

**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DE LAS
AMÉRICAS
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN

**Para optar para el grado de Bachillerato en Ingeniería
Industrial**

**Diseño de propuesta de mejora para reducir el scrap en la
línea AREX51 de la empresa MediCare Plus.**

AUTORA

Alma Sánchez Leiva

TUTOR

Ing. Alejandro Leiva González

LECTOR

Ing. José Espinoza Chaves

SAN JOSÉ, ABRIL 2019

DEDICATORIA

En primera instancia le dedico la elaboración de este trabajo de investigación a Dios, por el apoyo divino y fortaleza que me ha brindado en cada paso de mi vida, y sin el cual habría sido imposible que lograra finalizar mi carrera estudiantil.

A mi madre Maritza Leiva, quien ha estado siempre a mi lado, siendo un ejemplo de vida y de humildad lo cual ha influido en mi formación, estando siempre presente en cada logro y fracaso siempre apoyándome e instándome a seguir adelante.

A mi esposo José Cercone, quien ha sido un pilar fundamental en mi camino y que de una u otra forma me ha apoyado en lo que he necesitado y siempre ha confiado en mis capacidades.

A mi familia y amigos cercanos que siempre estuvieron pendientes de mi carrera y que con sus palabras me alentaron a seguir adelante.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por acompañarme en esta experiencia de aprendizaje, por ayudarme con mucha paciencia y dedicación para terminar este trabajo de investigación.

A mi familia por sus buenos deseos y amor, los cuales fueron de mucha motivación para mí y por siempre demostrar el orgullo que les trasmito.

A mi tutor de tesis, Ingeniero Alejandro Leiva González, por sus consejos y guía, y por siempre ayudarme con sus conocimientos en el transcurso de mi carrera, por ser un excelente profesor y por su infinita paciencia.

Al cuerpo de docentes de la Universidad que me brindaron los conocimientos en cada materia cursada y de los cuales aprendí mucho, forjando mi carrera profesional.

Al director de carrera, Ingeniero Freddy Hernández por siempre brindarme su apoyo y ayudarme en todas las consultas que necesité en la elaboración de este trabajo de investigación.

A mis jefes Martín Camacho y Pilar Vargas por confiar en mí, y por siempre brindarme su apoyo incondicional tanto laboral como personal y quienes siempre me incentivaron en el transcurso de la ejecución del trabajo de investigación.

RESUMEN EJECUTIVO

El presente proyecto investigativo se realizó en la empresa MediCare Plus, en la línea AREX51 estación de Rolling, el cual tiene como enfoque principal reducir el defecto que genera mayor desperdicio en la estación.

Durante el análisis la estación de Rolling fue identificada como una de las estaciones que genera un alto porcentaje de scrap en la línea de producción, esto sucede en ambos turnos, así como también los tipos de defectos que comprende el porcentaje de pérdida del yield.

El proyecto tiene como algunos objetivos:

- Describir la situación actual del proceso productivo de la estación Rolling.
- Describir los códigos de defectos de la línea AREX51 en la empresa MediCare-Plus.
- Brindar una propuesta de mejora en el proceso del ensamble de Rolling para reducir el scrap

El análisis se inicia con la situación actual, en donde mediante los diagramas de proceso y flujo se demuestra el flujo de la línea de producción, así como también los procesos de la estación de Rolling la cual es el enfoque de este proyecto de investigación.

La estación de Rolling es uno de los procesos en donde la unidad está completamente construida al exceptuar el proceso de empaque, es por ello que el desperdicio de la unidad simboliza un costo alto al constar de todos los elementos que la componen.

Como resultado del análisis, se determina que el defecto que más golpea la estación de Rolling es por el código "defecto por punta defectuosa" al generar en el turno A un 33% de pérdida de yield por este defecto y un 27% en el turno de la tarde en el año 2018, al dejar una pérdida \$155.891,70 dólares en el año.

Mediante la investigación del defecto por punta defectuosa da como resultado que la causa que más impacta es por una mala manipulación en la inserción del cable guía en la unidad, por parte de los operarios que trabajan en la estación, de igual manera ambos turnos comparten esta misma situación, un punto importante es que en la estación de Rolling solo cuenta con un filtro de inspección en el final de proceso por lo que las unidades son desechadas hasta el final.

Este trabajo de investigación busca reducir el defecto que más impacta, en la estación en ambos turnos debido a la pérdida ya mencionada que se generó en el 2018, se propone una nueva inspección en el documento al complementar con una herramienta de ayuda visual, lo cual asegure la adecuada inserción del cable guía en el producto y la integridad del mismo al evitar así la generación de scrap.

También se desarrolló una iniciativa para crear conciencia del impacto que tiene una inadecuada manipulación en el producto debido al grado de criticidad al ser un producto de uso médico el cual es utilizado para arterias y órganos vitales del cuerpo humano.

La iniciativa propone proyectar aquellos comportamientos inadecuados e inaceptables en la compañía que influyen directamente en el procesamiento de las unidades, estos comportamientos serán capturados y se brindará la presentación de todos los eventos un día a la semana.

Mediante el análisis económico, se determina que la inversión que se debe realizar es mínima y los beneficios son muchos, debido a que solo se debe de invertir en la compra de dos unidades de la herramienta mencionada en el cuerpo del documento.

El proyecto de investigación espera reducir el scrap por el defecto como una de las proyecciones sin embargo está basado en la propuesta, y es importante señalar que la variabilidad siempre está en cualquier proceso, pero se espera tener un control más estable de los defectos.

CONTENIDO

DEDICATORIA.....	1
AGRADECIMIENTOS	2
CARTA DE SOLICITUD DE DEFENSA.....	4
CARTA DE DEFENSA DEL TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN	5
CARTA DE REVISIÓN FILOLÓGICA	6
DECLARACIÓN JURADA	7
CÓDIGO DE ÉTICA	8
RESUMEN EJECUTIVO	9
CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN	19
Generalidades de la Empresa	20
Organigrama de la empresa.....	21
Misión de la empresa.....	23
Visión de la empresa	23
Generalidades del Trabajo de investigación.....	23
Planteamiento del problema	23
Enunciado del Problema.....	24
Objetivos	24
Objetivo General	24
Objetivos Específicos	24
Justificación.....	24
Antecedentes	25
Proyecciones.....	26
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO	27

WBS	27
Principios de WBS	27
Aplicación del WBS	28
Yield	28
Proceso productivo	29
Unidades defectuosas	30
Subproducto (SCRAP)	31
Diagrama de Ishikawa	31
Diagrama de Pareto	34
Seis Sigma	35
Análisis Costo-Beneficio	36
Cómo Calcular un Análisis de Costo-Beneficio	36
Riesgos Involucrados	37
Depreciación	37
Diagrama de Flujo	38
Diagrama de Procesos	39
Lean Manufacturing	40
Estructura de Lean	41
Ciclo de DEMING	43
Diagrama de Gantt	44
Matrices de Priorización	45
Herramienta Excel	48
Operaciones aritméticas	50
Funciones en Excel	51

Datos tabulares	51
Gráficos de Control	52
Análisis Estadístico	52
Lluvia de Ideas o Brainstorming	54
CAPÍTULO III MARCO METODOLÓGICO	56
Enfoque	56
Enfoque Cualitativo.....	56
Enfoque Cuantitativo.....	57
Enfoque Mixto.....	58
Enfoque del trabajo de investigación	58
Diseño/Metodológico	58
Muestra de la investigación.....	59
VARIABLES O UNIDADES DE ANÁLISIS.....	59
Instrumentos	63
Proceso para la recolección de datos.....	64
Método de análisis.....	65
WBS	65
Cronograma.....	67
Gantt	67
CAPÍTULO IV ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN	68
Diagrama de Procesos	70
Diagrama de Flujo.....	73
Proyección de Producción de Turno A y Turno B	75
Diagrama de Pareto Turno A y B de todas las Estaciones	77

Pareto Estación de Rolling Turno A	82
Pareto Estación de Rolling Turno B.....	84
Diagramas de Ishikawa	86
Magnitud del Problema	104
Justificación de la Magnitud	107
CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	111
Conclusiones	111
Recomendaciones.....	112
CAPÍTULO VI PROPUESTA	113
Propuesta	113
Nuevo control de Inspección.....	113
Nuevo paso de Inspección.....	113
Refreshamientos Semanales	120
Indicador de Efectividad de la Capacitación.....	127
Análisis Costo Beneficio.....	129
Depreciación de Inversión.....	130
Beneficios del nuevo paso de Inspección.....	134
Plan de Implementación	136
Proyección Entre Turnos con Mejora.....	140
REFERENCIAS	142
APÉNDICE	145
Glosario Técnico	145
Propiedades de las Herramientas.....	146
Cotización de Herramientas	147

Tabla de Figuras

Figura 1: Ubicación de Zona Franca el Coyoil, Alajuela.....	21
Figura 2: Organigrama MediCare	22
Figura 3: Estructura WBS	28
Figura 4: Representación Gráfica de un Proceso	30
Figura 5: Ejemplo Diagrama de Ishikawa.....	32
Figura 6: Ejemplo de Gráfico de Pareto.....	35
Figura 7: Ejemplo del Ciclo de DEMING	44
Figura 8: Diagrama de Gantt.....	45
Figura 9: Matriz de Priorización	47
Figura 10: Sumatoria de Criterios	47
Figura 11: Hoja de Excel.....	49
Figura 12 Filas y columnas de Excel	50
Figura 13 Ejemplo de Operaciones Aritméticas	50
Figura 14: Ejemplo de Funciones en Excel.....	51
Figura 15: Ejemplo de Gráficos de Control	52
Figura 16: Proceso Cualitativo.....	57
Figura 17: Proceso Cuantitativo.....	58
Figura 18: Proceso para la Recolección de Datos.....	64
Figura 19 Cronograma de Actividades del trabajo de investigación	66
Figura 20: Gantt de Actividades.....	67
Figura 21: Diagrama de Procesos de Línea AREX51	72
Figura 22: Diagrama de Flujo de Estación de Rolling.....	74

Figura 2: Grafico de Scrap por Turno	77
Figura 23: Diagrama de Pareto Turno A.....	79
Figura 24: Diagrama de Pareto Turno B	81
Figura 25: Diagrama de Pareto Estación Rolling, Turno A	84
Figura 26: Diagrama de Pareto Estación Rolling, Turno B	86
Figura 27: Diagrama de Ishikawa: Daño por punta	88
Figura 28: Diagrama de Ishikawa de Contaminación por Partículas	91
Figura 29: Diagrama de Ishikawa de Daño en tubo Mayor	94
Figura 30: Diagrama de Ishikawa de Globo Arrugado	97
Figura 31: Diagrama de Ishikawa de Pliegue de Globo Diferente.....	100
Figura 32: Procedimiento Actual de Rolling.....	114
Figura 33: Lupa de ayuda visual	116
Figura 34: Procedimiento Propuesto.	118
Figura 35: Introducción al programa.....	121
Figura 36: Presentación de los eventos.	122
Figura 37: Descripción del daño.	123
Figura 38: Consecuencias.....	124
Figura 39: Recomendaciones de Mejora.	125
Figura 40: Oportunidades de Mejora.	126
Figura 1: Grafico de Medición del Indicador.....	129
Figura 3: Grafico de Scrap por Turno con Mejora.....	141

Tablas

Tabla 1: Variables o unidades de análisis	60
Tabla 2: Tabla de Instrumentos	63
Tabla 3: Jornadas MediCare Plus	69
Tabla 4: Producción por mes 2018.....	75
Tabla 2: Porcentaje de Scrap y Producción Entre Turnos.....	76
Tabla 5: Datos diagrama de Pareto Turno A, AREX51	78
Tabla 6: Datos diagrama de Pareto Turno B, AREX51	80
Tabla 7: Datos de Diagrama de Pareto Estación de Rolling, Turno A.....	83
Tabla 8 Datos de Diagrama de Pareto Estación Rolling, Turno B.....	85
Tabla 9: Tabla de Ponderación de Priorización	87
Tabla 10: Diagrama de Priorización de Daño por Punta.....	89
Tabla 11: Diagrama de Priorización de Contaminación por Partículas	93
Tabla 12: Diagrama de Priorización de Daño en Tubo Mayor	96
Tabla 13: Diagrama de Priorización de Globo Arrugado	99
Tabla 14: Diagrama de priorización Pliegue de globo diferente.....	101
Tabla 15: Priorización de Causas	102
Tabla 16: Ponderación de Causas.....	103
Tabla 17: Causas Principales.....	103
Tabla 18: Unidades perdidas por defectos	104
Tabla 19: Costo por componentes AREX51	105
Tabla 20: Costos por unidad terminada.....	106
Tabla 21: Cantidad de Daño por Punta Defectuosa Turno A.....	106
Tabla 22: Cantidad de Daño por Punta Defectuosa Turno B	107

Tabla 23: Costos Perdidos por Componentes	108
Tabla 24 Costo de Manufactura o Stándard	108
Tabla 25: Costo de envío.....	109
Tabla 26: Costo Total	109
Tabla 27: Costo de Pérdida de Venta	110
Tabla 1: Ejemplo de Información de Medición de Indicador	128
Tabla 28: Costo de Herramientas	130
Tabla 29: Pérdida Vs Inversión de compra	130
Tabla 30: Depreciación de Herramientas	131
Tabla 31: Costos de Inversión Inicial.....	132
Tabla 32: Costos de validación	133
Tabla 33: Riesgo de Pérdida Anual.....	133
Tabla 34: Proyección de Mejora en la Estación Rolling.....	134
Tabla 35: Implementación de Inspección en Documento	136
Tabla 36: Implementación de Programa Poniendo Corazón.....	138
Tabla 3: Porcentaje de Scrap y Producción Entre Turnos con Mejora	140

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

En la actualidad las empresas constantemente están trabajando en ser eficientes y productivas, tratando de administrar de la mejor manera todos los recursos que la componen y que garantice la optimización de los mismos, los desperdicios que se generan en el proceso productivo son costos que la empresa asume y que no generan ningún valor tanto como para la empresa, así también como a los clientes.

El presente trabajo de investigación está enfocado en el aumento de scrap que se ha generado en la línea de producción AREX51 en el proceso de Rolling de la empresa MediCare-Plus la cual se dedica a la fabricación de catéteres para uso cardiovascular, este incremento que se está generando es causado por defectos en la punta del producto, es por ello que en el desarrollo y recolección de información se analizarán las causas que lo provocan mediante herramientas ingenieriles.

Así como también generar una propuesta para reducir significativamente el desperdicio, lo cual contribuirá en la optimización de los recursos y por ende en una reducción en los costos lo cual para la empresa es de gran importancia, para tener un proceso más eficiente.

El desarrollo de este trabajo de investigación se distribuirá en seis capítulos los cuales son los que conforman el mismo, en el primer capítulo se habla sobre las generalidades de la empresa, la problemática que actualmente presenta la empresa, los objetivos, la justificación y la razón de ser de la investigación.

El segundo capítulo está conformado por el marco teórico el cual presenta las definiciones de los conceptos y herramientas por utilizar, lo cual es importante para la interpretación del desarrollo de la investigación.

En el tercer capítulo se encuentra el marco metodológico, en el cual se muestra el enfoque de la investigación, las variables por utilizar, el método de análisis y cronograma, en el cuarto capítulo describe cuál es la situación actual y el análisis de esta, en el quinto capítulo muestra las conclusiones y recomendaciones y en el sexto capítulo se encuentra la propuesta y el análisis económico.

El trabajo de investigación se marca en la línea de investigación de diseño, desarrollo y mejoramientos de procesos, por lo tanto y por lo descrito anteriormente se requiere una mejora en

el proceso la cual ayude a reducir el scrap generado en la producción de catéteres en la línea AREX51 en el proceso de manufactura Rolling.

Generalidades de la Empresa

En el siguiente apartado se mencionarán puntos relevantes de la empresa los cuales son importantes para el desarrollo y entendimiento de este trabajo de investigación.

MediCare Plus es una empresa dedicada a la fabricación de catéteres de dilatación coronaria e intervención periférica, la cual está compuesta por diferentes familias de productos y cuenta con diferentes subdivisiones, uno de los más innovadores es AREX51, es un producto de intervención periférica el cual es muy cotizado en el mercado debido a la calidad y eficacia.

La planta de Costa Rita inició operaciones desde el 2011, al abastecer los mercados nacionales e internacionales, actualmente está conformada por más de mil empleados, la planta productiva trabaja tres turnos de jornadas laborales y cuenta con una serie de beneficios para los empleados, entre ellos servicio de soda, asociación de empleados y gimnasio los cuales pueden disfrutar y hacer uso de ellos.

Medicare Plus comercializa sus productos alrededor del mundo, en países estratégicos como en muchos países de América, países europeos, Asia, África y Oceanía,

Ubicación de la empresa

La empresa se encuentra ubicada en Zona Franca el Coyol, Alajuela, frente a RTV, como se muestra en la Figura 1.

