
Línea de tiempo de la empresa Abbott .....	8
Figura 7 .....	9
Diagrama Organizacional de Abbott .....	9
Figura 8 .....	10
Estructura organizativa del Producto GAMA .....	10
Figura 9 .....	15
Actividades de los Ingenieros Industriales.....	15
Figura 10 .....	17
Diagrama de procesos .....	17
Figura 11 .....	20
Diagrama Gantt.....	20
Figura 12 .....	22
Diagrama de Flujo de procesos .....	22

Figura 13 .....	23
Diagrama Ishikawa.....	23
Figura 14 .....	24
5 ¿Por qué? .....	24
Figura 15 .....	25
Diagrama de Pareto .....	25
Figura 16 .....	26
Reporte A3 .....	26
Figura 17 .....	27
Diagrama Espaguetti.....	27
Figura 18 .....	28
Cuello de botella .....	28
Figura 19 .....	29
Ciclo DMAIC.....	29
Figura 20 .....	43
Diagrama de flujo de procesos del producto GAMA.....	43
Figura 21 .....	48
Reemplazo de Jumper septiembre 2021 a febrero 2022 .....	48
Figura 22 .....	50
Fluctuación de los datos históricos de Jumpers desechados de septiembre 2021 a febrero 2022 .....	50
Figura 23 .....	64
Jumpers utilizados vs viejos.....	64
Figura 24 .....	65
Costo de Jumper utilizados Vs Costo con el retrabajo .....	65
Figura 25 .....	66
Lluvia de ideas realizada en la operación de ensamble de fibras .....	66
Figura 26 .....	70
Causa y efecto en el proceso de ensamble de fibras .....	70

Figura 27 .....	74
Pareto de variables de la Multi-votación .....	74
Figura 28 .....	76
Diagrama espagueti del flujo del proceso del reemplazo de Jumper .....	76
Figura 29 .....	78
Adhesivo en la cara de la fibra.....	78
Figura 30 .....	79
Distancia entre fibras .....	79
Figura 31 .....	80
Componentes del entorno.....	80
Figura 32 .....	82
Partes del conector .....	82
Figura 33 .....	83
Cara de fibras.....	83
Figura 34 .....	87
Reporte A3 presentado a Ingeniería.....	87
Figura 35 .....	88
Tipos de Etiquetas de trazabilidad .....	88
Figura 36 .....	90
Estación antes de la implementación de segregación.....	90
Figura 37 .....	91
Estación después de la implementación de segregación.....	91
Figura 38 .....	93
Distancia de la medición .....	93
Figura 39 .....	95
Cara de fibra en buen estado .....	95
Figura 40 .....	97
Cara de fibra en dañada .....	97

Figura 41 .....	98
Flujo del proceso de retrabajo de Jumpers.....	98
Figura 42 .....	105
Documento controlado para el uso de lijas.....	105
Figura 43 .....	109
Diagrama espagueti del flujo del proceso de cambio de Jumper, con la implementación .....	109
Figura 44 .....	110
Bin para Jumpers nuevos .....	110
Figura 45 .....	110
Almacenamiento de Jumpers.....	110
Figura 46 .....	111
Propuesta para almacenamiento de Jumpers .....	111
Figura 47 .....	112
Hoja de entrenamiento controlado.....	112
Figura 48 .....	113
Planificación del desarrollo del proyecto.....	113

## Índice de Tablas

Tabla 1 .....	21
Simbología tradicional diagrama de flujo de procesos .....	21
Tabla 2 .....	49
Precio del Jumper por unidad .....	49
Tabla 3 .....	49
Análisis de precio utilizados por mes .....	49
Tabla 4 .....	52
Unidades y producción total de septiembre 2021 .....	52
Tabla 5 .....	52
Unidades y producción total de octubre 2021 .....	52
Tabla 6 .....	53
Unidades y producción total de noviembre 2021 .....	53
Tabla 7 .....	53
Unidades y producción total de diciembre 2021 .....	53
Tabla 8 .....	54
Unidades y producción total de enero 2022 .....	54
Tabla 9 .....	55
Unidades y producción total de febrero 2022 .....	55
Tabla 10 .....	56
Output equivalente por Jumper de septiembre 2021 .....	56
Tabla 11 .....	56
Costo equivalente de unidades por Jumper en septiembre 2021 .....	56
Tabla 12 .....	57
Output equivalente por Jumper de octubre 2021 .....	57
Tabla 13 .....	58

Costo equivalente de unidades por Jumper en octubre 2021 .....	58
Tabla 14 .....	58
Output equivalente por Jumper de noviembre 2021 .....	58
Tabla 15 .....	59
Costo equivalente de unidades por Jumper en noviembre 2021 .....	59
Tabla 16 .....	59
Output equivalente por Jumper de diciembre 2021 .....	59
Tabla 17 .....	60
Costo equivalente de unidades por Jumper en diciembre 2021 .....	60
Tabla 18 .....	61
Output equivalente por Jumper de enero 2021 .....	61
Tabla 19 .....	61
Costo equivalente de unidades por Jumper en enero 2022 .....	61
Tabla 20 .....	62
Output equivalente por Jumper de febrero 2022 .....	62
Tabla 21 .....	62
Costo equivalente de unidades por Jumper en febrero 2022 .....	62
Tabla 22 .....	63
Simulación de utilizar Jumpers retrabajados .....	63
Tabla 23 .....	65
Costos de suministros .....	65
Tabla 24 .....	68
Resultados de la camina Gemba en la operación de ensamble de fibras .....	68
Tabla 25 .....	73
Multivoto de variables a tomar en cuenta .....	73
Tabla 26 .....	73
Datos para el Pareto .....	73
Tabla 27 .....	75

Matriz de 5 ¿POR QUÉ? .....	75
Tabla 28 .....	77
Pasos y tiempos de la solicitud del cambio .....	77
Tabla 29 .....	85
Causas y propuestas .....	85
Tabla 30 .....	85
Causas y propuestas de mejoras con el personal .....	85
Tabla 31 .....	89
Etiquetas y Bines de segregación.....	89
Tabla 32 .....	91
Asignación de tareas.....	91
Tabla 33 .....	94
Retrabajo #1.....	94
Tabla 34 .....	96
Retrabajo #2.....	96
Tabla 35 .....	100
Equipos utilizados para el proceso de ensamble de fibras.....	100
Tabla 36 .....	101
Materiales y suministros.....	101
Tabla 37 .....	104
Costos de suministros .....	104
Tabla 38 .....	106
Jumpers retrabajados con las lijas.....	106
Tabla 39 .....	106
Ganancia del retrabajo de los Jumpers .....	106
Tabla 40 .....	107
Costo total de Jumpers por uso de lijas.....	107
Tabla 41 .....	114

Costo beneficio del retrabajo de los Jumpers.....	114
Tabla 42 .....	115
Análisis de Costo beneficio durante la investigación.....	115
Tabla 43 .....	116
Estado de las 3 Causas potenciales, encontradas durante la investigación.....	116

## ACRÓNIMOS Y SIGLAS

- DMAIC: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar.
- FMEA: Failure Modes and Effect Analysis (Modo fallos y Análisis de efecto)
- SCRAP: Son todos los desechos o residuos derivados del proceso
- SGC: Sistema de gestión de Calidad
- SIX SIGMA: Metodología para eliminar defectos en cualquier producto o servicio.
- CAE: Control Access Environment (control de acceso ambiental)
- MVR: Master Validation Report (Reporte maestro de las validaciones)
- Inputs: Se traduce como las entradas de un proceso productivo para confeccionar los bienes y servicios terminados.
- Outputs: Salida de materia prima o producto terminado del producto
- BIN: Receptáculo o cubo de almacenamiento o reciclaje, conocido como BIN
- SAP: Sistemas, Aplicaciones y Productos en Procesamiento de Datos (Systems, applications, and product in Data Processing)

## RESUMEN EJECUTIVO

El proyecto de investigación se realiza en la empresa Abbott, ubicada en la Zona Franca en el Coyol de Alajuela, específicamente en la unidad de negocio EPHF (Electro physiology heart failure) en el “producto GAMA”. Esta área se dedica a la manufactura de dispositivos médicos, encargada de fabricar catéteres para la detección y tratamiento de fallos en el corazón.

La propuesta se enfoca en la disminución del desperdicio de un componente relacionado al catéter, que es fabricado a base de fibra de vidrio, y que se encarga de enviar una señal entre el equipo y el catéter; de manera tal que se obtiene un valor resultante en una pantalla.

Este suministro es conocido como “Jumper” y se utiliza en el proceso de producción, en el ensamble del catéter. Se encuentra a lo interno de un equipo de medición que emite señales y obtiene diversos resultados, en las variables tenemos: Señal, Lámpara y Cavidad, esas variables cuentan con un rango de Tolerancia ( $\pm$ ) para así colaborar que los parámetros a medir estén dentro de aceptación.

El “Jumper” funciona como un puente entre un módulo interno del equipo y el conector, esto con el fin de pasar una señal de luz y así obtener las mediciones mencionadas anteriormente. Este componente presenta un desperdicio que va aumentando mes a mes donde se tienen meses con desechos de 200 Jumpers aproximadamente y otros con cantidades mayores a 300, teniendo un costo de \$4000 a \$6000 por mes. Estos componentes van en aumento conforme sube la producción del producto, ya que, los operadores lo desechan cuando el catéter no cumple con los rangos de las mediciones, y así descartan que no sea un fallo en el dispositivo.

Durante los dos turnos de producción diaria, se conectan un aproximado de 500 conectores de fibras al día, en 4 líneas de ensamble que utilizan este componente (Jumper); el cual se desgasta por el uso continuo y constante en esas conexiones. El proceso del producto GAMA, cuenta con una operación que tiene un equipo el cual puede

limpiar la cara de las fibras del catéter, por lo tanto, la propuesta es que se pueda retrabajar el componente y así obtener una vida más larga y mayor uso en el proceso.

Mediante la aplicación de la metodología DMAIC se realiza la mejora incremental del retrabajo del Suministro, utilizando las diferentes herramientas ingenieriles, se va a demostrar el desperdicio y los beneficios de retrabajar los Jumpers.

## **CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN**

## 1.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

El presente proyecto de investigación se realiza en la empresa Abbott Medical, ubicada en la Zona Franca El Coyol en Alajuela, específicamente en la unidad de negocio EPHF (Electro physiology Heart failure); esta sección de la empresa se encarga de fabricar catéteres para la detección y tratamiento de fallos en el corazón.

La investigación tiene como objetivo principal, proveer una propuesta para lograr la reducción en el consumo de un suministro que se llama “Jumper”, el cual es fabricado a base de fibra de vidrio. Este componente se encuentra a lo interno de un equipo de medición conocido como FISO, que emite señales y obtiene diversos resultados en el ensamble del catéter. Cuenta con un conector en su parte inferior, el cual sufre desgaste al obtener mediciones, al conectar el catéter a este equipo de medición, para corroborar que los resultados estén dentro de los rangos establecidos por el procedimiento.

**Figura 1**

*Equipo FISO probando un catéter*



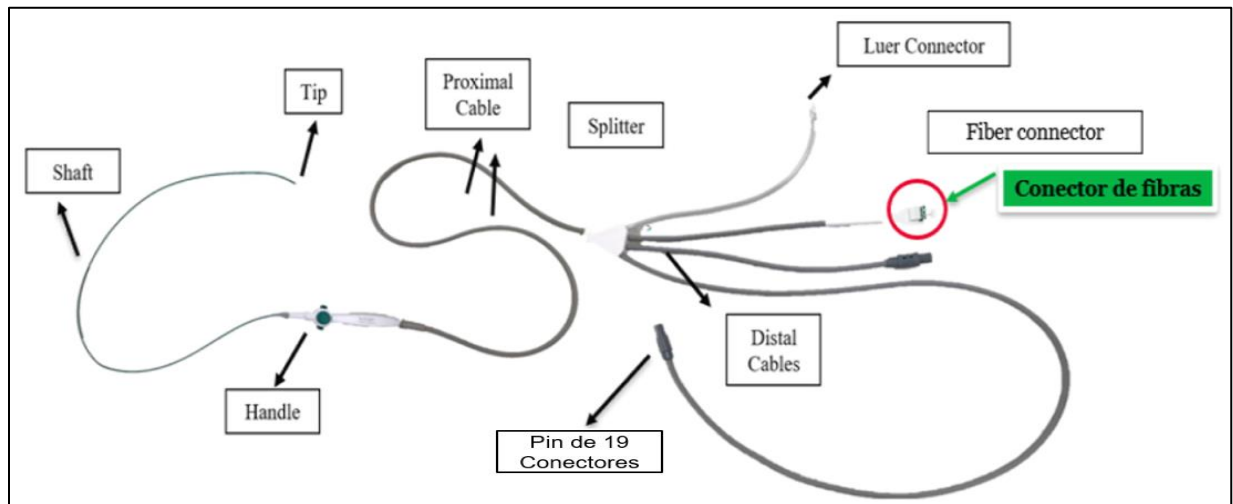
**Fuente: Tomado de Software del equipo FISO**

Ante la urgencia de disminuir el sobre consumo de Jumpers, nace la propuesta de que se podrían retrabajar y disminuir el desperdicio del suministro, que podría tener una mayor vida útil.

Entre la gran variedad de sus productos, la empresa Abbott cuenta con el “producto GAMA” el cual tiene una característica que lo hace diferente a los demás, ya que cuenta con fibras de vidrios internas, las cuales tienen como objetivo llevar una mejor señal. En la Figura 2, se marca la parte del catéter que hace conexión con el equipo de medición FISO.

**Figura 2**

*Catéter y partes del Producto GAMA*



***Fuente: Tomado de especificación del producto GAMA***

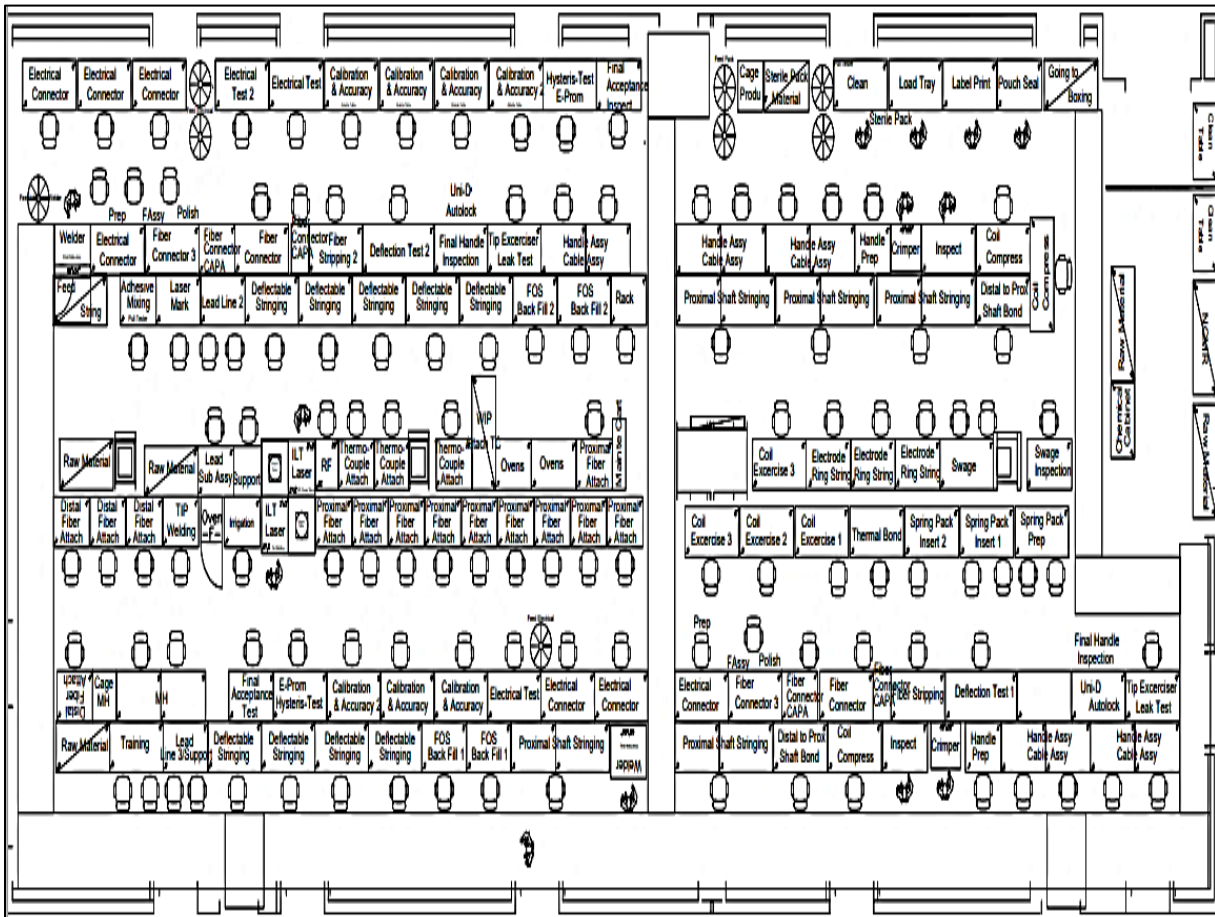
Este trabajo de investigación se enfoca en las cuatro líneas de ensamble con que este producto cuenta, las cuales por su gran tamaño tienen dos ubicaciones en diferentes cuartos controlados conocidos como CAEs, Control Access Environment.

### **Cuarto controlado 930 (CAE 930)**

Este Cuarto controlado o CAE es el más pequeño de los dos, con un aproximado 95 personas, con dos líneas de ensamble del producto GAMA, están ubicadas línea 2 y línea 3, las cuales ambas cuentan con la misma capacidad de producción.

**Figura 3**

*Diseño del cuarto controlado 930. (CAE 930)*



**Fuente:** Tomado de Repocitorio de documentos de Abbott

### **Cuarto controlado 3450 (CAE 3450)**

Este CAE es el de mayor tamaño, con un aproximado de 170 operarios, con dos líneas de ensamble del producto GAMA, están ubicadas línea 4 y línea 5 las cuales ambas cuentan con la misma capacidad de producción, cabe mencionar que el producto que se ensambla del catéter GAMA, su mayor producción se encuentra en este CAE, ya que cuenta con las condiciones necesarias, mayor tamaño o espacio necesario, por lo tanto, se procesa el doble de producción que el CAE 930.



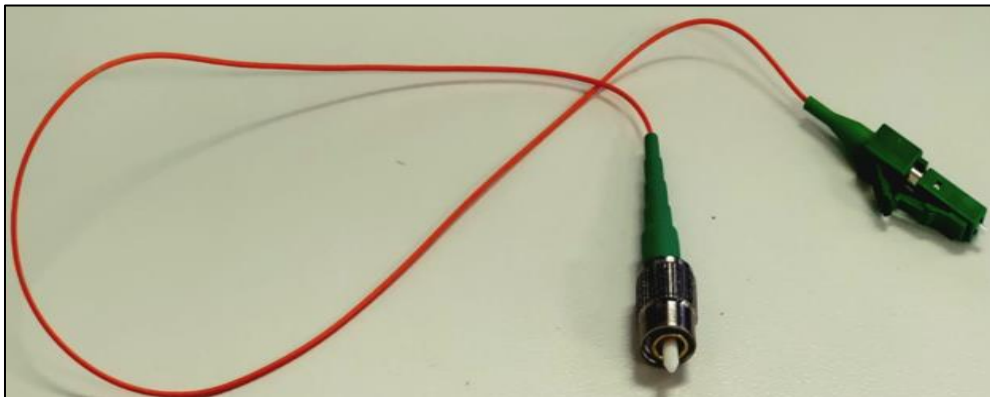
Adicionalmente, la demanda en el mercado del “Producto GAMA” se ha hecho más amplia y la producción ha ido en incremento; por lo tanto, para alcanzar las metas de producción, se han validado cuatro líneas de manufactura idénticas, pero no con la misma capacidad.

Utilizando los conceptos de manufactura esbelta, se propone el retrabajo del componente de fibra de vidrio del “Jumper”; ya que, por el desgaste, la contaminación en la estación de trabajo, mala manipulación y el proceso normal de manufactura, este suministro sufre desgaste, debido a que requiere contacto entre el catéter y el equipo de medición (FISO).

La intención de la propuesta es aprovechar el equipo de pulido ya existente en las líneas de producción, el cual cumple con las características necesarias, para poder retrabajar estos conectores. El mismo está ubicado donde se da este desperdicio o sobre consumo; por lo tanto, se empleará un conjunto de herramientas, la cuales ayudará a eliminar todas las variables que no agreguen valor al retrabajo. Esta mejora en el sobre consumo, añade mayor valor al producto; y pretende agilizar el proceso de fibras, y así atacar los cuellos de botella que se presentan; ya que, cada Jumper se debe sustituir debido al desgaste producido por el uso diario, y en ese momento el reemplazo debe ser solicitado en bodega, una actividad de espera que no brinda valor.

### **Figura 5**

*Jumper, Suministro en que se enfoca la mejora*



***Fuente: Elaboración propia***

Este proyecto está enfocado en la reducción de costos en el proceso de producción del “Producto GAMA” en el cual, diferentes variables se verán beneficiadas del estudio, ya que agilizará el proceso de reemplazar el componente, enfocado al control sobre el consumo de Suministro Jumper. Utilizando la metodología DMAIC se plantearán propuestas significativas durante la investigación.

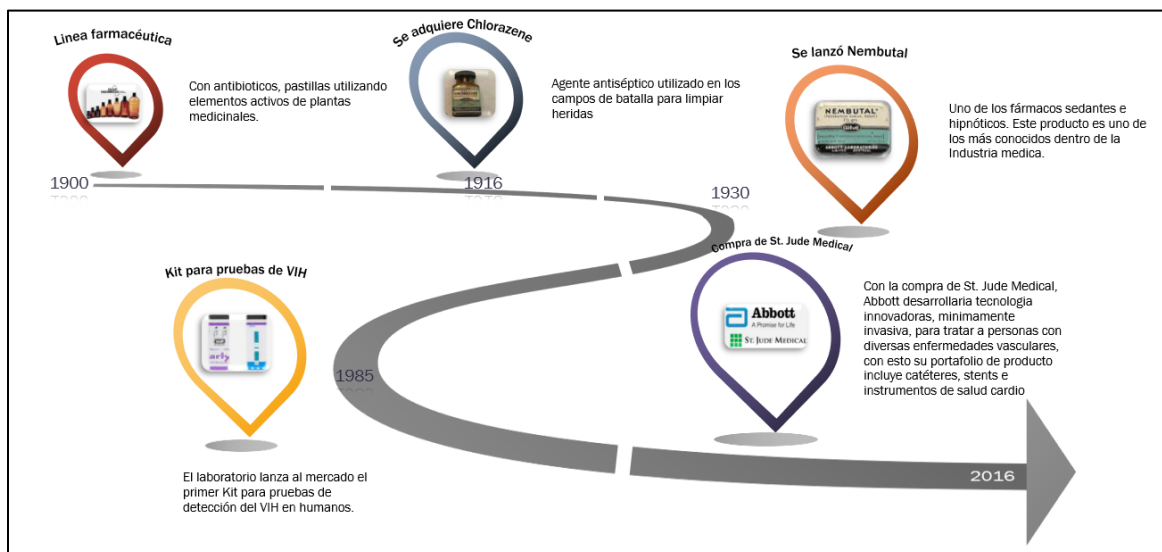
Debido al incremento de producción y ajuste de metas trimestrales, el aumento de reemplazos del jumper es significativo, y es de gran importancia establecer una mejora con este suministro para reducir el porcentaje de desperdicio de estos. Además de facilitar la compilación y almacenamiento de información para determinar, identificar y proponer el retrabajo del componente y a su vez, pueda suplir con las necesidades requeridas en el proceso, para así cumplir su propósito y garantizar su eficiencia.

## **1.2 IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA O INSTITUCIÓN**

La empresa en la que se desarrolla este proyecto es de Industria médica, en 1888, el Dr. Wallace C. Abbott, médico y propietario de una farmacia, comenzó a fabricar medicamentos precisos y formulados científicamente con el objetivo de brindar terapias más eficaces a los pacientes. La empresa cuenta hoy en día aproximadamente con 95,000 empleados alrededor del mundo.

La Compañía se encuentra en Costa Rica desde el 2012 en la Zona Franca del Coyol de Alajuela, con más de 5000 empleados en su planilla, cuenta con productos de manufactura la cual se centra en tecnologías innovadoras con catéter de diagnóstico y ablación, la empresa requiere de altos estándares de calidad e involucrar procesos altamente monitoreados y auditados. La casa matriz está ubicada en Plymouth Minnesota, Estados Unidos.

Esta empresa dedicada a la división de Electrofisiología y Estructura del corazón es parte de la unidad de negocio de arritmias cardíacas, con múltiples diseños y encargados de fabricar dispositivos médicos que diagnostican y tratan la fibrilación auricular, así como varios productos de la familia Abbott se centra en el sistema de mapeo y visualización, que pueda mejorar la forma en la que los médicos tratan las personas con arritmias cardíacas (latidos irregulares).

**Figura 6****Línea de tiempo de la empresa Abbott**

**Fuente: Elaboración propia**

**1.2.1 Misión de la Empresa**

La misión de Abbott establece lo siguiente:

Mejoramos la salud y la calidad de vida, diseñando dispositivos para tratar enfermedades de la estructura cardiaca. (Abbott, 2021)

**1.2.2 Visión de la empresa**

“Ayudar a las personas a llevar la mejor calidad de vida posible con un mejor estado de salud”. (Abbott, 2021)

**1.2.3 Política de Calidad**

“Fabricado como si fuera para la familia” (Abbott, 2021)

Abbott se dedica a mejorar el cuidado de la salud proporcionando productos de alta calidad, seguros y eficaces y garantizando el cumplimiento de las reglamentaciones. Esto se logra a través del compromiso con la calidad y la continua efectividad del sistema de gestión para cumplir con los requisitos de los clientes, de las partes interesadas, de las normativas y otros aplicables.

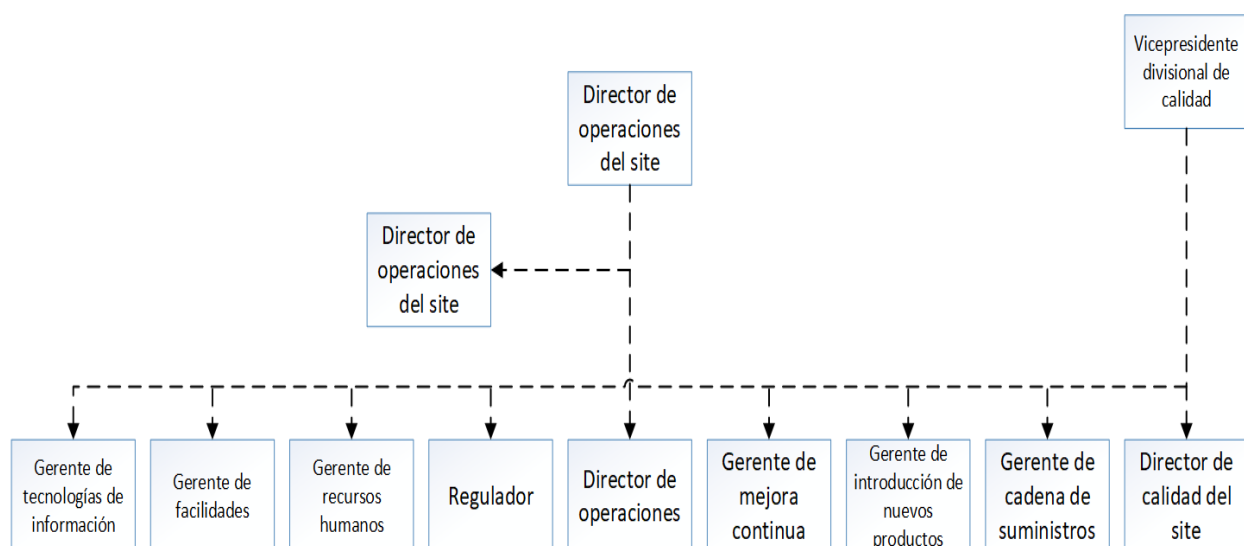
### 1.2.4 Valores

- Somos Pioneros: Estamos a la vanguardia de la ciencia y de la comercialización con un desempeño innovador.
- Cuidamos la Salud: Marcamos una diferencia en la vida de las personas.
- Conseguimos Resultados: estamos orientados al cliente con ejecución de primer nivel.
- Seguimos Avanzando: Trabajamos con compromiso y propósito.

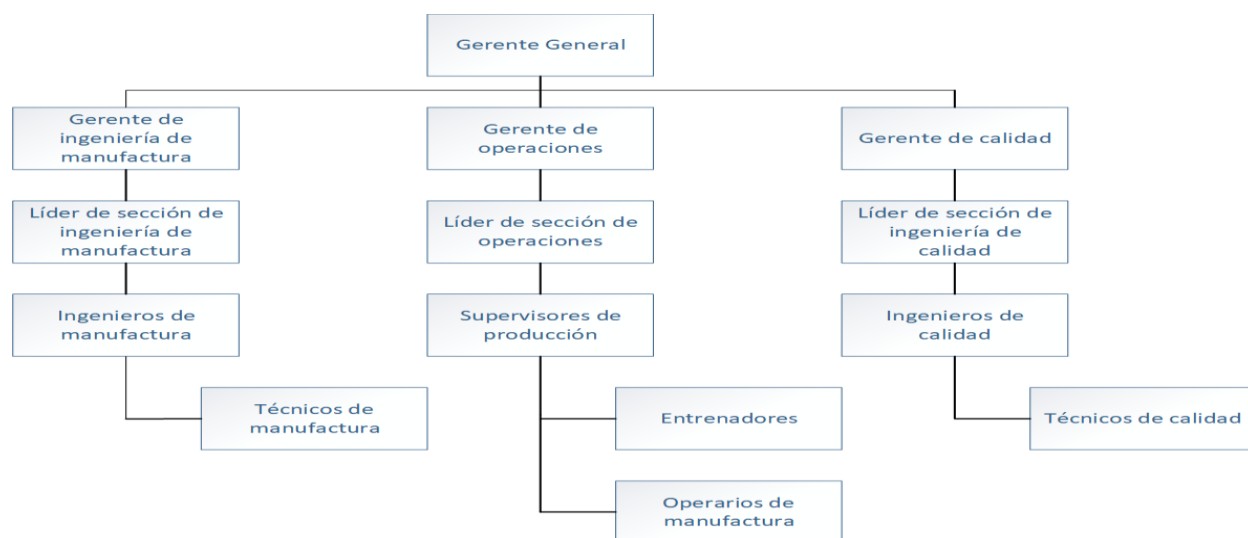
### 1.2.5 Estructura Organizacional

**Figura 7**

*Diagrama Organizacional de Abbott*



**Fuente: Elaboración propia**

**Figura 8***Estructura organizativa del Producto GAMA*

**Fuente: Elaboración propia**

### 1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El producto GAMA actualmente no cuenta con un sistema robusto que permita un control eficaz para evitar el desperdicio del suministro conocido como Jumpers, ya que cuenta con cuatro líneas de ensamble y estas tienen un presupuesto designado para los consumibles, los cuales son aquellos materiales que se utilizan dentro de las estaciones de trabajo para ayudarse al ensamble de unidades, como herramientas, empaques, aplicadores, toallas y Jumpers. El componente con mayor valor significativo en este desperdicio es el jumper, el cual generan grandes pérdidas económicas en la empresa.

Para el componente en análisis, tiene un valor de \$19.12 por unidad, sin embargo, durante el 2021 y 2022 en el producto GAMA no se ha alcanzado una estabilidad con este tipo de desechos, ya que la empresa busca la manera de ser más productiva, de modo que puedan ir eliminando la mayor cantidad de desperdicios, esperando que dichos cambios repercutan, al final, en una ganancia mayor de utilidades, para poder

competir en la Industria médica. De ahí la meta de reducir y controlar el desperdicio en el proceso de producción.

## **1.4 OBJETIVOS DEL PROYECTO**

### **1.4.1 Objetivo general**

Proponer un plan de mejora, para la reducción de costos y aprovechamiento de materiales, mediante la reutilización de componentes, en el departamento de producción, de una empresa de industria médica.

### **1.4.2 Objetivos específicos**

1. Conocer el proceso productivo para la elaboración de catéter del departamento de producción de una empresa de industria médica de materiales.
2. Medir el desperdicio generado de suministros en el proceso de producción.
3. Determinar las oportunidades de mejora que existen en el proceso de producción actual.
4. Analizar las causas raíz del desperdicio de materiales.
5. Realizar propuesta de mejora a partir de los datos analizados, en el consumo de los materiales.
6. Proponer un plan de control para el monitoreo del proceso que permita reducir el desperdicio para un mejor aprovechamiento de su material.

## **1.5 ALCANCES Y LIMITACIONES**

### **1.5.1 Alcances**

La implementación del proyecto de retrabajo de componentes conocido como Jumpers, abarca en el proceso productivo de una empresa médica en Costa Rica para el primer semestre del 2022, Permite colaborar con el problema de sobre consumo de materiales y así poder reducir el desperdicio por lo tanto se benefician los inventarios de la "Producto GAMA".

Se identifican las diferentes causas raíz con su respectivo costo y consumo, con el fin de analizar los procesos de asignación e identificación de las necesidades de implementar controles y acciones para mejorar la administración.

Finalmente, la presente investigación, tiene como objetivo realizar una propuesta para re TRABAJAR los Jumpers desechados y a su vez disminuir el índice de desecho del suministro; utilizando las herramientas necesarias que ayuden a la disminución del desperdicio.

### **1.5.2 Limitaciones**

Como es habitual en este tipo de industria y dada la competencia, para Abbott compartir mucha información resulta riesgoso, y se debe manejar con cuidado para no exponer lo que la empresa considera “información sensible”. Por ende, se habilitará la información necesaria para el proceso de diagnóstico y situación actual del proceso; sin embargo, la revelación de todos los datos tendrá limitaciones.

Se identifica como parte de las limitaciones, la obtención del suministro reemplazado; ya que, al no ser un tema de interés para el equipo de producción, no se está guardado al 100% los suministros desechados, para así realizar la cantidad de pruebas suficientes. Cualquier mejora propuesta que incluya alguna inversión monetaria, debe ser valorada y revisada por el departamento de finanzas para ser aprobado.

La implementación de la propuesta queda sujeta al departamento de ingeniería de Manufactura y Calidad de la empresa, después de un análisis y aprobaciones por parte del equipo.

## **CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO**

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

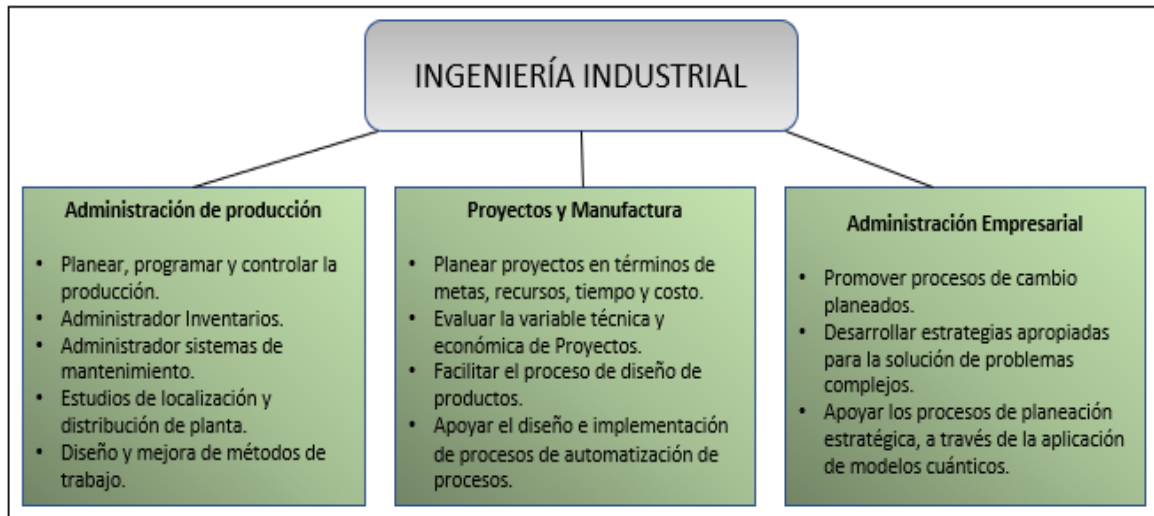
En este apartado se aborda la línea de investigación correspondiente a Operaciones Industriales y a la rama correspondiente a Ingeniería de producción y manufactura. Se busca brindar al lector una idea más clara sobre los temas tratados, así como las generalidades de la carrera de ingeniería industrial, herramientas y metodología utilizada para el abordaje integral de este proyecto.

Las propuestas para mejora se basan en el uso de distintos métodos y conceptos que permitan identificar las causas del problema que se presenta en el proceso del producto GAMA, facilitando la comprensión de cada etapa que se desarrolla con ayuda de herramientas Lean en busca de proponer una mejora exitosa.

