

UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA

INGENIERIA INDUSTRIAL

REDUCIR EL INDICADOR DE “DEFECTO EN LA
UNION” EN LAS FAMILIAS DE CATETER A Y
CATETER B EN EMPRESA DE INDUSTRIA
MEDICA EL SEGUNDO CUATRIMESTRE DEL
AÑO 2022.

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

ESTUDIANTE: JOSE ANDRES GALO ESTRADA

TUTOR: ING. GEORGE DANNY RAMIREZ VARGAS

HEREDIA, DICIEMBRE 2022

DECLARACIÓN JURADA

Yo José Andres Galo Estrada, mayor de edad, portador de la cédula de identidad número 134000260336 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 Bachiller , juro solemnemente que mi trabajo de investigación titulado: REDUCIR EL INDICADOR DE "DEFECTO EN LA UNION" EN LAS FAMILIAS DE CATETER A Y CATETER B EN EMPRESA DE INDUSTRIA MEDICA EL SEGUNDO CUATRIMESTRE DEL AÑO 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 28 días del mes de febrero del año dos mil veintitrés .

José Andres Galo E.

Firma del estudiante

Cédula 134000260336

**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, 20-feb-2023

Señores:
Universidad Hispanoamericana
Centro de Información Tecnológico (CENIT)

Estimados Señores:

El suscrito (a) José Andres Galo Estrada con número de identificación 134000260336 autor (a) del trabajo de graduación titulado "Reducir el indicador de Defecto en la unión, en familias de Catéter A y Catéter B en empresa de industria medica el segundo cuatrimestre del año 2022" presentado y aprobado en el año 2023 como requisito para optar por el título de Bachillerato en Ingeniería Industrial; Si autorizo al Centro de Información Tecnológico (CENIT) para que con fines académicos, muestre a la comunidad universitaria la producción intelectual contenida en este documento.

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

Cordialmente,

José Andres Galo E. 134000260336
Firma y Documento de Identidad

CARTA DEL TUTOR

Heredia, 07 de Diciembre de 2022.

Carrera de Ingeniería Industrial
Universidad Hispanoamericana

Estimado señor:

El estudiante JOSÉ ANDRES GALO ESTRADA, número de identificación 134000260336, me ha presentado, para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado "PROPUESTA DE MEJORA EN LA PLATAFORMA DE PRODUCTOS FLEXABILITY PARA REDUCIR EL CONSUMO DE MATERIALES EN LA EMPRESA ABBOTT, ZONA FRANCA DEL COYOL, ALAJUELA, DURANTE EL SEGUNDO CUATRIMESTRE DEL 2022", el cual ha elaborado para optar por el grado académico de Bachillerato en Ingeniería Industrial

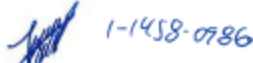
En mi calidad de tutor, he verificado que se han hecho las correcciones indicadas durante el proceso de tutoría y he evaluado los aspectos relativos a la elaboración del problema, objetivos, justificación; antecedentes, marco teórico, marco metodológico, tabulación, análisis de datos; conclusiones y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

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

a)	ORIGINAL DEL TEMA	10%	9%
b)	CUMPLIMIENTO DE ENTREGA DE AVANCES	20%	18%
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%	18%
	TOTAL		90%

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

Atentamente,



1-1458-0986

Nombre: George Dany Ramirez Vargas
Cédula identidad N: 1 1458 0986

CARTA DE LECTOR

San José, 11 de febrero del 2023

**Universidad Hispanoamericana
Sede Heredia
Carrera Ingeniería Industrial**

Estimado señor

El estudiante, cédula de residencia DIMEX 134000260336, me ha presentado para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado "Reducir el indicador de Defecto en la unión en las familias de catéter A y catéter B en empresa de industria médica el segundo cuatrimestre del año 2022", el cual ha elaborado para obtener su grado de Bachillerato en Ingeniería Industrial.

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

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

Atte.

Firma ROBERTO SANCHEZ MORALES (FIRMA)
Firmado digitalmente por
ROBERTO SANCHEZ MORALES
(FIRMA)
Fecha: 2023.02.11 17:14:46 -05'00'
Nombre: Roberto Sánchez Morales
Cédula: 900810622

DEDICATORIA

A Dios quien es mi base diaria. A mis padres que me inculcaron el no rendirme y seguir con mis sueños por más difícil que fueran y a mi novia que siempre ha estado, en las buenas y malas, compartiendo sus fuerzas sin excusas.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por darme la fuerza, sabiduría, serenidad durante la realización de este proyecto.

A mi novia Natalia que ha sido un pilar de mucha importancia durante el recorrido de esta carrera, por su fortaleza para no dejarme caer y su visión de un mejor futuro.

A mis padres Esteban (QEPD) y Guadalupe por inculcarme desde siempre el crecimiento personal, su guía y su ejemplo de vida para ser una buena persona.

A la Universidad Hispanoamericana quien me dio la posibilidad de lograr expandir mis habilidades y conocimientos necesarios para desarrollarme como profesional y como persona.

A la empresa Abbott Medical por haberme dado la oportunidad de realizar mi tesina con ellos, siendo parte importante de mi vida, por el crecimiento interno y ayudarme a cumplir la meta de ser un profesional.

EPIGRAFES

1.1.1	Contenido	
1.1	DESCRIPCION GENERAL DEL PROYECTO	2
1.2	IDENTIFICACION DE LA EMPRESA	3
1.2.1	Descripción general de la empresa.....	3
1.2.2	Historia	4
1.2.3	Misión	5
1.2.4	Visión.....	6
1.2.5	Objetivo.....	6
1.2.6	Impacto Social.....	6
1.2.7	Descripción del producto.....	7
1.3	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	8
1.3.1	JUSTIFICACION	12
1.4	OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION.....	13
1.4.1	Objetivo general	13
1.4.2	Objetivos específicos	13
1.5	ALCANCES Y LIMITACIONES	14
1.5.1	Alcances	14
1.5.2	Limitaciones	14
2.1	MARCO CONCEPTUAL GENERAL RELATIVO A LA CARRERA.....	16
2.1.1	Ingeniería Industrial	16
2.2	MARCO CONCEPTUAL ATENIENTE A LA GESTION DEL PROYECTO.....	18

2.2.1	DMAIC	19
2.3	MARCO CONCEPTUAL REFERENTE AL IMPACTO DEL PROYECTO.....	26
2.4	ANTECEDENTES DEL PROYECTO O EXPERIENCIAS SEMEJANTES	28
3.1	METODOLOGIA PARA LA DEFINICION DEL PROBLEMA.	31
3.2	METODOLOGIA PARA LA MEDICION Y RESPALDO CUALITATIVO DE PROYECTO. 31	
3.3	METODOLOGIA PARA LA PROPUESTA DE MEJORA, CONSTRUCCION O PUESTA EN PRACTICA DE UN NUEVO PROCESO, PRODUCTO O SERVICIO.	32
3.4	METODOLOGIA PARA LA IMPLEMENTACION DEL PROYECTO.	32
3.5	METODOLOGIA PARA LA VERIFICACION, ASEGURAMIENTO, CONTROL Y SEGUIMIENTO DE RESULTADOS.	33
4.1	DIAGNOSTICO DEL PROCESO ACTUAL	35
	Descripción del Producto.....	39
	Descripción del Proceso.....	39
	Gemba Walk.....	47
	Lluvia de Ideas.....	49
4.2	MEDICION Y ANALISIS DEL PROCESO.....	51
5.1	DISEÑO DE LA SOLUCION	69
5.2	SEGREGACION DE MANDRILES	69
5.3	PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR CONFIGURACION INTERNA DEL EQUIPO DE SELLADO.....	75
5.4	ANTES Y DESPUES DE LAS IMPLEMENTACIONES	82
5.5	CONTROL.....	84

5.6	ANALISIS FINANCIERO.....	86
6.1	CONCLUSIONES.....	93
6.2	RECOMENDACIONES.....	93

ACRONIMOS Y SIGLAS

DMAIC: Define, Measure, Analyze, Improve and Control.

DOE: Design of Experiment (Diseño de Experimento)

Yield: Ratio que mide el rendimiento de las líneas de producción.

Yield Loss: Rendimiento perdido de las líneas de producción.

FDA: Administración de Drogas y Alimentos. Es la agencia del gobierno de los Estados Unidos responsable de la regulación de alimentos (tanto para personas como para animales), medicamentos (humanos y veterinarios), cosméticos, aparatos médicos (humanos y animales), productos biológicos y derivados sanguíneos.

Globo: Componente principal del catéter, hay en variedad de tamaños según pedido del cliente, se compone de Pebax, manejado a temperatura, y se identifican por tamaños, de diámetro por largo. Este componente se manufactura en esta planta misma de producción en el área llama "Subensambles" que es la encargada de abastecer las órdenes a contra pedido del departamento de ventas, a las líneas de producción.

Pebax: Material plástico utilizado para la creación de catéteres, funcionando como ducto para el paso del cable guía al momento del cateterismo.

Nylon: Material plástico utilizado para la creación de catéteres, va unido al pebax para formar un solo ducto que funciona para el paso del cable guía al momento del cateterismo.

Mandril: varilla de 32cm de largo de aleación de metal que sirve para sostener el material de pebax y Nylon.

JMP: Herramienta potente e interactiva de visualización de datos y análisis estadísticos.

RESUMEN EJECUTIVO Y ARTICULO PUBLICABLE

(Galo Estrada, 2022), Reducción del indicador “Defecto en la unión” en las familias Catéter A y Catéter B en Empresa de Industria Médica, ubicada en Coyol de Alajuela durante el segundo cuatrimestre del año 2022.

El Departamento de operaciones de Empresa de Industria médica, durante el año 2021 y primer cuatrimestre del año 2022 en las familias de Catéter A y Catéter B, ha mantenido como indicador número uno de descartes en sus líneas de producción a “Defecto en la unión”. Se considera un problema ya que al tener indicadores tan altos en comparación a los demás defectos el precio estándar del catéter aumenta gradualmente con el tiempo.

Es por esto por lo que se realizó una investigación profunda para encontrar la causa raíz del problema e implementar una solución que permitiera aumentar la productividad y la calidad de la estación de sellado por medio de la revisión y estandarización del proceso para la mejora de la experiencia recibida por el usuario.

Durante la investigación se aplicaron herramientas ingenieriles para poder revisar procesos actuales de la línea de producción, identificar oportunidades de mejora, identificar cuáles de estos se encontraban debidamente documentados y plantear mejoras para el proceso.

Capítulo I: INTRODUCCION

1.1 DESCRIPCION GENERAL DEL PROYECTO

En Empresa de Industria Médica, ubicada en la Zona franca Coyol en Alajuela, empresa de Manufactura enfocada en el área vascular creando el sub ensamble de catéteres para venas y arterias y que ayuda a los médicos en el proceso de cateterismo en pacientes de riesgo vascular, el departamento de operaciones presenta en la actualidad y desde inicios del año 2021 un aumento en el indicador y que en la actualidad se mantiene como principal descarte en las líneas de producción de las familias Catéter A y Catéter B el descarte de “Defecto en la unión”.

Defecto que se identifica como principal descarte en la estación de sellado y que al ser el indicador número uno de las líneas de producción en la planta genera un aumento en el precio estándar del catéter, provocando grandes pérdidas económicas.

Con la mejora de este indicador se pretende reducir el alto índice de descarte de unidades, así como reducir el precio estándar del catéter, debido a que al descartar materiales y suministros en estos ensambles se genera menos volumen de producción, al mismo tiempo se pretende mejorar el tiempo de respuesta de los departamentos implicados al momento de presentarse algún evento que implique este defecto.

Este proyecto responde a la línea de investigación de Operaciones Industriales, y tiene como meta la optimización de operaciones y el proceso de la estación de sellado, de las familias de Catéter A y Catéter B.

1.2 IDENTIFICACION DE LA EMPRESA

1.2.1 Descripción general de la empresa

Por motivos de confidencialidad, el nombre de esta compañía se manejará como Empresa de Industria médica, y esta es una compañía farmacéutica estadounidense, fundada en Chicago en 1888 por Wallace Calvin, con sede en Illinois al norte de Chicago, en su actualidad cuenta con aproximadamente 90,000 empleados a nivel mundial.

El Dr. Wallace, médico y propietario de una farmacia, comenzó a fabricar medicamentos precisos y formulados científicamente con el objetivo de brindar terapias más eficaces a los pacientes y a los médicos que los atendían.

Gracias al liderazgo de este Dr. Esta empresa fue una de las fundadoras de la práctica farmacéutica científica y expandía su negocio para satisfacer las necesidades médicas globales en aumento mediante la promoción de la investigación médica en áreas nuevas. Al explorar nuevas áreas (tanto científicas como geográficas) de forma continua, se ha logrado establecer una tradición de larga trayectoria enfocada en ayudar cada vez a más personas de todo el mundo a vivir de manera más saludable.

Empresa de Industria Médica está presente en las siguientes áreas de la ciencias y medicina, tanto humana como animal:

- Cuidado de Diabetes: Con dispositivos de monitoreo de glucosa y medicamentos, desde la adquisición de MediSense en 1996.
- Biología Molecular: Realizando análisis de ADN, ARN y proteínas a nivel molecular.
- Nutrición: destinado a todo público.

- Productos Farmacéuticos: Antibióticos desde la década de 1950. En particular las patologías de origen inmune, proporcionando tratamientos para el VIH desde la década de 1980.
- Cuidado Vascular: Con dispositivos de cierre vascular, tecnologías endovasculares y coronarias, y lo referente a enfermedades cardiovasculares.
- Salud animal: Anestesia para animales, dietas líquidas Clinicare Animal y otros productos veterinarios.
- Línea de Diagnóstico/Electromedicina: Con instrumentos y productos destinados a la hematología, inmunodiagnóstico, oncología clínica y química.

1.2.2 Historia

El Dr. Wallace con su espíritu emprendedor, innovador y dedicado, inspiró la cultura de la compañía y lo hace hasta el día de hoy incluso en las contribuciones a la ciencia médica, a continuación, se presentan momentos históricos que destacan en la búsqueda de lo extraordinario de la Empresa de Industria médica.

- 1888: Producción de gránulos medicinales de “alcaloides”, este remedio contiene principios activos de plantas y hierbas. Las ventas el primer año alcanzan \$2000.
- 1894: Construcción de Wallace Alkaloidal Company, ahora es empresa fabricante.
- 1907: primera expansión fuera de Estados Unidos, apertura oficina en Londres.
- 1916: Creación de su primer medicamento sintético, Chlorazene, es un antiséptico creado por el Dr. Henry Dakin para tratar soldados heridos durante la primera guerra mundial.

- 1922: Desarrollo de Butyn, primera vez que este innovador analgésico se desarrolla en esta empresa.
- 1929: La oferta pública inicial proporciona acciones por primera vez en el año de la caída del mercado bursátil que inició la gran depresión.
- 1935: Lanzamiento de Pentothal, que luego se convertiría en analgésico líder a nivel mundial durante muchos años.
- 1942: Empresa de industria médica se une a un consorcio de fabricantes farmacéuticos a pedido del gobierno, aumentando la producción de la penicilina a más de un 20000% durante la guerra.
- 1959: Adopción del logotipo “A” que se mantiene hasta la fecha.
- 1964: adquisición de M&R Dietetics, junto con su famosa fórmula para bebés, Similac, los convierte en líderes en nutrición.
- 1972: Lanzamiento del analizador bioquímico ABA-100, una prueba de radioinmunoanálisis para detectar la hepatitis sérica.
- Aprobación de la primera prueba autorizada por la FDA para identificar el virus VIH en la sangre.
- 1998: Presentación de Glucerna.
- 2002: La FDA aprueba Humira, el primer anticuerpo monoclonal completamente humano.
- 2010: se convierte en la empresa farmacéutica más grande de la India.
- 2017: En su mayor adquisición de todos los tiempos, se adquiere St. Jude Medical, e incorpora inventos de avanzada y una vasta experiencia en las áreas cardiovascular y neuro modulación.

1.2.3 Misión

“Entendemos que el primer paso para vivir mejor tu vida es tener buena salud. Todo lo que hacemos está diseñado para ayudarte a hacer

exactamente eso. Ese es nuestro compromiso de desarrollar tecnologías que cambien la vida para que mantengan tu corazón sano, nutran tu cuerpo en cada etapa de la vida, te ayuden a sentirte y moverte mejor y te aporten información, medicamentos e innovaciones para que manejes tu salud adecuadamente” (Empresa de Industria Médica, 2010)

1.2.4 Visión

“Ser un negocio líder, responsable, sostenible e integrador” (Empresa de Industria Médica, 2010)

1.2.5 Objetivo

“La sostenibilidad en Empresa de Industria Médica se centra en las áreas en las que se cruzan las oportunidades para nuestro negocio con un impacto social y ambiental positivo. Nuestro objetivo es lograr un crecimiento sostenible, ofrecer tecnología que cambie la calidad de vida y generar valores en las comunidades de todo el mundo” (Empresa de Industria Médica, 2010)

1.2.6 Impacto Social

Empresa de Industria médica impulsa el cambio mediante asistencia médica, compromiso con la comunidad, educación científica e impacto compartido.

Sus áreas centrales en impacto social son:

- Acceso a la asistencia médica: Colaborar en todo el mundo para hacer frente a las barreras que impiden llevar una vida sana.
- Compromiso con la comunidad: Fortalecer las comunidades en las que vivimos y trabajamos.
- Impacto Compartido: Generar valores para nuestro negocio y para las comunidades en las que trabajamos.

- Educación científica: Incentivar a las próximas generaciones de científicos e ingenieros.

Empresa de Industria Médica en Costa Rica

Empresa de Industria Médica ha estado presente en Costa Rica por más de 80 años, a través de la distribución y venta de sus productos de diagnóstico, dispositivos médicos, suplementos nutricionales y productos farmacéuticos genéricos de marca. Hace doce años inicio operaciones en la planta en la Zona franca de El Coyol en Alajuela, donde hoy más de mil talentosos colaboradores se especializan en la producción de dispositivos médicos de avanzada en el cuidado y salud cardiovascular.



Imagen 1. Fuente Google Maps, 2021

1.2.7 Descripción del producto

Las familias de Catéter A y B son responsables del ensamble del catéter más vendido para esta fábrica a nivel mundial en cuanto a catéter se habla. Catéter B es la versión levemente mejorada de Catéter A, sin embargo, en el mercado aún se

utiliza en gran número este. La única diferencia entre ambos es el uso del Nylon en Catéter B y Pebax en Catéter A, ambos cumplen la misma función, entrar en el cuerpo humano por medio de las arterias y venas específicas que son localizadas por médicos expertos para realizar procedimientos de cateterismo.