Figura 1: Ubicación de Zona Franca el Coyoil, Alajuela



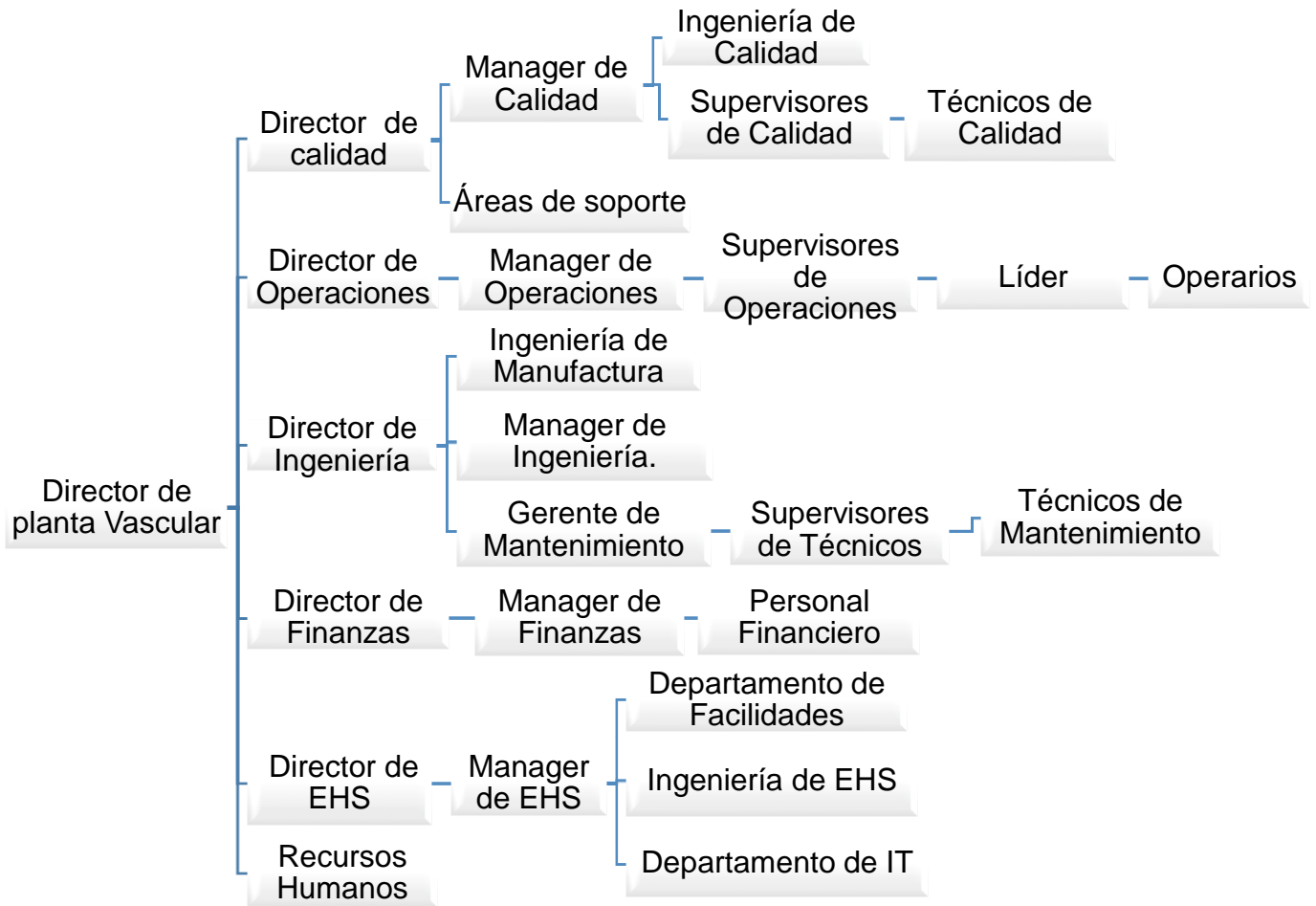
Nota: Google Maps 2018

Organigrama de la empresa

A continuación, en la Figura 2 se detalla cada una de las áreas de la empresa que conforman el organigrama de MediCare Plus, así como también quiénes son los representantes de cada departamento en la compañía, cada uno de ellos hacen posible el funcionamiento y la existencia en el mercado de los productos fabricados.

Cada departamento trabaja en función del otro, debido a que la comunicación entre ellos es fundamental para el éxito del alcance de los objetivos establecidos, cada eslabón es fundamental en conjunto con el recurso humano que lo conforman los cuales son lo más importantes y valiosos en cualquier empresa.

Figura 2: Organigrama MediCare



Nota: MediCare Plus (2018)

El organigrama de la Figura 2 muestra la estructura y la relación de los diferentes departamentos que conforman la compañía, en donde se ve reflejado áreas directivas, áreas de gerencia, supervisión, áreas de soporte operaciones.

Misión de la empresa

Ofrecer productos médicos con los más altos estándares y calidad garantizada para satisfacer las expectativas de nuestros clientes.

Visión de la empresa

Ser la empresa de productos médicos número uno en el nivel nacional, alcanzando la lealtad y confianza absoluta de nuestros clientes.

Generalidades del Trabajo de investigación

Planteamiento del problema

Actualmente en la línea de producción AREX51, en el proceso de Rolling se ha ido incrementado el índice de scrap en un 5% por defectos en la punta del catéter, esto ha ocasionado una variación en la meta de ambos turnos, la cual para el turno de la mañana es de 986 UPH y para el turno de la tarde 780 UPH, ambos turnos con un requerido de un 95% de yield al dar un margen de un 5% de pérdida por scrap en las órdenes de producción, y ha aumentado las cantidades de materiales asignados para cada orden y cumplir con la demanda ya pactada con los clientes.

Es importante mencionar que cuando la unidad llega al proceso de Rolling casi está completamente ensamblada, exceptuando el proceso de empaque, lo cual esto indica que la unidad debe ser desechada con la gran mayoría de los componentes, una vez que el daño se genera no hay manera de que la unidad se pueda reversar o volver a ensamblar, puesto que cada componente está soldado al cuerpo del catéter mediante una máquina láser que cumple esta función.

Adicionalmente, por procedimiento interno no está permitido el retrabajo, debido a la alta criticidad del producto, siendo este un producto médico el cual está en contacto directo con el cuerpo del paciente y las complicaciones pueden ser muy severas al causar una lesión grave o incluso hasta la muerte al depender del defecto o daño que la unidad presente al realizar el procedimiento médico, comprometiendo la imagen de la empresa y posibles demandas del mercado.

Enunciado del Problema

La situación descrita anteriormente lleva el planteamiento de la siguiente pregunta:

¿Cómo mejorar el proceso de la estación de ensamble Rolling en la línea AREX51 mediante la metodología Lean Manufacturing para la reducción de scrap de las puntas del producto?

Objetivos

Objetivo General

Diseñar una propuesta de mejora en el proceso en la estación de ensamble Rolling en la línea AREX51 mediante la metodología Lean Manufacturing, para reducir el scrap de las puntas del producto en el tercer cuatrimestre del 2018

Objetivos Específicos

- Describir la situación actual del proceso productivo de la estación Rolling.
- Describir los códigos de defectos de la línea AREX51 en la empresa MediCare-Plus.
- Analizar los factores contribuyentes al incremento de scrap en la estación Rolling.
- Evaluar las posibles causas que estén generando los defectos en la punta del catéter.
- Brindar una propuesta de mejora en el proceso del ensamble de Rolling para reducir el scrap en la estación.

Justificación

La elaboración de este trabajo de investigación es de interés de MediCare Plus debido, a la situación que actualmente está pasando la empresa, esto debido al incremento de scrap en la estación de Rolling, la cual ha generado variaciones en la meta de producción de los turnos, se espera que los resultados de esta investigación sean satisfactorios para la empresa y poder tener un ahorro significativo al reducir el desperdicio.

Puesto que se aprovecharán más los recursos que involucran el proceso, se espera que la estación sea más productiva y eficiente, de esta manera también contribuye a que la línea trabaje con calidad en la Nota, por ejemplo, al realizar las diferentes actividades los operarios logren una comunicación más fluida entre ellos, compartiendo criterios de inspecciones para evaluar los tipos de defectos.

Mediante esta mejora de reducción del scrap la empresa será la principal beneficiada puesto que los costos de producción se reducirán, los inventarios de materiales podrán tener un mayor control en el reabastecimiento y se reducirá la huella ambiental ya que debido al tipo de componente, el cual es plástico es un gran aporte al medio ambiente, posteriormente el cliente también se beneficia tanto en el costo del producto y la calidad.

En la conclusión, de la elaboración del trabajo de investigación se espera brindar las recomendaciones adecuadas para lograr disminuir el incremento de scrap, al lograr así el alcance de metas y eficiencia en el proceso de la estación de enfoque, lo cual impactará directamente a las demás estaciones de trabajo.

Antecedentes

Las empresas siempre están en la constante búsqueda del mejor aprovechamiento de los recursos y la disminución de los desperdicios, a medida que pasa el tiempo se generan nuevos estudios enfocados a este punto de interés que es la reducción de los desperdicios, es por eso que se analizaron diferentes artículos y se tomará en cuenta estas investigaciones históricas bajo este tema de interés.

Según Delgado (2015) “Es importante la reducción de la merma ya que se desea alcanzar un beneficio económico al ahorrar en mano de obra y otros costos de producción al evitar el reproceso y el desperdicio de material, contribuyendo, además se persigue alcanzar un beneficio ambiental al velar por el buen uso de la resina (recurso no renovable) y al reducir las pérdidas de energía asociadas a la producción de merma. La reducción y un mejor control sobre los productos no conformes contribuye con la satisfacción del cliente.”

Por lo expuesto, es importante la aplicación de un método de mejora de procesos con resultados de éxito probado que mida y mejore la calidad como el Six Sigma que además ayude a corregir los problemas antes de que se presenten y obtener así niveles de merma muy bajo que se encuentre dentro del nivel Six Sigma, obteniéndose de esta manera beneficios como la mejora de la rentabilidad y la productividad. (Delgado , 2015)

Ramírez (2015) detalla que La metodología de ruta de calidad diseñada se esquematizó en un mapeo enfocado a los desperdicios concepto innovador dentro de la cadena de valor de un

proceso dando paso a un análisis detallado de causas que tenían influencia en la generación de desperdicios utilizando el trabajo de investigación como estructura de trabajo y para mostrar datos y estadísticas de un antes y un después de cada causa analizada y enfocada a la mejora continua y ahorro en costos con la disminución de cada uno de los desperdicios identificados en el desarrollo del trabajo de investigación y enfocado a la mejora continua. (Ramirez, 2015, pág. 7)

Córdova (2007) señala que el contenido del diseño detallado para el programa de reducción de desperdicios inicia con un enlace entre las necesidades identificadas en el diagnóstico y la identificación de criterios de diseño para el programa que permiten crear la base para el desarrollo de herramientas importantes como: Cinco “S”, Mantenimiento Productivo Total, Nivelación de la Producción, Kanban, S.M.E.D., Poka Yoke, Administración visual y Trabajo Estandarizado entre otras. (Cordova, 2007, pág. 12)

Proyecciones

Mediante la realización de este trabajo de investigación de tesis, se pretende que el proceso en estudio logre cumplir con los objetivos planteados, al alcanzar resultados satisfactorios para la solución del problema.

- Adquirir un entendimiento claro del proceso actual para ofrecer soluciones que impacten positivamente en el proceso de Rolling.
- Identificar la causa raíz que está generando la gran mayoría de scrap en la estación, para reducir en un 0,03% el scrap generado en la estación.
- Ofrecer a la empresa MediCare-Plus un método más sencillo el cual les asegure la integridad de la punta del producto.

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

En el presente capítulo se mostrarán los conceptos importantes propuestos los cuales serán analizados y abordados en el desarrollo del trabajo de investigación, esto sirve como guía, así como también para la interpretación y entendimiento de las herramientas y métodos utilizados.

Mediante la recopilación de las teorías de diferentes escritores, la relación del problema en estudio y los objetivos del trabajo de investigación ya nombrados anteriormente, fundamentará el estudio en desarrollo.

WBS

Según Oliveros (2011) WBS o por sus siglas en inglés work breakdown structure, en Español se traduce como la estructura desagregada del trabajo. Es una descomposición jerárquica del trabajo por ejecutar por el equipo de proyecto orientada a productos entregables para alcanzar los objetivos de un proyecto, programa o portafolio.

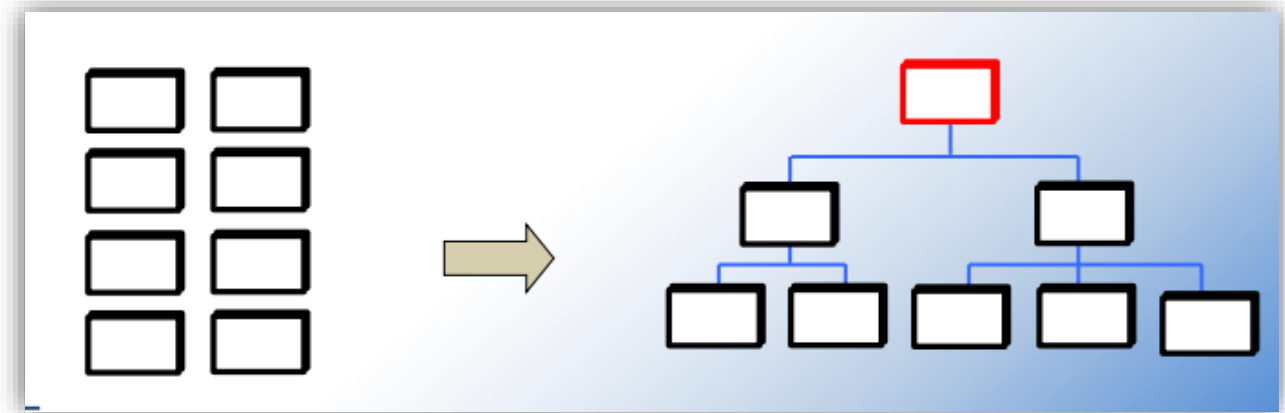
Uso:

- Sirve para asegurar que el proyecto incluye todo el trabajo requerido y solo el trabajo requerido, para completarlo exitosamente.
- Establece los límites del proyecto.
- Responde a la Pregunta: ¿Qué vamos a hacer?

Principios de WBS

- Un proyecto se hace más manejable cuando se descompone en partes individuales, que cuando se unen conforman la Estructura Desagregada del Trabajo (WBS).
- Subdivisión del trabajo del proyecto en componentes más pequeños y manejables.

Figura 3: Estructura WBS



Nota: Gerencia de proyectos (2011)

Aplicación del WBS

Facilita el resto de los procesos de la gerencia de proyectos, como por ejemplo:

- Cronogramas. Cronograma de cada Paquete de Trabajo, Dependencias.
- Estimados. Costo de cada Paquete de Trabajo.
- Asignación de recursos. WBS vs. OBS (Organización Breakdown Structure o estructura desagregada de la organización)
- Análisis de riesgo. El Trabajo Contratado vs. El trabajo hecho en casa.
- Medición y Control. El WBS para controlar lo que se ha hecho y lo que falta por hacer. El WBS como herramienta de control de cambios. (Oliveros Azarak, 2011, págs. 4,10)

Yield

Según Pérez, es una métrica de rendimiento en donde el porcentaje de la relación de defectos de acuerdo con la cantidad de unidades producidas en toda la planta, también conocida como Yield. Este indicador sirve como prevención para metas de producción y la tendencia del indicador indica qué acciones de mejora se tienen que implementar.

Formula del cálculo del resultado del Yield es la siguiente:

$$\% Yield = \frac{\text{Unidades Totales} - \text{Unidades Defectuosas}}{\text{volumen Total}}$$

La fórmula muestra una perspectiva engañosa que oculta el impacto de la inspección y retrabajo.

(Perez Urrego, Carrión García, & Peláez zúñiga, pág. 9)

En este trabajo de investigación los cálculos numéricos son realizados al utilizar la fórmula anterior, es importante dar a conocer que es descompuesta de acuerdo con el dato de interés a medir y a las necesidades y controles que necesitan.

$$\text{Cantidad de scrap} = \text{Volumen} \times \% \text{ yield perdido}$$

La fórmula anterior se utiliza para conocer la cantidad de scrap generada ya sea por una estación o por lote manufacturado, según el dato de interés.

El cálculo del yield perdido se calcula de la siguiente manera:

$$\% Yield = \frac{\text{Cantidad de Unidades Defectuosas}}{\text{volumen Total}}$$

El volumen total se considera como la sumatoria de las unidades buenas con las unidades defectuosas y se representa de la siguiente manera:

$$\text{Volumen} = \text{Unidades aceptadas} + \text{Unidades defectuosas}$$

Proceso productivo

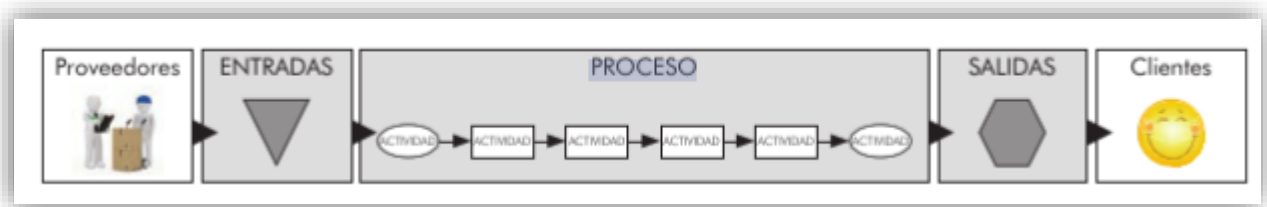
Según Pardo (2017) se define proceso como un conjunto de actividades interrelacionadas mediante las cuales unas entradas se transforman en unas salidas o resultados. Representa lo que se debe hacer, el trabajo por desarrollar para conseguir un determinado resultado. Un ejemplo de proceso podría ser el de selección y contratación de personal.

El proceso se inicia cuando surge la necesidad de personal en algún departamento de la organización.

Se ponen en marcha entonces una serie de actividades, como determinar el puesto, buscar candidatos, entrevistarlos, elegir a la persona, preparar el contrato y firmarlo. A estas actividades algunos las denominan tareas, acciones, pasos, etapas.

Para que algunas de estas actividades puedan desarrollarse son necesarias entradas (materia prima, información, energía), como pudieran ser el perfil del puesto, los currículos de los candidatos o los datos personales imprescindibles para elaborar el contrato. (Pardo Álvarez, págs. 17,18)

Figura 4: Representación Gráfica de un Proceso



Nota: Gestión por Procesos y Riesgo Operacional.

Este diagrama muestra de una forma muy general el flujo de un proceso productivo desde la recepción de los materiales e insumos, hasta la entrega hacia los clientes. Como se muestra en la Figura 4, también facilita ubicar la etapa del proceso productivo en donde se enfoca el desarrollo de este trabajo de investigación.

