

UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA
INGENIERÍA INDUSTRIAL

**PROYECTO DE GRADUACIÓN PARA OPTAR
POR EL BACHILLERATO EN INGENIERÍA
INDUSTRIAL**

**PLAN DE IMPLEMENTACIÓN PARA LA
REDUCCIÓN DE COSTOS Y UN MEJOR
APROVECHAMIENTO DE LAS HERRAMIENTAS
EN EL DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN DE
UNA EMPRESA DE INDUSTRIA MÉDICA,
ALAJUELA, III CUATRIMESTRE 2022**

AUTOR: JAIRO LÓPEZ CHAVES

TUTOR: ING. ANA CATALINA LEANDRO SANDÍ

ALAJUELA, MAYO, 2023

Declaración jurada

DECLARACIÓN JURADA

Yo Jairo Lopez Chaves, mayor de edad, portador de la cédula de identidad número 504010355 egresado de la carrera de Bachillerato en Ingeniería Industrial de la Universidad Hispanoamericana, hago constar por medio de éste acto y debidamente apercibido y entendido de las penas y consecuencias con las que se castiga en el Código Penal el delito de perjurio, ante quienes se constituyen en el Tribunal Examinador de mi trabajo de tesis para optar por el título de Bachillerato en Ingeniería Industrial, juro solemnemente que mi trabajo de investigación titulado: Plan de implementación para la reducción de costos y un mejor aprovechamiento de las herramientas en el departamento de producción de una empresa de industria médica, Alajuela, III cuatrimestre 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 20 días del mes de marzo del año dos mil veintitrés.

Jairo Lopez Chaves

Firma del estudiante

Cédula 504010355

Carta de Aprobación del Tutor.

CARTA DEL TUTOR

San José, 10 de marzo de 2023.

Señores
Carrera de Ingeniería Industrial
Universidad Hispanoamericana

Estimados señores:

El estudiante Jairo López Chaves, cédula de identidad número 504010355, me ha presentado, para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado **Plan de implementación para la reducción de costos y un mejor aprovechamiento de las herramientas en el departamento de producción de una empresa de industria médica, Alajuela, III cuatrimestre 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%	27%
d)	RELEVANCIA DE LAS CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	20%	18%
e)	CALIDAD, DETALLE DEL MARCO TEORICO	20%	15%
	TOTAL		90

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

Atentamente,

Ana Catalina
Leandro Sandí

Firmado digitalmente
por Ana Catalina
Leandro Sandí
Fecha: 2023.03.10
21:23:58 -06'00'

Ing. Ana Catalina Leandro Sandí
Cédula identidad: 3-0398-0478
Carné Colegio Profesional: IPI-22762

Carta de Aprobación del Lector

CARTA DEL LECTOR

Puntarenas, 27 de junio de 2023

Señores:
Carrera Ingeniería Industrial
Universidad Hispanoamericana

Estimado señor:

El estudiante Jairo López Chaves, cédula de identidad número 504010355, me ha presentado, para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado "**Plan de implementación para la reducción de costos y un mejor aprovechamiento de las herramientas en el departamento de producción de una empresa de industria médica, Alajuela, III cuatrimestre 2022**", el cual ha elaborado para optar por el grado académico de Bachillerato.

En mi calidad de Lector, he verificado que se han hecho las correcciones indicadas durante el proceso de lectura, por lo que se avala el traslado al siguiente paso.

Atentamente,

JONATHAN PEREZ
LARGAESPADA (FIRMA)

Firmado digitalmente por JONATHAN PEREZ LARGAESPADA (FIRMA)
Fecha: 2023.06.27 14:54:47 -06'00'

Nombre Jonathan Pérez Largaespada
Cédula identidad: 205820315
Carné Colegio Profesional: NA 2871

Carta de Aprobación del CENIT



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

San José, martes, 25 de julio de 2023.

Señores:
Universidad Hispanoamericana
Centro de Información Tecnológico (CENIT)

Estimados Señores:

El suscrito (a) Jairo Obeth Lopez Chaves, con número de identificación 504010355, autor (a) del trabajo de graduación titulado PLAN DE IMPLEMENTACION PARA LA REDUCCION DE COSTOS Y UN MEJOR APROVECHAMIENTO DE LAS HERRAMIENTAS EN EL DEPARTAMENTO DE PRODUCCION DE UNA EMPRESA DE INDUSTRIA MEDICA, ALAJUELA, III CUATRIMESTRE 2022, presentado y aprobado en el año 2023 como requisito para optar por el título de bachillerato en la carrera de Ingenieria Industrial, SÍ / NO autorizo al Centro de Información Tecnológico (CENIT) para que con fines académicos, muestre a la comunidad universitaria la producción intelectual contenida en este documento.

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

Cordialmente,

Jairo Lopez Chaves 5-401-355
Jairo Obeth Lopez Chaves
504010355



**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.

Dedicado a mis padres, son las personas de las cuales siempre he recibido todo el apoyo necesario para cumplir este objetivo, en todo momento me han impulsado a lograr mis metas.

Agradecimiento.

Agradecido primeramente con Dios por permitirme cumplir este objetivo, por las fuerzas y la disposición que me ha dado.

Completamente agradecido con cada docente que contribuyó con mi formación académica en este proceso y a todas las personas que en su momento tomaron de su tiempo para ayudarme.

Epígrafes.

“Los resultados que consigues estarán en proporción directa al esfuerzo que aplicas.”

-Denis Waitley-

Índice

Acta aprobación.....	Error! Bookmark not defined.
Declaración jurada	II
Carta de Aprobación del Tutor.	III
Carta de Aprobación del Lector.....	IV
Carta de Aprobación del CENIT	V
Dedicatoria.....	VII
Agradecimiento.....	VIII
Epígrafes.	IX
Índice	X
Índice De Figuras.....	XVI
Índice De Tablas.	XVIII
Índice de Gráficas	XX
Acrónimos y Siglas.....	XXI

Resumen Ejecutivo y Artículo Publicable.....	XXII
1. Capítulo 1. Introducción.....	1
1.1. Descripción General Del Proyecto.....	2
1.2. Identificación De La Empresa O Institución	5
1.2.1. Descripción general de la empresa	6
1.2.2. Estructura Organizacional	7
1.2.3. Antecedentes del contexto de la empresa	7
1.3. Planteamiento Del Problema	9
1.3.1. La Idea Del Problema	9
1.3.2. Definición Del Problema	9
1.3.3. Justificación	10
1.4. Objetivos Del Proyecto.....	11
1.4.1. Objetivo General.....	11
1.4.2. Objetivos Específicos	11

1.5.	Alcances Y Limitaciones	12
1.5.1.	Alcances.....	12
1.5.2.	Limitaciones	12
2.	Capítulo II: Marco Teórico.....	13
2.1.	Marco Conceptual General Relativo A La Carrera	14
2.1.1.	Procesos industriales.....	14
2.1.2.	Procesos de manufactura	15
2.1.3.	Línea de producción	16
2.1.4.	Control de calidad.....	17
2.1.5.	Catéter.....	18
2.1.6.	Muda.....	18
2.2.	Marco Conceptual Atinente A La Gestión Del Proyecto	19
2.2.1.	Etapas de la metodología DMAIC.....	20
2.2.2.	Herramientas para usar en el DMAIC	23

2.3.	El Marco Conceptual Referente Al Impacto Del Proyecto.....	34
2.4.	Antecedentes De Proyectos O Experiencias Semejantes.....	38
2.4.1.	Antecedente 1	38
2.4.2.	Antecedente 2	39
3.	Capítulo III: Marco Metodológico.	42
3.1.	Metodología Para La Definición Del Problema.....	43
3.2.	Metodología Para La Medición Y Respaldo Cualitativo De Proyecto	44
3.3.	Metodología Para La Propuesta De Mejora, Construcción O Puesta En Práctica De Un Nuevo Proceso, Producto O Servicio.	46
3.4.	Metodología Para La Implementación Del Proyecto.....	47
3.5.	Metodología Para La Verificación, Aseguramiento, Control Y Seguimiento De Resultados	48
4.	Capítulo IV: Línea Base Y Análisis De Causas.	51
4.1.	Análisis de flujo del proceso.....	53
4.2.	Situaciones identificadas en las caminatas por las líneas de producción	58

4.3.	Análisis y medición de la situación actual.....	60
4.3.1.	Tipos de defectos en el modo de fallo	63
4.4.	Análisis de las causas y los efectos determinantes	70
4.4.1.	Principal causa potencial	75
4.5.	Conclusiones.....	78
5.	Capítulo V: Diseño E Implementación De La Solución.....	79
5.1.	Problemáticas y soluciones propuestas.....	80
5.1.1.	Propuesta número 1	81
5.1.2.	Implicaciones de la propuesta 1	83
5.1.3.	Propuesta número 2	84
5.2.	Proceso de rectificado	84
5.3.	Asignación de tareas para la implementación de la propuesta	90
5.3.1.	Diagrama de Gantt.....	94
5.4.	Análisis de la gestión de riesgo.....	98

5.5. Análisis de costo beneficio	100
5.6. Control y seguimiento.....	102
5.6.1. Informe A3.....	102
5.6.2. Auditorías	104
6. Capítulo VI: Conclusiones Y Recomendaciones.....	108
6.1. Conclusiones.....	109
6.2. Recomendaciones	110
Bibliografía.....	111
Anexos	114

Índice De Figuras.

Figura 1: Dispositivo Sensor	4
Figura 2: Equipo utilizado para la prueba de fugas	4
Figura 3: Diagrama organizacional de la empresa	7
Figura 4: Diagrama de procesos	16
Figura 5: Ciclo DMAIC.....	22
Figura 6: Simbología del Diagrama de flujo de procesos.....	23
Figura 7: Ejemplo de Diagrama de flujo de procesos.....	24
Figura 8: Ejemplo de Diagrama de Pareto.....	26
Figura 9: Pasos del proceso de Gemba Walk	27
Figura 10: Ejemplo de Diagrama de Gantt.....	28
Figura 11: Ejemplo de Diagrama de Ishikawa	29
Figura 12: Ejemplo de lluvia de ideas	31
Figura 13: Ejemplo de Informe A3.....	32

Figura 14: Diagrama de flujo de proceso del producto Sensor.....	53
Figura 15: Manejo correcto e incorrecto del tubo de fluido	59
Figura 16: Tubo de fluido	69
Figura 17: Diagrama de Ishikawa.....	71
Figura 18: Herramienta que se pretende rectificar	82
Figura 19: Herramientas cortadoras dañadas.....	83
Figura 20: Equipo de rectificación	85
Figura 21: Diagrama de flujo.....	90
Figura 22: Forma correcta de realizar el corte.....	97
Figura 23: Comparativa cantidad de veces rectificada	98
Figura 26: Informe A3	103
Figura 27: Criterios de corte del cable de acero	105

Índice De Tablas.

Tabla 1: Matriz de definición del problema	44
Tabla 2: Herramientas utilizadas para la etapa de medir	45
Tabla 3: Herramientas para el desarrollo de análisis	45
Tabla 4: Actividades para la propuesta de mejora	46
Tabla 5. Actividades para la implementación de la mejora.....	47
Tabla 6: Actividades para la verificación de mejora	50
Tabla 7. Representación de los costos por cantidad de desechos	70
Tabla 8: Principales causas generadoras del defecto	74
Tabla 9: Causas principales y propuestas	80
Tabla 10: Análisis de capacidad actual.....	87
Tabla 11: Responsabilidades	89
Tabla 12: Asignación de tareas	91
Tabla 13: Muestreo	95

Tabla 14: Análisis de costo beneficio 101

Tabla 16: Checklist de auditoría 105

Índice de Gráficas

Gráfica 1: Modos de fallo	Error! Bookmark not defined.
Gráfica 2: Valores porcentuales.....	Error! Bookmark not defined.
Gráfica 3: Clasificación de desechos por tipo de defecto primario	Error! Bookmark not defined.
defined.	
Gráfica 4: Clasificación por tipo de defecto secundario..	Error! Bookmark not defined.
Gráfica 5: Pareto de causas principales	Error! Bookmark not defined.
Gráfica 6: Diagrama de Gantt.....	Error! Bookmark not defined.

Acrónimos y Siglas

DMAIC: Definir, Medir, Analizar, Mejorar, Controlar.

SIX SIGMA: Metodología para eliminar defectos en cualquier producto o servicio.

SAP: Sistemas, Aplicaciones y Productos en Procesamiento de Datos.

Resumen Ejecutivo y Artículo Publicable

López Jairo (2022). Plan de implementación para la reducción de costos y un mejor aprovechamiento de las herramientas en el departamento de producción de una empresa de industria médica, Alajuela, III cuatrimestre, 2022. [Proyecto de graduación para optar por el Bachillerato o licenciatura en Ingeniería Industrial, Universidad Hispanoamericana]. Nombre del profesor asesor: Ing. Ana Catalina Leandro Sandí.

El proyecto trata sobre generar un plan para que sea implementado en el producto Sensor para ayudar a reducir los desechos por un modo de fallo en específico el cual se llama fuga, este está generando costos en exceso al departamento de producción de dicho producto ya que no se están cumpliendo con los indicadores financieros del departamento por el exceso de desechos por este fallo el cual está siendo el principal factor para no alcanzar las metas de rendimiento en dos líneas de producción que corresponden al producto.

El proyecto fue desarrollado en una empresa transnacional dedicada principalmente a la industria médica, en una de sus plantas la cual se ubica en la Zona Franca el Coyol en Alajuela, específicamente en una de sus áreas de producción de catéteres.

El objetivo principal del proyecto se basa en la elaboración de un plan de implementación para lograr reducir el costo que se está generando por el exceso de desechos que se están generando a causa de un defecto en el dispositivo por fugas en este, además aparte de lograr corregir el defecto estaríamos también dándole un mayor aprovechamiento a una herramienta cortadora que se utiliza para la fabricación del producto Sensor.

El proyecto se realizó con el fin de lograr disminuir la cantidad de unidades desechadas mensualmente por el defecto para de esta forma poder cumplir con los indicadores de rendimiento del departamento y por ende cumplir con el indicador financiero de la compañía.

Mediante la metodología DMAIC se realiza el plan de implementación para la reducción de costos y mayor aprovechamiento de la herramienta, utilizando las diversas herramientas ingenieriles, con el propósito de lograr la reducción de costos y demostrar que si se implementa sería de mucha ayuda para el departamento de producción del producto Sensor ya que se está proponiendo un plan claro y robusto para sea corregido el fallo que se está dando en el dispositivo que hace que se generen fugas en este y a nivel de calidad sea rechazado por no cumplir con los estándares requeridos por asuntos regulatorios a nivel empresarial.

Algunas de las soluciones se refieren a mejorar la técnica de corte de un cable de acero que se realiza en la primera operación del proceso de ensamble, también otra solución es mejorar el filo de la herramienta cortadora que se usa para cortar dicho cable de acero para obtener un corte preciso como es requerido y de esta forma evitar que le queden bordes o picos filosos al corte y que posteriormente este dañe el tubo de fluido generando fugas en este.

Al analizar los beneficios de la propuesta se obtienen un mejor rendimiento a nivel de la métrica de desechos por este defecto, se empieza a ver como mensualmente los defectos por este modo de fallo han disminuido permitiendo alcanzar los indicadores y de esta forma reducir los costos que produce la fabricación del producto, en cuanto a la implementación se obtienen buenos resultados permitiendo cumplir con el objetivo principal del proyecto.

En conclusión, se puede decir que el plan de propuestas para implementar ha sido efectivo permitiendo cumplir con el objetivo del proyecto y ayudar con la necesidad de la empresa por mejorar el bajo rendimiento por desechos generados por el defecto de fuga y así mismo disminuir los costos al departamento y mejorar los indicadores financieros.

1. Capítulo 1. Introducción

1.1.Descripción General Del Proyecto

El presente proyecto se lleva a cabo en una empresa de dispositivos médicos, para el desarrollo de este proyecto se utiliza la metodología DMAIC, para este capítulo se pretende definir y plantear de forma clara y concisa el problema como tal.

El proyecto se centra explícitamente en el proceso productivo de un catéter de diagnóstico que crea la empresa, el cual tiene como función diagnosticar diferentes tipos de fallos en el corazón del paciente. En el Departamento de producción se está teniendo problemas con el incremento (en los últimos 9 meses del 2022) de un modo de fallo llamado “fugas” el cual está generando un impacto en las métricas del producto.

Este tipo de fallo en el catéter de nombre “Sensor” es generado porque el tubo de fluidos que lleva el dispositivo internamente se daña o se rompe. Una vez que el dispositivo está terminado se le realizan pruebas de calidad para determinar la óptima funcionabilidad del catéter; una de esas pruebas es la de testeo de fugas y flujos donde un equipo validado y calibrado que funciona con aire comprimido inyecta aire a presión por medio de un tubo de extensión al tubo de fluido del catéter mientras que la punta del catéter esta sellada en una caja hermética para evitar la salida del aire y así determinar mediante esta prueba si existen fugas en este tubo que no cumplan con los estándares de calidad y ni con la funcionabilidad del dispositivo.

Es importante que el tubo de fluido se encuentre en óptimas condiciones, ya que la función que este cumple en el dispositivo es que el doctor lo utilice para introducir una solución salina que sale por unos orificios de irrigación que tiene el catéter, y así durante el cateterismo la punta

del dispositivo se mantenga limpia en todo momento y no afecte el resultado del mapeo o diagnóstico que se le está realizando al paciente. Una vez dicho esto, para el equipo funcional del departamento es de suma importancia definir y analizar el impacto y alcance que este modo de fallo está produciendo, ya que durante los últimos meses se han reportado pérdidas en el departamento, incidiendo en las métricas de productividad y cantidad del rechazo por mes permitidos, los cuales no se están cumpliendo y esto está comprometiendo la rentabilidad del producto.

Esta investigación tiene como objetivo principal proponer un plan de investigación para que se analice el motivo principal por el cual se está presentando un modo de fallo muy continuamente en este dispositivo médico. Este producto es elaborado en dos líneas de producción, principalmente los dos factores motivantes para la elaboración de este proyecto parten de que, primeramente, se tiene el costo excesivo del producto, ya que el constante desecho de producto terminado por este tipo de defecto incrementa el costo de fabricación para cubrir la cantidad de unidades desechadas.

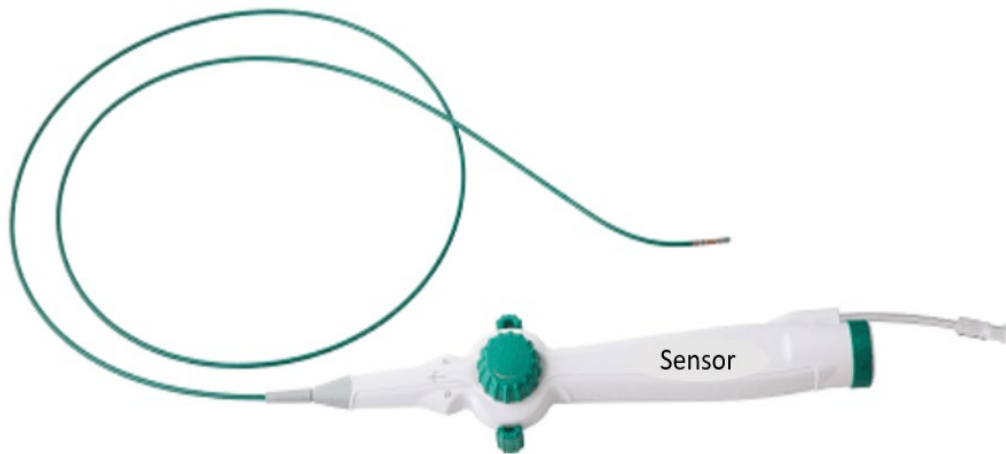
Segundo, el tiempo invertido para el departamento de ingeniería genera mucho tiempo en la investigación de la causa raíz del problema, por lo que realizar el presente proyecto investigativo ayudaría a colaborar a entender los diferentes factores que pueden estar provocando que se generen defectos en el dispositivo, el cual está afectando las métricas de productividad y rendimiento del departamento.

La línea de investigación del proyecto va enfocada en la sostenibilidad industrial en el departamento puesto que mediante la aplicación de los principios de la Ingeniería Industrial se

pretende buscar una mejora, con miras en analizar y solventar el principal problema que produce el continuo modo de fallo en el producto, por lo tanto la propuesta pretende reducir los costos del departamento que genera el estar desechando unidades, lograr alcanzar los indicadores internos del departamento con respecto a cumplimiento en desechos, rendimiento y productividad, además de no ver afectada la calidad del producto.

En la figura 1, se observa el catéter de diagnóstico en el cual se centra el proyecto.

Figura 1: Dispositivo Sensor



Fuente: Tomado del repositorio de lista de productos de la empresa.

En la figura 2 tenemos el equipo que se usa para las pruebas de fugas y flujos en el catéter.

Figura 2: Equipo utilizado para la prueba de fugas



Fuente: Tomado de documentos de la empresa

1.2. Identificación De La Empresa O Institución

Hoy en día esta empresa de industria médica ha logrado a través de más de un siglo de operaciones desarrollarse en diferentes áreas de la salud adaptándose a un entorno de atención médica cada vez más complejo, siempre enfocándose en lo que les compete: ayudar a las personas de todo el mundo a alcanzar su mejor estado de salud en todas las etapas de la vida. La compañía cuenta con más de 100 000 colaboradores alrededor del mundo.

La empresa ha invertido en adquisiciones que han permitido el crecimiento y desarrollo de la compañía, mejorando en sus distintas unidades de negocio con una amplia cantidad de productos innovadores con los mejores estándares de calidad y tecnologías que les permiten a los doctores tener una mayor amplitud sobre la salud de los pacientes.

Esta empresa de dispositivos médicos cuenta con una amplia gama de marcas en el mercado de una gran variedad de productos, que tienen como objetivo mejorar la calidad de vida de los pacientes.

1.2.1. Descripción general de la empresa

La planta de manufactura de dispositivos médicos ubicada en Costa Rica desde el 2012 específicamente en la Zona Franca el Coyol en Alajuela, cuenta con más de 4000 empleados actualmente, cuenta con 2 unidades de negocio Electrofisiología y Estructura del Corazón. Estas divisiones se encargan de la fabricación de catéteres y válvulas para el corazón, mediante tecnologías innovadoras han permitido darle una mayor calidad de vida a los pacientes de todas las edades.

En la división donde está centrado el proyecto es la unidad de negocios de Electrofisiología la cual se dedica a la fabricación de dispositivos médicos que diagnostican y tratan la fibrilación atrial entre otros también están los catéteres de diagnóstico mediante el sistema de mapeo y visualización, y los catéteres de ablación.

La empresa ha definido su misión y visión como:

Misión

Ayudar a mantener el corazón sano y nutrir el cuerpo, ayudamos a ver claramente y proporcionamos información y medicamentos para cuidar tu salud en cada etapa de la vida.

(Abbott Latam, 2022)

Visión

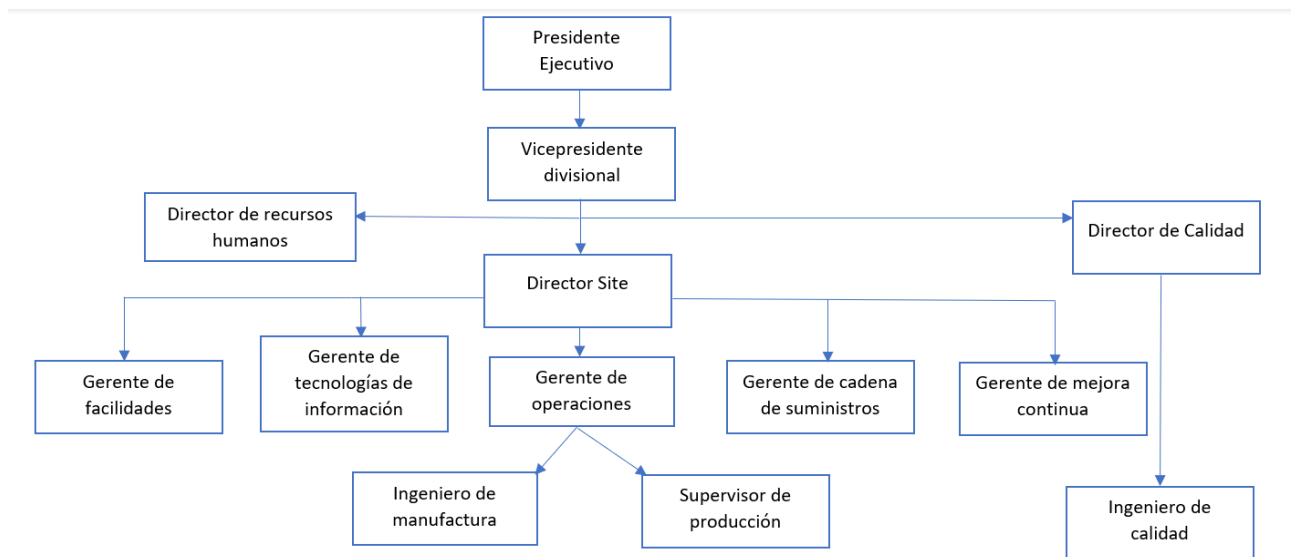
Ayudar a las personas a llevar la mejor la vida posible con un mejor estado de salud.

(Abbott Latam, 2022)

1.2.2. Estructura Organizacional

Esta empresa tiene una estructura organizacional bien definida. En la figura 3 se observa el organigrama de la empresa, con una estructura bastante definida.

Figura 3: Diagrama organizacional de la empresa



Fuente: Elaboración propia, basada en información del repositorio de la empresa, 2023

1.2.3. Antecedentes del contexto de la empresa

La empresa en la que se lleva a cabo el desarrollo de este proyecto es de industria médica, fundada en 1890 por el Dr. Wallace, médico en ejercicio con 30 años y dueño de una farmacia

llamada People's Drug Store ubicada en Chicago. Comenzó fabricando medicamentos precisos y formulados científicamente con el objetivo de brindar terapias más eficaces a los pacientes y a los médicos que los atendían. (Abbott Latam, 2022).