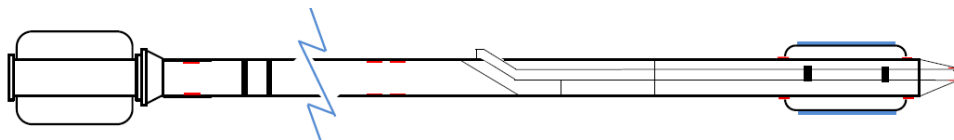


Imagen 2. Plano del catéter oficial de Empresa de Industria Médica. Fuente, imagen creada para ilustración.

Cuando el catéter es introducido al paciente por medio de cables guía que van dentro del catéter, el médico procede a inflar el globo guiado por marcadores de Tuxteno bajo el globo, estos marcadores se logran ver por medio de ultrasonidos realizados en el momento del cateterismo para poder desbloquear arterias o venas bloqueadas por grasa interna del paciente.

La creación de este catéter se realiza por medio de 23 estaciones de trabajo donde se van agregando paso por paso las partes requeridas por el proceso, mediante lotes de producción y altos estándares de calidad.

1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Desde inicios del año 2021 y hasta la fecha el indicador de yield se viene viendo afectado debido a un código de descarte en específico, dentro de los mayores indicadores de descartes se encuentra el código “Defecto en la unión”, defecto que como se indica anteriormente está presente desde hace más de un año y aun no se logra identificar una causa puntual de porqué el yield se ve impactado por este.

En el gráfico siguiente se muestran las barras de color amarillo para la familia de catéter A y la barra de color azul para la familia de catéter B, representados en yield mensual para cada familia desde enero del 2021 hasta julio del 2022 que marca el inicio del proyecto.

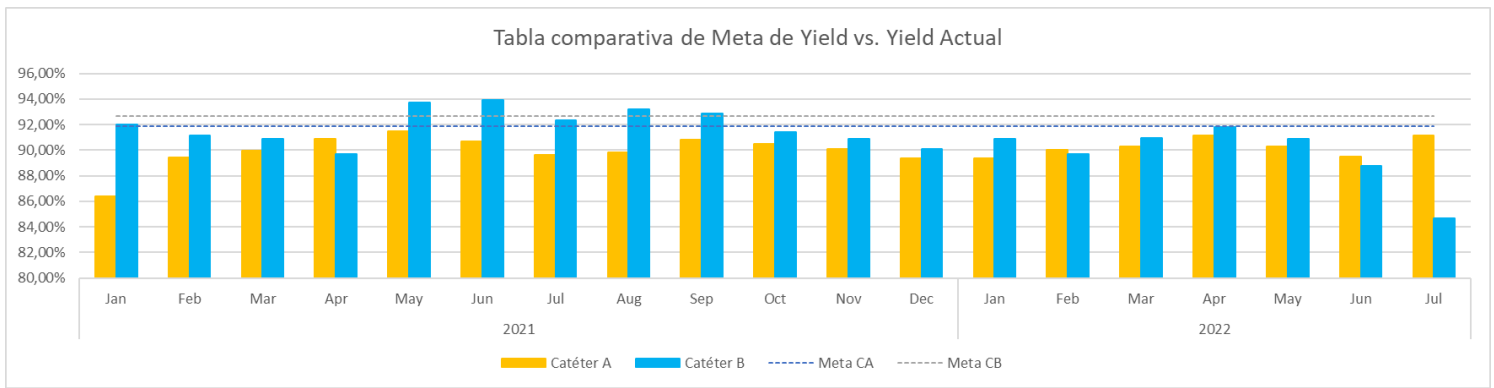


Gráfico 1. Gráfico comparativo de Meta de Yield vs Yield actual (línea punteada). Fuente, Archivo original

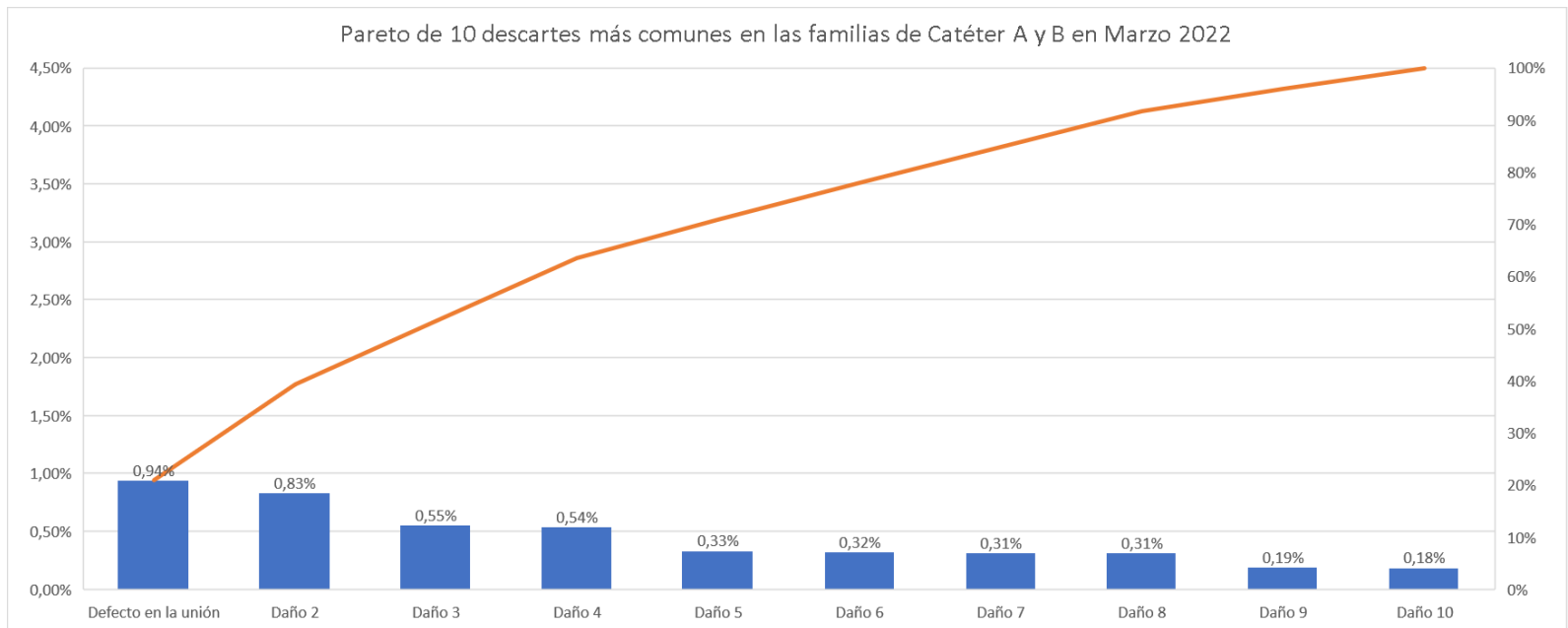


Gráfico 2. Gráfico de Pareto. Fuente, Archivo Original

Se considera un problema por la cantidad de tiempo que tiene presente en el top descartes de la empresa generando hasta más de un 1% de impacto en el Yield Loss mensual de las familias, en meses anteriores y representa una gran oportunidad para mejorar el precio estándar del catéter ya que al descartarse unidades por este defecto se utilizan materia prima de más, incrementando los usajes en las líneas de producción de las familias Catéter A y Catéter B.

Las familias de Catéter A y Catéter B son representadas por 3 líneas de producción que crean estos ensambles desde cero y son los principales afectados debido a que la estación donde se generan es una de las principales alimentadoras de producto de las líneas.

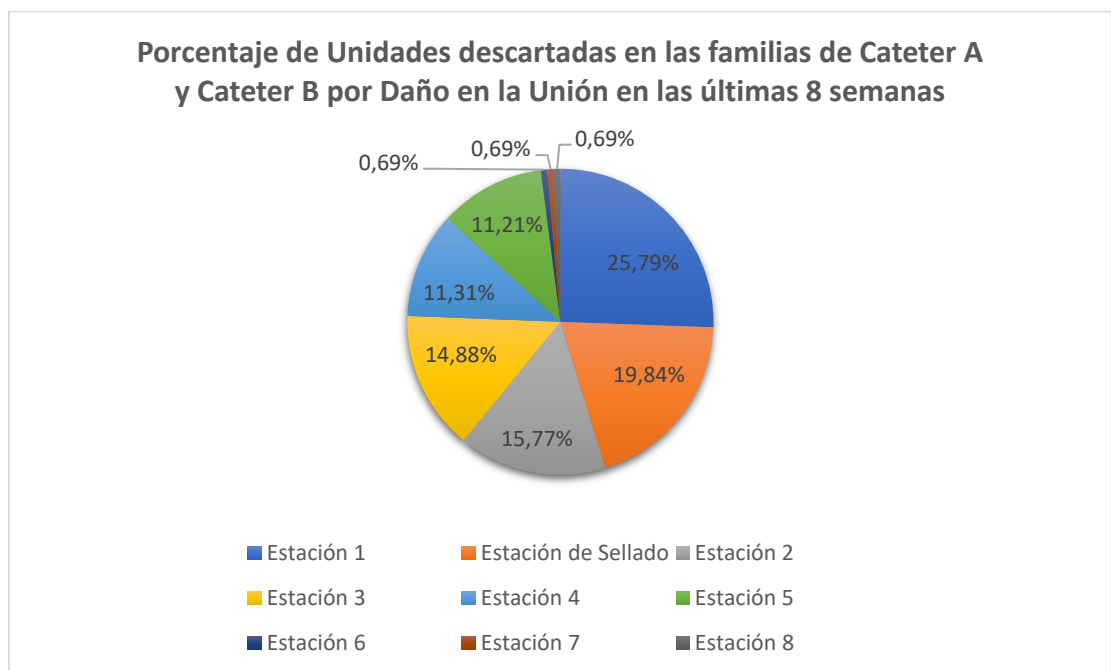


Tabla 1. Cantidad de Unidades porcentual por estación. Fuente, Archivo Original

1.3.1 JUSTIFICACION

Tomando en cuenta que actualmente el yield loss está en 0,94% sobre la meta límite máxima permitida a descartar, ya que se prevé que el yield loss sea de

0,50% por defectos en la unión, y que este excedente me está representando un 0,50% de descartes, con una producción anual de 580,000 unidades en dos turnos de producción, esto significa que, si no se ataca el problema, al final del año se desecharán 5,510 unidades por línea de producción por fallos en la unión. Tomando en cuenta un costo estándar de \$5.00, esta cantidad representaría un total de \$27,550.00 al final del año. Por eso reducir un 50% de los fallos en la unión permitiría alcanzar la meta de yield y pasar de un 0.95% a un 0.50% y ahorrar la cantidad de \$15,000.00 en descartes.

1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION

1.4.1 Objetivo general

Diseñar una propuesta de mejora para reducir en un 50% el indicador de descarte de Daño en la unión, durante el segundo cuatrimestre del 2022, mediante el uso de herramientas de ingeniería Industrial.

1.4.2 Objetivos específicos

- Analizar la situación actual del proceso de producción de la estación de sellado haciendo uso de la metodología DMAIC, haciendo uso de herramientas que me permitan identificar variables que generen ruido en las estaciones de trabajo implicadas.
- Plantear una propuesta de mejora que genere beneficios permanentes en la estación de sellado.

1.5 ALCANCES Y LIMITACIONES

1.5.1 Alcances

Este proyecto tiene como alcance generar una propuesta de mejora que ayude a reducir el descarte por Daño en la Unión en las familias de Catéter A y Catéter B que se han mantenido en el top de descartes de la Empresa de Industria Médica desde inicios del 2021.

1.5.2 Limitaciones

- Por políticas de la empresa en cuanto a confidencialidad, no se reportarán nombres reales y valores monetarios exactos en este proyecto.
- El tiempo para presentar este proyecto se limita a 3 meses, ya que este es el tiempo límite para presentar mejoras en el Yield siendo el 31 de agosto la fecha límite para presentar a la gerencia los resultados visuales y monetarios mejorados.

Capítulo II: MARCO TEORICO

2.1 MARCO CONCEPTUAL GENERAL RELATIVO A LA CARRERA

En esta sección podremos comprender de una mejor manera la carrera de Ingeniería Industrial, sus ramas y conceptos que respaldan la investigación, implementación y desarrollo de este proyecto.

2.1.1 Ingeniería Industrial

La ingeniería Industrial integra prácticas y funciones de recursos humanos, materiales, sistemas financieros y de información, entre otras, para aumentar la productividad de una empresa.

Dentro del universo de las ingenierías existe la frase: “La ingeniería Industrial está en todo”. Esto responde a que esta rama de la ingeniería es multidisciplinaria y se especializa en conocimientos de funciones importantes para el crecimiento de una empresa, como lo son la producción, la administración, las finanzas y la economía.

La Ingeniería Industrial se ocupa de la optimización del uso de recursos humanos, técnicos e informativos, y del manejo y gestión óptimos de los sistemas de transformación de bienes y servicios de una empresa o compañía.

Y con el objetivo de obtener productos y servicios de alta calidad, se convierte en el responsable de optimizar, el equipo, los materiales y procesos.

“Su enfoque es la productividad. El Ingeniero industrial está analizando cómo reducir tiempo, costos, materiales y simplificar el ensamble de una pieza, entre otras cosas”, explica el Dr. Iván Echeverría (Facultad de Ciencia, 2019).

Dentro de la carrera de ingeniería Industrial se emplean conocimientos de:

- Ergonomía
- Ciencia de la administración

- Estadísticas
- Cadena de suministros
- Planificación Estratégica
- Ingeniería Financiera
- Cálculo
- Termodinámica
- Plantas de producción, entre otros.

Calidad

Se define calidad como “La totalidad de los rasgos y características de un producto o servicio que se sustenta en su habilidad para satisfacer las necesidades establecidas o implícitas” (Paz, 2008)

Control de calidad

Siempre existió el concepto de control de calidad, pero la diferencia con éste es que el control depende o se fundamenta en la inspección final del proceso. Cuando se fabricó una cosa mal, el control evita que ese producto llegue al cliente, pero no puede evitar el desperdicio en que incurrió la organización y por ende en el costo que ya fue pagado por la misma o la sociedad en sus conjuntos. (Paz, 2008)

Actualmente cuenta con herramientas de control de calidad, que son métodos encargados de la resolución de problemas y la mejora continua de los procesos. Algunas herramientas utilizadas son:

- Diagrama de Ishikawa
- Hojas de Inspección
- Diagrama de Pareto
- Tablas de datos

- Histogramas
- Diagramas de flujo
- 5 por qué
- Thought map

Mejora Continua (Kaizen)

el término Kaizen es relativamente nuevo. De acuerdo con su creador, Masaaki Imai, proviene de dos ideogramas japoneses: “kai” que significa cambio y “zen” que quiere decir para mejorar. Así, podemos decir que kaizen es “cambio para mejorar” o “mejoramiento continuo”, como comúnmente se le conoce. (Paz, 2008)

Productividad

Según (Gutiérrez, 2013) es la capacidad de generar resultados utilizando ciertos recursos. Se incrementa maximizando resultados y optimizando recursos.

En general, la productividad se entiende como la relación entre lo producido y los medios empleados; por lo tanto, se mide mediante el cociente: resultados logrados entre recursos empleados. Los resultados logrados pueden medirse en unidades producidas, piezas vendidas, clientes atendidos o en utilidades. Mientras que los recursos empleados se cuantifican por medio del número de trabajadores, tiempo total empleado, horas máquina, etc.

2.2 MARCO CONCEPTUAL ATENIENTE A LA GESTION DEL PROYECTO

Six Sigma

Six sigma o seis Sigma como es conocida en español, es una filosofía de trabajo que Ancia como una metodología de mejora y solución de problemas complejos. Su creador fue el doctor Mikel Harry, el cual la desarrollo como una herramienta de control y disminución de la variación en los procesos. A partir de ese

entonces su concepto ha evolucionado a través de múltiples aportes hasta convertirse en una filosofía puesta en práctica en los procesos de más alto desempeño.

Desde un punto de vista estadístico: Six Sigma es una métrica que permite medir y describir un proceso, producto o servicio con una capacidad de proceso extremadamente alta (precisión del 99.9997%). Six sigma significa <<seis desviaciones estándar de la media>>, lo que se traduce matemáticamente a menos de 3.4 defectos por millón. (López, 2019)

Desde el punto de vista Estratégico: es una filosofía que se ajusta a los procesos con la mínima tolerancia posible como una forma de reducir los desperdicios, los defectos y las irregularidades tanto en los productos como en los servicios.

Six Sigma se implementa para permitir:

- Asegurar la calidad en cada puesto de trabajo
- Formar personas capaces de mejorar la calidad
- Asegura la sostenibilidad y rentabilidad de los negocios
- Diseñar y desarrollar procesos, productos y servicios capaces.

2.2.1 DMAIC

DMAIC es un enfoque de resolución de problemas basado en datos que ayuda a realizar mejoras y optimizaciones incrementales en los productos, diseños y procesos comerciales. Fue creado en 1980 como parte de la metodología Six sigma por el ingeniero de Motorola, Bill Smith. El enfoque Six Sigma fue diseñado para impulsar la mejora continua de los procesos de fabricación utilizando datos y estadísticas.

Procedimiento para implementar Six Sigma

DMAIC tiene 5 pasos interconectados: definir, medir, analizar, mejorar y controlar. Cada fase está concebida para tener un efecto acumulativo: basarse en la información y los datos generados en las fases anteriores y repetirse en varias iteraciones.