Unidades defectuosas

Es común que en el transcurso de todo proceso productivo se presenten diferentes tipos de defectos en el producto manufacturado, los defectos que se presenten son evaluados con el criterio de calidad de cada compañía para aceptar o rechazar las unidades, los defectos en diferentes cantidades representan un costo para la empresa, por lo tanto, es un punto de constante enfoque para controlar la reincidencia.

Según Laporta (2016) Son unidades averiadas o perdidas. Son aquellas unidades que se cuentan con averías imposibles de subsanar, por lo que son comercializadas con valor

sensiblemente menor. Por ejemplo, es frecuente industrias ofertas prendas textiles con pequeños defectos o manchas. Las cuestiones pueden ser semielaboradas en proceso de fabricación o unidades terminadas. Defectuosas, defectos por un de constata que destruidas o encontrar en unidades en el costo de las unidades perdidas comprende: el costo acumulado hasta el momento en que se detectó su situación más los gastos derivados de la eliminación.

Problemas relacionados con unidades defectuosas o averiadas, mermas, reprocesos, subproductos y scraps es común que se registren en los procesos productivos. (Laporta Pomi, 2016, pág. 76)

Subproducto (SCRAP)

Las unidades que no cumplen con los criterios de aceptación pasan a ser scrap de la línea de producción, esto debido a la gravedad de los defectos que se presenten ya sea por causa humana o no humana, es importante la medición del scrap debido a que el incremento afecta directamente el yield de las órdenes trabajadas y por lo tanto en las metas de producción ya establecidas por la compañía.

Según Laporta (2016) se trata de insumos que no logran transformarse en parte de productos terminados o semielaborados que surgen en forma inexorable en el proceso productivo, que no son un objetivo de producción y que tienen una importancia económica menor.

El subproducto naturalmente distrae recursos, es decir que parte de los insumos utilizados en el proceso productivo se derivan inevitablemente hacia el scrap. No obstante, esto, a efectos de la determinación del costo del producto principal, debe considerarse la cantidad bruta requerida. (Laporta Pomi, 2016, pág. 85)

Diagrama de Ishikawa

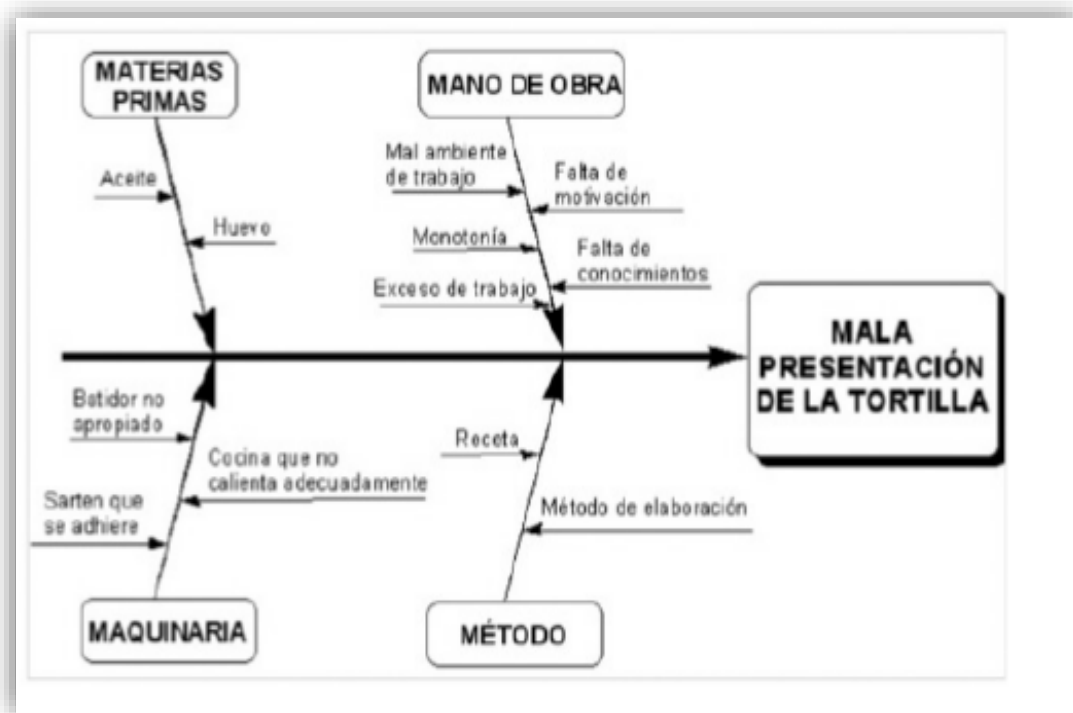
La utilización de esta herramienta permite identificar en el área de enfoque las posibles causas que generan el problema, este diagrama se construye mediante el nombramiento de

según López (2016) Es una técnica que permite la identificación y clasificación de ideas e información relativas a las causas de los problemas. De todas ellas, es la única que fue realmente creada por Kaoru Ishikawa. En este diagrama, se van identificando las llegadas a generar un problema, empezando por cuatro o cinco categorías principales, aunque pueden ser más o menos. Estas categorías suelen ser las siguientes:

- Materiales
- Personas
- Máquinas
- Procesos
- Entorno

A partir de ahí, se van identificando causas secundarias que se reflejan gráficamente en el diagrama como “ramas” de las categorías principales. Finalmente, el diagrama va adquiriendo forma de espina de pescado y de ahí uno de sus nombres más populares (Espina de Ishikawa). (López Lemos, 2016)

Figura 5: Ejemplo Diagrama de Ishikawa



Nota: Herramientas para la mejora de la calidad

El diagrama de la Figura 5 es una herramienta que permite mostrar de una manera más visual, las causas que generen el scrap de puntas dañadas en los catéteres, al evaluar las causas más relevantes se determina el mayor contribuyente que provoca los defectos para que las unidades se consideren scrap.

Según Betancourt (2017), la elaboración de un diagrama de Ishikawa gira en torno a una lluvia de ideas que tiene como enfoque un problema o situación. En este sentido, puede ser útil considerar técnicas de generación de ideas que te permitan “exprimir” al máximo a los asistentes. (Betancourt, 2017)

Pasos:

- **Definir y escribir el problema, situación o evento que se desea analizar.** Se escribe y luego se dibuja una caja alrededor de él, esta es la cabeza del pescado. Recuerda **redactar el problema en términos del efecto** que se presenta en la situación de análisis. Hecho esto, traza una recta (la espina central) por el lado izquierdo de la caja de texto.
- **Haz una lluvia de ideas de causas probables de lo escrito en la cabeza del diagrama.** Cada una de las causas detectadas será una espina mayor derivada de la espina central (la recta que trazaste en el paso 1). Considera usar las causas genéricas (6m, 4s, 8p, etc) o uno de los métodos de elaboración de diagrama de Ishikawa antes descritos, según la naturaleza del problema.
- **Analiza el problema desde cada una de las espinas mayores.** Por ejemplo, si elegiste las 8p's del mercadeo para hacer tu espina de pescado y estás analizando la p de precio, pregúntate, en cuánto a los precios, ¿por qué se presenta “*menciona el problema*”? Traza una línea desde espina mayor y coloca la respuesta. Este es el segundo nivel de causas.
- **Analiza el problema desde el segundo nivel de causas.** Ahora vas a tomar la respuesta del interrogante anterior y vas a hacer el mismo procedimiento con respecto al problema central. Traza una línea desde el segundo nivel de causas y coloca la respuesta. Este es el tercer nivel de causas con respecto a la p de precio.
- **Continúa profundizando en las causas según sea necesario.** Profundiza en las causas tanto como te lo permita el problema.
- **Completa las otras causas probables.** Lo que explicamos en el paso 2,3 y 4 fue hecho sólo para una causa mayor, si lees el paso 2 verás que hablamos de la p de precio. Realiza el mismo procedimiento según tantas causas mayores hayas identificado. Siguiendo el ejemplo del paso 2, lo haríamos para las otras 7 p's.
- **Si el grupo se queda sin ideas, centra la atención en aquellas espinas donde las ideas son pocas.**

- **Finalizado el diagrama, analiza las causas obtenidas y determina en cuáles se va a actuar.** De seguro tienes un gran abanico de causas. Por votación o consenso definimos cuáles son las causas principales y cuáles vamos a intervenir. Aquí consideramos factores como el número de veces que se presenta la causa, el impacto sobre el problema central, el costo, tiempo y esfuerzo que se requeriría para su solución. Considera hacer este análisis frente a un público más amplio, por ejemplo, gerencia, inversionistas, patrocinadores, etc.

Diagrama de Pareto

Esta herramienta es de suma utilidad debido a que ayuda a identificar las causas que generan el mayor desperdicio en el área de enfoque, así como también la identificación de las más relevantes para atacar que generen los defectos que provoque el incremento de scrap en la estación.

Según Guillet, Seno (2014) “El diagrama de Pareto permite elegir en forma visual el problema por tratar con base en datos calculados y respaldados por hechos ley del 80/20: 20% de las disfunciones de una empresa ocasionan 80% de sus problemas” (Gillet & Seno, 2014)

Esta herramienta es muy sencilla de construir, y se construye con los siguientes pasos según Acuña (2012):

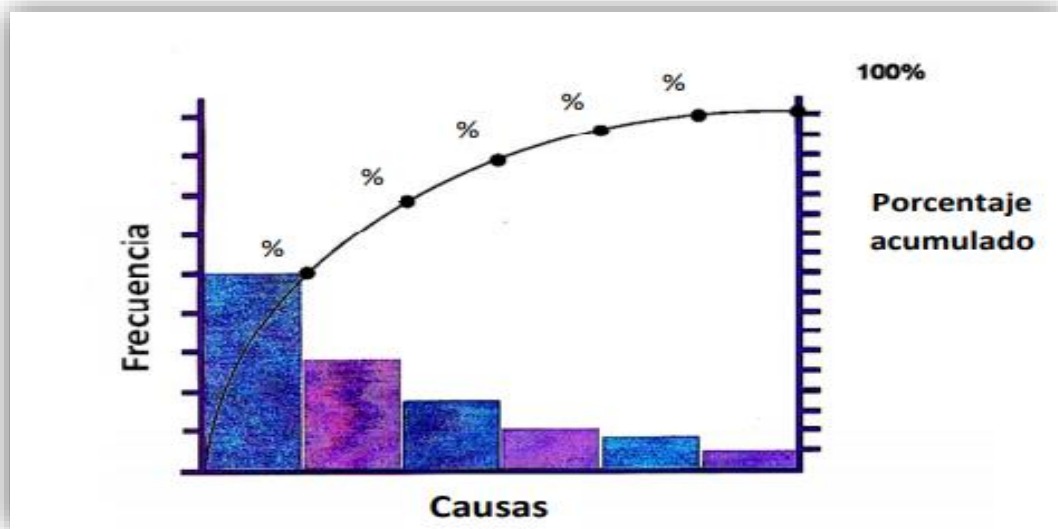
Tomar datos de un registro o una muestra de producto terminado o en proceso, de tamaño previamente calculado y cuantificar la frecuencia de la falla de cada uno de los enlistados.

- Crear un primer cuadro con la lista de las características de calidad.
- Calcular el valor porcentual dividiendo el total (100%) entre el obtenido de cada fila.
- Calcular el porcentaje acumulado.
- Efectuar un corte del 80% para determinar el área de enfoque. (Acuña, 2012)

Esta herramienta permite demostrar la frecuencia de las causas que mayor scrap genera en las puntas de los catéteres, la cuales son agrupadas y mediante un gráfico se visualiza de manera porcentual basado en la recurrencia de cada una de las causas que se ingresen en la construcción del gráfico, mostrando cual es la causa que más provoca el scrap, así como también las causas

que como se muestra en la Figura 6: Ejemplo de Gráfico de Pareto, en el lado derecho muestra el porcentaje acumulado, en el izquierdo las veces que se repiten y en media las causas consideradas.

Figura 6: Ejemplo de Gráfico de Pareto



Nota: Control de Calidad, la caja de herraminetas

Seis Sigma

Según Baca (2014) esta metodología fue conocida a finales de la década del 80 por el éxito que tuvo su implantación en la empresa Motorola, en la cual se puso en práctica con la intención de reducir errores, defectos y retrasos a través del seguimiento y corrección de los diferentes procesos de la empresa.

Las técnicas asociadas a esta metodología están basadas en el concepto desarrollado por el enfoque de calidad que se refiere a la producción con cero defectos, pues trata de minimizar los errores de tal manera que no constituyan un problema de costos y desperdicios que disminuyan el rendimiento de la empresa.

Seis sigmas también es un proceso que se conforma con cinco etapas que comienzan con la definición del problema y terminan en el control de resultados, pasando por la medición, el análisis y la mejora.

1. Definir el problema implica conocer el proceso y determinar los beneficios que se esperan de su transformación.
2. En la segunda etapa se deben poder medir las variables de calidad para conocer con exactitud el problema y vislumbrar la solución.
3. Seguidamente, se analiza el problema para determinar sus causas y el peso que tienen en la situación que se pretende corregir.
4. Una vez identificadas las causas se definen y evalúan alternativas de solución, asegurándose que las medidas tomadas reducen significativamente los errores detectados.
5. Si la solución es efectiva, es necesario poner en marcha medidas de control que garanticen su permanencia e impidan el regreso a la situación anterior, procurando un desempeño del proceso que permita su mejora de manera continua. (Baca, 2014)

Análisis Costo-Beneficio

Según Ortega (2012) el análisis costo-beneficio (ACB) es una metodología para evaluar de forma exhaustiva los costes y beneficios de un proyecto (programa, intervención o medida de política), con el objetivo de determinar si el proyecto es deseable desde el punto de vista del bienestar social y, si lo es, en qué medida.

Para ello, los costes y beneficios deben ser cuantificados, y expresados en unidades monetarias, con el fin de poder calcular los beneficios netos del proyecto para la sociedad en su conjunto.

Esta metodología muestra además quién gana y quién pierde (y por cuánto) como resultado de la ejecución del proyecto. El ACB se utiliza en la evaluación ex ante como una herramienta para la selección de proyectos alternativos o para decidir si la implementación de un proyecto concreto es socialmente deseable. También puede ser empleado ex post para cuantificar el valor social neto de un proyecto previamente ejecutado.

Cómo Calcular un Análisis de Costo-Beneficio

La consideración toma en cuenta todos los beneficios y todos los costos involucrados. Un contador tratará de poner una cifra en dólares en todos los elementos del análisis de costo-beneficio. Por ejemplo, un vendedor al por menor puede considerar mover una tienda a un edificio vacante en otra calle.

El beneficio obvio puede ser que las ventas serán mayores cuando las cifras de otras tiendas pasen a la tuya. Los costos involucrados pueden mostrar otra historia. La renta puede ser mayor en el nuevo edificio, los impuestos también y si el edificio es más grande, los costos de utilidad pueden elevarse sobre los del actual local.

Con una base más extensa de clientes puede haber una necesidad de contratar más personal, el personal existente puede pedir por un aumento de sueldo a medida que el tiempo de transporte se vuelve mayor o el estacionamiento se vuelve más costoso en la nueva calle.

- Al medir el retorno del incremento de ventas con los costos de operar en un nuevo local, el dueño de la tienda está haciendo un análisis de beneficio-costos.
- El resultado será de gran influencia en la decisión final.
- El resultado de cualquier análisis de beneficio-costos debería decirle al dueño de la tienda si un proyecto vale la pena para seguirlo o rechazarlo.
- También debería decirle al dueño de la tienda los costos de la tienda existente si no se persiguen los cambios propuestos.

Riesgos Involucrados

- Cualquier análisis de beneficio-costos es resultado de muchos cálculos.
- El dueño de la tienda debería poner todos los costos y beneficios en el análisis para evitar el riesgo. Si haciendo el análisis de beneficio-costos el dueño de la tienda hace omisiones, las implicaciones podrían ser graves.
- Por ejemplo, al no incluir el costo de contratar a más personal, la tienda puede estar en la línea de un shock, incluso si las ventas suben.
- El análisis de beneficio-costos también necesitará mirar al futuro para reducir gastos, por ejemplo, cualquier plan que la ciudad pueda tener para la calle.
- Si el plan de ilegalizar el estacionamiento en la calle en el área es en cuatro años, entonces el costo de menos calle necesitará ser considerado. Por otro lado, puede haber un plan para congelar los impuestos en el distrito, un futuro beneficio para la tienda, sabiendo que no habrá incrementos en el camino. (Ortega, 2012)

Depreciación

Según Estany (2017) con la depreciación lo que hacemos realmente es ir acumulando un importe, recogido en cada periodo, de manera continua a lo largo del tiempo. El objetivo de realizar esta depreciación de un activo fijo es tener los recursos necesarios para la reposición de los bienes en el momento en el que dejan de ser útiles. De esta manera, se mantiene la capacidad operativa y productiva de la empresa.

La distribución del importe por depreciar a lo largo del tiempo puede realizarse de acuerdo con distintos métodos de depreciación. Los más comunes son:

- **Método de línea recta.** La depreciación se considera como resultado del paso del tiempo y no del uso.

Se usó mucho en la práctica y consiste en dividir el valor depreciable entre el número de periodos en los que se divide la vida útil del bien.