Durante el largo tiempo de operaciones esta empresa de industria medica ha ido innovando en sus negocios con el pasar de los años para continuar siendo competitivo en el mercado, a inicios de sus operaciones la empresa realizaba antídotos y pastillas a bases de plantas medicinales, para los próximos años fueron introduciendo productos nuevos en su cartera cada vez más modernos y que abarcasen el mayor rango posible de la población.

Para la década de los 80 trabajaron en el área de kit de pruebas para la detección de virus introduciendo de esta forma una división más de diagnóstico en sus unidades de negocio, durante el siglo actual han adquirido algunas empresas dedicadas a la industria médica para complementarse como hoy en día es una de la empresas más grandes en la industria médica, de las más innovadoras y con una amplia gama de unidades de negocio que les permite desplegar una amplia cartera de productos variados vendidos alrededor de todo el globo permitiendo estar en el top de empresas dedicadas al cuidado de la salud.

1.3.Planteamiento Del Problema

1.3.1. La Idea Del Problema

Se identifica como problemática o necesidad de mejora en conjunto con el departamento de producción donde se manufactura el catéter Sensor, la gran cantidad de piezas que están generando fuga en las pruebas de resistencia.

Esta situación se está presentando reiteradamente durante un lapso considerable y está afectando las métricas de productividad, el rendimiento del departamento en general y el crecimiento de desechos, lo que significa pérdida de materia prima, y aumento de costos de producción.

1.3.2. Definición Del Problema

Para el primer cuatrimestre del 2022 se detectó que un modo de fallo en el producto Sensor era por un defecto conocido como fuga, este se produce cuando alguna parte de un tubo de fluido que contiene el catéter en su composición interna se rompe o se daña durante el proceso de ensamblaje del producto y al momento de llegar a la operación de pruebas de fuga y flujo el equipo utilizado para realizar dicha prueba detecta el defecto y la unidad tiene que desecharse.

Durante los primeros 9 meses del 2022 se detectó que este tipo de defecto tuvo un incremento de un 50% con respecto a los meses anteriores, esto se ha ido convirtiendo al alza en costos significativos para el departamento que a raíz de esto no se permitió cumplir con la meta de rechazos en el producto mensualmente, a partir de esta situación se va a investigar la causa

principal del incremento de este tipo de defecto para encontrar la causa raíz del problema y proponer soluciones objetivas.

Para inicios del 2022 durante el mes de enero en ambas líneas que fabrican dicho catéter se reportaron 46 desechos por este modo de fallo, durante el primer cuatrimestre se mantuvo un promedio de desechos, para el mes de mayo subieron a 57 unidades desechadas el cual tuvo un incremento significativo con respecto a los meses anteriores y a partir de ahí fueron subiendo hasta que en el mes de septiembre se reportaron 86 unidades desechadas por este modo de fallo siendo casi el doble de los que se reportaron en enero.

De todos los modos de fallo posibles este es el único que ha mostrado ese comportamiento constante y reiterado, siendo preocupante para el departamento de ingeniería y producción del producto Sensor, ya que las métricas de productividad y cantidad de desecho permitidos por mes se ven afectadas y terminan con un indicador en rojo, incrementando el costo por unidad del producto para no generar pérdidas, por lo que es imperativo encontrar una solución a esta problemática para continuar siendo rentables.

1.3.3. Justificación

Principalmente la idea del problema es poder resolver el exceso de rechazos que se generan en una operación que es parte del ensamble de un producto de una empresa de industria médica, esto debido a que se están generando gastos considerables para el departamento por esta situación, el departamento tiene la necesidad de solucionar para continuar siendo productivos y que el producto continúe siendo rentable para la empresa.

Es necesario realizar este proyecto de investigación ya que esto va a permitir corregir el defecto y de esta forma mejorar el indicador financiero del departamento, lograr un buen desarrollo de la investigación va a ser de beneficio para la compañía ya que van a poder trabajar en la disminución de los desechos por fuga y esto va a hacer que se logre alcanzar el indicador de rendimiento obteniendo resultados por encima de la meta mensual.

En el ámbito personal me va a ser de beneficio realizar este proyecto de investigación debido a que me va a permitir desarrollar herramientas ingenieriles que son parte de mi formación como futuro profesional, permitiendo investigar, proponer e implementar acciones para la obtención de resultados positivos o satisfactorios del proyecto, además es un acercamiento práctico a la gestión que implica una línea de producción en la industria médica que viene siendo una de las industrias más complicadas y demandantes hoy en día.

1.4.Objetivos Del Proyecto

1.4.1. Objetivo General

Analizar los diferentes factores que podrían generar un modo de fallo en específico y proponer un plan para solucionar la causa raíz mediante la metodología DMAIC, en el departamento de producción en una empresa de industria médica.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Comprender el proceso de la elaboración del catéter del departamento de producción de una empresa de industria médica.

- Analizar la causa raíz del problema que produce que un componente del producto se dañe.
- Realizar una propuesta de mejora basada a partir de los datos recopilados y analizados con respecto a la causa raíz del problema.
- Determinar un plan de seguimiento a la implementación durante el tiempo que sea necesario.

1.5. Alcances Y Limitaciones

1.5.1. Alcances

Con el plan de implementación del proyecto de este trabajo se pretende abarcar el proceso productivo de una empresa dedicada a la industria médica en Costa Rica, el tiempo posterior a la implementación sería perpetuo debido a que se busca la mejora continua y esto ayudaría en gran manera a la reducción de costos en el departamento, específicamente en el alcance del proyecto abarcaría el producto Sensor; un catéter de diagnóstico, la idea es colaborar con el problema que tiene el departamento debido al costo excesivo que se ha presentado con el catéter, inclusive esta implementación podría alcanzar otras plantas internacionales donde se fabrica el mismo producto.

El propósito es identificar y analizar las diferentes causas raíz, con el fin de determinar las necesidades requeridas para lograr implementar acciones que favorezcan al departamento.

1.5.2. Limitaciones

No se consideró ningún factor limitante de peso durante la ejecución del proyecto.

2. Capítulo II: Marco Teórico.

2.1.Marco Conceptual General Relativo A La Carrera

En el siguiente segmento se describirá una serie de conceptos y consideraciones teóricas que son fundamentales para el entendimiento del documento del proyecto.

La intención es abordar la línea de investigación correspondiente a los sistemas de sostenibilidad industrial y poder brindar al lector una idea más clara sobre los temas a tratar, así como las generalidades de la carrera e ingeniería industrial, herramientas ingenieriles y las distintas metodologías a utilizarse para el complemento del proyecto.

2.1.1. *Procesos industriales*

Según Parra, (2017), existen diferentes tipos de procesos industriales, donde pueden entrar áreas como la ingeniería industrial, en algunas textilerías o industria pesquera entre otras, a continuación, se describen algunos de los que menciona el autor:

Proceso industrial por trabajo: Refiere a los bienes que no son de consumo constante o habitual y son utilizados en la fabricas inteligentes para la elaboración de estos, por ejemplo, en la fabricación de barcos y aviones. (p. 32)

Proceso industrial por flujo continuo: Es el proceso que no tiene interrupción alguna, manteniendo una producción más eficiente y rápida. Por lo general las industrias que utilizan este proceso son las que fabrican productos de consumo diario. (p. 35)

Proceso industrial en masa: Relacionado al proceso anterior, tiene como prioridad una mayor productividad y menos costes, por lo que poseen ciclos de descanso y producción. (p, 36)

Proceso industrial por lotes: La realización de este proyecto va dirigido a la calidad, es decir, son sectores o mercados donde los estándares de calidad que se exigen son muy altos, por lo que su producción puede ser de tipo artesanal, manufacturera o de alta gama, de manera que este producto no avanza en su producción hasta que toda la cantidad requerida pase por los puntos de control y de aprobación, siendo un ejemplo de esto es la industria textil. (p. 39).

2.1.2. Procesos de manufactura

Se refiere al “conjunto de actividades que de manera precisa son efectuadas para que se lleve a cabo la transformación de las características originales de una materia prima y obtener así el producto final” (Guerrero, 2008). Estas modificaciones van desde la consistencia, dimensiones, firmeza, estructura y hasta los temas estéticos que lo beneficien.

Desde el ingreso de materias primas a la industria hasta su salida transformada en un producto de consumo final, el proceso de manufactura se encarga de todas las actividades involucradas en ello. Sin embargo, sus tareas son clasificadas durante su producción para enfocarse en las distintas áreas y esto es de la siguiente manera:

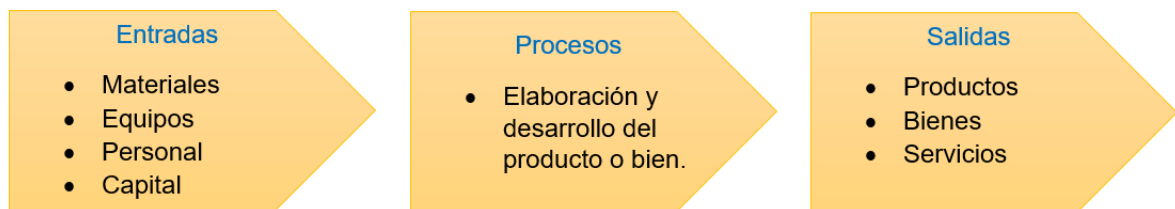
Procesos primarios: Su función es la de transformar recursos naturales en productos primarios que no están elaborados de forma final para su consumo. Aquí entran las materias primas, capital, mano de obra, entre otras.

Procesos secundarios: En este tipo de procedimiento son consideradas las actividades encargadas de hacer los tratamientos térmicos o mecanizados correspondientes para la transformación de la materia obtenida.

Procesos terciarios: Una vez cumplidas las labores secundarias, el paso siguiente es encargarse de unir cada elemento en un solo producto en caso de ser necesario, o bien de tratar los temas estéticos o superficiales para obtener el resultado final.

En la figura 4 se describe el ejemplo de un diagrama de procesos para una mayor comprensión.

Figura 4: Diagrama de procesos



Fuente: Elaboración propia, 2022.

2.1.3. Línea de producción

Como su nombre lo indica, es cuando hay necesidad de que las máquinas que se ocupan para un determinado proceso estén posicionadas de forma alineada, esto facilitara que los empleados sean asignados a estaciones de trabajo específicas y realicen tareas puntuales, significando incluso menos capacitación para el personal.

García, (2020), menciona que “Las fábricas que incorporan la línea de producción al desarrollo de sus productos poseen estrategias empresariales bien definidas y documentadas al tener procesos y prácticas bien alineadas en su totalidad”. De allí la importancia estructural de este método de trabajo en la manufactura industrial.

2.1.4. Control de calidad

Este es el “conjunto de procedimientos en el cual se realiza para garantizar que el producto o bien se adhiera a los estándares de calidad exigidos por el mercado al que van dirigidos o así también a la necesidad requerida por el cliente” (Aguilar, y otros, 2014).

Es vital proveer productos de calidad al consumidor que cumplan con todos los requisitos o regulaciones del mercado. Existen muchos métodos de control de calidad diferentes y cada industria tiene sus propios estándares.

Inspección de calidad: Dicha inspección se encarga de medir, examinar y probar una o varias veces las características del producto con los requisitos o especificaciones que se establecieron para lograr una conformidad de acuerdo con las diferentes regulaciones que rigen. Esta inspección también se refiere a la verificación de productos, mientras que una auditoría se aplica a la fabricación de productos. “El propósito de los inspectores de calidad es garantizar y comprobar los estándares de calidad del producto y garantizar también el cumplimiento de que se apliquen los procedimientos correctamente para asegurar el cumplimiento de estos estándares” (Aguilar, y otros, 2014).

2.1.5. Catéter

Instrumento o dispositivo médico alargado y delgado, los hay en distintos tamaños según el requerimiento del cliente, son los encargados de cumplir distintas funciones según cada especificación que tenga, por ejemplos los catéteres de ablación, los catéteres guía, los catéteres de diagnóstico, entre otros, la mayoría son introducidos por la vena femoral hasta llegar al corazón, por ejemplo, para detectar alguna anomalía de este.

2.1.6. Muda

Es un término japonés que hace referencia al desperdicio u obstáculo que se puede presentar en algún proceso de trabajo, situación que no genere algún aporte o valor agregado al negocio.

Parra, (2017) menciona que existen 7 diferentes tipos de muda:

1. Inventario: Acumulación de inventario, genera pérdida de espacio y puede que se dañe la mercancía.
2. Transporte: Movilización innecesaria de productos o materiales incluso también la del personal.
3. Espera: Refiere a algún tipo de espera por materiales, espera del proceso anterior, incluso espera por personas para una junta o reunión.

4. Movimiento innecesario: La movilidad del colaborador de un lado a otro que no sea necesario, desperdicio de tiempo y energías.

5. Sobreproducción: Excesos de producción innecesaria puede ser un factor muda debido a que ese tiempo invertido podría ser enfocado en algo que genere valor.

6. Sobre procesado: Hace referencia a que se realiza el mismo trabajo por 2 personas por falta de comunicación.

7. Defectos: Uno de los más resaltados en las organizaciones, refiere al producto o bien que no se logra confeccionar correctamente y se convierte en chatarra.

2.2.Marco Conceptual Atinente A La Gestión Del Proyecto

En esta sección del marco teórico se muestra de forma detallada los conceptos de la metodología a usarse en el proyecto.

La metodología DMAIC la cual forma parte del seis sigma, tiene como objetivo la mejora de los procesos, se pretende lograr una eficiencia al momento de desarrollar la investigación lo cual junto con esta metodología y las herramientas de calidad es favorable poder alcanzar soluciones optimas.

Este ciclo establece una metodología fuerte y estructurada, que su función es detectar los defectos e investigar y determinar la causa raíz y eliminarla para mejorar la calidad y la

productividad, este modelo sistemático de etapas funciona para cualquier proceso que intente cumplir sus funciones de forma óptima y clara.

2.2.1. Etapas de la metodología DMAIC

Como herramienta para la ejecución de un proyecto se define a continuación el seis sigma y la metodología DMAIC es una herramienta enfocada en la mejora de procesos, “Adicionalmente, es la metodología más aceptada y utilizada para la resolución de problemas de distribución de planta” (Torres, Flores, Sánchez, & Catañeda, 2020).

Esta metodología se subdivide en 5 fases:

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

Estas etapas pueden ser muy flexibles y adaptables a cada problema, a continuación, se describe cada una de ellas:

Definir:

Para la primera etapa se trata de definir el problema o situación

Se identifica el proceso a mejorar y se establece el presupuesto para la ejecución del proyecto de ser necesario, se buscan establecer los objetivos y el equipo de trabajo para el desarrollo del enunciado, metas y beneficios además de desarrollar el propósito del proyecto, se pueden utilizar en esta sección carta de proyecto y flujogramas. (Garza, González, Rodríguez, & Hernández, 2016)

Medir:

Para esta etapa segunda se busca determinar cuáles van a ser las herramientas de medición que nos permitan obtener información de los procesos y datos recopilados mediante evaluaciones confiables, mapear el proceso y recolectar la información necesaria, se podrían utilizar herramientas como plan de recolección de datos y caminatas (gemba walk).

Analizar:

Para la tercera etapa se toman los datos y se empieza con la ejecución y análisis identificando la causa raíz del problema y sus posibles potenciales, “se busca identificar los valores agregados y lo que no agrega valor y como resultado de estos se espera conseguir las mejoras que se buscan para poder ser establecidas” (Garza, González, Rodríguez, & Hernández, 2016), como parte de las herramientas que podemos utilizar en esta etapa son los 5 porque, diagrama de Ishikawa, diagrama de espagueti, análisis estadísticos, entre otros.

Mejorar:

En la cuarta etapa ya con los objetivos y mejora a realizar definida se busca generar soluciones para cada causa raíz y comprobar que las soluciones propuestas generen un impacto positivo en los puntos de mejora, es decir evaluar los modos de fallo, además se deben validar las mejoras mediante pruebas y estudios, se podrían utilizar para esta etapa herramientas como la lluvia de ideas, análisis de modo de falla y efecto y diseño de experimentos.

Controlar:

Para la última etapa, se busca complementar las soluciones definitivas obtenidas durante todo el proceso y se busca sostener todo lo logrado sin volver a caer en los errores pasados monitoreando continuamente los procesos, se pretende estandarizar el proceso para poder compartirlo, para lograr esto podemos usar herramientas como plan de control, cálculo de ahorros y costos, el diagrama de Gantt, entre otros.

En la figura 5 se observa un ejemplo del ciclo de la metodología DMAIC el cual se debe seguir para una correcta aplicación.

Figura 5: Ciclo DMAIC



Fuente: <https://blogdelacalidad.com/que-es-dmaic/>



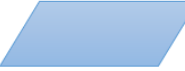


2.2.2. Herramientas para usar en el DMAIC

2.2.2.1. Diagrama de flujo de procesos

Este diagrama refleja las principales relaciones que componen una planta, se encarga de identificar las operaciones que se relacionen entre sí y que se encuentren en orden con el proceso o función que ejecutan. Es capaz de identificar cuales operaciones tienen problemas o cuales presentan cuellos de botella, cuales son tareas críticas y cuales son de inspección, para la realización de un diagrama de flujo se utiliza una simbología en específico.

En la figura 6 se muestra la simbología que se utiliza para la identificación de cada proceso en el diagrama de flujos de procesos.

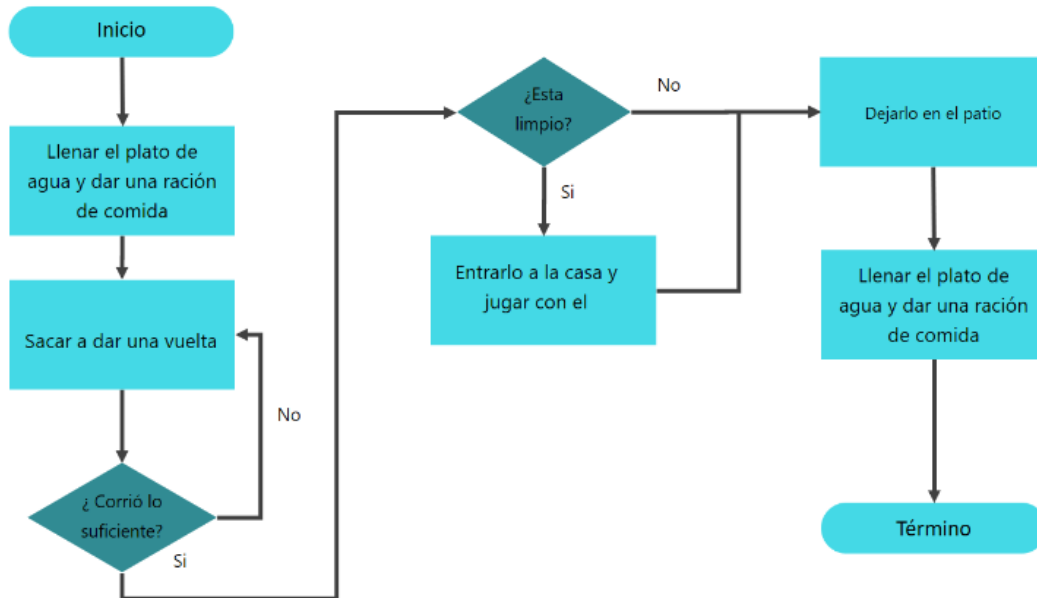
Figura 6: Simbología del Diagrama de flujo de procesos

Símbolo	Nombre	Función
	Inicio /Final	Representa el inicio o el final del proceso.
	Línea de flujo	Representa el orden en el que se debe dar el flujo.
	Entrada/Salida	Representa la entrada y la salida de los datos.
	Proceso	Hace referencia a cualquier operación.
	Decisión	Representa el análisis que se debe hacer sobre los datos para tomar una decisión

Fuente: *Elaboración propia, 2022.*

En la figura 7 se muestra un ejemplo de cómo es un diagrama de flujos de procesos.

Figura 7: *Ejemplo de Diagrama de flujo de procesos*



Fuente: *Google images/Diagrama de flujos de procesos, 2022*

2.2.2.2. Diagrama de Pareto

Este diagrama es una gráfica que nos permite organizar los datos y establecer un orden en las prioridades que nos faciliten determinar de una manera simple cuales son las causas más importantes de un problema y las que son de menor importancia.

Consiste en darle visibilidad a aquellas situaciones que más complican el logro de los objetivos planteados en una empresa, ya que estos nos permite tener una visibilidad mayor de entre muchos elementos cuales son realmente los responsables de generar la problemática, por algo también se le dice a este diagrama 80/20 ya que del 80% de las consecuencias son debido al 20% de las acciones, no importa cuantos factores este identificados en una causa, siempre son pocos los responsables del resultado.

Izar & González, (2004), describen algunas ventajas que tiene el diagrama de Pareto:

Permite identificar de forma sencilla los problemas que se presenten en una empresa.

Son versátiles y muy útiles por lo tanto permiten analizar datos sobre la frecuencia del problema.

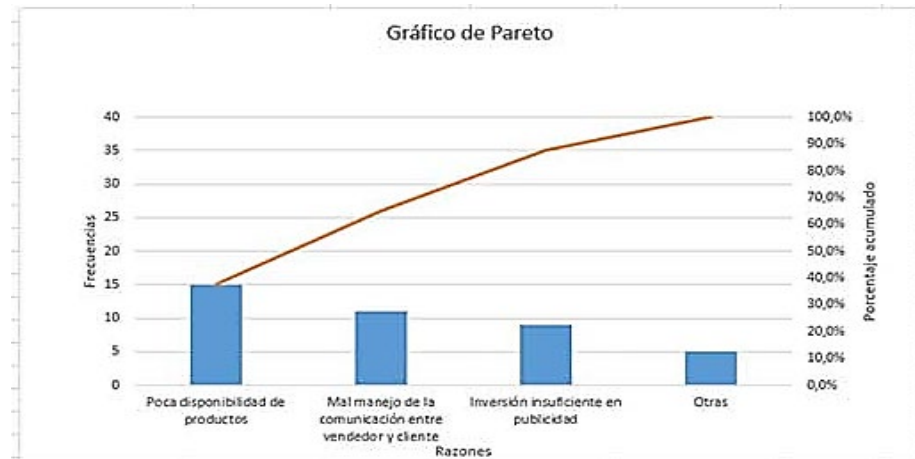
Proporcionan una ayuda visual muy intuitiva lo que permite que los datos sean fáciles de interpretar.

Muestra cómo se pueden obtener eficiencias generales para toda la organización señalando las oportunidades de mejora.

Hay claridad en la priorización de problemas, para enfocar los esfuerzos en productividad y rendimiento. (p.8)

En la figura 8 se observa un ejemplo de un diagrama de Pareto.

Figura 8: Ejemplo de Diagrama de Pareto



Fuente: <https://coworkingfy.com/diagrama-de-pareto/>

2.2.2.3. Gemba Walk

Esta herramienta es el término "gemba" que proviene del japonés y significa "el verdadero lugar". En la gestión Lean, "gemba" es el lugar más importante para un equipo, puesto que es el lugar donde realmente sucede el trabajo. Es importante porque se enfoca en ir al lugar de trabajo y observar y analizar detenidamente cuales son los factores principales que pueden estar afectando o no el desarrollo de un trabajo, operación o proyecto en específico, a partir de esto nos permite visualizar un panorama más claro de lo que debe ser corregido o mejorado. (Izar & González, 2004).

En la figura 9 se muestra una imagen referencial al concepto de un Gemba Walk.

Figura 9: Pasos del proceso de Gemba Walk



Fuente: Elaboración propia, 2022

2.2.2.4. Diagrama de Gantt

El diagrama de Gantt es una herramienta de gestión que sirve para planificar y programar tareas a lo largo de un periodo determinado, esto gracias a una cómoda y fácil visualización de las acciones previstas.

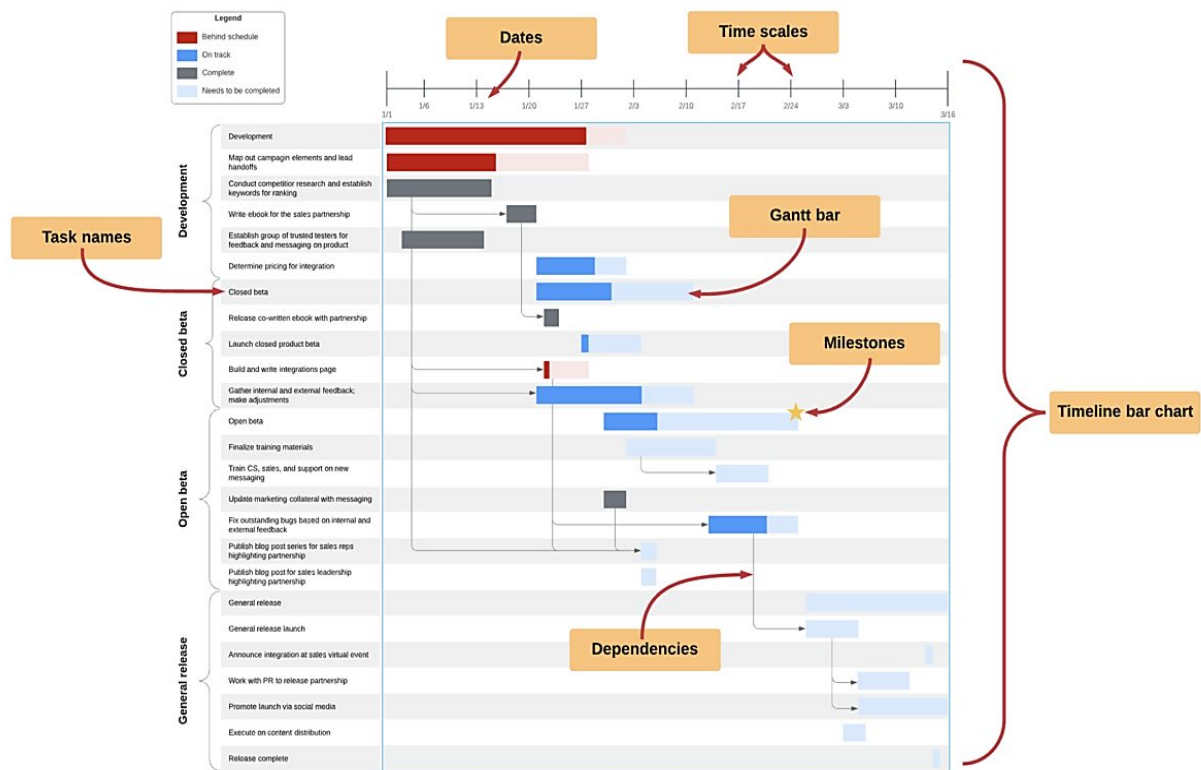
Gracias a una fácil y cómoda visualización de las acciones previstas, permite realizar el seguimiento y control del progreso de cada una de las etapas de un proyecto y, además, reproduce gráficamente las tareas, su duración y secuencia, además del calendario general del proyecto. (Pérez, 2021)

Es así como esta herramienta permite realizar el seguimiento y control del progreso de cada una de las etapas del proyecto y además reproduce las tareas, su duración y secuencia durante el calendario general del proyecto, dicho diagrama se puede mostrar por medio de un gráfico, con

barras horizontales ordenadas por actividades a realizar en secuencia de tiempo completas, claramente en función del tipo de actividades que conformen el proyecto.