### **2.1.1 Ingeniería Industrial**

La Ingeniería Industrial es la rama que se encarga del Análisis, interpretación, comprensión, diseño, programación y control de sistemas productivos y logísticos; también abarca el diseño, la mejora e instalación de sistemas integrados de hombre, materiales y equipo.

Con conocimientos especializados y el dominio de las ciencias matemáticas, físicas y sociales, juntamente con los principios y métodos del diseño y análisis de ingeniería, permite predecir, especificar y evaluar los resultados a obtener de tales sistemas. (ACOFI, 1996).

**Figura 9***Actividades de los Ingenieros Industriales*

**Fuente: Elaboración propia**

El proceso industrial y su principal característica, tiene como objetivo, utilizar y manejar materia prima obtenida de distintos recursos naturales y emplearla para fabricar un producto en masa, también se trata de las diversas etapas que se realizan dentro de una gran operación, para la elaboración de un producto, podemos decir entonces que los procesos industriales son un conjunto de operaciones, que se llevan a cabo para poder crear, fabricar o transformar un gran número de productos.

Tipos de procesos industriales que existen actualmente:

- **Proceso de Operaciones continuas:** Son aquellos procesos de producción que funcionan en forma permanente si detenciones ni arranques, no interrumpidos, excepto por reparaciones o mantenimientos de las máquinas para mantener el alto rendimiento.
- **Proceso de Operaciones discontinuas:** Son similares a las continuas, aunque el proceso de transformación se realiza en un menor tiempo, ya que se cambia de producto con frecuencia y facilidad.
- **Proceso de Operaciones por lotes:** Este proceso se lleva a cabo a través de una secuencia claramente definida. Lo que se hace, es mezclar la materia prima

y posteriormente transformarla con las condiciones específicas o requeridas, cabe mencionar que este es el proceso más antiguo que existe.

- **Proceso de operaciones discretas:** Se encargan en crear un solo producto a la vez. Normalmente los productos son de grandes dimensiones, como puede ser un vehículo o un avión y se realizan varios procesos de transformación, en el mismo lugar.

### 2.1.2 Proceso de manufactura

La manufactura es utilizada en la industria para cambiar ya sea la consistencia, dimensión, forma, la firmeza o la belleza de la materia prima, básicamente es el conjunto de labores que se llevan a cabo para poder transformar las materias primas y convertirlas en productos manufacturados.

Los procesos de manufactura se pueden clasificar de la siguiente forma:

#### **Procesos Primarios:**

- Método de fundición
- Método de moldeo
- Método de formado
- Método especial

#### **Procesos Secundarios:**

- Mecanizados
- Tratamientos térmicos.

#### **Procesos Terciarios**

- Uniones
- Tratamientos superficiales

### 2.1.3 Producción

La producción es la actividad económica que se encarga de transformar los insumos para convertirlos en productos, por lo tanto, la producción es cualquier actividad que aprovecha los recursos y las materias primas para poder elaborar o fabricar bienes y servicios que serán utilizados para satisfacer una necesidad.

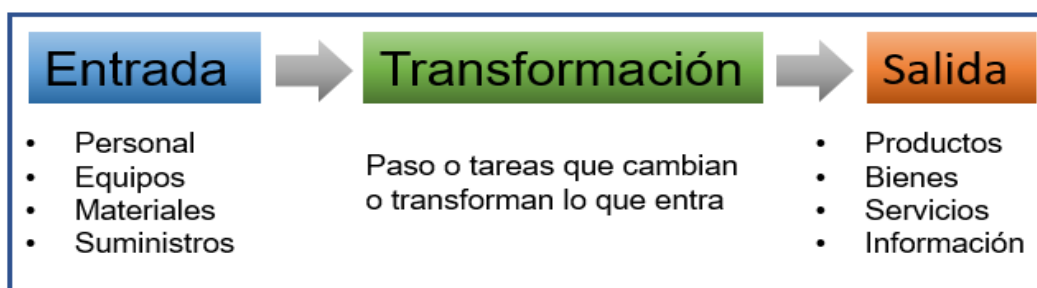
También se podría decir que la producción es una actividad dirigida a la satisfacción de las necesidades humanas, a través del procesamiento de las materias primas, hasta generar productos o mercancías, los cuales serían intercambiadas dentro del mercado.

#### 2.1.4 Procesos de producción

El proceso de producción es el conjunto de tareas y procedimientos requeridos que ejecuta una empresa para efectuar la elaboración de bienes y servicios. También puede entenderse como una serie de operaciones y procesos necesarios que se realizan de forma planificada y sucesiva para lograr la elaboración de productos.

**Figura 10**

*Diagrama de procesos*



***Fuente: Elaboración propia***

#### 2.1.5 Catéter

Un catéter es un dispositivo médico delgado y alargado que puede ser introducido por medio de las venas, principalmente la femoral, o tejidos para diferentes propósitos como por ejemplo los catéteres guía, sirven como su nombre lo dice, de guía para la colocación de otros catéteres, también pueden ser diseñados para implantación de otros dispositivos como válvulas o extensores, para la inyección de fármacos y para el drenaje de líquidos.

#### 2.1.6 Línea de producción

Es el conjunto de operaciones secuenciales en una fábrica de materiales que se pone a través de un proceso de refinado para producir un producto final que es adecuado

para su posterior consumo, o los componentes se montan para hacer un artículo terminado.

También es el conjunto armonizado de diversos subsistemas como son: neumáticos, hidráulicos, mecánicos, electrónicos, software, etc. Todos estos con una finalidad en común: transformar o integrar materia prima en otros productos.

### **2.1.7 Muda**

Muda es una palabra japonesa que se refiere principalmente al desperdicio u obstáculo, en cualquier proceso o negocio, todo aquello que no aporta valor añadido al proceso, no genera mayor output ni mejoran los resultados del proceso del que forman parte. Existe 7 formas de muda o desperdicio que permite identificar la naturaleza del obstáculo o desperdicio de forma más sencilla que están presentes en los procesos:

1. Muda de sobreproducción: considerado el peor de la muda pues genera todo los demás.
2. Muda de Movimiento: Desplazarnos de forma innecesaria, o sin aportar valor al producto.
3. Muda de Espera: Las esperas sin tiempos de fabricación o trabajo durante los cuales no aportamos valor al producto.
4. Muda de Transporte: Es aquel en el que movemos un material, sea producto terminado, materia prima o producto semielaborado, de una forma ineficiente.
5. Muda de Sobre proceso: En ocasiones, sin ser consciente de ello, se realiza tareas u operaciones reiteradamente dentro del mismo proceso o incluso se realizan tareas o pasos innecesarios para completarlo.
6. Muda de Stock o Inventario: Se refiere al inventario del producto ya sea producto terminado, semielaborado o materia prima, generando durante el proceso productivo, y que se puede encontrar tanto al principio como al final del proceso.
7. Muda de defectos: Los defectos y errores son intrínsecamente Muda. No aportan valor y generan desperdicios de diversa índole: coste de material defectuoso, tiempo de reparación o de gestión de defecto o material, etc.

### **2.1.8 Validación de procesos**

La validación de procesos se lleva a cabo para mejorar la calidad general, eliminar desechos, reducir costos, garantizar la consistencia del proceso y del producto, cumplir con los requerimientos y mejorar la satisfacción del cliente. La validación de procesos proporciona un alto grado de garantía de que un proceso producirá consistentemente un producto que cumpla con sus especificaciones predeterminadas y atributos de calidad, aspectos que se identifican como parte de la planeación de la calidad en todas sus etapas.

La validación es la verificación para garantizar que los requisitos del producto se puedan cumplir de manera consistente al demostrar que los procesos son repetibles y reproducibles, en otras palabras, confiables.

Parte de las actividades de validación de un proceso es el análisis de los datos para determinar cuál es el rango normal de variación para la salida del proceso, las 6M (materiales, mano de obra, mediciones, medio ambiente, máquinas y métodos) interactúan en todo proceso y por ello es importante reducir la variación que estos puedan aportar para tener un mejor control estadístico y de seis sigma, “estos seis elementos determinan de manera global todo proceso y cada uno aporta algo de la variabilidad y de calidad de la salida del proceso”(pulido, 2013)

La salida del proceso es cualquier salida como por ejemplo longitud, resistencia, fuerza de torsión, diámetro, tensión, defección, característica cualitativa especificada, etc., que puedan afectar un proceso a lo largo de la línea de manufactura y debe controlarse dentro de criterios predeterminados para garantizar que la salida cumpla con los requisitos de entrada para las próximas estaciones de procesamiento. Los criterios predeterminados para la salida del proceso se describen en los procedimientos de manufactura o especificaciones.

### 2.1.9 Diagrama de Gantt

Henry Gantt (1917):

Los cronogramas de barras o “gráficos de Gantt” fueron concebidos por el ingeniero norteamericano Henry L Gantt, uno de los precursores de la ingeniería industrial contemporánea.

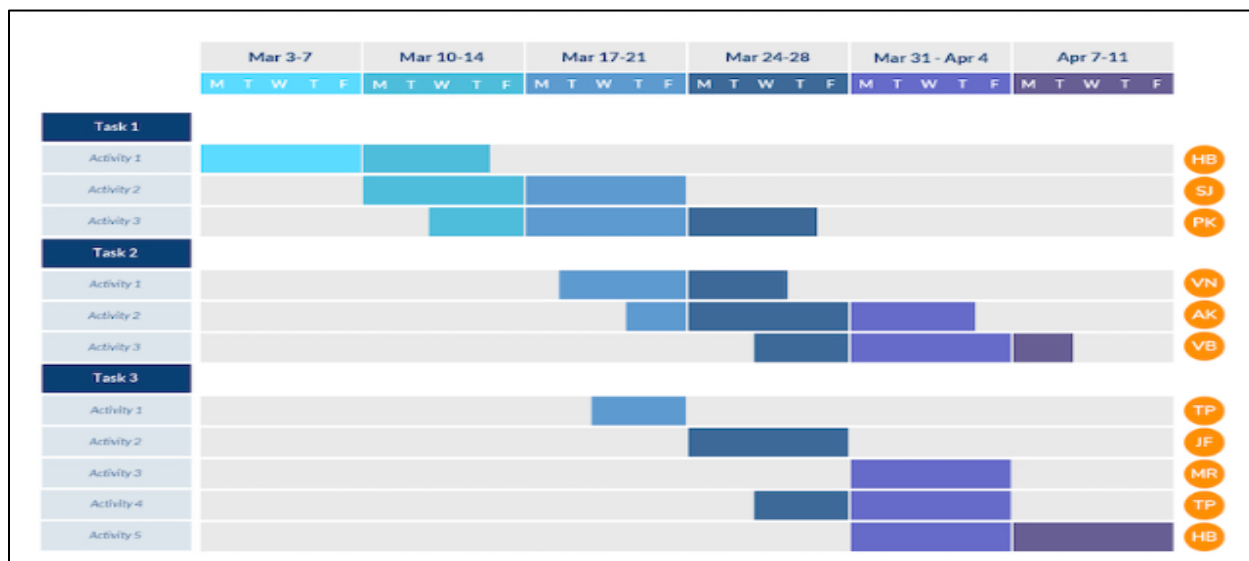
Este gráfico consiste en un sistema de coordenadas en que se indica:

En el eje Horizontal: un calendario, o escala de tiempo definido en términos de la unidad más adecuada al trabajo que se va a ejecutar: hora, día, semana, mes, etc.

En el eje Vertical: Las actividades que constituyen el trabajo a ejecutar. A cada actividad se hace corresponder una línea horizontal cuya longitud es proporcional a su duración en la cual la medición efectúa con relación a la escala definida en el eje horizontal conforme se ilustra.

**Figura 11**

*Diagrama Gantt*



**Fuente:** <https://es.venngage.com/blog/ejemplos-diagramas-gantt-plantillas/>

### 2.1.10 Diagrama de flujo de procesos

Este tipo de diagrama de flujo ilustra las relaciones entre los principales componentes de una planta, también permite identificar cuáles operaciones se encuentran relacionadas entre sí y están alineadas directamente con el proceso en





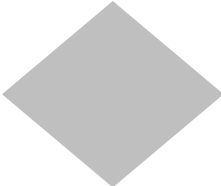
función del orden en el que ejecutan. Además, permite poder observar cuales de las tareas presentan problemas, las cuales son de importancia resolver o eliminar de manera inmediata, dicho que algunas tareas son puntos críticos u operaciones de suma importancia para la empresa.

Graficar un proceso permite mostrar las secuencias de actividades por realizar en cada operación o tares y gestionar las personas que están involucradas en el proceso para poder determinar si los procesos que ejecutan el personal son los más adecuados o se realiza de manera correcta.

Para la realización de un diagrama de flujo de proceso se utilizan diversos símbolos para diferenciar las tareas que representan, algunos de los más utilizados son:

**Tabla 1**

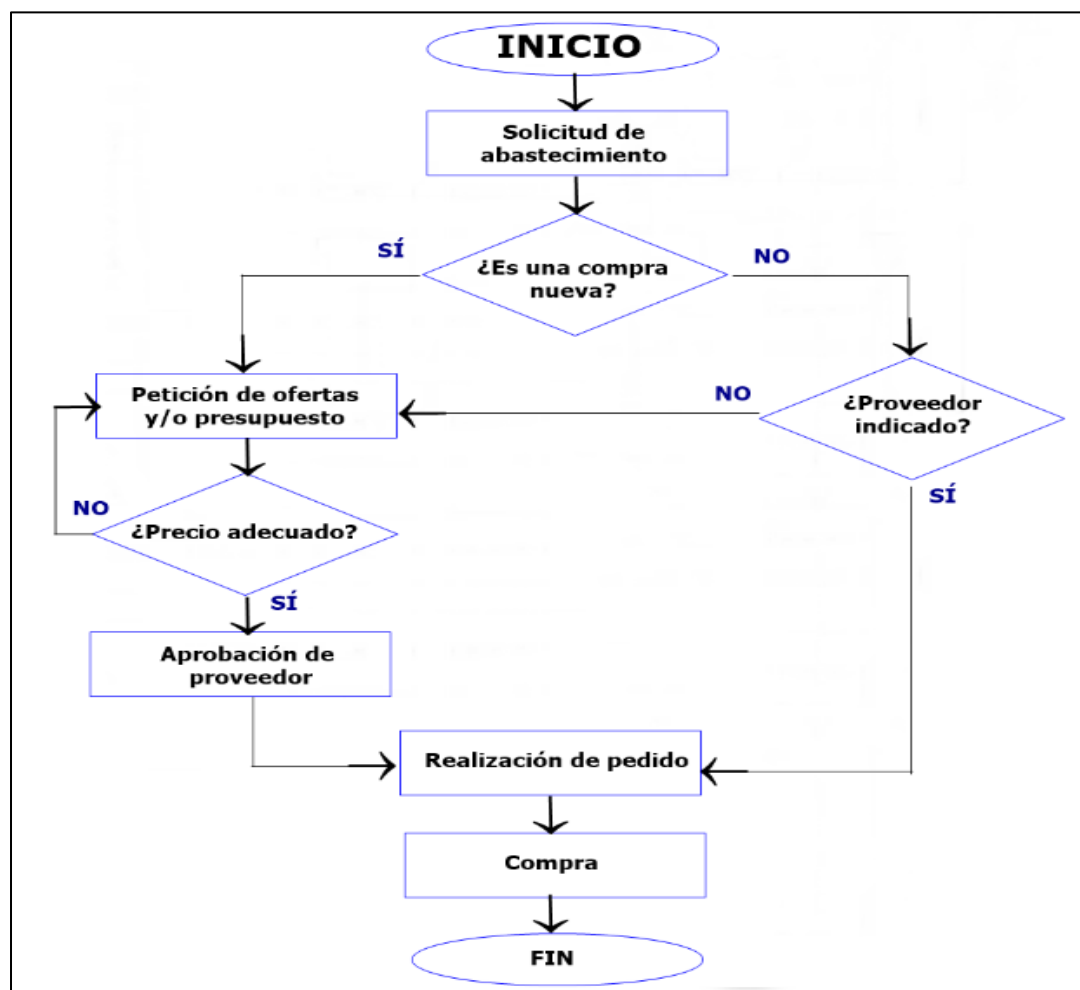
*Simbología tradicional diagrama de flujo de procesos*

<b>Símbolo</b>	<b>Nombre</b>	<b>Función</b>
	Inicio/ Final	Utilizado para representar el inicio o final de un proceso determinado
	Línea de flujo	Es el indicador del orden de la ejecución de las operaciones. Con la flecha se indica la siguiente instrucción.
	Entrada/ Salida	Es la representación de lectura en cada dato de entrada y la impresión de datos de salida.
	Proceso	Indica y representa cualquier tipo de operación
	Decisión	Se permite analizar una situación, con base en los valores verdadero y falso.

***Fuente: Elaboración propia***

Figura 12

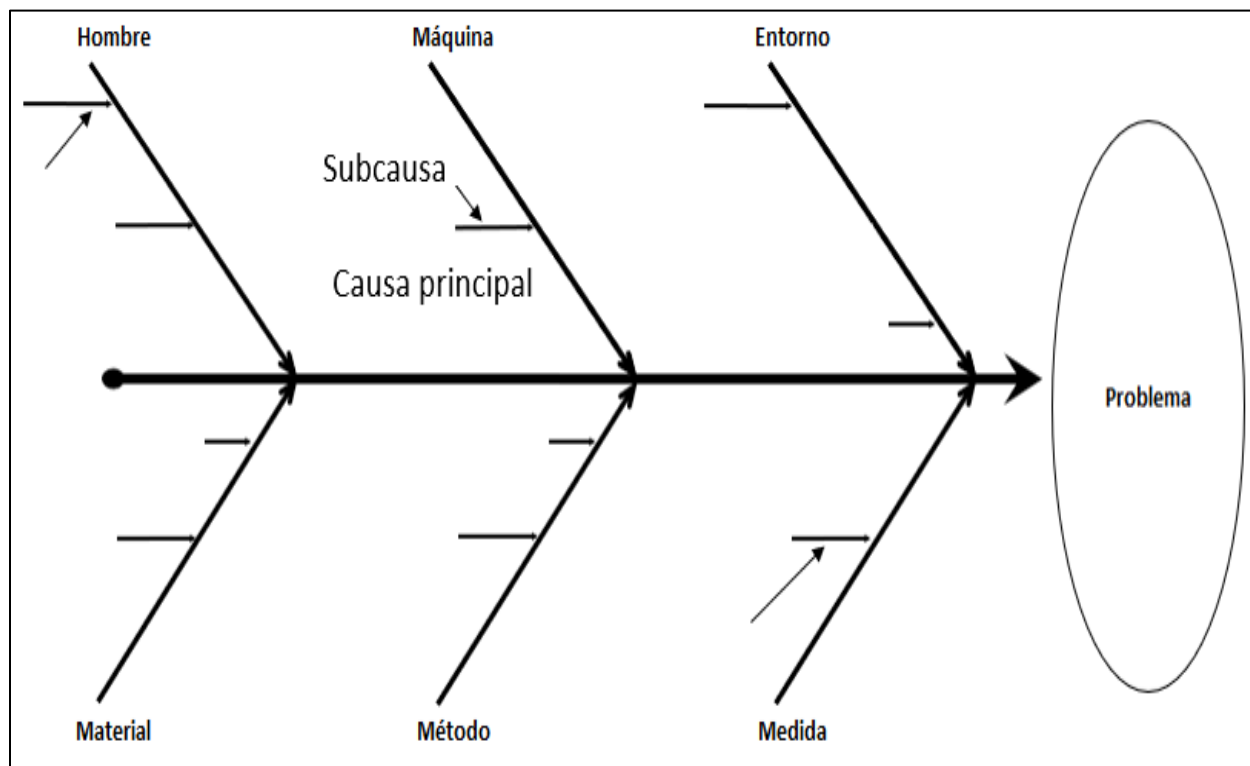
Diagrama de Flujo de procesos



Fuente: <https://blog.hubspot.es/sales/que-es-diagrama-flujo-procesos>

### 2.1.11 Diagrama de Ishikawa (causa-efecto)

Es conocido como un método de análisis de problemas y control de la calidad aplicado al ámbito empresarial. Evalúa potenciales incidencias con base en sus posibles causas. Este modelo, también, es conocido en el ámbito económico como diagrama de causa-efecto, además es habitual la denominación Diagrama de espina de pescado, esto debido a su representación gráfica.

**Figura 13***Diagrama Ishikawa**Fuente: Elaboración propia***2.1.12 Los 5 ¿Por qué?**

Los 5 Por qué, es una técnica sistemática de preguntas utilizadas durante la fase de análisis de problemas para buscar sus posibles causas principales. Taiichi Ohno en su libro "El sistema de producción de Toyota. Mas allá de la producción a gran escala", explica ampliamente el uso de esta herramienta y como esta contribuyó en la evolución del sistema de producción de Toyota.

Repetir "por qué" cinco veces, nos ayudará a descubrir la raíz de un problema; conduciéndonos a evaluar las oportunidades de mejora y corregirlo. Cuando surge un problema, si nuestra búsqueda de la causa no es minuciosa, las acciones que tomemos pueden no ser la solución. Por ello nos preguntamos repetidamente "Por qué". Esta es la base científica del sistema de Toyota. (Ohno, 1991, p.31)

## Figura 14

### 5 ¿Por qué?

Planteamiento del problema	Por qué 1	Por qué 2	Por qué 3	Por qué 4	Por qué 5	Resultado
¿Por qué está sucediendo esta situación?	Razón 1					Solución 1
	Razón 2					Solución 2
	Razón 3					Solución 3

*Fuente: Elaboración propia*

### 2.1.13 Diagrama de Pareto

Diagrama de Pareto o diagrama 80/20, es una de las primeras herramientas a utilizar cuando se requiere la identificación de prioridades y causas, ya que sitúan los problemas en un gráfico por orden de importancia que tienen en el proceso.

Recomendaciones para hacer un análisis de Pareto:

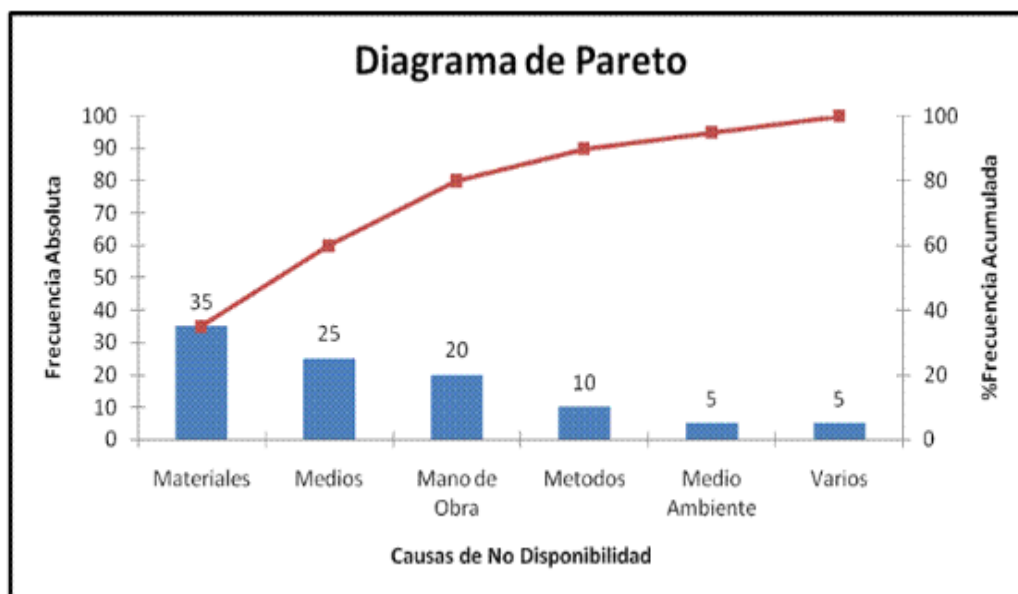
1. El diagrama de Pareto clasifica los problemas de acuerdo con la naturaleza o constituyentes de interés; por ejemplo, defectos o quejas, tipos de producto, tamaño, máquina, género, edad. Turno de producción, clientes, proveedor, operación de trabajo. Cada factor es una barra en el gráfico.
2. En el eje vertical se debe mostrar unidades de medida que suministren una idea clara de la contribución de cada categoría a la problemática global.
3. Se deben graficar todas las incidencias reportadas.
4. Una manera fácil de saber si la primera barra es un factor determinante en la problemática, es que esta sobrepase significativamente al resto de las barras, no necesariamente, esta debe tener el 80% de las incidencias.
5. En caso de no predominar ninguna de las barras, es recomendable hacer un análisis más profundo de los factores que están en estudio y tratar de verlo con una perspectiva diferente para ubicar los componentes que realmente pueden estar contribuyendo con el problema.
6. En el eje vertical se muestra la escala en porcentajes de 0 a 100, esto para que sea posible evaluar la importancia de cada condición con respecto a las demás, en términos porcentuales.

7. Para tratar de evitar muchas categorías, lo cual puede hacer que se disperse el problema principal al restarle puntuación se debe crear una categoría le domina “otras”, en caso de que esta categoría presente uno de los valores más altos, se deberá hacer una revisión de la clasificación dada y evaluar nuevamente las alternativas.

Una vez terminado el diagrama de Pareto e identificado el 80% de los efectos, los cuales son causados por el 20% de los elementos evaluados.

**Figura 15**

*Diagrama de Pareto*



**Fuente:**

[https://formaciontecnica.net/index.php?option=com\\_sppagebuilder&view=page&id=1](https://formaciontecnica.net/index.php?option=com_sppagebuilder&view=page&id=1)

01

### 2.1.14 Reporte A3

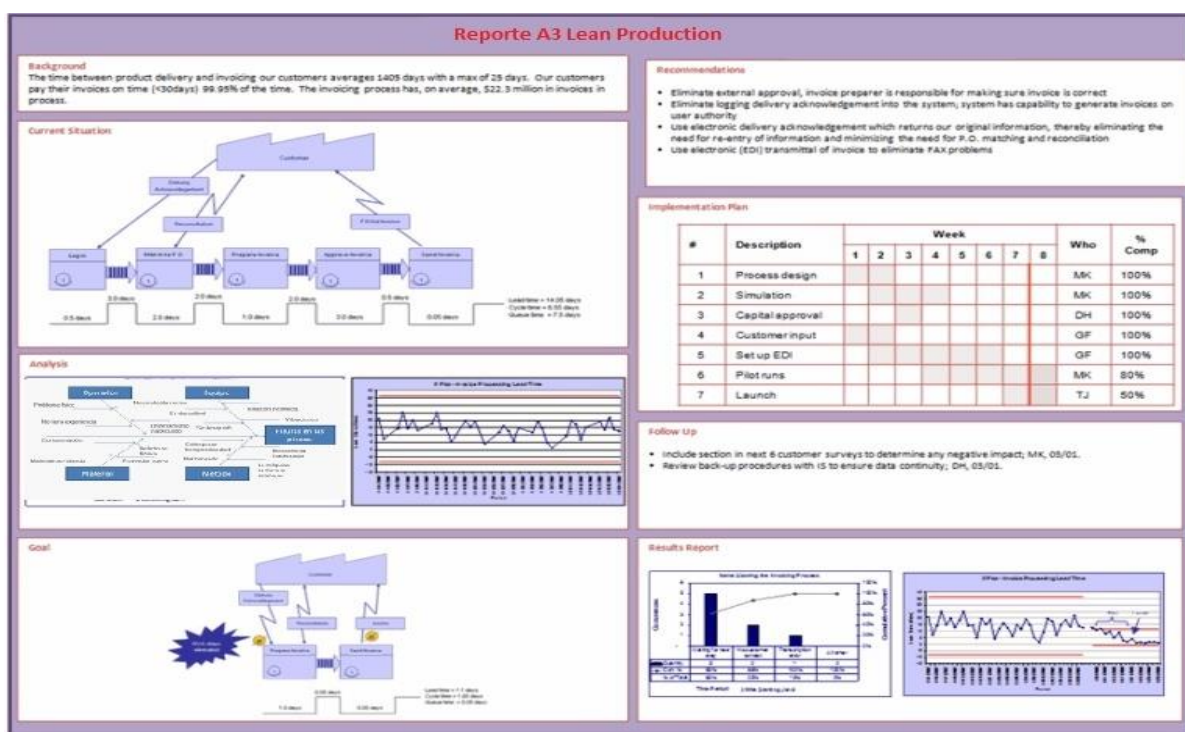
Herramienta de Lean manufacturing, el reporte A3 es una herramienta de resolución de problemas, fundamentada en el ciclo de Deming. Facilita enormemente el aprendizaje organizativo y cataliza la implantación de acciones de mejora.

Obliga al equipo de trabajo a analizar y sintetizar la problemática en una sola hoja de tamaño A3. El espacio limitado a la hora de exponer un problema permite a todos los

interesados ver el problema bajo la misma perspectiva, así como centrarse en lo importante y evitar largas presentaciones que consumen mucho tiempo y no suelen llevar a ninguna solución. Además, la representación visual de los datos e información facilita la comunicación entre todos los involucrados. Es sorprendente lo mucho que se puede comunicar en una sola página una vez que nos ponemos a pensar en ello y se elimina toda la información innecesaria (desperdicio).

**Figura 16**

*Reporte A3*

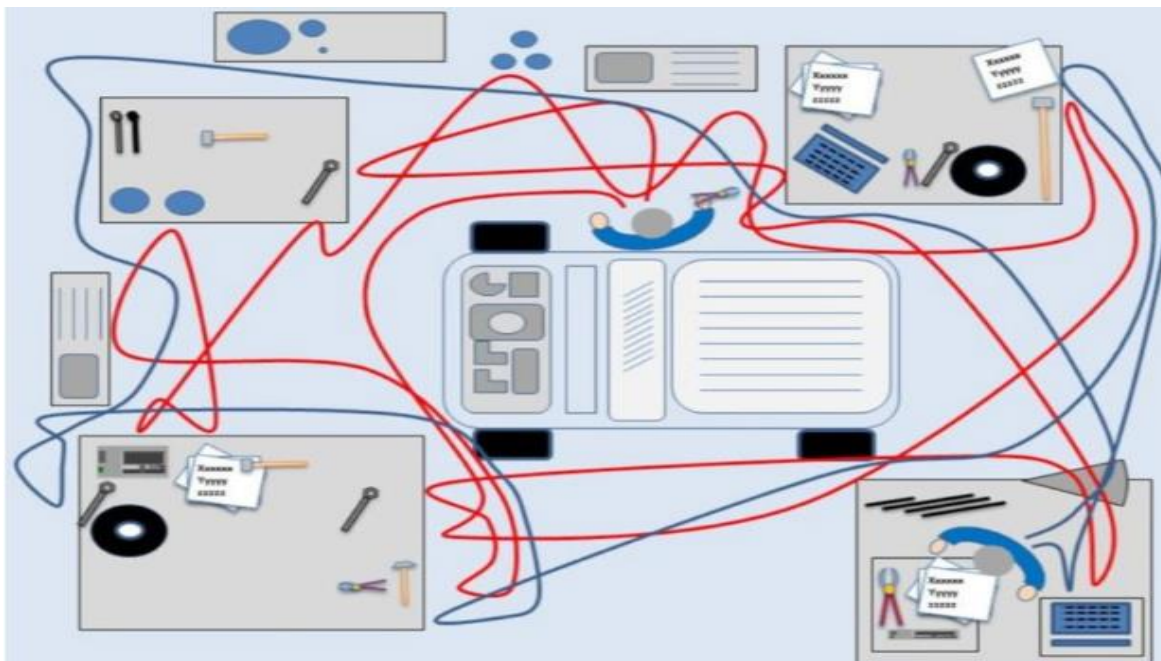


**Fuente:** <https://vistapointe.net/project-a3.html>

### 2.1.15 Diagrama de Espaguete

La plantilla de diagrama de espaguete puede ayudarte a visualizar el flujo de personas, movimientos, materiales, documentación y productos de procesos, así como la forma en que estos elementos interactúan entre sí.

Los diagramas de espaguete también forman parte de las herramientas LEAN, un conjunto de métodos de resolución de problemas diseñados para aumentar la eficiencia de los procesos. Estas herramientas resultan especialmente útiles en la ingeniería de los procesos empresariales.

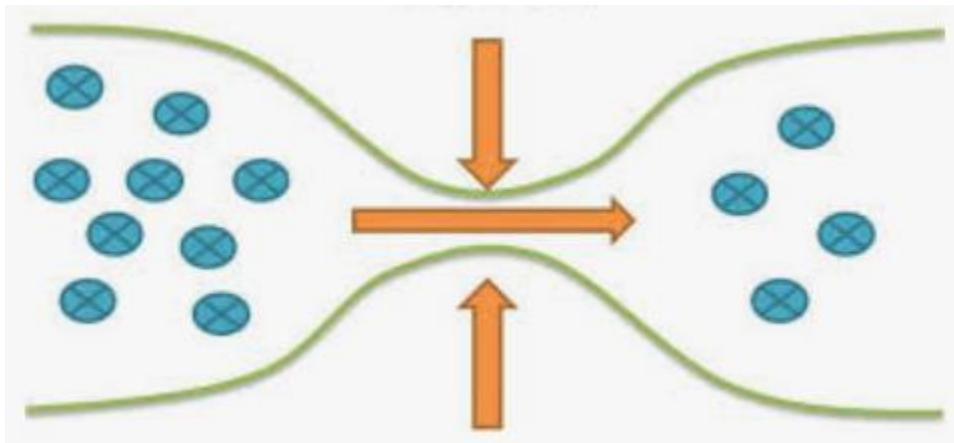
**Figura 17***Diagrama Espagueti*

Fuente: <https://www.latestquality.com/spaghetti-diagram/>

### 2.1.16 Cuello de botella

El término cuello de botella es relacionado a los procesos que en cierto modo son ineficientes o con bajos niveles de productividad, provocando así, retrasos importantes en las operaciones y limitando las etapas siguientes en una línea de producción.

Un cuello de botella podría ser provocado debido a una máquina descompuesta, falta de un material específico o malas lecturas en la distribución de los procesos.

**Figura 18***Cuello de botella***Fuente:**

[https://www.google.com/search?q=cuello+de+botella&tbm=isch&chips=q:cuello+de+botella,g\\_1:empresa:mnms7GMbJiw%3D&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwjC1I7dj435AhVjazABHcODDrkQ4IYoA3oECAEQJQ&biw=1263&bih=609](https://www.google.com/search?q=cuello+de+botella&tbm=isch&chips=q:cuello+de+botella,g_1:empresa:mnms7GMbJiw%3D&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwjC1I7dj435AhVjazABHcODDrkQ4IYoA3oECAEQJQ&biw=1263&bih=609)

## 2.2 MARCO CONCEPTUAL ATINENTE A LA GESTIÓN DEL PROYECTO

Los conceptos relacionados la metodología que se ejecutará en el desarrollo de este proyecto se detallan en esta sección del marco teórico.

La sistemática DMAIC que forma parte de la metodología seis sigma tiene como principal objetivo la mejora de procesos, por lo tanto, para poder realizar una adecuada solución utilizando las herramientas de calidad en conjunto con la estadística se busca que los procesos logren eficiencia entre ellos.

Karakhan (2017) Comenta en su artículo “Using the DMAIC Cycle to Improve Incident Investigations” que el ciclo DMAIC es una metodología con una fuerte base y muy bien estructurada, que su uso, no es solo para detectar defectos, sino también eliminar las causas raíz y para mejorar la calidad de la productividad, el objetivo de implementarlo es prácticamente tener productos sin defectos, ejecutando las cinco fases de DMAIC; Definiendo un proceso, midiendo, analizando, mejorando y controlando. Este modelo sistemático de etapas sirve para cualquier tipo de proceso buscando la satisfacción del cliente interno y externo dependiendo del caso y cumplimiento con las

características acordadas entre las partes. Como herramientas para la ejecución de proyecto se define a continuación el seis sigma.

### 2.2.1 Etapas de la metodología DMAIC

DMAIC es una herramienta enfocada en la mejora de los procesos, su nombre corresponde a un acrónimo de las cinco fases de la mejora del seis sigma por sus siglas en inglés corresponden a:

- Define (Definir)
- Measure (Medir)
- Analyze (Analizar)
- Improve (Mejorar)
- Control (Controlar)

**Figura 19**

*Ciclo DMAIC*



**Fuente: Elaboración propia**

A continuación, se brinda una descripción de cada una de estas fases con algunas herramientas que ayudan para su realización. Es importante destacar que, aunque cada fase cuenta con diversos pasos y herramientas, no es necesario aplicar todas a un proyecto todo el tiempo. Además, estas herramientas son muy flexibles dentro de su contexto y pueden ser adaptadas a cada problema.

### 2.2.2 Etapa Definir

Es la primera fase de la metodología DMAIC, donde se identifica el proceso que va a mejorarse y también es la etapa donde se dispondrá de los recursos para la ejecución del proyecto.