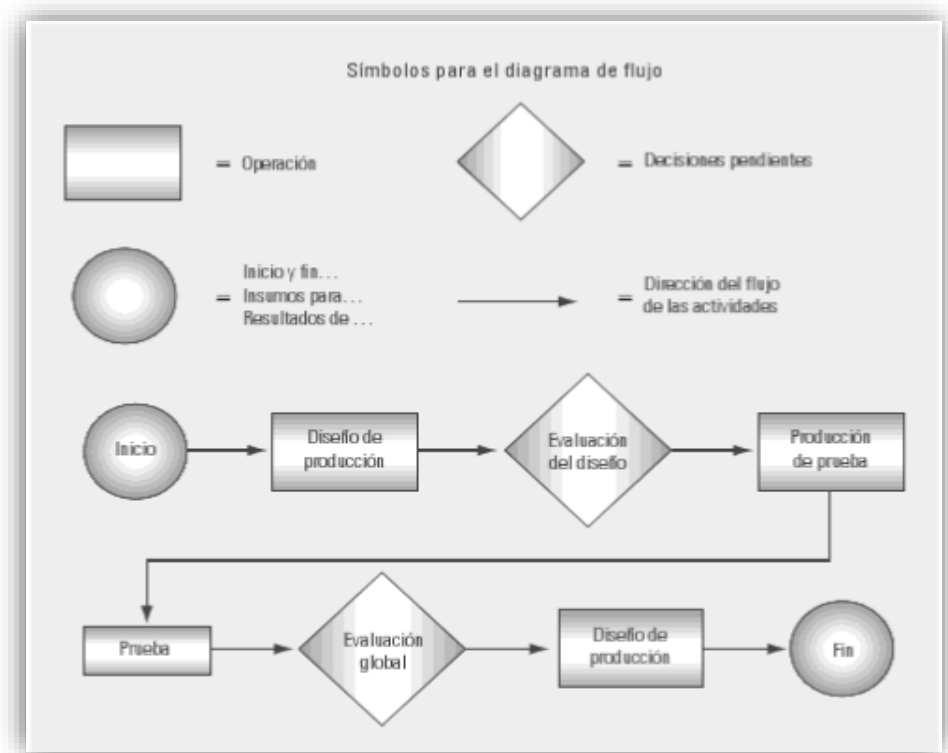
- **Método basado en la actividad.** Esta depreciación se calcula en función al uso o a la productividad del bien, y no al paso del tiempo, considerándose la vida del activo por su rendimiento u horas de uso.
- **Método de cargo decreciente.** Con este método se pueden realizar depreciaciones más altas en los primeros años de vida del bien, en los cuales el activo es más eficiente y sufre mayor pérdida, y más bajas en los últimos años. (Estany, 2017, pág. 2)

Diagrama de Flujo

Según Gutiérrez (2010) El diagrama de flujo de procesos es una representación gráfica de la secuencia de los pasos o actividades de un proceso, incluidos transportes, inspecciones, esperas, almacenamientos y actividades de reproceso. A través de este diagrama se ve en qué consiste el proceso y cómo se relacionan las diferentes actividades; es de especial utilidad para analizar y mejorar el proceso.

En la Figura se indican los símbolos más usados para su construcción: con un rectángulo se identifica un paso o tarea del proceso, mientras que con un rombo se identifican los puntos de verificación o de decisión (la respuesta a la pregunta determina el camino que debe tomarse). (Gutiérrez Pulido, Calidad Total y productividad, 2010, pág. 200)

Figura 7: Ejemplo de Diagrama de Flujo



Nota: Calidad Total y productividad.







La herramienta Diagrama de Flujo permite mostrar de una manera gráfica el flujo del proceso productivo de enfoque de la línea de producción AREX51 específicamente en la estación de Rolling como se muestra el ejemplo en la Figura 7: Ejemplo de Diagrama de Flujo.

Diagrama de Procesos

Según Gutiérrez (2010) es un recurso indispensable en la mejora de procesos. Ya sea para comunicar algo, explicar una instrucción, un procedimiento o en el análisis de un problema. Bajo este contexto, (Gutiérrez Pulido, Calidad Total y productividad, 2010, pág. 199)

A continuación, un ejemplo de un diagrama de procesos mediante un ejemplo de la 8.

Figura 8 Ejemplo de diagrama de Proceso

Actividad	Símbolo	Resultado Predominante
Operación		Se produce o se realiza algo.
Transporte		Se cambia de lugar o se mueve un objeto.
Inspección		Se verifica la calidad o la cantidad del producto.
Demora		Se interfiere o se retrasa el paso siguiente.
Almacenaje		Se guarda o se protege el producto o los materiales.
Actividad combinada		Operación combinada con una inspección.

Nota: Imagen de Google

Este diagrama permite mostrar el proceso en general de la línea de producción, para brindar una demostración de la composición de cada uno de los procesos de la línea, este diagrama se construye con una serie de símbolos los cuales se muestran en la Figura 8 Ejemplo de diagrama de Proceso

Lean Manufacturing

Lean Manufacturing es una filosofía de trabajo, basada en las personas, que define la forma de mejora y optimización de un sistema de producción focalizándose en identificar y eliminar todo tipo de “desperdicios”, definidos éstos como aquellos procesos o actividades que usan más recursos de los estrictamente necesarios.

Identifica varios tipos de “desperdicios” que se observan en la producción: sobreproducción, tiempo de espera, transporte, exceso de procesado, inventario, movimiento y

defectos. Lean mira lo que no deberíamos estar haciendo porque no agrega valor al cliente y tiende a eliminarlo.

Para alcanzar sus objetivos, despliega una aplicación sistemática y habitual de un conjunto extenso de técnicas que cubren la práctica totalidad de las áreas operativas de fabricación: organización de puestos de trabajo, gestión de la calidad, flujo interno de producción, mantenimiento, gestión de la cadena de suministro.

Los beneficios obtenidos en una implantación Lean son evidentes y están demostrados.

Estructura de Lean

Lean es un sistema con muchas dimensiones que incide especialmente en la eliminación del desperdicio mediante la aplicación de las técnicas que se irán describiendo en esta publicación. Lean supone un cambio cultural en la organización empresarial con un alto compromiso de la dirección de la compañía que decida implementarlo.

En estas condiciones es complicado hacer un esquema simple que refleje los múltiples pilares, fundamentos, principios, técnicas y métodos que contempla y que no siempre son homogéneos teniendo en cuenta que se manejan términos y conceptos que varían según la Nota consultada. Indicar, en este sentido, que los académicos y consultores no se ponen de acuerdo con la hora de identificar claramente si una herramienta es o no Lean

Figura 10: Estructura Lean Manufacturing

Lista de técnicas y técnicas asimiladas a acciones de mejora de sistemas productivos	
• Las 5 S	• Orientación al cliente
• Control Total de Calidad	• Control Estadístico de Procesos
• Círculos de Control de Calidad	• Benchmarking
• Sistemas de sugerencias	• Análisis e ingeniería de valor
• SMED	• TOC (Teoría de las restricciones)
• Disciplina en el lugar de trabajo	• Coste Basado en Actividades
• Mantenimiento Productivo Total	• Seis Sigma
• Kanban	• Mejoramiento de la calidad
• Nivelación y equilibrado	• Sistema Matricial de Control Interno
• Just in Time	• Cuadro de Mando Integral
• Cero Defectos	• Presupuesto Base Cero
• Actividades en grupos pequeños	• Organización de Rápido Aprendizaje
• Mejoramiento de la Productividad	• Despliegue de la Función de Calidad
• Autonomación (Jidoka)	• AMFE
• Técnicas de gestión de calidad	• Ciclo de Deming
• Detección, Prevención y Eliminación de Desperdicios	• Función de Pérdida de Taguchi

Nota: Lean Manufacturing, Concepto, técnicas e implantación

Siete desperdicios

Despilfarro por exceso de almacenamiento. El almacenamiento de productos presenta la forma de despilfarro más clara porque esconde ineficiencias y problemas crónicos hasta el punto de que los expertos han denominado al stock la “raíz de todos los males”.

Despilfarro por “sobreproducción”. El desperdicio por sobreproducción es el resultado de fabricar más cantidad de la requerida o de invertir o diseñar equipos con mayor capacidad de la necesaria. La sobreproducción es un desperdicio crítico porque no incita a la mejora ya que parece que todo funciona correctamente.

Además, producir en exceso significa perder tiempo en fabricar un producto que no se necesita para nada, lo que representa claramente un consumo inútil de material que a su vez provoca un incremento de los transportes y del nivel de los almacenes.

Despilfarro por “tiempo de espera”. El desperdicio por tiempo de espera es el tiempo perdido como resultado de una secuencia de trabajo o un proceso ineficiente. Los procesos mal diseñados pueden provocar que unos operarios permanezcan parados mientras otros están saturados

Despilfarro por “transporte” y “movimientos innecesarios”. El desperdicio por transporte es el resultado de un movimiento o manipulación de material innecesario. Las máquinas y las líneas de producción deberían estar lo más cerca posible y los materiales deberían fluir directamente desde una estación de trabajo a la siguiente sin esperar en colas de inventario.

En este sentido, es importante optimizar la disposición de las máquinas y los trayectos de los suministradores. Además, cuántas más veces se mueven los artículos de un lado para otro mayores son las probabilidades de que resulten dañados. Despilfarro por defectos, rechazos y reprocesos. El despilfarro derivado de los errores es uno de los más aceptados en la industria, aunque significa una gran pérdida de productividad porque incluye el trabajo extra que debe realizarse como consecuencia de no haber ejecutado correctamente el proceso productivo la primera vez.

Los procesos productivos deberían estar diseñados a prueba de errores, para conseguir productos acabados con la calidad exigida, al eliminar así cualquier necesidad de retrabajo o de inspecciones adicionales.

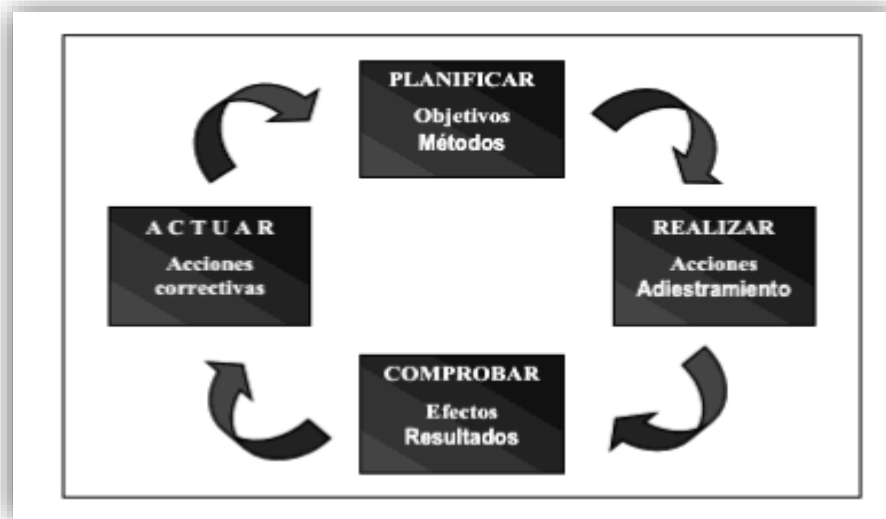
También debería haber un control de calidad en tiempo real, de modo que los defectos en el proceso productivo se detecten justo cuando suceden, minimizando así el número de piezas que requieren inspección adicional o repetición de trabajos. (Hernández Matias & Vizán Idiopé, 2013)

Ciclo de DEMING

Según Cuatrecasas (2012) el ciclo de Deming o ciclo de mejora actúa como guía para llevar a cabo la mejora continua y lograr de una forma sistemática y estructurada la resolución de problemas. Está constituido básicamente por cuatro actividades: planificar, realizar, comprobar y actuar. También se le conoce como ciclo PDCA, por sus siglas en Inglés de Plan, Do, Check y Act, aunque habitualmente se aplica esta denominación a una versión más avanzada del mismo. (Cuatrecasas, 2012)

El ciclo de DEMING trabaja en la mejora continua que se dé constantemente para la evitar el incremento de scrap en la estación de Rolling, para asegurar el uso óptimo de este material y la calidad del producto.

Figura 7: Ejemplo del Ciclo de DEMING



Nota: Gestión de la calidad

Diagrama de Gantt

El diagrama de Gantt constituyó probablemente la primera técnica de control y planeación de trabajo de investigación que surgió durante los años cuarenta como respuesta a la necesidad de administrar trabajo de investigación y sistemas complejos de defensa de una mejor manera. El diagrama de Gantt muestra anticipadamente de una manera simple las fechas de terminación de las diferentes actividades del trabajo de investigación en forma de barras graficadas con respecto al tiempo en el eje horizontal (Niegel, 2009)

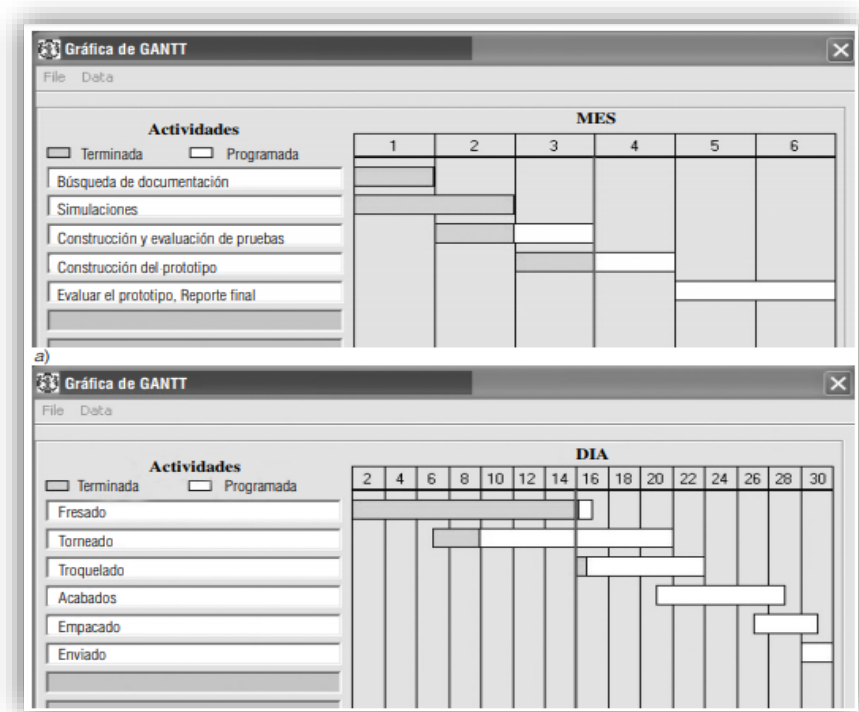
En la Figura 8 se muestran los tiempos reales de terminación, se muestran mediante el sombreado de barras adecuadamente. Si se dibuja una línea vertical en una fecha determinada, usted podrá determinar qué componentes del trabajo de investigación están retrasadas o adelantadas.

El diagrama de Gantt obliga al administrador del trabajo de investigación a desarrollar un plan con antelación y proporciona un vistazo rápido del avance del trabajo de investigación en un momento dado.

Desafortunadamente, este diagrama no siempre describe por completo la interacción entre las diferentes actividades del trabajo de investigación. Para dicho propósito, se requiere de técnicas más analíticas como los diagramas de PERT.

El diagrama de Gantt se puede utilizar también para organizar la secuencia de las actividades de las máquinas en la planta. El diagrama basado en la máquina puede incluir actividades de reparación y mantenimiento marcando el periodo en el que éstas se llevarán a cabo.

Figura 8: Diagrama de Gantt



Nota: Ingeniería Industrial. Métodos, Estándares y Diseño del trabajo (2009)

Matrices de Priorización

Según Cruz (2008) las Matrices de priorización son herramientas que sirven para priorizar actividades, temas, características de productos o servicios. a partir de criterios de ponderación conocidos. Se utilizan para la toma de decisiones.

Esta herramienta debe utilizarse cuando:

- Se poseen distintas opciones y hay que realizar una selección.
- Existe desacuerdo respecto de la importancia relativa de los criterios de selección para las opciones.
- Las opciones generadas están muy relacionadas entre sí.
- Los recursos son escasos para implantar el programa de mejora.

Construcción

Para la construcción de las matrices de priorización se pueden utilizar dos métodos, igualmente válidos: el método del criterio analítico completo y el método del consenso de criterios.

Los pasos por seguir en cada uno de ellos son:

- 1) El Método del criterio analítico completo. Definir el objetivo por alcanzar, crear un listado de criterios a aplicar a las opciones generadas, juzgar la importancia relativa de cada criterio en comparación con los otros criterios, comparar todas las opciones consideradas con los criterios ponderados y comparar cada opción a partir de la combinación de todos los criterios.
- 2) El Método del consenso de criterios. Establecer prioridades en los criterios, ordenar las opciones a partir de cada criterio, calcular la puntuación de importancia individual para cada opción bajo cada criterio. (Camisón, Cruz, & González, 2008, pág. 1270)

La Figura 9 muestra como determinar la importancia de cada uno de ellos, es decir, valorar cada criterio asignándole una puntuación. Para ello, se representa una matriz donde figuren en ambos lados la lista de criterios.

El siguiente paso es comparar la importancia relativa de cada criterio respecto al resto de los criterios al utilizar una escala predefinida. Para ello haremos la siguiente pregunta criterio por criterio: ¿Cómo de importante / preferente es el criterio 1 frente al criterio 2?, y así sucesivamente.

Las respuestas se registran en la matriz de forma numérica, utilizando, por ejemplo, una escala como ésta: 1-Igualdad en importancia / preferencia, 2-Más importante / preferido, 5-Significativamente más importante / preferido.

Figura 9: Matriz de Priorización

	Mejora en la satisfacción del cliente	Menor coste de implantación	Rapidez en la implantación	Total fila (% Total Global)
Mejora en la satisfacción del cliente		5	5	10 (0,78)
Menor coste de implantación	1/5		2	2,2 (0,17)
Rapidez en la implantación	1/5	1/2		0,7 (0,05)
Total columna	0,4	5,5	7	12,9

Nota: Gestión de la calidad. Conceptos, enfoques, modelos y sistemas

De la lectura de esta matriz se deduce que los distintos criterios tienen los siguientes pesos específicos:

Figura 10: Sumatoria de Criterios

Criterios	Ponderación
Mejora en la satisfacción del cliente	78 %
Menor coste de implantación	17 %
Rapidez en la implantación	5 %

Nota: Gestión de la calidad. Conceptos, enfoques, modelos y sistemas

En la Figura 9 se puede observar que los criterios iguales no se comparan por lo que se anulan, cada criterio de la primera columna se compara con los de la fila principal, y se le agrega el valor estimado según el criterio de experto, en el final se realiza la sumatoria como se muestra en la Figura 10 lo cual nos indica el criterio que tiene mayor peso.