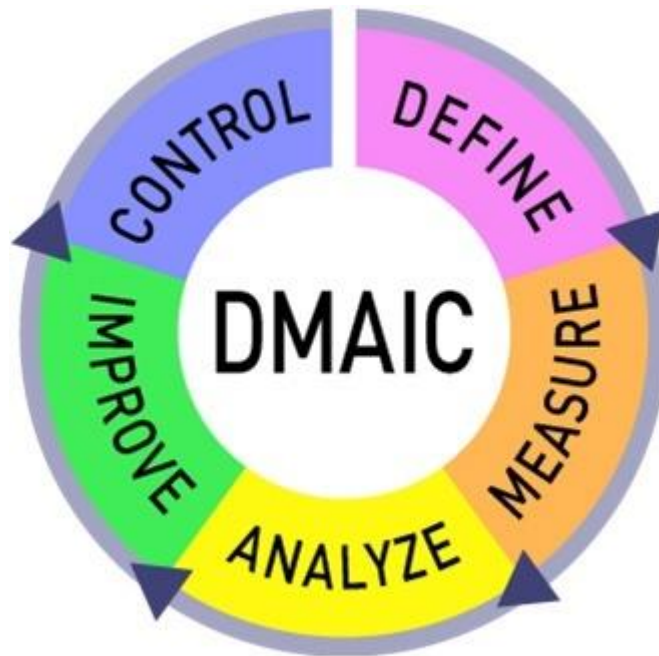


Imagen 3. Ciclo DMAIC, Fuente "A Quick Guide to DMAIC for Beginners, KaiNexus.com"

Definir

Se define el proyecto a realizar, generalmente en función a propósito, alcance y resultados; o en función a problema, procesos y objetivos.

Medir

Se obtienen datos y mediciones del proceso. Es usual que esta fase se soporte en mapas de valor y observación. Deben medirse y documentarse aspectos

claves, datos relevantes, completar todas las variables y los parámetros que afectan todos los procesos.

Analizar

En este paso los datos recabados en la medición se convierten en información; en esta fase deben identificarse a partir de las variables y los parámetros, las causas claves de los problemas.

Mejorar

Según las causas principales de los problemas, deben modificarse o rediseñarse los procesos. Es clave involucrar al personal que se relaciona directamente con los procesos, esto constituye un paso fundamental en la continuidad de las mejoras.

Controlar

Debe verificarse que se sostengan los resultados, esta fase es el principio de la mejora continua. Las mejoras en el proceso deben asegurarse de manera que se sostengan los niveles de desempeño, del mismo modo en que se adaptan mejoras incrementales o lo largo del tiempo.

Brainstorming o lluvia de ideas

A partir de los datos recolectados en la etapa de medición, se puede realizar un análisis y surgimiento de ideas para poder proponer una mejora, basada en los datos. El uso de esta técnica es aceptado por las empresas y actualmente existen programas computacionales dedicados a la recopilación de estas ideas y realizar mapeos mentales.

Diagrama Ishikawa

Diagrama de Ishikawa

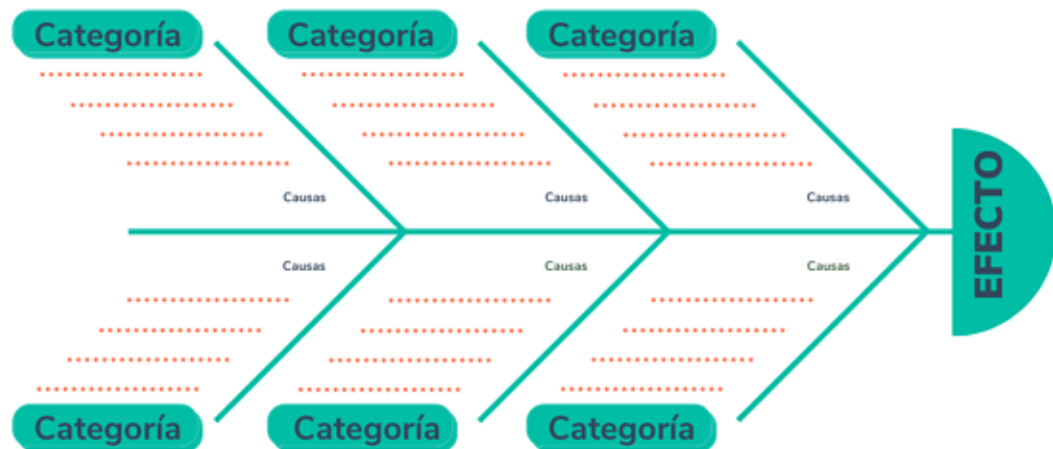


Imagen 4. Diagrama de Ishikawa, Fuente "Diagrama Ishikawa – Hubspot.es"

Kaoru Ishikawa es el creador de esta metodología que desarrolló en 1943. El gran valor que tuvo su idea fue elaborar un análisis gráfico para que fuera más comprensible.

Según (Gutiérrez, 2013) este esquema también conocido como diagrama de causa-efecto se basa en la premisa de que todo problema tiene una causa; de algo que está mal en un proceso. Entonces hay que identificar de donde surgen las acciones que están conformando el problema.

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

Diagrama de Pareto

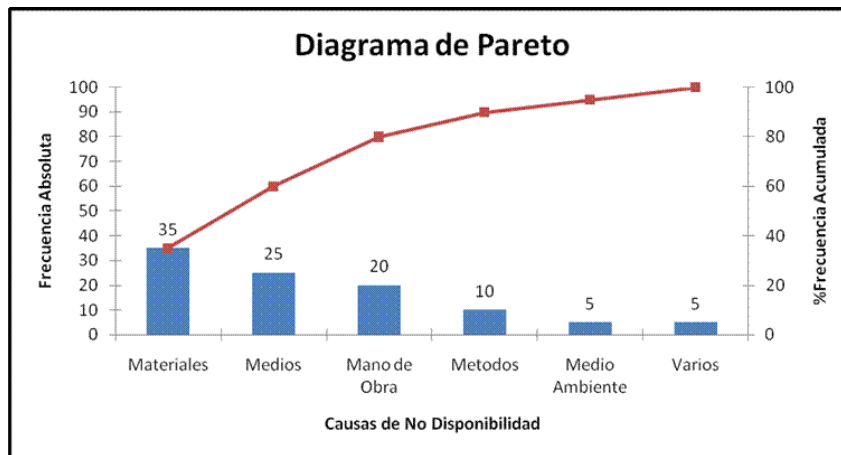


Imagen 5. Diagrama de Pareto. Fuente Gráfica de Pareto, SPC Consulting Group.

Como lo indica (Gutiérrez, 2013) puede ser de gran utilidad para la toma de decisiones en una organización, ya que permite evaluar el nivel de prioridad de las acciones que debes tomar para llegar a los resultados que esperas.

Es una técnica que permite clasificar gráficamente la información de mayor a menor relevancia, con el objetivo de reconocer los problemas más importantes en los que deberías enfocarte y solucionarlos.

Esta técnica se basa en el principio de Pareto o regla 80/20, la cual establece una relación de correspondencia entre los grupos 80-20, donde el 80% de las consecuencias provienen del 20% de las causas.

Puede utilizarse para:

- Analizar los diferentes productos y servicios que ofrecen y mejoran su calidad.
- Observar la producción de productos en tiempo y volumen,

- Identificar qué productos generan mayores ventas y cuales tiene más tiempo almacenados.
- Reconocer las oportunidades de mejora de tu negocio.
- Identificar cuáles son las razones por las que ocurren algunos problemas y priorizar las soluciones.

Mapa de Proceso

Según (Gutiérrez, 2013) es un diagrama de flujo de proceso que se detalla de acuerdo con el objetivo.

La idea del mapeo es hacer un diagrama de flujo más apegado a la realidad, en donde se especifiquen las actividades que efectivamente se realicen en el proceso (actividades principales, inspecciones, esperas, transportes, reprocesos).

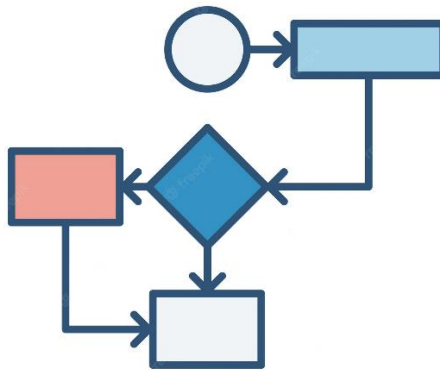


Imagen 6. Mapa de flujo de proceso. Fuente como-funciona.co

Diagrama de Gantt

Según (Pérez, 2021) el diagrama de Gantt es una herramienta de gestión que sirve para planificar y programar tareas a lo largo de un periodo determinado.

Gracias a una fácil y cómoda visualización de las acciones previstas, permite realizar el seguimiento y el 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.

Desarrollado por Henry Laurence Gantt a inicios del siglo XX, el diagrama se muestra en un gráfico de barras horizontales ordenadas por actividades a realizar en secuencias de tiempos concretas.



Imagen 7. Ejemplo de diagrama de Gantt. Fuente, plandemejora.com

2.3 MARCO CONCEPTUAL REFERENTE AL IMPACTO DEL PROYECTO

A continuación, se plantean los distintos aspectos con los que se busca generar un impacto positivo no solo a las líneas de producción sino a la Empresa de Industria médica en general ya que un proyecto de este tipo puede servir de guía para otros proyectos en busca de la mejora de indicadores, tiempos, productividad, eficiencia y muchos factores más.

A corto plazo identificar qué factores generan un alto índice de descartes de Daños en la Unión, así prevenir desde el momento en que los supervisores realizan el “Handshake”, momento en que, en conjunto con el departamento de Planeo, realizan la lista de órdenes a producir por líneas de producción. Esto beneficia a todos los departamentos ya que ayuda a revisar con tiempo el tipo de descartes que tiene cada lote ya que al ser tan variados todos generan un tipo de descarte muy variado.

A mediano plazo se procura crear una cultura basada en las nuevas funcionalidades del proceso que se realiza en la estación de Sellado, ajustando metodologías de trabajo de cada uno de los empleados actuales e introduciendo estas a los nuevos empleados entrenados en dicha estación.

Cuando se aprende un proceso con ciertas características desde principio es fácil aplicarlo día a día. Sin embargo, una vez que se ha realizado un proceso de una forma y se intenta cambiar, es necesario reaprender parte del proceso, acostumbrarse y dejar de lado viejos métodos, por lo que se comprende que debe ser implementado de manera paulatina para los empleados actuales, por mínimo que sea el cambio.

Por último, a largo plazo se busca lograr el objetivo general de este proyecto, el cual es lograr disminuir el alto índice de descartes por daños en la unión, lo que

generará directamente un aumento en el indicador de yield y por ende detener el aumento del precio estándar del catéter.

Para medir económicamente las ganancias se intentará hacer uso de las herramientas de análisis económico VAN y TIR.

El VAN es el acrónimo del Valor Actual Neto, también conocido como Valor Presente Neto (VPN). Es uno de los indicadores financieros para valorar y determinar la viabilidad y la rentabilidad de un proyecto de inversión, más conocidos y utilizados. Se determina mediante la actualización de los flujos de gastos e ingresos futuros del proyecto, menos la inversión inicial, si el resultado de esta operación es positivo, es decir, si refleja ganancia se puede decir que el proyecto es viable.

De esta manera la empresa está en posición de evaluar desde el inicio y con proyección a futuro la viabilidad de su proyecto y los resultados de su inversión. El VAN permite conocer la posible rentabilidad a través de la fórmula matemática. En esta fórmula se utilizan los valores de los flujos de caja (ingresos y egresos de efectivo) actualizados a la fecha presente, descontándolos a una tasa de interés determinada. Y con sus resultados expresados en términos de unidades de valor monetario.

TIR o Tasa Interna de Retorno es uno de los métodos de evaluación de proyectos de inversión más recomendables. Se utiliza frecuentemente para analizar la viabilidad de un proyecto y determinar la tasa de beneficio o rentabilidad que se puede obtener de dicha inversión. Estrechamente ligado al VAN, el TIR también es definido como el valor de la tasa de descuento que iguala el VAN a cero, para un determinado proyecto de inversión. Su resultado viene expresado en el valor porcentual.

Es sumamente confiable cuando la empresa quiere determinar la rentabilidad y viabilidad de un proyecto de inversión. El TIR utiliza el flujo de caja neto proyectado y el monto de la inversión del proyecto. Aunque, esa confiabilidad se ve disminuida si se compara la rentabilidad de dos proyectos diferentes, debido a que no toma en cuenta la variación entre las dimensiones de ambos. En conclusión, TIR es el porcentaje de beneficio o pérdida que se puede obtener de una inversión.

2.4 ANTECEDENTES DEL PROYECTO O EXPERIENCIAS SEMEJANTES

En esta sección se incluye la información referente a los antecedentes relacionados con este trabajo de investigación, los cuales han sido desarrollados en el mismo departamento de ingeniería en el que se desarrolla este proyecto.

Como parte de la elaboración de este proyecto, se consultó la investigación que se realiza al mismo tiempo que está en la Empresa de Industria Médica, la cual se desarrolla en el mismo departamento de Ingeniería sin embargo en otra familia que por tema de confidencialidad llamaré “Catéter C”, proyecto realizado por la Ingeniera Priscilla Cerdas graduada de ingeniería Mecánica en la Universidad Tecnológica de Costa Rica.

El nombre del proyecto es “Reducción de estiramientos en la unión durante el proceso de Catéter C durante el mes de mayo y junio del 2022” el objetivo es: “Diseñar una propuesta de mejora en el proceso de ejecución y manipulación del catéter en la línea de producción Z para el cumplimiento de indicadores e incremento de la productividad evitando el estiramiento de la unión, en el segundo cuatrimestre del año 2022”

En el trabajo de investigación consultado, Priscilla aplica la metodología de la carrera de ingeniería Industrial que fundamenta este presente proyecto investigativo. Se realiza un análisis de la situación actual de la empresa, identifica

posibles puntos de mejora y termina realizando el estudio correspondiente, tomando como base la herramienta de la mejora continua de Six Sigma que le permitieron llegar a las siguientes conclusiones, las cuales considera factores principales de causa para este problema:

- Recomienda el ajuste de la posición de la unidad aumentando el calor residual aplicado al material “Pebax” que es uno de los componentes principales de la unión.
- Para la realización del sellado en la unión se requiere un componente llamado tubo termo contráctil, ella sugiere que hay una discrepancia entre el requerido y el alternativo, por lo que realiza un DOE para conocer a profundidad sus factores al sellar.
- Desalineamiento por factores externos durante el sellado de la unión.
- También no descarta la manipulación del material durante el proceso ya que los puntos de control lo detectan durante la segunda inspección dos estaciones después, mas no durante la inspección de la misma estación de sellado.
- Se definieron acciones de control y seguimiento que se deben llevar a cabo para asegurar que las soluciones propuestas hasta el momento obtengan resultados esperados.
- Se concluye que uno de los beneficios económicos que se obtendrán con la puesta en marcha de las soluciones planteadas es el ahorro de \$5,620.00 por conceptos de pagos de horas extras que se dejará de realizar para reponer unidades cada vez el problema se presentaba.

Por estas razones se toma como antecedente y experiencia ya que hay muchos factores en común con el presente proyecto.

Capítulo III: MARCO METODOLOGICO

3.1 METODOLOGIA PARA LA DEFINICION DEL PROBLEMA.

Es la fase inicial de la metodología DMAIC, en donde se identificará el problema, que es definir; aquí se desarrollarán actividades que nos ayuden a identificar el problema que queremos resolver. En esta fase es importante hacer preguntas como ¿Por qué es necesario resolver esto ahora? ¿Qué se busca lograr en el proceso? ¿qué se necesita lograr para completar el proyecto exitosamente?

Etapa	Objetivo	Herramientas Utilizadas
Definir	Definir el problema que queremos resolver.	Diagrama de Flujo Diagrama SIPOC Gemba Walk Lluvia de Ideas

Tabla #2. Herramientas utilizadas en la etapa de definición. Fuente: Elaboración propia, 2022.

3.2 METODOLOGIA PARA LA MEDICION Y RESPALDO CUALITATIVO DE PROYECTO.

Para esta etapa, una vez definido el problema, se basa en la segunda fase de la metodología DMAIC, que es medir; aquí se desarrollan las actividades que permiten identificar cuáles son los requisitos o características en el proceso, que variables afectan el desempeño de la estación de trabajo. A partir de estas variables se definirá la manera en la que será medida la capacidad del proceso, por lo que es necesario la recolección de información sobre el desempeño actual del proceso, es decir, que tan bien se están cumpliendo las expectativas del cliente.

Etapa	Objetivo	Herramientas Utilizadas
Medir	Realizar un diagnóstico del proceso con los datos e información recolectada.	Gráficos de control Recolección de datos

Tabla #3. Herramientas utilizadas en la etapa de medir. Fuente: Elaboración propia, 2022.

3.3 METODOLOGIA PARA LA PROPUESTA DE MEJORA, CONSTRUCCION O PUESTA EN PRACTICA DE UN NUEVO PROCESO, PRODUCTO O SERVICIO.

Para esta etapa, se basa en la tercera fase de la metodología DMAIC, que es Analizar, aquí se analiza toda la información sustraída en la fase anterior, y, a partir de ella, se buscan razones de la problemática y tratar de determinar cuáles acciones se deberían implementar para poder corregir el problema. En esta fase se determina si el problema es real o un evento aleatorio que no puede ser solucionado utilizando la metodología DMAIC. En esta etapa se seleccionan y se aplican herramientas de análisis a los datos recolectados en la etapa de medir y se estructura un plan de mejoras potenciales a ser aplicado en la siguiente fase.

Etapa	Objetivo	Herramientas Utilizadas
Analizar	Entender cómo y por qué se genera el defecto durante el proceso con el fin de obtener las posibles causas raíz.	Mapa de Procesos Thoughtmap Diagrama Ishikawa Diagrama de Pareto

Tabla #4 Herramientas utilizadas en la etapa de análisis. Fuente: Elaboración propia, 2022

3.4 METODOLOGIA PARA LA IMPLEMENTACION DEL PROYECTO.

En esta etapa del proceso, la cuarta del DMAIC, la mejora, se pretende utilizar toda la información ya analizada para planificar y proponer las soluciones de las causas identificadas que provocan el problema.

Una vez que se ha determinado que el problema es real y no un evento aleatorio, se deben identificar posibles soluciones. En esta etapa se desarrollan,

implementan y validan alternativas de mejora para el proceso. Para hacer esto se requiere de una lluvia de ideas que genere propuestas las cuales deben ser aprobadas usando corridas piloto dentro del proceso, así como un Gantt para seguir el plan de acciones a seguir para la solución de este problema.

De estas pruebas y experimentos se obtendrán propuestas de cambio en el proceso, es en esta etapa en donde se entregan soluciones al problema.