Esta etapa constituye el interés del proyecto y mantiene la orientación de la estrategia Seis sigma a los requerimientos del cliente:

¿QUÉ?

1. Definir los requerimientos del cliente.
2. Desarrollar enunciado del problema, metas y beneficios.
3. Definir los recursos.
4. Evaluar sustento organizacional clave.
5. Desarrollar el propósito del proyecto.
6. Descripción del proceso

¿CÓMO?

1. Carta de equipo (Team Charter)
2. Reuniones con los Team member del proceso.
3. Flujograma del proceso
4. Tablas de historial

### 2.2.3 Etapa Medir

En la segunda etapa se describe los defectos existentes, se da a conocer cómo está el proceso en estado presente con las mediciones confiables y que otorguen una validez el sistema, asegurando que la información sea pertinente y que permita la toma de decisiones, para que a la mejora a desarrollar sea lo que mejor convenga.

¿QUÉ?

1. Definición de unidad, oportunidad, defecto y métrica.
2. Mapear el proceso a evaluar.
3. Planificar recolección de datos.
4. Definir el sistema de medición.
5. Recolectar información.
6. Determinar la capacidad del proceso y nivel sigma

### ¿CÓMO?

1. Diagrama flujo de proceso.
2. Plan de recolección de datos.
3. Caminata o Gemba walk
4. Análisis del sistema de medición.

#### **2.2.4 Etapa Analizar**

En la tercera etapa se ejecuta el análisis de la información obtenida en la fase de medición y se determina las prioridades que afectan en la fuente de variación. En esta etapa se discrimina entre las causas más importante de un problema (los pocos y vitales), y las que lo son menos (los muchos y triviales).

### ¿QUÉ?

1. Definir los objetivos de desempeño.
2. Identificar paso de valor agregado y de no valor agregado del proceso.
3. Identificar fuentes de variación.
4. Determinar la(s) causa(s) raíz.

### ¿CÓMO?

1. Diagrama de Pareto
2. Multivoto
3. Diagrama espagueti
4. Series de tiempo
5. Diagrama de Ishikawa/ Causa y efecto.
6. 5 porqués.
7. Análisis estadísticos
8. FMEA (Análisis de Modo y Efecto de Falla) (Manzur, 2015).

#### **2.2.5 Etapa Mejorar**

En la cuarta etapa de la metodología DMAIC se confirma que la propuesta planteada alcanzará los objetivos y metas planeadas. En esta etapa se comprueba que la variabilidad del proceso analizado se acerca al objetivo deseado.

### ¿QUÉ?

1. Generación de soluciones para cada causa raíz.
2. Realizar matriz de prioridades para elección de la mejor solución.
3. Definir tolerancias operacionales del sistema.
4. Evaluar modos de falla que afectarían a la solución propuesta.
5. Validar mejoras con estudios y pruebas.
6. Correcciones y validación de soluciones potenciales.

#### ¿CÓMO?

1. Técnica de lluvias de ideas.
2. Métodos heurísticos de prueba y error.
3. Diseño de experimentos.
4. Matrices de prioridades.
5. Análisis de modo de falla y efectos

#### **2.2.6 Etapa Controlar**

En esta última etapa se implementan las soluciones definitivas que surgieron en el proceso estudiado, también se debe asegurar que la soluciones sea sostenidas en el tiempo para no regresar en al estado anterior. También en esta quinta etapa lo ideal es compartir el aprendizaje a otras áreas.

#### ¿QUÉ?

1. Estandarización en el proceso.
2. Documentar y formalizar el plan de control.
3. Monitorear el proceso.
4. Actualizar y difundir el proyecto.

#### ¿CÓMO?

1. Cálculos y niveles de Sigma del proceso.
2. Cartas de control estadísticos por variables o atributos.
3. Cálculo de ahorros y costos.
4. Plan de control.
5. Diagrama Gantt

## 2.3 EL MARCO CONCEPTUAL REFERENTE AL IMPACTO DEL PROYECTO

En esta sección del marco teórico se describe el impacto del proyecto, así como en la propuesta para la disminución de los desperdicios en la Empresa, la cual, mantiene inventarios de materiales como suministros, para alimentar las diferentes etapas del proceso de producción; estos inventarios representan frecuentemente una gran inversión de recursos.

En el caso del “Producto GAMA” y el consumo de suministro Jumper, en ocasiones no hay disponibilidad en el momento que se requiere, esto debido a que el técnico de mantenimiento lo tiene que solicitar en bodega para poder reemplazar el actual, y esto en términos monetarios representa costos significativos, y en producción también sufre su afectación, ya que genera un cuello de botella en el proceso mientras se espera el suministro y el soporte requerido.

El alcance temporal de este proyecto es longitudinal prospectivo, ya que se analizan los datos a medida que ocurren a través de un periodo de tiempo, que puede tardar algunos meses e inclusive años, debido al seguimiento y actualización de la información que se deba realiza para este proyecto.

Su finalidad es aplicada o práctica, debido a que se genera nuevas teorías, se modifican algunas ya existentes o se actualizan los datos y se resolverán problemas prácticos inmediatos con las herramientas de la ingeniería industrial; es decir; se conoce del problema, se investiga, se detalla, se buscan posibles soluciones y se toman decisiones para poder resolverlo.

Como parte de investigación del impacto se pretende:

Poder proveer a la empresa con los gráficos que se tomaron en la investigación, una mejor toma de decisiones y así observar el comportamiento del día a día y darles una mayor visibilidad a estos datos obtenidos.

Implementar esta propuesta generará un impacto positivo a Abbott Medical CR, ya que realizando un análisis de todas las posibles causas y con un mejor estudio de tiempos de la duración del reemplazo de Jumper se obtendrá un mejor balance en el proceso de ensamble de fibras, mejor utilización de los suministros, todo esto

mencionado, tendrá como resultado la reducción de costos y aumento en la productividad del área en mención.

## **2.4 ANTECEDENTES DE PROYECTO O EXPERIENCIA SEMEJANTE**

Disminuir los diferentes desperdicios de materia prima en la empresa de producción, es uno de los objetivos principales para garantizar el compromiso con la mejora continua e impactar de manera positiva la producción, ingresos y resultados operacionales de la compañía.

Como referencia al proyecto, se analizó un trabajo de graduación realizado por el Ingeniero Carlos Sánchez Rodríguez, que elaboró una investigación titulada “Implementación de mejoras para la reducción del desperdicio del producto “Sight Chamber” en el área de moldeo de la Empresa Hospira, cuyo objetivo general fue el desarrollar una propuesta de reducción sobre el desperdicio de materia prima, donde se sitúe el porcentaje de desperdicio dentro de la meta en la empresa HOSPIRA; tal que permita una gestión eficiente, segura y al más bajo costo. (Rodríguez, 2017)

Es un proyecto dirigido a la industria Hospira en su búsqueda de conservar su competitividad en un mercado industrial cada vez más eficiente y productivo, ha decidido que las características de la manufactura esbelta deben imitarse para compartir efectivamente en los mercados actuales. La manufactura esbelta obedece a un mejoramiento continuo en calidad, costo y rapidez de respuesta, que son factores claves en la satisfacción total del cliente. Para competir contra competidores esbeltos se necesita evaluar honestamente los sistemas actuales. El concepto de manufactura esbelta este asociado a lograr hacer eficientes y de calidad los sistemas actuales.

La problemática descrita en el proyecto se enfoca en el producto “Sight Chamber” que posee la empresa, en la que se quiso lograr que el área de moldeo convencional posicione su producto a un desperdicio igual o inferior a la meta establecida. Esto debido a su incremento en los desperdicios a través del tiempo. El objetivo era la reducción del desperdicio de materia prima que representaba la mayor cantidad de desecho para el área en cuestión. Se identificó producto a producto su aporte en el desperdicio total de la planta y por medio de esta segregación de defectos se logra determinar tres desechos

de materia prima, estas tres materias primas forman parte del 80% del inventario ABC de la planta, lo que señala a esta materia prima mencionada como el desperdicio más representativo de la empresa, y de ahí, parte la prioridad de intervenirlos, con el objetivo de mejorar la situación del producto. (Rodríguez, 2017)

La metodología empleada combina la clasificación de materiales basada en el principio de Pareto, análisis de las causas potenciales utilizando el diagrama de Ishikawa, elaboración de diagramas de flujo para la correcta interpretación de los procesos, implementación de listas de verificación entre otras, sin importar el gremio, o el campo de trabajo, incluso, entre la producción de materiales, u ofrecimiento de servicios, es imperiosa la necesidad de controlar y medir los procesos para saber el estado actual de las áreas y de esta manera, proceder correcta, oportuna y acertadamente.

Las conclusiones del estudio, evidencia la importancia del análisis, ya que por medio de herramientas como Ishikawa y con ejercicios de los '5 porqués', se identificaron causas raíz potenciales, donde, en combinación con la expertiz en el campo de proceso de termo moldeado por inyección de plástico, y procesos de extrusión de plástico fundido, se consideró una propuesta de reducción del 18% de desperdicio del Sight Chamber en el área de moldeo convencional de la empresa Hospira Costa Rica.

Finalmente, el porcentaje de Scrap o desperdicio que se deseaba disminuir al inicio del proyecto era de un 18% con respecto a las metas de ese momento, al final de la implementación se cierra satisfactoriamente con una mejora de 20.33% de reducción, cumpliendo el objetivo y superando las expectativas.

## **CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO**

### 3.1 METODOLOGÍA PARA LA DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

La definición del problema es el principal paso para poder tener la base de análisis y así plantear una propuesta de mejora a la situación actual no deseada, para definir el problema que se da en el proceso de ensamble de fibras.

A través del análisis de los datos históricos de septiembre del 2021 hasta febrero del 2022 lo que equivale a los datos de los últimos 6 meses, se cuantifica el consumo de este suministro en sus 4 líneas de ensamble. Por medio de gráficas se observa la cantidad significativa y a tomar en cuenta del sobre consumo o desperdicio de este suministro.

Se procede a realizar una reunión con los operarios de producción de las líneas y por medio de una lluvia de ideas se obtienen posibles causas del porqué la cantidad de Jumper desechados, y cuáles pueden ser los mayores contribuyentes para realizar el cambio de este suministro.

La lluvia de ideas es una herramienta de creatividad bastante empleada en el trabajo en grupo, y en la que un grupo de personas genera y clarifica una lista de ideas. Se basa en una idea que da forma a otra, y a otra, hasta que el grupo consigue tal riqueza de información que puede pasar a la fase siguiente. (Winter, 2020, p. 19)

Una vez se tiene la lluvia de ideas de los operarios de la estación de ensamble de fibras, se inicia con una sesión junto el Core Team del área, el cual está compuesto por Ingeniería de manufactura, Producción, Ingeniería de Calidad y Gerencia, seguidamente se plantea una reunión para presentar el resultado de la lluvia de ideas, después una caminata Gemba para tener diferentes puntos de vista de la estación de trabajo y aspectos a mejorar.

Una vez estos pasos se encuentren realizados se procede con la realización de un diagrama Ishikawa, entre otras herramientas de manufactura esbelta. Estas herramientas ayudarán a encontrar causas y mejoras en el proceso.

### **3.2 METODOLOGÍA PARA LA MEDICIÓN Y RESPALDO CUALITATIVO DE PROYECTO**

En esta sección se detalla la metodología para detallar el respaldo cuantitativo del proyecto, el cual permitirá establecer soluciones, ya que el objetivo de esta fase es obtener medidas fiables, mediante las cuales puedan tomarse decisiones objetivas.

Para la recolección de los datos, referentes a los defectos existentes en el proceso de ensamble de fibras, se obtiene la información de los registros históricos de la base de producción, por cada lote producido, de acuerdo con el programa de producción mensual. Se genera un reporte de la cantidad de reemplazos de suministro Jumpers desechados en el proceso desde último cuatrimestre del 2021 y el primer bimestre del 2022 (septiembre 2021/febrero 2022)

Se busca por medio de SystemAnalyse Programmentwicklung, conocido por sus siglas como SAP (Software de planificación de recursos empresariales) reportes del costo del suministro, fechas de reemplazos, números de orden, cantidad de desecho por líneas, para obtener los datos necesarios que puedan dar forma a lo que se quiere medir en el proyecto.

Para la medición de los datos de la investigación se empleará los gráficos de control; estas gráficas nos ayudan a distinguir con mayor exactitud entre las variaciones comunes y la variación por causas especiales.

Utilizando la herramienta de estadística y con base de los datos históricos recopilados se realizará los gráficos, para los dos tipos de defectos que se desechan de este componente, la cual se utilizará para graficar los defectos por Señal y por lámpara ya que son los más comunes para que se reemplace el jumper.

### **3.3 METODOLOGÍA PARA LA PROPUESTA DE MEJORA, CONSTRUCCIÓN O PUESTA EN PRÁCTICA DE UN NUEVO PROCESO O SERVICIO.**

Como parte de la propuesta de mejora, se trabaja en identificar las posibles soluciones para evitar la causa raíz del problema de manejo del suministro del “producto GAMA”, se plantea la sinergia entre las relaciones de causa y efectos que se priorizaron

por los problemas con mayor impacto en las líneas de ensamble el proceso de ensamble de fibras, como fueron el reemplazo de jumper por lámpara y señal.

Analizar las potenciales causas del mal manejo de los materiales, con el fin de buscar las posibles soluciones, esta se llevará a cabo por medio de un diagrama de Ishikawa.

Partiendo de lo planteado se generan las propuestas de mejora en el proceso de ensamble de fibras, en relación con las causas principales. Adicionalmente se identifica cuáles de las soluciones encontradas pueden ser implementadas, y cuáles serán registradas para su seguimiento y futura implementación, a cargo del equipo funcional de trabajo del área.

Considerar cada una de las oportunidades de mejora, identificar y clasificarlas con el fin de optimizar la gestión del proyecto, esto por medio de una matriz de prioridades.

Se realiza una caminata Gemba en las diferentes líneas de producción específicamente en el proceso de ensamble de fibras, para comprender el proceso productivo revisando cada detalle y tomando observaciones tanto del proceso como lo que comentan los operarios de producción y así revisar las observaciones recibidas y agregarlas en la lluvia de ideas. Gemba es un término japonés que significa “lugar de los hechos” (Socconini 2019, p. 300)

Para obtener una mejor comprensión del flujo del proceso, se realiza un diagrama de flujo, con el objetivo de demostrar la urgencia que tiene implementar este proyecto, ya que la actualidad todo es desechar el suministro.

### **3.4 METODOLOGÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO**

La empresa cuenta con un departamento con el nombre de Ingeniosamente, ellos se encargan de buscar propuestas de mejora continua o mejora en los procesos por medio de ideas de los empleados, con el objetivo de buscar proyectos de reducción de costos que permitan a la empresa, ser más competitiva a nivel de la industria de manufactura. Por medio del programa de ingeniosamente se va a canalizar todas las revisiones, aprobaciones necesarias y asignación de recurso para así llevar a cabo esta propuesta del proyecto.

Para la implementación del proceso de lijado de jumper, se correrá un Dryrun, (Simulación del proceso) en la línea de ensamble, con material desechado en operaciones posteriores a las del estudio, pero que cumplan con las características necesarias de la investigación, las cuales son señal, lámpara y cavidad para así retar el proceso y las mejoras propuestas para realizar una mejor investigación sobre rentabilidad de lo planteado en este proyecto.

Para conocer de forma más clara la operación de ensamble de fibras, donde se quiere llevar a cabo el proyecto, se debe de conocer el proceso que lo conforma; por ende, se requiere implementar el diagrama de proceso que represente de forma gráfica las diferentes tareas y actividades que le generan valor a la organización; sin embargo, este diagrama lo que pretende es dar a conocer lo sucede entre el inicio y el fin del proceso, en que consiste sus operaciones y lo importante que es prestarle atención al reemplazo de este componente en el “producto GAMA” esto es de gran utilidad ya que se tendrá una mejor percepción del problema.

Las tablas de control son de utilidad para la recopilación de datos junto a los gráficos de control para demostrar por medio de datos, ya sean históricos o para la estadística del estudio lo importante que es ayudar este proceso a reutilizar el jumper y medir el gasto de suministros mensualmente.

Para el diagnóstico de la problemática que presenta la empresa actualmente en la operación de ensamble de fibras, se procede a desarrollar un diagrama de Ishikawa o causa y efecto con el fin de identificar los factores principales que generan el reemplazo de este suministro, además, la información obtenida del diagrama se analizará de la mejor manera categorizando sus diferentes defectos con 3 tipos de categorías las cuales serían, de Mayor probabilidad de causa raíz, factor contribuyente y descartados por lo tanto con esos resultados se verificará si la implementación de la propuesta de reducción de costos es viable para esta línea.

El diagrama de espagueti tiene como objetivo en esta investigación, ilustrar el panorama general de cómo se lleva a cabo el reemplazo de este suministro en el proceso, lo cual va a ser útil para identificar áreas en las que podrían necesitar más datos u optimización, por medio del diagrama espagueti se va a permitir ver el proceso como un todo, lo que facilita la identificación de oportunidad de mejora.

La herramienta de los 5 porqués tiene como finalidad, en este proyecto, cuestionar a personas entrevistadas y poder recopilar la información con mayor veracidad, es de importancia analizar la información con mayor destreza posible y obtener conclusiones que permitan detectar causas principales que afectan un proceso, por lo que esta herramienta se abarca en este proyecto con el objetivo de que permita agilizar el proceso de compilación de información.

### **3.5 METODOLOGÍA PARA LA VERIFICACIÓN, ASEGURAMIENTO, CONTROL Y SEGUIMIENTO DE RESULTADOS**

El proceso de verificación trata de medir al final del tiempo estimado, si existe mejora en las métricas que están siendo afectadas en las líneas de ensamble del “producto GAMA”.

El respaldo de la mejora y seguimiento se hará por medio de un sistema interno de la empresa que se utiliza para realizar mediciones de eficiencia y mejora en las líneas de ensamble, estos datos son revisados mensualmente en la reunión de departamentos con el director de operaciones.

Por ser un proyecto que tiene que ser revisado por el equipo de ingeniosamente, el cual es perteneciente al departamento de mejora continua, puesto que es un programa organizacional relacionado a la reducción de costos y mejora de procesos, en el cual se le da la oportunidad a todos los empleados de la empresa de proponer sus ideas, cabe mencionar que este programa pertenece al departamento de mejora continua, por lo tanto, debe de llevarse en conjunto para las aprobaciones necesarias y para verificar la diferentes mejoras que se quieran implementar en el proceso.

Se debe de generar documentación apropiada de los procedimientos actuales con datos estadísticos que puedan brindar un panorama comparable después de la aplicación de la propuesta, con el fin de generar resultados que permitan dar seguimiento a las diferentes tareas que se realizan en el área de ensamble de fibras, esto para ejercer un mayor control de estas y finalmente, evaluar los resultados obtenidos.

## **CAPÍTULO IV: LÍNEA BASE Y ANÁLISIS DE CAUSAS**

En esta sección se describen y analizan los principales datos e información registrada con el trabajo de campo, con las respectivas tablas, los datos y la información recopilada, mediante la consulta al personal que colabora en el proyecto y la revisión de diversos textos y procedimientos.

Para la comprensión más profunda de la situación existente, se vuelve relevante repasar con mayor detalle el funcionamiento normal del proceso en cuestión, para ello se describen las tareas que lo conforman a través de un diagrama de procesos.

El diagrama de flujo de proceso del “Producto GAMA” brinda una idea general y concreta de cada tarea que se debe realizar para obtener este catéter finalizado, para mayor detalle ver figura 20.

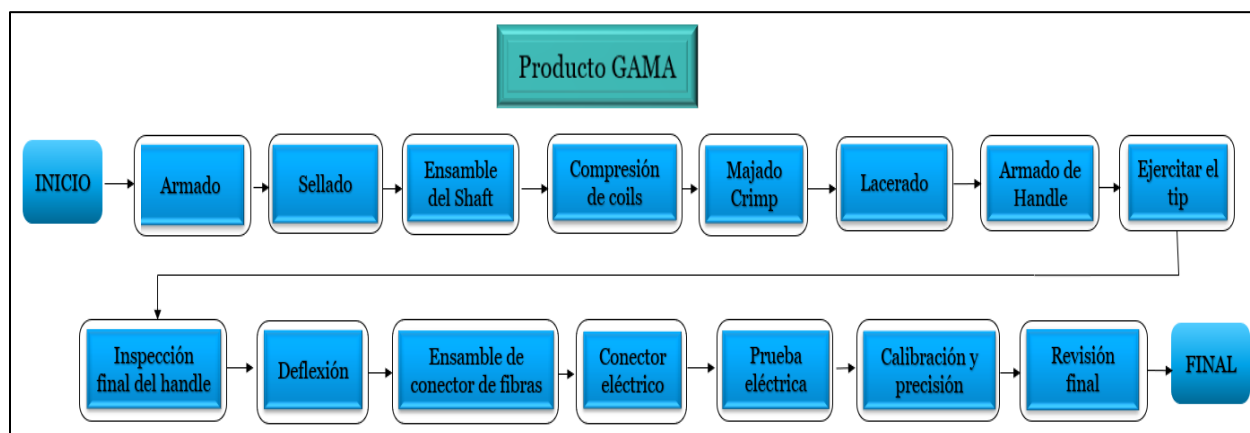
#### 4.1 ANÁLISIS DEL FLUJO DEL PROCESO

El diagrama de flujo de proceso va a dar una mejor percepción de la ubicación del proceso de ensamble de fibras, también se va a hacer una breve descripción de los procesos que ensamblan el catéter y su flujo de ensamble.

Para tener un mejor enfoque del área que se quiere trabajar en el proyecto, se cuenta con varias operaciones que componen el proceso completo para la manufactura del producto; se crea el siguiente diagrama de flujo de los procesos y una breve descripción de cada una de las operaciones

**Figura 20**

*Diagrama de flujo de procesos del producto GAMA*



**Fuente: Elaboración propia**

### **Armado de subensambles**

El proceso inicial del catéter, se arma la unidad con diferente subensamble (conjunto de piezas enlazadas que generan un producto), en los que tenemos cableados eléctricos de calibre #46, también se ensamblan las fibras de vidrio y sensores magnéticos para el catéter de ablación, este mismo es controlado por un corte en los cables por medio de una marca en el equipo de medición de la operación.

### **Sellado y Relleno**

La siguiente operación tiene como propósito agregar una gota de adhesivo entre el deflectable, el cual es un tubo transparente con tres anillos, y un componente el cual está hecho de metal y su trabajo es convertir la electricidad en lecturas de calor conocido como TIP. Una vez con los componentes unidos, se hace una verificación de fugas para colaborar que los componentes quedaron bien pegados y que no haya espacios o fugas, y se comprueba si pasa o falla la unidad por medio de la pantalla del equipo, una vez pasan las pruebas se pasa a la siguiente operación.

### **Ensamble de Shaft**

En este proceso se insertan un componente conocido como coils, los cuales son resortes con tamaños muy pequeños, pasando por un tubo verde, conocido como shaft, tubo verde de 60cm el cual se encarga de cubrir los cables eléctricos, las fibras de vidrio, para así poder tener una mejor resistencia de estos materiales sensibles, estos son verificados en un microscopio, colaborando que no hay marcas ni cortes en el Shaft, finalizando con una inspección visual.

### **Compresión de los coils**

Este proceso se encarga de comprimir los coils, también poner adhesivo en el Shaft, Con el fin de que este quede fijo y proteja el cableado eléctrico, fibras y poliamida las cuales llevan internamente el catéter. En este proceso se verifica la calidad de la unión de estos dos materiales que no haya material expuesto ni dañado y que cumpla con la calidad establecida en el procedimiento, esto por medio de inspección visual.

## **Lacerado**

El propósito de este proceso es marcar por medio de un equipo de lacerado agregar diferentes características a las tapas o carcasa del catéter, como: letras de las curvas, dirección del giro, logo de la empresa y nombre entre otras marcas que quedan laceradas en el handle (carcasa del catéter) por medio de un equipo el cual cuenta con diferentes recetas, este mismo cuenta con una inspección final basada en los criterios de aceptación del procedimiento, el cual indica que no hayan marcas o decoloraciones en el lacerado.

## **Armado del handle**

Este proceso se encarga de sujetar dos tapas, las cuales al unir las dan forma al mango de sujeción, conocido como handle, el cual será el punto de apoyo del doctor al realizar las pruebas correspondientes al paciente. Este proceso cuenta con una inspección final para colaborar que no haya aperturas en las uniones del handle, también que no se haya majado ningún material interno.

## **Ejercitar el tip**

La siguiente operación, se encarga de realizar varias pruebas al catéter, pruebas de fugas de aire y flujo, esto debido a que el catéter cuenta con una poliamida para que dispense aguas salinas dentro de cuerpo humano, por lo tanto, lo que se utiliza para realizar este trabajo es flujo de aire, esto por medio de equipos, con la capacidad para detectar fugas. Adicional se realiza una prueba de los sensores de fuerza utilizando un fixture para ejercitarlo con peso, simulando así la presión dentro de cuerpo humano. Al igual que la operación de sellado y relleno en esta operación se realiza una última prueba de fuga, para colaborar que no haya obstrucciones o cortes que provoquen una fuga o bajo flujo. Esta por medio de un equipo el cual indicara si pasa o falla la unidad.

## **Inspección final del handle**

Esta inspección verifica la longitud de trabajo del catéter, busca defectos visuales y confirma que el mango tiene el bloqueo de tensión adecuado para la punta. Una vez

se hace esta inspección visual y la unidad cumple con las características del procedimiento se pasa a la siguiente operación.

### **Deflexión**

Este proceso de inspección del rendimiento de la curva prueba la funcionalidad relacionada con la deflexión de cada dispositivo. En este proceso se cuenta con un documento el cual queda impreso al final de cada unidad, va a indicar las variables que miden y si pasan o fallan.

### **Ensamble del conector de fibra de óptica**

Este proceso consiste en unir los conectores de fibra al catéter y pulir los conectores, medir las tres variables relacionadas a señal, lámpara y distancia de cavidad; las cuales se verifican los valores en el equipo Fiso, verificando cada uno de sus valores. si alguno de los valores no cumple el rango establecido se verifica la cara de a la fibra en un microscopio, si esta no cumple con lo señalado en el procedimiento el mismo es desechado.

### **Conector eléctrico**

Este proceso se encarga de soldar los cables eléctricos y el sensor magnético a su respectivo pin dentro del conector, y así lograr una continuidad en el paso de la corriente eléctrica. El mismo es revisado por un equipo en la misma operación, el cual por medio de ayudas visuales ya que es un software va a indicar si los cables quedaron bien soldados al conector.

### **Prueba eléctrica**

El siguiente proceso se encarga de realizar una prueba eléctrica, acoplado los conectores al equipo, midiendo continuidad y fugas eléctricas, adicional verificar la conductividad y aislamiento eléctrica del catéter. En este proceso se cuenta con un software el cual está especializado en detectar cualquier fuga eléctrica o falta de continuidad, también al final de cada prueba del catéter queda impresa una hoja la cual demuestra que todo paso correctamente indicando si pasa o falla la prueba.

### **Calibración y precisión**

Este proceso se escribe una matriz de fuerza de calibración del catéter y prueba la precisión de la fuerza del catéter, si la unidad cumple con la matriz de fuerza de lo contrario el software dará un mensaje de pasa o falla.

### **Revisión final**

El proceso de inspección final verifica el catéter en busca de defectos visuales, si no cuenta con no conformidades se pasa la unidad, de lo contrario se desecha. Esto basado en el procedimiento del proceso, teniendo múltiples ayudas visuales y si la persona no tiene el criterio claro llama al técnico de manufactura para ver que se hace con la unidad.

## **4.2 DESPERDICIO DE SUMINISTRO GENERADO EN LA LÍNEA DE ENSAMBLE DEL PRODUCTO GAMA**

El equipo de trabajo involucrado en la producción de los catéteres está compuesto por Gerencia, Producción, Ingeniería, Calidad, Compras y el equipo de mejora continua y reducción de costos, conocidos como ingeniosamente. Este equipo de trabajo es conocido como el Core team.

Mensualmente se realizan reuniones generales de los diferentes departamentos que conforman el Core team del producto, donde se evalúan temas de producción y mejoras en el proceso. Estas reuniones son conocidas como start up.

La preocupación sobre el desperdicio del Jumper se manifestó en una reunión start up, en la cual el personal de ingeniosamente informó que en los últimos meses se ha notado un incremento de aproximadamente un 50% en el consumo de este componente, siendo esta la primera señal de alerta.

Una vez manifestada esta inquietud, el equipo de ingeniería realiza un estudio de los datos históricos del desecho del Jumpers con el propósito de tener mejor información de este proceso.

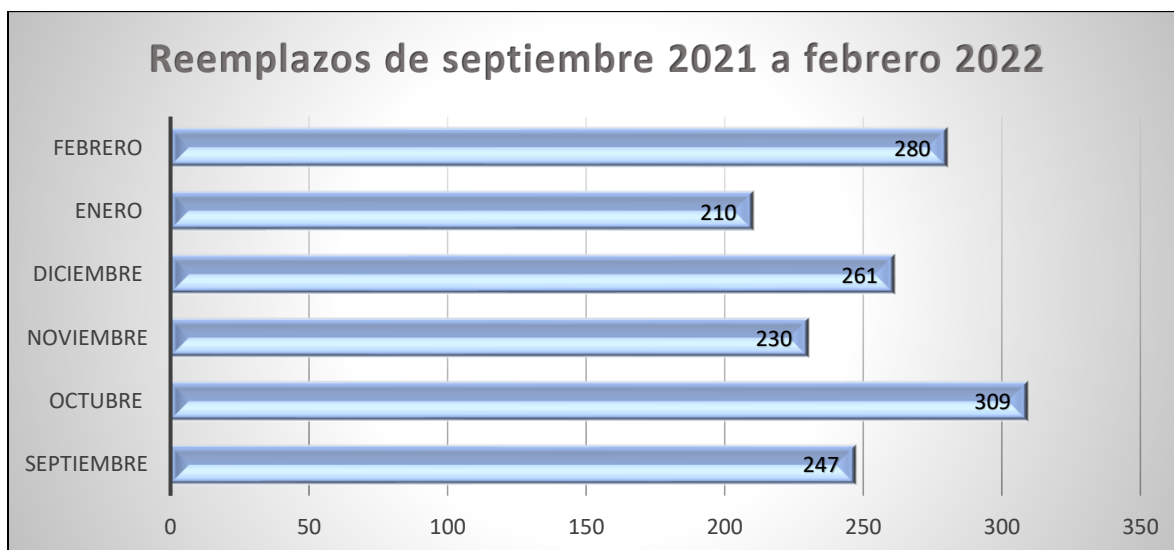
Los datos analizados fueron obtenidos por medio de la herramienta de inventario SAP, la cual contiene todos los datos relacionados al producto y por medio de este se

realiza un proceso de datos, en conjunto con el equipo de Ingeniería de manufactura con el fin de obtener la información necesaria de los Jumpers, el cual cuenta con tamaño estándar, este mismo se utiliza en las 4 líneas de ensamble. El objetivo de esta recopilación es poder cuantificar cuantos suministros se han desechado innecesariamente.

En, la figura 21, se puede apreciar la cantidad de material Reemplazado mensualmente entre las cuatro líneas involucradas, durante el periodo de la investigación de este proyecto, el cual abarca de septiembre 2021 hasta febrero 2022.

### Figura 21

*Reemplazo de Jumper septiembre 2021 a febrero 2022*



**Fuente: Elaboración propia**

La inestabilidad en los datos históricos es la causa del abordaje de este proyecto, ya que, al analizarlos y graficar la situación actual, se quiso profundizar con el tema, pues llama la atención la cantidad de suministros desechados lo que equivale en los 6 meses de investigación a un costo de \$29000. Adicional a esto, debido que no hay rangos establecidos como límites de reemplazo; el desperdicio de este suministro es libre y sin control, y en bodega se cuenta con un alto inventario de Jumpers, debido a su gran demanda.

La estación de ensamble de fibras se encarga de pegar y pulir los conectores de fibra de vidrio al catéter, para tener una mejor percepción, esta operación está ubicada

casi al final de flujo del proceso de la línea de ensamble, por lo tanto, desechar un Catéter en este proceso tiene un valor monetario bastante significativo, ya que en esta operación el dispositivo tiene un costo de \$900 por la mano de obra de las operaciones que están antes de ensamble de fibras, también los materiales ensamblados, ya que el catéter va completamente ensamblado en este proceso.

**Tabla 2**

*Precio del Jumper por unidad*

Variable	Moneda actual (\$)
Precio estándar	19.12
Precio unitario periódico	19.12

**Fuente: Elaboración propia**

La tabla 2 indica el precio del Jumper por unidad, tomado del Sistema SAP en la base de datos del control de inventario de este componente, el precio por unidad de este componente tiene un costo a tomar en cuenta.

**Tabla 3**

*Análisis de precio utilizados por mes*

Mes	Cantidad reemplazada	Precio de Jumper(\$)	Precio de cantidad utilizados por mes (\$)	Porcentaje por mes de gastos durante los 6 meses
Septiembre	247	19.12	4723	
Octubre	309		5909	
Noviembre	230		4398	
Diciembre	261		4990	
Enero	210		4015	
Febrero	280		5353	
Total	1537		29388	

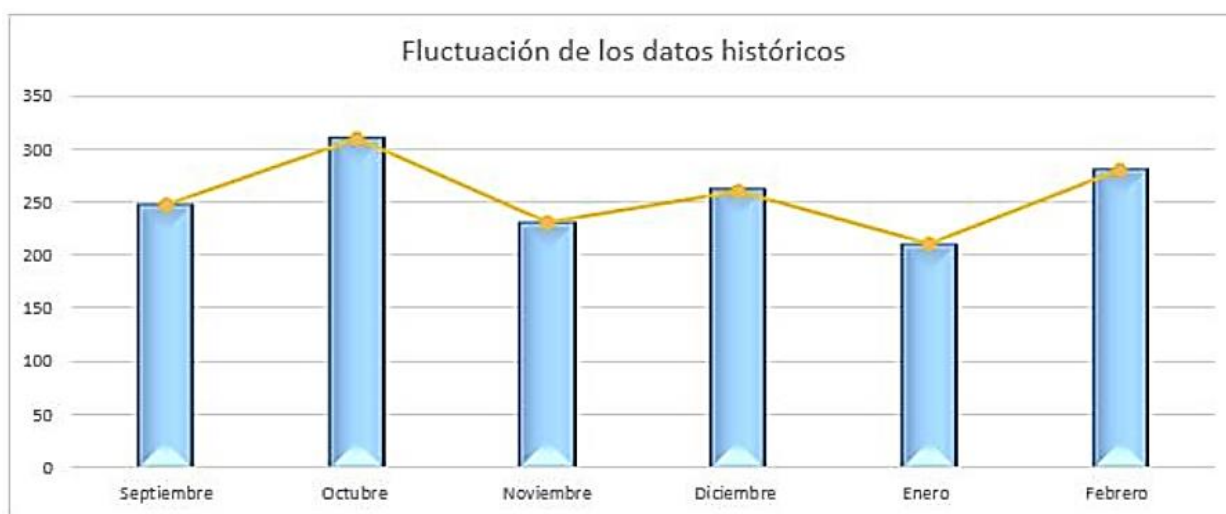
**Fuente: Elaboración propia**

En la tabla 3, se muestra los datos con una representación monetaria de la cantidad desechada por mes, se observa la suma significativa de gasto, la cual va con

rangos de \$4000 a \$6000 Jumpers reemplazados por mes, cabe mencionar que este componente va con un comportamiento mensual en crecimiento; en la gráfica de pastel se puede observar el porcentaje monetario que apporto cada mes, el costo de los 6 meses de trabajo de investigación, para tener una idea de la fluctuación e inestabilidad y falta de control de este componente. Ver figura 22.

### Figura 22

*Fluctuación de los datos históricos de Jumpers desechados de septiembre 2021 a febrero 2022*



***Fuente: Elaboración propia***

Claramente se observa una inestabilidad en la gráfica, debido a que hay un comportamiento mensual oscilante, mediante la revisión de diversas métricas y bases de datos históricos utilizados por el equipo de operaciones, en las cuales dan la trazabilidad de lo presentado mes a mes en el área de producción; sin embargo, no se le saca el provecho necesario para lograr mejoras; por lo que durante las conversaciones con el equipo de ingeniería de manufactura, se evalúa la situación y se llega a la conclusión de prestarle mayor atención a los datos recopilados, en pro de la productividad, realizar entramientos, los cuales den una mejor idea de las causas de las tres variables por las que desechan el Jumper (Cavidad, Señal y lámpara), esto relacionado a los fallos del catéter y así tener una mejora en el sobre consumo.

Con el análisis realizado previamente, se logra observar que estos resultados dependen de diferentes variables como, por ejemplo: La producción mensual, yield de la línea, diferentes tipos de Scrap del catéter, situaciones adversas a la empresa y también la línea de ensamble en sí. Se cuenta con dos líneas con un volumen mayor, por lo tanto, la producción no es la misma, dos tienen una capacidad más baja, esto debido a su validación y capacidad de cuarto limpio.