Herramienta Excel

Según Ortíz (2011) Excel es un programa informático desarrollado por la empresa Microsoft y que forma parte de Office que es una suite ofimática que incluye otros programas como Word y PowerPoint.

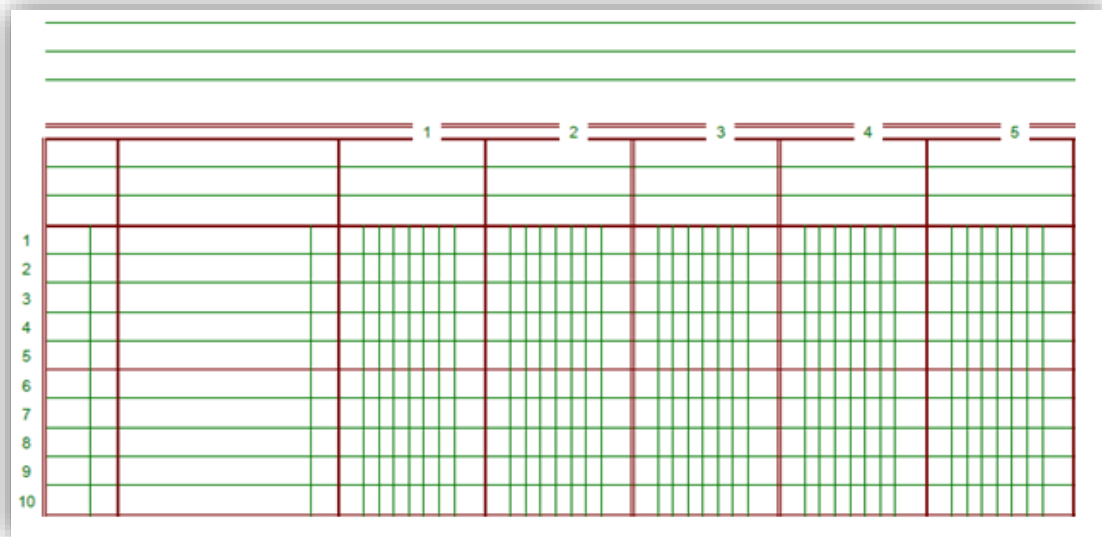
Usos:

Excel se distingue de todos los programas ofimáticos porque nos permite trabajar con datos numéricos. Con los números que almacenamos en Excel podremos realizar cálculos aritméticos

Básicos y también podremos aplicar funciones matemáticas de mayor complejidad, o utilizar funciones estadísticas. Excel nos facilita en gran medida el trabajo con números y nos permite analizarlos fácilmente y generar reportes con herramientas como los gráficos y las tablas dinámicas.

Excel pertenece a la categoría de programas informáticos conocida como hojas de cálculo. Las hojas de cálculo fueron desarrolladas desde la década de 1960 para simular las hojas de trabajo contables de papel y de esa manera ayudar en la automatización del trabajo contable.

Figura 11: Hoja de Excel

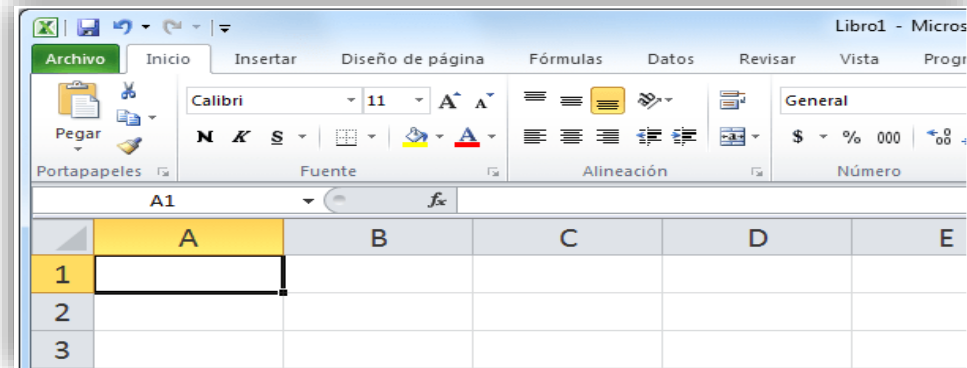


Nota: Moisés Ortíz 2011

Las hojas de cálculo electrónicas han ido reemplazando a los sistemas de cálculo en papel, y aunque inicialmente fueron creadas para tareas contables, hoy en día son utilizadas para un sinnúmero de aplicaciones donde se necesita trabajar con datos tabulares.

La característica principal de Excel, tal como lo conocemos hoy en día, es que la pantalla principal muestra una matriz de dos dimensiones, es decir, está formada por columnas y filas. De esta manera se forman pequeños recuadros que conocemos como celdas donde cada una de ellas tendrá una dirección única que estará conformada por la columna y la fila a la que pertenece, es decir, la dirección será una letra (columna) y un número (fila). Por ejemplo, la celda superior izquierda de la matriz tiene la dirección A1.

Figura 12 Filas y columnas de Excel



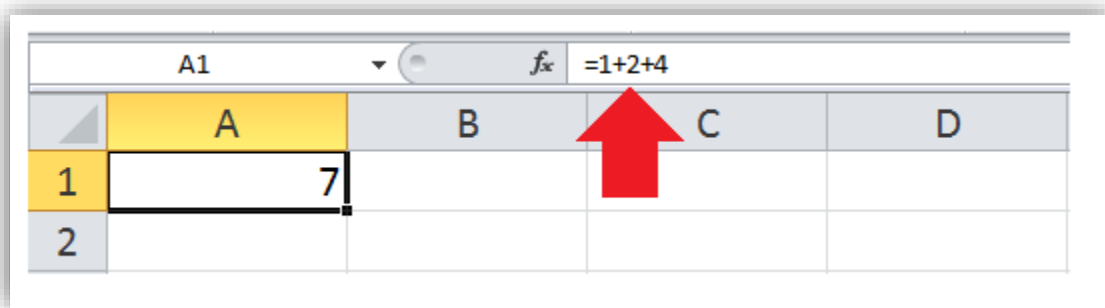
Nota: Nota: Moisés Ortiz 2011

En cada una de las celdas podemos ingresar datos numéricos y alfanuméricos. Una manera de saber si Excel ha reconocido un dato como un número, o como un texto, es que si introducimos un dato de tipo texto se alinearán a la izquierda de la celda mientras que los datos numéricos se alinearán a la derecha.

Operaciones aritméticas.

Excel nos permite realizar cálculos aritméticos con nuestros datos numéricos como la suma (+), la resta (-), la multiplicación (*) y la división (/). La única condición es que debemos colocar un signo igual (=) precediendo a la fórmula de manera que Excel efectúe el cálculo correspondiente.

Figura 13 Ejemplo de Operaciones Aritméticas

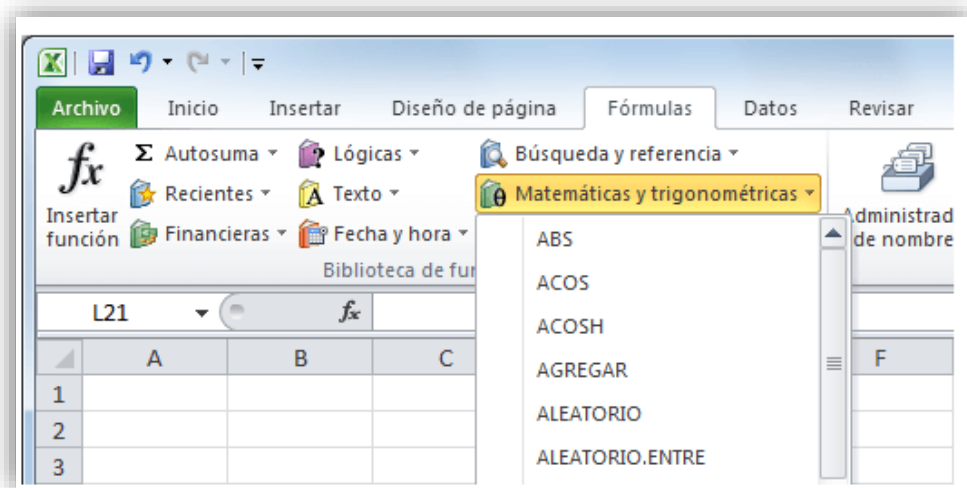


Nota: Nota: Moisés Ortiz 2011

Funciones en Excel

Aunque podemos utilizar los operadores aritméticos para realizar muchos de nuestros cálculos, podemos utilizar las funciones de Excel las cuales son procedimientos que nos ayudan a efectuar cálculos sobre nuestros datos. Podemos pensar en las funciones como si fueran un asistente de Excel al cual le daremos algunos datos numéricos y se encargarán de realizar los cálculos y entregarnos el resultado correcto.

Figura 14: Ejemplo de Funciones en Excel



Nota: Moisés Ortíz 2011

Datos tabulares

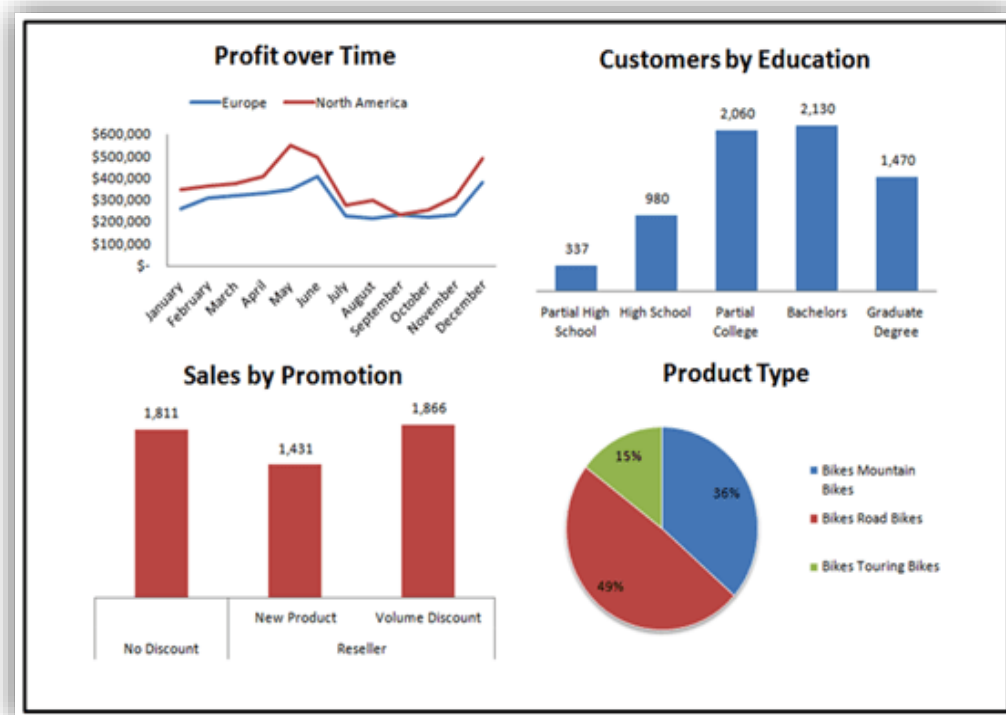
Como lo he mencionado al principio, hoy en día Excel es utilizado en diversas disciplinas donde se necesiten datos tabulares. La gran cantidad de celdas, que forman cada una de las hojas de un libro de Excel, nos facilitan el organizar los datos de manera tabular.

Por esta razón Excel nos ofrece una buena cantidad de herramientas para dar formato a nuestros datos. Ya sea que necesitamos darles un formato de tabla de Excel, o que apliquemos un formato condicional o simplemente apliquemos algún estilo de celda.

Gráficos de Control

Una de las razones por las que Excel es una de las aplicaciones más populares alrededor del mundo es por su capacidad de crear gráficos basados en datos. El hecho de tener una herramienta visual facilita mucho la comprensión e interpretación de la información por lo que millones de usuarios de la aplicación generan sus propios reportes en Excel. (Ortíz, 2011)

Figura 15: Ejemplo de Gráficos de Control



Nota: Moisés Ortiz 2011

Análisis Estadístico

Según Barreto (2012) la Estadística es la ciencia cuyo objetivo es reunir información cuantitativa concerniente a individuos, grupos, series de hechos, etc., para deducir de ello, gracias al análisis de estos datos, significados precisos o previsiones para el futuro.

La Estadística, en general, es la ciencia que trata de la recopilación, organización presentación, análisis e interpretación de datos numéricos con el fin de tomar decisiones efectivas y pertinentes.

Otros autores tienen definiciones de la Estadística semejantes a las anteriores y algunos otros no tan semejantes. La mayoría la definen como la ciencia que tiene por objeto el estudio cuantitativo de los colectivos, otros como la expresión cuantitativa del conocimiento dispuesta en forma adecuada para el escrutinio y análisis.

Los estudiantes confunden comúnmente los demás términos asociados con las estadísticas, una confusión que es conveniente aclarar debido a que la palabra "estadística" posee tres significados: en primer término, se usa para referirse a la información Estadística; también se utiliza para aludir al conjunto de técnicas y métodos que se emplean en el análisis de la información Estadística; por último, el término estadístico, en singular y en masculino, se refiere a una medida derivada de una muestra.

Utilidad e importancia

Los métodos estadísticos tradicionalmente se utilizan para propósitos descriptivos, para organizar y resumir datos numéricos. La Estadística descriptiva, por ejemplo, trata de la tabulación de datos, su presentación en forma gráfica o ilustrativa y el cálculo de medidas descriptivas.

Ahora bien, las técnicas estadísticas se aplican de manera amplia en mercadotecnia, contabilidad, control de calidad, estudios de consumidores, análisis de resultados en deportes, administración de instituciones, en la educación, organismos políticos, en la Medicina y en otras muy distintas áreas como un auxiliar en la toma de decisiones.

La Estadística se divide en:

- Estadística descriptiva. Se define como los métodos que implican recopilación, caracterización y presentación de un conjunto de datos con el fin de describir varias de sus características.
- Estadística inferencial. Se define como aquellos métodos que permiten hacer estimación de una característica de la población o de toma de decisiones respecto a una población, con base solo en los resultados obtenidos de una muestra.

La Estadística proporciona una serie de principios, procedimientos, técnicas y métodos para cuatro tareas fundamentales en la investigación social y los estudios técnicos:

- Obtener datos pertinentes de manera rápida y a costos bajos.
- Los métodos para su organización y procesamiento, con el fin de obtener de ellos la información requerida.
- Los principios y métodos para que las conclusiones emanadas o acciones por seguir sean producto de procesos de inducción válidos, que se obtengan de interpretaciones adecuadas de los resultados. (Barreto Villanueva, 2012, págs. 4,10)

Lluvia de Ideas o Brainstorming

Según Camisón (2008) es una técnica que consiste en la generación de una gran cantidad de ideas sobre un tema o problema común por parte de un grupo de personas. Las sesiones no tienen una duración estipulada, encontrando desde sesiones que no duran más de 10 o 15 minutos a sesiones de una hora o más, y respecto al número de participantes tampoco existen reglas, aunque se aconseja que el grupo de participantes no exceda de 10 o 12 personas.

En una sesión de *brainstorming* deben imperar las siguientes reglas para estimular la creatividad y la eficacia:

- El tema o problema por tratar debe estar claramente definido y ser comprendido por todos los participantes.
- Todos los participantes tienen las mismas posibilidades de pensar y expresar libremente sus ideas.
- No se puede rechazar o criticar ninguna idea aportada, así como tampoco emitir elogios.
- No se debe realizar ningún tipo de valoración ni juicio.

Esta técnica puede desarrollarse siguiendo diversos métodos. Un *brainstorming* formal requiere la figura de un coordinador que, en primer lugar, formula el tema acerca del cual se va a hacer la puesta en común y recuerda las reglas de esta técnica y, posteriormente, se limita a recoger todas las ideas aportadas una a una por los miembros del grupo. Si a alguien no se le ocurre ninguna idea debe decir «paso» y el proceso sigue su curso.

Este método tiene la desventaja de resultar algo lento y restar espontaneidad, sobre todo si el grupo es muy numeroso. Por otro lado, un *brainstorming* informal consiste en aportar ideas conforme vayan surgiendo, espontáneamente. No se sigue un orden como en el método anterior,

con lo que puede ocurrir que se necesite a más de una persona que tome notas, dada la rapidez del proceso.

El inconveniente sería la posibilidad de que predominen las personas extrovertidas y se haga difícil la escucha de todas las aportaciones si éstas se producen simultáneamente. Por último, en un *brainstorming* silencioso cada participante piensa sus ideas y las consigna por escrito para posteriormente ponerlas en común. Como inconveniente, es posible que siguiendo este método se produzca un mayor número de duplicidades y no dé lugar al desarrollo de ideas.

La sesión finaliza en cualquier método en el momento en que no se produzcan más contribuciones y el coordinador ya haya fomentado la aportación de ideas directamente derivadas de ideas precedentes. (Camisón, Cruz, & González, 2008)

CAPÍTULO III MARCO METODOLÓGICO

El presente capítulo desarrolla los métodos de investigación que se utilizarán en el trabajo de investigación, así como también las técnicas y herramientas correctas para llevar a cabo la indagación.

Enfoque

Existen tres tipos de enfoques para el desarrollo de la investigación los cuales son: Enfoque Cualitativo, Enfoque Cuantitativo y Enfoque Mixto.