Etapa	Objetivo	Herramientas Utilizadas
Mejora	Planificar y proponer las soluciones adecuadas para reducir las causas que provocan el problema.	Lluvia de ideas DOE (Diseño de Experimentos) Diagrama Gantt

Tabla #5 Herramientas utilizadas en la etapa de mejora. Fuente: Elaboración propia, 2022

3.5 METODOLOGIA PARA LA VERIFICACION, ASEGURAMIENTO, CONTROL Y SEGUIMIENTO DE RESULTADOS.

Finalmente, una vez encontrada la manera de mejorar el desempeño del proceso, se necesita encontrar como asegurar que la solución pueda sostenerse sobre un periodo largo de tiempo. Esta fase final del DMAIC se llama Control, aquí debe diseñarse e implementarse una estrategia que asegure que los procesos sigan corriendo de forma eficiente.

Etapa	Objetivo	Herramientas Utilizadas
Control	Determinar si las propuestas de solución son exitosas.	Gráficos de control

Tabla #6. Herramientas utilizadas en la etapa de control. Fuente: Elaboración propia, 2022

Capítulo IV: LINEA BASE Y ANALISIS DE CAUSAS

4.1 DIAGNOSTICO DEL PROCESO ACTUAL

Este capítulo se desarrolló para realizar un diagnóstico del proceso de producción actual que tiene la estación de trabajo de sellado de la unión en las líneas de producción de las familias Catéter A y Catéter B de Empresa de industria médica, en el Coyol de Alajuela.

Las líneas de catéter A y B están compuestas de 23 estaciones de trabajo, sin embargo, para este proyecto de investigación el enfoque será solamente en la estación de sellado que, está teniendo un nivel de descarte fuera de lo común desde mediados del año 2021 y se ha mantenido hasta fechas actuales, el cual no se había tomado en cuenta debido a los buenos números de la empresa a nivel general hasta que se tomó la decisión por parte de la empresa de hacer reducción de costos en diversas áreas de la misma por el tema de la pandemia, y la gerencia de los departamentos de Ingeniería y calidad hicieron una revisión a profundidad de posibles proyectos de mejora en los cuartos de producción para lograr reducir el precio estándar del catéter.

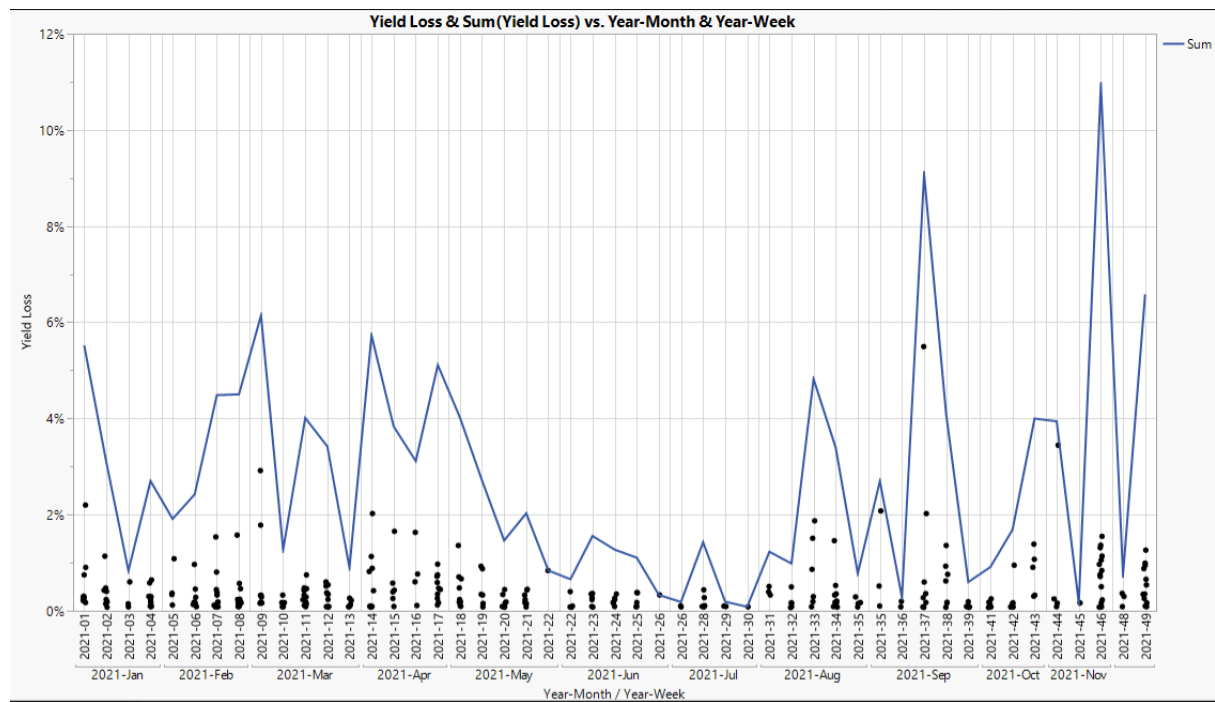


Gráfico #4. Gráfico de daños en la unión del año 2021. Fuente Original

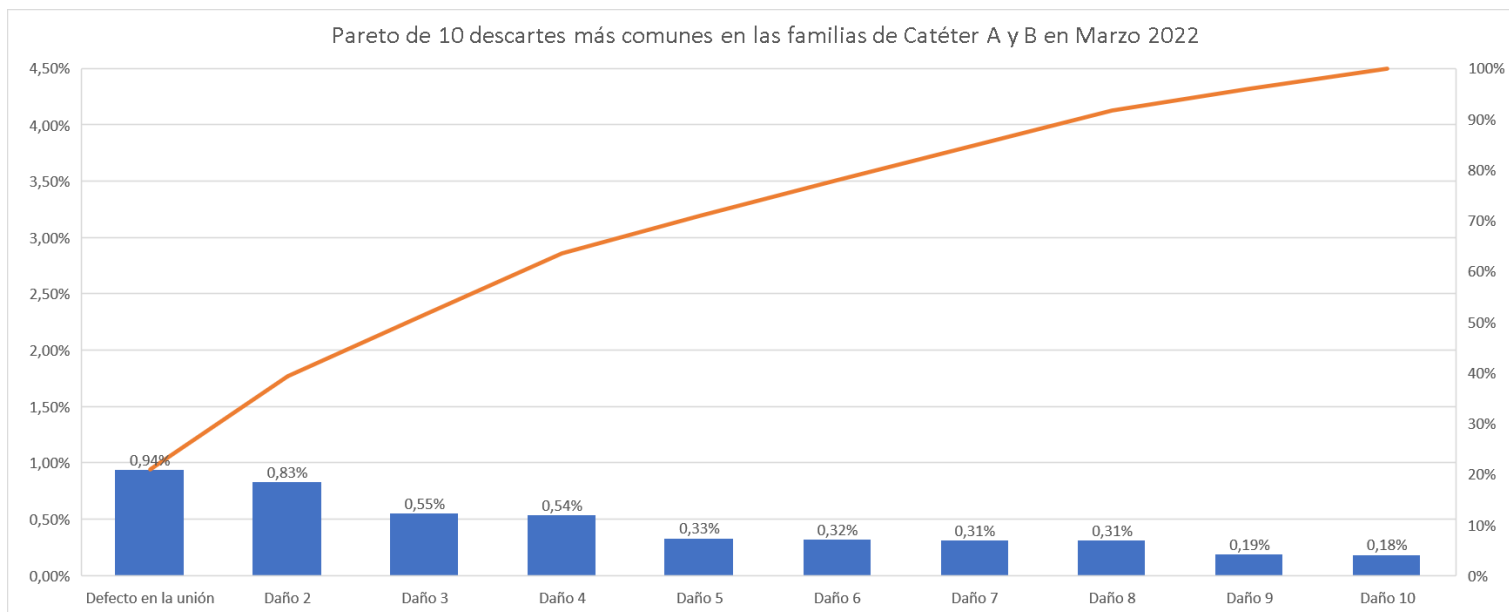


Gráfico #5. Gráfico Pareto de los descartes que más impactan a las familias de Catéter A y Catéter B en las últimas 8 semanas del primer cuatrimestre del año 2022. Fuente Original.

Los Gráficos anteriores muestran lo inestable que ha sido el descarte de daños en la unión durante el año 2021 e inicios del 2022, por lo que se agrega a la lista de proyectos de mejora del año actual.

Responsabilidades del proyecto de Ingeniería		
Cargo	Nombre	Puesto
Encargado de Proyecto	José Galo	Técnico de Manufactura
Tutor Responsable	Pedro Brenes	Gerente de Ingeniería de Manufactura
Experto Estadístico	Fabio Alvarado	Ingeniero experto en estadística



Tabla #7. Responsabilidades del proyecto y organigrama del departamento.

Fuente, original

Como se observa en la tabla anterior es muy poco personal asignado para el proyecto, sin embargo, se me asignaron dos ingenieros de gran conocimiento en los procesos de las familias de catéter A y B para este proyecto para poder realizar el mismo.

Pedro Brenes será el encargado de revisar el proyecto a nivel empresa ya que por temas de confidencialidad no se pueden asignar nombres reales al proyecto y así como también es un experto en manejar la información sobre los productos de la planta, su experiencia será de mucho valor al proyecto.

Fabio Alvarado es un ingeniero experto en estadísticas y es el encargado de ayudarme en el manejo y armado del DOE con el que se planea confirmar que las acciones tomadas debido a la causa o causas raíz, efectivamente son funcionales, tomando en consideración los lotes que mayor problema han presentado con este código de descarte.

Descripción del Producto

Las familias de catéter A y B, como se describe en la información de la empresa, están enfocadas en el área vascular creando el subensamble de catéteres para venas y arterias y que ayuda a los médicos en el proceso de cateterismo en pacientes de riesgo vascular, el proceso de este sello es solo un paso de una larga lista de procesos para la creación del catéter, este sello está identificado en la siguiente imagen, identificado con un círculo en rojo.

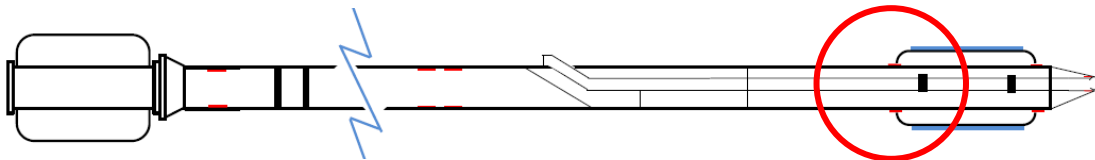


Imagen 8. Plano mecánico del catéter creado por familias de catéter A y B.

Fuente, Guía de solución de problemas, Empresa de Industria médica.

Descripción del Proceso

Para conocer a profundidad el proceso de sellado, que materiales utiliza, hacia donde corre el ciclo de la línea, se comenzó realizando un Diagrama SIPOC a partir de la documentación de la estación para entender antes de llegar a la

estación, luego se mostrarán estaciones aledañas a la de sellado que estén implicadas con el proceso de este y que de una u otra forma agreguen valor a este proceso por medio del Diagrama de flujo.

S	I	P	O	C
PROVEEDORES	ENTRADAS	PROCESO	SALIDAS	CLIENTE
-Estación de Preparación de sellado.	-Tubo termocontractil -Pebax para la unión -Operador -Selladora -Parámetros de selladora -Mandrill -Microscopio -Pinzas punta redonda. -Globo para sellar	-Se recibe unidad de estación anterior. -Se coloca unidad en selladora. -Se cierran abrazaderas #1. -Se alinea unidad con camara. -Se cierra abrazadera #2. -Se inicia ciclo de sellado. -Al terminar ciclo, se retira unidad de selladora. -Se retira tubo termocontractil con pinzas. -Se inspecciona unida. -Se retira unidad del mandril. -Unidad pasa a siguiente estación	-Unidad sellada correctamente. -Unidad Inspeccionada.	-Estación de preparación de sellado #2

Tabla #8. Diagrama SIPOC. Fuente Original.

Conociendo el flujo de la estación identificado vemos el Diagrama de flujo de estaciones implicadas en este proceso de sellado.

Diagrama de flujo de proceso líneas de Catéter A y B

Jose Galo | Tesina 2022

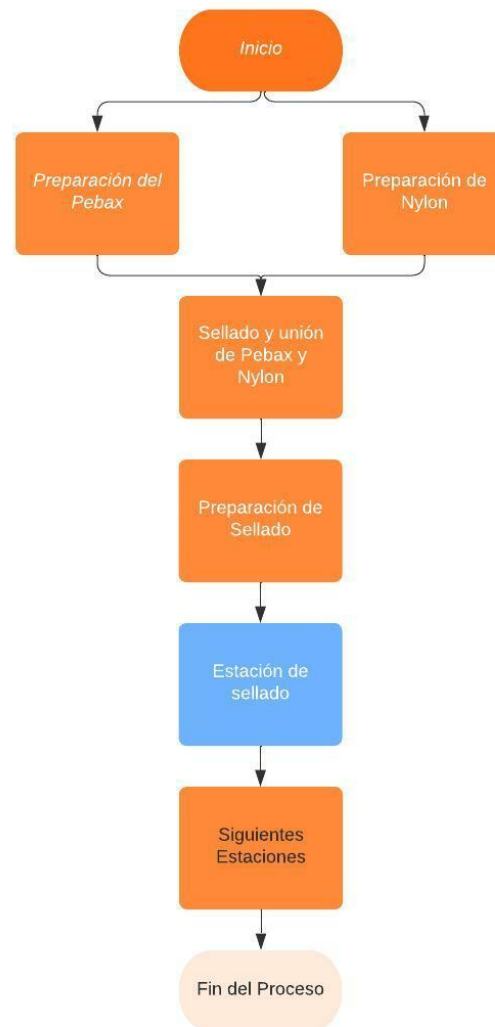


Figura #1. Diagrama de flujo de proceso de las estaciones involucradas en el proceso de sellado. Fuente Original.

Diagrama de flujo de proceso líneas de Catéter A y B	
Estación	Variable crítica
1 Preparación del Pebax	Preparación de una de las partes externas del material procesado por medio de tensión y calor.
2 Preparación del Nylon	Preparación de la segunda parte externa procesado también por medio de tensión y calor.
3 Sellado y unión de pebax y nylon	En esta estación se unen el pebax y el nylon por medio de sellado.
4 Preparación de sellado	Estación en que se prepara el globo para ser sellado al pebax en la siguiente estación, se cortan los extremos a la medida establecida según documento de proceso.
5 Estación de sellado	Estación en la que se unen el globo al pebax por medio de calor.

Tabla #9. Cuadro de variables críticas de estas estaciones implicadas. Fuente Original.

Este proceso de la creación del catéter inicia con las estaciones de “Preparación del pebax” y “Preparación del nylon” ejecutadas ambas tareas por un

colaborador en cada estación, cada uno prepara su material entregado previamente por el encargado de bodega al inicio de cada lote comercial, este proceso es exactamente el mismo sin embargo al trabajar con materiales distintos, cambian su configuración en equipos aunque sean los mismos, se le da estabilidad a ambos materiales por medio de calor, sostenidos por mandriles con un diámetro en específico para cada estación. Después de su respectiva estabilización se retiran del mandril y se realiza una inspección táctil y visual para confirmar el buen estado de la unidad, si la unidad durante el táctil presenta una anomalía, se descarta inmediatamente.

Si la unidad pasa, el colaborador procede a seguir el flujo de la línea, hacia la derecha, y, entrega a la siguiente estación, “Sellado y unión de pebax y nylon” aquí el pebax se coloca en un mandril nuevo, al nylon se le introduce un mandril con un diámetro mayor de manera que se genere una abertura de forma de campana en el mismo para cuando inserten el mandril en él, encaje a la perfección con el pebax, luego de este paso se coloca un tubo termo contráctil para proceder a realizar su respectivo sellado para su unión, luego de este se retira el excedente de tubo termo contráctil para realizar una nueva inspección visual bajo un microscopio a una magnificación de 10x, si la unidad es aceptable según el criterio de aceptación y rechazo de las unidades, la unidad se pasa a la siguiente estación, sino, se descarta inmediatamente.

La siguiente estación es “preparación de sellado” aquí se coloca un tubo termo contráctil sobre el mandril y el pebax, sobre el pebax se coloca el globo que tiene un diámetro interno igual al diámetro externo del pebax para proceder a unir las partes en la siguiente estación, la estación de “sellado” o “unión”.

Diagrama de Flujo de Proceso Estación de sellado

Jose Galo | Tesina 2022

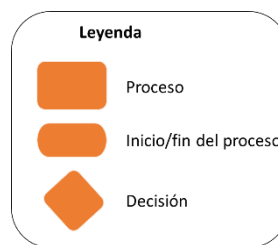
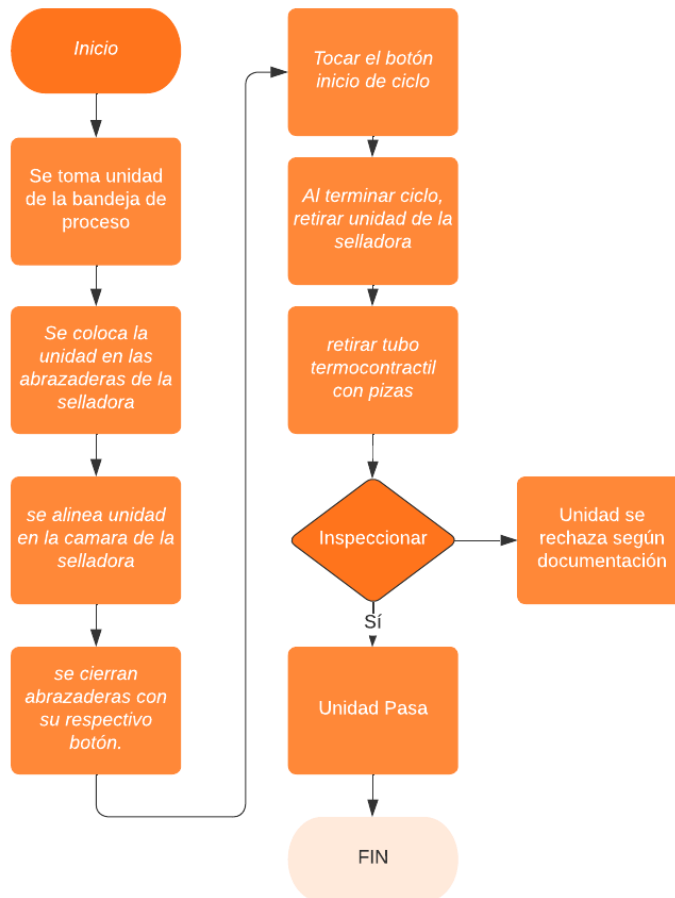


Figura #2. Diagrama de Flujo de proceso de la Estación de sellado. Fuente Original.