En ocasiones para descartar que el fallo es del equipo y no del catéter, se prefiere reemplazar este componente, debido a que una unidad en esta operación ya estaría prácticamente ensamblada y su precio sería bastante caro, mayor que el precio de un Jumper, realizando el cambio de Jumper y obtenido así un resultado similar, siendo este un fallo del catéter y no el Jumper.

#### **4.2.1 Unidades y Producción mensual del producto GAMA**

Para entender el volumen y la producción de cada línea, se va a demostrar por tablas la importancia de esta información, la cual va a ser de gran relevancia para así tener una idea de cuantos Jumpers se están gastando por cuarto controlado (CAEs). También para entender por qué la tendencia es oscilante esto es de gran relevancia porque indicará por qué un mes sube los reemplazos y otro mes bajan, y así entender el comportamiento de la línea de tendencia.

Como se mencionó anteriormente para tener mayor conocimiento sobre los gastos del Jumper, se tiene que entender las diferencias de las líneas, volumen y su producción mensual.

se realizará un breve resumen, en el cual se utilizarán las siguientes tablas, las cuales ayudarán con el curso de la investigación y así entender su comportamiento mensualmente, se explicará las diversas adversidades o problemas que está afectando al mundo y por qué esto impacta a la producción de cada mes.

Septiembre fue un mes con un volumen normal en el “producto GAMA” donde claramente destacan L4 y L5 las cuales están ubicadas en el CAE 3450 por su volumen tan alto, abarcando un 61% del volumen mensual de todo el producto.

**Tabla 4***Unidades y producción total de septiembre 2021*

Producción total de septiembre		
Línea	Unidades	% Producción
L2	2333	22%
L3	1864	17%
L4	3328	31%
L5	3267	30%
<b>Total</b>	<b>10792</b>	<b>100.00%</b>

*Fuente: Elaboración propia*

Octubre fue el mes con mayor producción del estudio de estos 6 meses y cabe mencionar que también fue el mes con mayor cantidad de Jumper utilizados, de los cuales se desecharon 309 suministros, esto es alarmante por que la producción va en crecimiento, por lo tanto, ya con esta información, se puede entender y proponer a base de datos la importancia de retrabajar el Jumper, ya que esto indica que entre mayor producción se corra mayor será el gasto de material.

**Tabla 5***Unidades y producción total de octubre 2021*

Producción total de Octubre		
Línea	Unidades	% Producción
L2	2714	20%
L3	2170	17%
L4	4334	33%
L5	3911	30%
<b>Total</b>	<b>13129</b>	<b>100.00%</b>

*Fuente: Elaboración propia*

Noviembre fue un mes con una producción buena, donde destaca siempre línea 2 que al tener la misma capacidad que línea 3 esta con una producción mayor de 6% en este mes. También no perder de vista a línea 5 ya que iguala en Producción a línea 4 que es la línea con mayor antigüedad en el producto.

**Tabla 6**

*Unidades y producción total de noviembre 2021*

<b>Producción total de Noviembre</b>		
<b>Línea</b>	<b>Unidades</b>	<b>% Producción</b>
L2	2731	22%
L3	1824	16%
L4	3533	31%
L5	3488	31%
<b>Total</b>	<b>11576</b>	<b>100.00%</b>

*Fuente: Elaboración propia*

En diciembre es la segunda mejor producción del estudio y de igual manera que octubre se elevó el gasto del Jumper con un comportamiento normal en la producción de las líneas de ensamble.

**Tabla 7**

*Unidades y producción total de diciembre 2021*

<b>Producción total de Diciembre</b>		
<b>Línea</b>	<b>Unidades</b>	<b>% Producción</b>
L2	2300	19%
L3	2000	17%
L4	3955	33%
L5	3754	31%
<b>Total</b>	<b>12009</b>	<b>100.00%</b>

*Fuente: Elaboración propia*

Enero tiene la producción más baja del estudio del proyecto, debido a falta de personal por incapacidad de casos COVID-19, por lo tanto debido al impacto, gerencia decide sacrificar una línea de ensamble, en este caso línea 3 para mover personal y suplir diferentes operaciones que se veía impactadas por falta de operarios incapacitados, debido a esto se ve ese pico con tendencia baja en la gráfica del reemplazo de este suministro, también cabe mencionar que en este mes el CAE 930 en que están ubicadas las líneas de ensamble, Línea 2 y línea 3 disminuyó su consumo de este componente debido a lo mencionado anteriormente.

**Tabla 8**

*Unidades y producción total de enero 2022*

<b>Producción total de Enero</b>		
<b>Línea</b>	<b>Unidades</b>	<b>% Producción</b>
L2	2239	24%
L3	1135	12%
L4	2974	32%
L5	2959	32%
<b>Total</b>	<b>9307</b>	<b>100.00%</b>

***Fuente: Elaboración propia***

Febrero fue un mes normal con respecto a las unidades y la producción, se presentó un problema en la planta por falta de diferentes suministros, esto debido a diversas adversidades, como la falta de contenedores en el mundo, por lo tanto, falta de materia prima para construir diferentes componentes que se utilizan en el proceso de las líneas de ensamble, en los diferentes productos de la empresa, viéndose afectado el “producto GAMA” pero con menor impacto que otros productos, debido a que gerencia solicitó prioridad de componentes para este catéter; ya que, este está teniendo una alta demanda en el mercado.

**Tabla 9***Unidades y producción total de febrero 2022*

<b>Producción total de Febrero</b>		
<b>Línea</b>	<b>Unidades</b>	<b>% Producción</b>
<b>L2</b>	<b>2233</b>	<b>21%</b>
<b>L3</b>	<b>1464</b>	<b>14%</b>
<b>L4</b>	<b>3514</b>	<b>33%</b>
<b>L5</b>	<b>3454</b>	<b>32%</b>
<b>Total</b>	<b>10665</b>	<b>100.00%</b>

*Fuente: Elaboración propia*

#### **4.3 JUMPERS UTILIZADOS DIARIAMENTE, MENSUALMENTE Y COSTO EQUIVALENTE DE LAS UNIDADES POR JUMPERS EN AMBOS CUARTOS CONTROLADOS (CAES)**

En este apartado se van a detallar por medios de tablas, indicadores visuales, gráficos representativos y números aproximados, las cantidades desechadas por día y mensualmente, cabe mencionar que cada tabla se calculan algunas variables con los datos de los días laborados.

Debido a no tener un manejo de control para los desechos de Jumpers en la línea, algún lugar de segregación y por mantener un sistema para el conteo de Jumper desechados por CAEs y no por líneas, se encuentra una mejora en el proceso y control de Jumper, esto ajeno al proyecto de investigación.

En septiembre el estudio se realiza con 26 días laborales; en la tabla 10, se puede apreciar los datos equivalentes a los Jumpers que se utilizaron el mes de septiembre por línea y su aproximado por día, lo cual al obtener estos datos se puede ver que el promedio de uso de Jumper por línea en el CAE 930 es de 1.5 suministros y en el CAE 3450 de 3 suministros reemplazados aproximadamente, este número es significativo ya que son 10 Jumper por día en el mes de septiembre.

**Tabla 10***Output equivalente por Jumper de septiembre 2021*

Equivalente de unidades por Jumpers en el mes de septiembre 2021					
Línea	Output	Jumper utilizados por CAEs	Jumper utilizados por mes	Jumper utilizados por día	Grafica de jumper utilizados
L2	2333	92	48	1.8	
L3	1864		44	1.7	
L4	3328	155	78	3.0	
L5	3267		77	3.0	
Total	10792	247	247	9.5	

**Fuente: Elaboración propia**

Respecto al costo equivalente de unidades por Jumpers, se tiene un promedio de 34 dólares por día tanto en línea 2 como línea 3, y por otro lado como se mencionó anteriormente, línea 4 y línea 5 cuentan con el doble de capacidad. Por lo tanto, el gasto de este suministro es mayor y el desperdicio del Jumper se eleva por día con un aproximado de \$57 desechados, cabe mencionar que la gráfica es representativa para cualquiera de sus variables, ya que los datos son similares, por lo tanto, la representación gráfica va a tener el mismo comportamiento, pero si se señala en rojo las líneas o la línea que mayor impacto de reemplazo de Jumper están contribuyendo al “producto GAMA”.

**Tabla 11***Costo equivalente de unidades por Jumper en septiembre 2021*

Costo equivalente de unidades por jumper en el mes de septiembre 2021					
Línea	Output	Jumper utilizados por CAEs	Costo por cantidad utilizados al mes (\$)	Jumper utilizados por día (\$)	Grafica de costo de jumper (\$)
L2	2333	92	918	35.3	
L3	1864		841	32.4	
L4	3328	155	1491	57.4	
L5	3267		1472	56.6	
Total	10792	247	4723	181.6	

**Fuente: Elaboración propia**

En Octubre el estudio se realiza con 26 días laborales; por su alta producción y demanda del catéter en el mercado, el mes de octubre, se procesó una cantidad alta de material, por lo tanto, se ve un incremento con respecto al reemplazo de Jumper por mes en cada línea de ensamble, pasando gran cantidad de material por esta operación de ensamblado de fibras, teniendo así la cantidad de reemplazos con mayor aumento durante el estudio de este proyecto, con un promedio de Jumper utilizados por día de 2 en el CAE 930, 4 en línea 4 y 3 suministros en línea 5.

**Tabla 12**

*Output equivalente por Jumper de octubre 2021*

Equivalente de unidades por Jumpers en el mes de octubre 2021					
Línea	Output	Jumper utilizados por CAEs	Jumper utilizados por mes	Jumper utilizados por día	Grafica de jumper utilizados
L2	2714	109	58	2.2	
L3	2170		51	2.0	
L4	4334	200	107	4.1	
L5	3911		93	3.6	
Total	13129	309	309	11.9	

**Fuente: Elaboración propia**

Con respecto al costo equivalente de unidades por Jumpers durante el mes de octubre del año 2021, línea 4 tuvo un gasto de \$79 aproximadamente por día y un mensual de \$2046 siendo esta la línea que contribuye a la mayor cantidad de desecho del suministro. Por otro lado, se ve a línea 5 con un gasto menor de Jumpers por día de \$68, esto debido al volumen que tuvieron en el mes de octubre, fue más bajo que línea 4, ver tabla 5 para mayor detalle.

Se ve un comportamiento similar pero menos pronunciado en el CAE 930 con un gasto de Jumpers por día en línea 2 de 42.7 dólares al mes y línea 3 de \$37.5 cabe mencionar que el ausentismo en el mes de octubre fue por motivo de COVID-19, por lo tanto, se sacrifica o se distribuye al personal de línea 3 para rellenar las demás líneas y poder cumplir con la meta del output mensual.

**Tabla 13***Costo equivalente de unidades por Jumper en octubre 2021*

Costo equivalente de unidades por Jumper en el mes de octubre 2021					
Línea	Output	Jumper utilizados por CAEs	Costo por cantidad utilizados al mes (\$)	Jumper utilizados por día (\$)	Grafica de costo de jumper (\$)
L2	2714	109	1109	42.7	
L3	2170		975	37.5	
L4	4334	200	2046	78.7	
L5	3911		1778	68.4	
Total	13129	309	5908	227.2	

**Fuente: Elaboración propia**

En noviembre el estudio se realiza con 26 días laborales; el output equivalente por Jumpers en el mes de noviembre tuvo un comportamiento similar a los meses anterior, donde tanto línea 4 como línea 2 son los que reemplazan la mayor cantidad por CAEs con 5 Jumper utilizados más por mes en las líneas mencionas.

**Tabla 14***Output equivalente por Jumper de noviembre 2021*

Equivalente de unidades por Jumpers en el mes de noviembre 2021					
Línea	Output	Jumper utilizados por CAEs	Jumper utilizados por mes	Jumper utilizados por día	Grafica de jumper utilizados
L2	2731	85	45	1.7	
L3	1834		40	1.5	
L4	3533	145	75	2.9	
L5	3488		70	2.7	
Total	11586	230	230	8.8	

**Fuente: Elaboración propia**

En noviembre se tiene suma de todas las líneas por un monto de \$169 por día y un gasto mensual de \$4398 en el “producto GAMA” estos costos representan un consumo el cual no se ha hecho tan visible y no se le había dado la suficiente trazabilidad.

**Tabla 15***Costo equivalente de unidades por Jumper en noviembre 2021*

Costo equivalente de unidades por Jumper en el mes de noviembre 2021					
Línea	Output	Jumper utilizados por CAEs	Costo por cantidad utilizados al mes (\$)	Jumper utilizados por día (\$)	Grafica de costo de jumper (\$)
L2	2731	85	860	33.1	
L3	1824		765	29.4	
L4	3533	145	1434	55.2	
L5	3488		1338	51.5	
Total	11576	230	4398	169.1	

**Fuente: Elaboración propia**

En diciembre el estudio se realiza con 21 días laborales; se trabajó menos días que los meses anteriores, esto debido a las vacaciones de fin de año. Se tiene un consumo mayor de Jumpers y el gasto por línea sigue teniendo el mismo comportamiento, con un gasto aproximado de 12 Jumpers por día en sus cuatro líneas y un consumo utilizados promedio total 261 suministros reemplazados.

**Tabla 16***Output equivalente por Jumper de diciembre 2021*

Equivalente de unidades por Jumpers en el mes de diciembre 2021					
Línea	Output	Jumper utilizados por CAEs	Jumper utilizados por mes	Jumper utilizados por día	Grafica de jumper utilizados
L2	2300	110	58	2.8	
L3	2000		52	2.5	
L4	3955	151	80	3.8	
L5	3754		71	3.4	
Total	12009	261	261	12.4	

**Fuente: Elaboración propia**

Con respecto al mes de diciembre se tiene un costo equivalente de unidades por Jumper de \$4990 y por día un gasto de \$238, este total de las cuatro líneas. Se puede ver que el gasto fue mayor que el mes de noviembre, debido al volumen de material que se movió durante el mes de diciembre.

**Tabla 17**

*Costo equivalente de unidades por Jumper en diciembre 2021*

Costo equivalente de unidades por Jumper en el mes de diciembre 2021					
Línea	Output	Jumper utilizados por CAEs	Costo por cantidad utilizados al mes (\$)	Jumper utilizados por día (\$)	Gráfica de costo de jumper (\$)
L2	2300	110	1109	52.8	
L3	2000		994	47.3	
L4	3955	151	1530	72.8	
L5	3754		1358	64.6	
Total	12009	261	4990	237.6	

***Fuente: Elaboración propia***

En enero, el estudio se realiza con 25 días laborales, el ausentismo por casos COVID-19 se incrementó de tal modo que se decide distribuir parte del personal de línea 3 para poder rellenar las otras tres líneas de ensamble y así cumplir con el output final solicitado por gerencia.

Se ve que el comportamiento de línea 3, bajó a un Jumper utilizado por día. Esto debido a su output unidades totales buena, por orden y la estrategia que se utilizó para cumplir con la meta mensual 9200 catéter, de lo cual se cumplió con una cantidad mayor de 9307 por otro lado se ve un comportamiento normal de las otras líneas de ensamble con un aproximado de 8 Jumper remplazados por día.

**Tabla 18***Output equivalente por Jumper de enero 2021*

Equivalente de unidades por Jumpers en el mes de enero 2022					
Línea	Output	Jumper utilizados por CAEs	Jumper utilizados por mes	Jumper utilizados por día	Grafica de jumper utilizados
L2	2239	75	56	2.2	
L3	1135		24	1.0	
L4	2974	135	68	2.7	
L5	2959		62	2.5	
Total	9307	210	210	8.4	

**Fuente: Elaboración propia**

Con un costo equivalente de unidades por Jumpers reemplazados, de 75 por suministros desechados tanto línea 2 como línea 3, se tiene una suma de \$60 por día por ambas líneas.

Duplicando la cantidad de reemplazos solicitado, las líneas de mayor volumen, líneas 4 y línea 5, en enero tuvo un gasto total diario de \$161 y con un gasto de \$4015 por mes.

**Tabla 19***Costo equivalente de unidades por Jumper en enero 2022*

Costo equivalente de unidades por Jumper en el mes de enero 2021					
Línea	Output	Jumper utilizados por CAEs	Costo por cantidad utilizados al mes (\$)	Jumper utilizados por día (\$)	Grafica de costo de jumper (\$)
L2	2300	75	1071	42.8	
L3	2000		459	18.4	
L4	3955	135	1300	52.0	
L5	3754		1185	47.4	
Total	12009	210	4015	160.6	

**Fuente: Elaboración propia**

Febrero entre muchas complicaciones fue un mes de poca producción, pero con un gran consumo de Jumpers. Siendo este el segundo mes con el mayor sobre consumo del material. Cabe mencionar que la producción fue baja y se ve claramente que el desecho de este suministro va en incremento.

**Tabla 20***Output equivalente por Jumper de febrero 2022*

Equivalente de unidades por Jumpers en el mes de febrero 2022					
Línea	Output	Jumper utilizados por CAEs	Jumper utilizados por mes	Jumper utilizados por día	Grafica de jumper utilizados
L2	2233	110	60	2.5	
L3	1464		50	2.1	
L4	3514	170	95	4.0	
L5	3454		75	3.1	
Total	10665	280	280	11.7	

***Fuente: Elaboración propia***

Con un costo equivalente de unidades por Jumpers reemplazados, de 110 por suministros desechados tanto línea 2 como línea 3, se tiene una suma de \$84 por día por ambas líneas.

Duplicando la cantidad de reemplazos solicitado, las líneas de mayor volumen, líneas 4 y línea 5, en febrero tuvo un gasto total diario de \$135 y con un gasto de \$5354 por mes.

**Tabla 21***Costo equivalente de unidades por Jumper en febrero 2022*

Costo equivalente de unidades por jumper en el mes de febrero 2022					
Línea	Output	Jumper utilizados por CAEs	Costo por cantidad utilizados al mes (\$)	Jumper utilizados por día (\$)	Grafica de costo de jumper (\$)
L2	2300	110	1147	47.8	
L3	2000		956	39.8	
L4	3955	170	1816	75.7	
L5	3754		1434	59.8	
Total	12009	280	5354	223.1	

***Fuente: Elaboración propia***

Con la información revisada en los datos históricos, claramente se ve que el comportamiento por mes es oscilante, el cual cuenta con muchas fluctuaciones esto

debido a diferentes aspectos que puede atribuir, ya sea a mayor volumen de material procesado en la operación de ensamble de fibras la cual utiliza el suministro Jumper.

#### 4.3.1 Simulación con los datos Históricos

Una vez analizados los datos históricos se procede a realizar un ejercicio, en el cual se ejemplifica como si el retrabajo se hubiese realizado, durante los meses que se tomaron en cuenta para este proyecto.

**Tabla 22**

*Simulación de utilizar Jumpers retrabajados*

Año	Mes	Cantidad desechados	% de Jumpers nuevos	% de Jumpers retrabajados	% Total de Jumpers utilizados por mes
2021	Septiembre	247	100%	-	100%
	Octubre	309	20%	80%	100%
	Noviembre	230	75%	25%	100%
	Diciembre	261	36%	64%	100%
2022	Enero	210	56%	44%	100%
	Febrero	280	58%	42%	100%
Total		1537	55%	45%	100%

***Fuente: Elaboración propia***

Como es una simulación del ejercicio se va a utilizar porcentajes aproximados de los Jumper nuevos y retrabajados, este ejercicio se realizará sacando un porcentaje de los Jumpers nuevos y retrabajados, señalando en rojo lo que representa un costo, pero el cual es necesario para poder retrabajarlos, también se va a utilizar el color verde para señalar el porcentaje de Jumpers retrabajados que se ingresarían al proceso. Para realizar el ejercicio se necesita un mes para tener la primera acumulación de Jumpers y a su vez poder empezar a retrabajarlos, para ser utilizados el mes siguiente.

Como se puede observar el mes de septiembre del 2021 se utilizaron 247 Jumpers, para el mes de octubre se retrabajarían los Jumpers del mes de septiembre, adicional como ese mes se necesitó 309 Jumpers, siendo está una cantidad mayor a los Jumpers retrabajados, por lo tanto, se agregan 62 nuevos Jumpers, estos mismos serán utilizados para el mes de noviembre.

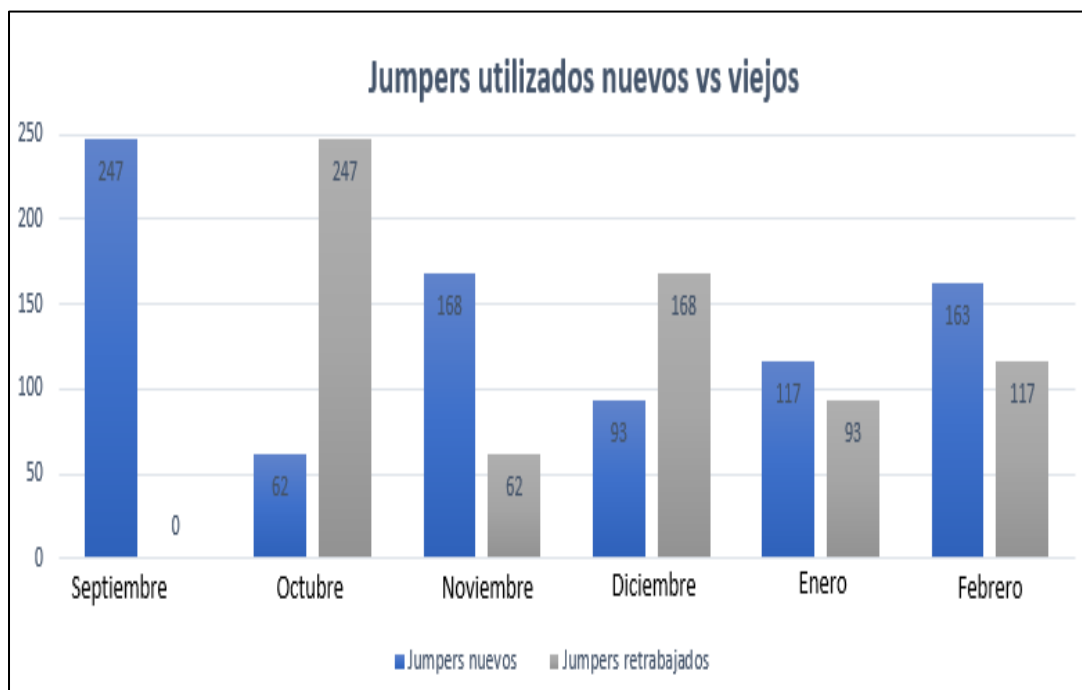
Los que se retrabajan, solo podrán utilizarse una vez, por eso el mes de noviembre se agregan 168 nuevos y se reutilizan los 62 retrabajados del mes de octubre, ese mismo

ejercicio se realizó con los 6 meses donde se obtendría reducción de costos aproximadamente de la mitad de Jumper utilizados actualmente.

En la figura 23. Se grafica estos datos para tener una idea más clara de cómo se hubieran visto estos meses con la implementación.

**Figura 23**

*Jumpers utilizados vs viejos*



***Fuente: Elaboración propia***

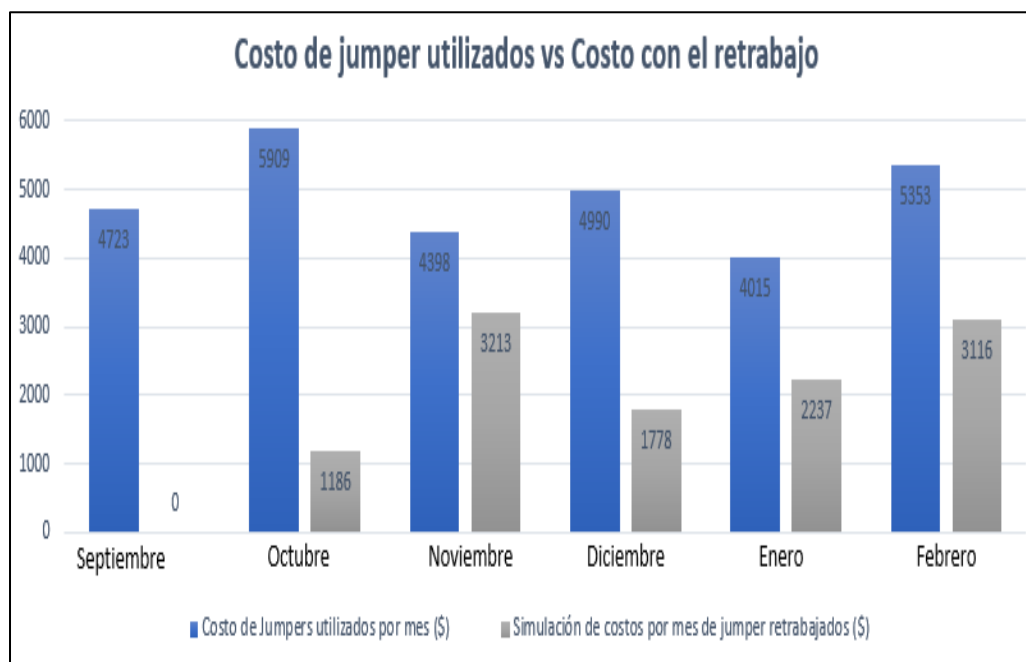
En la Tabla 23. Se observa la ganancia, cuanto se hubieran ahorrado por mes y cuanto representa esto en total, con los meses que se realizó la investigación, ya que la reducción sería significativa, reduciendo así un aproximado de un 50 %.

**Tabla 23***Costos de suministros*

Mes	Cantidad reemplazada	Costo de Jumpers utilizados por mes (\$)	Simulación de costos por mes de jumper retrabajados (\$)	Ganacia por mes (\$)
Septiembre	247	4723	0	0
Octubre	309	5909	1186	4723
Noviembre	230	4398	3213	1185
Diciembre	261	4990	1778	3212
Enero	210	4015	2237	1778
Febrero	280	5353	3116	2237
total	<b>1537</b>	<b>29388</b>	<b>11530</b>	<b>13135</b>

***Fuente: Elaboración propia***

En la figura 24. Se grafican estos datos para tener una idea mucho mejor, de cómo se hubieran visto estos meses si la implementación se hubiese realizado, y de cuánto puede ahorrar no solo por mes sino por año, el cual es una cifra que no puede ignorar ni pasar por alto.

**Figura 24***Costo de Jumper utilizados Vs Costo con el retrabajo****Fuente: Elaboración propia***

Como se mencionó anteriormente re TRABAJAR este componente es muy fácil y accesible para la empresa ya que cuenta con todo el suministro equipo y material necesario para ejecutarlo correctamente.

#### 4.4 ESTUDIOS DE LAS CAUSAS

Para establecer la sesión de lluvias de ideas o brainstorming que conduzca a propuestas más interesantes y creativas para este proyecto, se llevó a cabo por medio de un moderador, el cual se encargó de dirigir la sesión con fluidez.

El número de participantes fue de 7 en el que destaca 4 operarios, uno por cada línea, ingeniería, calidad y personal del equipo ingeniosamente.

**Figura 25**

*Lluvia de ideas realizada en la operación de ensamble de fibras*



**Fuente: Elaboración propia**

De acuerdo con los resultados y sus derivaciones de la lluvia de ideas realizada con los participantes, se obtuvieron 4 variables con 9 derivaciones de posibles causas por el reemplazo del Jumper y pérdida de tiempo en el proceso de reemplazarlo.

Almacenamiento:

- Cara de la fibra lastimadas.
- Acumulación de Jumper en un mismo espacio(bin).

Transporte:

- Tiempo de espera del cambio.
- Daño del Jumper al cerrar carcasa de FISO.

Material:

Fallos de variables en el catéter como:

- Señal
- Cavidad
- Lámpara

Soporte técnico

- Daño del Jumper cuando se cierra la carcasa del Jumper
- Validación de equipo FISO

#### **4.4.1 Caminata Gemba en la estación de ensamble de fibras**

Una vez realizada la sección de lluvia de ideas, se realiza una caminata en la operación de ensamble de fibras para tener una mejor noción del proceso y así corroborar el conocimiento del personal con respecto a este tipo de reemplazo.

Tabla 24

## Resultados de la camina Gemba en la operación de ensamble de fibras

Caminata Gemba				
FECHA:	2/9/2022	Colaborador	Operario de la estación	
Area de producción: 90066652		Auditor :	Calidad, Producción, Ingeniería	
Celda o Estacion : Estacion de Ensamble de conectores de fibras		Turno: A		
Hora de inicio : 9:00 am	Hora de Finalización : 10:00am	Tiempo de la Auditoria :	60 minutos	
	Aspecto a verificar	Pasa	Falla	Hallazgos
Calidad	Materia prima en la estación identificada correctamente: número de lote, fecha de expiración, etiquetas legibles y en buen estado.	x		Revisión del DHR correcta.
	Materiales en proceso, retrabajos o scrap, correctamente identificados y segregados.	x		Es mucho material, pero se tiene bien identificado.
	La documentación de DHR y formularios está completa y correcta	x		Perfecta condiciones.
	Asegurar que las verificaciones solicitadas en la operación se encuentren ejecutadas de manera correcta y en el momento preciso.	x		pruebas del inicio de turno del equipo FISO.
Procesos (Producción)	Verificación de la ejecución del proceso de acuerdo al MP: el operario sabe cuál es el MP que está siguiendo, lo localiza física o digitalmente, y puede explicar dentro del mismo, el paso que está ejecutando.	x		Saben como realizar los pasos que se le solicita al persona que nos explicara, ubica el proceso y explica de buena manera los pasos a realizar , explicacion de lo variable de la etiqueta / Buen manejo de la informacion en
	El operario sabe como leer e interpretar los paramatros del equipo FISO	x		Conoce los Rangos de cada una de las variables.
	El equipo se encuentra dentro de los parametros permitidos por proceso.	x		se Realiza una prueba al inicio del turno con fibras patro(equipo para medir las diferentes variables)
	El estado general de los fixtures en la operación es aceptable?	x		Perfecto estado.
	Sabe el operario la importancia del Jumper que se utiliza y el uso en el dispositivo?		x	Falta de conocimiento del tabajo que realiza el jumper en el equipo FISO.
	Ante una situación de algún fallo en el catéter por variables como: Señal, Cavidad o lámpara, sabe cual es el proceso que debería seguir antes de reemplazar el jumper?		x	No se tenia muy claro, debido a que cuando se tiene alguno de estos defectos solo se dejan las unidades para el final del lotes y se reemplaza jumper, para descartar que sea las unidades las del fallo.
	El operario sabe por que se dan los fallos de las tres variables: Señal, Cavida y lámpara		x	Se tiene un mal concepto con estas variables ya que los tres son valorados de igual manera y por cualquiera de estos defectos se reemplaza el jumper.
Ingeniería	Sabe cuál es el estado de las métricas del consumo del jumpers.		x	No, debido a que no se cuenta con tablas, bins o indicadores que reflejen el consumo por mes del suministro.
	Tiempo de espera del reemplazo	x		Tiene un aproximado de 15min por cada cambio.
Observaciones: Poco conocimiento con respecto a los jumpers, su función, como esta compuesto y los fragiles que son al contacto .				

Fuente: Elaboración propia

El objetivo de la caminata Gemba es que los participantes realicen un recorrido en la operación y se involucren en la búsqueda de actividades de desperdicio. Dentro de esta herramienta de manufactura Lean se destacaron los 3 elementos importantes como son:

1. **Ve y mira.** La idea principal de la caminata Gemba es que el equipo de Producción, Ingeniería y Calidad realizara un paseo regular en la operación de ensamble de fibras y se involucren en la búsqueda de actividades de desperdicio.
2. **Pregunta por qué.** Con el objetivo de explorar a detalle el flujo de valor y localizar sus partes problemáticas a través de una comunicación activa.
3. **Respetar a la gente.** Se tuvo en cuenta que la caminata Gemba no es una “Caminata jefe” justamente lo que no se quiere es señalar y culpar a la gente sino colaborar con el equipo y juntos encontrar problemas.

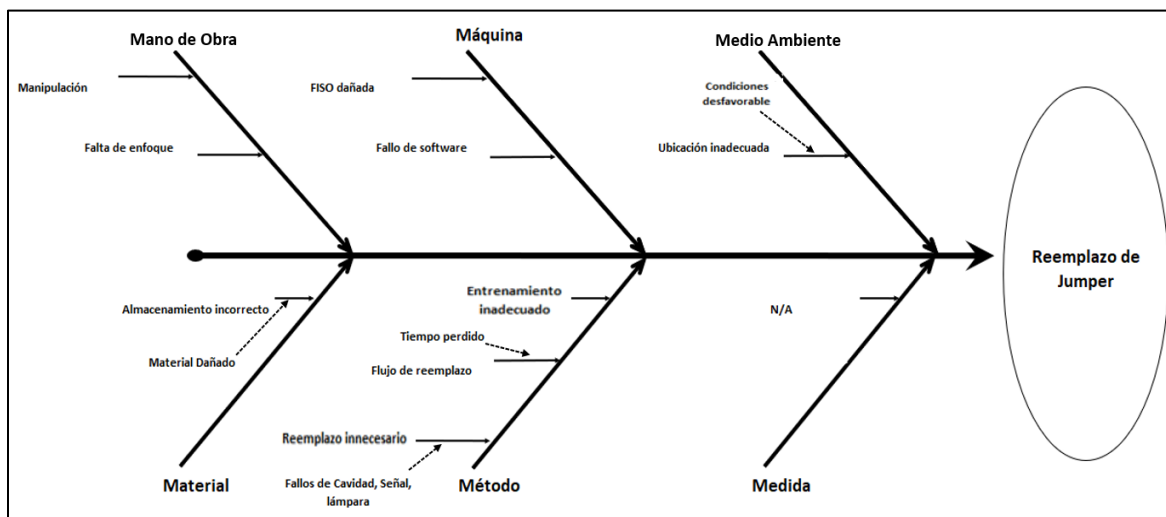
Antes de tomar cualquier acción basada en las observaciones de la caminata, se necesitó algo de tiempo para organizar la lluvia de ideas y las notas o resultados que dieron la caminata Gemba, la retroalimentación es importante, pero una retroalimentación temprana puede ser devastador, por lo que el equipo se reunió en una sala de la empresa y analizó cuidadosamente la situación del reemplazo.

#### **4.4.2 Diagrama Ishikawa o causa y efecto relacionado a las causas raíz del problema**

Una vez analizada esta información se realiza el Ishikawa o causa y efecto, para encontrar las causas raíz del problema de los reemplazos.

**Figura 26**

*Causa y efecto en el proceso de ensamble de fibras*



**Fuente: Elaboración propia**

Con la investigación obtenida en el diagrama, Se recopila la información necesaria para enfocarse en la causa raíz principal, en las que se obtienen las siguientes variables:

### **Mano de obra**

**Manipulación:** Los Jumpers puede sufrir daños cuando se traslada o se instala en el equipo FISO, es una Causa posible, pero se descarta debido a que estos fallos son muy puntuales en el proceso

**Falta de enfoque:** Va muy de la mano a lo mencionado anteriormente, esto se da por motivos de descuido en el proceso, por ejemplo, cerrando la carcasa de la FISO y majando el cable de los Jumpers, como este es construido a base de fibra de vidrio, se quiebra la fibra interna provocando el daño de este. Se descarta de las posibles causas raíz del incremento de este suministro; ya que, su recurrencia es muy baja, en base a la verificación de los datos recopilados por las métricas de producción, observando que son casos muy puntuales.

### **Máquina**

**FISO dañada:** Se revisó el historial de validaciones, y se descarta que el reemplazo sea por este motivo (FISO dañada), debido a que solo tiene una revalidación por este motivo.

*Fallo de software:* Alguna de las variables a medir, Cavidad, Señal o Lámpara se incrementa llegando al límite del rango superior o inferior y la causa de esto es por motivos del módulo (Corazón de FISO) dañado sistemáticamente. Se descarta esta causa; ya que, va en paralelo a FISO dañada. Se revisa el historial de validaciones y el equipo tiene un comportamiento estable, presentando solamente un fallo, de acuerdo con las ordenes de trabajo solicitadas por producción, en el sistema utilizado por la empresa, para la trazabilidad de solicitudes a Ingeniería de manufactura para revisión de equipos.

### **Medio ambiente**

*Ubicaciones:* También se menciona que la ubicación era una posible causa debido a la suciedad en Cara de las fibras de los Jumpers.

Analizando el entorno se tiene la sub causa de las condiciones desfavorables, ya que la operación está ubicada cerca de la puerta de entrada del cuarto controlado y paralelo a la operación se cuenta con un pasillo, esto puede levantar polvo, partículas, fibras etc., Cabe mencionar que la cara de la fibra es muy difícil observar con el ojo humano, para poder observarla se tiene que usar un microscopio o el equipo que se encuentra en la estación de fibras conocido como SUMIX, de cual se hablará en el capítulo 5 debido a que es importante para este retrabajo.