En la figura 10 se observa un ejemplo de cómo es aplicable un diagrama de Gantt.

Figura 10: Ejemplo de Diagrama de Gantt



Fuente: Google images/Diagrama de Gantt, 2023

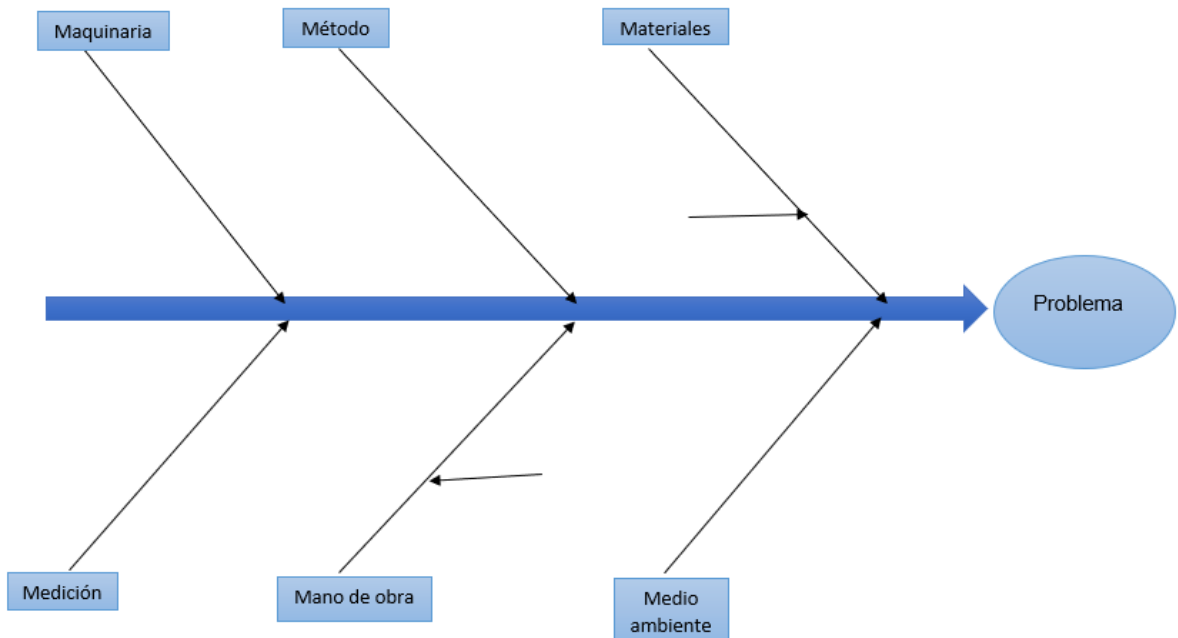
2.2.2.5. Diagrama de Ishikawa

Este diagrama también conocido como espina de pescado es una herramienta visual que permite un formato de gráfico, su principal función es ayudar en los análisis y la detección de la causa raíz de un problema o circunstancia que se enfrente la organización.

De esta forma el diagrama tiene como objetivo ayudar al equipo a lograr llegar a las causas reales de un problema mediante el análisis y exponiendo el motivo principal por el cual no se está cumpliendo algún objetivo de la organización. Esta metodología se basa en el principio de causa y efecto por lo cual prevé que toda acción tiene una reacción.

En la Figura 11 se muestra un ejemplo referencial del diagrama de Ishikawa.

Figura 11: Ejemplo de Diagrama de Ishikawa



Fuente: Elaboración propia, 2022

2.2.2.6. Lluvia de ideas

También conocida como tormenta de ideas esta herramienta es aplicable al trabajo en equipo como objetivo de poder generar ideas auténticas y así facilitar la obtención de ideas originales de un tema determinado mediante la exposición libre de los conceptos y propuestas por parte de los integrantes.

Una lluvia de ideas se utiliza cuando existe la necesidad de dar rienda suelta a la creatividad de un equipo de trabajo, producir una gran cantidad de ideas, lograr una mayor integración de los miembros del equipo en el proceso de trabajo, y captar posibles oportunidades de mejora.

En cuanto a cómo se utiliza, existen diversas técnicas para dar pie a una lluvia de ideas, pero, por lo general, el resultado debe apuntar a la cantidad más que a la calidad, es decir, se busca obtener todas las ideas posibles sin mayores expectativas en cuanto a la eficacia de estas. Para ello, se debe plantear el tema a desarrollar y brindar un espacio de tiempo limitado para que cada miembro del equipo pueda escribir sus ideas en torno a dicho tema.

Cada persona debe brindar al menos una propuesta por sesión, y su evaluación posterior será lo que determine la validez de dichas ideas en términos de calidad.

Acuña & Acuña, (2012), indica que algunas de las ventajas que ofrece la aplicación de esta herramienta son:

La obtención de una amplia gama de ideas en un menor tiempo.

El estímulo de la creatividad de los miembros del equipo de trabajo.

La eliminación de bloqueos por parte del equipo frente a un contenido determinado.

La obtención de diversas soluciones posibles sobre un mismo problema.

En la figura 12 podemos ver un ejemplo de una lluvia de ideas en proceso de desarrollo.

Figura 12: Ejemplo de lluvia de ideas



Fuente: Google images/Lluvia de ideas, 2022

2.2.2.7. Informe A3

El informe o reporte a 3 es una herramienta ingenieril que nos permite desde un inicio destacar y separar lo esencial y lo no tan esencial para la identificación y solución de problemas

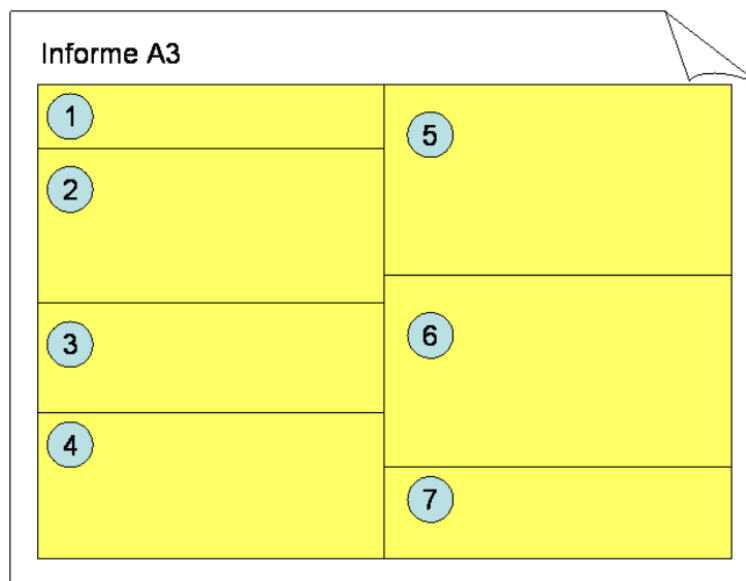
El método A3 se basa en el concepto PDCA (Plan-Do-Check-Act [Planificar-Hacer-Verificar-Actuar]). Contiene una estructura dividida en etapas de identificación, definición y estudio de la situación actual para su posterior análisis, propuesta y plan de acción, además del seguimiento de los resultados. (Barahona & Yauri, 2021)

Esta herramienta presenta un modo esquemático donde todos los datos relevantes del problema son claramente acomodados y relacionados para encontrar la causa raíz y tener el control de la etapas bien definidas siempre todo en un solo informe donde el valor de lo resumido

es de suma importancia para el desarrollo adecuado de la investigación, este informe es muy estandarizado de gran ayuda.

En la figura 13 podemos ver un ejemplo de un informe A3.

Figura 13: Ejemplo de Informe A3



Fuente: Elaboración propia, 2022

2.2.2.8. Recolección de datos históricos

Esta herramienta de investigación se enfoca en ayudar a conocer la situación real de cierto tiempo, estado o método. Trata de reunir y medir información de diversas fuentes a fin de obtener un panorama completo y preciso de una zona de interés.

La recopilación de datos permite a un individuo o empresa responder a preguntas relevantes, evaluar los resultados y anticipar mejor las probabilidades y tendencias futuras, la

exactitud en la reunión de datos es esencial para garantizar la integridad de un estudio, las decisiones comerciales acertadas y la garantía de calidad. (Miranda & Acosta, 2009).

2.2.2.9. Tabla de distribución de tareas

Este tipo de tabla sirve para enfocar la distribución del trabajo asignado y el contenido de tarea dada a cada persona, grupo u equipo de trabajo, a través de este se puede identificar el tiempo invertido para la tarea, el grado de dificultad o especialización de esta, además de la fragmentación del trabajo para poder nivelar las cargas laborales para no tener inequidad en la asignación de cada labor, en algunas ocasiones dependiendo el caso.

2.2.2.10. Auditorias

Según Gutarra, (2015), “las auditorías de procesos ayudan a controlar el desarrollo adecuado del procedimiento establecido en la operación o proceso determinado, esto ayuda a localizar también los puntos a mejorar en la realización de tareas diarias o procesos repetitivos”, de tal forma que, si se logran corregir o mejorar dichos aspectos la empresa puede alcanzar su máxima capacidad productiva, todo esto permite disminuir riesgos y costos no contemplados.

Dichas auditorías tienen que estar estructuradas referentemente al proceso para de esta forma poder dar certeza de que se está cumpliendo el mismo como debe ser, deben responder a una programación que incluya aspectos de control de calidad, verificación de normas y procedimientos, comprobar desempeño operacional y analizar los planes objetivos del proceso.

2.3.El Marco Conceptual Referente Al Impacto Del Proyecto

A continuación, en esta sección se describe el impacto que este proyecto puede generar al hacer un plan de implementación para la disminución en los desechos de unidades por el modo de fallo fuga y así darle un mejor rendimiento y disminución de costo del producto al departamento, lograr desarrollar una investigación acertada es importante para cumplir con las metas de producción y ayudar a que el catéter sea producido con la mayor calidad posible siempre.

Se pretende que el alcance de este proyecto sea de manera perpetua una vez que se pueda lograr su implementación con la finalidad de que se extienda por el mayor periodo de tiempo siempre y cuando se le dé un seguimiento continuo y se busque más bien seguir enfocado en la mejora continua para esta área.

El propósito es investigar y analizar la información que se recopile y mediante las herramientas de la ingeniería industrial poder encontrarles las soluciones a los problemas, con la finalidad de brindar un plan bien estructurado para que este sea aplicado y puesto en práctica, mediante una información detallada de la investigación poder proveer a la compañía la mayor robustez para el beneficio de esta.

Debido a esto se puede decir que se podrá generar un impacto bastante positivo en esta empresa de industria médica con la implementación de este plan propuesto ya que nos dejaría beneficios en costos por sobre consumo de herramientas y ligado a esto no tendríamos problemas en temas productividad en el área.

Entre las áreas de impacto están:

- Costo Beneficio:

Debe tomarse en cuenta la necesidad del análisis de costo beneficio a la hora de medir el impacto de un proyecto ya que en este se reflejan los beneficios económicos que la implementación del proyecto le genera a la empresa. Esto puede ser determinante para la toma de decisión de la ejecución de un proyecto.

El análisis del costo-beneficio es un proceso que, de manera general, se refiere a la evaluación de un determinado proyecto, de un esquema para tomar decisiones de cualquier tipo. Ello involucra, de manera explícita o implícita, determinar el total de costos y beneficios de todas las alternativas para seleccionar la mejor o más rentable. Este análisis se deriva de la conjunción de diversas técnicas de gerencia y de finanzas con los campos de las ciencias sociales, que presentan tanto los costos como los beneficios en unidades de medición estándar usualmente monetarias para que se puedan comparar directamente. (Aguilera, 2017)

El análisis pretende brindar información financiera determinante para la toma de decisiones, tomando en cuenta la rentabilidad, la conveniencia, el cual conlleva un proceso de valoración y evaluación por las gerencias y encargados directivos de la empresa.

Para el presente proyecto, la intencionalidad radica en presentar una propuesta que conlleve un análisis del costo beneficio de las propuestas expuestas que sean rentables y respondan a las necesidades de la empresa y de las mejoras que se desean implementar.

- Productividad:

Otro de los elementos en los que pretende impactar el desarrollo del presente proyecto en la empresa es la mejora en la productividad. Para ello se deben tener en cuenta los factores que han incidido en la baja productividad o que han obstaculizado los procesos productivos.

Es por ello, que durante el desarrollo del proyecto estos aspectos son fundamentales para determinar el método que subsanen estos vacíos u obstáculos y a su vez, generar propuestas estratégicas orientados a la mejora continua

Fontalvo, Dela Hoz, & Morelos, (2018), mencionan sobre la productividad que “Por lo general cuando se habla de productividad se refiere a algún proceso en el cual intervienen elementos y actividades para obtener un resultado, cuando hay mejoras, estas se traducen en el hecho que, con menos recursos o con los mismos, se pueden obtener los mismos o mayores resultados respectivamente (productos y servicios)”. Es decir, que la productividad no puede o no debería ir en detrimento de la rentabilidad de la empresa.

Esto es fundamental para la implementación de estrategias de mejora continua, tomar en cuenta el proceso operativo que actualmente utiliza la empresa e identificar los puntos críticos y abordarlos des un enfoque de mantener o mejorar la productividad.

Donde el volumen de producción aumente o se mantenga en niveles competitivos al mejorar la eficiencia de la producción, minimizando errores, aprovechando recursos y generando menos desperdicios o defectos.

- Tasa de defectos

La tasa de defectos ayuda a determinar la capacidad de los procesos para cumplir con las especificaciones requeridas para el producto. Teniendo en cuenta que parte del planteamiento del problema de la presente investigación se centra en el defecto recurrente fuga del producto durante el ensamble en la línea de producción. Un impacto que se busca generar en este aspecto es que dicha tasa descienda.

Una tasa de defectos elevada afecta de múltiples formas a la rentabilidad del proceso productivo de la empresa, algunos de los puntos en los que inciden según autor (Altman, 2018)

Malgastar tiempo de la máquina en procesar un producto inservible o que deberá ser reprocesado para que sea conforme.

Malgastar los recursos humanos necesarios para llevar a cabo el proceso o que se utilizarán para reprocesar el producto no conforme.

En el peor de los casos, cuando el producto conforme no se pueda reprocesar, también se podrá perder el material utilizado, incrementando la merma de producción.

Además, se producirán gastos adicionales de energía, consumibles, entre otros. (p 78)

La identificación de las causas raíz que puedan estar generando los defectos y por ende la pérdida de material durante el proceso productivo permitiría tomar acción sobre estas causas y dibujar una ruta de mejora que subsane estas pérdidas y repercuta positivamente en las métricas

de rendimiento de la línea de producción, las cuales se han visto afectadas por dicho defecto recurrente.

2.4. Antecedentes De Proyectos O Experiencias Semejantes

Para toda investigación siempre es importante conocer las experiencias similares que se puedan presentar, las diferentes empresas siempre van a tener la necesidad de reducir costos de buscar constantemente la mejora continua, mediante el uso de herramientas y metodologías estas empresas buscan soluciones que impacten de manera positiva el desarrollo de sus negocios con el beneficio constante de seguir creciendo y avanzando hacia el cumplimiento de los objetivos.

2.4.1. Antecedente 1

- **Propuesta de mejora en el proceso de producción de una empresa metalmecánica basada en herramientas de manufactura esbelta**

Tejada, (2022), presenta en su investigación el análisis de la situación de los procesos productivos dentro de una empresa de metalmecánica para identificar oportunidades de mejora que permitan emplear herramientas de manufactura esbelta.

En cuanto a la metodología la investigación se realizó mediante la utilización de distintas herramientas esbelta tales como 5s, kanban, Jidoka, Andon, Justo a tiempo, Poka Yoke y Kaizen.

Entre sus hallazgos están que en el proceso de producción se encontraron los siguientes defectos: “abolladuras, desorden en algunas secciones de trabajo, falta de herramientas,

desconocimiento de las dimensiones del material, irregularidad en el corte del material, incumplimiento de las tolerancias, anomalías en la disponibilidad de los equipos, como también en la disponibilidad de equipos de soldadura” (p. 117).

Tomando estos hallazgos en cuenta, las herramientas seleccionadas van a propiciar la eliminación de mudas, la detección de piezas defectuosas, evitar prácticas de reprocesos o retrabajos y propiciar la respuesta rápida.

2.4.2. Antecedente 2

- **Diseño de una propuesta para mejorar el proceso productivo en la empresa manufacturas para cereales S. A mediante herramientas Lean Manufacturing**

Daza, (2021), en su investigación tiene como objetivo eliminar las mudas de la línea donde se procesan hojuelas de maíz azucaradas, para de esta forma estandarizar y mejorar el proceso.

Para ello, la autora realizó preliminarmente un estudio del proceso actual de la línea, aplicando un diagrama de SIPOC y un diagrama de flujo. En cuanto a la técnica de diagnóstico utilizada fue la VSM con la cual se pudo determinar las actividades que aportan valor al proceso y las que no lo hacen. De esta forma fueron identificadas las mudas en el proceso productivo.

En cuanto a la selección de herramientas Lean, estas se determinaron a partir de la metodología AHP (Analytic Hierarchy Process), la cual dejó como resultado la idoneidad de las siguientes herramientas las cuales coayudarían en la mejora de los procesos: TPM, control visual y AMEF.

Finalmente, mediante un VSM futuro y la contribución de las herramientas antes mencionadas, se generó la propuesta teórica para la aplicación de herramientas Lean en la línea hojuelas de maíz azucaradas identificando mejoras en las esperas y defectos, al reducir el takt time en un 37 % y el tiempo de procesamiento en un 48.8 % mejorando significativamente el sistema productivo. (p. 55)

2.4.3. Antecedente 3

- **Disminución de los desperdicios de la línea de subensambles en el área de OIS de la empresa Boston Scientific, durante el primer trimestre del 2020.**

Arroyo, (2020), realizó una investigación enfocada en la problemática de que la empresa no lograba cumplir con la demanda interna de producción en determinada línea de ensamble, aun contando con todas las herramientas, personal y equipos que según los procesos eran necesarios para cumplir las metas.

Entre los hallazgos se determinó que existe una cantidad inusual de desperdicios producidos que minimiza la cantidad de piezas que cumplen con los requisitos de calidad para ser empacadas. Es así como el proyecto se enfoca en disminuir los desperdicios.

Para ello, la autora realizó una lluvia de ideas, un diagrama spaghetti en el cual se evidenció que el proceso no es lineal, diagramas de Pareto, una clasificación ABC del tipo de desecho que realiza la línea, en el cual se determinó que el 20% compuesto por 8 defectos

específicos que explican el 83.16% de los defectos, un diagrama de Ishikawa para determinar las causas, un diagrama de afinidad para priorizar las causas.

Además mediante la herramienta 5 por qué, se identificaron como causas principales la falta de un método estándar para transportar las unidades de una estación a otra durante el proceso de fabricación de los lotes de producción y la falta de un flujo línea en el proceso de producción” (p. 73).

Como propuesta de mejora la autora establece un rediseño de la línea de producción que incorpore y subsane los hallazgos contemplados, y como segunda propuesta presenta una estrategia de crear un nuevo método para trasportar las unidades que permita evitar el daño a las mismas y minimizar desechos de material o daños en las piezas semiprocadas.

3. Capítulo III: Marco Metodológico.

3.1. Metodología Para La Definición Del Problema

En el presente capítulo se describen las actividades y herramientas alineadas a los objetivos específicos y etapas del DMAIC, lo cual es la base principal para entender con claridad cual es la situación real y el alcance que esta tiene, para entender el problema se establece que es en un departamento de producción donde se ensambla un catéter, en una operación en específico donde se hace el corte de un cable de acero con una herramienta cortadora lateral la cual constantemente tiene que estar siendo reemplazada debido a que pierde el filo rápidamente y esto nos genera incrementos en el costo por el sobreconsumo de la herramienta.

A continuación, se mencionan las herramientas utilizadas para llevar a cabo la identificación de la problemática.

Tabla 1: Matriz de definición del problema

Etapa	Objetivo	Actividades	Herramientas
Definir	Identificar el problema por el cual se desechan una cantidad considerable de unidades por un modo de fallo en específico y estudiar el desempeño laboral de los operadores.	Realizar una caminata algunos miembros del equipo funcional del departamento para conocer el proceso.	Gemba Walk
		Identificar las posibles mejoras que pueda tener el proceso. Realizar el diagrama de flujo de las operaciones para tener un orden y una perspectiva más clara de las líneas de producción.	Diagrama de flujo
		Una vez que se tiene en conocimiento las opiniones de los operarios, reunir el equipo funcional para hacer un despliegue de ideas.	Lluvia de ideas

Nota. Elaboración propia, 2022.

Se utilizan estas herramientas en esta sección con el propósito de identificar y plantear el problema y darle conocimiento con la mayor claridad posible.

3.2. Metodología Para La Medición Y Respaldo Cualitativo De Proyecto

Para esta sección de la metodología DMAIC es importante detallar la argumentación que se utiliza para realizar la medición, esta nos permitiría obtener mediante estas mediciones soluciones fiables que establezcan bases concretas para poder tomar decisiones objetivas.

Tabla 2: Herramientas utilizadas para la etapa de medir

Etapa	Objetivo	Actividades	Herramientas
Medir	Analizar la situación actual que se está dando en el producto Sensor con este modo de fallo.	Revisión de los datos de producción de los periodos anteriores y comparar los periodos actuales.	Recolección de datos históricos.
		Medir el porcentaje de desechos de los últimos meses en los periodos analizados.	Pareto

Nota. Elaboración propia, 2022.

Por medio del software de planificación de recursos empresariales System Analyse Programmentwicklung, conocido por siglas como SAP, se pretende generar reportes de la cantidad de lotes liberados y la cantidad de cada uno de ellos, además también se obtuvo la cantidad de unidades desechadas por lote, y con base en estas recolecciones se nos permitió realizar gráficas que nos ayuden a distinguir las variaciones comunes y las relaciones a alguna situación en específico, analizadas estas gráficas se podría observar de forma más clara el alcance del problema hasta ese punto.

Es importante tomar los resultados obtenidos de anterior parte y analizarlos para hacer énfasis en lo que le corresponde a este apartado que es la propuesta de mejora, por lo tanto, el enfoque es analizar la potencial causa por la cual se genera sobreconsumo en las herramientas cortadoras, identificar los factores principales que producen la problemática y empezar a desarrollar las oportunidades de mejora para una posterior implementación.

Tabla 3: Herramientas para el desarrollo de análisis

Etapa	Objetivo	Actividades	Herramientas
Analizar	Analizar las potenciales causas que producen el continuo desecho por el modo de fallo y sus efectos en el costo para el departamento.	Analizar las mejoras que más se ajusten a las necesidades. Analizar las técnicas de ensamblaje de los operarios. Analizar la causa raíz del problema con base en los datos obtenidos.	Diagrama de Ishikawa Pareto.

Nota. Elaboración propia, 2022

El diagrama 80-20 nos va a ayudar a entender la forma en la que se deben acomodar los datos de forma descendente para entender el factor principal que causa el desgaste en la herramienta cortadora lateral y conocer sub-causas y similares, también analizar la labor del operador y la técnica ejercida para hacer el corte de la manera más favorable.

3.3. Metodología Para La Propuesta De Mejora, Construcción O Puesta En Práctica De Un Nuevo Proceso, Producto O Servicio.

Posterior al análisis de la situación actual, se continua con esta sección en la cual se formula la propuesta de mejora y que nos permitan gestionar los recursos en la forma y el tiempo adecuados siempre buscando el cumplimiento de los objetivos establecidos.

Tabla 4: Actividades para la propuesta de mejora

Etapa	Objetivo	Actividades	Herramientas
Implementar	Implementar la propuesta de mejora planteada, creada con el propósito de ayudar a reducir la cantidad de unidades rechazadas por un modo de fallo en específico en el departamento de producción.	Implementar la propuesta seleccionada.	Tabla de distribución de tareas. Diagrama de Gantt

Fuente: Elaboración propia, 2022.

Para conocer de forma más clara y concisa la operación se coloca el diagrama de proceso para entender mejor el alcance, para entender el problema como tal se utilizan las tablas de control, esto con la intención de cuestionar al personal mediante entrevistas y tomar la opinión de estas para ampliar el conocimiento del problema como tal, posterior llevar un control del producto que se encuentra en las líneas de producción.

3.4. Metodología Para La Implementación Del Proyecto.

Para la implementación del proyecto se considera la información recolectada para realizar un análisis en que se detecten las fallas que provocan la problemática. Este análisis debe de considerar tanto el proceso, como las herramientas y materiales.

Tabla 5. Actividades para la implementación de la mejora.