El proceso de sellado inicia tomando la unidad de la bandeja de proceso colocada a la izquierda de la estación, la unidad se coloca sobre las abrazaderas de la selladora y el inicio del mandril dentro del collarín, la selladora cuenta con una cámara para mejorar el proceso de alineación, este proceso inicia al tener la unidad colocada en el collarín y las abrazaderas, se procede a cerrar el collarín y abrazaderas para alinear con las líneas divisorias de la cámara el globo con el pebax.

Cuando la unidad está alineada se procede a iniciar el ciclo, tocando en 3 ocasiones el botón de ciclado.

1. Cierre de puerta de seguridad de la selladora
2. Arranque de motor para que la unidad rote
3. Inicio de ciclo, durante este momento la selladora transfiere calor a la unidad por medio de un rayo láser de calor.

El calor funde el tubo termo contráctil con el globo y el pebax.

Cuando el ciclo termina, la unidad deja de rotar automáticamente y se abre la puerta, el colaborador procede a retirar la unidad de la selladora y retira el sobrante del tubo termo contráctil con ayuda de pinzas, tomando el tubo termo contráctil del lado del globo y haciendo fuerza hacia el lado del pebax.

Se retira la unidad del mandril y se procede a realizar una inspección visual bajo un microscopio bajo una magnificación de 10x como mínimo, si la unidad es aceptable según el criterio de aceptación, la unidad es pasada a la siguiente estación, si no, se descarta inmediatamente.

Gemba Walk

Durante las caminatas gemba realizadas en 4 ocasiones en distintos días y en los 2 turnos operativos, se observó el proceso de varios operarios sin interrumpir su proceso, previamente habiendo leído la documentación correspondiente de la estación. Se observan diferentes comportamientos por parte del personal de la estación, todo dentro de lo especificado, sin embargo, se identifica que todos tienen su manera distinta de laborar.

Durante el primer día en la jornada matutina a simple vista se identifica en la cámara de la selladora que, el mandril realiza movimientos anormales durante el sellado lo que genera inmediatamente que el equipo no genere el calor adecuado en las unidades donde ocurre esta particularidad, al inspeccionar el mandril se identifica que por su repetido uso pierde las condiciones de rectitud que presentan al ser nuevos, lo que provoca que al realizar el sello el movimiento de rotación para recibir el calor debido sea incompleto, provocando que en ciertas unidades el sello quede incompleto o en otras ocasiones el sello reciba más calor en cierta área, más que en otra al recibir picos de calor al levantarse la unidad por el movimiento en todas las direcciones.

Durante el día 1 al realizar la caminata del turno vespertino de la observación se identifica que al trabajar con tamaños del Globo de mayor tamaño el tubo termo contráctil presenta mayor dificultad para sostenerse durante la rotación del sellado y en ocasiones tiende a salirse de su ubicación, provocando que las unidades al entrar en contacto directo con el calor de la selladora se quemen por completo.

Durante el día 2 de la caminata se observa la configuración del equipo en 2 ocasiones de operadores distintos y se logra identificar que uno de ellos omite un paso el cual es el ajuste de las abrazaderas que son las que sostienen el mandril al

realizar el sellado, se da retroalimentación inmediatamente termina la configuración del equipo del equipo de sellado.

En el último turno se observa la configuración del equipo nuevamente en el cual el operador identifica que el equipo está desalineado, lo que indica que al realizar el sello con estas condiciones es probable que se quemen porque no se encuentra el punto de calor en la posición donde debería estar. Se revisa documentación para identificar y confirmar lo que el operador nos comenta, el documento indica que el punto de calor debe estar centrado en el mandril y al realizar la configuración del equipo no se encuentra en esa condición, por lo que se determina abrir una orden de trabajo con el departamento de mantenimiento para estabilizar el estado del equipo.

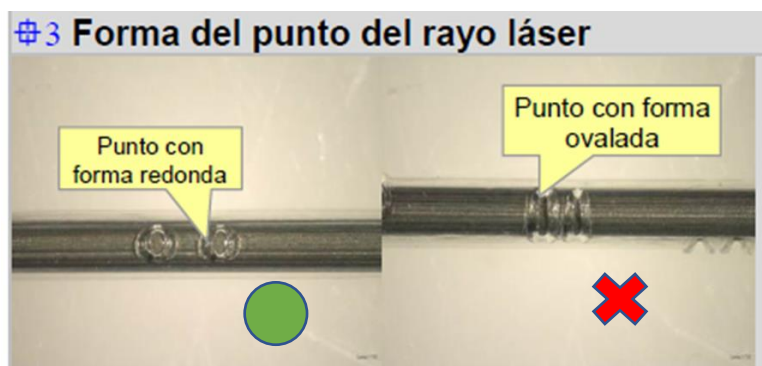


Imagen #9. Imagen representativa del cómo debe (circulo verde) y no verse (X roja) el punto de calor durante la configuración del equipo. Fuente: Documento original de la estación de sellado.

Los colaboradores nos indican que, al menos 2 veces al mes se tiene que intervenir el equipo debido a que el punto de sellado no se encuentra como el documento lo especifica, lo que llama la atención durante la caminata y que se tomará en cuenta para investigación más adelante, ya que el equipo no debería tener estos desajustes al ser un equipo tan crítico.

En conclusión, durante el gemba se obtienen las siguientes hipótesis como factores de posibles causas raíz a este problema:

Hipótesis en Gemba	
Hipótesis #1	Mandriles doblados
Hipótesis #2	Angulo del cono del Globo
Hipótesis #3	Proceso no está claro
Hipótesis #4	Configuración del equipo

Tabla#10. Tabla de hipótesis de posibles causas raíz del problema detectados en el gemba. Fuente: Documento original de la estación de sellado.

Lluvia de Ideas

Luego de la definición del problema y la identificación profunda de la estación de trabajo se realizó una lluvia de ideas para identificar factores que fueran los posibles generadores de la gran cantidad de descartes realizados en la estación de sellado, esta lluvia de ideas sirvió para identificar a profundidad cada una de las variables que se incluyen en el proceso del sellado, cada factor que por más mínimo que sea influya en el sellado.

- **Distracción del colaborador al realizar el sellado:** al ser líneas de producción de 32 colaboradores el ruido externo a la estación siempre está presente durante el turno de producción, lo que provoca que los colaboradores no presten atención al proceso en 100% de las ocasiones.
- **Equipo no está en óptimas condiciones o los parámetros no son aptos para el tipo de globo a sellar:** la línea de producción en la que se enfoca este estudio tiene 3 turnos operativos, por lo que solo se

detiene durante los fines de semana, esto agregado a la cantidad de rotaciones en la estación y las distintas maneras de trabajar de los colaboradores genera movimientos distintos en sus partes, así como alta variación de parámetros durante la semana. Esta hipótesis va de la mano con la hipótesis #4 del gemba relacionada a la configuración del equipo por ende se manejará como una sola hipótesis.

- **Variación en material:** al momento de realizar un sellado influye la variabilidad que puedan tener los materiales como lo es el globo, el tubo termo contráctil, el Pebax, ya que pueden presentar variación en pared de este tanto externo como interno, provocando que la unión quede incompleta o con exceso de calor.
- **Falta de experiencia de los colaboradores:** una alta cantidad de rotación implica que muchos colaboradores realicen el proceso, esto implica que un colaborador recién certificado tenga que procesar unidades solo en muchas ocasiones, provocando su falta de experiencia errores en configuración del equipo, colocación de material y errores en proceso. Los colaboradores con alta experiencia pueden cumplir con la demanda diaria y resolver temas de descartes en caso de presentarse, sin embargo, un colaborador nuevo presenta dificultades en esta.

En conclusión, durante la lluvia de ideas se detectaron más hipótesis que ayudan a complementar las del gemba para encontrar una posible causa raíz, que se analizarán en la siguiente parte del capítulo.

Hipótesis en Lluvia de ideas	
Hipótesis #5	Distracción del colaborador al realizar el sellado
Hipótesis #6	Variación en material
Hipótesis #7	Falta de experiencia de los colaboradores

Tabla#11. Tabla de hipótesis de posibles causas raíz del problema detectados en la lluvia de ideas. Fuente: Documento original.

4.2 MEDICION Y ANALISIS DEL PROCESO

Para una medición adecuada de la información de este proceso se creó un mapa de proceso de las estaciones relevantes al proceso de sellado, para tomar en cuenta cada detalle, por mínimo que sea, del proceso de este.

Se analizará a profundidad cada una de las posibles causas raíz para comprobar si verdaderamente son contribuyentes a la generación de defectos de sellado en la estación.



Imagen #10. Mapa de proceso de las estaciones de trabajo con sus respectivas variables.

Gracias a este mapa de proceso se pudo profundizar más en el problema presentado, demostrando que no solo hay variables en la misma estación de trabajo, sino, también en el material que interactúa con el sello al realizar el proceso, hablese del pebax, tubo termocontractil, mandril, selladora, parámetros, incluso las pinzas para retirar el tubo termocontractil.

Gracias a la recopilación de datos en el paso anterior, se realizó una medición de este proceso utilizando los datos históricos del año 2021 desde enero hasta diciembre para crear un gráfico de control en que fuera posible ver en donde el proceso se sale de los límites de control en cuanto a descartes, al mismo tiempo se presenta un gráfico de control comparativo por tamaños del globo para identificar si verdaderamente es un factor que me altera el resultado de mi proceso.

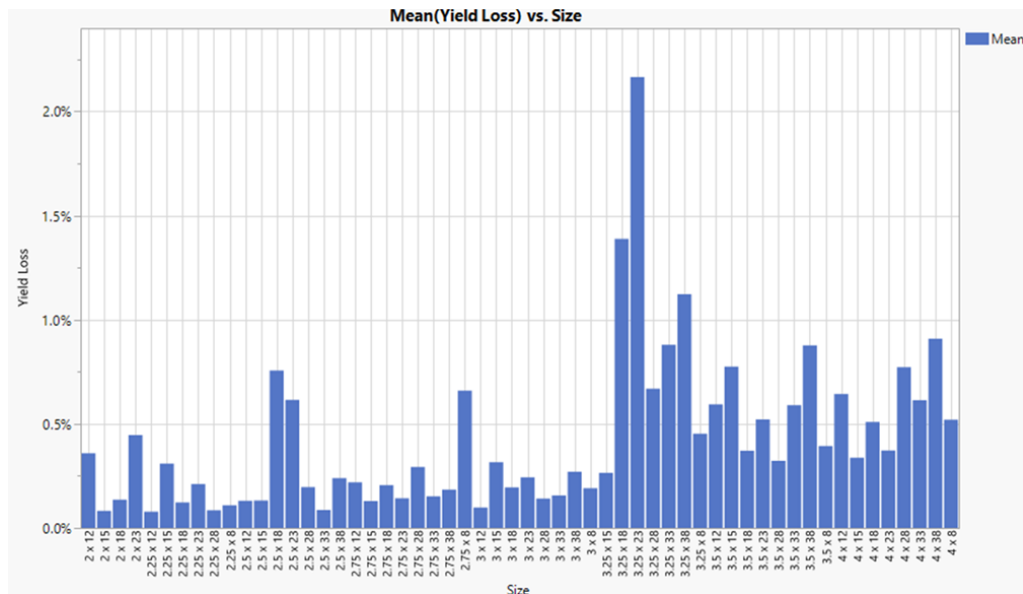


Gráfico #6. Gráfico de lotes comerciales procesados por la línea de producción por tamaño del globo en el año 2021 contra el porcentaje de rendimiento perdido por Daños en la unión. Fuente original.

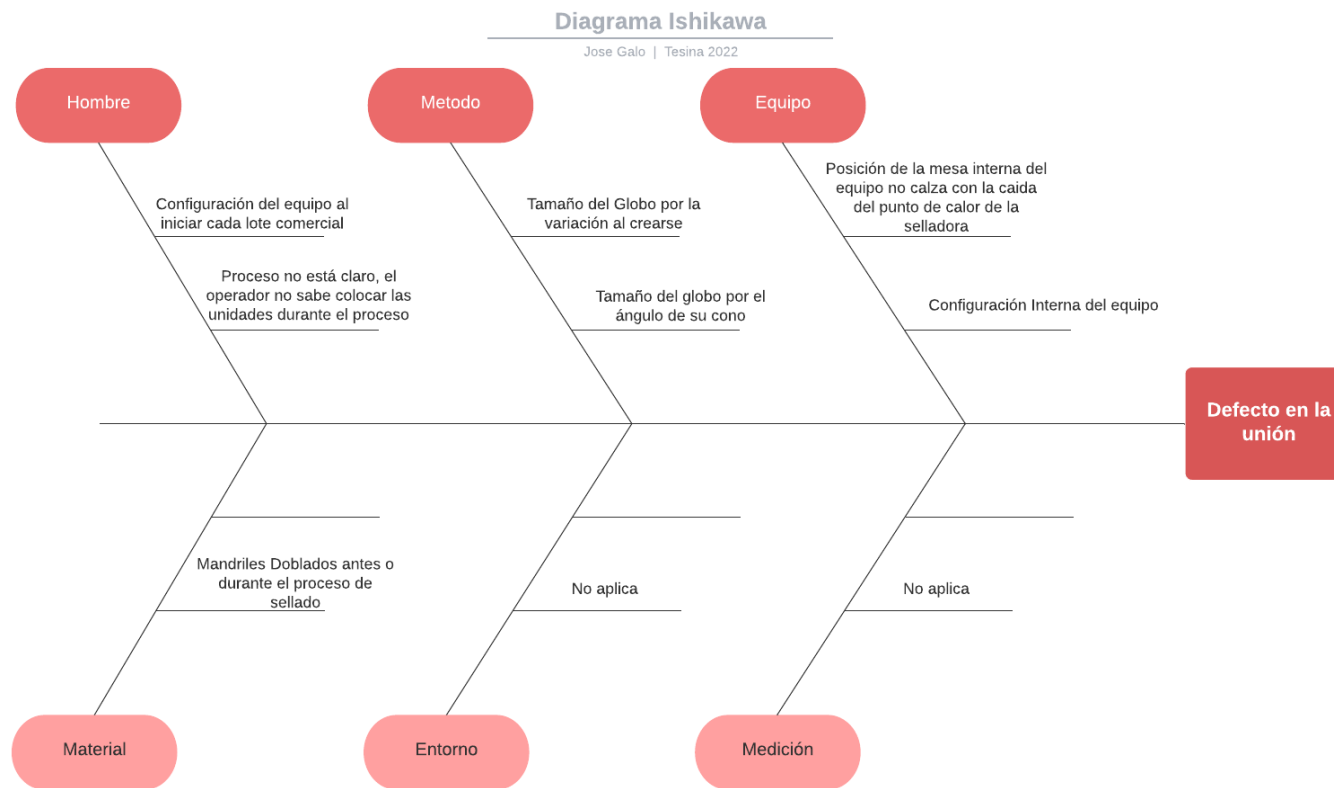


Imagen #11. Diagrama Ishikawa de causas raíz. Fuente original.

Método

Tamaño del globo

Como parte de la medición se investiga si el diámetro de cada globo al tener variedad de tamaños es distinto uno de otro, se revisan documentos del área de sub ensamble, que son los encargados de crear el globo para abastecer a las líneas de producción y se identifica en su documento de proceso que el diámetro interno del globo es el mismo para todos los globos producidos para estas familias y el diámetro externo cambia entre globos de diámetro pequeño y diámetro mayor, es decir un globo de 2mm de diámetro tiene un grosor de pared menor al de un globo de 3mm de diámetro, esto se confirma con el gráfico #3 visto en la página anterior donde se ve que el índice de descarte aumenta con globos de diámetros mayores a 3mm.

Esta hipótesis va de la mano con la de la configuración del equipo ya se confirma que al ser globos de mayor tamaño, tienen una pared de más por lo que el globo tiene un mayor grosor de pared, sin embargo en 2 capas, esta hipótesis realciona que la ser 2 capas son más delgadas que la de los globos menores con una sola capa de material y esta es más gruesa, por lo que durante el proceso al tener variación de temperaturas la capa externa tiende a quemarse y generar el aumento del descarte por sellos.

La hipótesis se rechaza, debido a que otras familias de la planta al procesar globos parecidos no presentan los mismos defectos a pesar de utilizar los mismos parámetros. Sin embargo se espera que la configuración profunda del equipo estabilice el proceso.

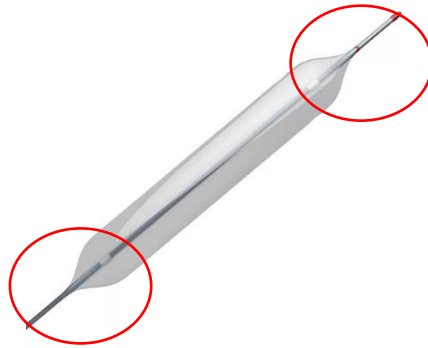


Imagen #12. Globo con los ejes marcados para identificar diámetros de los que se investiga. Fuente original, documento de proceso sub ensamble.

Tamaño del globo #2

La conicidad del mismo globo cambia con el tamaño de este, entre más grande el globo, mayor es la conicidad, por lo tanto, al colocar el tubo termo contráctil tiende a quedar menor expuesto a lo largo del eje del globo.

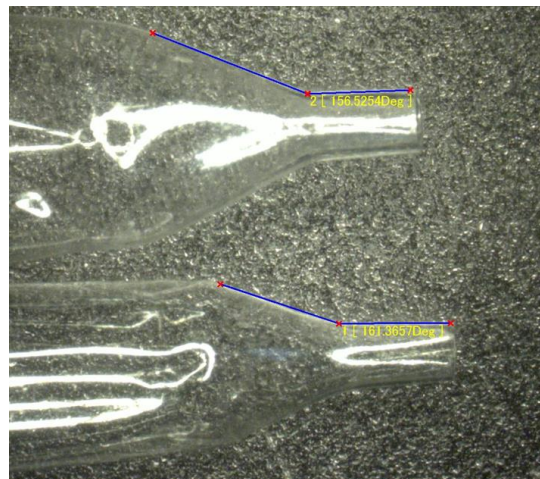


Imagen #13. Comparación de conicidad dos globos de distinto tamaño. Fuente original.

Al realizar el ciclo en la selladora, el tubo termo contráctil tiende a despegarse del globo lo que deja expuesta la unidad directa al calor de la selladora, provocando el defecto de daño de sellado, sin embargo, en unidades de diámetro menor de globo el tubo termo contráctil se adhiere de manera fácil y no se suelta durante el proceso hasta retirar con las pinzas.