Se descarta una mejora inmediata para este variable ya que al cambiar de ubicación requiere un cambio de diseño en el flujo de la línea y este tipo de acciones son de costos muy altos.

### **Material**

*Almacenamiento:* Se cuenta con un almacenamiento (bin) para todos los Jumpers, por lo tanto, al tener tanto material junto y con un punto tan frágil como es la cara de la fibra, se llega a la sub causa de material dañado, ya que los Jumpers se almacenan en bines, sin ningún cobertor para evitar el rozamiento entre ellas. Esta información ayuda para una mejora, que se hablará en el siguiente capítulo.

**Método:**

*Entrenamiento inadecuado:* Falta de entrenamientos para el reemplazo del Jumper de parte de mantenimiento. Esta causa se descarta ya que el proceso es muy simple y no va a aportar mejora en la investigación.

*Flujo de reemplazo:* Se tiene una cantidad de tiempo perdido muy significativo, para el proceso de cambio de Jumpers, se observa una mejora, ya que se tiene tiempos de 15min por reemplazo aproximadamente, donde línea 4 y línea 5 tiene de dos a tres cambios por día y al estar de 30 a 45 min aproximadamente por día, detenidos por este motivo, hay una pérdida de producción y un cuello de botella a considera.

*Reemplazo innecesario:* Se comenta que la mayor cantidad de reemplazo de Jumpers es motivo de descarte, ya que cuando una unidad presenta un fallo de señal, cavidad o lámpara se deja hasta el final del lote de producción para reemplazar Jumpers y descartar que sea el equipo el del fallo y no el del catéter.

**Medida:**

Dado que ninguno de los equipos utilizados requiere de calibración programada, no se encuentra ninguna causa relacionada a esta variable.

Las posibles causas y efectos que existen detrás del reemplazo de Jumpers nos indica que tenemos mejoras en el proceso no solo en la causa raíz del sobre consumo del suministro, sino en el entorno y flujo.

**4.4.3 Multi-votación del grupo selecto para el proceso**

Por medio de la lluvia de ideas y el diagrama de causa y efecto, analizado anteriormente, se genera una lista de posibles causas que pueden estar afectando a este proceso de una manera directa e indirectamente, estas variables van a ser evaluadas por medio de la técnica de multivoto.

**Tabla 25***Multivoto de variables a tomar en cuenta*

Variable	Producción	Calidad	Ingeniería	Puntuación total	%
Manipulación	4	4	4	12	10%
Falta de enfoque	3	4	3	10	8%
FISO dañada	2	3	3	8	6%
Fallo se software	2	2	2	6	5%
Ubicación	3	3	2	8	6%
Almacenamiento	7	8	8	23	18%
Entrenamiento inadecuado	4	3	4	11	9%
Flujo de reemplazo	8	7	7	22	17%
Reemplazo innecesario	9	8	9	26	21%
<b>Total</b>				<b>126</b>	<b>100%</b>

***Fuente: Elaboración propia***

Con las variables definidas en el diagrama de Ishikawa, se procede a evaluarlas para determinar cuáles son la de mayor impacto en el problema. Se define una escala para realizar la votación, cuyo rango va de 1 a 9, donde 1 es el de menor importancia y 9 el de mayor importancia de acuerdo con el criterio de los participantes.

Cada miembro del equipo realiza su votación, después se suman los votos para obtener una puntuación global para cada variable, esta se puede observar en los datos tabla 26.

**Tabla 26***Datos para el Pareto*

Variable	Puntuación obtenida	Frecuencia acumulada	Frecuencia relativa	Frecuencia relativa acumulada
Reemplazo innecesario	26	26	20	20
Almacenamiento	25	51	19	39
Flujo de reemplazo	23	74	18	57
Entrenamiento inadecuado	17	91	13	70
Falta de enfoque	11	102	8	78
Ubicación	8	110	6	84
FISO dañada	8	118	6	90
Manipulación	6	124	5	95
Fallo se software	6	130	5	100
<b>Total</b>	<b>130</b>		<b>100</b>	<b>100</b>

***Fuente: Elaboración propia***

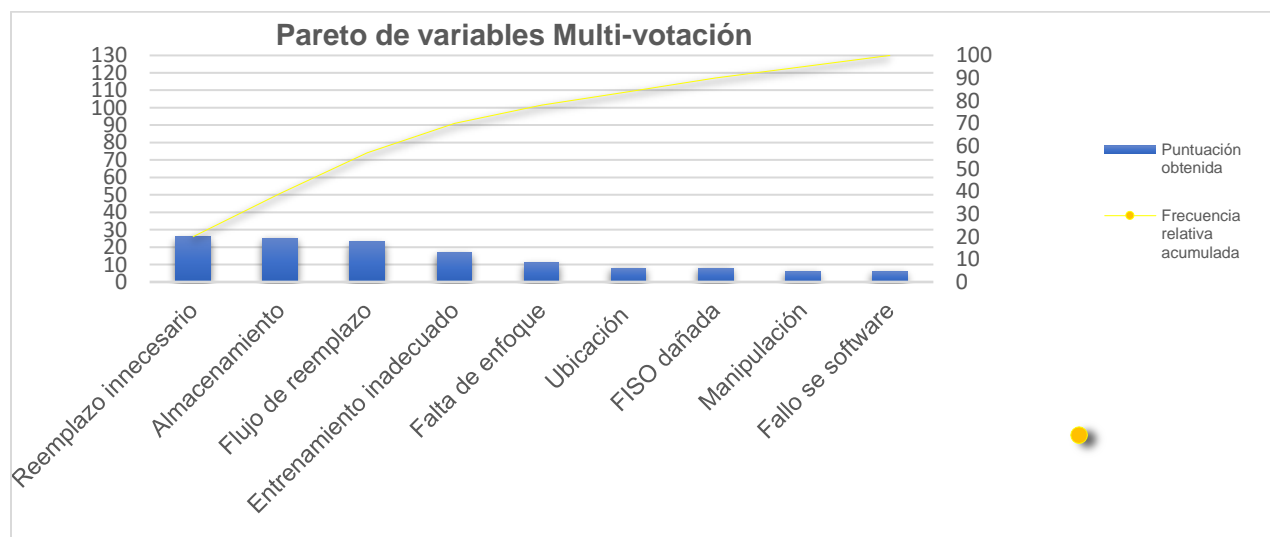
#### 4.4.4 Pareto de las variables seleccionadas en el multivoto

Una vez con la calificación otorgado por cada participante, se procede a ordenar de mayor a menor las variables, esto con el fin de realizar cálculos a partir de los datos ordenados, se calculan el porcentaje y el porcentaje acumulado, una vez con la tabla acumulada se puede utilizar el principio de Pareto para darle enfoque a las causas principales.

Este principio establece de forma general que, el 80% de las consecuencias provienen del 20% de las causas. En otras palabras, un pequeño porcentaje de causas tiene un efecto diferente ya que abarcan la mayor cantidad de impacto.

**Figura 27**

*Pareto de variables de la Multi-votación*



**Fuente: Elaboración propia**

Una vez con los datos de la tabla anterior, se delinea el diagrama, sus ejes de coordenadas, y se reducen las variables, a lo que se llega a 3 posibles causas potenciales, las cuales serían:

- Reemplazo de Jumper
- Flujo del proceso
- Almacenamiento

También a dos mejoras las cuales serían (más información)

- Entrenamiento inadecuado
- Falta de enfoque

#### 4.4.5 Matriz de 5 ¿POR QUÉ? de las causas potenciales del proyecto

Una vez con estos datos obtenidos se realiza una matriz de 5 ¿Por qué? donde solo se tomarán en cuenta las causas potenciales, debido a que las mejoras se pueden llevar a cabo por medio de un entrenamiento y conversando con el personal. Ver tabla 27.

**Tabla 27**

*Matriz de 5 ¿POR QUÉ?*

Prioridad	Variables (6M's)	Causas	Sub Causa	¿POR QUÉ 1?	¿POR QUÉ 2?	¿POR QUÉ 3?	¿POR QUÉ 4?	¿POR QUÉ 5?	Solución
	Material	Almacenamiento incorrecto	Material Dañado	Porque el almacenamiento es incorrecto debido a usar un bin para almacenar.	Por que el material se daña por el contacto entre la acomulacion de varios en un mismo espacio.	Porque no se levanto la mano anteriormente por este motivo.	porque no hay una estandarización en el proceso.	Porque no se usa un cobertor para almacenarlos.	Implementación de bolsa para cada jumper y evitar el contacto, golpes, rasgaduras.
	Método	Flujo del proceso	Tiempo perdido	Porque hay una secuencia de movimiento o solicitudes para proceso de reemplazo.	Porque se pierde tiempo en la espera del reemplazo	Porque hay muchos pasos a seguir ante la solicitud del reemplazo.	porque la empresa no habia contemplado el tiempo perdido al cambiar el suministro	N/A	Con la implementación del reetrabajo del jumper se contara con menos pasos a seguir en el flujo del reemplazo.
	Método	Reemplazo de jumper	Fallos de Cavida, Señal y lámpara	Porque se reemplaza por cualquier fallo de las variables a medir.	Porque se catalogan todos los fallos de igual manera.	Porque no se ha explicado el por que se ocasiona cada una de estos defectos.	Porque el 90% de los reemplazos es por motivos de fallos por lámpara.	porque se desecha el jumper por cavidad o señal, siendo estos ajenos al reemplazo.	Esta variable es la causa raíz del reemplazo de jumper y la que se va a solucionar con reetrabajarlos en el mismo proceso que se desecha.

***Fuente: Elaboración propia***

Con los datos obtenidos se profundiza con las tres causas a tomar en cuenta donde se catalogaron según su prioridad, de los cual se tiene:

### Verde: baja prioridad

Siendo esta una variable de prioridad baja, pero no menos importante. Se tiene un almacenamiento incorrecto, donde los Jumpers están aglomerados en un mismo espacio, esto debido a usar un bin para almacenarlos sin ningún cobertor que los proteja al contacto entre ellos.

Se encuentra una mejora en el proceso para almacenar estos materiales, que se hablará en el capítulo 5.

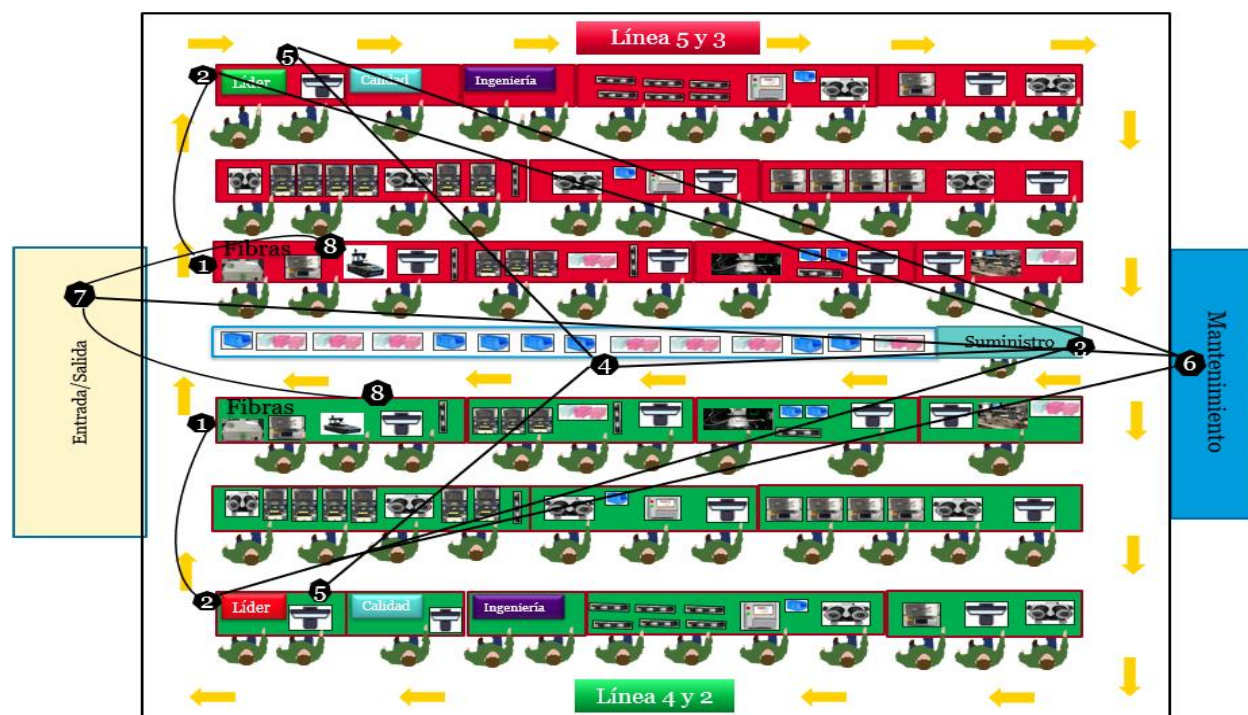
### Amarrillo: Prioridad media

En el flujo de proceso del reemplazo del Jumpers, se tiene una pérdida de tiempo muy significativo que va de 15 a 20 minutos aproximadamente.

En el siguiente diagrama de espagueti va a dar una mejor percepción a este movimiento el cual va a estar enumerados, para así explicarlos de manera clara.

**Figura 28**

*Diagrama espagueti del flujo del proceso del reemplazo de Jumper*



*Fuente: Elaboración propia*

Como se puede observar el proceso de reemplazo de Jumper cuenta con 8 pasos, de los cuales hay una pérdida de tiempo debido a su flujo actual. Se toma los tiempos de las solicitudes del cambio y se realiza esta tabla con sus tiempos promedios, cabe mencionar que para las cuatro líneas de ensamble el flujo es igual, por lo tanto, es estándar. Se va a detallar cada paso a seguir actualmente al solicitar reemplazo de este suministro.

**Tabla 28**

*Pasos y tiempos de la solicitud del cambio*

Paso	Descripción	Tiempo de duración
Paso 1	Se presenta el fallo en la operación de ensamble de fibras	1 minuto
Paso 2	Los operarios le solicitan a la líder cambiar Jumpers	1 minuto
Paso 3	La líder solicita el pedido a los encargados de suministros del área	2 minutos
Paso 4	El encargado de los suministros va y busca el Jumper	4 minutos
Paso 5	La encargada de suministro le entrega el Jumper a la líder de la línea.	3 minutos
Paso 6	Se solicita cambio de Jumper al técnico de Mantenimiento	1 minuto
Paso 7	El técnico se levanta de la estación de trabajo del área de mantenimiento, la cual se ubica afuera de los cuartos controlados y asiste al reemplazo.	2 minutos
Paso 8	El técnico de mantenimiento asiste a la operación y realiza el cambio.	2 minutos

***Fuente: Elaboración propia***

Se observa como este flujo pierde un tiempo significativo, ya que dependiendo de la línea se puede realizar de 3 a 2 cambios de Jumper e inclusive más cambios, como se detalló en los datos históricos del proyecto. Perdiendo así en este proceso, un aproximado de 16 minutos, considerado una pérdida de tiempo innecesaria, una oportunidad de mejora de la producción de la línea. Esta propuesta se puede ver a detalle en el capítulo 5.

**Rojo: Prioridad alta**

El enfoque del proyecto es el retrabajo de los Jumpers y es debido al sobre consumo, por lo tanto, se desechan, esto por malos criterio de aceptación entre los operarios, ya que se desecha este suministro por defecto en el catéter.

Las variables por la que se desecha el catéter son señal, cavidad y lámpara, tratando las 3 de igual manera, donde se tiene que los fallos de están variables son debido a las siguientes razones descritas.

**Señal**

Los motivos por fallos de Señal se deben a problemas con adhesivo en las caras de la fibra, la cual está ubicada dentro del catéter del producto GAMA. Este problema se da en el área de subensamble, Debido a que utilizan adhesivo para pegar la fibra al catéter, y por descuido en el proceso o por alguna mala técnica, embarran la cara de la fibra.

**Figura 29**

*Adhesivo en la cara de la fibra*



***Fuente: Elaboración propia***

En la figura 29 se observa por medio de un microscopio con magnificación 10X la cara de la fibra del Catéter, como tiene adhesivo en su superficie o mejor conocido como cara la fibra.

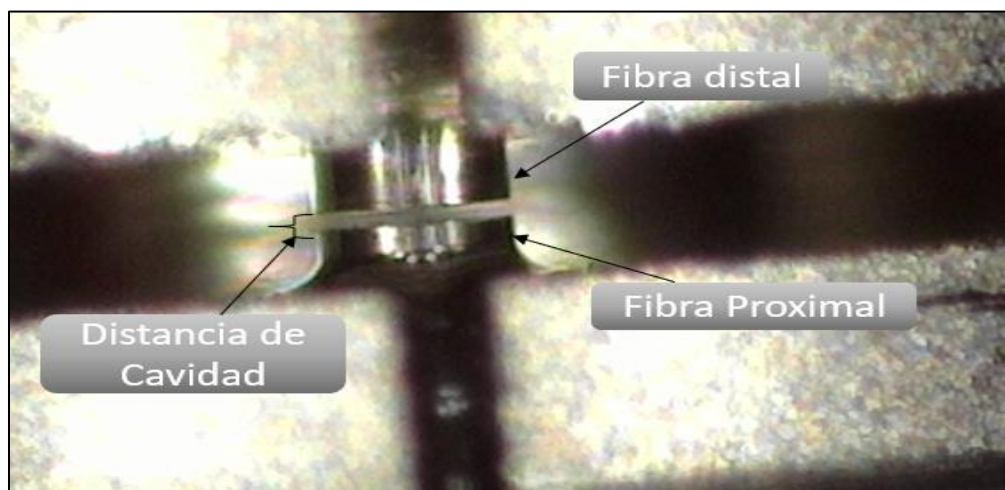
El equipo de ingeniería está involucrado e implementado ideas de mejora a este problema, por lo tanto, los fallos por Señal no serán el enfoque de este proyecto, más sin embargo si se procederá con un mejor entrenamiento con los operarios, para que se entienda el fallo y de tal manera tenga un mayor conocimiento del por qué se da estos defectos y que no están relacionados al Jumper.

### **Cavidad**

La cavidad es la distancia que hay entre las fibras, cabe mencionar que este catéter cuenta con dos fibras una proximal y una distal; estas son ensambladas en el área de subensamble y la cavidad es la distancia que hay en medio de ambas.

### **Figura 30**

*Distancia entre fibras*



***Fuente: Elaboración propia***

Este es un problema que se da por la manipulación en el proceso, ya que la cavidad es una distancia que se mide por medio de nanómetros, por lo tanto, cualquier golpe en el proceso puede afectar sus valores, una medida muy difícil de percibir a simple vista por lo tanto se usan equipos como microscopios, para medir estas distancias.

### **Lámpara**

El tema principal de la investigación, ya que es la única con objetividad al cambio de Jumper y esto es debido a que lámpara puede ser ocasionado por suciedad en la cara

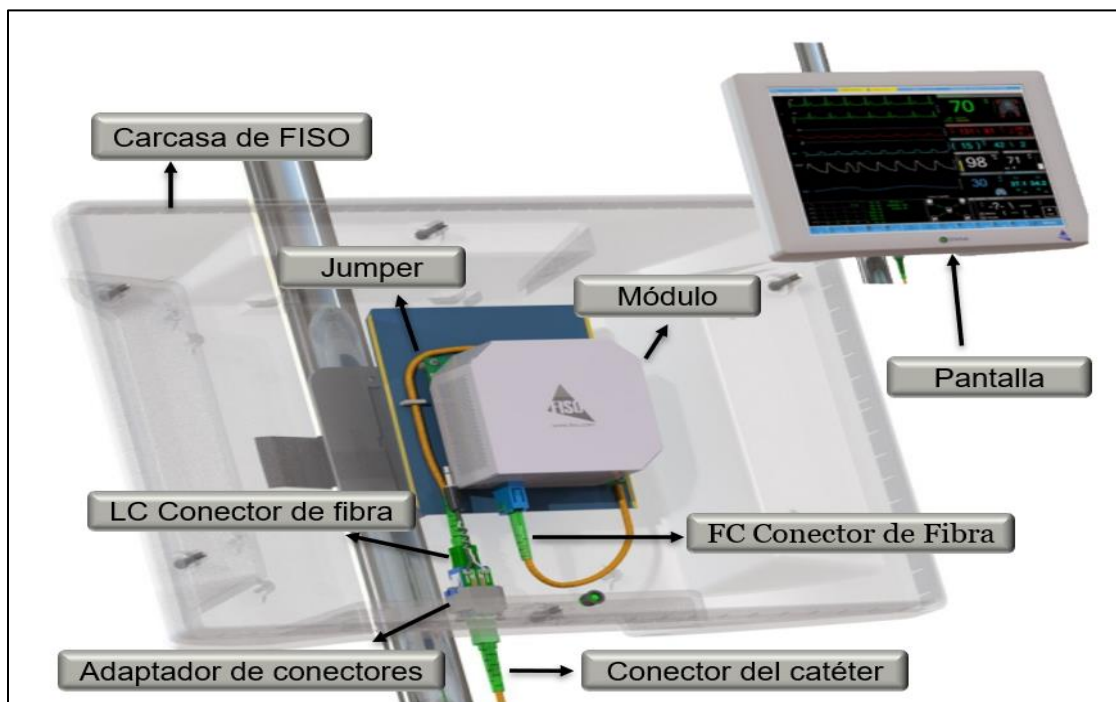
de la fibra del Jumper, también por motivo a que la cara de la fibra este dañada, rasgada o quebrada, este tipo de reemplazo es el único de los tres que es debido a fallos por el suministro.

#### 4.5 COMPONENTES IMPORTANTES PARA REALIZAR EL REEMPLAZO DE LOS JUMPERS

Reemplazar el Jumper y desechar este componente correctamente es el objetivo principal del estudio realizado, para entender la propuesta del capítulo 5 sobre cómo retrabajar el Jumper, se debe conocer sus partes y componentes.

**Figura 31**

*Componentes del entorno*



**Fuente:** *Elaboración propia*

En la figura 31. Se puede apreciar el equipo FISO con una perspectiva interna y externamente del equipo, el cual cuenta con:

**Carcasa:** Protege el módulo de cualquier daño o contaminación en el ambiente.

**Módulo:** Conocido como el corazón del equipo FISO, se encarga de recibir la señal de luz, ya que se trabaja con fibras de vidrios ópticas, y esta caracterizar las variables a medir.

**Pantalla:** Esta se encarga de reflejar los datos de las tres variables a medir, la cuales son Señal, Cavidad y lámpara

**Adaptador de conectores:** Su función es ser un punto de contacto entre el conector del Jumper y del Conector del catéter, básicamente su función es ser un puente para que la señal pase de una manera nítida y si perdidas.

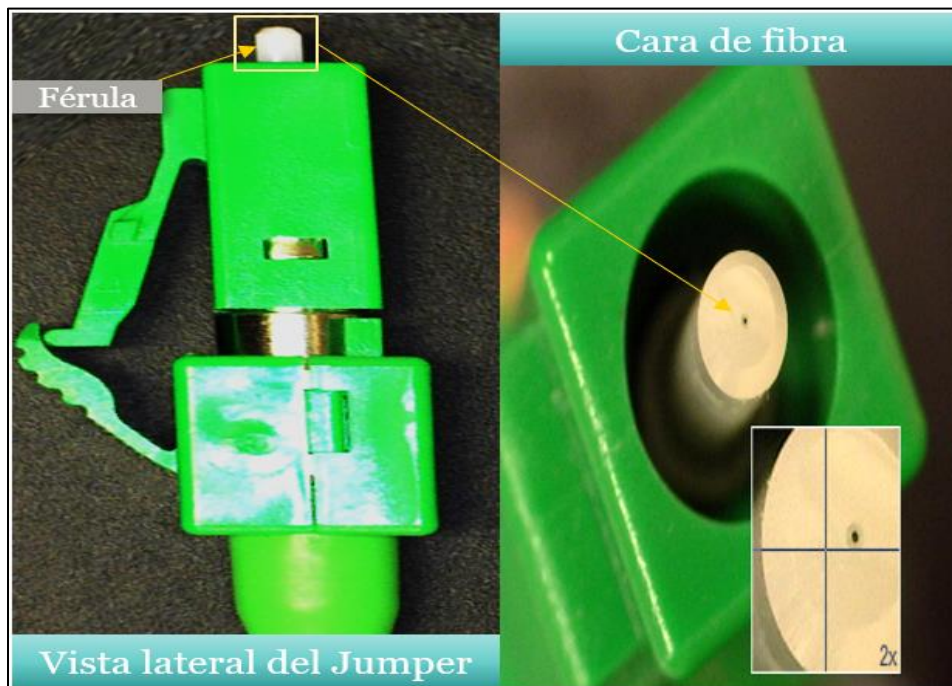
**Jumpers:** Fibra óptica de 45cm de largo, flexible y cuenta con dos conectores en sus lados extremos.

**LC Conector de fibra:** Es un conector de fibra óptica, flexible, que se conecta al adaptador de conectores internamente, sus siglas de LC tiene un significado en inglés el cual es Little Connector o Local Connector.

**FC Conector de Fibra:** Este conector del Jumper es metálico, se conecta al módulo FISO internamente, sus siglas FC tiene un significado en inglés el cual es Fiber-optic Connector.

**Conector del catéter:** Tiene la misma característica del conector del Jumper LC Conector de fibra, esto es debido a que son los más comunes en el mercado, este detalle es necesario tomar en cuenta ya que de aquí se obtiene la visión para poder implementar un proceso de pulido a los Jumper desechados.

Una vez con las partes identificadas tanto del catéter como del Jumper también es necesario comprender las partes del FC conector de fibras ya que serán mencionadas en el proyecto.

**Figura 32***Partes del conector****Fuente: Elaboración propia***

El conector está diseñado con las siguientes características:

**Férula:** Es el componente más importante de los conectores de fibra óptica ya que se encarga de sujetar, proteger y alinear la fibra de vidrio, usualmente son hechas con cerámica y plástico.

**Mecanismo de acoplamiento:** Mantiene el conector en su lugar cuando está conectado a otro dispositivo.

**Cara de fibra:** Las fibras ópticas requieren un tratamiento de pulido en la cara de la fibra o superficie, para la propagación adecuada de la luz, ya que partículas, suciedad o raspones pueden dar resultados erróneos en las mediciones. En la figura 33 se puede ver la parte crítica y a retrabajar en este proceso.

**Figura 33***Cara de fibras*

***Fuente: Elaboración propia***

La cara de la fibra siendo esta el punto clave del retrabajo, ya que se requiere retrabajar de tal manera que no se dañe, ni se rasgue, esto debido que si va con daños puede dar fallos en las mediciones del catéter.

Una vez con todas estas partes explicadas brevemente se procede a explicar la propuesta para poder retrabajar los Jumpers, esta será basada en información un fundamento necesario para poder validar un proceso para este retrabajo de Jumpers.

## **CAPÍTULO V: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN**

En el presente capítulo se realiza el diseño e implantación de propuestas, basadas en los datos analizados en el capítulo anterior, se toman en cuenta varias oportunidades para mejorar la operación de ensamble de fibras y por lo tanto se puede retrabajar los Jumper en esta operación. En la tabla 29 se documenta la causa raíz del problema, la cual es el desecho desproporcionado del Jumper, no obstante, en el proceso, utilizando diferentes herramientas se detectan dos oportunidades de mejora adicionales.

**Tabla 29**

*Causas y propuestas*

<b>Causas Identificadas</b>	<b>Propuestas de mejora</b>
Reemplazo de Jumper	Actualizar procedimiento y aprobar el retrabajo.
Flujo del proceso	Disminuir los pasos del Reemplazo, de su flujo actual.
Almacenamiento incorrecto	Jumpers están aglomerados en un mismo espacio.

***Fuente: Elaboración propia***

Adicional a las causas principales también hay dos mejoras en el proceso:

**Tabla 30**

*Causas y propuestas de mejoras con el personal*

<b>Causas Identificadas</b>	<b>Propuestas de mejora</b>
Entrenamiento inadecuado	Conversar con el personal, detallar mejor cada una de los scrap del catéter en la estación de conexión de fibras, para que así tenga una idea más clara <i>de las posibles causas de estos defectos</i>

Falta de enfoque	Se converso con los supervisores para que hablen con su personal y presionen o inculquen un ambiente laboral el cual se vea un mayor enfoque en esta área.
------------------	--

***Fuente: Elaboración propia***

Una vez completadas las etapas de definir, medir y completar el análisis de los datos mediante la herramienta de análisis de causa- efecto o diagrama Ishikawa, se procede a detallar la causa con su respectiva propuesta de mejora.

Para entender las propuestas correctamente se utilizarán tablas con los materiales, equipos y herramientas que se deben utilizar en la operación de ensamble de fibras, para poder ejecutar el proceso de retrabajo de Jumpers correctamente, y a su vez tener claro los pasos que se deben seguir, para realizar la validación de este nuevo proceso.

## **5.1 IMPLEMENTACIÓN DEL PROCESO DE RETRABAJO**

La industria médica está regida por normas y regulaciones, para poder implementar una validación de un proceso nuevo en el producto GAMA, se requiere una serie de pasos o proceso a seguir, como:

- Ser aprobado por los Ingenieros del producto
- Asignación de recursos
- Asignación de presupuesto
- Evaluación de calidad (Quality Assessment)
- Desarrollo del proceso
- Validación de proceso
- Implementación del proceso

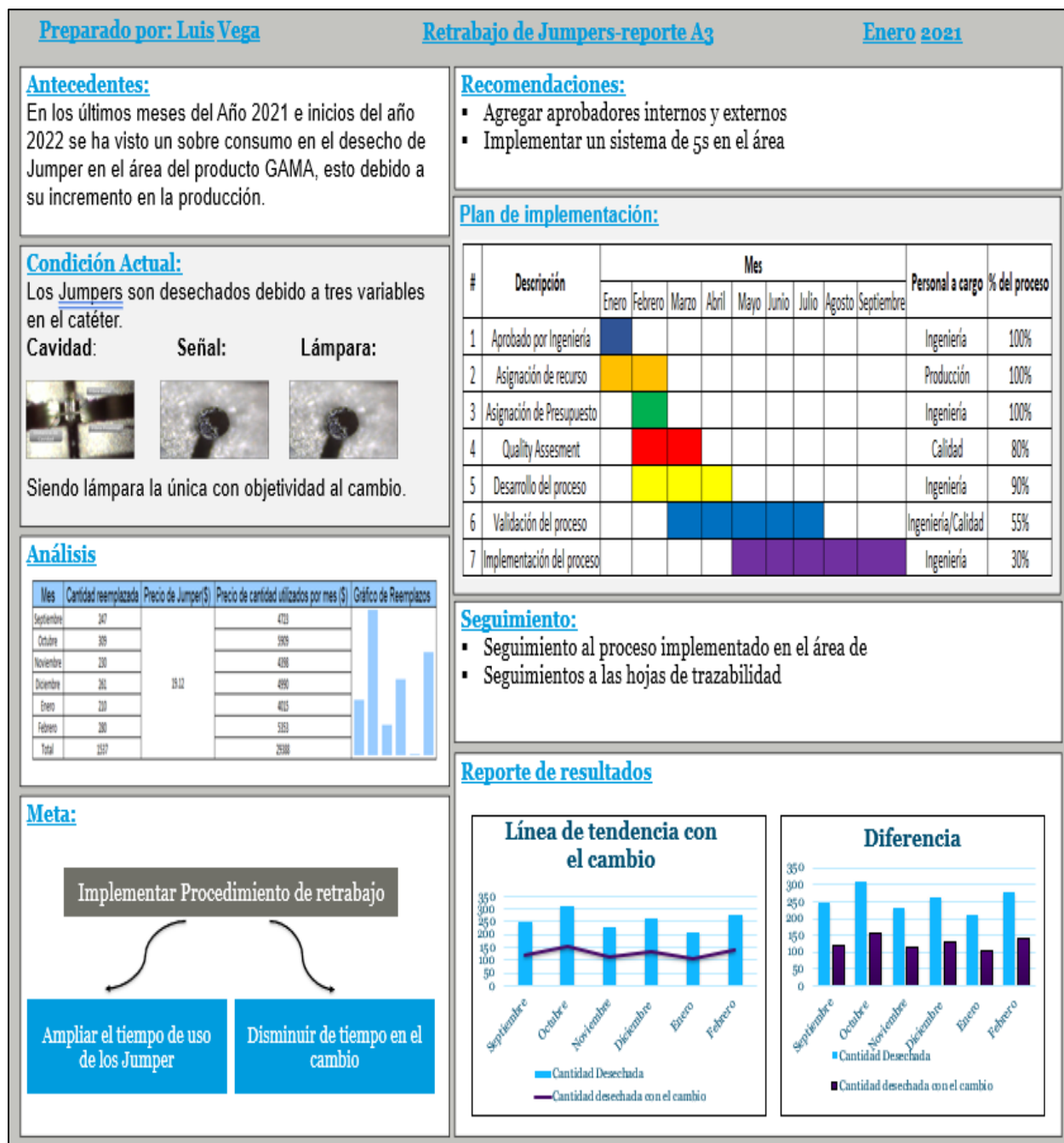
### **5.1.1 Aprobación de Ingeniería**

Como se mencionó anteriormente el producto GAMA cuenta con cuatro líneas de ensamble, para la aprobación de este proceso, se llevó a cabo una reunión con los Ingenieros de manufactura y calidad, mostrando los datos históricos del desecho del

suministro y exponiendo así los datos obtenidos en el capítulo 4. Esto por medio de un reporte A3.

**Figura 34**

Reporte A3 presentado a Ingeniería



Fuente: Elaboración propia

Se propone implementar un proceso de retrabajo de Jumper en la operación de ensamble del conector de fibras, ya que se cuenta con el equipo necesario en esta operación, el departamento de ingeniería de calidad pregunta ¿cómo se segregará el material? por lo tanto, se plantea identificar los Jumpers para los retrabajos, con las siguientes etiquetas, las cuales serán ayudas visuales para el operador.

### **Figura 35**

*Tipos de Etiquetas de trazabilidad*



***Fuente: Elaboración propia***


Estas etiquetas serán suministradas por la encargada de los materiales del CAE, ya que ella cuenta con la impresora necesaria para poder realizarlas. Adicionalmente estará muy pendiente de estos retrabajos, ya que será la encargada de recogerlos una vez estén retrabajados, para crear una orden de retrabajo nueva y estos puedan ser identificados y controlados para su uso.

Una vez con las etiquetas, se podrá segregar el material de una manera correcta y sin mezclas en el proceso, esto conforme la dinámica de la tabla 31.

Tabla 31

## Etiquetas y Bines de segregación

Color de etiqueta	Descripción	Color de Bin	Imagen de Referencia
Amarilla	Esta etiqueta se usará para identificar los Jumpers que requieren ser retrabajados, estos mismos se colocarán dentro de una bolsa y se pondrán en un tipo de receptáculo o cubo de almacenamiento, conocido como BIN.	<input type="checkbox"/> Verde <input type="checkbox"/> Rojo <input checked="" type="checkbox"/> Azul <input type="checkbox"/> Amarillo	
Verde	Esta etiqueta se usará para identificar los Jumpers que ya fueron retrabajados, estos mismos se colocarán en la misma bolsa que venía del proceso de la etiqueta amarilla, como solo se puede retrabajar una vez, cuando sean reemplazados con etiqueta verde serán desechados en un bin rojo que se usa en la línea de ensamble para todo tipo de desecho de suministros.	<input checked="" type="checkbox"/> verde <input type="checkbox"/> Rojo <input type="checkbox"/> Azul <input type="checkbox"/> Amarillo	
N/A	Este paso no requiere etiqueta, y se utilizara bin rojo para desechar los Jumpers, una vez sea desechado, se corta para que no haya mezclas de materiales buenos y malos.	<input type="checkbox"/> verde <input checked="" type="checkbox"/> Rojo <input type="checkbox"/> Azul <input type="checkbox"/> Amarillo	

N/A	Este paso no requiere etiqueta. Jumpers nuevos suministrado por la encargada de materiales, se usará en un bin amarillo para que no haya mezclas de material.	<input type="checkbox"/> verde <input type="checkbox"/> Rojo <input type="checkbox"/> Azul <input checked="" type="checkbox"/> Amarillo	
-----	---	--	---

***Fuente: Elaboración propia***

Una vez con el concepto claro y una mayor idea del proceso, se obtiene el visto bueno de parte del departamento de Ingeniería de Manufactura y Calidad, cabe mencionar que en esta tabla se menciona el bin amarillo, el cual será una mejora con el flujo de proceso que se puede ver más adelante del proyecto.

### **Segregación de material**

También se muestra al departamento de ingeniería de manufactura y calidad, como quedaría el proceso antes y después de la implantación de segregación de material.