Etapa	Objetivo	Actividades	Herramientas
Implementar	Implementar una mejora que disminuya las variaciones y elimine las fallas encontradas	Verificar y Mejorar los controles existentes o crearlos.	Análisis del Modo y Efecto Falla
Implementar	Disponer de recursos para lograr los objetivos de implementación	Cálculo de Costo - Beneficio	Presupuesto

El análisis de modo falla ayuda a discernir si el fallo es debido al proceso o al diseño y según los resultados, es así como se toman las decisiones.

3.5. Metodología Para La Verificación, Aseguramiento, Control Y Seguimiento De

Resultados

Para esta sección la intención es verificar que la implementación se haya generado se esté cumpliendo correctamente por el tiempo que se definió, además de hacer notar la reducción de costos y la mejora en el proceso como tal para el departamento, esto se va a verificar por parte del equipo funcional del departamento en cuanto a las mediciones de las diferentes métricas que

se presentan en las reuniones con el director de operaciones, para asegurar el cumplimiento de las metas y ver resultados asociados al proyecto. Todo esto siempre y cuando la empresa decida la implementación de este.

Tabla 6: Actividades para la verificación de mejora

Etapa	Objetivo	Actividades	Herramientas
Controlar	Verificar el desempeño y rendimiento de la propuesta de mejora.	Verificación del procedimiento y técnicas del operador. Verificar la cantidad de unidades desechadas mensualmente.	Informe A3 Auditorias

Nota. Elaboración propia, 2022.

En esta etapa se pretende llevar a cabo el seguimiento y control de la mejora implementada con la finalidad de asegurar resultados positivos por el tiempo que se definió, por lo tanto, las tablas de chequeo en conjunto con las auditorias nos van a permitir ver un reflejo de los datos mes a mes con respecto al desecho de unidades por este tipo de defecto, esto nos va a brindar un panorama claro de la mejora en reducción de costos para el departamento de producción en cuanto a este tipo de modo de fallo.

4. Capítulo IV: Línea Base Y Análisis De Causas.

En este capítulo se abarca la investigación detallada del problema y los efectos que este provoca en el proceso productivo tomando en cuenta la medición y el análisis del problema, la cual está afectando significativamente las métricas del departamento y generando costos elevados en el precio del producto para la compañía.

Es de mucha importancia tomar en cuenta la medición y el alcance de la problemática una vez ya definida ya que estos datos nos ayudaran a realizar una investigación más robusta y de esta forma entender la situación y el problema de manera más clara y concisa para poder cubrir posibles aristas y así también poder brindar un plan o solución suficientemente robusto para que sea implementado y pueda cubrir el problema actual en su totalidad.

Claramente es importante mencionar la importancia de empezar con un diagrama de flujo de procesos del producto Sensor para entender cómo se fabrica y los diferentes procesos que se tienen que completar de la forma más efectiva para obtener el dispositivo con la calidad y funcionabilidad deseada.

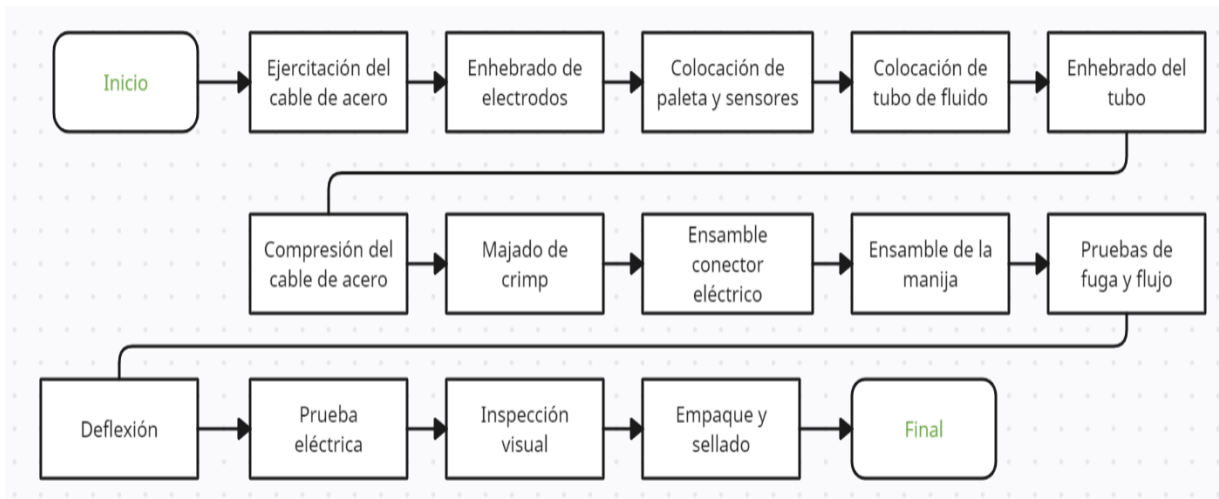
El diagrama de flujo de proceso, actual del departamento es uno de los puntos más importantes para el correcto desarrollo y elaboración efectiva del producto Sensor, el funcionamiento actualmente ha permitido ensamblar el producto de una manera rápida y eficaz, durante la investigación se analizará si se requiere corregir o no el diagrama actual.

4.1. Análisis de flujo del proceso

El diagrama de flujo de proceso nos permite conocer de una manera más clara con una mayor perspectiva el proceso para desarrollar el producto Sensor, con una descripción breve de cada operación con el propósito de entender y empezar a definir las posibles operaciones causantes del problema como tal y enfocarnos en el defecto como tal.

En la figura 14 podemos ver la descripción del flujo que llevan las operaciones del producto en estudio.

Figura 14: Diagrama de cajas de proceso del producto Sensor



Fuente: Elaboración propia, 2022, con información brindada por la empresa.

El detalle de cada actividad se presenta a continuación:

- **Ejercitación de cable de acero**

En este proceso inicial se toma el cable de acero hueco y se le introduce un cable de activación y en este proceso se les hace un corte a los cables de acero con una herramienta cortadora lateral para dejar del tamaño requerido por el proceso, se comprime el cable de activación con la configuración de la curva requerida para el dispositivo.

- **Enhebrado de electrodos**

En esta operación se le colocan dos anillos o electrodos al deflectable del catéter, cada uno de ellos lleva un cable eléctrico el cual se enhebra en la unidad con mucho cuidado para no reventar los cables por exceso de manipulación.

- **Colocación de paleta y sensores**

Se le colocan dos sensores al catéter que van unidos con adhesivo, cada uno lleva un cable eléctrico muy fino, además, se le coloca una paleta que contiene una cantidad determinada de electrodos y cada uno de estos contiene un cable eléctrico, todos los cables se unen en una poliamida.

- **Colocación de tubo de fluido**

En este proceso se selecciona con cuidado el tubo de fluido y se coloca adherido a la paleta por un orificio, se le coloca un mandril al tubo de fluido para darle rigidez, pues sin este se corre el riesgo de doblarse y quebrarse, ya que el tubo de fluido está hecho de un material frágil, este mandril es más grande que el tamaño del tubo de fluido. Todo el conjunto es sellado y pasa a la siguiente operación.

- **Enhebrado del tubo**

En un tubo se van introduciendo todos los cables eléctricos y el tubo de fluido y este se une al deflectable por medio de una unión térmica.

- **Compresión de cable de acero**

En esta operación se toma el cable de acero y se hace una compresión hacia el tubo del catéter, lo cual consiste pegar con adhesivo la sección proximal, donde sale el tubo de acero y luego realizar dicha compresión y posteriormente curar el adhesivo.

- **Majado crimp**

En este proceso se le coloca un componente al tubo del catéter para engancharlo con la manija más adelante, también se le coloca un crimp para unir el cable activación de la curva con una sutura delgada, se maja el crimp con una máquina dejando prensado y unido ambas partes.

- **Ensamble conector eléctrico**

En esta operación se realiza el proceso de soldado de los cables eléctricos a las almohadillas del conector y se realiza una prueba de conductividad a todos los cables eléctricos del catéter.

- **Ensamble de la manija**

Para esta operación se arma la manija y se le coloca al catéter, antes de esto se le hace un ajuste a la curva de la pieza para dejarla de la forma deseada según requiera el proceso, además se le coloca un tubo de extensión al tubo de fluido el cual va unido mediante adhesivo el cual es curado con luz ultravioleta, una vez completada esta operación el dispositivo ya está listo para las operaciones de pruebas.

- **Pruebas de fuga y flujo**

Esta primera prueba tiene como función asegurar que el tubo de fluido no tenga ninguna obstrucción ni daños que generen fugas en este tubo. Esta prueba se realiza en una máquina de testeado en el cual se conecta la pieza y se le inyecta al tubo de extensión aire comprimido con cierta presión de aire ya claramente establecido por proceso este viaja por todo el tubo de fluido hasta salir por la paleta, si este sale sin problema el flujo es continuo.

Posterior se coloca la paleta en una cámara sellada y se le hace la misma prueba para detectar si el tubo de fluido tiene algún daño que genere alguna fuga en el mismo y se tenga que desechar la unidad, si la presión de aire se mantiene continua y no disminuye, demuestra que el tubo está en óptimas condiciones, al final de cada testeado se indica si pasa o falla la prueba.

- **Deflexión**

En esta prueba se verifica que la forma y ángulos de las curvas del catéter cumplan con los requerimientos del dispositivo ya debidamente establecidos por procedimiento.

- **Prueba Eléctrica**

Para esta prueba mediante un equipo calibrado se le hace un testeo a la conexión de todos los cables eléctricos que componen el dispositivo para asegurar que todos tengan continuidad eléctrica.

- **Inspección visual**

Se inspecciona todo el catéter visualmente en busca de defectos que afecten la funcionalidad del catéter o no cumplan con los estándares de calidad requeridos, claramente con criterios de aceptación y rechazo previamente establecidos por procedimiento.

- **Empaque y Sellado**

Una vez finalizadas todas las pruebas e inspecciones, el catéter se limpia y se coloca en una bandeja de plástico especial con la forma del dispositivo para que este calce de forma que no se dañe, luego se introduce en una bolsa estéril y es sellada. Luego se introduce en una caja debidamente etiquetada con la información del producto.

No se ha determinado en primera instancia alguna circunstancia o situación a nivel del diagrama de flujo de procesos que dificulte la elaboración del dispositivo, sin embargo, se detectaron algunas operaciones donde por proceso se debe manipular en cierta forma directamente el tubo de fluido como lo son las del ensamble del tubo de fluido y donde se cree que dependiendo la manipulación excesiva que se le dé pueda ser un factor causante de que esta sufra algún tipo de daño.

4.2. Situaciones identificadas en las caminatas por las líneas de producción

Mediante varios gemba walk realizados por parte del equipo funcional del departamento, en las líneas de producción; se lograron identificar algunas potenciales causas en diferentes estaciones, donde pueden influenciar en el daño del tubo de fluido, en consecuencia, esto dispara el modo de fallo por fugas. Se recopilaron opiniones de diferentes personas que estuvieron en las caminatas observando los distintos procesos que se realizan en las operaciones.

En primera instancia se definen como principales las que se dan por la manipulación directa del tubo de fluido, también se revisó la manipulación que se le da a esta materia prima desde que ingresa a la planta hasta que ingresa al piso de producción, ya que durante esa transición está completamente empacado y todos los tubos estirados en posiciones favorables para evitar quiebres o algún daño que se pueda ocasionar durante el transporte.

Además, es importante mencionar que el proveedor de esta materia prima es altamente certificado y validado por la empresa para asegurar la calidad del tubo de fluido. La materia prima, antes de ser ingresada al piso de producción para su uso, los lotes de materia prima pasan por el

área de recibo e inspección, donde se le toman muestras a los lotes que se reciben y se inspeccionan en busca del algún defecto y en dado caso que se compruebe los lotes afectados son devueltos al proveedor.

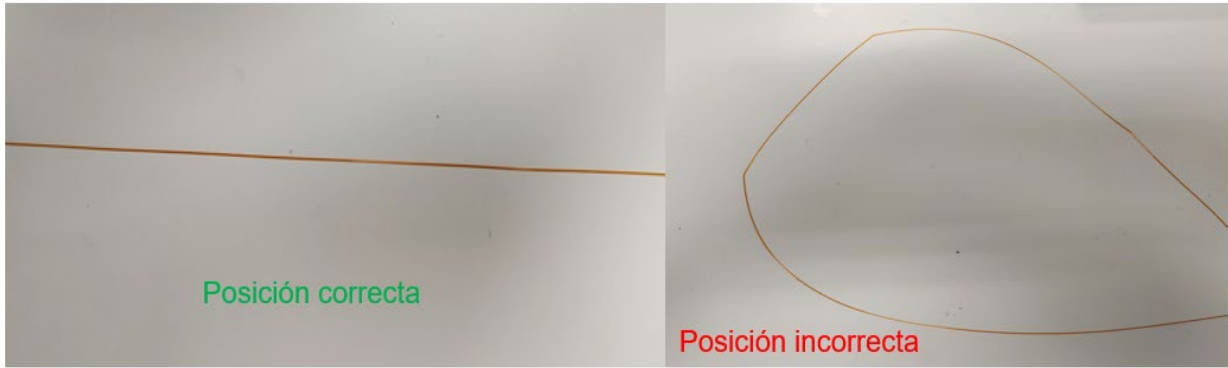
Se logró definir varios puntos de mejora que se detectaron durante las caminatas acerca de cómo manipular de forma correcta el tubo de fluido, todo este proceso y todos los apuntes tomados por parte del equipo funcional conformado por ingeniería de manufactura, ingeniería de calidad, supervisores y personal técnico calificado se analizaron en una sala de reuniones en conjunto con gerencia para realizar una lluvia de ideas para dar bases al análisis.

Para ello, se planteó encontrar la causa raíz por la cual se generó mediante el defecto por el modo de fallo conocido como fuga que se detecta en la prueba de fuga y flujo que se le realiza al catéter, el cual resulta en no alcanzar la meta del indicador de rendimiento

La meta al momento de la toma de datos era de un 96.6% y en los últimos 3 meses estudiados en el 2022 los cuales son julio, agosto y septiembre el indicador ha estado por debajo de la meta siendo 96.0%, 96.1% y 95.9% respectivamente.

En la figura 15 podemos ver un ejemplo de cómo se debe manipular y manejar en todo momento correctamente el tubo de fluido durante el proceso de ensamblado.

Figura 15: Manejo correcto e incorrecto del tubo de fluido



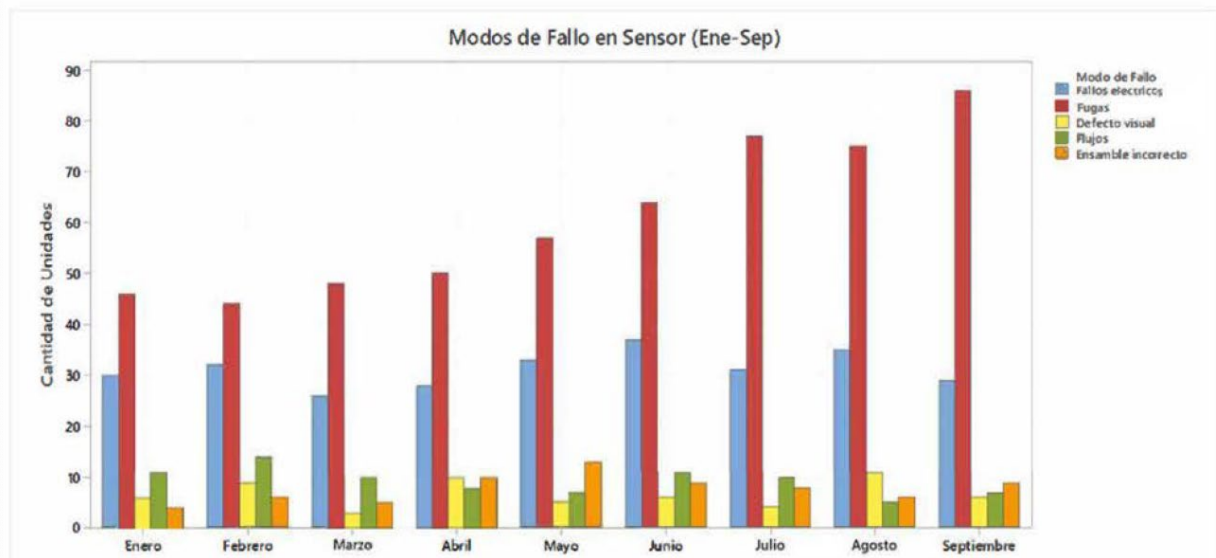
Fuente: Elaboración propia, 2022, fotos proporcionadas por la empresa.

4.3. Análisis y medición de la situación actual

Se tomaron para la investigación los primeros 9 meses del 2022, realizando una recolección de datos históricos recopilados por el departamento de ingeniería del área mediante revisión de registros existentes, se vieron diferentes datos de distintos modos de fallo que se producen en el departamento y las posibles causas que mediante las caminatas realizadas por miembros del equipo funcional en ambas líneas de proceso se han determinado por medio de una lluvia de ideas que los posibles defectos causantes que pueden estar dañando el tubo de fluido son atribuibles a la manipulación, la técnica y los incumplimientos al procedimiento, además de que también se va a realizar la recopilación de las causas por modo de fallo de fuga y analizaron los diferentes posibles causantes del tipo de defecto mencionados anteriormente.

En la figura 16 podemos observar una gráfica representando la situación actual de los diferentes modos de fallos que se presentaron entre el mes de enero y septiembre del 2022 en el producto Sensor.

Figura 16. Modos de fallo



Fuente: elaboración propia, 2022, con información suministrada por la empresa

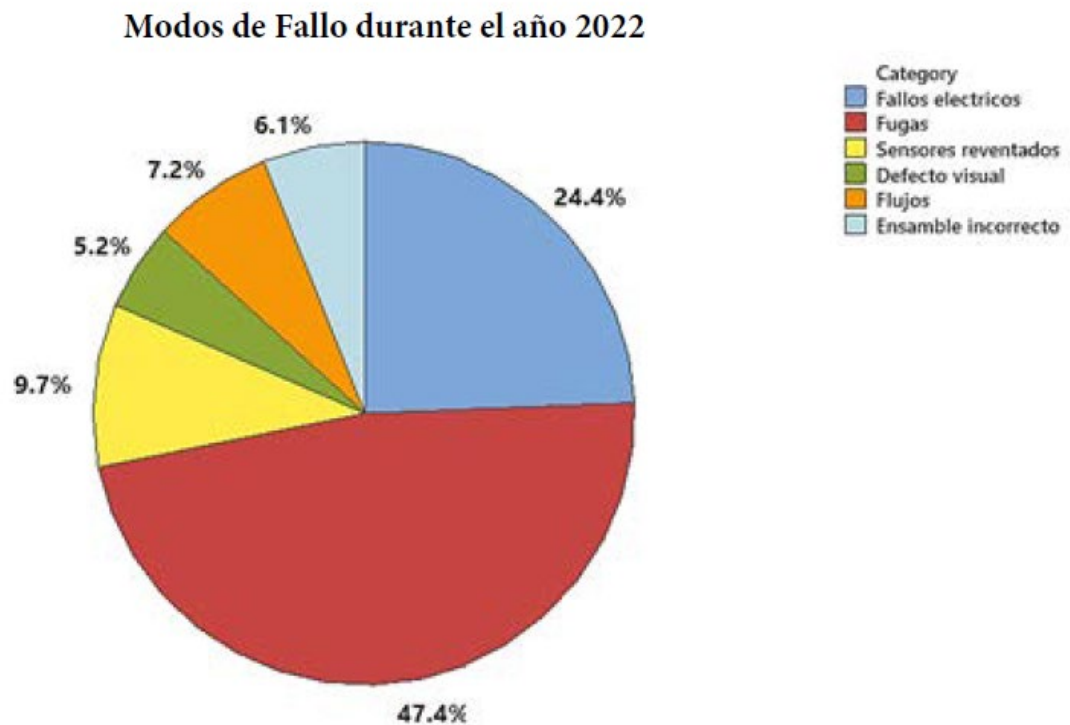
Se puede observar en la figura 16, que cada mes el modo de fallo predominante ha sido fuga relacionada al tubo de fluido del catéter, seguido por fallos eléctricos, además se nota claramente el incremento cada mes, hasta llegar a un punto donde el mes de septiembre el segundo modo de fallo se encuentra muy por debajo del primero, representando esto una desestabilidad en este modo de fallo por fugas que no es normal ni está contemplado tener en la métrica de desechos mensuales.

Para el departamento de producción la situación actual del producto no es la más favorable, mostrando indicadores en rojo, tomando en cuenta que en ambas las líneas de producción tienen más de año y medio desde su última validación y empezaron producción comercial, la rampa de mejora continua se ha completado y se ha empezado a subir el valor de la meta de desechos mensuales para el departamento, retando cada vez más a la mejora continua para disminuir los costos de fabricación y otros e ir mejorando los indicadores del departamento, claramente se demuestra que esta problemática afecta los indicadores en los valores porcentuales

establecidos e inclusive haciendo que queden por debajo del mismo en detrimento de las métricas y dejándolas en rojo.

En la figura 17 se representan los modos de fallo en valores porcentuales mediante un gráfico de pastel; para apreciar desde una perspectiva distinta la problemática que refleja el alcance de estos desechos.

Figura 17. Valores porcentuales



Fuente: Elaboración propia, 2022

Entre enero y septiembre del 2022 el modo de fallo por fugas representa casi la mitad del total de desechos que se generan para el producto Sensor en ambas líneas de producción, siendo este modo de fallo el principal factor que hace que la métrica del rendimiento se vea afectada y

no se cumpla con el valor mensual requerido para el producto, cabe destacar que entre enero y septiembre la producción no ha tenido un incremento en 4050 unidades durante esos 9 meses, dicha meta se calcula por parte del departamento de producción con respecto a la capacidad y personal que tienen ambas líneas de producción.

4.3.1. Tipos de defectos en el modo de fallo

Para el departamento de ingeniería es importante la investigación de cada desecho por el modo de fallo fuga, el equipo técnico de ingeniería y manufactura se encarga de la revisión de las unidades desechadas por producción, una vez que las unidades las tiene el técnico este se encarga realizarles una disección a las unidades según el conocimiento y basándose en los procedimientos de producción con la intención de encontrar el factor causante para que la unidad se tuvo que desechar.

Para el caso de las fugas la disección se realiza extrayendo el tubo de fluido con mucho cuidado del catéter para ser examinado bajo un microscopio en busca del algún daño o perforación que estuviese provocando la fuga de aire y por esto se haya tenido que desechar el dispositivo.

Durante el proceso de disección se utilizan diferentes herramientas y técnicas para abrir la unidad y extraer el tubo de fluido sin provocarle algún daño al mismo y no ver afectada la investigación de la unidad y dar con la detección del factor causante que género una fuga en el tubo de fluido de la unidad.

El técnico se encarga de clasificar el tipo de defecto que fue encontrado en cada unidad a la cual se le realizó el proceso de disección, con respecto a lo que se haya encontrado al tubo de fluido para este caso, los tipos de defectos los clasificamos en 2 grupos, los primarios y los secundarios, la diferencia entre uno y otro es que los primarios son los de mayor relevancia y a los que más importancia se les tiene que dar, mientras que los secundarios no dejan de ser importantes pero su comportamiento es más controlado.

4.3.1.1. Tipos de defectos primarios

Este tipo de defectos son más pronunciados, a los cuales se les atribuye la mayor cantidad de desechos, a continuación, una mención descriptiva de cada uno:

- **Manipulación:**

Este tipo de defecto es referente al excesivo manipulado del tubo de fluido o al incorrecto manipulado de este, en general se le asigna defecto por manipulación si el daño en el tubo de fluido es causado por un doblez, pliegue, perforación desconocida, rasgadura por pinzas, majado, entre otros.

- **Técnica:**

Este tipo de defecto es considerado cuando el operario realiza el proceso y este queda mal hecho debido al uso de una técnica pobre o no adecuada, es atribuible este tipo de defecto cuando se detecta en la disección que el tubo de fluido es dañado durante la ejecución de una técnica no adecuada.

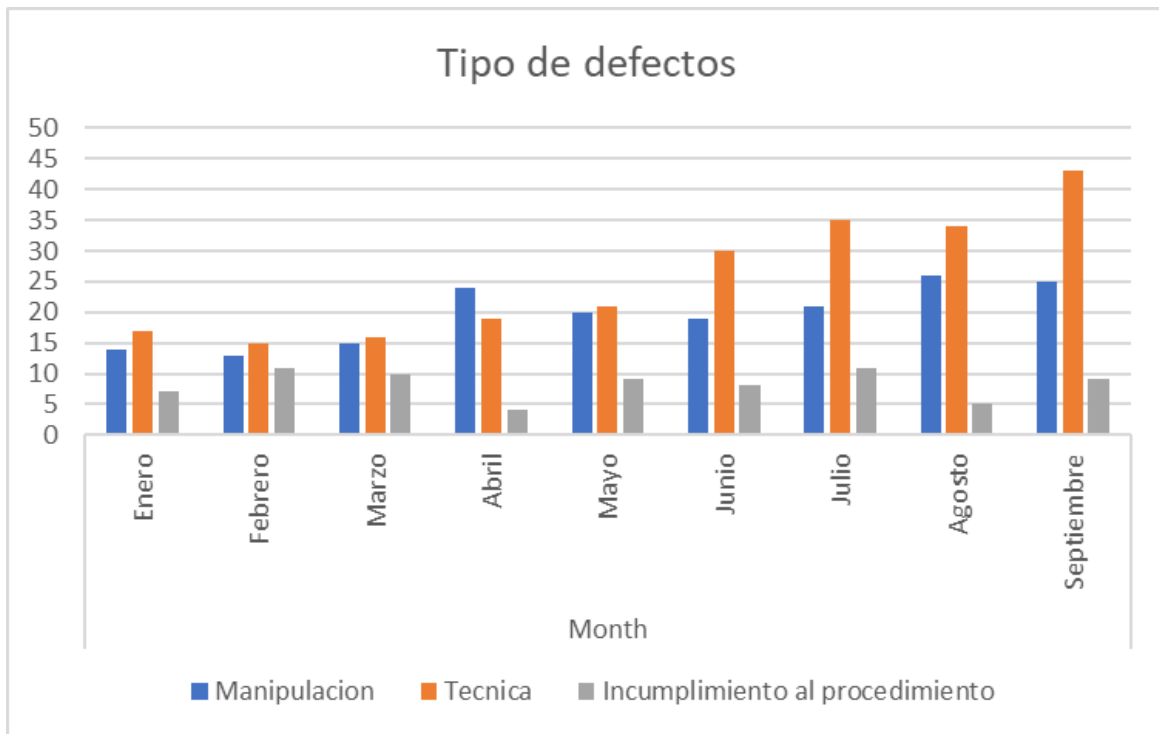
- **Incumplimiento al procedimiento:**

Este tipo de defecto se genera cuando el operario no cumple los pasos que el procedimiento le indica para elaborar el proceso de forma correcta, ya sea que no los haga del todo o no los haga en el orden que se le indica o bien que los modifique a su imaginación, se considera este tipo de defecto cuando el tubo de fluido se colocó de forma incorrecta y esto genera que otros componentes toquen o dañen el tubo de fluido.