El documento de la estación anterior que es “corte del globo” especifica en su proceso que el corte del tubo termo contráctil puede realizarse de maneras distintas no solo recto, este especifica que puede ser diagonal a 45 grados o en corte de “V” para mayor sostenibilidad, esto no se había detectado ya que el documento que lo referencia es el de la estación anterior a la del sellado, por lo que al procesar unidades de diámetros mayores con cortes como las referencias lo indican, se obtiene un menor rechazo durante la producción por lo que la hipótesis se rechaza, debido a que ayuda pero no mejora la condición el corte del tubo termo contráctil, sin embargo se espera que con el ajuste en la configuración profunda del equipo junto a esta tarea que el documento solicita se mejore la condición.

Material

Impacto por Mandriles

Un mandril doblado durante el proceso de sellado no recibe el cien por ciento del calor necesario, para crear una unidad aceptable para el proceso, al rotar la unidad al realizar su proceso la posición del foco no es uniforme alrededor de la unidad generando daños por calor o unidades incompletas por no recibir el calor necesario durante su proceso.



Imagen #14. Mandril deformado por su usaje

Al tomar en cuenta que los mandriles doblados pueden ser una posible causa que genere el descarte de unidades de sellado se recopila información sobre cuántos de ellos se descartan a diario por doblez, misma que se genera por su repetido uso durante el proceso.

Fecha de Agosto	Día	Mandriles Descartados	Tamaño
8	Lunes	305	3.00x33mm
			4.00x08mm
			3.50x38mm
9	Martes	280	2.75x33mm
			2.50x15mm
			3.50x33mm
			3.00x33mm
10	Miércoles	440	4.00x18mm
			3.50x33mm
			3.50x23mm
11	Jueves	165	3.50x18mm
			3.50x38mm
			4.00x38mm
12	Viernes	145	3.50x18mm
			4.00x38mm
			3.25x33mm
16	Martes	160	2.25x15mm
			3.00x38mm

Tabla #12. Tabla representativa de la cantidad de mandriles que se descartan a diario en la línea de producción 2, empresa de industria médica. Fuente original.

Esta hipótesis se mantiene ya que durante el gemba y otras auditorias se identifica que mandriles doblados, sí generan defectos durante el proceso, sin embargo, no me genera perdida en el yield debido a que el yield de las líneas son impactados en estaciones que hagan uso y se descarte del globo, en la tabla anterior se colocan los tamaños para identificar durante que lote comercial se descartaron los mandriles.

Factor Humano

Impacto por Configuración del equipo

Equipment Recipe Parameters for EDD2098275, EDD2064287 and EDD2072348			
Parameter Name	Ballon Diameter	Step 1	Step 2
Weld	All	Automatic, Point, With Rotation	Automatic, Point, With Rotation
Next Step Starts After (s) / Start Step Delay (s)	All	0	1.0
Laser Power (W)	2.00 – 3.0 mm	1.8 W	1.3 W
	3.25 – 4.0 mm	1.9 W	1.3 W
Focus Position (mm)	2.00 – 3.0 mm (1)	Min: 6.6 mm Max: 7.7 mm	7.5 mm
	3.25 – 4.0 mm (3)	Min: 5.3 mm Max: 6.2 mm	7.5 mm
Weld Start Position (mm) / Start Offset (mm)	All	-0.2 mm	0
Rotation Speed (rpm)	All	500	500
Welding Time (s) / Weld Duration (s)	All	1.0 s	1.0 s

Tabla #13. Tabla de parámetros para configuración de equipo de sellado.

Fuente original.

Al mismo tiempo que se revisan los parámetros que permite el set up del equipo, se realiza un estudio de relación y comparación de parámetros del equipo del último año en la estación de sellado haciendo uso de la herramienta de estadística JMP, tomando la información del sistema de calidad donde se ingresan los parámetros de los equipos en tiempo real cada vez que se realiza un lote comercial.

Con esto se observa según el tamaño del globo, que parámetros son los más utilizados por los colaboradores al momento de realizar su proceso, cabe resaltar que cada vez que el operario ajuste parámetro en el equipo para obtener un mejor resultado, debe ingresar nuevamente este parámetro en el sistema de calidad en línea.

También se realiza un estudio sobre órdenes de trabajo realizadas al equipo, para identificar si el mismo suele presentar problemas que requieran órdenes de trabajo a menudo, identificando que son pocas las órdenes abiertas en el equipo que requieran un ajuste crítico para la solución a algún problema.

La poca experiencia de un colaborador en una selladora dificulta y en muchas ocasiones retrasa el proceso en la estación de trabajo, esto al no tener la misma precisión de un colaborador con experiencia al momento de colocar la unidad en la selladora, así como al momento de realizar una configuración adecuada, al no identificar a primera vista detalles que podrían marcar el curso de producción de los lotes durante el turno de producción, esto debido a que cada tamaño de globo requiere una configuración distinta de la selladora, teniendo que detenerse para solicitar soporte de ingeniería o de un colaborador de mayor experiencia.

SA2092659-201	(2.00 x 8 mm)
SA2092659-202	(2.00 x 12 mm)
SA2092659-203	(2.00 x 15 mm)
SA2092659-204	(2.00 x 18 mm)
SA2092659-205	(2.00 x 23 mm)
SA2092659-206	(2.00 x 28 mm)
SA2092659-221	(2.25 x 8 mm)
SA2092659-222	(2.25 x 12 mm)
SA2092659-223	(2.25 x 15 mm)
SA2092659-224	(2.25 x 18 mm)
SA2092659-225	(2.25 x 23 mm)
SA2092659-226	(2.25 x 28 mm)
SA2092659-251	(2.5 x 8 mm)
SA2092659-252	(2.5 x 12 mm)
SA2092659-253	(2.5 x 15 mm)
SA2092659-254	(2.5 x 18 mm)
SA2092659-255	(2.5 x 23 mm)
SA2092659-256	(2.5 x 28 mm)
SA2092659-257	(2.5 x 33 mm)
SA2092659-258	(2.5 x 38 mm)
SA2092659-271	(2.75 x 8 mm)
SA2092659-272	(2.75 x 12 mm)
SA2092659-273	(2.75 x 15 mm)
SA2092659-274	(2.75 x 18 mm)
SA2092659-275	(2.75 x 23 mm)
SA2092659-276	(2.75 x 28 mm)
SA2092659-277	(2.75 x 33 mm)
SA2092659-278	(2.75 x 38 mm)
SA2092659-301	(3.0 x 8 mm)
SA2092659-302	(3.0 x 12 mm)
SA2092659-303	(3.0 x 15 mm)
SA2092659-304	(3.0 x 18 mm)
SA2092659-305	(3.0 x 23 mm)
SA2092659-306	(3.0 x 28 mm)
SA2092659-307	(3.0 x 33 mm)
SA2092659-308	(3.0 x 38 mm)
SA2092659-321	(3.25 x 8 mm)
SA2092659-322	(3.25 x 12 mm)
SA2092659-323	(3.25 x 15 mm)
SA2092659-324	(3.25 x 18 mm)

SA2092659-325	(3.25 x 23 mm)
SA2092659-326	(3.25 x 28 mm)
SA2092659-327	(3.25 x 33 mm)
SA2092659-328	(3.25 x 38 mm)
SA2092659-351	(3.5 x 8 mm)
SA2092659-352	(3.5 x 12 mm)
SA2092659-353	(3.5 x 15 mm)
SA2092659-354	(3.5 x 18 mm)
SA2092659-355	(3.5 x 23 mm)
SA2092659-356	(3.5 x 28 mm)
SA2092659-357	(3.5 x 33 mm)
SA2092659-358	(3.5 x 38 mm)
SA2092659-401	(4.0 x 8 mm)
SA2092659-402	(4.0 x 12 mm)
SA2092659-403	(4.0 x 15 mm)
SA2092659-404	(4.0 x 18 mm)
SA2092659-405	(4.0 x 23 mm)
SA2092659-406	(4.0 x 28 mm)
SA2092659-407	(4.0 x 33 mm)
SA2092659-408	(4.0 x 38 mm)

Tabla #14. Existencia de tamaños de Globos a la actualidad, primera columna es el número de parte asignado a cada tamaño de globo y segunda columna es el tamaño del diametro del globo por el largo del mismo. Fuente original.

Esta hipótesis se rechaza debido a que el equipo debería funcionar igual para todos los tamaños de globo, tomando en cuenta de los globos desde el 3.25mm de diametro hasta los 4.00mm tienen mayor potencia en la temperatura, esto a lo antes mencionado de que tienen una capa más de material para reforzar su pared.

Equipo

Posición de la mesa del equipo

Los equipos de sellado permiten un ajuste de la mesa sobre la que se coloca la unidad al realizar el sellado, para poder colocar en una mejor posición el punto focal donde se sellará la unidad, estas mesas solo pueden ser ajustadas por el departamento de mantenimiento, sin embargo, por algún golpe al equipo, esta se puede mover de su sitio original generando que el punto focal pierda su posición adecuada y genere calor innecesario en las unidades.

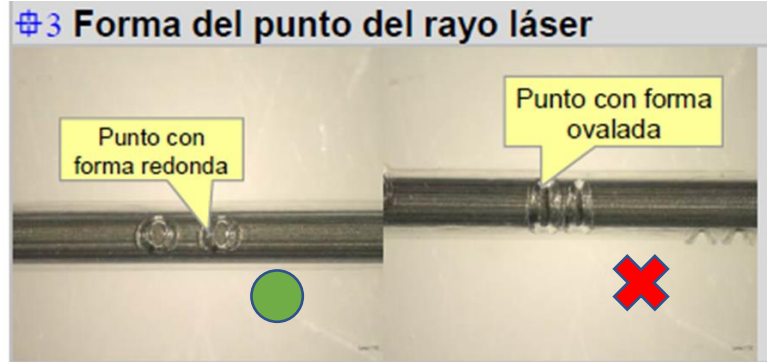


Imagen #14. Imagen representativa del cómo debe (circulo verde) y no verse (X roja) el punto de calor durante la configuración del equipo. Fuente: Documento original de la estación de sellado.

Esta hipótesis se acepta, sin embargo, va de la mano con la siguiente hipótesis por lo que se tomarán como una sola ya que al equipo estar ajustado tanto en físico como en temperaturas y posiciones no deberíamos tener desestabilizaciones en el mismo al realizar los procesos.

Configuración Interna del equipo

Como se menciona en la hipótesis anterior el equipo puede ajustarse hasta ciertos puntos durante la configuración de parte del colaborador, sin embargo, hay ajustes que los colaboradores no tienen permitidos realizar y que, solo el departamento de mantenimiento con orden de Ingeniería de manufactura y calidad pueden realizar, como lo son:

- Ajuste de la base del equipo que es un riel por donde se mueve la unidad durante el sellado.
- Ajuste de tornillos en el equipo.
- Ajuste de la puerta de la selladora que se puede aflojar durante el proceso al estar más de 135 horas sin detenerse durante la semana.

- Ajuste a los puntos de calor, que es configuración interna que se realiza con accesos específicos al equipo.
- Ajuste de abrazaderas que son las que sostienen los mandriles durante el sellado.
- Ajuste del collarín donde se sostiene la punta del mandril para realizar el sellado.
- Ajuste de la posición del foco, para asegurarse que el punto de calor estará focalizado al centro del mandril.

Ajustes que no se realizan a menos que haya una solicitud justificada por parte de ingeniería que normalmente solo se realiza cuando hay altos índices de descarte en la estación. Por esto esta hipótesis se mantiene como causa raíz contribuyente al problema.

Para confirmar que esta configuración interna del equipo tiene validez, se presenta el siguiente gráfico de defectos en la unión del pebax y nylon, un defecto similar al de este proyecto sin embargo en otra unión, se toma como válido ya que es el mismo equipo, con otras características, adaptado a su respectivo proceso de unión.

Al ver este gráfico, a finales del mes de enero se realiza una configuración interna del equipo de unión del pebax y nylon, obteniendo estos resultados óptimos para el proceso, alcanzando esta meta en el primer mes de realizada la configuración.

Con la configuración del equipo contribuyó una mejora significativa, se considera un factor contribuyente para la solución de este problema.

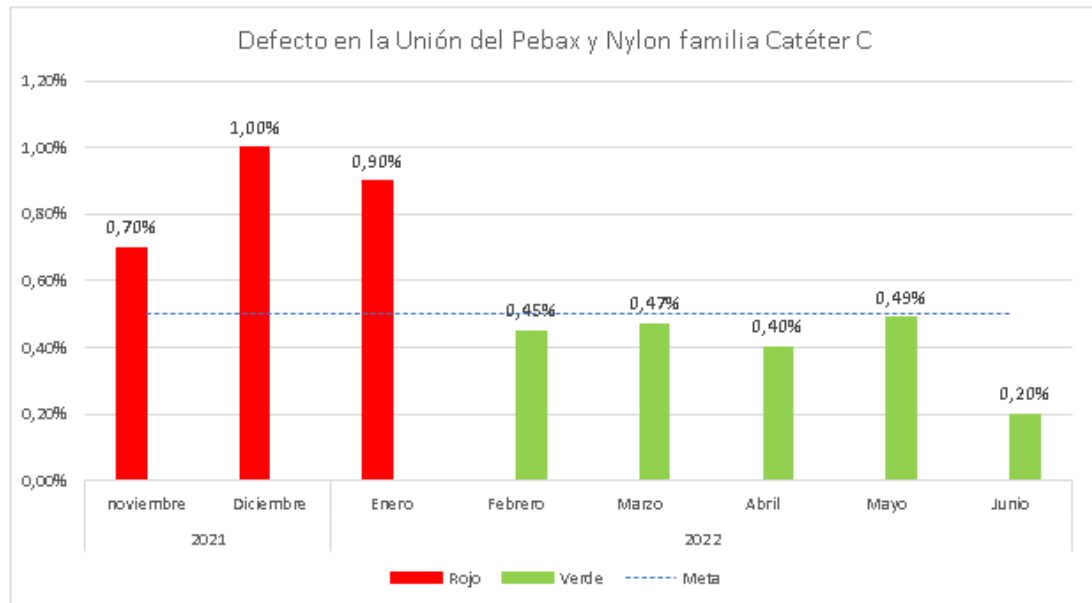


Gráfico #7. Gráfico de porcentaje de descartes en la estación de “Sellado y unión del Pebax y Nylon”. Fuente original.

CAUSA RAIZ

	Hipótesis	Causa Raiz	Motivo
Hipótesis #1	Mandriles doblados	Contribuyente	Se mantiene ya que se realizan pruebas con mandriles en diferentes estados, detectado que los que presentan doblez, generan defecto.
Hipótesis #2	Angulo del cono del Globo	Se rechaza	se descarta debido a que otras familias que utilizan el mismo globo, no presentan este defecto.
Hipótesis #3	Proceso no está claro	Se rechaza	Se descarta ya que se realiza una "evaluación de errores humanos", y todos los opeadores conocen su proceso.
Hipótesis #4	Configuración del equipo	Contribuyente	Se mantiene ya que al realizar la configuración profunda se identifica que el equipo genera menos defectos que en semanas anteriores.
Hipótesis #5	Distracción del colaborador al realizar el sellado	Se rechaza	Se descarta ya que el equipo realiza el proceso automáticamente, el colaborador solo alinea las unidades.
Hipótesis #6	Variación en material	Se rechaza	Se descarta ya que se usa el mismo material en otras líneas de producción que no presentan este defecto.
Hipótesis #7	Falta de experiencia de los colaboradores	Se rechaza	Se descarta con "Evaluación de errores humanos".

Tabla #15. Tabla causas raíz aceptadas para la investigación. Fuente propia.

Capítulo V: DISEÑO E IMPLEMENTACION DE LA SOLUCION

5.1 DISEÑO DE LA SOLUCION

Con el fin de atacar las causas raíz mostradas en el capítulo anterior y lograr implementar una mejora significativa en el proceso para mitigar los altos índices de descarte por el defecto “Daño en la unión” que se elevaron durante el año 2021 e inicios del 2022, se plantean las siguientes propuestas de mejora para cada una de las causas.

El plan de mejora consiste en 2 acciones que pretenden lograr que el defecto disminuya en un 50% en un periodo de 2 meses y la estación sea más eficiente alcanzando un alto nivel de desempeño en la línea de producción, el seguimiento de estas acciones se mostrara con la ayuda del diagrama de Gantt, para llevar una mejor secuencia de los momentos en los que se apliquen las acciones.

Cabe mencionar que para que estas medidas funcionen y se puedan obtener los resultados deseados, se acompañan de acciones de seguimiento y controles periódicos que permiten asegurar el éxito esperado de la propuesta.

5.2 SEGREGACION DE MANDRILES

Es necesario implementar un plan de segregación de mandriles efectivo, el alto nivel de rotación de estos provoca que con el correr de la producción estos se doblen por el usaje que se les brinda por lo que se propone realizar un entrenamiento de parte del departamento de ingeniería a todo el personal de las estaciones implicadas tanto en creación de materiales que se adjuntan al sellado como la misma estación de sellado de la unión.

Al finalizar el entrenamiento se realizará un MEMO que los colaboradores firmarán como parte del entrenamiento que haga constar que saben ¿Cómo? ¿Cuándo? Y ¿Por qué? Se segregarán los mandriles, se está trabajando en la creación de una herramienta de segregación de mandriles que nos ayude a

descartar inmediatamente mandriles con mucho doblez, los mandriles descartados de esta manera se descartarán inmediatamente en el basurero correspondiente.

Los mandriles segregados que pasen la prueba de esta herramienta, serán debidamente identificados y almacenado en tubos de transporte para ser llevados al cuarto de manufactura, este cuarto se encarga de dar soporte a diversas áreas de la empresa, en este departamento cuentan con el equipo especializado para enderezar dichos mandriles en toda la planta, este proceso permite a los técnicos de manufactura retornar dichos mandriles a cada línea de producción luego de su respectivo enderezamiento para continuar con el proceso de producción.

Se asignará la tarea a un colaborador en específico por turno laboral, contando ellos con 2 respectivos back ups para realizar esta tarea durante su ausencia, estas asignaciones están divididas de la siguiente manera:

Turno A	
Titular	Ruth Jiménez
Back Up #1	Emanuel Juárez
Back Up #2	Martha Villalobos
Turno B	
Titular	Bryan Castro
Back Up #1	Jorge Marcial
Back Up #2	Pedro Madrigal
Turno C	
Titular	Olger Martínez
Back Up #1	Kimberly Carranza
Back Up #2	Alan Coto

Tabla #16. Tabla de colaboradores encargados de la segregación de mandriles por turno en la línea 2, familia Cateter A y Cateter B. Fuente propia.