### **Figura 36**

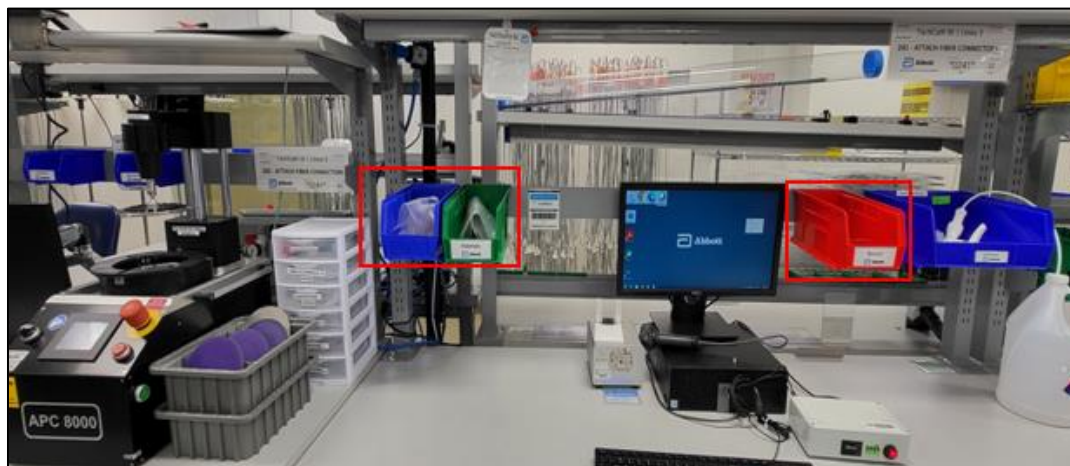
*Estación antes de la implementación de segregación.*



***Fuente: Elaboración propia***

**Figura 37**

*Estación después de la implementación de segregación.*



**Fuente: Elaboración propia**

Cabe mencionar que cada bin estará identificado con el nombre y su respectivo número de orden, para que no haya mezclas de material, se mantenga su orden y cumpla así con las 5s de la estación, donde todo tiene que ir bien identificado.

### 5.1.2 Asignación de recursos

Para el proceso se asignó a los departamentos de calidad, Ingeniería, producción, bodega y entramiento, diferentes tareas para así poder ejecutar la validación este proceso de retrabajo de Jumpers; En la tabla 32. Se puede ver las tareas a realizar de una forma resumida.

**Tabla 32**

*Asignación de tareas*

Departamento	Personal	Descripción del trabajo	Objetivo
Producción	Operario	Encargado de entrenarse y realizar el proceso.	Realizar los pasos del proceso de retrabajo
Entrenamiento	Entrenador	Encargado de entrenarse en el proceso y guía para lo que	Instruye al personal a ejecutar los pasos correctamente.

		se requiera para el entrenamiento.	
Bodega	Encargado de suministros	Suministrar los Jumpers nuevos en las líneas y crear órdenes a los Jumper retrabajados.	El personal de suministros tiene la tarea de suministrar Jumper nuevos en las líneas y crear órdenes a los Jumper retrabajados.
Manufactura	Técnico	Encargado de llevar el proceso de validación.	Observar el proceso que realiza el operario, que se cumpla correctamente.
Manufactura	Ingeniero	Encargado de Inspeccionar los resultados del proceso de validación.	Revisar y aprobador del nuevo proceso.
Calidad	Ingeniero	Encargado de Inspeccionar los resultados del proceso de validación.	Revisar y aprobador del nuevo proceso.

*Fuente: Elaboración propia*

### 5.1.3 Asignación de presupuesto

La asignación de presupuesto, Gerencia e Ingeniería aprobó la investigación y las pruebas que fueran necesarias, y a su vez quedará cargo del centro de costos del producto GAMA, ya que traería una reducción de costos significativo. Adicional se cuenta con todo el equipo, suministro y el espacio requerido para poder ejecutar el proceso.

### 5.1.4 Evaluación de calidad (Quality Assessment)

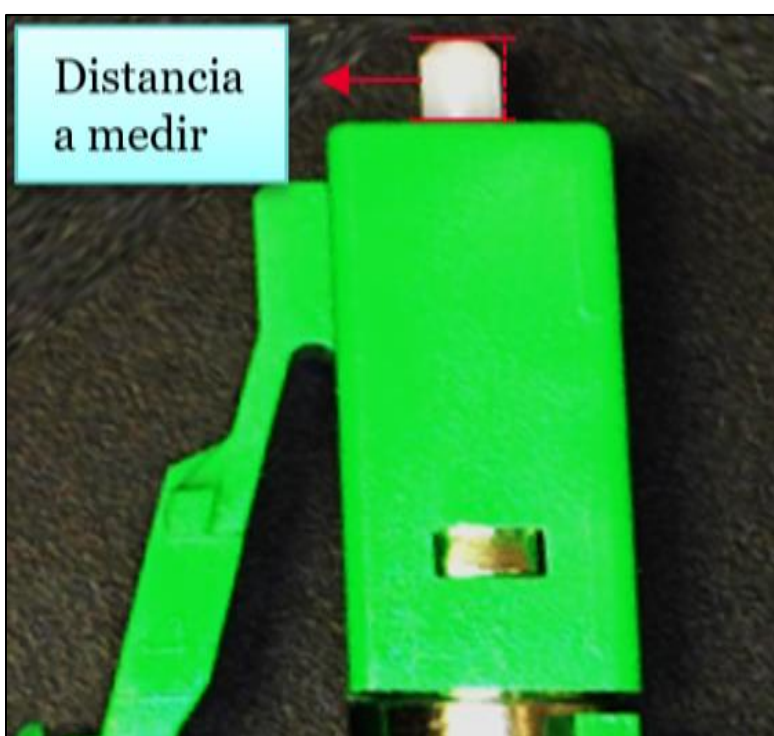
En este paso se recopiló y analizaron los datos a través de los cuales se ejemplifica el grado de conformidad con estándares y criterios predeterminados. Si la calidad, a través de este proceso, no es satisfactoria.

También, durante este ejercicio se va a determinar cuánto será lo máximo permitido de los retrabajos en el Jumper, a partir de estudios y equipos que demuestre objetivamente los resultados.

Se realizaron 30 pruebas con Jumpers que había sido desechados, se midió la férula antes de ser pulida y después del proceso, esta tarea se realizó por medio de un microscopio que cuenta con las características para medir distancias muy pequeñas.

### Figura 38

*Distancia de la medición*



*Fuente: Elaboración propia*

### Datos de Pruebas con el 1º retrabajo

Por medio una tabla de Excel, se digita las 30 pruebas realizadas para el retrabajo # 1, estos datos serán de gran ayuda, ya que se podrán identificar los suministros y así poder obtener una trazabilidad de cada resultado.

**Tabla 33****Retrabajo #1**

Muestra	Disposición del inspector		Razón del rechazo (si aplica)	Distancia de la Férula (mm)	Distancia después del 1º retrabajo(mm)	Diferencia (mm)
1	<input checked="" type="checkbox"/> Aceptado	<input type="checkbox"/> Rechazado	N/A	0.67	0.56	0.11
2	<input checked="" type="checkbox"/> Aceptado	<input type="checkbox"/> Rechazado	N/A	0.79	0.66	0.13
3	<input checked="" type="checkbox"/> Aceptado	<input type="checkbox"/> Rechazado	N/A	0.72	0.61	0.11
4	<input checked="" type="checkbox"/> Aceptado	<input type="checkbox"/> Rechazado	N/A	0.69	0.59	0.1
5	<input checked="" type="checkbox"/> Aceptado	<input type="checkbox"/> Rechazado	N/A	0.73	0.64	0.09
6	<input checked="" type="checkbox"/> Aceptado	<input type="checkbox"/> Rechazado	N/A	0.66	0.55	0.11
7	<input checked="" type="checkbox"/> Aceptado	<input type="checkbox"/> Rechazado	N/A	0.78	0.66	0.12
8	<input checked="" type="checkbox"/> Aceptado	<input type="checkbox"/> Rechazado	N/A	0.74	0.63	0.11
9	<input checked="" type="checkbox"/> Aceptado	<input type="checkbox"/> Rechazado	N/A	0.68	0.57	0.11
10	<input checked="" type="checkbox"/> Aceptado	<input type="checkbox"/> Rechazado	N/A	0.71	0.65	0.06
11	<input checked="" type="checkbox"/> Aceptado	<input type="checkbox"/> Rechazado	N/A	0.62	0.55	0.07
12	<input checked="" type="checkbox"/> Aceptado	<input type="checkbox"/> Rechazado	N/A	0.78	0.68	0.1
13	<input checked="" type="checkbox"/> Aceptado	<input type="checkbox"/> Rechazado	N/A	0.66	0.55	0.11
14	<input checked="" type="checkbox"/> Aceptado	<input type="checkbox"/> Rechazado	N/A	0.64	0.53	0.11
15	<input checked="" type="checkbox"/> Aceptado	<input type="checkbox"/> Rechazado	N/A	0.73	0.62	0.11
16	<input checked="" type="checkbox"/> Aceptado	<input type="checkbox"/> Rechazado	N/A	0.78	0.66	0.12
17	<input checked="" type="checkbox"/> Aceptado	<input type="checkbox"/> Rechazado	N/A	0.69	0.53	0.16
18	<input checked="" type="checkbox"/> Aceptado	<input type="checkbox"/> Rechazado	N/A	0.74	0.61	0.13
19	<input checked="" type="checkbox"/> Aceptado	<input type="checkbox"/> Rechazado	N/A	0.78	0.65	0.13
20	<input checked="" type="checkbox"/> Aceptado	<input type="checkbox"/> Rechazado	N/A	0.75	0.63	0.12
21	<input checked="" type="checkbox"/> Aceptado	<input type="checkbox"/> Rechazado	N/A	0.72	0.61	0.11
22	<input checked="" type="checkbox"/> Aceptado	<input type="checkbox"/> Rechazado	N/A	0.75	0.62	0.13
23	<input checked="" type="checkbox"/> Aceptado	<input type="checkbox"/> Rechazado	N/A	0.73	0.6	0.13
24	<input checked="" type="checkbox"/> Aceptado	<input type="checkbox"/> Rechazado	N/A	0.76	0.64	0.12
25	<input checked="" type="checkbox"/> Aceptado	<input type="checkbox"/> Rechazado	N/A	0.69	0.58	0.11
26	<input checked="" type="checkbox"/> Aceptado	<input type="checkbox"/> Rechazado	N/A	0.67	0.59	0.08
27	<input checked="" type="checkbox"/> Aceptado	<input type="checkbox"/> Rechazado	N/A	0.69	0.58	0.11
28	<input checked="" type="checkbox"/> Aceptado	<input type="checkbox"/> Rechazado	N/A	0.75	0.62	0.13
29	<input checked="" type="checkbox"/> Aceptado	<input type="checkbox"/> Rechazado	N/A	0.78	0.65	0.13
30	<input checked="" type="checkbox"/> Aceptado	<input type="checkbox"/> Rechazado	N/A	0.77	0.66	0.11

**Fuente: Elaboración propia**

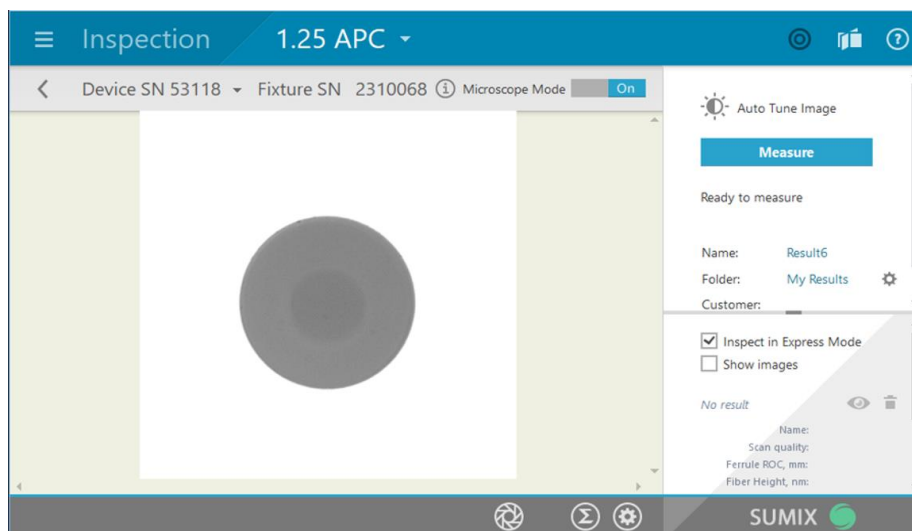
Con la prueba realizada, se obtiene buenos resultados, con un 100% de reutilización de los suministros cumpliendo con los parámetros de las especificaciones, basado al procedimiento adjunto en el anexo 1. Con caras de fibras en perfecto estado y el suministro apto para ser utilizado por una segunda vez. Estos mismos son probados con unidades desechas en operaciones posteriores a la estación de fibras, debido a que se requieren unidades de prueba que no muestre fallos, por los defectos que se desechan los Jumpers; adicional como es un proceso nuevo y no se ha implementado aún, se tiene que utilizar material desechado, pero en perfectas condiciones para cumplir con el mismo proceso que una unidad en buen estado.

Una vez mencionado como se realizó el proceso de la primera prueba, se obtuvieron resultados satisfactorios, como se mencionó anteriormente con una

reutilización del 100% del material retrabajado, también se comparan los valores de un Jumper nuevo contra uno retrabajado y estos tienen los mismos valores, con caras de fibras intactas y listas para ser utilizados. En la figura 39 se puede observar la cara de la fibra del Jumper, vista desde el equipo Sumix.

### Figura 39

*Cara de fibra en buen estado*



**Fuente: Elaboración propia**

## Datos de Pruebas con el 2º retrabajo

Tabla 34

### Retrabajo #2

Muestra	Disposición del inspector	Razón del rechazo (si aplica)	Distancia de la Férula (mm)	Distancia después del 1º retrabajo(mm)	Distancia después del 2º retrabajo(mm)	Diferencia entre prueba 1º y 2º (mm)
1	<input checked="" type="checkbox"/> Aceptado <input type="checkbox"/> Rechazado	N/A	0.67	0.56	0.42	0.14
2	<input type="checkbox"/> Aceptado <input checked="" type="checkbox"/> Rechazado	Fibra rasgada	0.79	0.66	0.51	0.15
3	<input checked="" type="checkbox"/> Aceptado <input type="checkbox"/> Rechazado	N/A	0.72	0.61	0.48	0.13
4	<input type="checkbox"/> Aceptado <input checked="" type="checkbox"/> Rechazado	Fibra rasgada	0.69	0.59	0.47	0.12
5	<input type="checkbox"/> Aceptado <input checked="" type="checkbox"/> Rechazado	Fibra rasgada	0.73	0.64	0.48	0.16
6	<input type="checkbox"/> Aceptado <input checked="" type="checkbox"/> Rechazado	Fibra rasgada	0.66	0.55	0.44	0.11
7	<input checked="" type="checkbox"/> Aceptado <input type="checkbox"/> Rechazado	N/A	0.78	0.66	0.52	0.14
8	<input checked="" type="checkbox"/> Aceptado <input type="checkbox"/> Rechazado	N/A	0.74	0.63	0.53	0.1
9	<input type="checkbox"/> Aceptado <input checked="" type="checkbox"/> Rechazado	Fibra rasgada	0.68	0.57	0.45	0.12
10	<input type="checkbox"/> Aceptado <input checked="" type="checkbox"/> Rechazado	Fibra rasgada	0.71	0.65	0.54	0.11
11	<input checked="" type="checkbox"/> Aceptado <input type="checkbox"/> Rechazado	N/A	0.62	0.55	0.41	0.14
12	<input checked="" type="checkbox"/> Aceptado <input type="checkbox"/> Rechazado	N/A	0.78	0.68	0.54	0.14
13	<input type="checkbox"/> Aceptado <input checked="" type="checkbox"/> Rechazado	Fibra rasgada	0.66	0.55	0.42	0.13
14	<input type="checkbox"/> Aceptado <input checked="" type="checkbox"/> Rechazado	Fibra rasgada	0.64	0.53	0.41	0.12
15	<input type="checkbox"/> Aceptado <input checked="" type="checkbox"/> Rechazado	Fibra rasgada	0.73	0.62	0.52	0.1
16	<input type="checkbox"/> Aceptado <input checked="" type="checkbox"/> Rechazado	Fibra rasgada	0.78	0.66	0.54	0.12
17	<input checked="" type="checkbox"/> Aceptado <input type="checkbox"/> Rechazado	N/A	0.69	0.53	0.41	0.12
18	<input type="checkbox"/> Aceptado <input checked="" type="checkbox"/> Rechazado	Fibra rasgada	0.74	0.61	0.5	0.11
19	<input checked="" type="checkbox"/> Aceptado <input type="checkbox"/> Rechazado	N/A	0.78	0.65	0.52	0.13
20	<input type="checkbox"/> Aceptado <input checked="" type="checkbox"/> Rechazado	Fibra rasgada	0.75	0.63	0.51	0.12
21	<input checked="" type="checkbox"/> Aceptado <input type="checkbox"/> Rechazado	N/A	0.72	0.61	0.5	0.11
22	<input checked="" type="checkbox"/> Aceptado <input type="checkbox"/> Rechazado	N/A	0.75	0.62	0.51	0.11
23	<input type="checkbox"/> Aceptado <input checked="" type="checkbox"/> Rechazado	Fibra rasgada	0.73	0.6	0.48	0.12
24	<input checked="" type="checkbox"/> Aceptado <input type="checkbox"/> Rechazado	N/A	0.76	0.64	0.52	0.12
25	<input type="checkbox"/> Aceptado <input checked="" type="checkbox"/> Rechazado	Fibra rasgada	0.69	0.58	0.47	0.11
26	<input checked="" type="checkbox"/> Aceptado <input type="checkbox"/> Rechazado	N/A	0.67	0.59	0.49	0.1
27	<input type="checkbox"/> Aceptado <input checked="" type="checkbox"/> Rechazado	Fibra rasgada	0.69	0.58	0.47	0.11
28	<input type="checkbox"/> Aceptado <input checked="" type="checkbox"/> Rechazado	Fibra rasgada	0.75	0.62	0.49	0.13
29	<input type="checkbox"/> Aceptado <input checked="" type="checkbox"/> Rechazado	Fibra rasgada	0.78	0.65	0.55	0.1
30	<input checked="" type="checkbox"/> Aceptado <input type="checkbox"/> Rechazado	N/A	0.77	0.66	0.52	0.14

**Fuente: Elaboración propia**

En el retrabajo número 2 de los mismos 30 Jumper de la prueba 1, después de pasar por el proceso de pulido, se empieza a observar fibras rasgadas o con muescas (concauidad o huecos) mínimas en la cara de la fibra.

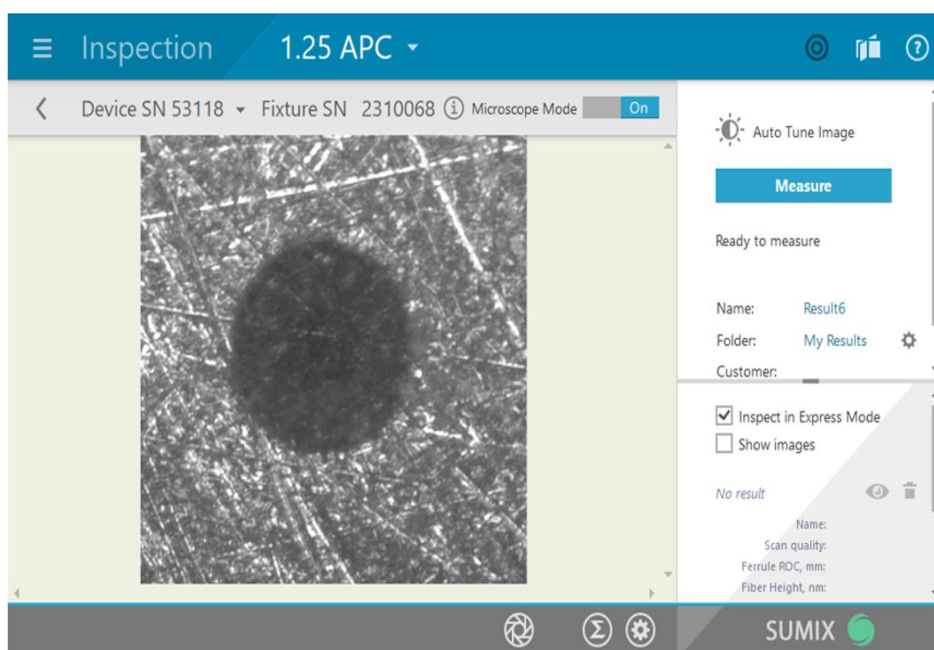
Se obtuvieron resultados de 13 buenas y 17 malas, estos mismos son probados en la FISO con catéter desechados de operaciones posteriores a la estación de ensamble de fibras, los mismos son comparados con nuevos Jumpers y se logra ver una diferencia muy significativa en las mediciones por lo tanto se desechan, debido a

problemas de lámpara, ya que al tener estos defectos les agregarían ruido a las mediciones, por lo tanto, los datos no eran buenos para el proceso.

De estas pruebas se obtiene la cantidad de veces que se va a retrabajar los Jumper, esto debido a que los departamentos de Ingeniería de calidad y manufactura, al ver los resultados determinaron que el máximo permitido de retrabajo sería uno, ya que los resultados del segundo retrabajo no fueron confiables.

## Figura 40

*Cara de fibra en dañada*



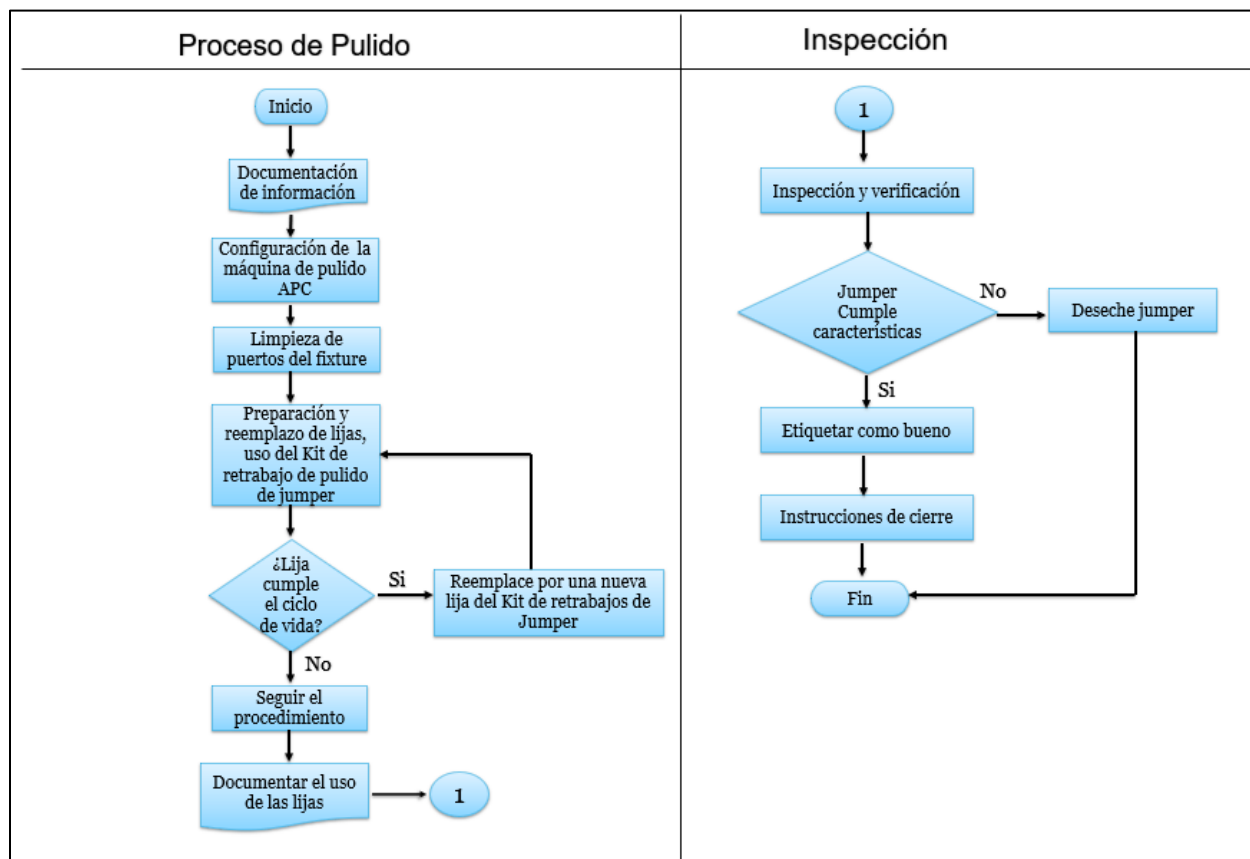
**Fuente: Elaboración propia**

### 5.1.5 Desarrollo del proceso

Para el desarrollo del retrabajo de Jumper, se presenta el diagrama de flujo del nuevo proceso, como estaría estructurado el flujo en el procedimiento.

**Figura 41**

*Flujo del proceso de retrabajo de Jumpers*



**Fuente: Elaboración propia**

### 5.1.6 Validación de proceso

El proceso de validación permite demostrar con pruebas físicas la correcta ejecución del nuevo método, avalando que se realice siempre de una misma forma y con una misma calidad. Se garantiza que los valores preestablecidos para ejecutar este método se cumplan. Para la validación del proceso se ejecutarán dos procesos los cuales serán:

#### **Dry run:**

Este proceso de prueba corrobora que el entrenamiento fue adecuado, y se tiene claro el criterio de aceptación, se realiza dos corridas de 20 Jumpers con documento controlado. El fin de este ejercicio es identificar los 20 suministros, darles trazabilidad

con el número que se les otorgó en la primera etapa del retrabajo, después se revisan en la sumix y se inspecciona la cara de las fibras para ver si cumple con el procedimiento.

Estos mismos son identificados con una numeración, se le da al personal encargado del retrabajo, lo cual se mezcla el material, se solicita que revisen la cara de la fibra y segreguen el material según lo indica el procedimiento, para ver si el personal tiene el criterio de aceptación claro. En el anexo 2 se puede ver un ejemplo del ejercicio realizado.

### **Informe maestro de validación (MVR)**

Por medio del MVR (Master Validation Report) se documentan las actividades de validación y verificación ejecutadas en un producto, para demostrar que los procesos de fabricación realizados cumplen satisfactoriamente con todos los requisitos de validación.

Por medio de un cambio de versión de este documento, el cual explique los cambios que se requieren implementar para este proceso y su respectivo procedimiento de trabajo, se espera que quede documentado y listo para utilizar. Cabe mencionar que este documento solo puede ser modificado por medio de los Ingenieros de Manufactura, siendo este el proceso más lento para la implementación del retrabajo, ya que puede durar de tres a cuatro meses.

Lo que se quiere con esta actualización del documento, es implementar un proceso de pulido de Jumper, por medio la APC 8000 la cual es una pulidora de fibras, esta ayudará tener un lijado perfecto para las caras de las fibras después del proceso de pulido, seguidamente se revisará la cara de la fibra, esto por una inspección en el mismo proceso, esta inspección es controlado por el interferómetro Sumix.

También se revisa el PFMEA, Process Failure Mode Effects Analysis o Análisis Modal de Fallos del Proceso, ya que es una herramienta cualitativa utilizada en la empresa para prevenir fallos en los diferentes Catéter, su componentes y suministros, esta indica que el Jumper no es considerado un componente crítico ni de riesgo, debido a que es un suministro para un equipo y no tiene contacto con el paciente, adicional, si esta dañado no cumpliría su función correctamente y se reemplazará inmediatamente.

En la tabla 35. Se muestra una breve descripción de los equipos mencionados anteriormente, también una imagen para tener una mejor percepción con los equipos que se trabajara para llevar a cabo el retrabajo de lo Jumpers.

**Tabla 35***Equipos utilizados para el proceso de ensamble de fibras*

Equipos	Descripción	Imagen
APC 8000	<p>Brinda al usuario resultados de pulido consistentes en altos volúmenes de producción, ya que cuenta con 18 entradas de conectores. El mecanismo de bloqueo del accesorio al plato limita el movimiento al plano vertical, eliminando el movimiento horizontal en el accesorio que puede dañar la fibra. Los resultados del pulido son uniformes y la geometría de la cara. La pulidora también cuenta con un conjunto de cubierta de seguridad mejorado que forma un recinto alrededor del accesorio para confinar el agua dentro del área de pulido. Como resultado, la máquina no requiere mantenimiento ni lubricación frecuentes.</p>	
Interferómetros Sumix	<p>Están diseñados para la inspección de férulas de fibra óptica, latiguillos, coletas y fibra desnuda en el proceso de pulido y montaje. Le permiten verificar la calidad del pulido, probar la geometría de la cara del extremo del conector</p>	

***Fuente: Elaboración propia***

### 5.1.7 Implementación del proceso

#### Procedimiento o MPS

Para implementar el proceso, se realizará un procedimiento el cual cuenta con 24 páginas, ver anexo 1. Especifica los pasos a seguir para ejecutar el retrabajo correctamente, este mismo quedará liberado una vez el documento MVR quede con los cambios aprobados. El procedimiento sirve para que todo personal en la estación de ensamble de fibras pueda ser entrenado para realizar el retrabajo de Jumpers, y así se realice una buena ejecución. Este proceso se puede encontrar en el apartado de Anexo 1, al final del proyecto, donde se detalla los pasos a seguir para realizar el retrabajo de una manera ordenada y eficiente.

#### Suministros, Equipos y Herramientas a utilizar para el Retrabajo

Para poder realizar este procedimiento de retrabajo de Jumper, se cuenta con diferentes suministros, los cuales ayudan a ejecutarlo de una manera correcta y sencilla.

El procedimiento de ensamble de fibras cuenta con el equipo, suministro y materiales necesario para ejecutar el retrabajo en la operación, ya que para realizar el procedimiento de retrabajo se estaría ejecutando la última parte de dicho proceso, el cual se encarga de pulir e inspeccionar la cara de las fibras del conector. En las tablas 36. Se documentan los materiales, una breve descripción y si requiere costo para el proyecto o no.

**Tabla 36**

*Materiales y suministros*

<b>Materiales y Suministros Consumibles</b>	<b>Descripción</b>	<b>Representa un costo para el proyecto</b>	<b>Costo para el retrabajo</b>
Aplicadores sin pelusa	Se usa para Limpiar los conectores con alcohol.	NO	No tiene costo para la propuesta, ya que la estación cuenta con este suministro.
Toallas sin pelusa	Limpia la cara de la fibra.	NO	No tiene costo para la propuesta, ya

			que la estación cuenta con este suministro.
Agua DI	Agua destilada, se usa para rociar las lijas.	NO	No tiene costo para la propuesta, ya que la estación cuenta con este suministro.
Alcohol al 99%	Se usa en conjunto con el aplicador.	NO	No tiene costo para la propuesta, ya que la estación cuenta con este suministro.
Platina de pulido	Se usa al final del proceso, es un disco sólido.	NO	No tiene Costo alguno, ya que es un disco sólido y único en el proceso.
Almohadilla de pulido, violeta	Se utiliza para poner como base para las lijas, se le rocía agua y se colocan las lijas.	NO	No tiene Costo alguno, ya que es una base que no sufre desgaste.
Lámina rotatoria de 3.0 micras	La primera lija de uso para el retrabajo, de se coloca en la almohadilla de pulido	SÍ	Esta lija tiene un costo de \$6.25 se utiliza una por cada 10 ciclos en la pulidora
Lámina rotatoria de 1.0 micra	Segunda lija en uso, se reemplaza	SÍ	Esta lija tiene un costo de \$5.75 se




	la lija de 3.0 micras y se coloca está en la almohadilla de pulido		utiliza una por cada 10 ciclos en la pulidora.
Lámina rotatoria de 0.02 micras	Tercera lija en uso, se reemplaza la lija de 1.0 micras y se coloca está en la almohadilla de pulido	SÍ	Esta lija tiene un costo de \$1.65 se utiliza una por cada 10 ciclos en la pulidora.
Botella para rociar	Se utiliza para llenar de agua DI y rociar las lijas	NO	No tiene costo alguno para la propuesta, ya que la estación cuenta con este suministro
Dispensador de alcohol	Se usa para almacenar alcohol de 99%	NO	No tiene costo alguno para la propuesta, ya que la estación cuenta con este suministro.

**Fuente: Elaboración propia**

Varios suministros que se requieren para realizar este nuevo proceso ya están en la operación, los cuales no van a representar un costo para el proyecto; son aplicadores, agua, alcohol, toallas, botellas, dispensadores, platina de pulido, almohadilla de pulido. Estos suministros vienen en paquetes de grandes cantidades o son de larga vida, pero de igual manera entran en el centro de costos del producto GAMA.

Los suministros que si representan un costo para el proyecto son tres lijas, las cuales son las que se observan en la tabla 37.

**Tabla 37***Costos de suministros*

<b>Suministros Consumibles</b>	<b>Descripción</b>	<b>Imagen</b>	<b>Costo para el retrabajo</b>
Lámina rotatoria de 3.0 micras	Lámina de lija de color rosada, siendo esta la de mayor gramaje de las láminas de lija, se utiliza una vez que se ha pasado el conector por la platina de pulido, se usa para el proceso de lijar la cara de la fibra del conector del Jumper y así remover partículas, rayones, superficiales o abolladuras		\$6.25
Lámina rotatoria de 1.0 micra	Lámina de lija de color morado, tiene un gramaje de 1.0 micras, esta es la segunda lija en uso para el proceso de retrabajo, se encarga de dar un acabado final al pulido.		\$5.75
Lámina rotatoria de 0.02 micras	Lámina de lija de color transparente, su gramaje es muy poco significativo, pero no obstante es la que se encarga de dar el acabado final al pulido de la cara de la fibra		\$1.65

***Fuente: Elaboración propia***

Estas lijas, las cuales cuentan con diferentes grosores, son las únicas que representan un costo muy bajo para el proceso, las 3 tienen un costo de total de \$13.65,

y se cambiarán cada 10 ciclos, ya que como se mencionó anteriormente, sufren desgaste en el gramaje, haciendo que pierdan calidad en el pulido y dañen la cara de la fibra.

Por lo tanto, se realizó un documento controlado similar al que se utiliza en el proceso del catéter, este procedimiento indica claramente que se utilicen 10 veces cada una, como lo menciona el procedimiento 90469593, ver figura 42.

## Figura 42

*Documento controlado para el uso de lijas*

<u>Lámina rotatoria</u>		
Instrucciones: use marcas de conteo para rastrear cada vez que se usa la Lámina rotatoria de 3.0 micras. Registre la fecha en que la placa de esmerilado se usó por primera vez en el espacio a continuación.		
Fecha de uso de la placa de molienda por primera vez: _____		
Marque con una X la Lámina rotatoria en uso:		
Lámina rotatoria de 3.0 micras <input type="checkbox"/>		
Lámina rotatoria de 1.0 micra <input type="checkbox"/>		
Lámina rotatoria de 0.02 micras <input type="checkbox"/>		
Cantidad de veces utilizadas	Marca	Realizado por:
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
90469593 Ver. A Form		
		1

***Fuente: Elaboración propia***

Para un mejor control se utilizará un documento controlado de uso para cada lija, indicando por medio de una marca, la lija que se está utilizando y verificar que lleva un conteo exacto de veces que se utiliza, no obstante, si se ven lastimada las lijas, se desecharán inmediatamente para evitar que dañe el suministro.

### 5.1.8 Tiempos, duración y costos

**Tabla 38**

*Jumpers retrabajados con las lijas*

Uso en ciclos de la lija	Cantidad de Jumper por ciclo	Jumpers retrabajos por ciclo de vida de la lija
10	18	180

*Fuente: Elaboración propia*

En la tabla 38. Se observa la cantidad de ciclos y la de vida útil de las lijas, las cual es de 10 usos cada lija, como el proceso de lijado brinda al usuario resultados de pulido consistentes en altos volúmenes de producción, el equipo APC cuenta con 18 entradas de conectores, por lo tanto se retrabajarán en grupos de 18 suministros, para utilizar la entradas y no desperdiciar recursos, el procedimiento indica que se utilice hasta que hayan grupos de 18 Jumpers, no obstante si se requiere puede ser inferior pero siguiendo los paso del procedimiento. La vida útil de la lija seria para poder retrabajar 10 grupos de 18 Jumper lo que equivale 180 suministros.

**Tabla 39**

*Ganancia del retrabajo de los Jumpers*

Jumpers retrabajados con lijas	Precio del Jumper (\$)	Ganancia del retrabajo (\$)
180	19.12	3442

*Fuente: Elaboración propia*

En la tabla 39. Se obtiene la ganancia total al retrabajar los 180 Jumpers que nos permite los 10 ciclos de las lijas, donde se ve una cifra muy significativa de \$3442 por cada ciclo de vida de las lijas.

**Tabla 40***Costo total de Jumpers por uso de lijas*

<b>Costo total de lijas (\$)</b>	<b>Beneficio total de Jumpers (\$)</b>	<b>Ganancia total de Jumper por ciclo de vida de lijas</b>
13.65	3442	3428

*Fuente: Elaboración propia*

En la tabla 40. Se ve la ganancia total al retrabajar este suministro, restándole el costo de las 3 lijas, el cual es un costo muy poco significativo, comparado a la ganancia que se obtendría mediante la implementación del retrabajo.