Estos 3 tipos de defectos ya se encuentran bien identificados y a partir de estos se ha planteado derivar la investigación a fondo para dar con las causas reales de cada uno de estos y a raíz de esto posiblemente dar con el causante principal que provoque el modo de fallo por fuga.

En la figura 18 se muestra una gráfica con los desechos que han salido por fuga en los primeros 9 meses del 2022 ya clasificados en los 3 tipos de defectos primarios según las disecciones que se le realizaron a cada una de las unidades.

Figura 18. Clasificación de desechos por tipo de defecto primario



Fuente: Elaboración propia, 2022

Según lo que se observa en la gráfica, puntualmente se puede observar que el tipo de defecto por incumplimiento al procedimiento es el que se mantuvo con un comportamiento similar todos los meses, por otra parte manipulación y técnica si tuvieron una tendencia a la alza siendo mucho más notorio en técnica que prácticamente paso de tener 17 desechos en enero por este tipo de defecto a llegar a los 43 en el mes de septiembre, esto nos permite centrar la investigación más en los procesos que se involucran directa o indirectamente con el ensamblaje del tubo de fluido.

4.3.1.2. Tipos de defectos secundarios

Los defectos de tipo secundarios son los que generan un impacto menor en las métricas de desechos, puesto que son los que menos se les atribuyen a las unidades desechadas, a continuación, una mención descriptiva de cada uno:

- **Sin investigar:**

Se cataloga de esta forma a la unidad que se desechó, pero no se investigó por alguna razón, ya sea porque se tomó para algún tipo de muestra de microbiología o de ingeniería para otra investigación.

- **Por equipo:**

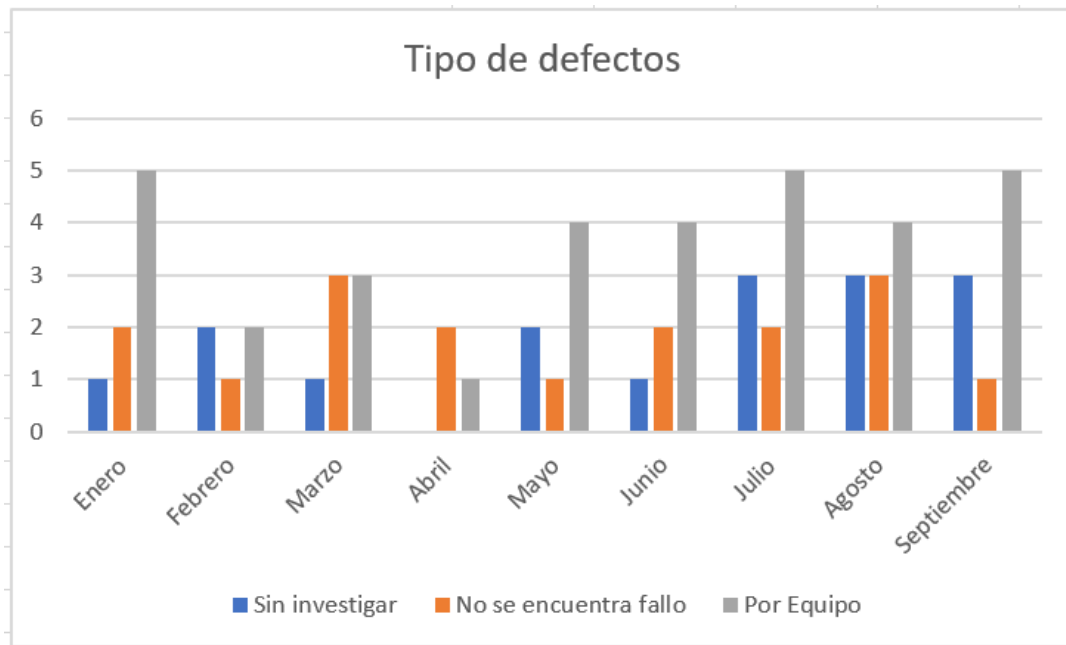
Se le asigna este tipo de defecto al desecho cuando este es provocado por algún mal funcionamiento de algún equipo durante el ensamblaje, para el modo de fallo por fuga este tipo de defecto aplicaría cuando el equipo de curado de adhesivo que une el tubo de fluido con otro componente no realiza bien el curado del adhesivo y esto genera ligeras fugas en ese pegue.

- **No se encuentra fallo:**

Esto es atribuible cuando durante la disección no se encuentra el modo de fallo o el defecto como tal, esto se puede dar cuando la disección se hace incorrectamente y se daña algún componente que impide realizar una investigación limpia.

En la figura 19 se muestran los desechos que han salido por fuga en los primeros 9 meses del 2022 ya clasificados en los 3 tipos de defectos secundarios según las disecciones que se le realizaron a cada una de las unidades.

Figura 19. Clasificación por tipo de defecto secundario

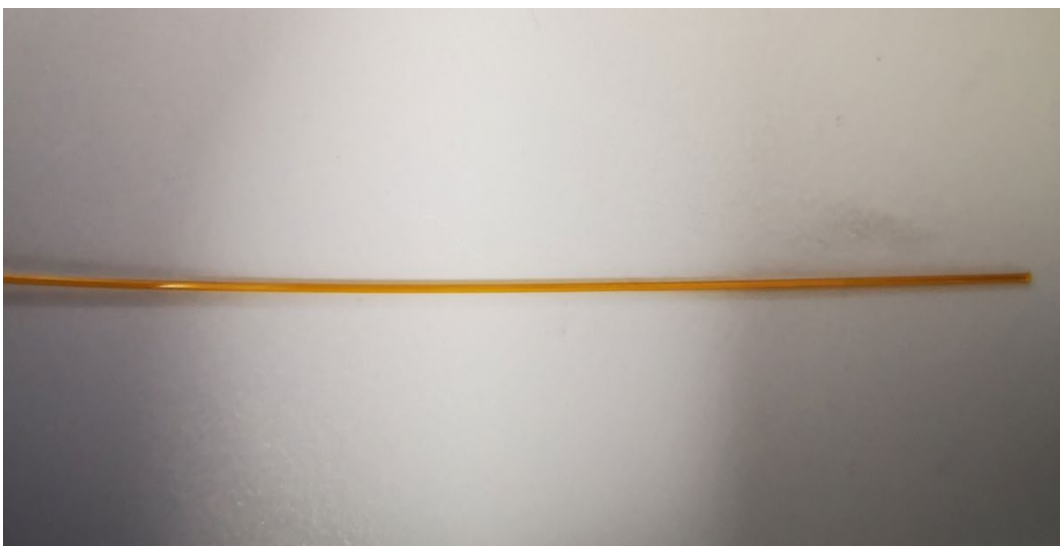


Fuente: Elaboración propia, 2022.

Se aprecia que la barra gris es la que más sobresale, por lo general este tipo de defecto secundario es más habitual en el modo de fallo por fuga que los otros dos tipos de defectos secundarios, es importante destacar que la gráfica muestra desechos no mayores a 5 por mes, relativamente estos tipos de defectos contribuyen en menor cantidad al total de desechos mensuales por este modo de fallo.

En la Figura 20 se muestra un tubo de fluido, son sumamente delgados y largos, de un material plástico frágil que evidencia con claridad que hay que manipularlos con mucho cuidado por el nivel de delicadeza con el que este compuesto.

Figura 20: Tubo de fluido



Fuente: foto suministrada por la empresa, 2022

Cabe destacar que este tubo de fluido tiene la misma longitud del catéter aproximada y claramente es importante mencionar la función que este cumple en el dispositivo es de vital importancia es por eso por lo que las pruebas que se realizan para asegurar la calidad del dispositivo son muy rigurosas, por este tubo de fluido tiene que pasar una solución salina durante el cateterismo que permita realizar dicha prueba satisfactoriamente.

Viendo la cantidad de desechos anteriormente representados gráficamente de los primeros 9 meses del 2022 a continuación se muestra la tabla 7 donde se representa el costo por unidad y en conjunto con el total de desechos representados monetariamente donde claramente se puede observar el incremento mensual que termina siendo para el mes de septiembre casi el doble de

costos de unidades por el modo de fallo fugas que se rechazan a diferencia del mes de enero que se mantenía más controlado y en el margen permitido para las métricas del departamento de producción del producto Sensor.

Tabla 7. Representación de los costos por cantidad de desechos

Modo de fallo Fugas		Costo por unidad \$645
Mes	Cantidad de desechos	Costo (\$)
Enero	46	29670
Febrero	44	28380
Marzo	48	30960
Abril	50	32250
Mayo	57	36765
Junio	64	41280
Julio	77	49665
Agosto	75	48375
Septiembre	86	55470
Total	547 unidades	352815

Fuente: Elaboración propia, 2022

4.4. Análisis de las causas y los efectos determinantes

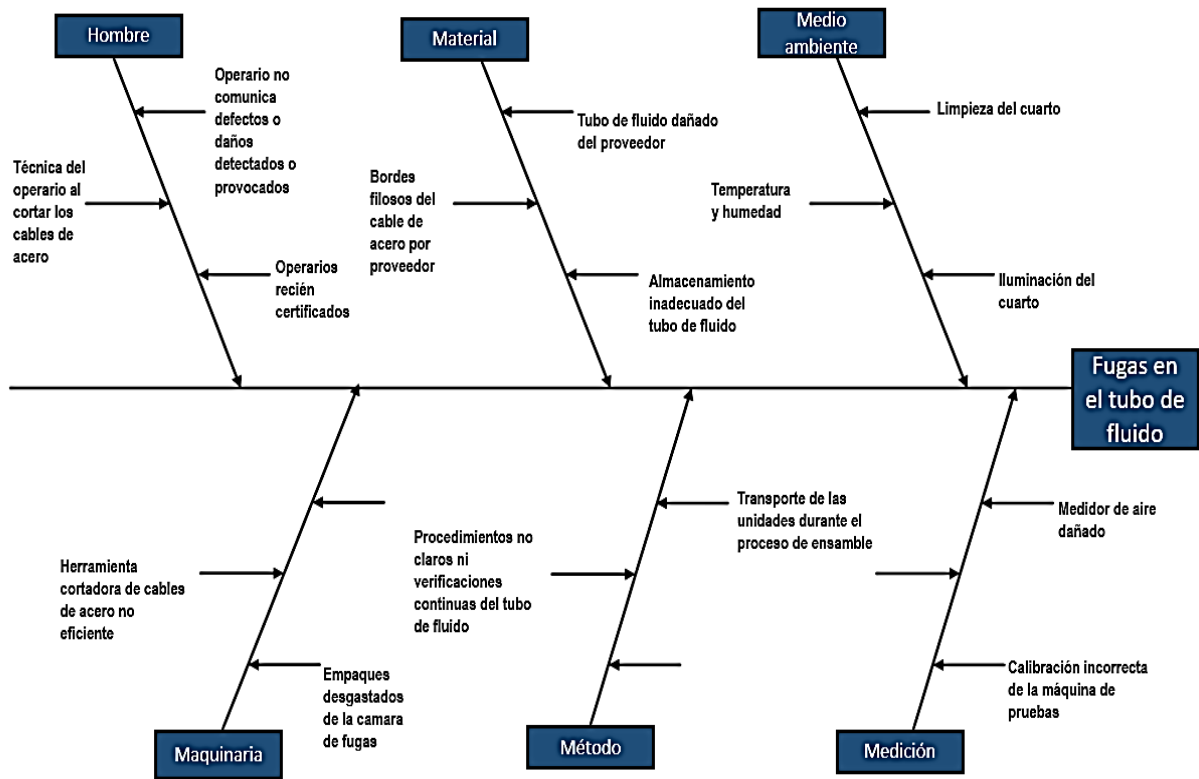
Una vez que se determinaron factores importantes y se tuvo una perspectiva más clara de la problemática mediante las caminatas y análisis del diagrama de flujo de procesos y el análisis también que se hizo de la situación actual y con el conocimiento del soporte técnico del equipo de ingeniería del departamento se han aterrizado por medio de una lluvia de ideas las causas principales que se les pueden asignar a cada tipo de defecto que se encuentra cuando se realizan las disecciones a las unidades desechadas en la línea de producción.

El diagrama de Ishikawa nos va a ayudar a concluir con un análisis más claro de los factores principales que generan las causas que van a provocar el defecto, por lo tanto, es

importante aclarar que causa se va a analizar eventualmente con las investigaciones y posterior al diagrama se van a detallar cada una de las causas con mayor detalle.

En la Figura 21 se puede observar el diagrama de causa-efecto que se elaboró a raíz de las investigaciones realizadas.

Figura 21: Diagrama de Ishikawa



Fuente: Elaboración propia, 2022.

Una vez realizado el diagrama de causa-efecto se pueden observar nuevas perspectivas de causas potenciales que no estaban contemplándose antes de realizarlo, una vez realizado el análisis y tomado en cuenta el conocimiento y las ideas de diferentes puntos de vista se logró realizar con un mayor asertividad el diagrama el cual nos ha permitido centrarnos en unas causas

e ir descartando otras las cuales son consideradas de menor potencialidad por la investigación en proceso.

Para las casusas en la categoría de hombre o mano de obra, se encuentra que la técnica del operario al cortar los cables de acero no pueda ser la adecuada, que no sea bien enseñada o que se deje a la ligera o a criterio del operario, como debe de ser el corte. Otra causa en esta categoría es que los operarios no comunican los defectos o daños detectados o provocados, esto puede ocurrir por falta de vías de comunicación o por miedos e intimidación al ser descubiertos en el error, también se puede mencionar que no se hayan dado cuenta de que provocaron una falla de corte. Por último, en esta categoría se encuentran los operarios recién certificados, que todavía son novatos y tienden a generar errores por falta de confianza.

En la categoría de material, tenemos tres posibles causas, una es que el cable de acero es recibido con bordes filosos o rebaba, por parte del proveedor y esta condición se escapa de las inspecciones de calidad tanto por parte del proveedor, como para el ingreso del producto. Otra de las causas es que el tubo venga dañado por parte del proveedor, al ser un material tan frágil, es una posibilidad y tercero, el almacenamiento inadecuado del tubo de fluido puede generar roturas en el tubo y no ser percibidas durante el proceso.

En la categoría de maquinaria se menciona que la herramienta cortadora de cables de acero no es eficiente, esto puede ser por falta de filo, falta de integridad en la hoja de corte o problemas de agarre para su debida manipulación. También se encuentra que hay empaques desgastados de la cámara de fugas, lo que genera falsos positivos y negativos, perdiendo credibilidad en las pruebas,

Para la categoría de método se tiene que no hay claridad en los procedimientos, faltan detalles importantes respecto a las verificaciones continuas al tubo de fluido, esto puede deberse a la falta de conocimiento en el proceso y a la falta de actualización, Por otra parte, no está estipulado el cuidado respecto al transporte de las unidades durante el proceso de ensamble, por lo que los operarios ejecutan esta labor a criterio propio de forma subjetiva.

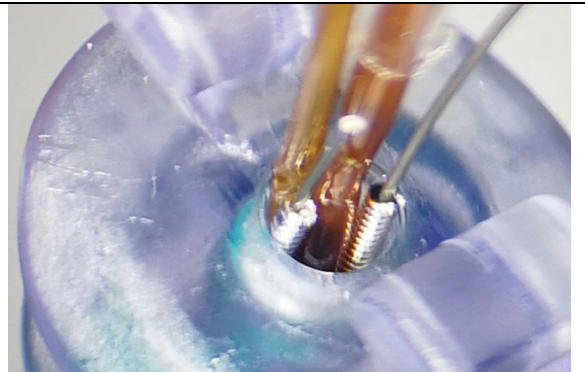
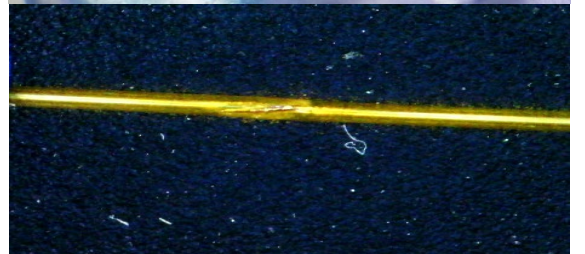
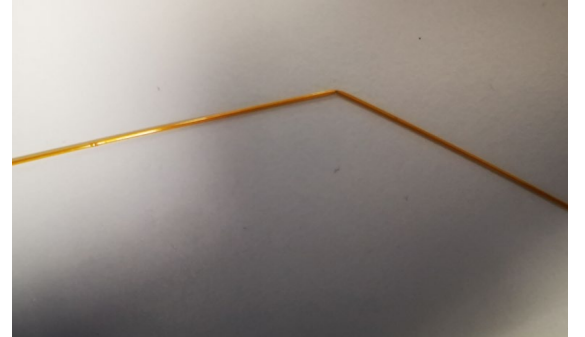
En la categoría de medición se considera el potencial daño que pueda tener el medidor de aire, que también genera falsos positivos y negativos, afectando la confiabilidad y la calibración incorrecta de la máquina de pruebas, esta última se debe a que tiene diferentes niveles de calibración propuesta por el fabricante, por lo que es fácil incurrir el en error, si no se conoce el nivel correcto.

Por último, en la categoría de medio ambiente, la temperatura y humedad se consideraron una causa potencial debido al efecto físico que se genera en los material debido a las fluctuaciones de ambas propiedades, pueden expandir el material y no quedar justo, provocando las fugas o encogerse, generando roturas. Otra de las causas propuestas es la limpieza del cuarto, pues las partículas de suciedad pueden generar fisuras por fricción en el material y por último se considera a la iluminación del cuarto, pues afecta directamente la visibilidad de los operarios.

En la siguiente tabla se pueden apreciar las diferentes causas potenciales las cuales se encontraron en mayor cantidad en las unidades desechadas que fueron revisadas, cada una manejan una descripción y una ejemplificación de esta, puede ser que varias causas tengan un mismo motivo que al final va a terminar generando el daño al tubo de fluido el cual va a provocar el mismo modo de fallo que es fuga, gracias al diagrama de Ishikawa anteriormente destacado se

puede ver que el factor humano y maquinaria o herramienta resaltan 2 sub causas que terminan siendo los principales factores que están provocando que los tubos de fluidos sean dañados y este cause una fuga severa en el catéter, ambas causas se destacan en la siguiente tabla.

Tabla 8: Principales causas generadoras del defecto

Causa	Motivo	Cantidad de unidades	Ejemplo
El tubo de fluido presenta una perforación al borde del sistema de anclaje del catéter.	Al borde del sistema de anclaje terminan los cables de acero, estos presentan picos filosos en los bordes los cuales producen perforaciones en el tubo de fluido.	231	
Tubo de fluido con cortes o perforaciones dentro del cuerpo del catéter.	Durante el ensamble se rozan algunas secciones del tubo de fluido con uno de los bordes de los cables de acero los cual son parte del ensamble.	117	
Tubo de fluido majado y quebrado.	Manipulación no adecuada del tubo de fluido durante el ensamble produce que este sea majado o quebrado involuntariamente sin embargo este produce daños al mismo.	59	

Fuga entre la unión del tubo de fluido con el tubo de extensión.

Sin adhesivo o este quedo sin curar o mal curado en la unión del tubo de fluido con el tubo de extensión, esto se genera por no seguir el procedimiento de manufactura.

44



Fuente: Elaboración propia, 2022

4.4.1. Principal causa potencial

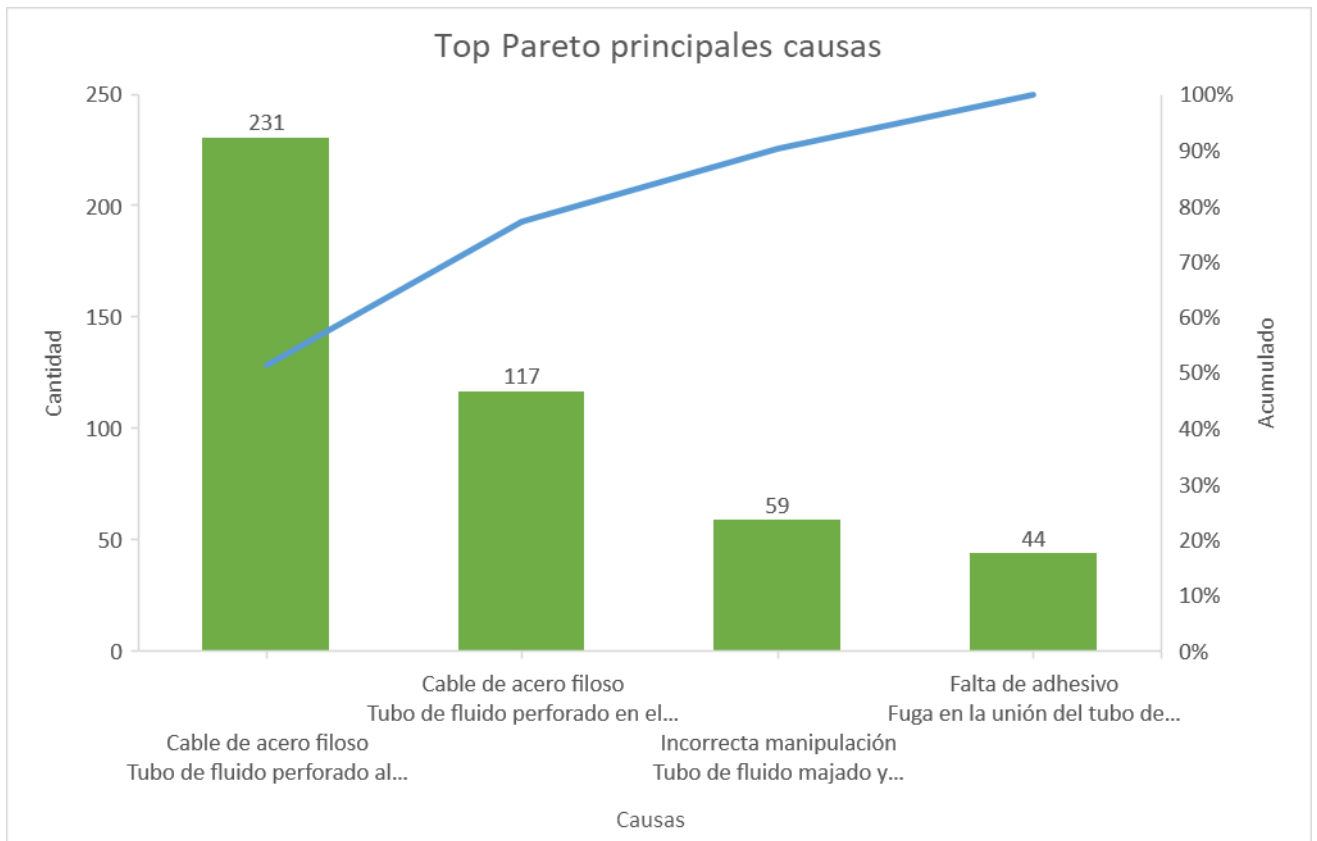
Como se pudo observar en la tabla anterior se ha señalado como el factor principal causante del modo de fallo por fuga al daño que están produciendo los cables de acero al tubo de fluido, esta causa se acredita el 70 % de los desechos del total generados durante los primeros 9 meses del 2022, siendo esta la causa principal el equipo de ingeniería no tenían claro el tipo de defecto al cual sería atribuible, decidieron dividir entre manipulación los que se fueron encontrando en las secciones del tubo de fluido las que se encuentran dentro del cuerpo del catéter y los encontrados en las perforaciones del tubo de fluido se colocaron al defecto por técnica,

No obstante se determinó que los cables de aceros con picos o bordes filosos son producto del tipo de herramienta cortadora que se utiliza en la operación para cortarlos y darles tamaño requerido por el proceso en la operación de ejercitación del cable de acero, este tipo de herramienta cortadora después de varios cortes empieza a perder el filo con facilidad produciendo que el operario no corte con precisión dándole a los cables de acero cortes irregulares los cuales producen picos y bordes filosos que más adelante perforan el tubo de fluido con mayor constancia al borde del sistema de anclaje del catéter.

También se valoró la técnica del operario al hacer el corte de los cables de acero ya que este requiere que sea un corte preciso y fino para que no se produzcan bordes filosos ni picos, sin embargo si la herramienta cortadora lateral no tiene el filo necesario es muy difícil para el operario de ese proceso realizar un buen corte aunque se utilice una buena técnica que utilice, claramente se considera que este factor es el principal causante y si se logra corregir o realizar una mejora sobre ese proceso se podrían disminuir potencialmente hasta el 70% de los desechos que se producen por este modo de fallo y claramente disminuir los costos excesivos que estos desechos producen y los cuales no están contemplados por el departamento de producción del producto Sensor.

En la figura 22, se puede observar la diagrama de Pareto que se elaboró consecuentemente con las causas potenciales que están provocando fugas en el tubo de fluido del catéter, donde claramente se puede observar que los cables de acero con el borde filoso o con picos son los que más dañan el tubo de fluido mediante perforaciones que producen fugas en este.