Una vez asignados los colaboradores que realizarán esta tarea podrán iniciar con la segregación de los mandriles para poder reducir el número de mandriles doblados rotando por las estaciones de

- preparación de pebax
- sellado del pebax y nylon
- preparación de sellado
- sellado

esta tarea se pretende realizar al menos una vez por turno, en caso de ser necesario se realizará una más antes de finalizar el turno de producción.

Se realizarán inspecciones semanales por parte de alguien del departamento de ingeniería para confirmar que la segregación se hace correctamente, el proceso de esta misma es muy sencillo, sin embargo, necesitará al inicio de al menos 30 min del colaborador para segregar todos los mandriles de la estación, el proceso se detalla en el MEMO que se pasará a los colaboradores:



Memo

Fecha: 12-septiembre-2022
Para: Colaboradores de las estaciones de Sellado de pebax y nylon, Preparación de sellado y Sellado.
De: Ingeniería de Manufactura
Asunto: Segregación de Mandriles doblados de las estaciones.

Propósito de la notificación:

Con el objetivo de alcanzar consistentemente la meta del 0.5% del defecto Dobleto en la unión en la estación de Sellado, se ha creado este MEMO, para distribuir tareas y establecer responsables en cada estación.

Se recomienda realizar segregación de mandriles al menos una vez por turno y entregar inmediatamente al cuatio de manufactura, realizar es la tarea a diario, para así evitar un alto índice de descañe en la estación de Sellado, por el efecto que causan los mandriles doblados en la estación durante el proceso de sellado.

Se recomienda al departamento de operaciones brindar el tiempo necesario al colaborador que realice la tarea para la misma.

Identificación	Nombre	Firma	Fecha
12017033	José Andrés Celis		

Imagen #15. MEMO brindado a los operadores de las estaciones de Sellado de pebax y nylon, Preparación de Sellado y la estación de sellado. Fuente: elaboración propia.

Con la segregación diaria se pretende reducir el mal uso de los mandriles, dar a entender a los colaboradores la importancia de tener mandriles en buen estado y dar a conocer el costo de cada mandril.

Y además como parte de la solución se propone agregar al procedimiento un cambio en el documento de procedimientos, ayuda visual que ayude a comprender y reforzar al colaborador el criterio de aceptación y rechazo de los mandriles durante la segregación de estos, esto para hacerlo efectivo en el tiempo y así

durante futuros entrenamientos a nuevo personal, sea parte del sistema de entrenamientos.

Por lo que se recomienda la creación de una “Orden de Cambios” que es el proceso que la empresa solicita para la realización de cambios en los documentos, el cual permite que el cambio sea revisado por 7 personas de áreas distintas, que aprueben o den retroalimentación al cambio propuesto.

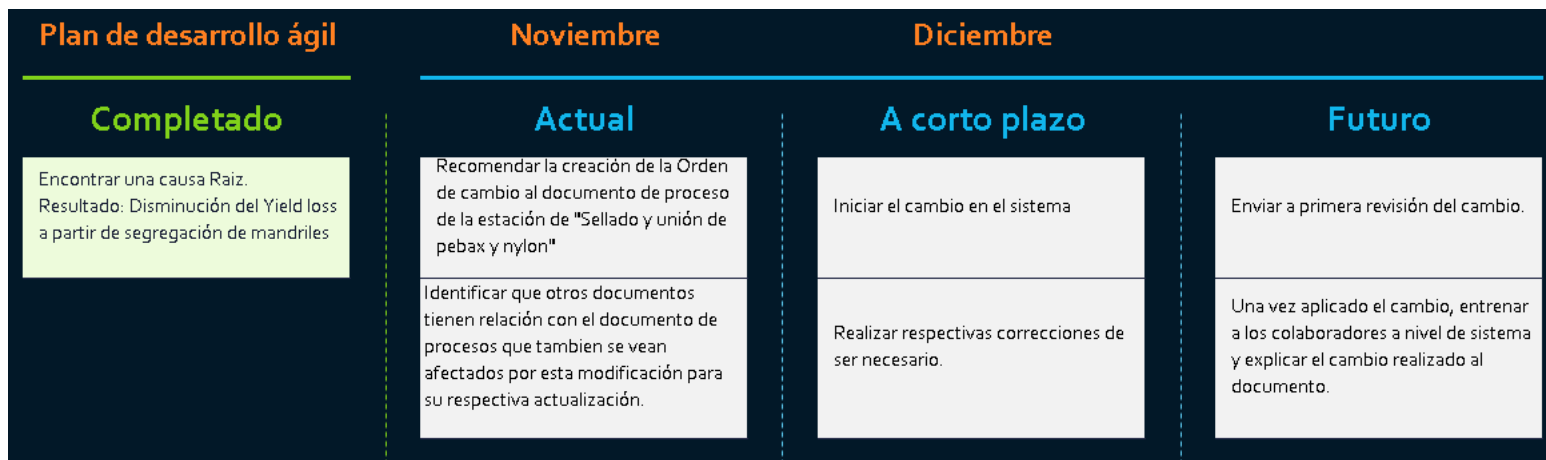


Tabla #17. Línea del tiempo en la que se pretende realizar el cambio en la documentación del proceso de "Sellado y unión del pebax y nylon", estación donde inicia el recorrido de los mandriles. Fuente: elaboración propia.

5.3 PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR CONFIGURACION INTERNA DEL EQUIPO DE SELLADO

De acuerdo con lo que se vio en el capítulo cuatro, realizar el ajuste en el equipo, tiene relación directa con el defecto, Sin embargo, actualmente solo se realizan las 4 primeras pruebas del siguiente procedimiento, según “mantenimiento preventivo”, el cual se realiza 1 vez al mes, con cada equipo en las líneas de producción, por parte del personal de mantenimiento.

La propuesta es actualizar el proceso de mantenimiento preventivo para la realización de este procedimiento completo, con una frecuencia dentro del primer año de cada 2 meses para confirmar que el equipo no pierde la estabilidad.

La implementación de esta configuración que se realizó el sábado 24 de septiembre del presente año se apoya de una lista de pasos específicos para poder configurar el equipo de tal manera que pueda funcionar en mejores condiciones, la lista de pasos de este procedimiento se especifica de la siguiente manera:

Ubicación	
Nombre y código de equipo:	

Imagen #16. Títulos de la lista de configuración. Fuente: Documentos oficiales departamento de mantenimiento.

a. Caracterización del punto (Prueba de hamburguesa).

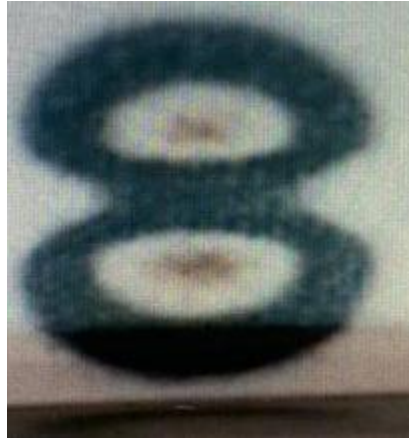


Imagen #17. Imagen de prueba de "hamburguesa". Fuente original.

El nombre de esta prueba se debe a la forma que toma el punto de calor de la selladora al realizar la prueba que consta de, colocar un mandril sin material en posición de sellado, mediante un parámetro en específico para la prueba, la selladora tira un punto de calor el cual debe estar centrado para que la marca se vea como está demostrado en la imagen #15.

Si la prueba indica que hay más calor de un lado del mandril, se realiza inmediatamente un ajuste al equipo, moviendo milimétricamente el punto de calor hasta encontrar el adecuado.

b. Concentricidad

En este paso se realiza una prueba con una herramienta que permite recibir dos puntos de calor de la selladora uno más caliente que el otro, esto para confirmar que el punto de calor es concéntrico, este paso es parecido al paso "a" de la "hamburguesa", sin embargo, en este se identifica la concentricidad.

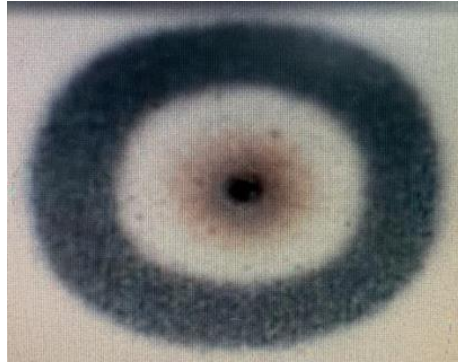


Imagen #18. Imagen de prueba de concentricidad. Fuente original.

Este paso junto al anterior mide dos tareas distintas ya que hamburguesa mide concentricidad con el mandril, simulando el proceso de una unidad y este que ambos puntos de calor estén centrados al realizar el proceso.

c. Punto Focal, recopilación para el análisis de variabilidad en medición.

Nuevamente se realiza una tarea con calor, en esta ocasión se mide el diámetro del punto de calor para verificar que está dentro de lo establecido según el proceso, cada punto de calor o sello debe tener un diámetro entre 0.4000 y 0.4500 milímetros. Los equipos utilizados para estas pruebas tienden mantenimientos preventivos mensuales por parte del departamento de calibraciones, control riguroso establecido por la empresa.

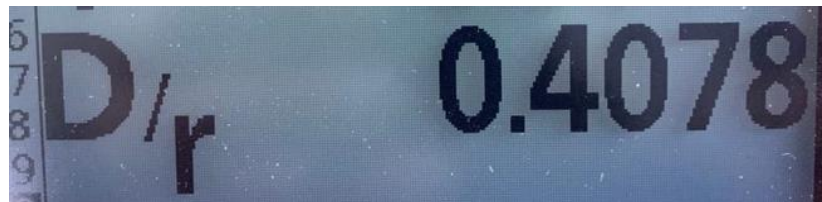


Imagen #19 Resultado de medición. Fuente original.

d. Revisión de Guías de puertas/pistón/velocidad de cierre.

El equipo es desarmado para poder confirmar y ajustar de ser necesario puertas, pistones que sostienen la unidad y regular la velocidad de cierre de puerta.

e. Ajuste de riel, arrecostado hacia el frente, para asegurar que equipo esté centrado.

El riel es la base donde descansa la unidad al realizar el proceso, en este punto se verifica que no haya desniveles en el mismo.

f. Ajuste de abrazaderas.

Las abrazaderas son los dedos mecánicos que sostienen la unidad durante el proceso de sellado, si una de ellas está floja, puede generar movimiento durante el proceso; si está muy ajustado su cierre para sostener la unidad, puede evitar la rotación durante el proceso de sellado, por lo que debe revisarse con un mandril que tenga pebax para simular el proceso real.

g. Alineación de PIN, considerar alturas, desgaste y alinear.

Para realizar el proceso de sellado, la unidad se sostiene entre las abrazaderas y el collarín, en este paso, se verifica la alineación entre ambas.

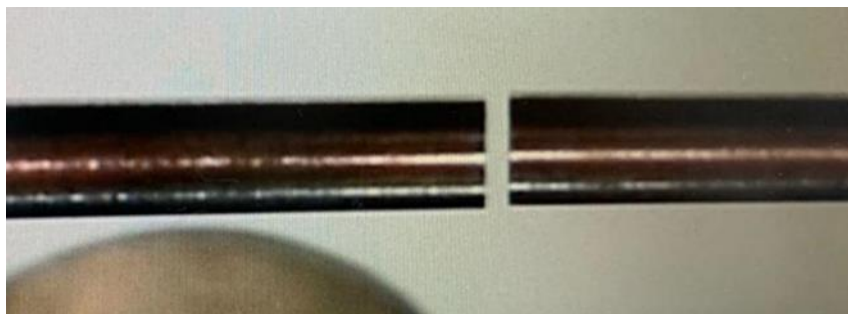


Imagen #20. PIN izquierdo sobresale de abrazadera y PIN derecho del collarín. Fuente original.

Si no están igualados se procede a realizar ajustes desde la abrazadera ya que el collarín en una pieza fija.

h. Evaluación de problemas de sujeción de punto de calor, que no esté flojo.

En este paso se verifica que el láser no esté flojo, en caso de estarlo se ajustan tornillos.

i. Verificación de lentes.

Se verifica que los lentes del láser no tengan suciedad. Este procedimiento consta en revisar con ayuda de un espejo pequeño el lente superior e inferior para confirmar que no haya suciedad que haya caído en ellos por accidente, en caso de tener, estos se limpian con toallas sin pelusa.

j. Alineamiento de poleas de motores/standard de tensión de banda.

En este paso se realiza una prueba de fuerza a los motores y las poleas que los ayudan a realizar el proceso de sellado, en caso de estar en mal estado se cambian. Este proceso es solamente para identificar que estas no estén dañadas.

k. Ajuste de collarín.

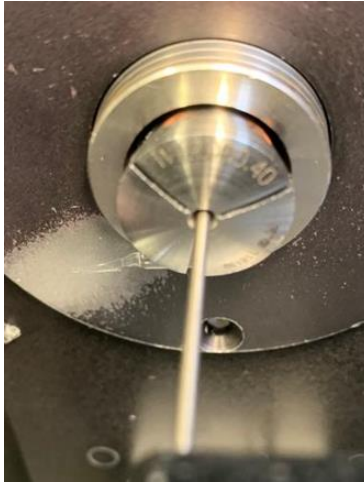


Imagen #21. Collarín con PIN. Fuente original.

En este paso solo se verifica que el collarín esté en buen estado, que no tenga desgaste por el uso, el técnico lo saca para confirmar, este paso no afecta prueba realizada de pines.

I. Revisión de botoneras y cableado.

En este paso solo se revisa que las botoneras que activan los ciclos y cableado no estén en mal estado. En caso de estarlo se cambian.

m. Colocación de nueva herramienta para control de selladora.

Este paso es nuevo, se implementa una regla que permita saber el rango de movimiento que pueda tener la selladora dependiendo del tamaño del globo que se esté procesando.

n. Concentricidad.

Nuevamente se revisa concentricidad para confirmar que no hubo desajuste en el equipo durante la configuración.

o. Caracterización de punto (nuevamente hamburguesa)

Nuevamente se realiza el paso “a” para confirmar estabilidad de la configuración.

p. Punto focal.

Nuevamente se revisa que el punto caiga en el mandril con material de manera concéntrica.



Imagen #22. Forma del punto, como debe verlo el colaborador durante su configuración básica. Documento de proceso de la estación de sellado.

Gracias a este procedimiento implementado por el departamento de mantenimiento, el equipo corre de manera optimizada en comparación con los últimos meses antes de realizar esta investigación.

Este procedimiento se llevó a cabo gracias a un curso intensivo del departamento de mantenimiento con personal experto en este tipo de selladoras, ya que la planta utiliza muchas selladoras como estas en otros procesos de producción de la misma, por lo que se buscó tener una mejor interacción y oportunidades de mejora con este equipo. Con este entrenamiento se busca que los empleados del departamento de mantenimiento puedan realizar esta configuración sin importar su nivel de experiencia en la planta.

A continuación se muestran las acciones realizadas teniendo encontrada la causa raíz con ayuda del diagrama Gantt para controlar los tiempos utilizados en el proyecto.

Nombre de Actividad	Tareas	Fecha inicio	Duración en horas	Fecha fin
Creación de memo	Tarea #1	1-sep-22	3	1-sep-22
Revisión del memo con Pedro Brenes	Tarea #2	9-sep-22	2	9-sep-22
Entrega de memo e identificación de colaboradores encargados de segregar mandriles	Tarea #3	12-sep-22	2	12-sep-22
Plan para realizar configuración en equipo	Tarea #4	19-sep-22	3	19-sep-22
Configuración del equipo	Tarea #5	24-sep-22	5	30-sep-22

Tabla #18. Tabla con información para realizar diagrama Gantt con fechas y horas en las que se implimentaron las soluciones. Fuente, original.

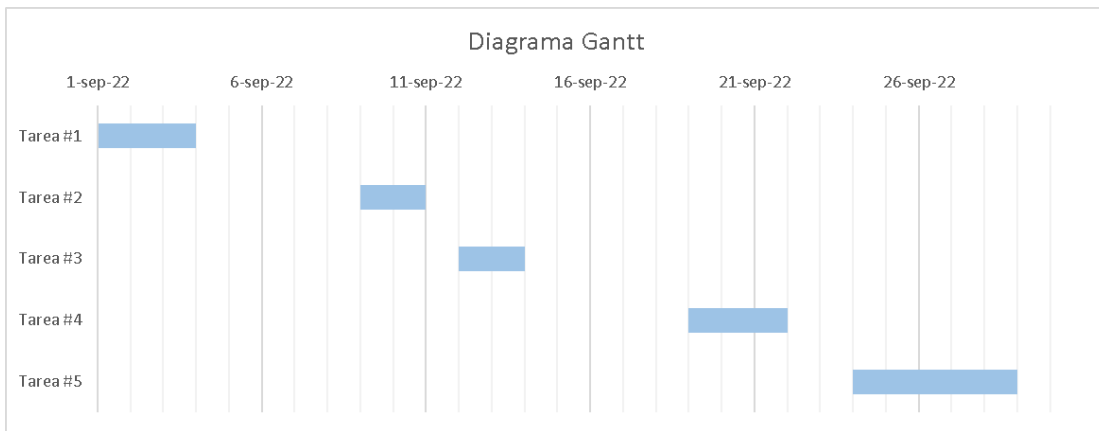


Imagen #23. Diagrama Gantt con fechas y horas en las que se implimentaron las soluciones. Fuente, original.