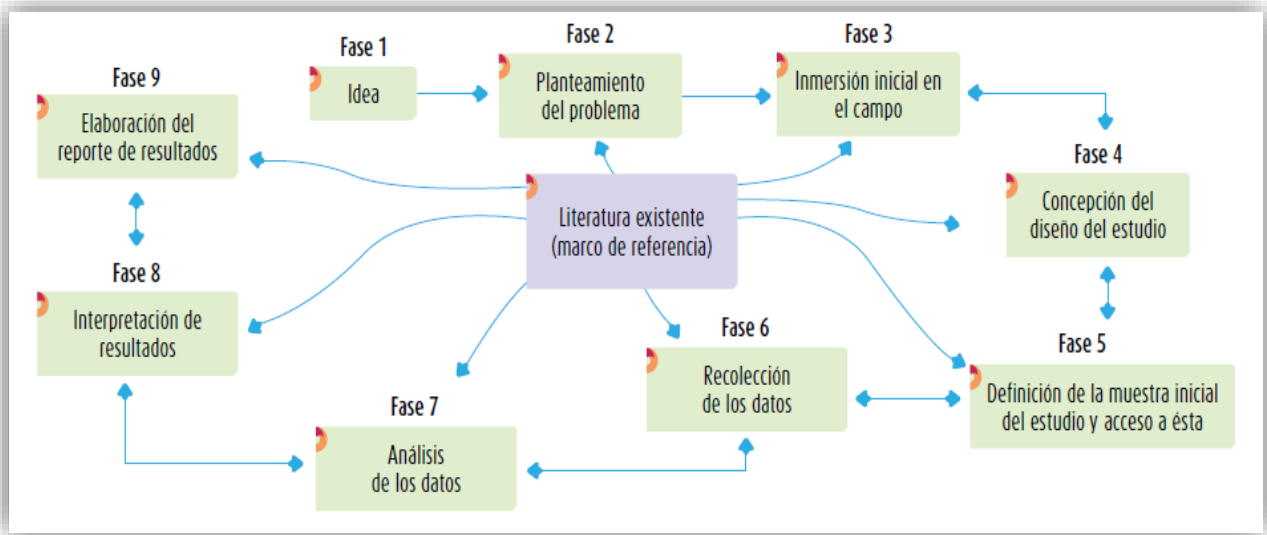
Enfoque Cualitativo.

El enfoque cualitativo se guía por áreas o temas significativos de investigación. Los estudios cualitativos pueden desarrollar preguntas antes, durante o después de la recolección de datos y el análisis. Con frecuencia estas actividades sirven, primero para descubrir cuáles son las preguntas de investigación más importantes, y después para perfeccionarlas y responderlas.

La acción indagatoria es dinámica en ambos sentidos: entre los hechos y su interpretación, y resulta un proceso más circular en el que la secuencia no siempre es la misma, pues varía con cada estudio. (Baptista, Fernández Collado, & Hernández Sampieri, 2014, pág. 7)

La siguiente Figura 16: Proceso Cualitativo demuestra las fases del proceso cualitativo.

Figura 16: Proceso Cualitativo



Nota: (Baptista, Fernández Collado, & Hernández Sampieri, 2014)

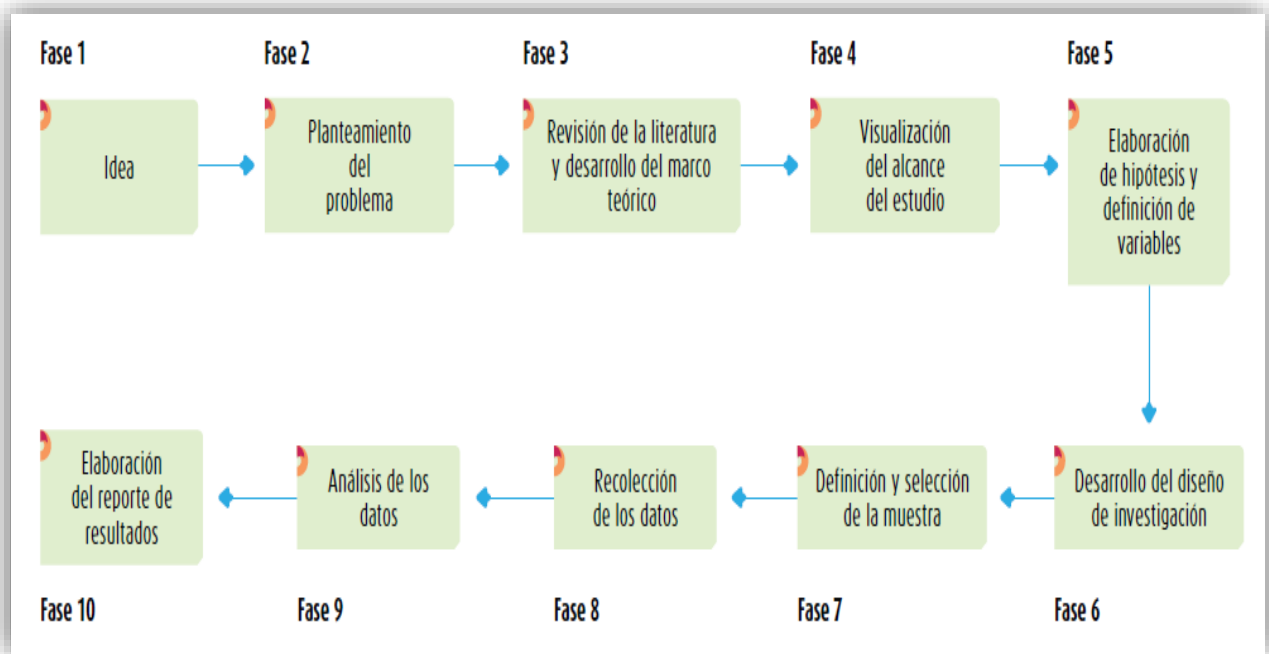
Enfoque Cuantitativo.

El enfoque cuantitativo representa un conjunto de procesos, es secuencial y probatoria, por lo que se no puede eludir ninguno de sus pasos. El orden es riguroso, pero sí se puede redefinir alguna fase. Parte de una idea que va acotándose y, una vez delimitada, se derivan objetivos y preguntas de investigación, se revisa la bibliografía y se construye un marco o una perspectiva teórica. De las preguntas se establecen hipótesis y se determinan variables.

Posteriormente, se traza un plan para probarlas (diseño) y se miden las variables en un determinado contexto. Las mediciones obtenidas se analizan utilizando métodos estadísticos y se extrae una serie de conclusiones en relación con las hipótesis. (Baptista, Fernández Collado, & Hernández Sampieri, 2014, pág. 4)

La Figura 17 muestra los procesos cuantitativos del proceso.

Figura 17: Proceso Cuantitativo



Nota: (Baptista, Fernández Collado, & Hernández Sampieri, 2014)

Enfoque Mixto.

“Resume el enfoque mixto como aquel que utiliza evidencia de datos numéricos, verbales, textuales, visuales, simbólicos y de otras clases, para entender problemas en las ciencias” Hernández (2014, pág. 534)

Este enfoque es una combinación de los enfoques cualitativo y cuantitativo en un mismo estudio que se esté realizando.

Enfoque del trabajo de investigación

El enfoque que tiene este trabajo de investigación es cuantitativo, esto debido que por medio de la recolección de datos la medición y el análisis de los mismo se espera comprobar la del trabajo de investigación, mediante el análisis estadístico de los números para la comprobación de las teorías planteadas y la correlación de los comportamientos.

Diseño/Metodológico

Siguiendo el enfoque de este trabajo de investigación se conoce que para el mismo existen cuatro tipos de alcances los cuales son:

- Investigación exploratoria. Se emplean cuando el objetivo consiste en examinar un tema poco estudiado o novedoso. (Hernández, Fernández & Baptista, 2014, p. 91)
- Investigación descriptiva. Busca especificar propiedades y características importantes de cualquier fenómeno que se analice. Describe tendencias de un grupo o población. (Hernández, et al, 2014, p. 92)
- Investigación correlacional. Asocian variables mediante un patrón predecible para un grupo o población. (Hernández, et al, 2014, p. 93)
- Investigación explicativa. Pretenden establecer las causas de los sucesos o fenómenos que se estudian. (Hernández, et al, 2014, p. 95)

Para este trabajo de investigación se utilizarán principalmente el alcance explicativo mediante el cual se determinarán las causas de los eventos del problema, y generar las explicaciones correspondientes de los hechos.

Muestra de la investigación

Según Hernández (2017) la muestra es “un subgrupo de la población o universo que nos interesa, sobre el cual se recolectarán los datos pertinentes y deberá ser representativo de dicha población” (pág. 128)

En la elaboración de este trabajo de investigación utiliza muestra probabilística aleatorio simple con la cual se determinará los tipos de defectos que provocan los daños de las puntas del producto, así como también se podrá definir porcentaje de scrap que sea generado, muestra de lotes seleccionados abarca de enero del corriente año al mes de setiembre.

VARIABLES O UNIDADES DE ANÁLISIS

La presente tabla presenta las variables que se presentan en el desarrollo del trabajo de investigación las cuales indican los diferentes apartados para el éxito de la ejecución y análisis de cada una de ellas.

Tabla 1: Variables o unidades de análisis

Objetivo	Variable	Conceptual	Operacional	Instrumental
Conocer el proceso productivo de la estación Rolling.	Proceso productivo	El proceso productivo está referido a la utilización de recursos operacionales que permiten transformar la materia prima en un resultado deseado, que bien pudiera ser un producto terminado. Rodríguez (2009)	Porcentaje de Scrap/ yield	Sistema de recolección de datos.
Analizar los factores contribuyentes al actual incremento de scrap en la estación Rolling.	Scrap	“Scrap” es una palabra inglesa que se traduce como chatarra o residuo. En el contexto industrial, scrap refiere a todos los desechos o residuos derivados del	Porcentaje de Yield.	Sistema electrónico recolección de datos de la estación de trabajo.

		proceso industrial. Valencia (2014, pág. 5)		
Evaluar las posibles causas que estén generando los defectos en la punta del catéter.	Causas generadoras de defectos.	Se entiende por causas a los fundamentos o el comienzo de una situación determinada. La causa es la primera instancia a partir de la cual se desarrollan eventos o situaciones específicas que son una consecuencia necesaria de aquella y que por lo tanto pueden ser completamente diferentes a las que resulten de la presencia de otras causas o de las mismas, pero en un contexto	Porcentaje de Scrap.	Sistema recolector de datos o históricos.

		distinto. (Bembibre, 2009)		
Proponer una recomendación final la cual reduzca de manera significativa el incremento de scrap en la estación Rolling.	Reducción de scrap	Es el acto o hecho de transformar algo en un objeto considerado como anterior o más fundamental. La reducción puede referirse tanto a un objeto real (un estado más desarrollado está contenido en un estado menos desarrollado) como a un objeto ideal (lo fundamentado está contenido en su fundamento). (Baca Baldomero,	Porcentaje de Scrap.	Comparativo de históricos y cargos de materiales en SAP.

Nota: Autora Alma Sánchez Leiva (2018)

Instrumentos

Para el desarrollo, medición y análisis de esta tesis se hará uso de una serie de instrumentos, los cuales demuestran los resultados de las teorías ya expuestas.

Tabla 2: Tabla de Instrumentos

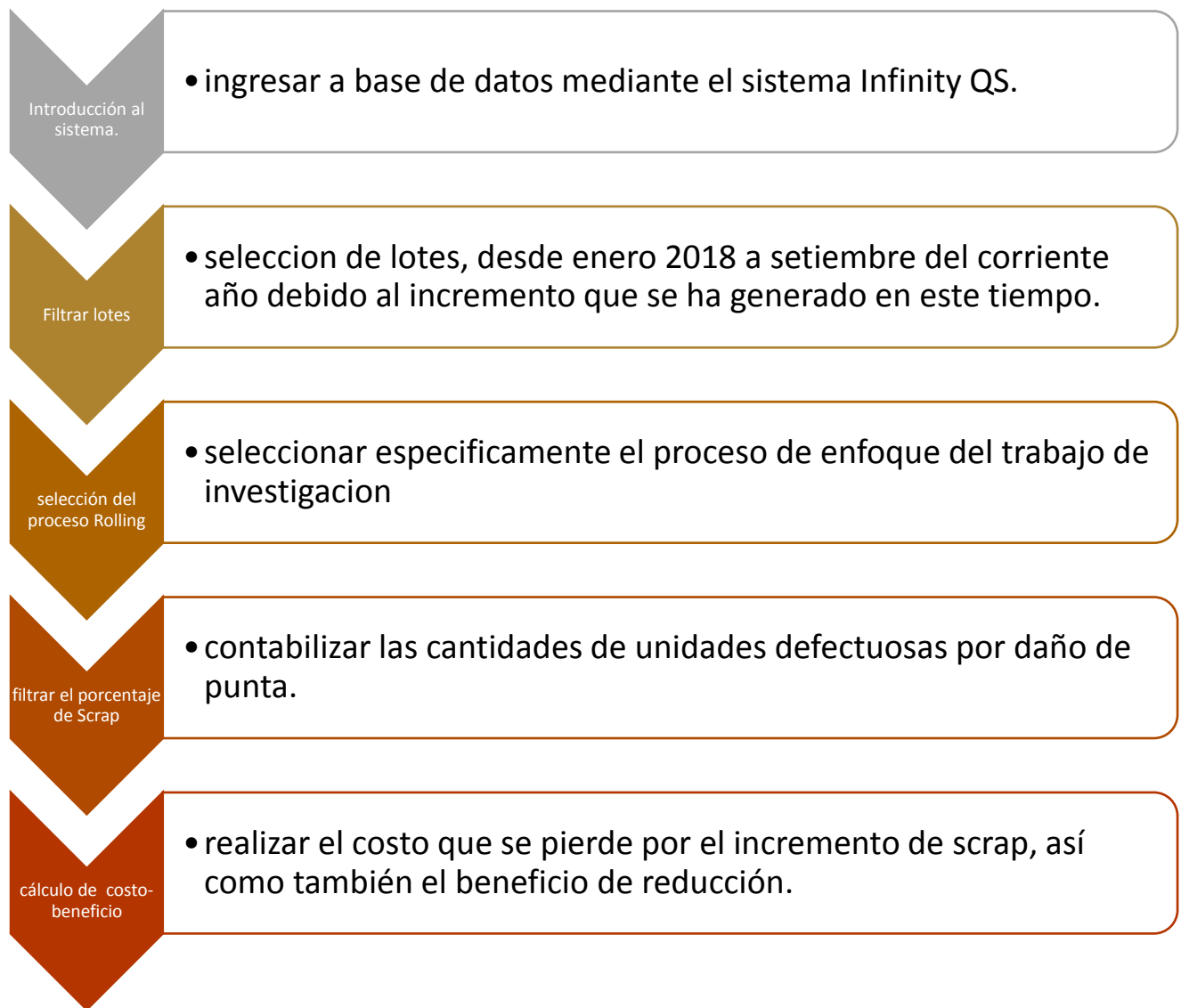
Indicador	Instrumento	Recursos requeridos	Beneficios esperados
¿Qué se va a medir?	¿Con qué se mide?	¿Qué se necesita?	¿Para qué se miden?
Se medirá la variación del porcentaje de scrap en el proceso Rolling, en la línea AREX51.	Métrica de variación de scrap: análisis de la herramienta de Excel.	Operarios: los son necesarios para la recolección de datos, el análisis de estos y la administración.	Se mide para determinar la causa raíz y la eliminación de esta, así como también para brindarle a la empresa una reducción significativa en los costos de producción.

Nota: Autora Alma Sánchez Leiva. (2018)

Proceso para la recolección de datos

El proceso de la recolección de datos para el desarrollo del trabajo de investigación el cual está enfocado en la reducción del scrap que se ha incrementado, se realizará de la siguiente manera:

Figura 18: Proceso para la Recolección de Datos.



Nota: Alma Sánchez Leiva (2018)

Método de análisis

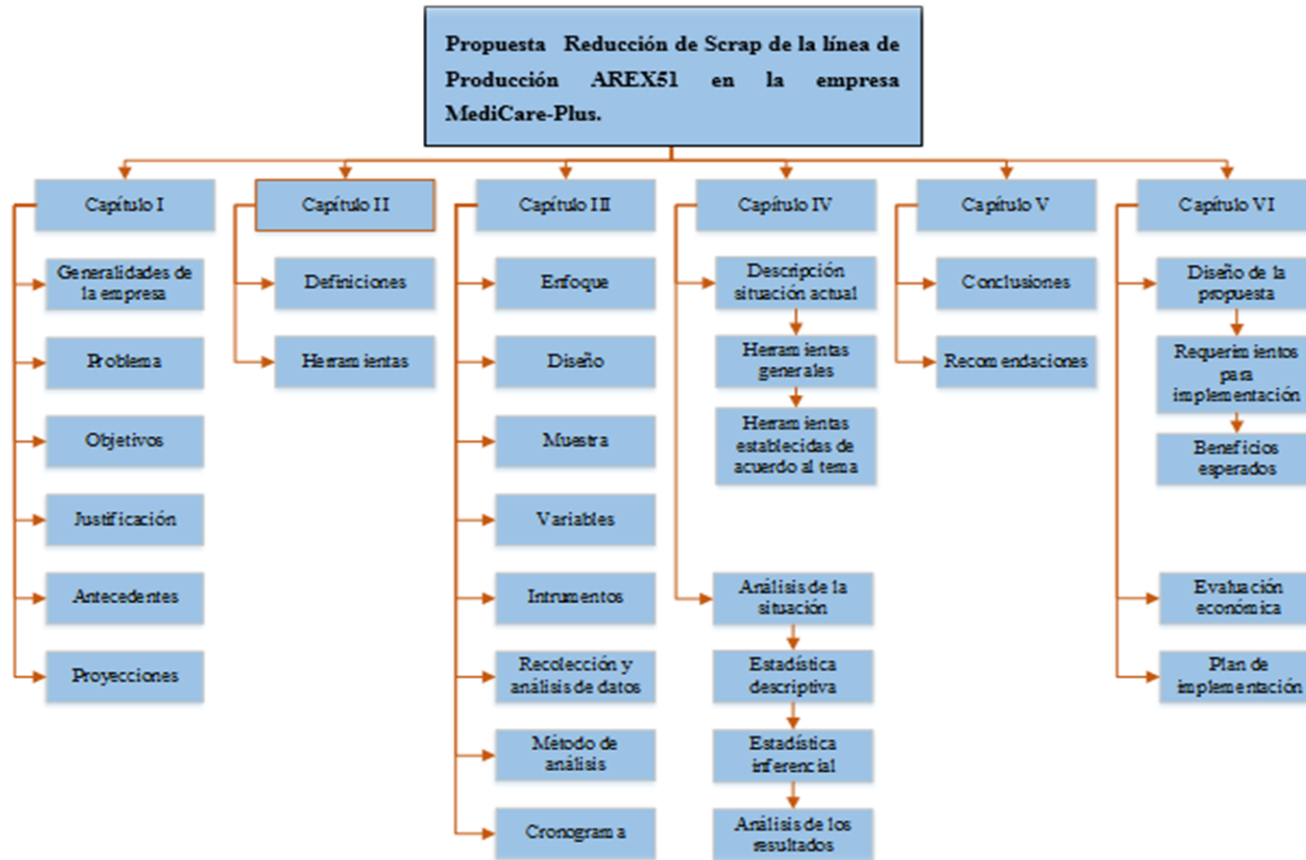
La información que sea recolectada será utilizada para demostrar de una forma más amplia la actual situación que presenta, así como también el impacto negativo que este problema está generando en el proceso productivo.