## **5.2 PLAN PARA INICIAR CON EL RETRABAJO**

Como se ha mencionado anteriormente hay varias líneas de ensamble del producto GAMA, por lo tanto, para iniciar con este nuevo proceso se recomienda utilizar una sola línea de las 4, ya que el equipo que va a lijar la cara de las fibras de los Jumpers cuenta con 18 entradas de conectores, por lo tanto, se van a reprocesar en grupos, con un tiempo de proceso de pulido e inspección de fibras que dura 15 minutos.

Analizando con producción el mejor escenario para ejecutar este retrabajo, recomienda utilizar horarios establecidos, el cual será de 2pm a 3:30pm todos los viernes, ya que a esa hora y ese día ya se cuenta con la producción semanal.

La capacidad de la pulidora es 18 Jumpers en 15 minutos, tiempo establecido en la receta del equipo. Estos retrabajos se realizan en línea 3, ya que no es necesario utilizar las cuatro líneas, debido a que se puede retrabajar todos los viernes un aproximado de 90 Suministros, lo que equivale por mes a 360 Jumpers, lo cual es una cantidad que hasta el día de hoy no se han desechado, y lo que se quiere lograr con este trabajo no es solo retrabajar los, sino también, reducir el sobre consumo del suministro, por lo tanto, con una línea es suficiente para realizar este retrabajo

Es muy importante tener claro que el personal encargado de los suministros tiene la tarea de recoger los Jumpers que están en las líneas para ser retrabajados, este trabajo se realizará todos los jueves en turno A, para que el personal encuentre el bin

Azul con etiqueta amarilla listo para ser retrabajado todos los viernes. También cabe mencionar que de ser el caso de que se detenga la línea se puede podrá retrabar en el momento que el supervisor de línea dé el visto bueno y no haya material en la estación de ensamble de fibras.

### 5.3 FLUJO DEL PROCESO

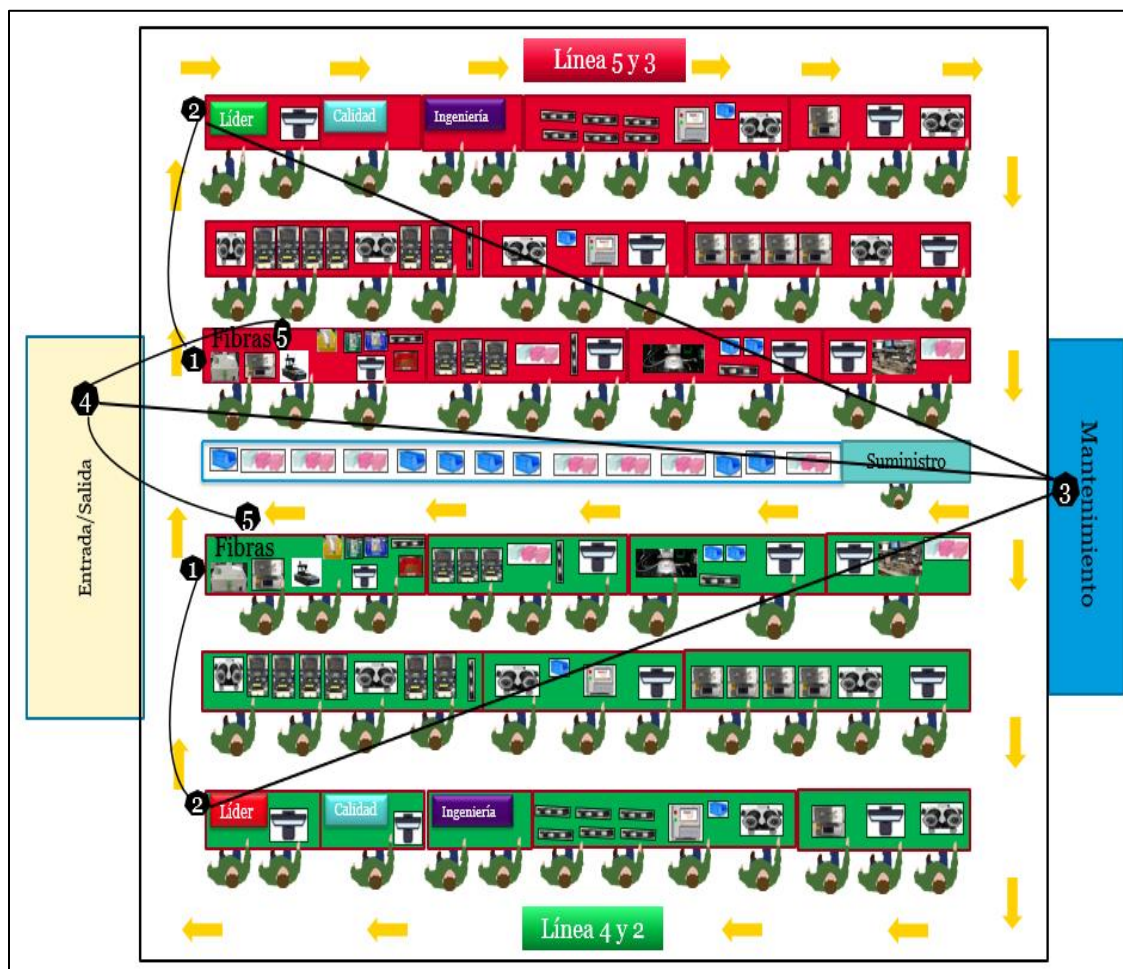
Durante la realización del trabajo de investigación, se identifica una mejora relacionada al tiempo significativo que se pierde al solicitar un cambio de Jumper (ver capítulo 4, figura 28). Se observa que tenía 8 pasos, que se realizaban hasta que este componente fuera reemplazado (ver tabla 28). El tiempo total de los pasos, el cual equivale a un aproximado de 16 minutos perdidos, esperando el recurso del material, como del técnico de mantenimiento, y así este realice el cambio; por lo tanto, para este proceso se propone agregar un bin amarillo, el cual va a estar identificado con el número de parte y con Jumpers nuevos. Tal como se observa en las figuras 36 y 37, donde se visualiza la operación actual y como quedaría implementando los diferentes bines, necesarios para la buena segregación de Jumpers.

Esta mejora elimina 3 pasos del flujo del proceso, también se puede observar cómo se agilizó el proceso de reemplazo de Jumper. Con esta implementación del bin amarillo para suministros nuevos en la estación de ensamble de fibras, el tiempo perdido pasaría de 16 minutos a 7 minutos, lo cual equivale a un 55% menos de tiempo que se podrá utilizar para realizar diferentes tareas o así también el equivalente a procesar cuatro catéteres más en la operación de ensamble de fibras durante los nueve minutos ahorrados, ya que, con la mejora, los Jumpers pasarían a estar ubicados directamente en la estación de ensamble de fibras.

El personal encargado de materiales estará muy pendiente de estar llenando o suministrando estos bines, con el fin de no crear un cuello de botella en el proceso. El personal de la línea se encargará de recordarle a la líder, cuando el bin se esté quedando sin componentes, para que pueda ser relleno. En la figura 43 se observa el diagrama de espagueti con los cambios. Se puede ver como estaría establecido los pasos a realizar.

**Figura 43**

Diagrama espagueti del flujo del proceso de cambio de Jumper, con la implementación



**Fuente: Elaboración propia**

Como las metas están establecidas para cada operación y la industria médica trabaja con metas por operación, esta mejora ayudaría al proceso de ensamble de fibras a mejorar los tiempos de producción.

Se presentan los datos al departamento de Ingeniería Manufactura, los cuales se llevaron el tema, ya que esto podría incrementar la meta a futuro.

También es importante recalcar, que esta mejora fue implementada en las cuatro líneas de producción y actualmente el proceso de ensamble de fibras cuenta con este bin en la estación, ver figura 44.

**Figura 44**

*Bin para Jumpers nuevos*



*Fuente: Elaboración propia*

#### 5.4 ALMACENAMIENTO DE MATERIAL

En la figura 45. Se puede apreciar, cómo se almacenaban los Jumpers, donde se ve claramente, como están aglomerados en un mismo espacio, siendo esta una posible causa de daños en la cara de las fibras o que se quiere la fibra de vidrio y estos den fallos en el proceso.

**Figura 45**

*Almacenamiento de Jumpers*



*Fuente: Elaboración propia*

Como se mencionó anteriormente se realizó una propuesta la cual fue aprobada para que el material pueda ser suministrado en la misma operación, y este se coloque dentro de una bolsa la cual será reutilizada para el resto de proceso hasta que este suministro se deseche.

#### **Figura 46**

*Propuesta para almacenamiento de Jumpers*



***Fuente: Elaboración propia***

Una vez analizado este tema con ingeniería de manufactura y calidad, ven como una buena mejora colocarlos en bolsa para que esto no se enreden o se dañe a la hora de manipularlos por lo tanto se implementa esta propuesta, las bolsas no tendrían un costo para el proyecto, pero se cargarían al centro de costo del producto, esto debido a que este suministro lo compran en grandes cantidades.

### **5.5 ENTRENAMIENTOS INADECUADOS**

El departamento de Ingeniería de manufactura y entrenamiento, programó una sesión para realizar un refrescamiento por medio de una concientización al equipo de producción (operarios), para transmitir el mensaje relacionado a las variables que son retadas durante el proceso de ensamble de fibras (cavidad, lámpara y señal), de una manera clara, por medio de una presentación, la cual representó con ayudas visuales, el motivo de las causas de cada uno de estos defectos, también revisión de gráficas con

los datos de los Jumpers desechados mensualmente, sus fluctuaciones y las buenas prácticas durante la manufactura para así evitar un sobre desecho de Jumpers.

Se involucra al equipo de entrenadores debido a que son de gran importancia para poder transmitir el mensaje, también el producto GAMA está en constante movimiento, ya sea porque renuncia personal o por diferentes motivos, de ahí la importancia de que el equipo deje claro este concepto para las diferentes personas, ya sean personal nuevo o con antigüedad en el producto.

## Figura 47

### Hoja de entrenamiento controlado

Abbott		Training Attendance Record		
<p><b>Note for Trainers:</b> Fill training information below prior to start of training. Add rows as needed for multiple document numbers if part of one training, and for trainee names. Add N/A to unused sections. Sites may require any field marked optional to be filled.</p>				
<b>Date of Training:</b>	13-Mar-2022	<b>Training Method:</b>	<input type="checkbox"/> Instructor-led <input type="checkbox"/> Demonstration <input checked="" type="checkbox"/> R/A	
<b>Reason for Training (Choose all that are appropriate)</b>	<b>Training Description (Fill Description for Selected Training Reason)</b>			
<input checked="" type="checkbox"/> Training for new/updated documents, Change # (Optional)	Document #	Document Title	Version	
	90777578	Estación de Ensamble de fibras	L	
<input type="checkbox"/> CAPA/NCMR/ Observation / Other Reference Number	Number: N/A			
<input checked="" type="checkbox"/> General Training	General Training Description: Entrenamiento relacionado a las variables en el proceso de ensamble de fibras(Cavidad, Señal, Lámpara)			
<p><b>Note for Trainees:</b> By signing, you acknowledge that you have been trained on the subject and understand the provided information.</p>				
Trainee Information				
#	Employee ID#	Printed Name	Signature	Signature Date
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
Training Evaluation (To be filled by Trainer at the completion of training)				
<p><b>Evaluation method (Select One):</b></p> <input type="checkbox"/> Evaluation not required, purpose of the training is awareness. (Mark N/A below to description of results) <input type="checkbox"/> Knowledge check by written questionnaire after the training <input checked="" type="checkbox"/> Knowledge check by questions during the training (verbal or written) <input type="checkbox"/> Knowledge check by performance demonstration				
<p><b>Describe the evaluation results and if training is deemed effective:</b></p> <input checked="" type="checkbox"/> N/A <hr/> <hr/>				
Trainer Information		Employee ID#	Printed Name	Trainer Signature

**Fuente: Tomado de Repocitorio de documentos de Abbott**

Durante el entrenamiento se realiza una evaluación de comprensión y aclaramiento, para validar que cada uno de los puntos tratados fue correctamente entendido y absorbido por los operarios a cargo de realizar la operación de ensamble de fibras. Este entrenamiento fue documentado en un formulario controlado, en el cual, por medio de la firma de cada uno de los entrenados, se hace constar que todo lo conversado fue comprendido. Por medio de este, se documentan los temas que fueron tratados y durante la evaluación de conocimientos se abre un espacio de preguntas para evacuar cualquier duda adicional a lo tratado, una vez realizado este ejercicio se marca la casilla de Knowledge Check by questions during the training, la cual comprueba los conocimientos mediante preguntas durante el entrenamiento.

## 5.6 PLANIFICACIÓN DEL DESARROLLO DEL PROYECTO

Una vez con estas mejoras vistas con su respectiva investigación y sus diferentes propuestas de mejora, las cuales algunas fueron implementadas, ya que no representaba riesgo en el proceso y no requería validación de documentos. Se procede con el diagrama Gantt para tener una idea del estado en el que queda el retrabajo de los Jumpers.

**Figura 48**

*Planificación del desarrollo del proyecto*

#	Descripción	Mes										Personal a cargo	% del proceso
		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre		
1	Aprobado por Ingeniería	■										Ingeniería	100%
2	Asignación de recurso	■	■									Producción	100%
3	Asignación de Presupuesto		■									Ingeniería	100%
4	Quality Assesment		■	■	■							Calidad	100%
5	Desarrollo del proceso				■	■	■					Ingeniería	100%
6	Validación del proceso							■	■	■	■	Ingeniería/Calidad	75%
7	Implementación del proceso										■	Ingeniería	70%

**Fuente: Elaboración propia**

En la figura 48. Se hace la realización de un diagrama de Gantt, en el cual se observa las actividades que se deben de realizar y duración de cada una de ellas según el departamento de Ingeniería de Manufactura y calidad. También cabe resaltar que la implementación para retrabajar los Jumpers queda en un 70% esto debido que se requiere validar el proceso y esto requiere aprobación de diferentes roles, los cuales se cuenta con 6 nacionales y 3 internacional, Esto debido a la matriz de aprobación establecida por la empresa.

Es de gran importancia que los colaboradores que llevan a cabo este proyecto se hagan responsables de cada una de las tareas, con sus respectivos planes de control para lograr un proyecto exitoso en la tarea final, que es el funcionamiento en conjunto de las diferentes tareas a realizar.

## 5.7 ANALISIS DE COSTO BENEFICIO

A la hora de implementar un proyecto, es importante disponer de un control que permita valorar el éxito de la implementación de los cambios propuestos y determinar si estos son rentables para la empresa.

Como parte del análisis económico del proyecto propuesto, utilizaremos tablas para tener una mejor comprensión del retorno de la inversión y el proceso en que queda cada causa potencial obtenía del diagrama de Pareto, en la tabla 41. Se detallan los montos y sus costos.

**Tabla 41**

*Costo beneficio del retrabajo de los Jumpers*

Análisis Económico (Septiembre-Febrero 2021-2022)		
Reduccion de un 50% al consumo de Jumpers que son pedidos en bodega en el área del "Producto Gama"		
Concepto	Cantidad a utilizar	Costo total
Lijas	3	\$13.65
Análisis de beneficio por vida util de la lija (Septiembre-Febrero 2021-2022)		
Ciclos de usos de lijas	Cantidad de Jumper	Ganancia
10	180	\$3442

***Fuente: Elaboración propia***

Los costos por la implementación de la propuesta de re TRABAJAR los suministros consisten en utilizar 3 lijas las cuales tiene un costo menor a un Jumper, estas lijas van a poder re TRABAJAR 180 Jumpers por vida útil, lo que equivale a una ganancia de \$3442, por lo tanto, rebajando las lijas se obtendría una ganancia total de \$3428 por cada 180 Jumper re TRABAJADOS.

Es de suma importancia tener claro que, durante la investigación, la cantidad por mes que menos desecho de este material fue de 210 unidades y el de mayor cantidad de 309 unidades por lo tanto la implementación de este re trabajo traería ganancias significativas para el producto GAMA.

También se obtendría una reducción del 100% de suministro que se utiliza en las estaciones de ensamble de fibras, ya que al re TRABAJAR los, se les volvería a dar una vida útil a los Jumpers.

Finalizando con el análisis de costo beneficio en la tabla 42. Se observa la ganancia total en los 6 meses de investigación donde se gastaron 1537 suministros de los cuales tuvieron un costo de \$29388, realizando el ejercicio de la investigación y rebajando el costo total de las lijas, al re TRABAJAR estos Jumpers se hubiera obtenido una segunda reutilización del componente y un ahorrado \$29271, dando así el suministro su máxima vida útil, la cual nos dio esta investigación. Esta consiste en un re trabajo permitido por Jumpers.

**Tabla 42**

*Análisis de Costo beneficio durante la investigación*

Análisis de costo beneficio durante los meses de investigación del proyecto			
Total de Jumpers desechados (Unidades)	Total monetario del desecho (\$)	Total por lijas (Unidades)	Ganancia total en 6 meses (\$)
1537	29388	117	29271

**Fuente: Elaboración propia**

Analizando los datos, al implementar este re trabajo se irá obteniendo ganancias como las mostradas en la tabla anterior, y será algo constante, ya que el producto va en crecimiento implementado nuevas líneas de ensamble, para así sustentar la demanda

del mercado, por lo tanto, este retrabajo es de gran importancia porque el suministro Jumper, es necesario para realizar las mediciones del catéter del producto GAMA.

**Tabla 43**

*Estado de las 3 Causas potenciales, encontradas durante la investigación*

Mejora	Estado	Observación
Implementación de retrabajo	<input checked="" type="checkbox"/> En Proceso <input type="checkbox"/> Implementado	Queda en proceso debido a aprobaciones de documentos controlados.
Flujo del proceso de reemplazo de Jumpers	<input type="checkbox"/> En Proceso <input checked="" type="checkbox"/> Implementado	Se implementa con una reducción de tiempo satisfactoriamente.
Almacenamiento de material	<input type="checkbox"/> En Proceso <input checked="" type="checkbox"/> Implementado	Se implementa con una mejora más enfocada al cuidado del material y así evita fibras quebradas dentro del Jumper.

***Fuente: Elaboración propia***

## **CAPÍTULO VI: Conclusiones y Recomendaciones**

## 6.1 CONCLUSIONES

Basado en los resultados obtenidos y analizados en el capítulo 4, se identificaron debilidades y carencias, esto debido a la etapa de diagnóstico, la cual aclara el panorama del problema establecido, se identifican aspectos relevantes que más tarde fueron de suma importancia en las etapas posteriores, donde se requería entender los síntomas de la situación para medir los datos propicios y ejecutar análisis acertados.

La utilización de tablas, gráficas, diagramas de flujo, gráficos de Pareto, Ishikawa, entre otras, incluidas en la metodología utilizada DMAIC, demuestra un uso y una interpretación correcta de las herramientas utilizadas para las distintas etapas del proceso.

Se cumplió con el objetivo de generar una propuesta de retrabajo de Jumpers, la cual queda en un 70% de avance esto debido a falta de revisión de aprobadores.

El porcentaje de reducción de costos al implementar este retrabajado en los Jumpers es de un 50% de su consumo y tendrá un costo muy bajo, dado que los materiales que se utilizan para ejecutar este retrabajo son muy económicos, con un precio de \$13.65

La vida útil de las lijas, la cual es de 10 usos, puede retrabajar 180 Jumpers lo que equivale a \$3428. Es una cifra bastante significativa ya que durante los seis meses de la investigación su promedio fue de 256 Jumpers por mes.

En el almacenamiento de los Jumpers se realizan mejoras ya que estos estaban almacenados de una manera aglomerada, desordenada y enredada, estos podían dañarse en el proceso, por lo tanto, se implementa una mejora para colocarlos dentro de bolsas, en las cuales se mantendrán en orden y separados.

Se implementa una reducción de tiempos en la solicitud para reemplazar los Jumpers, de lo cual se eliminan pasos en el flujo del proceso, que acumulaban minutos para el proceso. Se toman los tiempos y se realiza una buena segregación de material.

También se implementa bins para almacenar Jumpers nuevos, por retrabar y retrabajados en la operación de ensamble de fibras, reduciendo el tiempo del equipo detenido de 15 minutos a 7 minutos lo que equivale a casi un 55% más efectivo este nuevo flujo de proceso. Este fue representado por medio de un diagrama de espagueti para tener una mejor percepción a los movimientos, ayudando así a producción y evitar tiempo muerto o perdido, por el equipo estar en espera.

Se realizan reuniones con el personal operativo, de parte del departamento de ingeniería para dejar claro el concepto de los scraps del catéter y así no confundir criterios, también entender esto, para no sobre desechar suministros innecesariamente.

Se concluye con la satisfacción que se cumple con los objetivos establecidos en el proyecto, esto gracias a la ayuda de los departamentos de Ingeniería de manufactura, calidad, producción, el equipo de ingeniosamente y el departamento de bodega por la ayuda y los recursos que asignaron para realizar esta propuesta.

## 6.2 RECOMENDACIONES

Inicialmente el proyecto iba dirigido a analizar el desecho del suministro, como único causante de la problemática, sin embargo, después de hacer un arduo análisis de un proceso, las conclusiones resaltan hechos que no se habían tomado en cuenta nunca dentro de la empresa, lo cual redireccionan a brindar recomendaciones varias, y que serán de suma importancia para cambiar no solo los procesos utilizados, sino a mejorar cuantitativamente la productividad de la empresa.

Por medio de un seguimiento a la propuesta del proyecto, se podrá asegurar su implementación, por medio de conversaciones con las personas involucradas en el proceso de aprobación, actualizar el documento con la retroalimentación recibida es sin duda, parte de las recomendaciones con mayor importancia, para asegurar el desarrollo del trabajo de investigación y con esto, la optimización del proyecto.

El entrenamiento al personal desde varios aspectos técnicos es muy importante, periódicamente deberían realizarse entrenamientos sobre aspectos técnicos a los operarios, para que estos tengan un mejor criterio de aceptación y no desechen de más.

La buena segregación de material es de suma importancia como parte de la gestión de riesgo de la implementación; ya que, realizarla correctamente, evita un potencial mix de material, retrabajado y sin retrabajar. Generando con esto, pérdidas de tiempo, ejecutando una verificación en las caras de fibras para segregar el material nuevamente.

Así también, un mix de material podría incurrir en un evento de calidad y, por lo tanto, el inicio de una no conformidad en el proceso, por lo tanto, colocar las etiquetas de segregación a los Jumpers es de suma importancia.

Líderes y Operarios tienen que estar en constante comunicación para solicitar al personal encargado de los materiales, que les esté suministrando los Jumper nuevos o retrabajados.

Es importante prestar atención a las diferentes operaciones del producto ya que, al realizar una investigación profunda en el proceso de ensamble de fibras, se puede determinar múltiples mejoras, y así como esta operación, hay muchos procesos los cuales necesita un análisis profundo y así se podría identificar diferentes mejoras como, mejoras de tiempos, mejoras de proceso, reducción de costos entre otras.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

## Referencias bibliográficas

### Artículos de internet

Abbott. (2021). Abbott en América Latina. Obtenido de Abbott en América Latina

Atención médica e investigación global: Abbott En América Latina | Quiénes somos (latam.abbott)

ACOFI. (9 de marzo de 1996). Actualización y modernización curricular en ingeniería industrial.

<https://www.acofi.edu.co/wp-content/uploads/2013/08/Actualizaci%C3%B3n-y-Modernizaci%C3%B3n-Curricular-Ingenier%C3%ADa-Industrial-1996.pdf>

Karakhan, A. (2017, enero 6). Six Sigma & Construction Safety: Using the DMAIC Cycle to Improve Incident Investigations - ProQuest. 62(6).

<https://search.proquest.com/docview/1910764816?pqorigsite=gscholar&fromopenview=true>.

Manzur, E. C.-R. (2015). Escuela de Ingeniería de Antioquia Ingeniería Industrial Envigado 2015. Obtenido de aplicación de la metodología seis sigma para la disminución del indicador de la Merma de envases retornables en planta de Coca-Cola FEMSA nodo Medellín:

[https://repository.eia.edu.co/bitstream/handle/11190/2142/CardonaEsteban\\_2015\\_AplicacionMetodologiaSigma.pdf;jsessionid=4B72F5EEF1ED2A8A2A42857556A47F4C?sequence=1](https://repository.eia.edu.co/bitstream/handle/11190/2142/CardonaEsteban_2015_AplicacionMetodologiaSigma.pdf;jsessionid=4B72F5EEF1ED2A8A2A42857556A47F4C?sequence=1)

### Libros

Pulido, H. G. (2013). Control estadístico de la calidad y Seis Sigma. Guadalajara: McGraw-Hill Interamericana.

Winter, R. (2020). Manual de trabajo en equipo. Díaz de Santos.

Socconini, L. (2019). Lean Manufacturing Paso a Paso. Marge Books.

## **ANEXOS**

## ANEXO 1. PROCEDIMIENTO PARA RETRABAJAR LOS JUMPERS

80015462 Ver. A

Procedimiento de manufactura

### RETRABAJO DE LOS JUMPERS DE FIBRA ÓPTICA

#### 1.0 **PROPÓSITO**

El propósito de este documento es proporcionar las instrucciones de retrabajo para pulir los conectores de los Jumper el área del Producto GAMA

#### 2.0 **REFERENCIAS**

##### 2.1 **Documentos Aplicables**

Número	Título
N/A	N/A

##### 2.2 **Referencias Externas**

Número	Título
90244721	Requisitos de certificación y recertificación para

#### 3.0 **RESPONSABILIDADES**

Responsabilidad	Tarea
Operarios certificados	Responsables de realizar y verificar cualquier procedimiento o acción contenida en este documento, a menos que se especifique lo contrario.

#### 4.0 **DEFINICIONES**

Término	Definición
N/A	N/A

#### 5.0 **DIAGRAMA DE FLUJO**

N/A

#### 6.0 **RIESGOS DE SEGURIDAD**

##### 6.1 **Problemas de Seguridad Potenciales**

N/A

##### 6.2 **Equipo de Protección Personal (PPE, por su acrónimo en inglés) Requerido**

N/A

## RETRABAJO DE LOS JUMPERS DE FIBRA ÓPTICA

### 7.0 EQUIPOS/SUMINISTROS

#### 7.1 Materiales y Suministros Consumibles

Número	Descripción
100073529	Aplicadores sin pelusa
32647-000	Toallas sin pelusa
100016-002	Alcohol al 99%
N/A	Agua DI
100124323	Platina de pulido ( <i>Grinding Plate</i> )
100124322	Almohadilla de pulido ( <i>Polishing Pad</i> ), violeta
100116489	Lámina rotatoria de 3.0 micras ( <i>3.0 Micron Lapping Film</i> )
100116488	Lámina rotatoria de 1.0 micra ( <i>1.0 Micron Lapping Film</i> )
100125231	Lámina rotatoria de 0.02 micras ( <i>.02 Micron Lapping Film</i> )
N/A	Botella para rociar
N/A	Dispensador de alcohol

#### 7.2 Equipo de Medición

Número	Descripción
N/A	Cilindro plástico de 100 ml (Opcional)
N/A	Beaker (Opcional)

#### 7.3 Herramientas y Accesorios

Número	Descripción
90252032	Estante para Jumper
N/A	Bandeja limpia
N/A	Contenedor para Agua DI
N/A	Enjugador de hule ( <i>Rubber Squeegee</i> )
90242703	Funda del adaptador del pulidor de fibra ( <i>Fiber Polisher Adapter Sleeve</i> )
N/A	Bandeja limpia
N/A	Contenedor para Agua DI

#### 7.4 Equipo Fijo

Número	Descripción
90160727	Pulidor de fibras APC 8000 o APC 8000
90238841	Módulo FISO ( <i>FISO Module</i> )
90229331	Dispositivo interferómetro Sumix ( <i>Sumix Interferometer Device</i> )
90421512	Limpiador ultrasónico Turbo Sonic 8000

#### 7.5 Software

Número de software	Título
90166527	Requerimientos de Software de Pulidor SENKO APC 8000
90238841	Lector del módulo FISO ( <i>FISO Module Reader</i> )

## RETRABAJO DE LOS JUMPERS DE FIBRA ÓPTICA

N/A	MaxInspect
-----	------------

### 8.0 PROCEDIMIENTO DE PROCESO

#### 8.1 Instrucciones para Inicio

##### Inicio del proceso:

1. Documente su información en la hoja de trazabilidad controlada.
2. Reemplace lijas del proceso por las lijas del kit de retrabajo.
3. Configure la máquina de pulido APC 8000.
  - a. Encienda la máquina de pulido girando la llave que está en la parte de atrás del equipo.
  - b. Oprima el botón <Auto> en la pantalla táctil.



Figura 01: Pantalla táctil APC

- c. Configure el programa de pulido correcto:
    - i. Oprima el botón de color naranja <Design 1\_25 Type>.
    - ii. Oprima las flechas <Arriba> o <Abajo> para seleccionar el programa (*recipe*): LC\_APC.
    - iii. Seleccione la casilla verde al lado de la cantidad de conectores, e ingrese la cantidad de conectores de fibra que serán pulidos y oprima <ENT>.
- NOTA:** La cantidad solo puede estar en múltiplos de 3.
- iv. Oprima <AUTO START>.

## RETRABAJO DE LOS JUMPERS DE FIBRA ÓPTICA



Figura 02: Menú del modo automático (Automatic-Mode)

4. Limpie cada puerto del fixture de pulido.
  - a. Humedezca un aplicador de espuma limpio con alcohol al 99%.
  - b. Inserte el aplicador en la pequeña abertura del fixture y presione y gire por alrededor del interior.

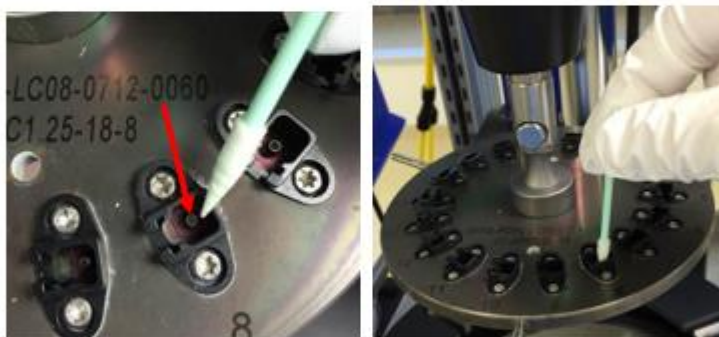


Figura 03: Limpieza de entrada de conectores de APC 8000

- c. Inserte un aplicador seco en la pequeña abertura del fixture y presione y gire por alrededor del interior para secar el alcohol que quede.
5. Prepare los discos de pulido.

Busque el kit de retrabajos de Jumpers, con las lijas necesarias para el proceso y documente sus usos.

**NOTA:** Los siguientes pasos de preparación de los discos de pulido deben realizarse en cualquier momento que sea necesario durante el proceso.

**NOTA:** Asegúrese de que 1) para las láminas de pulido de 3 micras y de 1 micra, el lado brillante esté hacia abajo, hacia la almohadilla de pulido violeta; 2) para la lámina de pulido de 0,02 micras, la superficie etiquetada con la palabra *NEXT* esté hacia arriba.

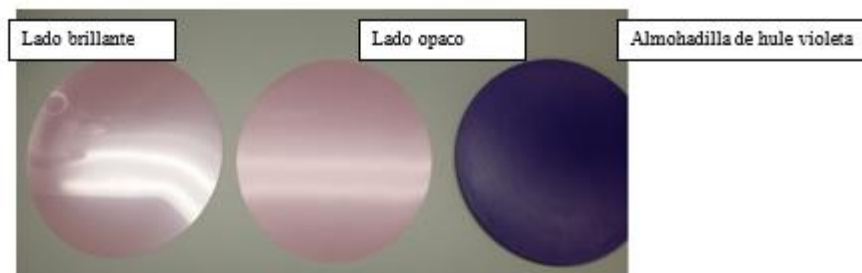
**RETRABAJO DE LOS JUMPERS DE FIBRA ÓPTICA**

Figura 04: Lijas

- a. Rocíe bastante cantidad de agua DI sobre la almohadilla de pulido violeta. Demasiado está BIEN.

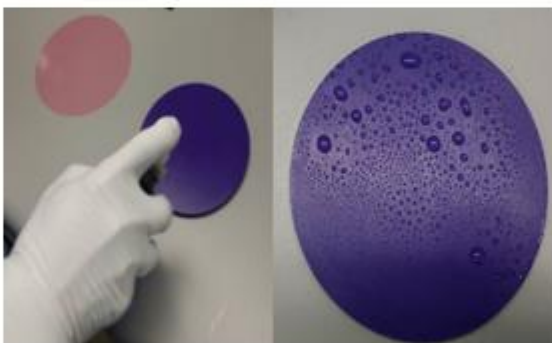


Figura 05: Rociar Agua DI

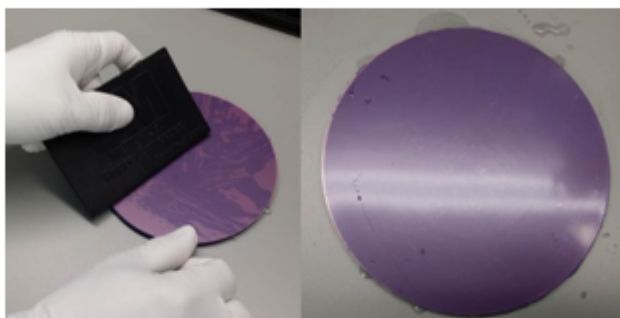
- b. Coloque la lámina de pulido violeta (el lado brillante hacia abajo) y presione hacia abajo la almohadilla.



## RETRABAJO DE LOS JUMPERS DE FIBRA ÓPTICA

**Figura 06: Colocar lámina de pulido**

- c. Utilice un enjugador de hule (*rubber squeegee*) para eliminar burbujas. Haga esto para cada uno de los tipos de almohadilla de 3  $\mu\text{m}$ , 1  $\mu\text{m}$  y 0,02  $\mu\text{m}$ .



**Figura 07: Enjugador de hule**

**NOTAS:**

- 1) Las láminas se pueden utilizar por un total de 10 veces cada una. Lleve un registro del uso de las láminas usando marcas de lapicero en la hoja que se encuentra en de kit de reemplazo de Jumpers, y asegúrese de que la lámina que se está usando no haya sido usada más de 10 veces.
- 2) Si la lámina se afloja en algún momento durante la configuración o el proceso, repita los pasos del "a" al "c".
- 3) Reemplace con una lámina nueva si la lámina se daña durante el uso o el manejo antes de llegar a usarse 10 veces.

### 8.2 Diagramas

N/A

### 8.3 Pasos del Proceso e Inspecciones del Proceso

1. Revise el bin verde con los Jumper a retrabajar.
2. Revise si hay una etiqueta de identificación color Café sujeta al jumper (Figura 1).
  - a. Si no hay etiqueta café, revise el estado del jumper en la Sumix
  - b. Si hay etiqueta café, retrabaje el Jumper.

## RETRABAJO DE LOS JUMPERS DE FIBRA ÓPTICA



Figura 08: Etiqueta Amarilla de Jumper por retrabajar.

3. Remueva los Jumper con etiqueta Amarilla del del bin Azul.
4. Cuelgue el Jumper cerca del accesorio (*fixture*) de pulido para asegurarse de que no estorbe durante el ciclo de pulido.
5. Ubique cada conector sobre el accesorio (*fixture*) de pulido APC, tal como se muestra en el diagrama. Vea la Figura 09.