Figura 22. Pareto de causas principales



Fuente: Elaboración propia, 2022

En el Pareto anterior se definen las 2 causas principales que son referentes al cable de acero el cual produce perforaciones al tubo de fluido en diferentes secciones del cuerpo del catéter y también en el borde del anclaje donde por el tipo de contacto que tienen por ser el final del cable de acero es más posible que se produzca una perforación en el tubo de fluido en esa sección por borde filoso.

Entre las 2 causas principales se puede observar que estas dominan el total de defectos generados por las fugas con un total de 348 desechos por este motivo viéndose claramente que durante las disecciones realizadas a las unidades rechazadas el 77% representan defectos

generados a raíz de un cable de acero con borde filoso que ha perforado el tubo de fluido por donde tienen que pasar soluciones durante el proceso de cateterismo.

Esto da una clara perspectiva de realizar las correcciones mediante propuestas que van a ser generadas y expuestas al equipo de ingeniería de manufactura del departamento del producto Sensor y de esta forma proponer planes que ayuden a mitigar el exceso de desechos por este defecto.

4.5. Conclusiones.

Se concluye que la causa raíz de los cortes en el tubo se deben a los bordes filosos en el cable de acero, generando un 77% de piezas rechazadas por este motivo, uno de los motivos principales que generan los bordes filosos o rebabas en el cable de acero es que los cortes no son precisos, por lo que las propuestas deben de ser dirigidas hacia las herramientas de corte. Las propuestas de mejora se expondrán en el capítulo 5 del presente proyecto.

5. Capítulo V: Diseño E Implementación De La Solución.

En este capítulo se explica y realiza el diseño de las propuestas de mejora y el plan para la implementación, como parte de todo el análisis de la causa raíz del problema y una vez, claramente determinado que el factor principal causante de las fugas en el tubo de fluido, se generan por daño que le producen los bordes o picos filosos del cable de acero a este, además también se realiza un análisis para poder tener un control a través del tiempo de la propuesta diseñada para asegurar el cumplimiento correcta de esta.

5.1.Problemáticas y soluciones propuestas

En la operación número uno que se llama ejercitación del cable de acero se detectaron los problemas que vienen a ser los causantes de los defectos y también en esta operación se van a centrar las propuestas de mejora, ya que en esta operación es donde realiza el corte del cable de acero a la medida requerida por el procedimiento de manufactura con una herramienta cortadora lateral.

En la tabla 9 se puede observar la causa y las propuestas de mejora.

Tabla 9: Causas principales y propuestas

Causas identificadas	Propuestas de mejora
	Propuesta #1
Pérdida de filo de la herramienta cortadora lateral que se utiliza para hacer el corte del cable de acero.	Rectificación del filo de la herramienta cortadora lateral una vez que empiece a perder el filo para darle un mayor aprovechamiento a la herramienta y seguir haciendo un corte preciso y fino como se requiere.
	Propuesta #2
Técnica de corte del cable de acero por parte del operario.	Implementar en el procedimiento de manufactura la explicación de la técnica correcta de cómo hacer el corte correctamente y como tiene que quedar el corte esto con fotos como ayuda visual, además,

de colocar la verificación del corte del cable de acero por parte del operario y solicitar al área de soporte de entrenamiento impartir la mejora en el procedimiento y explicar la técnica correcta a implementar.

Fuente: Elaboración propia, 2022

5.1.1. Propuesta número 1

Implicaría un costo por herramienta que se rectifique de 7\$ lo cual tiene que ser aprobado por la gerencia y el departamento de finanzas, además implicaría generar un plan para realizar el proceso de rectificado lo que incluiría tomar algún recurso de los departamentos de producción y del taller de herramientas para coordinar la logística que se requiera para dicho proceso de rectificación, el costo de los \$7 incluye la mano de obra para el proceso de rectificado ya que el taller de herramientas se encuentra en la misma planta de producción.

Como parte de las mejoras propuestas es importante mencionar a manera aclaratoria que la herramienta cortadora lateral que se utiliza actualmente en el proceso le cuesta al departamento \$85 la unidad y aproximadamente se reemplazan entre 25 y 30 unidades de esta herramienta cortadora lateral mensualmente en cada línea, por lo tanto, son entre 50 a 60 unidades mensualmente entre ambas líneas de producción.

Se planteó como parte de la implementación de la propuesta poder rectificarles el filo a las herramientas cortadoras laterales que se reemplacen y de esta forma no generar un costo adicional al departamento por la compra de más herramientas cortadoras laterales y más bien el costo de estas disminuiría debido a que el proceso de rectificado permitiría reutilizar hasta 2 veces la herramienta cortadora lateral dándole un mayor aprovechamiento a esta y también corrigiendo

el principal problema que son las fugas en el tubo de fluido del catéter por el cable de acero mal cortado, cabe destacar que el proceso de rectificado lo estaría asumiendo el taller de herramientas de la empresa el cual se encuentra en la misma planta de producción y el proceso de rectificado por unidad le costaría al departamento del producto Sensor 7\$ la unidad, por lo tanto la propuesta de mejora es robusta y se pretende que dé resultados muy positivos una vez que se implemente.

En la figura 23 se observa una herramienta cortadora lateral, esta se utiliza para hacer el corte de un cable de acero que va introducido en el catéter.

Figura 23: Herramienta que se pretende rectificar



Fuente: Fotografía suministrada por la empresa.

Por parte del taller de herramientas cuando empezaron con otros productos este previamente realizó pruebas para asegurar la cantidad de veces que se puede rectificar el filo de una herramienta sin que se dañe el filo de esta y se determinó en su momento que se pueden rectificar hasta 2 veces dependiendo la condición de esta, ya una tercera vez no es posible ya que el desgaste de la herramienta es mayor y tienden a quebrarse o la mayoría quedan mal rectificadas.

En la figura 24 se observa una herramienta cortadora lateral en la cual se puede ver como se quebró posterior a un tercer intento de rectificación y otra como quedó desgastada producto de las varias veces que ya se había rectificado.

Figura 24: Herramientas cortadoras dañadas



Fuente: Fotografía suministrada por la empresa.

5.1.2. Implicaciones de la propuesta 1

La cantidad de herramientas a consumir mensualmente va a depender de la producción que se tenga que cumplir entre ambas líneas, por lo tanto, en el análisis realizado para la implementación de la mejora no se contempla comprar más unidades para abastecer el inventario apenas se dé la indicación al departamento de producción de tener que reemplazar la herramienta cortadora lateral una vez que esta empiece a perder el filo debido a que parte de la mejora en el procedimiento de manufactura es agregar instrucciones claras de empezar a reemplazar estas apenas empiecen a perder el filo para no realizar cortes en el cable de acero imprecisos.

Esto porque se detectó también que una vez que la herramienta cortadora empieza a perder el filo debido a el cable de acero que es de un material duro hace cortes irregulares y hala el cable de acero produciendo bordes filosos y picos en este.

No se consideró el cambio de herramienta por otra de diferente material, pues además de ser más costosas, impactan de manera directa en la operación al tener que efectuarse una validación. Las validaciones deben de aprobarse directamente desde casa matriz, para el caso de herramientas y cambio de diseños; además, es necesario pausar la operación para efectuar la validación. Todas estas trabas burocráticas, hacen que la opción de afilar la herramienta sea más atractiva.

5.1.3. Propuesta número 2

Implicaría tomar recursos y tiempo del departamento de entrenamiento e ingeniería y tiempo para generar el plan de capacitación correcto para que los operarios de dicha operación sean entrenados para que aprendan a realizar la técnica de corte correcto usando la herramienta cortadora de forma correcta también, el tiempo aproximado para generar el plan y cumplir con el entrenamiento de todas las personas certificadas en el proceso tomaría aproximadamente 1 mes.

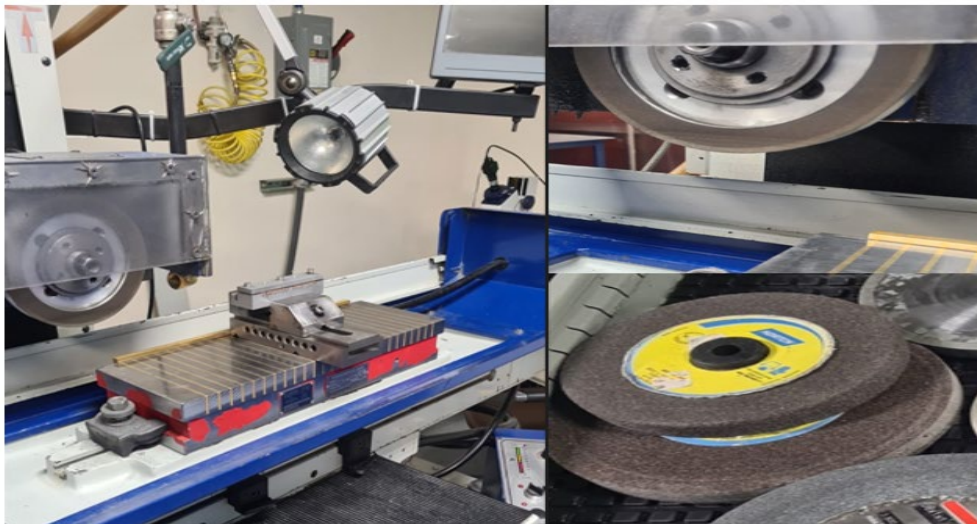
5.2. Proceso de rectificado

El taller de máquinas o de herramientas de la empresa cuenta con una gran cantidad de equipo de alta tecnología y personal altamente calificado para ofrecer el mejor servicio de maquinado y reparación, para el proceso de rectificado ya en el taller de herramientas se tiene un

equipo de rectificado con diferentes tipos de piedras abrasivas de larga duración con una dureza abrasiva de material principalmente de alúmina (óxido de aluminio). También este taller se dedica a la fabricación de diferentes fixtures que se utilizan en la fabricación de los distintos productos que se producen en la empresa.

En la figura 25 se pueden observar la máquina rectificadora y el disco de piedra abrasiva que se usa para el proceso de rectificación de herramientas cortadoras.

Figura 25: Equipo de rectificación



Fuente: Elaboración propia, 2022

Para el proceso de rectificación de herramientas dicho taller está calificado y cuenta con el equipo y personal necesario para cumplir con la demanda solicitada, por lo tanto, es posible que puedan ayudar con la rectificación de las herramientas cortadoras laterales para el departamento producción del catéter Sensor.

Es importante mencionar que ya existe un proceso previamente validado con anterioridad para realizar rectificaciones de herramientas cortadoras por parte del taller de herramientas, ya que no es el primer producto o departamento que solicita el proceso de rectificado en herramientas cortadoras, desde hace 2 años atrás se realizan procesos de rectificado para herramientas de corte en 3 productos distintos a Sensor, con el único fin de alargar la utilidad de las herramientas y darle un mayor provecho ya que claramente estas son de un costo alto.

Por lo tanto, el departamento del taller de herramientas tiene 2 técnicos en mecanizado con alta experiencia únicamente dedicado al rectificado de estas trabajando uno en turno A de 6:00am a 3:30pm por 5 días a la semana y otro en turno B de 3:30pm a 10:00pm por 5 días y otro día de la semana de 8:00am a 3:30pm, estos horarios permiten que se pueda cumplir con las demandas de rectificado que se requieran para los productos, incluso diario hay tiempos de ocio por parte de los técnicos que les permite colaborar en otras tareas secundarias del taller, por lo tanto, la carga de trabajo que se incluiría con el proceso de rectificado de las nuevas herramientas sería cubierto sin problema por el taller.

Se solicitó información al departamento de mejora continua la información del estudio de tiempos para entender la capacidad del taller de herramientas para realizar el proceso de rectificado y analizar si se estaría generando una sobre carga de trabajo o si se requieren más recursos para este trabajo, el proceso de rectificado de una unidad de herramienta cortadora dura de 4 a 5 minutos aproximadamente con todo e inspección y valoración de la misma en el momento, las cuales no se contemplan cambiar de máquina por daño durante el proceso o por imprecisión de la piedra abrasiva ya que son factores que poco suceden, también se destaca el

tiempo que toma el recibo y entrega, la inspección y documentado de unidades bien rectificadas y unidades mal rectificadas y el desecho de las mismas.

En la tabla 10 se muestra el tiempo que toma cada tarea que se genera para el proceso de rectificado de la herramienta.

Tabla 10: Análisis de capacidad actual

Actividad	Descripción	Tiempo
Recibo e inspección	Se reciben las herramientas en el taller y se revisan cuáles pueden ser rectificadas y cuales no pueden ser rectificadas porque tienen algún daño adicional en el mango que impida la flexibilidad de cierre y apertura o que tengan el filo quebrado. Se llena la boleta de recibo con el total de unidades que se pueden rectificar. Cabe destacar que cada departamento de producción envía recipientes con 36 unidades aproximadamente para rectificar.	35 minutos por recipiente, total entre los 13 recipientes que se reciben semanalmente esta labor demanda 7,5 horas aproximadamente semanales.
Rectificado de las unidades de un recipiente	Se rectifican las unidades de cada recipiente y se inspecciona que quede correctamente el filo de cada herramienta.	5 minutos por unidad, esto tomaría 3 horas el rectificado de un solo recipiente que contiene 36 unidades, tomando en cuenta que por semana 2 de los 3 departamentos envían 4 recipientes y el otro restante envía 5 recipientes por semana en total 13 recipientes, lo que toma 39 horas semanales solo de este proceso para todos los recipientes que se reciben.

Limpieza, entrega y llenado de documentación	Se limpian y depositan las herramientas cortadoras en el recipiente donde se entregan, se documenta en la boleta de entrega las cantidades de unidades que fueron rectificadas y las que fueron desechas y el motivo por el cual fueron desechadas.	25 minutos por recipiente, total entre los 13 recipientes que se reciben semanales esta labor demanda 5,5 horas aproximadamente semanales.
--	---	--

Fuente: Elaboración propia, 2022

En la tabla anterior se logra apreciar la capacidad que maneja actualmente el taller de herramientas en cuanto a la labor de rectificado, siendo la labor diaria de ambos técnicos de 16 horas si restando 3 horas entre ambos por tiempos de descanso y acomodo de inicio y final de turno quedan 13 horas de labor neta entre ambos para un total de 65 horas más 6,5 de sábados del técnico de turno B, la labor neta semanal es de 71,5 horas, el total de horas de toda la tarea de rectificado semanal sumando las 7,5 horas de la primer tarea más 39 horas de la segunda tarea más las 5,5 horas de la tercer tarea para un total de 52 horas demandas para esta labor semanalmente que se dividen los técnicos, esto concluye que el tiempo de ocio semanal entre ambos técnicos dedicados solo a esta labor es de 19,5 horas, este tiempo lo aprovechan para realizar tareas secundarias en el taller.

En conclusión, aproximadamente se estaría enviando 1 recipiente con 30 unidades cada 2 semanas a rectificar al taller por parte del departamento de Sensor por lo tanto, no habría impacto ni afectación en la capacidad que tiene el taller de herramientas con esta labor ya que lo pueden cubrir sin ningún problemas por los tiempos de holgura que se presentan semanalmente descritos anteriormente que cada 2 semanas este tiempo se duplicaría y solo realizar la labor de

rectificar un recipiente con 30 unidades de herramientas del departamento de Sensor tomaría 3,5 horas aproximadamente.

Cabe destacar que esto solo sería para comenzar sí ya que se podría extender a otros procesos en la línea donde se utilizan tipos de herramientas cortadoras similares que se podría hacer el estudio y análisis para ver si podrían entrar eventualmente en un futuro en este plan.

En la tabla 11 se muestra al personal que estaría trabajando en proceso de rectificación de la herramienta cortadora y la responsabilidad que debe cumplir.

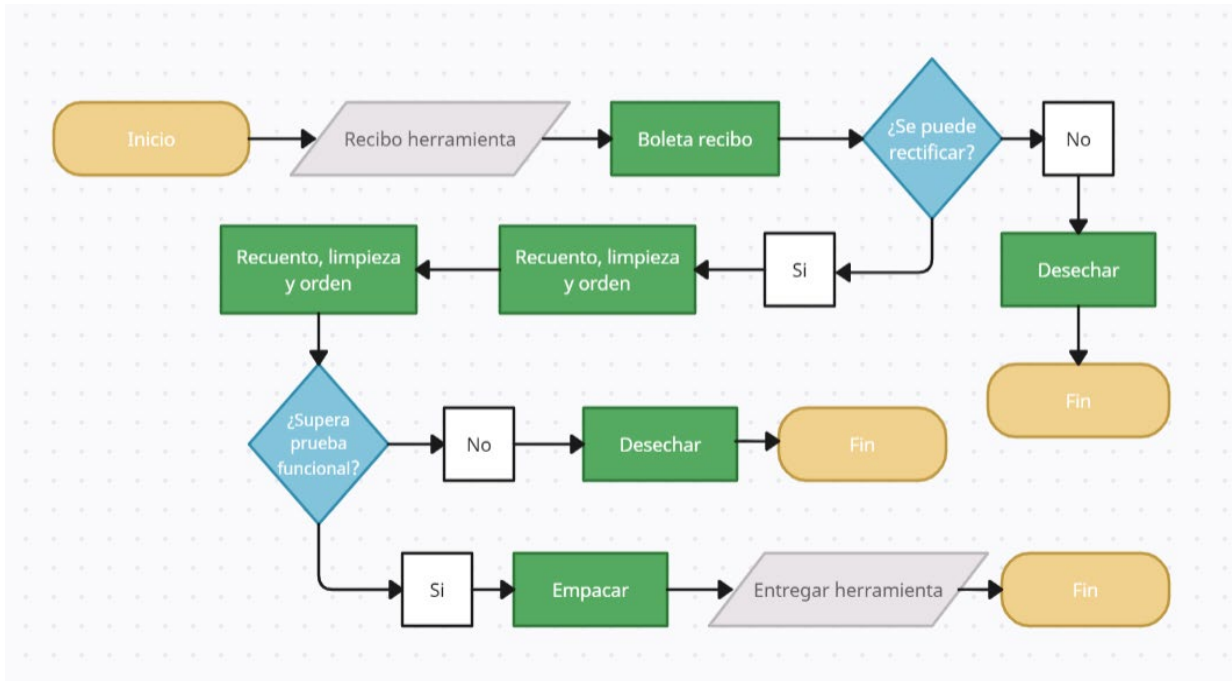
Tabla 11: Responsabilidades

Función o Cargo	Responsabilidad
Mecánico / operario de rectificado.	<ul style="list-style-type: none"> • Recibir, seleccionar las herramientas, desarrollar el proceso de montaje en máquina, rectificado y control de calidad de las herramientas cortadoras. • Realizar aseo y mantenimiento básico del equipo a su cargo.
Supervisor	<p>Gestiona la disponibilidad del recurso humano y técnico para ofrecer el servicio.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Colocar las órdenes de compra para el pago del operario en sitio. • Mantener comunicación con los dueños del proyecto para asignación de prioridades.
Encargado de logística	<ul style="list-style-type: none"> • Programar y ejecutar las compras de consumibles para mantener el servicio activo • Reportar y documentar los resultados de las jornadas semanales de tenazas re afiladas y descartadas.
Técnico en soporte especializado	<ul style="list-style-type: none"> • Hacer inspecciones aleatorias para verificar que se estén cumpliendo los parámetros de aceptación y rechazo. • Mantener la comunicación con el departamento de Ingeniería Industrial para temas de abasto, necesidad de recurso, otros.

Fuente: Elaboración propia, 2022

En la figura 26 se detalla el diagrama de flujo generado para realizar el proceso de rectificado de las herramientas cortadoras laterales para que proceso sea efectivo y preciso.

Figura 26: Diagrama de flujo



Fuente: Elaboración propia, 2022

5.3. Asignación de tareas para la implementación de la propuesta

En esta sección se va a detallar la asignación de tareas que se van a generar a las diferentes áreas de soporte del departamento para lograr de forma efectiva la implementación de las propuestas de mejora para la solución del problema.

En la tabla 12 se observa la distribución de todas las tareas que se van a estar asignando.

Tabla 12: Asignación de tareas

Departamento	Personal	Tarea	Objetivo	Tiempo Esperado
Entrenamiento	Entrenador	Dar a conocer del hallazgo a la operación de número 1 del proceso.	Que los operarios estén enterados del motivo por el cual se generan desechos por el defecto de fuga y como se producen.	1 semana
Producción	Supervisor	Comprar recipientes para depositar las herramientas a reemplazar.	Trasladar en estos recipientes las herramientas cortadoras laterales al taller de herramientas para su debida rectificación.	1 semana
Producción	Operario	Realizar el proceso según las instrucciones nuevas y verificar.	Que se cumplan la técnica de corte descrita en el procedimiento y que reemplacen las herramientas cortadoras apenas a estas les empiece a fallar el filo y depositarlas en el recipiente, también que se verifique que el corte del cable de acero quedo bien hecho.	2 semanas
Manufactura	Ingeniero	Crear cambios en el procedimiento de manufactura describiendo la técnica	Que el procedimiento quede más claro y preciso para ser entendido por el operario cada instrucción.	2 semanas

		correcta de corte del cable de acero		
Taller de herramientas	Técnico	Realizar el proceso de rectificado y devolverlas	Rectificar el filo de las herramientas para que se puedan reutilizar.	1 semana
Taller de herramientas	Ingeniero	Crear reunión con el equipo funcional del área para dar a conocer el procedimiento nuevo.	Que sea del conocimiento de todas las áreas como se realiza el proceso y su efectividad.	2 semanas
Calidad	Ingeniero	Revisar cambios en procedimientos y aprobarlos	Que los cambios sean efectuados correctamente sin afectar la calidad del producto.	1 semana
Manufactura	Técnico	Realizar pruebas con las herramientas cortadoras ya rectificadas	Verificar que la técnica propuesta es correcta y que funcionan correctamente las herramientas cortadoras una vez que se rectifiquen.	3 semanas
Entrenamiento	Entrenador	Entrenar a los operarios certificados en el	Que cada operario quede entrenado y que sea de su conocimiento los	6 semanas

		procedimiento de manufactura.	de nuevos cambios implementados en el proceso.	
Producción/Ingeniería	Ambas líneas de producción	Correr 3 órdenes de ingeniería en cada línea de producción, catalogadas para no uso humano.	Probar la nueva técnica de corte y las herramientas cortadoras con el filo rectificado para ver su funcionalidad en el proceso y determinar que en efecto no se generen más desechos por el modo de fallo por fuga y que no se produzca algún efecto secundario en el proceso.	2 semanas

Fuente: Elaboración propia, 2022.

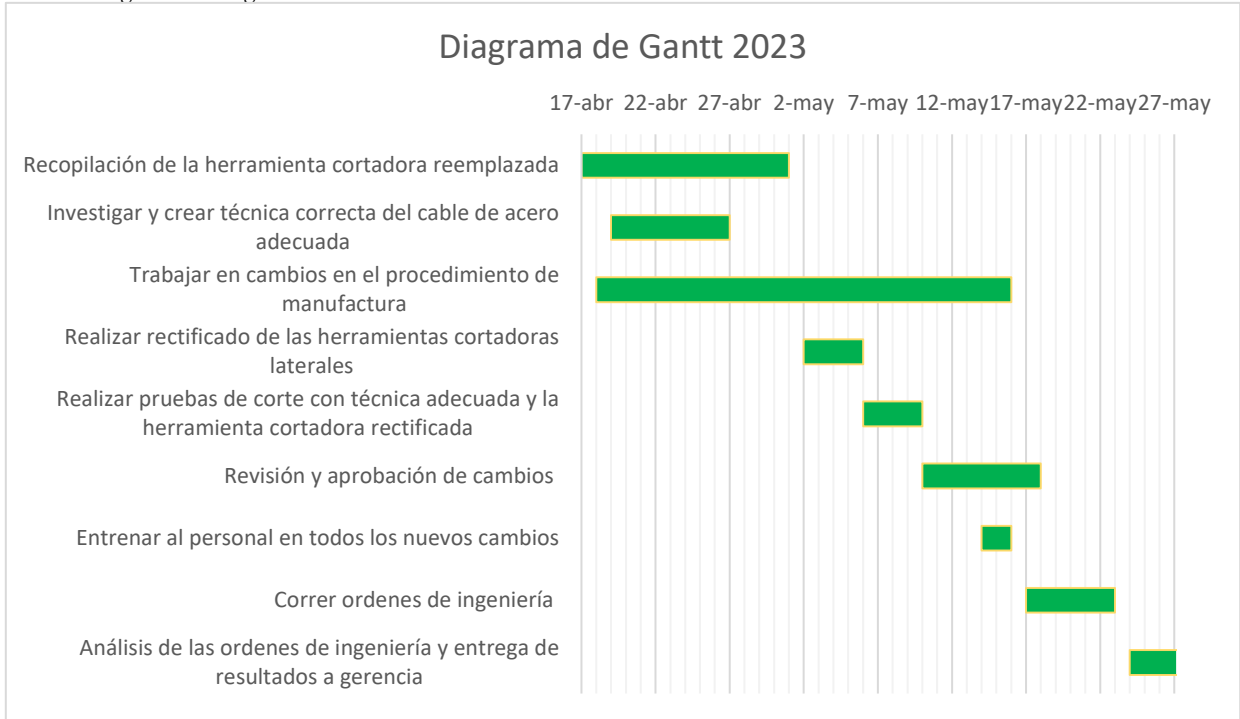
Todas las tareas generadas deben cumplir en conjunto con el propósito de poder implementar las propuestas de mejora y de esta forma lograr disminuir en forma significativa el defecto de fuga en el catéter Sensor, mejorar los indicadores de productividad y cumplimiento con el desecho de unidades por mes, además de mejorar el costo por unidad que se ha disparado en los últimos meses debido a la cantidad significativa de desechos en cada orden de producción.

5.3.1. Diagrama de Gantt

Es de suma importancia realizar todas las tareas asignadas con buen tiempo y con un orden adecuado para el correcto manejo y distribución del tiempo, también para poder establecer el inicio de la implementación y tener determinado ya la fecha cuando va a quedar implementado en su totalidad las mejoras para así poder empezar desde ese momento observar y monitorear con mayor detalle el proceso para ver los nuevos resultados que se estarían eventualmente presentando.