Los datos serán ingresados a Excel, estas herramientas permitirán monitorear la variación del proceso de Rolling y las causas más frecuentes que generan los defectos de rechazos mediante un análisis estadístico, con la recolección de los datos, estos serán tabuladas, evaluadas y analizadas estadísticamente.

WBS

A continuación, se muestra las áreas de los entregables del trabajo de investigación investigativo. Todas estas tareas se desarrollan para poder concluir el trabajo del curso.

Figura 19 Cronograma de Actividades del trabajo de investigación



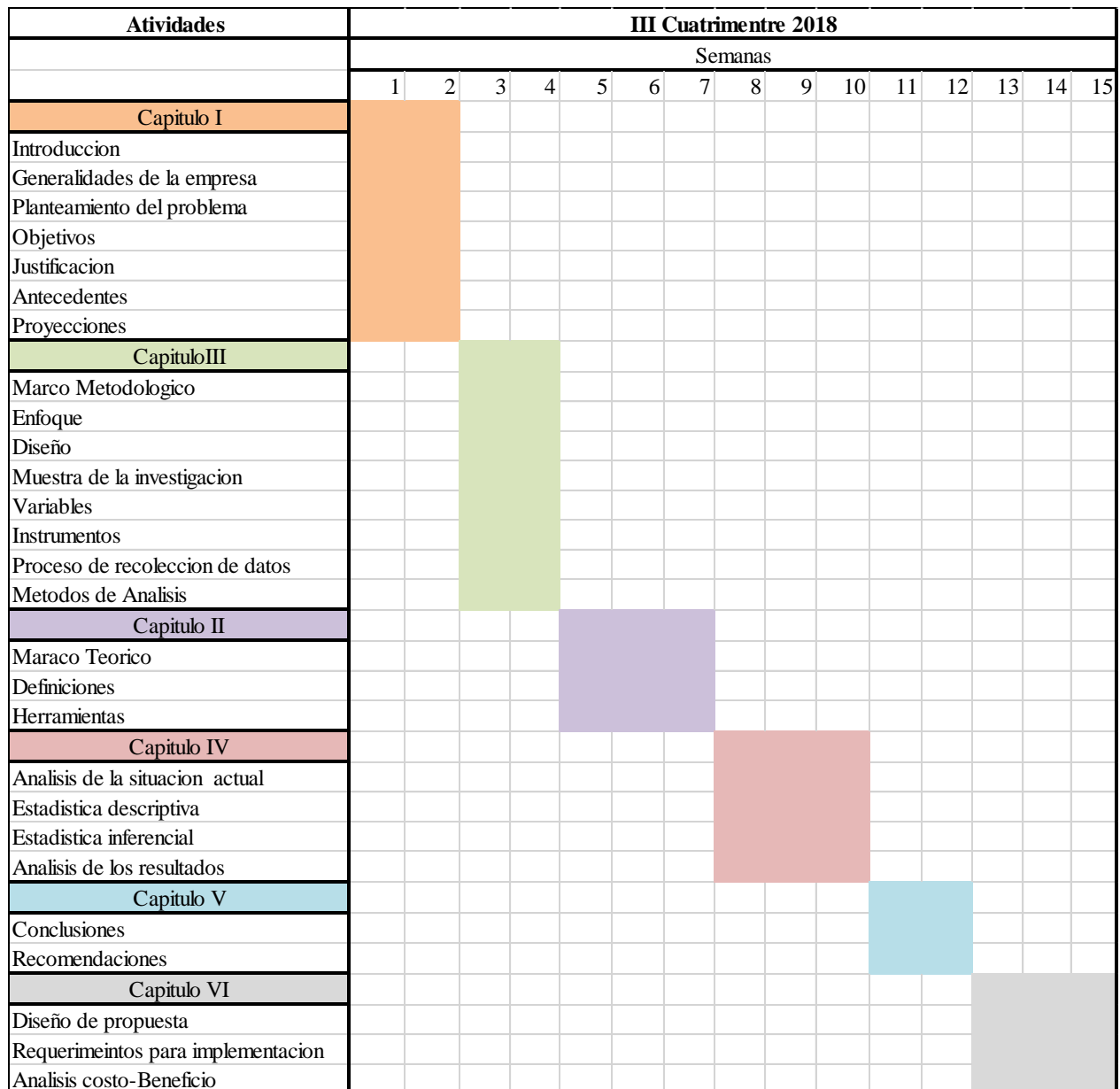
Nota: Autora Alma Sánchez Leiva (2018)

Cronograma

Gantt

La realización de este trabajo de investigación se dio mediante la programación de una secuencia de tiempos delimitados para cada actividad.

Figura 20: Gantt de Actividades



Nota: Alma Sánchez Leiva (2018)

CAPÍTULO IV ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN

En este capítulo se desarrollará el diagnóstico del trabajo de investigación, de la situación actual de la empresa MediCare Plus mediante el cual se demostrará la problemática ya existente. Se llevará a cabo el análisis del proceso de la estación en estudio y los factores que contribuyan al problema ya planteado.

La empresa MediCare Plus está comprometida con el cumplimiento de la demanda de los clientes y es por ello que el cumplimiento de las metas establecidas es de suma importancia, el control de las unidades producidas y del porcentaje de unidades buenas y defectuosas que la línea produzca, actualmente en la estación de Rolling tiene diferentes tipos de defectos por los cuales se produce el scrap en el proceso.

En el diagnóstico de este trabajo de investigación se realizará en diferentes fases, las cuales tienen como objetivo guiar el desarrollo de cada una de ellas, para una mejor comprensión que va desde como está establecido cada jornada por turno, así como también las representaciones gráficas detalladas para demostrar el problema.

Teniendo en cuenta que el área de enfoque es la estación de Rolling, es necesaria la comprensión del proceso en general de la línea AREX51 para ello el diagnóstico se centrará en las siguientes etapas:

- Descripción del proceso actual de la línea AREX51.
- Análisis de los porcentajes de Scrap en las estaciones de la línea.
- Enfoque la estación en estudio Rolling
- Identificación de la causa raíz.
- Definir el método adecuado para la estación.
- Brindar una propuesta de mejora.
- Definir plan de monitoreo

Las herramientas que se utilizarán para la situación actual son las siguientes:

1. Diagrama de Procesos. Muestra de manera general el proceso de la línea.
2. Diagrama de flujo. Muestra más con detalle el flujo de la estación Rolling.

3. Diagrama de Pareto. Brinda un orden de prioridades y una ponderación de acuerdo con el peso de cada causa.
4. Diagrama de Ishikawa. Mediante una lluvia de ideas se identifican las causas del problema.
5. Matriz de priorización. Herramienta para la selección de alternativas de soluciones, basado en la ponderación de opciones y criterio.

Mediante los resultados del diagnóstico los representantes de la empresa podrán tomar decisiones que le beneficiarán a la misma, de ser este factible y beneficioso.

La línea AREX51 corre dos turnos al día, cada turno está conformado por 30 colaboradores que realizan diferentes operaciones, el primer turno consta de una jornada de 9 horas continuas de lunes a viernes cumpliendo así con 45 horas a la semana, en el segundo turno la jornada es de 7 horas continuas de lunes a sábados las que suman 42 horas a la semana, ambos turnos tienen una meta de un 95% de yield; este porcentaje está ajustado al UPH por turno de cada día, teniendo como meta para el primer turno 986 UPH y para el segundo turno 780 UPH.

La Tabla 3 muestra la información ya descrita, en donde se puede observar que la meta al final de cada turno no es la misma debido a la diferencia de horas que existe entre turnos.

Tabla 3: Jornadas MediCare Plus

	Horas trabajadas por día.	Total, de horas a la semana.	Yield establecido por turno	UPH por Hora	Meta final por turno.
Turno A	9 horas	45 horas	95%	115 UPH	986
Turno B	7 horas	42 horas	95%	115 UPH	780

Nota: Autora Alma Sánchez Leiva (2018)

Diagrama de Procesos

El siguiente diagrama de procesos muestra la distribución del flujo en que la línea AREX51 actualmente trabaja, desde el primer proceso hasta el almacenaje del producto terminado, cada operación con una secuencia lógica para un flujo continuo.

El proceso con el que se inicia es en corte del tubo menor del catéter, el proceso continuo con el estampado de las marcas las cuales sirven como guía para la persona que realice el procedimiento (Doctor (a)), la estación de corte mayor le da la longitud al cuerpo del catéter; seguidamente estas estaciones ya mencionada alimentan a la estación de Pre-unión de tubo mayor y menor los cuales son ensamblados para luego pasar a la siguiente estación la cual los une con un sello láser.

El flujo continuo con el corte del globo el cual se ensambla a los tubos ya sellados anteriormente, para posterior ser sellados por un rayo láser por la parte final del globo, en el siguiente proceso se le ensambla la punta en el lado inicial del globo, pasando a otra máquina láser para realizar el sello.

La unidad en este punto está con la mayoría de los componentes, en la siguiente estación se agrega un componente que le permite flexibilidad de uso, seguidamente el adaptador el cual se utiliza para maniobrar en la intervención quirúrgica, estos últimos componentes son agregados en la parte final del tubo mayor del catéter.

Las estaciones de inspecciones se encargan de las mediciones de diámetro del globo, búsqueda de partículas y fugas que pudiera presentar el globo, ya en este punto la unidad esta ensamblada completamente, la siguiente estación es Rolling la cual es el área de enfoque de este trabajo de investigación, esta operación de encarga de realizarle al globo dobleces similares a una sombrilla, para luego pasar al área de recubrimiento y tiempo de secado en donde es recubierta por un químico el cual ayuda al tránsito del dispositivo en la vena.

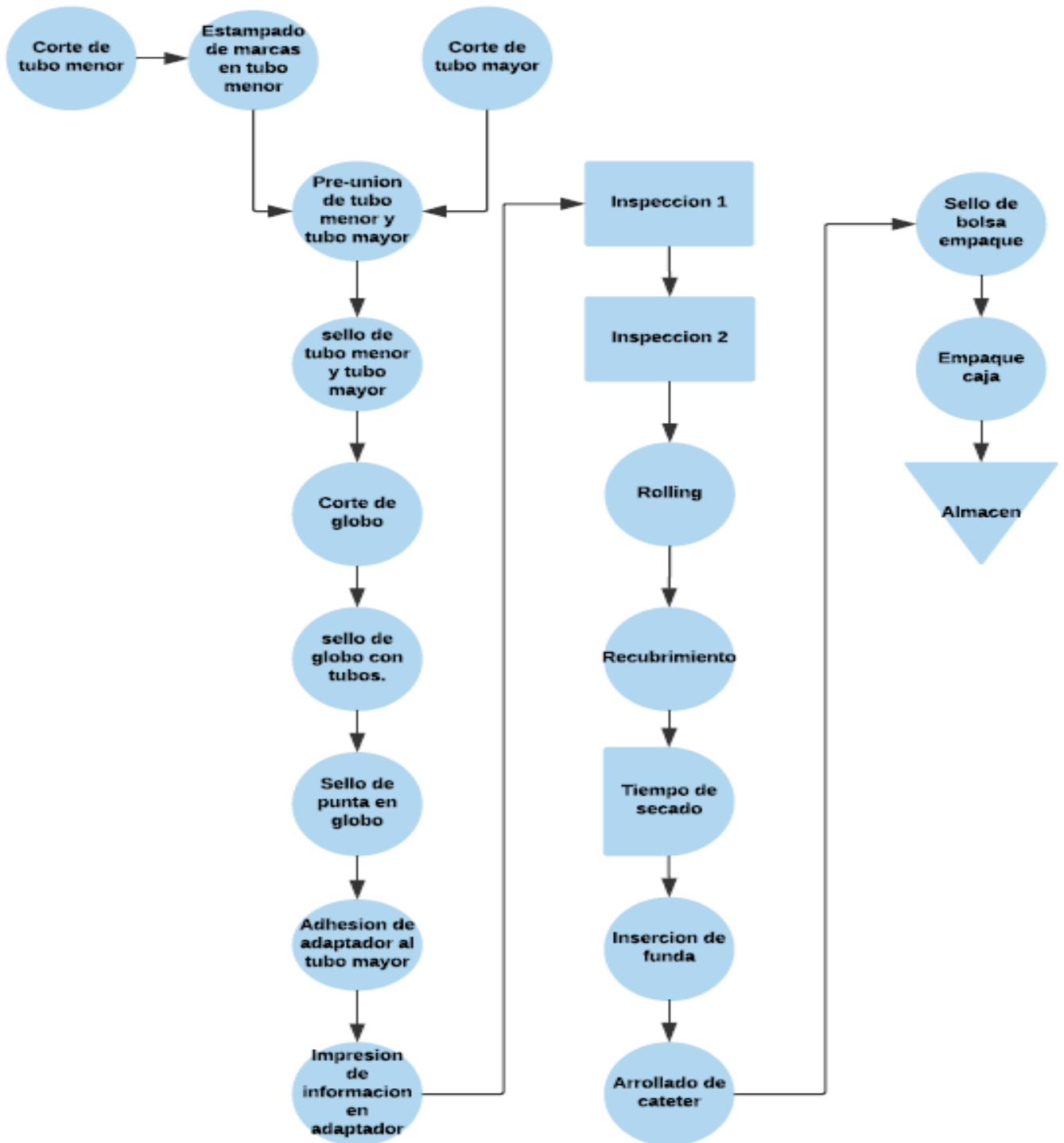
El globo es una de las partes más importante del cuerpo del catéter por lo que la inserción de una funda protectora ayuda a proteger tanto el globo como la punta del dispositivo, finalmente la unidad llega al área de empaque, en donde la unidad pasa a la estación de arrollado del catéter

para ser insertado en una herramienta que lo protege de golpes y dobleces, la siguiente estación se encarga de introducirlo a una bolsa especial que protege a la unidad de contaminaciones.

En la estación de caja de cartón se realiza el empaque final en donde se ingresa a la caja que representa el producto, así como también las etiquetas con los atributos requeridos, es así que una vez terminado el lote es trasladado al área de almacén de producto terminado.

La Figura 21 muestra la secuencia de los procesos anteriormente descritos, cada proceso cumple una función muy diferente y fundamental dentro del proceso productivo, es importante mencionar que al ser un producto médico los estándares de calidad con los que la empresa se rige son muy altos, es por ello que el enfoque en las tareas es fundamental.

Figura 21: Diagrama de Procesos de Línea AREX51



Nota: Autora Alma Sánchez Leiva (2018)

Diagrama de Flujo

La Figura 22 muestra el flujo de la estación de Rolling de manera detallada, como anteriormente se menciona el catéter en la estación llega completamente ensamblado exceptuando los componentes de empaque, los defectos que en esta estación se generan, actualmente están preocupando mucho debido a que la unidad es desechada con la mayoría de los componentes.