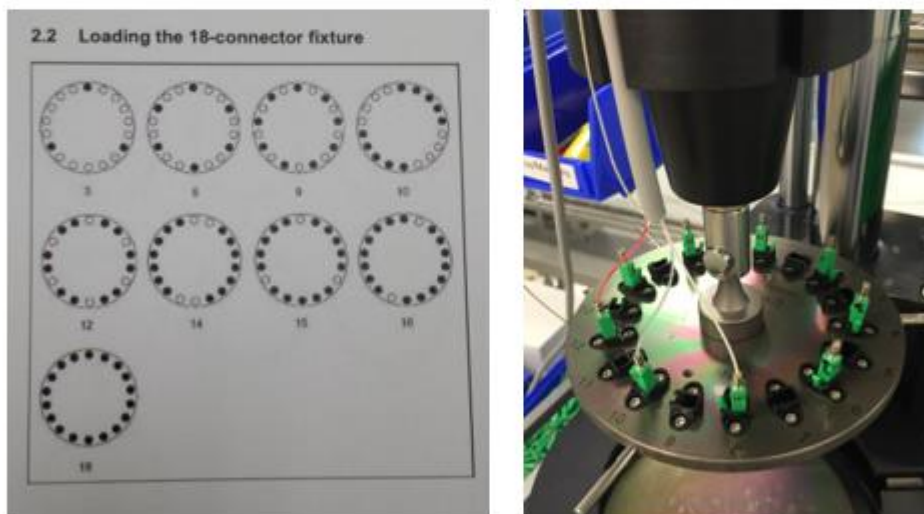
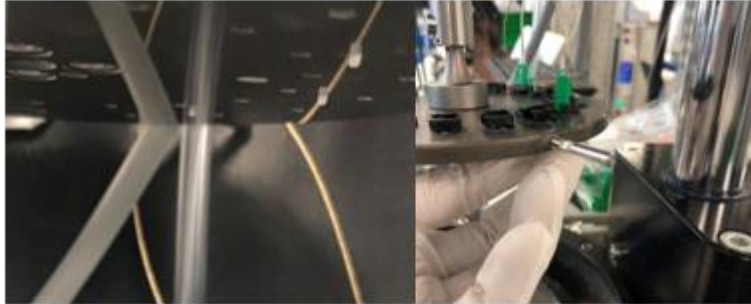


Figura 09: Patrón de carga en el *fixture* de pulido APC y el *fixture*

**NOTA:** El patrón de carga en el *fixture* depende de la cantidad total de Jumpers que debe pulirse. De ser necesario, agregue los conectores separados al *fixture* para que calce con el diagrama. \*Es una mejor práctica utilizar conectores separados tan poco como sea posible\*.

**RETRABAJO DE LOS JUMPERS DE FIBRA ÓPTICA**

**Figura 11:** Verifique que los conectores se extiendan a través del accesorio

6. Inserte los jumpers en los tubos del fixture, luego Presione tubos y colóquelos en las ranuras para tubo del accesorio (*fixture*) de funda del adaptador (vea la Figura 12).



**Figura 12:** Tubos presionados en las ranuras

7. Revise que el programa de pulido esté en el paso 1 con los siguientes ajustes (vea Figura 13):
  1. LC APC
  2. *Design 1\_25 Type*
  3. Cantidad correcta de conectores en el *fixture*

## RETRABAJO DE LOS JUMPERS DE FIBRA ÓPTICA



Figura 13: Menú del modo automático

8. Si el programa de pulido no está configurado correctamente, consulte la sección 9.5
9. Coloque la platina de pulido sobre la base del pulidor. Vea la Figura 14.

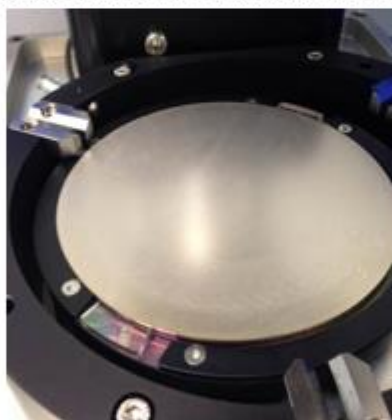
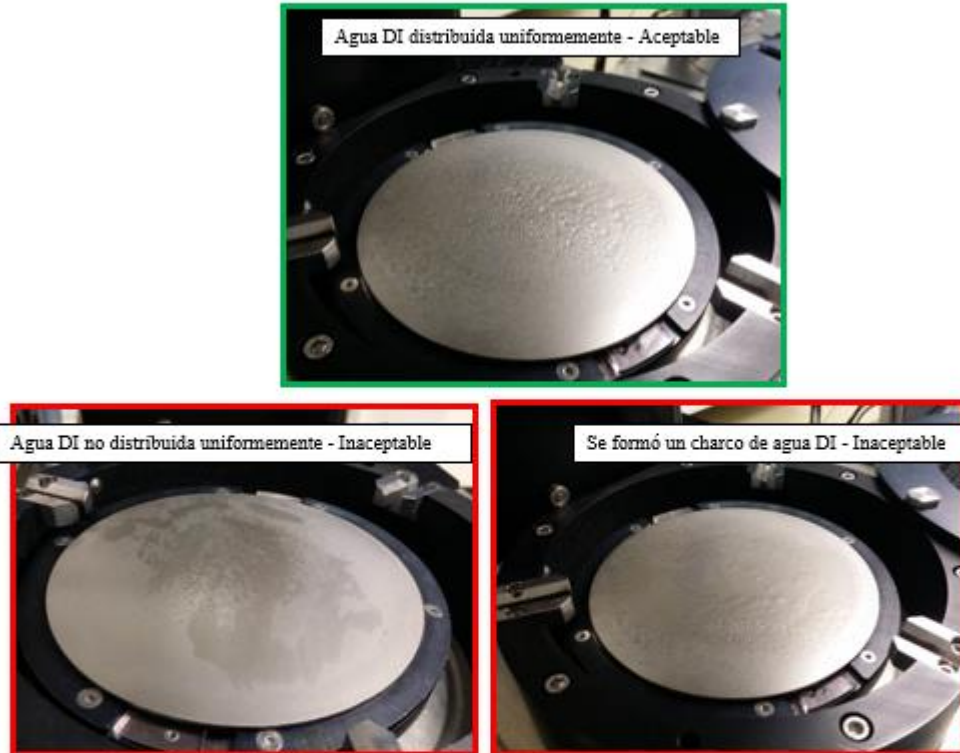


Figura 14: Platina de pulido sobre la base del pulidor

10. Utilice una botella de rociado para rociar agua DI sobre la superficie de la platina, para que las gotitas de agua se distribuyan uniformemente, y que no se forme ningún charco de agua. Vea la Figura 15.

**RETRABAJO DE LOS JUMPERS DE FIBRA ÓPTICA****Figura 15: Platina de pulido con agua DI**

11. Presione los dos botones en los costados de la máquina para iniciar el primer ciclo de pulido.
12. Cuando el ciclo haya finalizado, utilice agua DI **generosamente** para rociar por debajo del *fixture* de pulido, asegurándose de rociar cada cara del conector varias veces y limpie con una toalla sin pelusa. Vea la Figura 16.

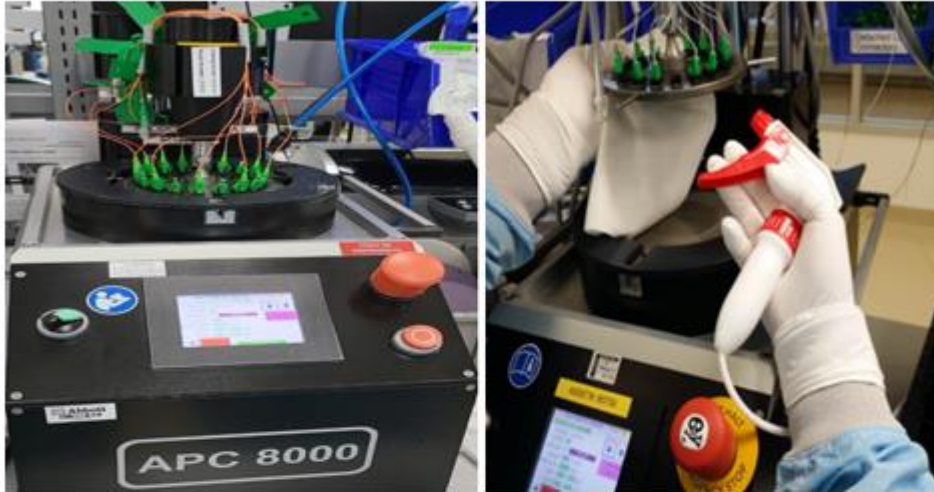
**RETRABAJO DE LOS JUMPERS DE FIBRA ÓPTICA**

Figura 16: Limpiando por debajo del fixture de pulido

13. Remueva la platina de pulido y colóquela en la bandeja de limpieza.
14. Rocíe generosamente y limpie la platina con agua DI para remover los residuos del pulido. Vea la Figura 17.



Figura 17: Limpiando la platina de pulido

**NOTA:** Para cualquiera de las 3 láminas de pulido: si la lámina se afloja, aparece cualquier burbuja de aire grande, o la lámina se “seca”, consulte la sección de configuración para preparar los discos de pulido adecuadamente.

**RETRABAJO DE LOS JUMPERS DE FIBRA ÓPTICA**

15. Coloque el disco de pulido preparado con la lámina de  $3\mu$  (100116489) encima sobre la máquina de pulido. Vea la Figura 18.



Figura 18: Coloque el disco de lámina de  $3\mu$

16. Usando una botella de rociado, rocíe uniformemente con agua DI sobre la lámina, asegúrese de que el agua se distribuya uniformemente en gotitas pequeñas, sin que se forme un charco de agua. Vea la Figura 19.

Agua DI distribuida de forma uniforme - Aceptable



Agua DI encharcada - Inaceptable



Demasiada agua DI - Inaceptable



Figura 19: Agua DI sobre la lámina

17. Presione los dos botones en los costados de la máquina para iniciar el segundo ciclo de pulido.

## RETRABAJO DE LOS JUMPERS DE FIBRA ÓPTICA

18. Cuando el ciclo haya finalizado, reemplace la almohadilla violeta con la lámina en la bandeja limpia. Rocíe **generosamente** y limpie la almohadilla con agua DI para remover los residuos del pulido. Vea la Figura 20.

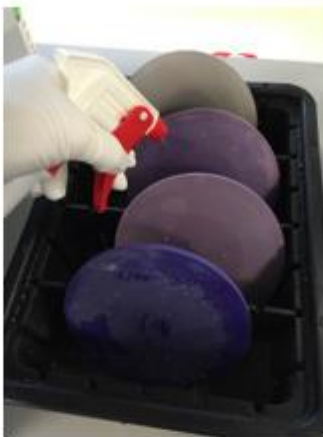


Figura 20: Limpiando el disco de lámina de 3 $\mu$

19. Utilice bastante agua DI para rociar por debajo del *fixture* del pulido y cada cara del conector individual y limpie con una toalla sin pelusa. Vea la Figura 21.

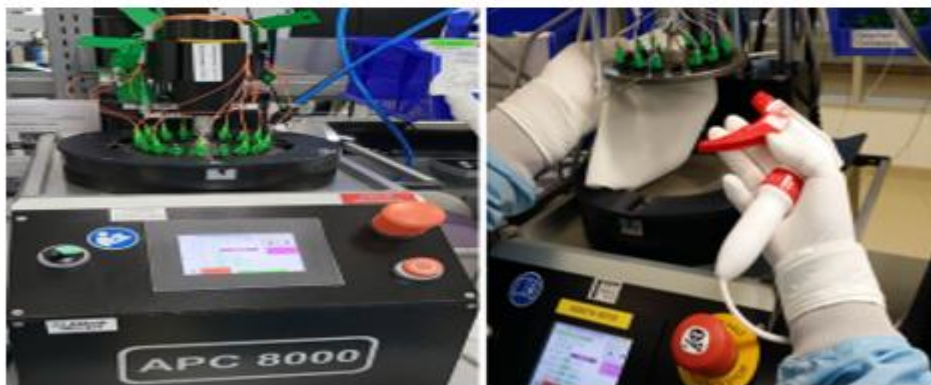


Figura 21: Limpiando la parte de abajo del *fixture* de pulido

20. Coloque el disco de pulido preparado con la lámina de 1 $\mu$  (100116488) encima de la almohadilla de pulido sobre la máquina de pulido. Vea la Figura 22.

**RETRABAJO DE LOS JUMPERS DE FIBRA ÓPTICA****Figura 22: Coloque el disco de lámina de 1µ**

21. Usando una botella de rociado, rocíe uniformemente con agua DI sobre la lámina, asegúrese de que el agua se distribuya uniformemente en gotitas pequeñas y evite que se formen charcos de agua continuamente. Vea la Figura 23.

Agua DI distribuida de forma uniforme -Aceptable



Agua DI encharcada - Inaceptable



Demasiada agua DI - Inaceptable

**Figura 23: Agua DI sobre la lámina**

22. Presione los dos botones en los costados de la máquina para iniciar el tercer ciclo de pulido.

## RETRABAJO DE LOS JUMPERS DE FIBRA ÓPTICA

23. Cuando el ciclo haya finalizado, reemplace la almohadilla violeta con la lámina en la bandeja limpia. Rocíe **generosamente** y limpie la almohadilla con agua DI para remover los residuos del pulido. Vea la Figura 24.



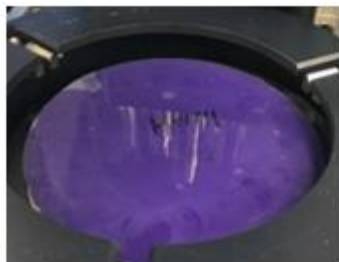
Figura 24: Limpiando el disco de la lámina de  $1\mu$

24. Utilice bastante agua DI para rociar por debajo del *fixture* de pulido y cada cara individual del conector y limpie con una toalla sin pelusa. Vea la Figura 25.

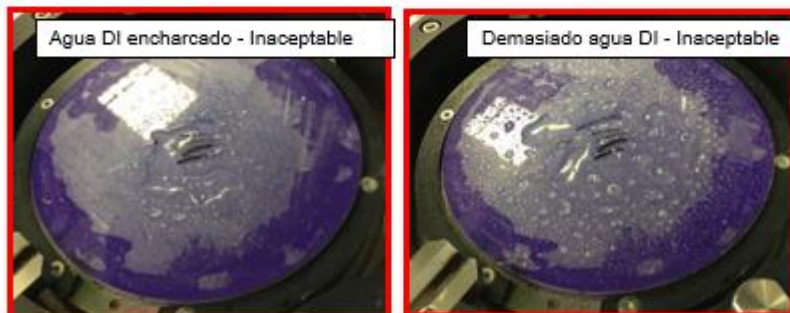


Figura 25: Limpiando la parte de abajo del fixture de pulido

25. Coloque el disco de pulido preparado con una lámina (transparente) de  $0.02\ \mu$  (100125231) sobre la máquina de pulido. Vea la Figura 26.

**RETRABAJO DE LOS JUMPERS DE FIBRA ÓPTICA****Figura 26: Coloque el disco de lámina de 0.02μ**

26. Usando una botella de rociado, rocíe de forma uniforme agua DI de la botella sobre la lámina, asegúrese de que el agua se distribuya de forma uniforme en gotitas pequeñas y evite que se formen charcos continuamente. Vea la Figura 27.

**Figura 27: Agua DI sobre la lámina**

27. Presione los dos botones en los costados de la máquina para iniciar el ciclo de pulido.

## RETRABAJO DE LOS JUMPERS DE FIBRA ÓPTICA

28. Cuando el ciclo haya finalizado, reemplace la almohadilla violeta con la lámina en la bandeja limpia. Rocíe **generosamente** y limpie la almohadilla con agua DI para remover los residuos del pulido. Vea la Figura 28.

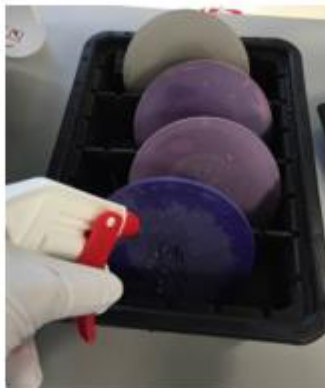


Figura 28: Limpiando el disco de lámina de 0.02 $\mu$

29. Utilice bastante agua DI para rociar por debajo del *fixture* de pulido y cada cara individual del conector y limpie con una toalla sin pelusa. Vea la Figura 29.

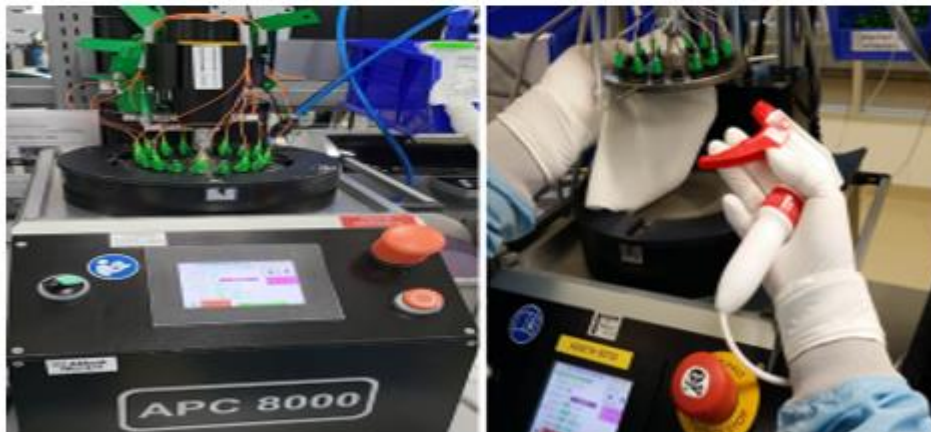


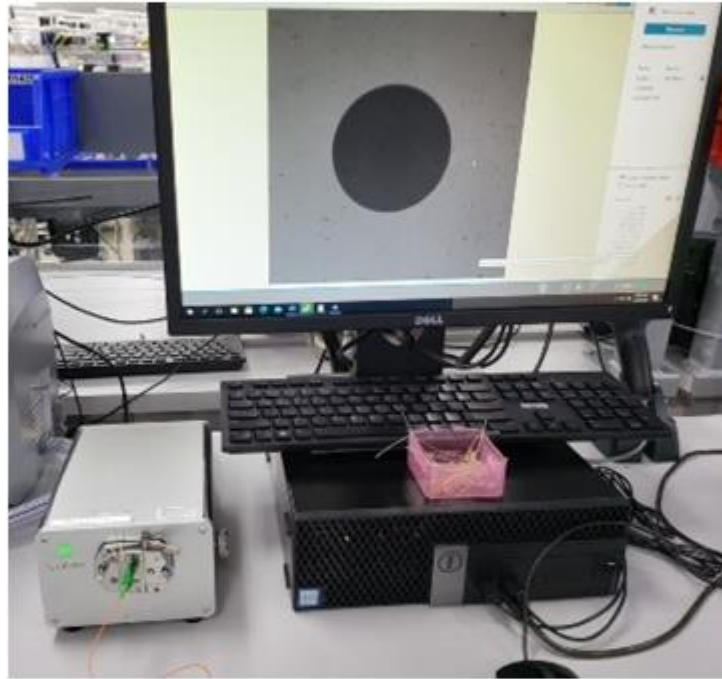
Figura 29: Limpiando la parte de abajo del *fixture* de pulido

30. Cuando la lámina de pulido haya usado 10 veces, prepare discos de pulido nuevos según las instrucciones mostradas en la sección 8.1, **paso 4**.
31. Libere los conectores de las prensas del *fixture* de pulido de fibras.

## RETRABAJO DE LOS JUMPERS DE FIBRA ÓPTICA

### 8.4 Inspecciones / Verificaciones Adicionales

32. Observe la cara del extremo de la fibra usando el dispositivo interferómetro Sumix. (Vea la **Figura 30**).
  - a. Inserte el conector en el *fixture* y bloquéelo en su lugar.



**Figura 30: Inserte el conector del Jumper en el dispositivo Sumix**

- b. Ajuste el enfoque del dispositivo para fibras Sumix hasta que la imagen se vea claramente y que se vea un patrón de interferencia. (Vea la **Figura 31**).

## RETRABAJO DE LOS JUMPERS DE FIBRA ÓPTICA

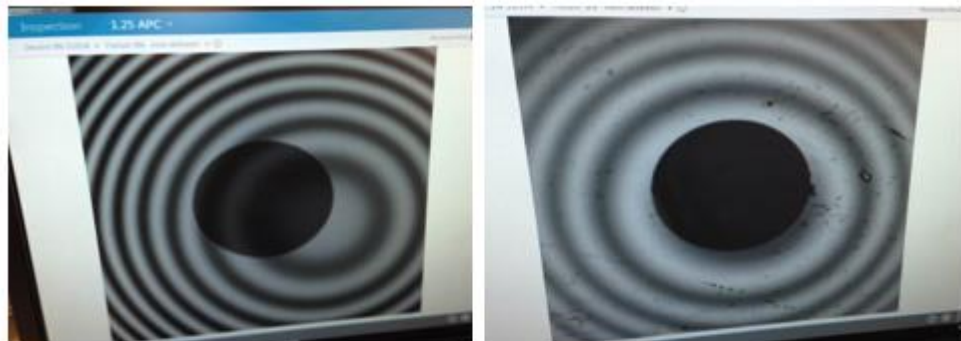


Figura 31: Ajustando enfoque en dispositivo Sumix      Figura 32: Ejemplo de fibra con suciedad

- c. Si se muestra algún rayón o suciedad (Vea la Figura 32) limpie el extremo del conector usando un aplicador con IPA al 99%, y reinserte el conector dentro del dispositivo Sumix.
- d. Si los rayones o la suciedad SÍ se remueven con la limpieza, revise la cara de la fibra en la sumix.

### Criterios aceptación de las fibras

#### Cara de la fibra en buen estado

Si la fibra la cara de la fibra se encuentra en buenas condiciones como la figura 33. Pasa el suministro y estaría listo para ser reutilizado.



Figura 33: Cara de fibra en buen estado

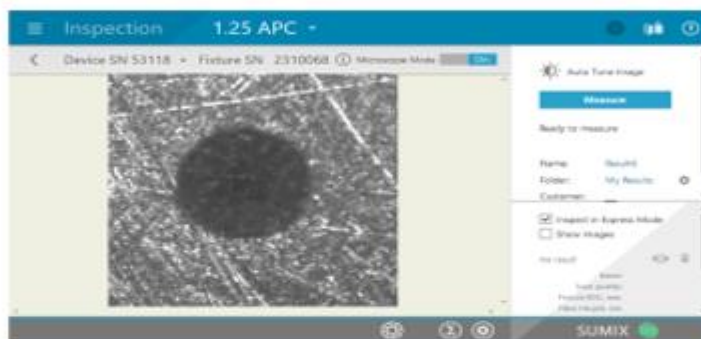
## RETRABAJO DE LOS JUMPERS DE FIBRA ÓPTICA

### Cara de fibra en mal estado

Si el conector del jumper, la cara de la fibra esta lastimada, rayada o con abolladuras, se desecha el componente. Ver figura 34.

**Figura 34**

*Cara de fibra en dañada*



- Si los criterios de aceptación se cumplen, continúe con el siguiente paso.

El cual indica que el jumper se coloque en el bin verde, con una etiqueta de trazabilidad verde.



**Figura 35: Bin de Jumpers retrabajados**

- Si los criterios de aceptación no se cumplen, deseché Jumper

## RETRABAJO DE LOS JUMPERS DE FIBRA ÓPTICA

### 8.5 Instrucciones del Cierre

**NOTA:** Realice los pasos 1-3 sólo para el último turno del día de manufactura, es decir, cuando no haya ningún turno inmediatamente después del turno actual. Nunca apague la máquina pulidora sin completar los 4 ciclos de pulido en un grupo de conectores.

1. Apague la máquina de pulido APC.
2. Mantenimiento de los fixtures de pulido.
  - a. Reemplace las fibras del kit de retrabajos de Jumpers por las fibras de producción para que así no se pierda la trazabilidad.
  - b. Vuelva a colocar el dispositivo de Pulido en la máquina pulidora APC.
  - c. Coloque la manguera de drenaje del limpiador ultrasónico en un recipiente.
  - d. Gire el interruptor de drenaje de cerca de abierto para drenar el tanque. Sujete la manguera asegurándose de que el agua desionizada no se derrame fuera del contenedor.
  - e. Cuando el tanque está vacío y el agua desionizada deja de salir de la manguera, gire el interruptor de drenaje de abierto a cerrado. Desechar el agua desionizada.
  - f. Vuelva a colocar la canasta en el limpiador ultrasónico.

#### Final del Turno:

3. Utilice sólo agua DI, enjuague y limpie ambos lados de los discos de pulido y colóquelos en una bandeja limpia para guardarlos y reemplazarlos con los de producción.



Figura 36: Uso de Agua DI

4. Limpie la bandeja limpia usada.
  - a. Enjuague rigurosamente con agua de tubo.

**RETRABAJO DE LOS JUMPERS DE FIBRA ÓPTICA****Figura 37: Limpieza de la base**

- b. Enjuague rigurosamente con agua DI.
- c. Enjuague con IPA al 70%.

**Figura 38: limpieza de lijas**

- 5. Deseche el agua DI que quede en las botellas de rociado.

**RETRABAJO DE LOS JUMPERS DE FIBRA ÓPTICA**

Figura 39: Deseche el agua

6. Enjuague las botellas de rociado con IPA al 70%.



Figura 40: traslado de agua

Final del Lote:

N/A

**9.0 PROCEDIMIENTOS PARA EL PERSONAL DE SOPORTE****9.1 Alcance de la sección 9.0**

El propósito de este procedimiento de personal de apoyo es definir los esfuerzos que realizará el personal de soporte en espera del contacto de la línea de producción.

**9.2 Configuración**

N/A

## RETRABAJO DE LOS JUMPERS DE FIBRA ÓPTICA

### 9.3 Apagado

N/A

### 9.4 Solución de problemas

1. Inserte el conector de los jumpers dentro de Sumix/microscopio e inspeccione visualmente la fibra para que esté libre de partículas, roturas, muescas o mal pulidas.
  - a. Si parece que las fibras están libres de partículas, roturas, muescas o mal pulidas, continúe con el paso 2.
  - b. Si parece que las fibras tienen golpes o abolladuras en la cara de la fibra, vea la **Figura 62** y refiera a los operarios a la sección de Re-ejecución y reemplazo de los conectores de fibra después del paso 74.

### 9.5 Información de los equipos

1. Los diagramas de A a D muestran los ajustes que se usaron en cada paso del ciclo de pulido LC\_APC:



Diagrama A: LC APC Paso 1



Diagrama B: LC APC Paso 2



Diagrama C: LC APC Paso 3



Diagrama D: LC APC Paso 4

## ANEXO 2 PROTOCOLO DE VALIDACIÓN DE INSPECCIÓN

**Protocolo de validación de inspección, arañazos y suciedad de inspección de Jumper**

**Apéndice A: Hoja de datos de inspección**

**Formulario de registro de pruebas de validación del método de inspección**

Nombre del inspector:	Carlos Picado	Numero de prueba:	1
Firma del inspector:	Carlos Picado	Fecha:	12 Abril 2022
Sumix ID:	25352-CAF 930		
Firma del monitor:	Luis Vega	Fecha:	12 Abril 2022

Orden de ejecución	ID Muestra	Disposición del Inspector	Razón del rechazo (si aplica)	Monitoreo de los datos de evaluación
1	muestra 1	<input checked="" type="checkbox"/> Aceptado <input type="checkbox"/> Rechazado	N/A	<input checked="" type="checkbox"/> Pasa <input type="checkbox"/> Falsa Alarma <input type="checkbox"/> Escape
2	muestra 4	<input checked="" type="checkbox"/> Aceptado <input type="checkbox"/> Rechazado	N/A	<input checked="" type="checkbox"/> Pasa <input type="checkbox"/> Falsa Alarma <input type="checkbox"/> Escape
3	muestra 3	<input checked="" type="checkbox"/> Aceptado <input type="checkbox"/> Rechazado	N/A	<input checked="" type="checkbox"/> Pasa <input type="checkbox"/> Falsa Alarma <input type="checkbox"/> Escape
4	muestra 7	<input checked="" type="checkbox"/> Aceptado <input type="checkbox"/> Rechazado	N/A	<input checked="" type="checkbox"/> Pasa <input type="checkbox"/> Falsa Alarma <input type="checkbox"/> Escape
5	muestra 10	<input checked="" type="checkbox"/> Aceptado <input type="checkbox"/> Rechazado	N/A	<input checked="" type="checkbox"/> Pasa <input type="checkbox"/> Falsa Alarma <input type="checkbox"/> Escape
6	muestra 17	<input checked="" type="checkbox"/> Aceptado <input type="checkbox"/> Rechazado	N/A	<input checked="" type="checkbox"/> Pasa <input type="checkbox"/> Falsa Alarma <input type="checkbox"/> Escape
7	muestra 8	<input checked="" type="checkbox"/> Aceptado <input type="checkbox"/> Rechazado	N/A	<input checked="" type="checkbox"/> Pasa <input type="checkbox"/> Falsa Alarma <input type="checkbox"/> Escape
8	muestra 2	<input checked="" type="checkbox"/> Aceptado <input type="checkbox"/> Rechazado	N/A	<input checked="" type="checkbox"/> Pasa <input type="checkbox"/> Falsa Alarma <input type="checkbox"/> Escape
9	muestra 5	<input checked="" type="checkbox"/> Aceptado <input type="checkbox"/> Rechazado	N/A	<input checked="" type="checkbox"/> Pasa <input type="checkbox"/> Falsa Alarma <input type="checkbox"/> Escape
10	muestra 11	<input checked="" type="checkbox"/> Aceptado <input type="checkbox"/> Rechazado	N/A	<input checked="" type="checkbox"/> Pasa <input type="checkbox"/> Falsa Alarma <input type="checkbox"/> Escape
11	muestra 14	<input checked="" type="checkbox"/> Aceptado <input type="checkbox"/> Rechazado	N/A	<input checked="" type="checkbox"/> Pasa <input type="checkbox"/> Falsa Alarma <input type="checkbox"/> Escape
12	muestra 17	<input checked="" type="checkbox"/> Aceptado <input type="checkbox"/> Rechazado	N/A	<input checked="" type="checkbox"/> Pasa <input type="checkbox"/> Falsa Alarma <input type="checkbox"/> Escape
13	muestra 19	<input checked="" type="checkbox"/> Aceptado <input type="checkbox"/> Rechazado	N/A	<input checked="" type="checkbox"/> Pasa <input type="checkbox"/> Falsa Alarma <input type="checkbox"/> Escape
14	muestra 6	<input checked="" type="checkbox"/> Aceptado <input type="checkbox"/> Rechazado	N/A	<input checked="" type="checkbox"/> Pasa <input type="checkbox"/> Falsa Alarma <input type="checkbox"/> Escape
15	muestra 9	<input checked="" type="checkbox"/> Aceptado <input type="checkbox"/> Rechazado	N/A	<input checked="" type="checkbox"/> Pasa <input type="checkbox"/> Falsa Alarma <input type="checkbox"/> Escape
16	muestra 13	<input checked="" type="checkbox"/> Aceptado <input type="checkbox"/> Rechazado	N/A	<input checked="" type="checkbox"/> Pasa <input type="checkbox"/> Falsa Alarma <input type="checkbox"/> Escape
17	muestra 15	<input checked="" type="checkbox"/> Aceptado <input type="checkbox"/> Rechazado	N/A	<input checked="" type="checkbox"/> Pasa <input type="checkbox"/> Falsa Alarma <input type="checkbox"/> Escape
18	muestra 16	<input checked="" type="checkbox"/> Aceptado <input type="checkbox"/> Rechazado	N/A	<input checked="" type="checkbox"/> Pasa <input type="checkbox"/> Falsa Alarma <input type="checkbox"/> Escape
19	muestra 18	<input checked="" type="checkbox"/> Aceptado <input type="checkbox"/> Rechazado	N/A	<input checked="" type="checkbox"/> Pasa <input type="checkbox"/> Falsa Alarma <input type="checkbox"/> Escape
20	muestra 20	<input checked="" type="checkbox"/> Aceptado <input type="checkbox"/> Rechazado	N/A	<input checked="" type="checkbox"/> Pasa <input type="checkbox"/> Falsa Alarma <input type="checkbox"/> Escape

**Protocolo de validación de inspección, arañazos y suciedad de inspección de Jumper**

**Apéndice A: Hoja de datos de inspección**

**Formulario de registro de pruebas de validación del método de inspección**

Nombre del Inspector:	Carlos Picado	Numero de prueba:	2
Firma del Inspector:	Carlos Picado	Fecha:	12 Abril 2022
Sumix ID:	25352-CAE 930		
Firma del monitor:	Luis Vega	Fecha:	12 Abril 2022

Orden de ejecución	ID Muestra	Disposición del Inspector	Razón del rechazo (si aplica)	Monitoreo de los datos de evaluación
1	Muestra 1	<input checked="" type="checkbox"/> Aceptado <input type="checkbox"/> Rechazado	N/A	<input checked="" type="checkbox"/> Pasa <input type="checkbox"/> Falsa Alarma <input type="checkbox"/> Escape
2	Muestra 4	<input type="checkbox"/> Aceptado <input checked="" type="checkbox"/> Rechazado	Fibra Rasgada	<input type="checkbox"/> Pasa <input type="checkbox"/> Falsa Alarma <input checked="" type="checkbox"/> Escape
3	Muestra 8	<input type="checkbox"/> Aceptado <input checked="" type="checkbox"/> Rechazado	Fibra Rasgada	<input type="checkbox"/> Pasa <input type="checkbox"/> Falsa Alarma <input checked="" type="checkbox"/> Escape
4	Muestra 3	<input checked="" type="checkbox"/> Aceptado <input type="checkbox"/> Rechazado	N/A	<input checked="" type="checkbox"/> Pasa <input type="checkbox"/> Falsa Alarma <input type="checkbox"/> Escape
5	Muestra 1	<input type="checkbox"/> Aceptado <input checked="" type="checkbox"/> Rechazado	Fibra Rasgada	<input type="checkbox"/> Pasa <input type="checkbox"/> Falsa Alarma <input checked="" type="checkbox"/> Escape
6	Muestra 5	<input type="checkbox"/> Aceptado <input checked="" type="checkbox"/> Rechazado	Fibra Rasgada	<input type="checkbox"/> Pasa <input type="checkbox"/> Falsa Alarma <input checked="" type="checkbox"/> Escape
7	Muestra 16	<input type="checkbox"/> Aceptado <input checked="" type="checkbox"/> Rechazado	Fibra Rasgada	<input type="checkbox"/> Pasa <input type="checkbox"/> Falsa Alarma <input checked="" type="checkbox"/> Escape
8	Muestra 18	<input checked="" type="checkbox"/> Aceptado <input type="checkbox"/> Rechazado	N/A	<input checked="" type="checkbox"/> Pasa <input type="checkbox"/> Falsa Alarma <input type="checkbox"/> Escape
9	Muestra 6	<input type="checkbox"/> Aceptado <input checked="" type="checkbox"/> Rechazado	Fibra Rasgada	<input type="checkbox"/> Pasa <input type="checkbox"/> Falsa Alarma <input checked="" type="checkbox"/> Escape
10	Muestra 17	<input checked="" type="checkbox"/> Aceptado <input type="checkbox"/> Rechazado	N/A	<input checked="" type="checkbox"/> Pasa <input type="checkbox"/> Falsa Alarma <input type="checkbox"/> Escape
11	Muestra 19	<input checked="" type="checkbox"/> Aceptado <input type="checkbox"/> Rechazado	N/A	<input checked="" type="checkbox"/> Pasa <input type="checkbox"/> Falsa Alarma <input type="checkbox"/> Escape
12	Muestra 7	<input checked="" type="checkbox"/> Aceptado <input type="checkbox"/> Rechazado	N/A	<input checked="" type="checkbox"/> Pasa <input type="checkbox"/> Falsa Alarma <input type="checkbox"/> Escape
13	Muestra 9	<input type="checkbox"/> Aceptado <input checked="" type="checkbox"/> Rechazado	Fibra Rasgada	<input type="checkbox"/> Pasa <input type="checkbox"/> Falsa Alarma <input checked="" type="checkbox"/> Escape
14	Muestra 20	<input checked="" type="checkbox"/> Aceptado <input type="checkbox"/> Rechazado	N/A	<input checked="" type="checkbox"/> Pasa <input type="checkbox"/> Falsa Alarma <input type="checkbox"/> Escape
15	Muestra 20	<input type="checkbox"/> Aceptado <input checked="" type="checkbox"/> Rechazado	Fibra Rasgada	<input type="checkbox"/> Pasa <input type="checkbox"/> Falsa Alarma <input checked="" type="checkbox"/> Escape
16	Muestra 12	<input type="checkbox"/> Aceptado <input checked="" type="checkbox"/> Rechazado	Fibra Rasgada	<input type="checkbox"/> Pasa <input type="checkbox"/> Falsa Alarma <input checked="" type="checkbox"/> Escape
17	Muestra 13	<input type="checkbox"/> Aceptado <input checked="" type="checkbox"/> Rechazado	Fibra Rasgada	<input type="checkbox"/> Pasa <input type="checkbox"/> Falsa Alarma <input checked="" type="checkbox"/> Escape
18	Muestra 11	<input type="checkbox"/> Aceptado <input checked="" type="checkbox"/> Rechazado	Fibra Rasgada	<input type="checkbox"/> Pasa <input type="checkbox"/> Falsa Alarma <input checked="" type="checkbox"/> Escape
19	Muestra 14	<input checked="" type="checkbox"/> Aceptado <input type="checkbox"/> Rechazado	N/A	<input checked="" type="checkbox"/> Pasa <input type="checkbox"/> Falsa Alarma <input type="checkbox"/> Escape
20	Muestra 15	<input checked="" type="checkbox"/> Aceptado <input type="checkbox"/> Rechazado	N/A	<input checked="" type="checkbox"/> Pasa <input type="checkbox"/> Falsa Alarma <input type="checkbox"/> Escape