En la figura 27 se observa el diagrama de Gantt que se propone con las diferentes actividades para poder implementar en el proceso de las mejoras propuestas anteriormente.

Figura 27. Diagrama de Gantt



Fuente: Elaboración propia, 2022

Por parte del departamento de ingeniería se han realizado algunas pruebas en conjunto con el soporte del taller de herramientas como preparación y para determinar si hay algún fallo a nivel de equipo, herramientas o de técnica. Se rectificaron 4 herramientas cortadoras que ya habían sido utilizadas previamente y que tenían desgastado el filo y se realizó con cada una 10 cortes como muestra, realizando una técnica de corte la cual se estimó que fuese la correcta y se anotaron los resultados en una tabla para comparar, la cual se puede ver en la tabla 13.

Tabla 13: Muestreo

Cortadora 1		Cortadora 2	
Muestras	Corte del cable	Muestras	Corte del cable
Muestra 1	Corte aceptable	Muestra 1	Corte aceptable
Muestra 2	Corte aceptable	Muestra 2	Corte aceptable
Muestra 3	Corte aceptable	Muestra 3	Corte aceptable
Muestra 4	Corte aceptable	Muestra 4	Corte aceptable

Muestra 5	Corte aceptable	Muestra 5	Corte no aceptable
Muestra 6	Corte aceptable	Muestra 6	Corte aceptable
Muestra 7	Corte aceptable	Muestra 7	Corte aceptable
Muestra 8	Corte aceptable	Muestra 8	Corte aceptable
Muestra 9	Corte aceptable	Muestra 9	Corte aceptable
Muestra 10	Corte no aceptable	Muestra 10	Corte aceptable
Cortadora 3		Cortadora 4	
Muestras	Corte del cable	Muestras	Corte del cable
Muestra 1	Corte aceptable	Muestra 1	Corte aceptable
Muestra 2	Corte aceptable	Muestra 2	Corte aceptable
Muestra 3	Corte aceptable	Muestra 3	Corte aceptable
Muestra 4	Corte aceptable	Muestra 4	Corte aceptable
Muestra 5	Corte aceptable	Muestra 5	Corte aceptable
Muestra 6	Corte aceptable	Muestra 6	Corte aceptable
Muestra 7	Corte aceptable	Muestra 7	Corte aceptable
Muestra 8	Corte aceptable	Muestra 8	Corte aceptable
Muestra 9	Corte aceptable	Muestra 9	Corte no aceptable
Muestra 10	Corte aceptable	Muestra 10	Corte aceptable

Fuente: Elaboración propia, 2022

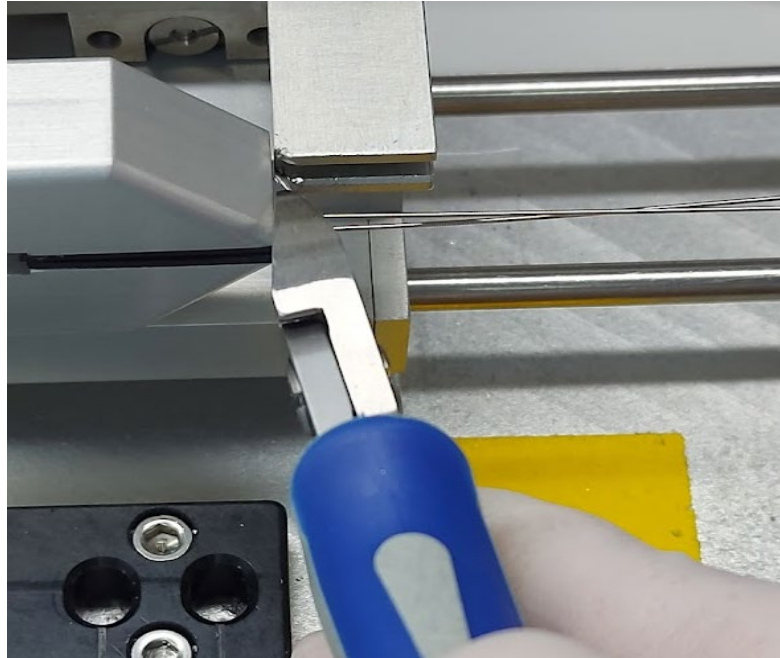
En la tabla anterior se puede observar cómo se ejecutaron pruebas con cortadoras que fueron rectificadas, donde se tomaron muestras de cable de acero para hacer cortes con estas, la intención fue probar el filo posterior al rectificado y la técnica de corte con la que se ejecuta el corte del cable de acero, la misma se describe a continuación:

- **Técnica probada:**

Consiste en colocar la herramienta cortadora en posición totalmente recta con respecto al cable de acero, sosteniendo con firmeza el mango con su mano hábil, presionando el filo de la cortadora contra la almohadilla que sostiene el cable de acero y de esta forma realizar el corte de manera rápida y precisa.

En la figura 28 se puede observar la forma correcta de sostener la herramienta cortadora para realizar el corte.

Figura 28: Forma correcta de realizar el corte



Fuente: Elaboración propia, 2022

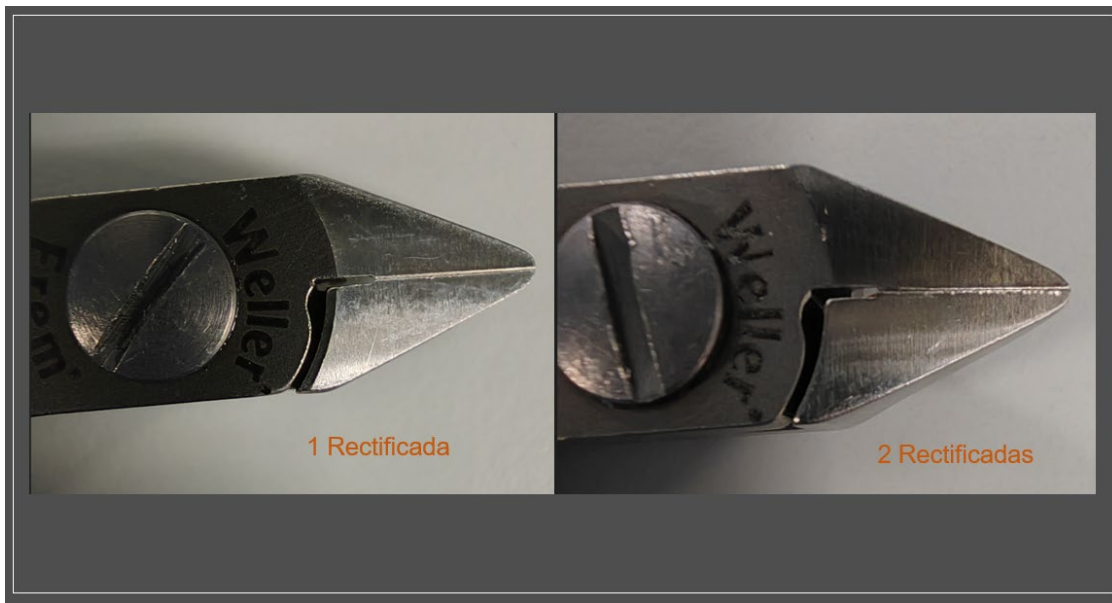
En conclusión, la técnica de corte es considerada la correcta ya que según los resultados de las muestras que se realizaron con diferentes herramientas cortadoras solo se obtuvieron 3 cortes no aceptables por ver que el cable de acero quedo con el borde filoso, esto porque no se posicionó del todo la herramienta cortadora contra la almohadilla que sostiene el cable de acero.

Entonces es por eso la importancia de tomar el énfasis de entrenar y poner a practicar a los operarios hasta que puedan realizar dicha técnica de forma correcta. Con respecto al filo de cada herramienta cortadora también se puede determinar que el proceso de rectificado es

aceptable y es válido para utilizarse dichas herramientas en el proceso de producción posterior al rectificado de estas.

En la figura 29 se puede observar una comparativa del filo de una herramienta cortadora que ha sido rectificada una sola vez y de otra que ya ha sido rectificada en 2 ocasiones.

Figura 29: Comparativa cantidad de veces rectificada



Fuente: Elaboración propia, 2022

5.4. Análisis de la gestión de riesgo

En dado caso que se dé la implementación de dicho proyecto es importante mencionar que existen riesgos que podrían presentarse, posterior al análisis realizado por el equipo de calidad e ingeniería del departamento se tomaron los principales factores de riesgo que fueron considerados importantes y los cuales son descritos a continuación:

- Falla en la logística y coordinación entre el departamento de producción y el taller de herramientas con respecto al manejo de la herramienta cortadora lateral, este riesgo es categorizado como nivel bajo ya que se tienen controles con recipientes etiquetados previamente para el uso y control de estas.
- Olvidar el proceso de verificación del cable de acero implementado por parte del operador, esto es calificable como un error humano y es un riesgo categorizado como nivel bajo ya que por proceso se inspecciona al 100% que el tubo de fluido no este dañado por este u otro factor.

Estos 2 factores fueron los considerados de importancia mayor, por lo cual el proceso de crear un formulario de control de donde se mapeen fechas previamente establecidas para cumplir con las entregas y devolución de las herramientas cortadoras entre departamentos, además de mantener siempre un inventario considerable de herramientas cortadoras nuevas que son las que se van a ir ingresando a la línea de producción cada vez que se reemplace una herramienta cortadora que ya ha sido rectificada 2 veces.

El departamento de producción identifica los recipientes para depositar las herramientas cortados que han rectificada 1 vez y 2 veces tanto y ese mismo departamento le coloca 1 etiqueta a la herramienta con un 1 o un 2 una vez que regresan del taller de herramientas en distinción de cuantas veces ya ha sido rectificada, esto con el fin de llevar un control más exacto y determinar el uso y frecuencia de reemplazo de estas.

Para la parte donde se indica que el operador puede omitir la verificación del cable de acero y que este precisamente vaya mal cortado se determina que el proceso atajaría en dado caso

que un cable de acero vaya mal cortado y este no sea verificado ya que este dañaría el tubo de fluido y la unidad se desearía por fuga, se tomaría como un incumplimiento al procedimiento una vez que se determine mediante la disección de la unidad que ese fue el caso.

5.5. Análisis de costo beneficio

Para este análisis es muy importante mencionar que se está calculando, suponiendo que los resultados de las ordenes de ingeniería que se van a correr den resultados satisfactorios como es lo esperado esto por las pruebas realizadas por el técnico de ingeniería haciendo uso de la técnica correcta de corte con una herramienta cortadora lateral ya previamente rectificadas y los resultados fueron satisfactorios en su momento.

En comparativa en los primeros 9 meses se desearon 547 unidades por este defecto con un costo \$352.815, de las 547 unidades, se detectaron que del total 348 unidades estaban relacionadas a la causa principal del problema, esto es equivalente a \$224.460 perdidos en 9 meses por este defecto relacionado a la causa principal. Se tendría una mejora financieramente significativa como beneficio principal y a raíz de esto se espera que el indicador de rendimiento se eleve por encima de la meta estándar y de esta forma cumplir con el objetivo de eliminar en su mayoría el defecto por fuga del producto.

En la tabla 14 se desglosa un análisis de costo beneficio de la aplicación de las propuestas.

Tabla 14: Análisis de costo beneficio

Actividad	Costo	Beneficio
Propuesta #1	<p>7\$ la unidad, incluye:</p> <ul style="list-style-type: none"> Logística Mano de obra <p>Costo mensual de 2 recipientes con 60 unidades \$420.</p>	<p>Ambos costos son para un solo beneficio que sería disminuir la tasa de desechos por el defecto de fuga y así disminuir los costos que esto está generando, y cumplir con la meta de rendimiento mensual. El costo por defecto en los nueve meses de datos recolectados con respecto a ese tipo de defecto fueron 348 unidades con un costo de \$224.460.</p>
Propuesta #2	<ul style="list-style-type: none"> \$1.000 para cubrir el pago de 15 horas extras a cada uno de los 12 operarios certificados en la operación y a 2 entrenadores del proceso. Materiales para practicar paquete con 60 cables de acero: Costo \$840. 	
Total	\$5620	\$218.840

Fuente: Elaboración propia, 2022.

Costo de la propuesta mensual

$$\$420 + \$1000 + \$840 = \$2260$$

Costo del beneficio calculado 9 meses estudiados

$$\$224460 - \$5620 = \$218840$$

Después de este análisis se puede concluir que el beneficio es mucho mayor al costo que se necesita para poder cubrir la inversión que se haría para realizar las propuestas de

implementación teniendo estas un costo de \$2260 para arrancar y posterior a eso \$420 aproximadamente cada mes en rectificado de herramientas cortadoras, el beneficio se estaría cumpliendo ya que se reduciría el costo por unidad ya que el rendimiento mensual estaría siendo superior a la meta designada para el departamento que es 96.6% y que meses atrás no se había estado alcanzando por el exceso de unidades desechadas por este defecto.

5.6. Control y seguimiento

En este segmento del capítulo se va a describir la manera en la cual se le va a dar seguimiento las propuestas de mejora mencionadas anteriormente para asegurar que las mismas cumplan con los objetivos relacionados al cumplimiento del indicador de rendimiento del departamento el cual se encuentra con tendencia a la baja por el motivo de los fallos por fugas.

También es importante recordar que la constante comunicación entre los operarios de la estación donde se realiza el corte del cable de acero con el equipo de soporte ya sean técnicos de manufactura y líderes de producción del área para un mejor control en esa operación para que la implementación de las propuestas de mejora sea de manera efectiva.

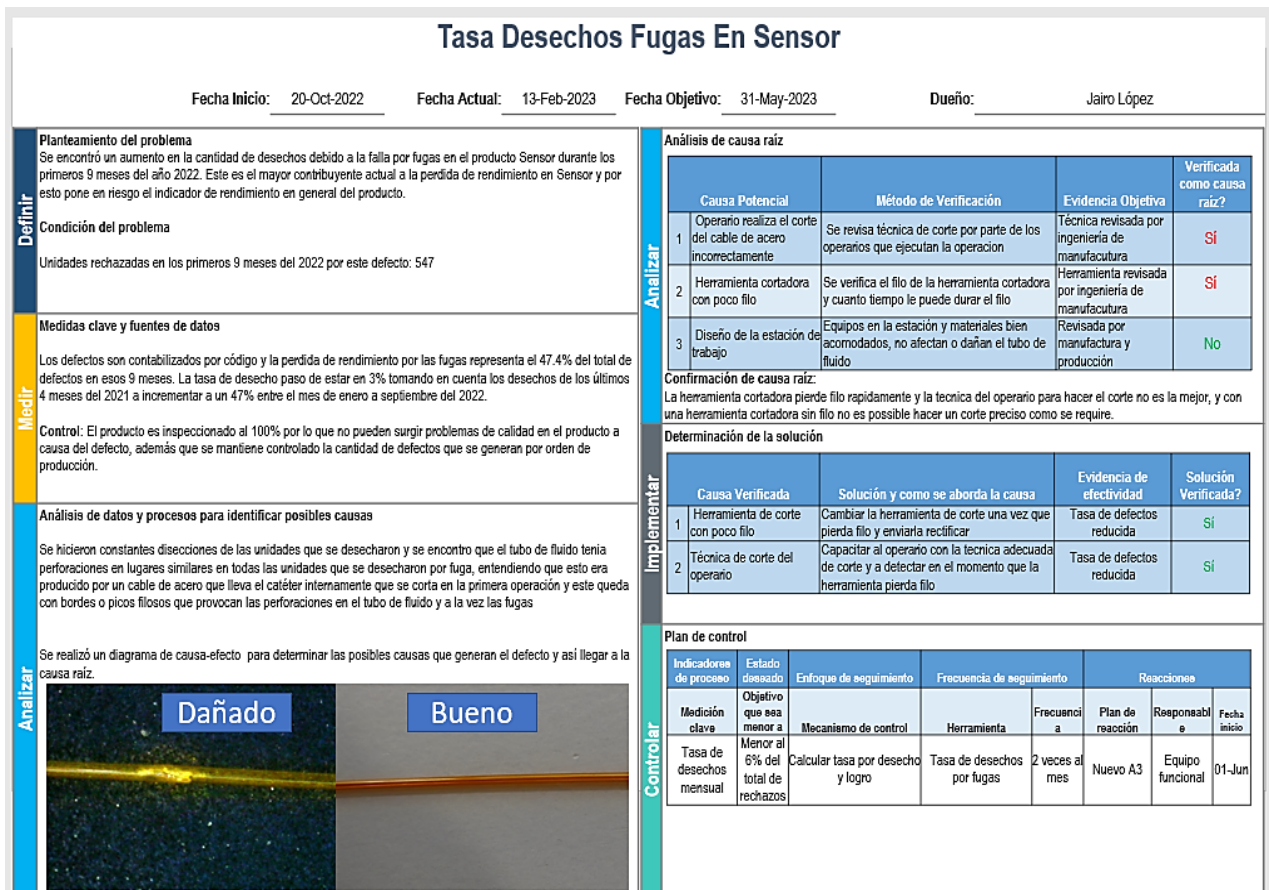
5.6.1. Informe A3

Como parte del seguimiento y control a la tasa de desechos e indicadores; mensualmente se pretende recopilar la información de las disecciones que se le realicen a cada uno de las unidades que se desechen por el modo de fallo por fuga y así seguir entendiendo las causas que generan el defecto y determinar si las causas anteriores relacionadas al tubo de acero con bordes

filosos se sigue dando y con qué frecuencia si fuese el caso, ya que es necesario asegurar el cumplimiento del proceso enseñado durante la capacitación y que las herramientas cortadoras pueden cumplir con la función del corte preciso y deseado para la operación.

En la figura 30 se muestra el informe de A3 que se va a estar generando cada mes, básicamente sería generar una actualización con la información que se recopile de ese mes para que sea analizada y entender si se sostiene la tendencia a la mejora o no, eso implica estar calculando las tasas de desecho que se generan mes a mes para comparar con la tasa meta propuesta para este modo de fallo.

Figura 30: Informe A3



Fuente: Elaboración propia, 2022

Es de suma importancia que durante el proceso de control y seguimiento se tenga claro cada objetivo y perspectiva para que se dé una aplicación adecuada de las propuestas que fueron implementadas ya que durante los siguientes meses donde se debería empezar a ver reflejado los beneficios que estas generaron estos deben ser favorables para el departamento de producción los cuales van a tener la atención centrada en la mitigación del fallo que las propuestas produzcan.

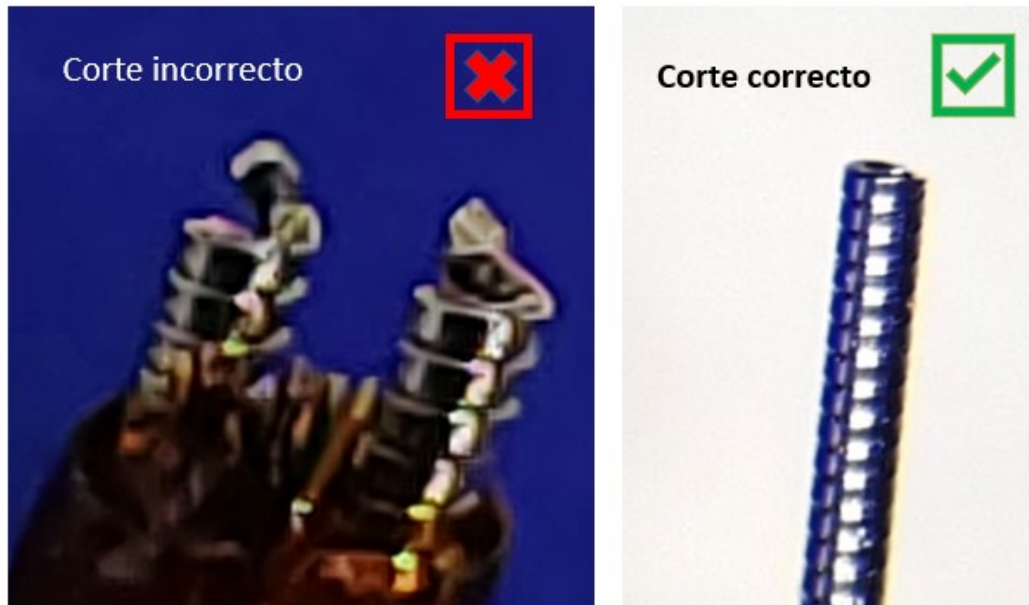
5.6.2. Auditorías

También como parte del aseguramiento y control se pretenden colocar auditorías periódicas las cuales ya se ejecutan normalmente no con tanta frecuencia y enfoque como se va a requerir, es considerable tomar en cuenta que estas auditorías tienen como objetivo principal asegurar el cumplimiento del procedimiento especialmente en la parte de la técnica de corte que se le realice al cable de acero en la operación ejercitación del cable de acero.

Por lo tanto, se va a centrar en esta operación y se pretende que sea realizada por el entrenador del área y un acompañante de ingeniería 3 veces a la semana en cada turno y en cada línea, para esto se generó un checklist especial solo para esta operación para ser ejecutado durante la auditoría de proceso con el fin de pulir bien la labor que se da en la operación y determinar el conocimiento del operario.

En la figura 31 se observan criterios de un cable de acero cortado correctamente y de uno con corte incorrecto.

Figura 31: Criterios de corte del cable de acero



Fuente: Elaboración propia, 2022

En la tabla 16 se puede observar el checklist con el que se va a estar realizando la auditoría en la operación para asegurar el cumplimiento del proceso correctamente por parte del operador.

Tabla 15: Checklist de auditoría

Auditoria de proceso			
Fecha de la Auditoria:			
Auditoria Realizada Por (Firma):			
Línea Auditada:			
Firma del supervisor del área:			
Firma del auditado:			
Aspecto para verificar	Pasa	Falla	Observaciones
1. La estación se encuentra ordenada			
2. El operario tiene el procedimiento abierto con la última versión aprobada			
3. La materia prima en proceso se encuentra correctamente identificada y segregada			
4. La documentación en el lote de producción esta completa y llena correctamente			
5. Los materiales están correctamente documentados con las cantidades requeridas en el lote de producción			
6. Fecha de expiración de los materiales se encuentra bien			
7. Numero de orden de producción y numero de lote coinciden con el etiquetado de la estación			
8. Los desechos se encuentran correctamente identificados y segregados (si aplica)			
9. Equipos tienen etiquetas de calibración al día y legibles			
10. Equipos tienen etiquetas de mantenimiento preventivo al día y legibles			
11. Verificación de la ejecución correcta del proceso de acuerdo con el procedimiento			
12. El operario sabe el paso que esta ejecutando en el momento y puede señalarlo en el procedimiento			
13. El operario puede explicar el paso que está haciendo de acuerdo con el procedimiento			
14. El operario puede explicar cuál es la técnica correcta de corte que debe hacerle al cable de acero			
15. El operario sabe identificar cuando una herramienta cortadora ya esta empezando a perder filo			
16. Verificar que la herramienta cortadora que se este utilizando este en buen estado, mango y filo lateral			
17. El operario puede identificar y explicar cuando un cable de acero quedo con un mal corte			
18. El operario domina la técnica de corte con precisión y habilidad			
19. El operario puede explicar el motivo por el cual es importante que los cables de acero queden bien cortados			
20. El operario muestra dominio en general de la operación			
Comentarios generales:			

Fuente: Elaboración propia, 2022

Con esta auditoría de proceso realizándose semanalmente va a ayudar a controlar y dar un buen seguimiento a la correcta ejecución de los procesos en esta operación, ya que esta, es de suma importancia que se ejecute de forma adecuada para que los resultados de las propuestas sean satisfactorios para el departamento del producto Sensor.

En conclusión, el diseño elaborado para la implementación adecuada de las propuestas de mejora sugeridas va a ser de vital importancia para lograr solucionar el problema de forma satisfactoria, la adecuada implementación y el seguimiento y control se les dé tienen un rol de mucha seriedad e importancia para que el proyecto el general sea exitoso.

6. Capítulo VI: Conclusiones Y Recomendaciones.

6.1. Conclusiones

El actual proyecto se logra completar de la manera correcta completando cada una de las fases de la metodología DMAIC de forma satisfactoria, esperando que a la empresa le sirva y que este pueda quedar implementado de forma adecuada y que logre cumplir los objetivos establecidos desde un principio en el que se planteó el proyecto. Como parte de las diferentes investigaciones, análisis y desarrollo de cada una de las distintas tareas que se realizaron en conjunto con diferentes departamentos para lograr completar el proyecto en general se concluyó que:

- Se logró diagnosticar el rendimiento actual que tiene el producto Sensor mediante la aplicación del DMAIC con el objetivo de detectar las fallas y puntos a mejorar en el proceso para controlar y disminuir los desechos generados por fugas en el catéter.
- Se analizaron las diferentes causas posibles mediante un diagrama de Ishikawa satisfactoriamente, logrando relacionar de forma correcta la causa principal y de esta forma poder empezar a trabajar en el punto a mejorar.
- En parte general se lograron desarrollar diferentes herramientas ingenieriles que ayudaron a realizar una investigación mayormente acertada y que durante el proceso fueron muy importantes para lograr concluir cada una de las etapas de la mejor forma y cumpliendo cada uno de los objetivos establecidos previamente para cada una de ellas.
- Se puede concluir que este proyecto, que, de ser tomado por la empresa, estaría generando un beneficio cerca de \$218000 al comienzo de la implementación para el departamento de producción.

6.2.Recomendaciones

- Se recomienda analizar con mayor detalle cada uno de los beneficios que la implementación del proyecto podría generar a nivel de rendimiento, productividad y financieramente.
- Llevar un control por parte de todo el equipo funcional del departamento bastante robusto para asegurar que se puedan cumplir con todas las acciones que se implementen.
- Se recomienda dar constantes retroalimentaciones a las operaciones posteriores a la operación #1 del proceso con respecto al cuidado y correcta manipulación que se le debe dar al tubo de fluido para evitar el daño de este durante el ensamblaje en cada uno de los demás procesos.