5.4 ANTES Y DESPUES DE LAS IMPLEMENTACIONES

Gracias a la implementación de las acciones realizadas a finales del mes de septiembre se han obtenido mejores resultados en la estación de sellado por el descarte de “Daño en la unión”, mejoras que se ven reflejadas a continuación:

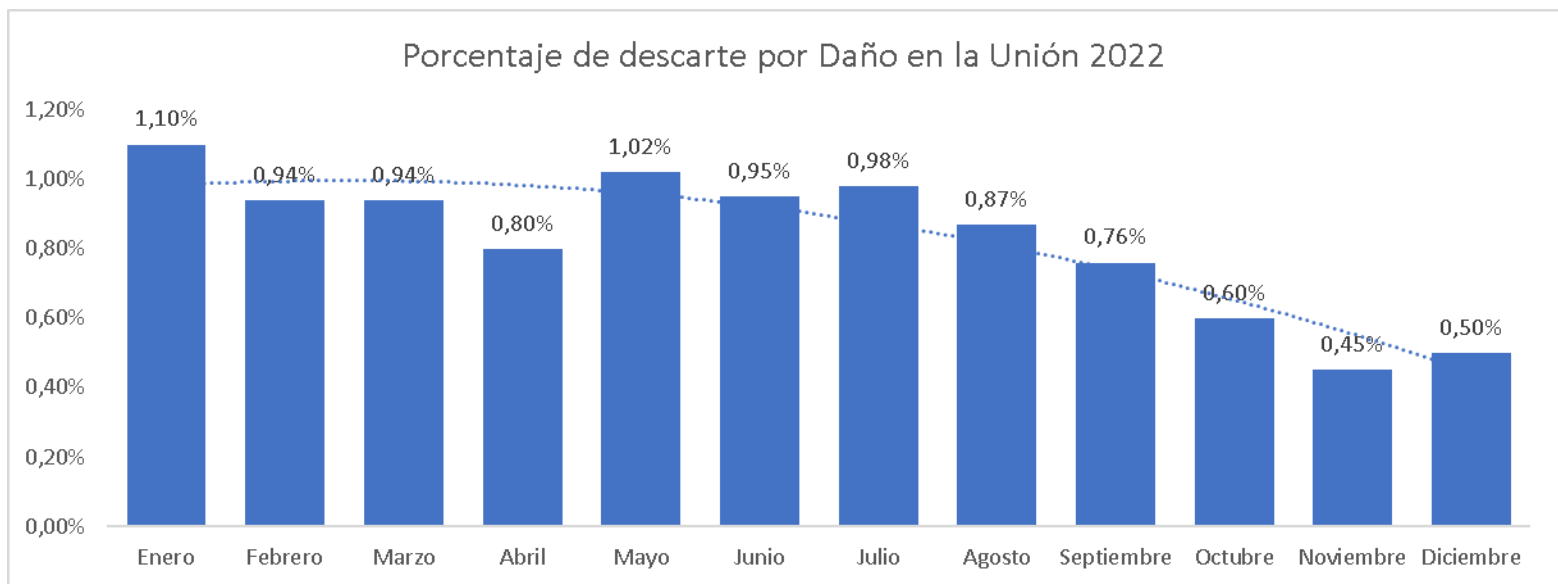


Gráfico #8. Gráfico comparativo del yield loss del año 2022, demostrando que a partir de septiembre que se realizan las implementaciones, disminuye el defecto. Fuente Original.

5.5 CONTROL

como se vio en los pasos anteriores , para controlar estas medidas implementadas, se recomendará la realización de cambios en el documento de procesos de la estación de “Sellado y unión del pebax y nylon” para incluir la segregación adecuada y a tiempo de los mandriles y así evitar que los mismos roten por las estaciones siguientes de trabajo en condiciones desfavorables para la producción y ensamblaje de los catéteres en las líneas de producción.

Con esta implementación se pretende evitar que los colaboradores no realicen las segregaciones debido a no ser parte del procedimiento de la estación.

Así como también se procedió a entrenar a los técnicos de mantenimiento para poder realizar la configuración interna del equipo, para que, sin importar su nivel de conocimiento o experiencia en la empresa puedan realizar este proceso.

También se realizará una orden de trabajo al equipo cada 2 meses durante 1 año para confirmar que el equipo no pierde condiciones durante el proceso, esto también para apoyar la buena práctica de tener equipos en buen estado y así ser más preventivos que reactivos.

En caso de encontrar algo fuera de lo normal se procederá a ajustar el equipo de manera inmediata.

Como se indicó en el capítulo 3 , se hará uso de gráficos de control para identificar en que momentos el descarte de unidades por este código nuevamente vuelva a subir, tomando como base para los límites superior e inferior datos de I 2021 y 2022 para poder trabajar con esa guía para 2023.

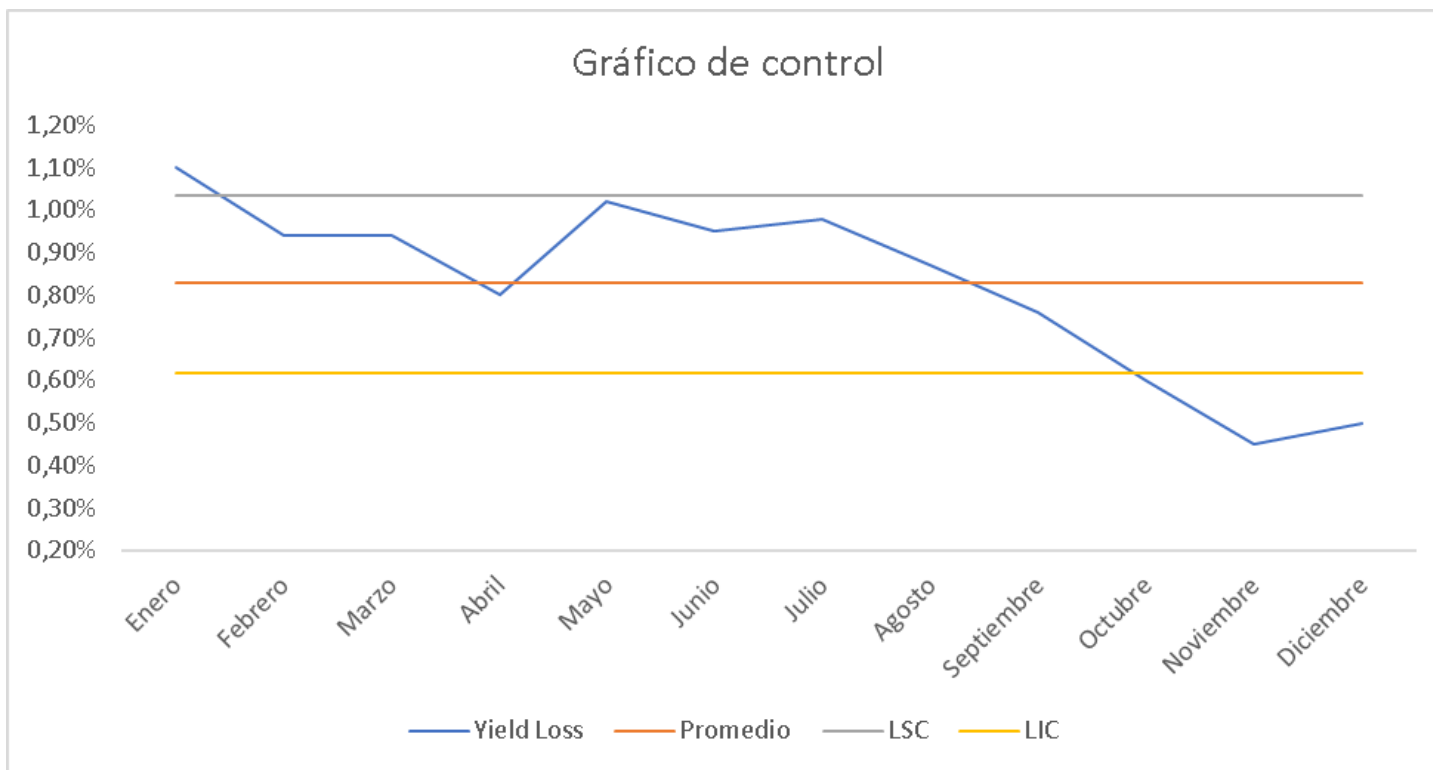


Gráfico #9. Gráfico de control en porcentaje del descarte de “Daños en la Unión” en las familias de Catéter A y B donde se muestra que los valores disminuyen bajo la media y límites menores. Fuente Original.

5.6 ANALISIS FINANCIERO

Para determinar el beneficio de retorno económico que obtendrá Empresa de Industria médica una vez finalizado este proyecto, se necesita primeramente definir parámetros como el presupuesto total de la inversión del proyecto, así como el costo por unidad procesada dentro de la planta de manufactura y la cantidad de unidades desechadas históricamente para así determinar el porcentaje de retribución de las mejoras planteadas.

Presupuesto

En la siguiente tabla se muestra un resumen de los costos/gastos que se tomaron en cuenta para la implementación de esta mejora.

Descripción	Cantidad	Valor estimado \$	Disponibilidad en planta
Salario de Técnico de mantenimiento en tiempo extra(5 horas)	5	75.63	sí
Servicio de transporte para técnico de mantenimiento	2	50.42 (estimado)	sí
Total \$		126.05	

Tabla #19. Tabla de gastos que se realizarán cada 2 meses durante la evaluación de la configuración del equipo. Fuente Original.

Para la toma de decisión de que se incluiría como gastos no se toma el salario de mi persona, debido a que la implementación de la configuración solo depende del técnico de mantenimiento que la realice, así como el transporte que se

le brindará por ser en jornada extra laboral, ya que las líneas de producción presentan una proyección de producción que se debe cumplir a cabalidad cada día laboral.

Costo de la unidad.

Como se mencionó anteriormente , es necesario conocer el valor de producción de una unidad para cada tipo de catéter que se pueda desarrollar en la planta, como se mostrará a continuación la empresa dispone de 5 familias de producción en este cuarto limpio:

Familia	Líneas de producción en cuarto limpio					
	Línea 1	Línea 2	Línea 3	Línea 4	Línea 5	Línea 6
A		X		X		X
B		X				X
C			X	X	X	X
D			X	X	X	
E				X		

Tabla #20. Familias que se producen en cada línea de producción, siendo la línea 2 donde se realiza este proyecto. Fuente Original.

Familia	Precio estándar del catéter \$
A	5
B	5
C	4.55
D	4.55
E	4.25

Tabla #21. Tabla del costo estándar en dolares de cada una de las familias . Fuente Original.

Cantidad de unidades desechadas por el código “Daño en la unión”.

En base a un análisis realizado a datos históricos desde enero del 2021, se determina la cantidad de unidades desechadas por el defecto en estudio, en las familias de catéter A y B, mostrados en la siguiente tabla.

	año	2021	2022
Catéter A		1204	1705
Catéter B		375	239
Total		1579	1944

Tabla #22. Cantidad de unidades desechadas por el código Daño en la unión en los años 2021 y 2022 . Fuente Original.

Como se ve en la tabla la familia de catéter B muestra menos daños acumulados que su homologado del A, esto es debido a la cantidad de producto procesado, esta línea de producción corre en la mayoría del año, catéter A.

Teniendo un promedio semanal de 30 unidades en 2021 y notablemente un aumento en 2022 siendo 32 hasta septiembre antes de las acciones a implementar en la estación de sellado.

Una vez aplicada la mejora el promedio de descartes en los meses de octubre, noviembre y diciembre disminuye hasta unas 27 unidades a la semana, y manteniéndose o disminuyendo en la actualidad.

El beneficio de estas unidades se representa en la siguiente imagen, ilustrando las ganancias generadas a raíz de la implementación de este proyecto. Como no se implementa un equipo nuevo ni la compra de nuevas herramientas, la inversión inicial es baja y consta de:

- Salario del técnico de mantenimiento, debido a que la configuración completa del equipo que se realiza, al constar de muchas horas de pruebas se debe implementar en horario fuera de jornada laboral.
- Transporte del técnico de mantenimiento.

El mes de septiembre es el mes en que se hace la implementación y por recomendación del control y seguimiento se repite en noviembre, las ganancias mostradas son a base del promedio de unidades que están dejando de descartarse por este defecto, las ganancias mostradas en el mes de octubre, noviembre y diciembre son debido a la cantidad de unidades buenas que están procesando los colaboradores que ya no se están descartando por es defecto de Daño en la unión, son las ganancias por las unidades extras al promedio durante el defecto estaba activo en la línea de producción(45 unidades en octubre, 55 unidades en noviembre y 45 en diciembre); la TMAR que la empresa me solicita para el proyecto fue de 40% que es estándar para todos los proyectos teniendo a finales de diciembre una Valor Neto actual positivo y una tasa interna de retorno positiva también, por lo que se confirma la eficacia de las acciones y la solución al identificar las causas raíz del problema.

**EVALUACION DE PROYECTOS
FLUJOS NETOS DE EFECTIVO (\$)**

AÑOS	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo
INVERSION INICIAL							
Equipamiento	126						
Total Inversion Inicial	126						
BENEFICIOS							
Venta Servicios		225	225	225	225	225	225
GASTOS VARIABLES INCREM		0	0	0	0	0	0
DEPRECIACION INCREM							
Estación Demostrativa		0	0	0	0	0	0
Total de gastos		0	0	0	0	0	0
UTILIDAD ANTES DE IMP.		225	225	225	225	225	225
IMPUESTO DE RENTA		0	0	0	0	0	0
UTILIDAD DES/IMPUES.		225	225	225	225	225	225
DEPRECIACION INCREM							
Estación Demostrativa		0	0	0	0	0	0
VALORES DE RESCATE							
Activos Fijos CMF							0
Impacto en Renta							0
FLUJO NETO EFECTIVO	-126	225	225	225	225	225	225
FNE descontados (40%)	<i>\$487,79</i>						
VALOR ACTUAL NETO (VAN)	<i>\$361,79</i>						
TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)	<i>178,186%</i>						
INDICE DE DESEABILIDAD (ID)	<i>3,87</i>						

Imagen #24. Montos de beneficios obtenidos y pronosticados para los 6 meses de implementación del proyecto, incluyendo hasta marzo 2023. Fuente Original.

De este modo, se conoce en base a estos resultados que el proyecto es altamente viable de implementar desde su fase cero, propuesta en este documento, se tendrá un TIR un poco elevado ya que el monto de inversión es sumamente pequeño comparado contra los ingresos de la empresa y otra cantidad de descates distintos al solucionado, de este modo el proyecto se define como rentable ya que su retorno de inversión es equiparable a tipos de interés altos; logrando además un 3.87 veces el cubrimiento de los FNE(flujos netos de efectivo) descontados en la inversión inicial.

Finalmente ya que el VAN es positivo, quiere decir que el flujo supera los egresos del proyecto en alrededor de los \$361.79. de igual modo el ROI o retorno de la inversión del proyecto se podría definir de 78.57%, que al ser positivo indica que la inversión está rindiendo frutos.

Capítulo VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

Con base a los resultados obtenidos en este proyecto de investigación que fue desarrollado en la línea de producción 2, de las familias Catéter A y Catéter B de “Empresa de Industria Médica” en la Zona Franca El Coyoil, en el departamento de Ingeniería para mejorar y estabilizar el proceso de producción para el cumplimiento de sus respectivos indicadores, se concluye que:

- Gracias a la implementación de las soluciones, a través de este proyecto, y haciendo uso de las herramientas ingenieriles para cada una de las etapas del proceso DMAIC, se logra evidenciar que a partir de noviembre el yield loss es menor a 0,50%.
- De acuerdo con la investigación se logró identificar que las causa raíz del problema son, los mandriles doblados y la configuración del equipo.
- Se concluye que el factor humano no debería influir de manera importante en el problema en estudio.
- A nivel académico se concluye que, se lograron utilizar con éxito, herramientas aprendidas durante la carrera universitaria, en este escenario real, lo que permitió entender mejor el proceso de solución de problemas en la empresa de una manera más profunda para futuros proyectos que requieran herramientas ingenieriles.

6.2 RECOMENDACIONES

Las recomendaciones que se hacen para continuar con el éxito que el proyecto universitario brindó, son las siguientes:

- Todos los equipos en esta empresa tienen un mantenimiento preventivo para cada uno de ellos que se realiza mensualmente, por

lo que se recomienda una “Plan de trabajo” para el departamento de ingeniería y mantenimiento, que permita confirmar que los ajustes realizados en el equipo se puedan verificar cada 15 días durante los primeros 3 meses a partir de la finalización de este proyecto, para la confirmación de su estabilidad.

- Se está programado realizar a finales de diciembre cuando las líneas de producción tengan las metas del año contempladas, un DOE para confirmar que los ajustes fueron de utilidad, se establecerá con ayuda del departamento de operaciones y encargados de ingeniería que se reúnen una vez al mes para identificar los lotes que cada familia y línea correrá durante el mes.
- Realizar un plan de entrenamiento para los colaboradores que laboran en esta estación de trabajo, que permita hacerlos expertos en su estación, esto con ayuda del departamento de ingeniería, explicando la funcionalidad de sus partes y el cómo funciona el equipo, no solo por conocimiento sino para que sean expertos en sus procesos.
- Se recomienda seguir con la segregación de los mandriles a diario en las estaciones de trabajo para evitar que el dobléz del mismo pueda generar daños en el sellado de las unidades.
- Se recomienda que, para la producción de lotes comerciales con un globo de mayor tamaño, se solicite al departamento de materiales mandriles nuevos, para evitar que incluso los segregados puedan generar algún contratiempo en la línea de producción.
- Para el departamento de operaciones, se recomienda durante la reunión semanal de programación de lotes comerciales, no se permita la producción de varios lotes de globo mayor seguidos, para

que se pueda trabajar con tiempo la segregación de mandriles de una manera más eficiente.

- Y finalmente involucrar a todo el equipo de trabajo en caso de nuevamente presentar problemas similares en esta o demás estaciones de trabajo.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

(Empresa de Industria Médica, 2010) Lograr Excelencia con el producto. Obtenido:
<https://www.latam.abbott/>

(Empresa de Industria Médica, 2010) Vivir tu mejor vida y en el futuro. Obtenido:
<https://www.latam.abbott/about-us/who-we-are.html>

(Facultad de Ciencia, 2019) ¿Qué es la Ingeniería Industrial? – Universidad Galileo, Guatemala. Obtenido; <https://www.galileo.edu/facti/carrera/ingenieria-industrial/#:~:text=La%20Ingenier%C3%ADa%20Industrial%20de%20Universidad,en%20productos%20como%20en%20servicios.>

(Galo Estrada, 2022) Reducción del indicador "Defecto en la unión" en las familias Catéter A y Catéter B en Empresa de Industria Médica durante el segundo cuatrimestre del año 2022. Proyecto original en empresa de industria médica.

(Gutiérrez, 2013) Control Estadístico de calidad y seis sigma (ed. 2). Mc Graw Hill.

(López, 2019) ¿Qué es Six Sigma? Obtenido:
<https://www.ingenieriaindustrialonline.com/gestion-de-calidad/que-es-six-sigma/>

(Paz, 2008) Administración de la calidad Total (ed. 8) Universidad Nacional Mar de Plata