Bibliografía

- Acuña, & Acuña. (2012). *Control de calidad: Un enfoque integral y estadístico*. Costa Rica: TEC.
- Aguilar, A., Rojas, V., Cabral, A., Alvarado, L., Alvarado, T., & Dela Cruz, I. (2014). Adaptación de la Técnica "Control total de calidad" al sector agroalimentario de la carne. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 1145-1153.
- Aguilera, A. (2017). El costo-beneficio como herramienta de decisión en la inversión en actividades científicas. *Cofin Habana*, 11(2), versión On-line ISSN 2073-6061.
- Altman, H. (2018). *Six Sigma: Guía rápida paso a paso para mejorar la calidad y eliminar defectos en cualquier proceso*. México : Edición Kindle.
- Arroyo, K. (2020). *Disminución de los desperdicios de la línea de sbensables en el área de OIS de la empresa Boston Scientific, durante el primer cuatrimestre del 2020*. Heredia : Universidad Hispanoamericana .
- Barahona, A., & Yauri, F. (2021). Reportes A3-Filosofía toyota. *Revista SENATI*, 135-143.
- Daza, D. (2021). *Diseño de una propuesta para mejorar el proceso productivo en la empresa Manufacturas para Cereales S. A, mediante herramientas Lean Manufacturing*. Bogotá: Univerdidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano .

- Fontalvo, T., Dela Hoz, E., & Morelos, J. (2018). La productividad y sus factores: Incidencia en el mejoramiento organizacional. *Dimensión empresarial*, 16(1), ISSN 1692-8563.
- García, J. (2020). *Líneas de Producción. Nota técnica*. Obtenido de RIUNET Repositorio UPV: <http://hdl.handle.net/10251/138801>
- Garza, R., González, C., Rodríguez, E., & Hernández, C. (2016). Aplicación de la metodología DMAIC de Seis Sigma con simulación discreta y técnicas multicriterio. *Revista de Métodos Cuantitativos para la Economía y la Empresa*, 22, 19-35.
- Guerrero, O. (2008). *Proceso de Manufactura en Ingeniería Industrial* . Colombia: UNAD.
- Gutarra, F. (2015). *Introducción a la Ingeniería Industrial* . Lima: Fondo Editorial de la Universidad Continental.
- Izar, J., & González, J. (2004). *Las 7 herramientas Básicas de la calidad* . Potosí: Editorial Universitaria Potosina.
- Mansilla, B. (2016). *Propuesta de una mejora en la gestión de la cadena de logística de una empresa manufacturera*. Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas .
- Miranda, U., & Acosta, Z. (2009). *Fuentes de información para la recolección de información cuantitativa y cualitativa* . Ica Perú: Facultad de Medicina de la Universidad Nacional San Luis Gonzaga de Ica.

Parra, P. (2017). *Análisis descriptivo de procesos industriales en ingeniería industrial*. Quito: Abya-Yala.

Pérez, A. (2021). *Qué es un Diagrama de Gantt y para qué sirve*. Obtenido de OBS Business School : <https://www.obsbusiness.school/blog/que-es-un-diagrama-de-gantt-y-para-que-sirve>

Tejada, C. (2022). *Propuesta de mejora en el proceso de producción de una empresa metalmecánica basada en herramientas de manufactura esbelta*. Perú: Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann.

Torres, K., Flores, L., Sánchez, C., & Catañeda, N. (2020). Metodología SLP para la Distribución en Planta de Empresas Productoras de Guadua Laminada Encolada. *GLG*, 103-116.

Anexos

Procedimiento ejercitación del cable de acero, donde indica como se debe realizar dicho corte.

352012 Ver. S Procedimiento de Manufactura											
Ejercitación del cable de acero											
1.0 PROPÓSITO	El propósito de este documento es proveer las instrucciones de trabajo para realizar la ejercitación del cable de acero.										
2.0 REFERENCIAS	N/A										
3.0 RESPONSABILIDADES	<table border="1"><thead><tr><th>Función o Título</th><th>Responsabilidades</th></tr></thead><tbody><tr><td>Operarios certificados</td><td>Responsables de llevar a cabo y verificar cualquier procedimiento o acción contenida en este documento, a menos que se especifique lo contrario.</td></tr></tbody></table>	Función o Título	Responsabilidades	Operarios certificados	Responsables de llevar a cabo y verificar cualquier procedimiento o acción contenida en este documento, a menos que se especifique lo contrario.						
Función o Título	Responsabilidades										
Operarios certificados	Responsables de llevar a cabo y verificar cualquier procedimiento o acción contenida en este documento, a menos que se especifique lo contrario.										
4.0 DIAGRAMA DE FLUJO	N/A										
5.0 PROBLEMAS POTENCIALES DE SEGURIDAD	<p>5.1 Problemas Potenciales de Seguridad</p> <ul style="list-style-type: none">Herramienta cortada – Asegúrese que todas las cortadoras sin filo estén colocadas en contenedores para artículos filosos cuando sean desechadas. <p>5.2 Equipo de Protección Personal (EPP) Requerido</p> <p>N/A</p>										
6.0 EQUIPO / HERRAMIENTAS											
6.1 <u>Equipo de Medición</u>	<table border="1"><thead><tr><th>Número</th><th>Descripción</th></tr></thead><tbody><tr><td>N/A</td><td>N/A</td></tr></tbody></table>	Número	Descripción	N/A	N/A						
Número	Descripción										
N/A	N/A										
6.2 <u>Herramientas y Accesorios</u>	<table border="1"><thead><tr><th>Número</th><th>Descripción</th></tr></thead><tbody><tr><td>14234</td><td>Base de vacío de tornillo de banco multi-posición</td></tr><tr><td>N/A</td><td>Pinzas de punta aguja</td></tr><tr><td>N/A</td><td>Llaves Allen</td></tr><tr><td>N/A</td><td>Herramienta cortadora lateral</td></tr></tbody></table>	Número	Descripción	14234	Base de vacío de tornillo de banco multi-posición	N/A	Pinzas de punta aguja	N/A	Llaves Allen	N/A	Herramienta cortadora lateral
Número	Descripción										
14234	Base de vacío de tornillo de banco multi-posición										
N/A	Pinzas de punta aguja										
N/A	Llaves Allen										
N/A	Herramienta cortadora lateral										
6.3 <u>Equipo Fijo</u>	<table border="1"><thead><tr><th>Número</th><th>Descripción</th></tr></thead><tbody><tr><td>16443</td><td>Microscopio Olympus, sin retícula de medición o equivalente (sin calibrar (Microscopio sin calibrar)</td></tr><tr><td>16345</td><td>Accesorio para ejercitar el cable de acero</td></tr></tbody></table>	Número	Descripción	16443	Microscopio Olympus, sin retícula de medición o equivalente (sin calibrar (Microscopio sin calibrar)	16345	Accesorio para ejercitar el cable de acero				
Número	Descripción										
16443	Microscopio Olympus, sin retícula de medición o equivalente (sin calibrar (Microscopio sin calibrar)										
16345	Accesorio para ejercitar el cable de acero										
Template 24567 Ver B	Página 1 de 14										

Ejercitación del cable de acero

6.4 Software

Número de Software	Título
N/A	N/A

6.5 Otros artículos que no se mencionaron anteriormente

Número de Software	Título
N/A	N/A

7.0 PROCEDIMIENTO DEL PROCESO

7.1 Instrucciones para el receso

N/A

7.2 Instrucciones para el Inicio

Inicio de Turno:

1. Revisión de la Calibración y Expiración: Revise todas las etiquetas de Calibración y de Mantenimiento Preventivo al inicio de su turno. Verifique que la Calibración y el Mantenimiento Preventivo no hayan expirado. Si ha expirado, no use el equipo y contacte a su supervisor.
2. Encienda el ejercitador del cable de acero Fixture (**Figura 1**).



Figura 1: Interruptor de Encendido/Apagado del ejercitador del cable de acero Fixture

3. Una vez que la configuración se ha completado, registre el índice de la configuración en la sección correspondiente en la documentación del lote y fírmelo.
4. Inspeccione las abrazaderas del cable de tiraje en busca de desgaste. Si hay desgaste, contacte a Ingeniería.
5. Espere a que la Pantalla del equipo se encienda.
6. Presione el Botón de Reset.

Ejercitación del cable de acero

7. Verifique que el indicador principal de presión de aire esté configurado a 20-60 PSI y que el Indicador de Presión de Aire pequeño del ejercitador esté de 35-45 PSI.

Inicio de Lote o luego de E-Stop/Reset:

1. Levante la posición de la abrazadera de corte del cable de acero y seleccione la forma de la curva apropiada registrada en la documentación del lote (Figura 2):

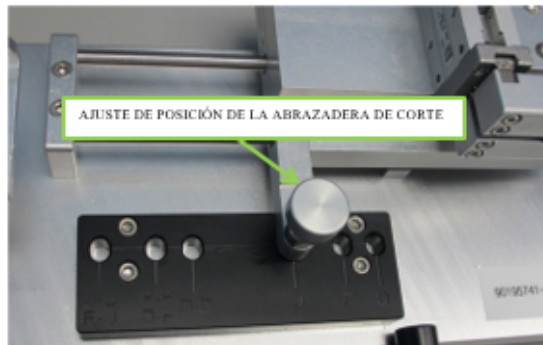


Figura 6: Abrazadera del Corte del cable de acero para el ejercitador Fixture 90195741

- a. La pantalla del equipo debe mostrar "Ready to Run – Scan a Part Number".
- b. Presione el botón que muestra la Forma de la Curva para que el teclado se muestre.
- c. Usando el escáner de códigos de barras, escanee el código de barras en el SFP. La pantalla debe mostrar:
 - i. "Scanned Part Number matches the Fixture Setting. Press Start to Continue".
 - ii. "Valid Part Number still loaded from previous run. Press Here to Continue".
- d. Si la pantalla muestra "Scanned Part Number was not found":
 - i. Verifique que se ha seleccionado la forma de la curva apropiada en la abrazadera de corte del cable de acero. Muévela a la ubicación correcta y repita los pasos b y c de Inicio de Batch o luego de E-Stop/Reset.

7.3 Diagramas

N/A

7.4 Pasos del Proceso y verificación/ inspección en proceso

Ejercitación del cable de acero

1. Alinee la sección deflectable en la abrazadera en el accesorio de compresión del cable de acero de forma que el cable de tiraje esté colocado en el lado (Figure 3).

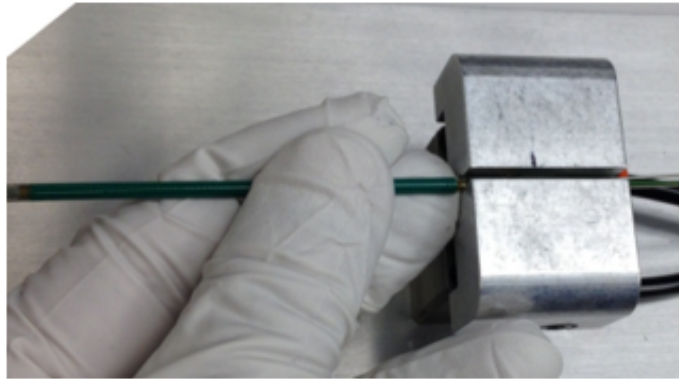


Figure 3: La sección deflectable en la abrazadera

2. Prende la sección deflectable en su lugar al mover el interruptor de la abrazadera (Figure 4).

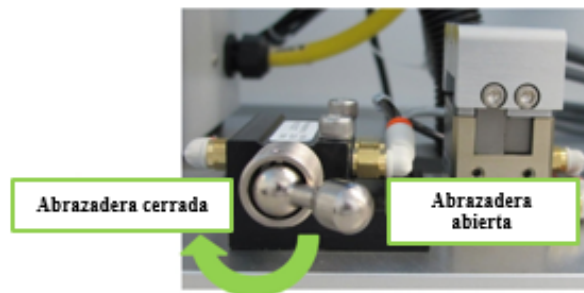


Figure 4: Interruptor de la abrazadera

3. La parte verde de Pebax del deflectable debe estar alineada parejo con la abrazadera, los mandriles y los cables de acero/cables de tiraje deben de estar a través de la abertura de la abrazadera, si no, desenganche la abrazadera y vuelva a posicionar la sección deflectable (Figura 5) y repita lo pasos 1 al 2.

Ejercitación del cable de acero



Figure 5: Posición del Deflectable en la Abrazadera

4. Coloque el anillo de tiraje en el gancho para el anillo de tiraje antes de colocar los cables de tiraje en la abrazadera. (Figuras 6 y 7).

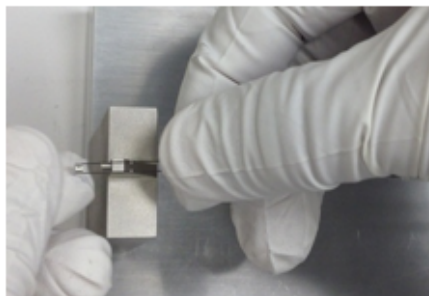


Figura 6: Colocando el anillo de tiraje dentro del gancho del anillo de tiraje

Ejercitación del cable de acero

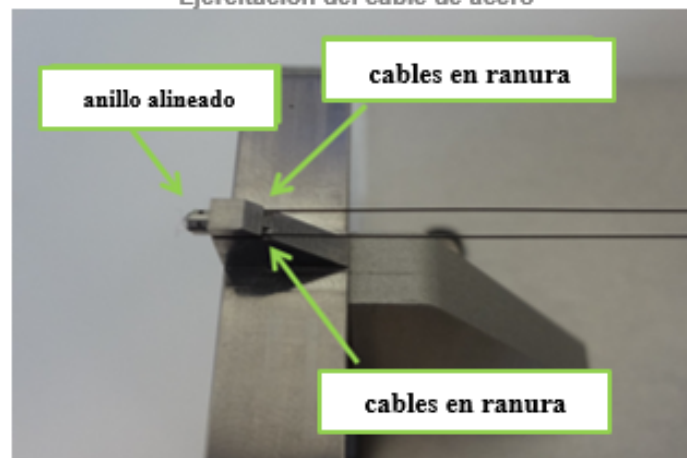


Figura 7: Posicionando los cables de tiraje en las abrazaderas

5. Asegúrese que los cables de tiraje no estén doblados entre sí y que estén alineados con la sección Deflectable.
6. Seleccione un cable de tiraje y use un alicate para tensarlo.
7. Mientras sostiene el cable de tiraje con el alicate, hale hacia atrás y deslice la abrazadera para que queden en su lugar.
 - a. Repita para el segundo cable de tiraje (Figura 8 y 9).

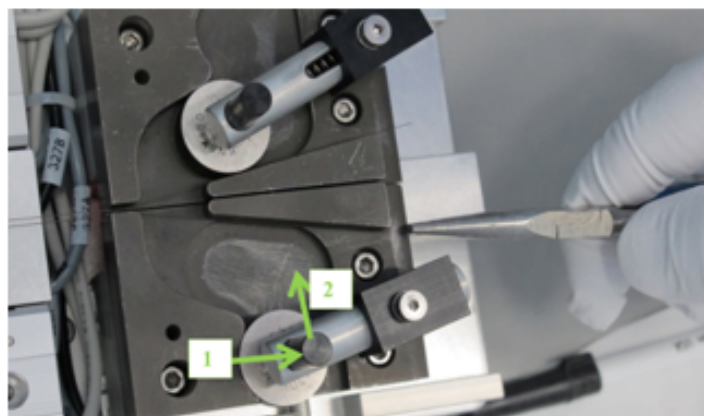


Figura 8: Tensar los cables de tiraje

Ejercitación del cable de acero



Figura 9: Prensado Correcto del cable de tiraje

8. Asegúrese que los cables de acero estén alineados de forma recta y en las ranuras del Bloque de Compresión del equipo (Figura 10).

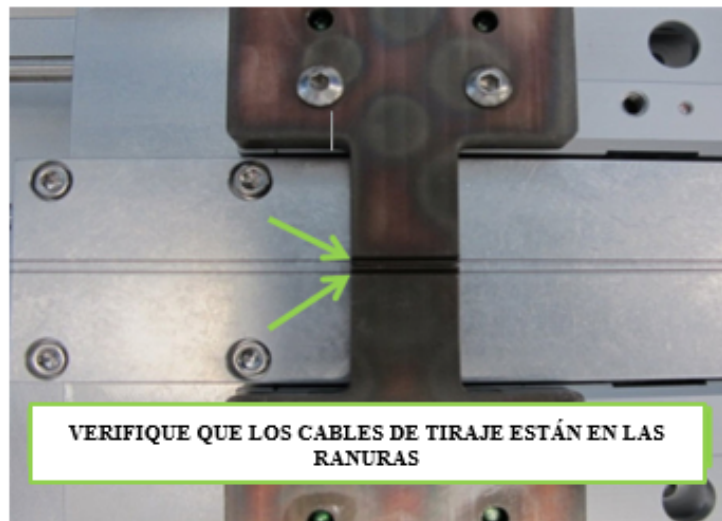


Figura 10: Bloque de Compresión del cable de acero

9. Verifique que el cable de acero está correctamente alineado entre las almohadillas de la abrazadera de corte (Figuras 11 y 12).

Ejercitación del cable de acero



Figura 11: Vista lateral de la Abrazadera de Corte



Figura 12: Vista superior de la Abrazadera de Corte

10. En la pantalla del equipo, presione el botón que dice "Press to Start Cycle" o "Press to Continue". El equipo iniciará el ciclo 10 veces y presionará el cable de acero cuando termine.
11. Revise la sección deflectable o los cables de tiraje para asegurarse de que ninguno de ellos se ha resbalado de sus abrazaderas durante el ciclo. Si alguno de ellos se ha salido, deslice el anillo de tiraje hacia afuera del gancho de la base, deslice el soporte del anillo de tiraje hasta que se detenga, presione el botón "Press Here to

Ejercitación del cable de acero
Complete Cycle", y regrese el soporte del anillo de tiraje y repita los pasos 6 a 15. De lo contrario, continúe con el siguiente paso.

NOTA: Si los Cables de tiraje deslizan de las abrazaderas de los cables de tiraje, contacte al personal de soporte para reemplazar las ruedas dentadas según la sección 8.2.

12. Libere los Cables de tiraje de las abrazaderas (Figura 13).

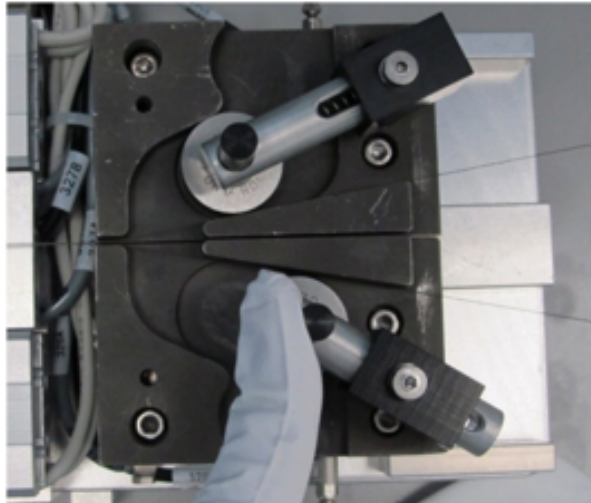


Figura 13: Libere los Cables de tiraje de las Abrazaderas

13. Deslice el soporte del del anillo de tiraje hacia la izquierda hasta que pare y el bloque de corte del cable de acero se mueva hacia atrás (Figura 14).

Ejercitación del cable de acero

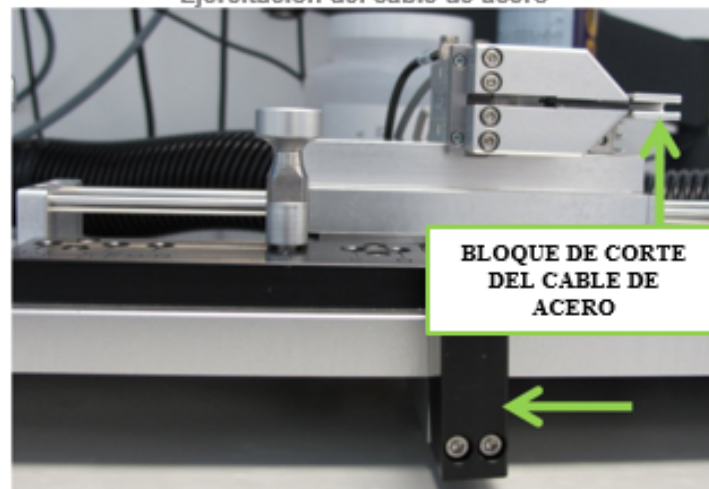


Figura 14: Deslice el Soporte del anillo de tiraje

14. Corte el cable de acero en el borde derecho de la almohadilla de la abrazadera usando una herramienta cortadora lateral.
15. Presione el botón de "Press Here to Complete Cycle". Con cuidado, remueva el Anillo de tiraje y suelte la sección deflectable usando el interruptor de la abrazadera y remueva la parte de la abrazadera.
16. Deslice el Soporte del Anillo de tiraje hacia atrás hacia el final del fixture.
17. Deslice los cables de tiraje nuevamente dentro del cable de acero. Deje el Anillo de tiraje fuera de la sección Deflectable a un aproximado de 2".
18. Ajuste el extremo proximal de los cables de tiraje dentro de la Multi-Position (**Figura 15**).

Ejercitación del cable de acero

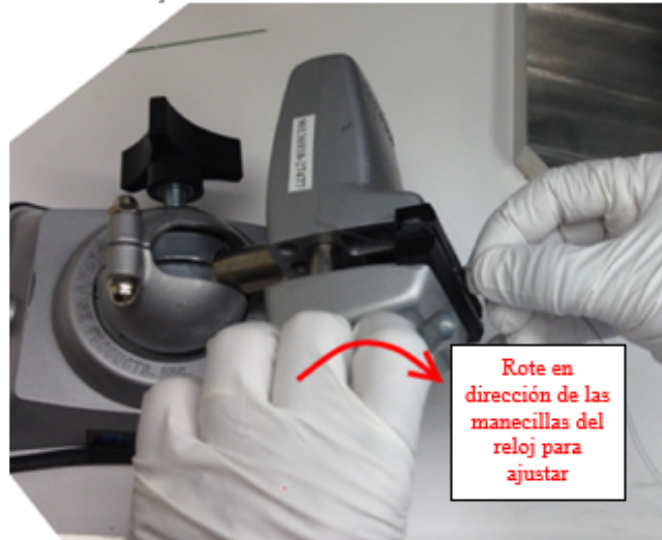


Figura 15: Prensando el cable del anillo de tiraje

7.5 Inspecciones /Verificaciones adicionales

N/A

7.6 Instrucciones de Apagado

Fin del turno:

1. Apague todo el equipo antes de terminar el turno final del día.

Fin del Batch:

1. N/A

8.0 PROCEDIMIENTOS PARA EL PERSONAL DE SOPORTE

N/A

8.1 Apagado

N/A

8.2 Solución de Problemas

Reemplazo de las ruedas dentadas (solo supervisor, líderes de grupo, equipo entrenado, o equipo de técnicos)

Ejercitación del cable de acero

1. Afloje el tope de la rueda aflojando el tornillo. Deslícelo de manera que no esté cubriendo la apertura del bloque de agarradera (Figura 16).

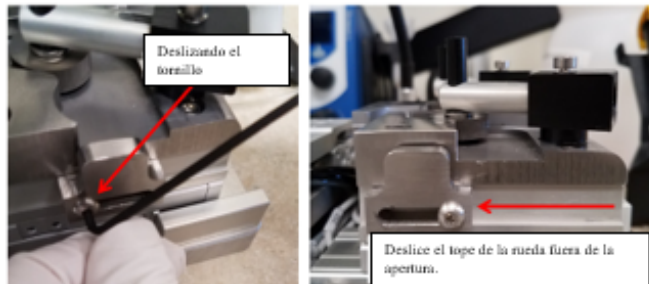


Figura 16: Deslizndo el tope de la rueda

2. Jale el mango de la rueda dentada y deslícela hacia afuera del ensamble de la agarradera (Figura 17).

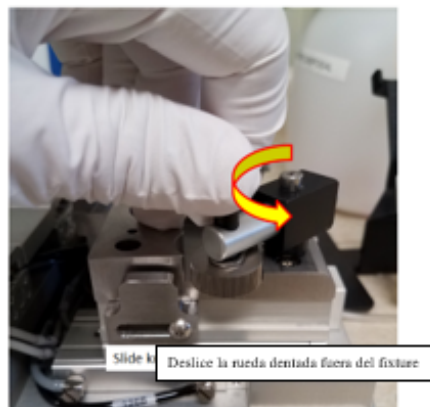


Figura 17: Deslice la rueda dentada fuera del fixture.

3. Deslice el mango de la rueda dentada fuera del mango del resorte (Figura 18).

Ejercitación del cable de acero



Figura 18: Remueva el mango de la rueda dentada

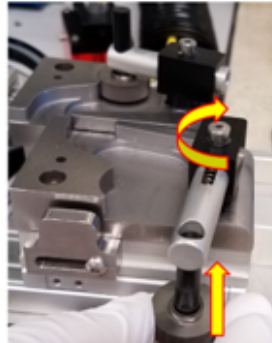
4. Remueva la rueda dentada y la arandela del mango.
5. Coloque la nueva rueda dentada dentro del mango y después coloque la arandela sobre la rueda dentada (Figura 19).



Figura 19: Instalando la nueva rueda dentada

6. Reinstale el mango de la rueda dentada dentro del mango del resorte, y deslice la rueda dentada de vuelta en el ensamble de la agarradera (Figura 20).

Ejercitación del cable de acero



Instale el mango de la rueda dentada
dentro del mango del resorte

Figura 20: Instalación de la rueda dentada de vuelta en el ensamble de la agarradera.

7. Deslice el tope de la rueda sobre la apertura en el bloque de la agarradera y soque el tornillo.

8.3 Información del Equipo

N/A