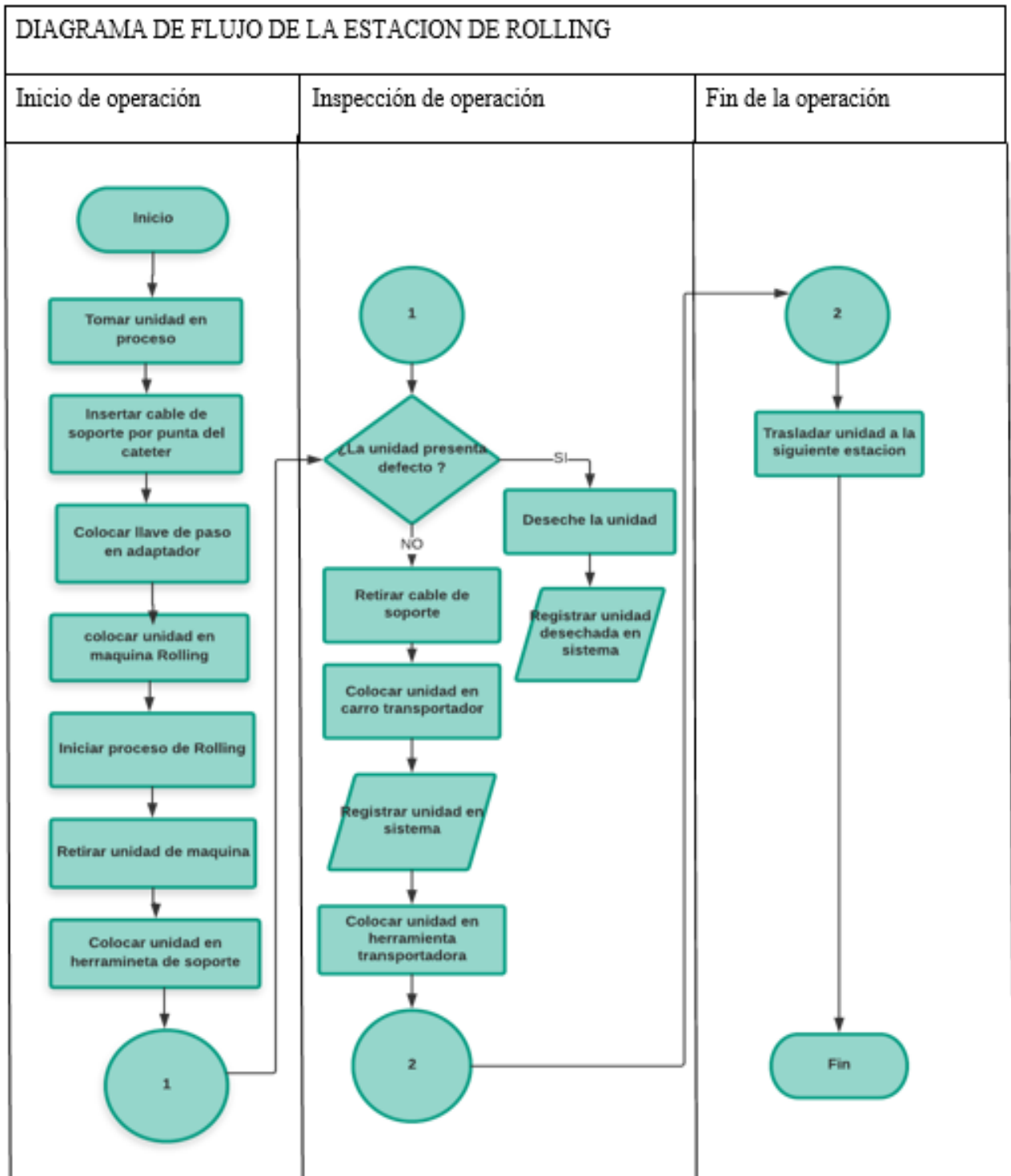
En el proceso de Rolling se realizan diferentes pasos, en los cuales los operadores inician tomando la unidad del WIP de la estación anterior, le ingresa un cable de soporte por la punta del catéter, esto para proteger a la unidad de posibles dobleces.

Seguidamente a la unidad se le coloca un componente al cual se le conoce como llave de paso que sirve para mantener a la unidad sin aire para que las máquinas realicen los pliegues más comprimidos, las unidades son colocadas en las máquinas de Rolling las cuales realizan la operación de plegado, y finalmente pasa a la inspección del trabajo realizado.

En esta estación se generan diferentes defectos los cuales son: puntas defectuosas, contaminaciones, daños en tubo mayor o menor, defectos en el globo, defectos en pliegues del globo, defectos en adaptador ya sea por goma o impresión de información, quebradura de tubo mayor, rayones, y otras que no son tan comunes, pero no menos importantes.

Esta operación generalmente se realiza con 3 o más personas debido a que cuenta con 3 máquinas habilitadas para la producción diaria, es uno de los últimos filtros de inspección de la línea, las personas que trabajan en esta estación lo hacen todo el día de pie sin embargo existen micro-pausas para descansar y realizar ejercicios de estiramiento.

Figura 22: Diagrama de Flujo de Estación de Rolling



Nota: Autora Alma Sánchez Leiva (2018)

La información recolectada va desde enero a noviembre 2018, la empresa establece una cantidad anual de unidades por producir, esta cantidad debe de ser cumplida entre ambos turnos es decir que el UPH de cada turno está definido para cumplir con la meta anual, ambos turnos trabajan en conjunto para nivelar las cantidades de unidades por producir.

A continuación, se muestra las cantidades de unidades de producto terminado por mes que se produjeron en ambos turnos, en donde las cantidades varían pues la estabilidad de unidades producidas por mes dependerá de las diferentes variables que puedan aparecer durante el proceso productivo.

Tabla 4: Producción por mes 2018

Unidades producidas 2018	
Enero	40,236
Febrero	37,497
Marzo	36,531
Abril	35,677
Mayo	42,473
Junio	38,064
Julio	35,313
Agosto	40,253
Septiembre	36,508
Octubre	35,499
Noviembre	12,944
Total	390,995

Nota: Autora Alma Sánchez Leiva (2018)

La Tabla 4 muestra el desglose de las unidades de producto terminado por mes de ambos turnos, es importante mencionar que basado en estas cantidades fueron realizados los cálculos de los porcentajes de yield en este trabajo de investigación.

Proyección de Producción de Turno A y Turno B

Mediante la información recolectada del año 2018 se procede a separar las producciones de ambos turnos para evaluar el cumplimiento de las metas establecidas de producción.

La Tabla 5 muestra la producción de cada turno de la producción de cada mes del año 2018, así como también el aporte de scrap de la línea de producción por turnos separados, demostrando el yield que cada turno género durante el año.

La meta establecida del 95% de yield no fue alcanzada por ninguno de los turnos, como se demuestra en la Tabla 5, esto debido a que las estaciones ya anteriormente mencionadas están impactando en gran manera en el éxito de esta métrica de la empresa, y como ya antes se demostró una de ellas es la estación de Rolling.

A continuación, se demuestra la información entre turnos ya mencionada:

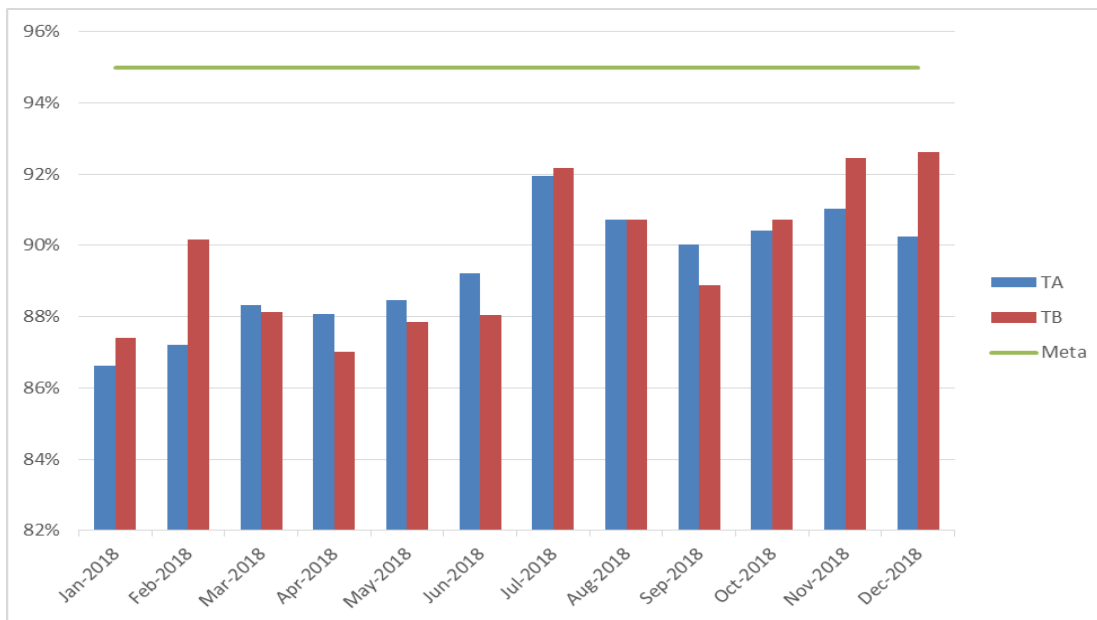
Tabla 5: Porcentaje de Scrap y Producción Entre Turnos

Mes	Scrap TA	TA	Yield TA	Scrap TB	TB	Yield TB	Total	Meta yield
Jan-2018	2780	20764	87%	2450	19472	87%	40236	95,0%
Feb-2018	2448	19150	87%	1804	18347	90%	37497	95,0%
Mar-2018	2193	18785	88%	2109	17746	88%	36531	95,0%
Apr-2018	2243	18794	88%	2193	16883	87%	35677	95,0%
May-2018	2499	21683	88%	2526	20790	88%	42473	95,0%
Jun-2018	2004	18567	89%	2332	19497	88%	38064	95,0%
Jul-2018	1467	18202	92%	1341	17111	92%	35313	95,0%
Aug-2018	1856	20035	91%	1873	20218	91%	40253	95,0%
Sep-2018	1805	18104	90%	2047	18404	89%	36508	95,0%
Oct-2018	1759	18336	90%	1592	17163	91%	35499	95,0%
Nov-2018	1809	20165	91%	1517	20133	92%	12944	95,0%
Dec-2018	945	9680	90%	747	10111	93%	19791	95,0%

Nota: Autora Alma Sánchez Leiva (2018)

Mediante la Figura 23 se muestra gráficamente que la meta no fue alcanzada durante el año 2018 en la línea AREX51, llegando muy cerca en algunos meses sin embargo no se cumple el objetivo.

Figura 23: Grafico de Scrap por Turno



Nota: Autora Alma Sánchez Leiva (2018)

Diagrama de Pareto Turno A y B de todas las Estaciones

A continuación, se muestra mediante la base de datos recolectada desde enero 2018 hasta noviembre 2018, la información del porcentaje de desperdicios generados en cada estación de la línea AREX51, la Tabla 6 muestra la información de los datos recolectados de todos de los meses mencionados, por todas las estaciones de turno A, la clasificación de los defectos se realizó también mediante la base de datos de la empresa.

La valoración de las causas se da mediante un ABC el cual permite determinar las estaciones que mayor impacto están generando en el scrap, este análisis se realizó para turno A y turno B esto para tener la información más detallada y por la diferencia de demandas entre turnos.

Tabla 6: Datos diagrama de Pareto Turno A, AREX51

Estaciones	Pérdida de Yield anual	% Relativo	% Acumulado	Calificación
Sello inicial tubo mayor	1,65%	19,06%	19,06%	A
Sello final de globo	1,25%	14,42%	33,48%	A
Rolling	1,09%	12,62%	46,10%	A
Inspección 2	1,08%	12,52%	58,62%	A
Adhesión de adaptador	0,85%	9,76%	68,37%	A
Arrollado de catéter	0,64%	7,35%	75,72%	A
Sello inicial del globo y de punta	0,46%	5,26%	80,98%	A
Pre-Sello final de globo	0,42%	4,83%	85,81%	B
Inserción de funda protectora	0,29%	3,38%	89,20%	B
Impresión adaptadora	0,25%	2,90%	92,09%	B
Tiempo recubrimiento	0,24%	2,76%	94,85%	C
Inspección 1	0,15%	1,72%	96,57%	C
Corte de tubo mayor	0,10%	1,16%	97,74%	C
Sello inicial de tubo mayor	0,09%	1,02%	98,75%	C
Pre-sello inicial de globo y punta	0,03%	0,35%	99,10%	C
Estampado tubo menor	0,02%	0,28%	99,39%	C
Retrabajo	0,02%	0,27%	99,65%	C
Pre-Sello inicial tubo mayor	0,01%	0,08%	99,73%	C
Limpieza adhesión adaptador	0,01%	0,07%	99,80%	C
Tiempo de secado	0,00%	0,06%	99,86%	C
Sello de bolsa empaque	0,00%	0,06%	99,91%	C
Empaque caja	0,00%	0,05%	99,96%	C
Recubrimiento	0,00%	0,04%	100,00%	C
Grand Total	8,67%	100,00%		

Nota: Autora Alma Sánchez Leiva (2018)

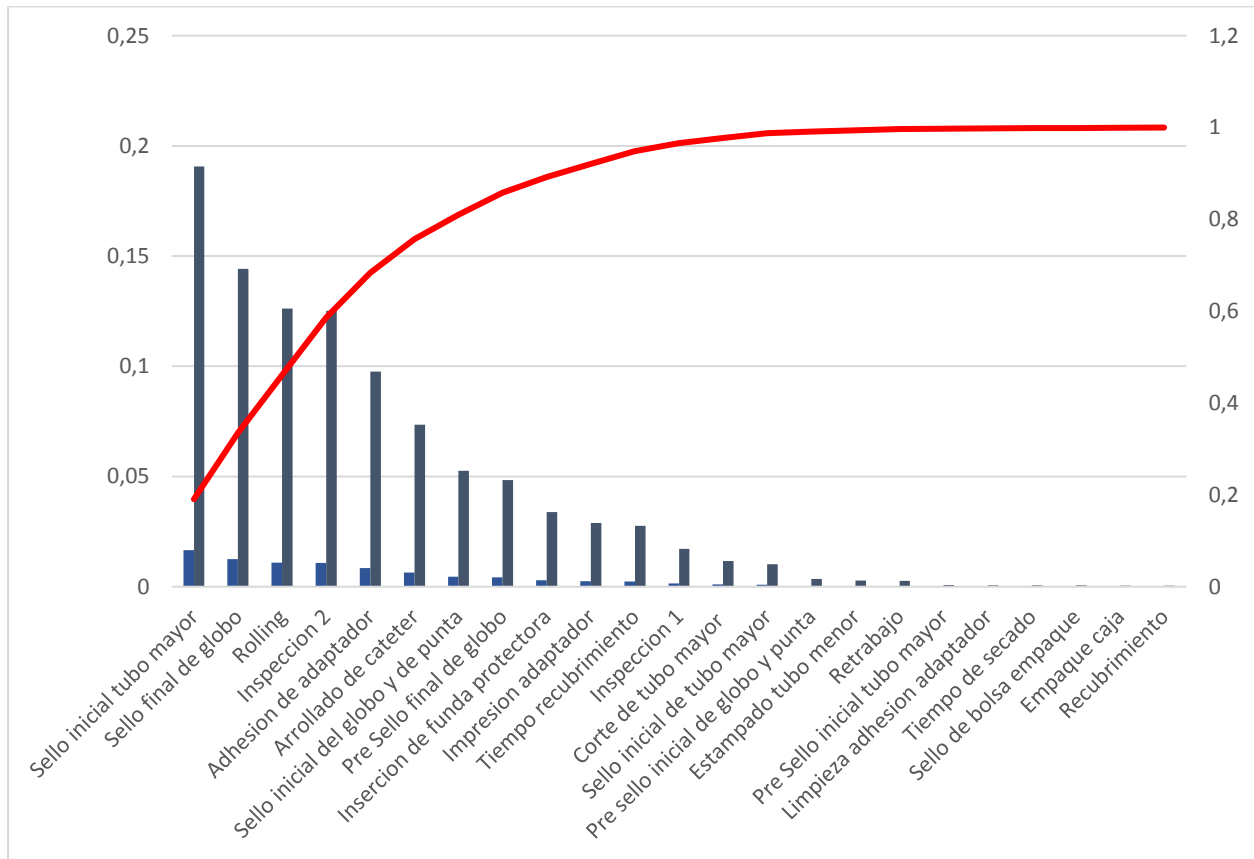
Como se muestra la Tabla 6: Datos diagrama de Pareto Turno A, AREX51Tabla 6 en el análisis de Pareto la estación Rolling turno A, forma parte del 80% de los problemas aportando un 1.09% de scrap al año, realizando el cálculo de la representación de este porcentaje de scrap generado en esa estación se ve de la siguiente manera:

$$\text{Cantidad de scrap} = 390,995 * 1.09\% = 4261.85 \approx 4262 \text{ unidades defectuosas}$$

El porcentaje representa a 4,262 unidades defectuosas las cuales fueron desechadas en la estación de Rolling por varios defectos que existen y que se generan en el proceso, esto durante el año 2018 por el turno de la mañana (A).

Al demostrar la tendencia de los datos gráficamente mediante la Figura 24 a continuación:

Figura 24: Diagrama de Pareto Turno A



Nota: Autora Alma Sánchez Leiva (2018)

A continuación, la Tabla 7 muestra el porcentaje de la pérdida del yield por estación que se generó en turno B, esta información está basada en la recolección de los datos de producción del rango de tiempo que se tomó la información.

Las estaciones que generan más porcentaje de scrap son sello inicial del tubo mayor con 1,65% de scrap al año, sello final de globo 1,25% y Rolling con un 1.09%.

En la Tabla 1 muestra la ubicación de la estación de Rolling, en turno B como una de la estación que más contribuye con la generación de scrap en la línea de producción demostrando que ambos turnos presentan la problemática en esta estación del proceso.

Tabla 7: Datos diagrama de Pareto Turno B, AREX51

Estaciones	Pérdida de Yield anual	% Relativo	% Acumulado	Calificación
Sello inicial tubo mayor	1,77%	25,67%	25,67%	A
Sello final de globo	1,14%	16,51%	42,18%	A
Rolling	0,78%	11,22%	53,40%	A
Inspección 2	0,70%	10,08%	63,48%	A
Arrollado de catéter	0,51%	7,44%	70,92%	A
Sello inicial del globo y de punta	0,48%	7,00%	77,92%	A
Adhesión de adaptador	0,48%	6,93%	84,85%	B
Inserción de funda protectora	0,41%	5,86%	90,72%	B
Inspección 1	0,16%	2,27%	92,99%	C
Impresión adaptadora	0,16%	2,25%	95,23%	C
Pre-Sello final de globo	0,15%	2,11%	97,35%	C
Pre-sello inicial de globo y punta	0,06%	0,84%	98,18%	C
Tiempo recubrimiento	0,05%	0,66%	98,85%	C
Corte de tubo mayor	0,04%	0,62%	99,47%	C
Estampado tubo menor	0,01%	0,11%	99,58%	C
Sello inicial de tubo mayor	0,01%	0,11%	99,69%	C
Empaque caja	0,01%	0,09%	99,79%	C
Retrabajo	0,01%	0,08%	99,87%	C
Recubrimiento	0,01%	0,07%	99,94%	C
Limpieza adhesión adaptador	0,00%	0,06%	100,00%	C
Sello de bolsa empaque	0,00%	0,00%	100,00%	C
Grand Total	6,91%	100,00%		

Nota: Autora Alma Sánchez Leiva (2018)

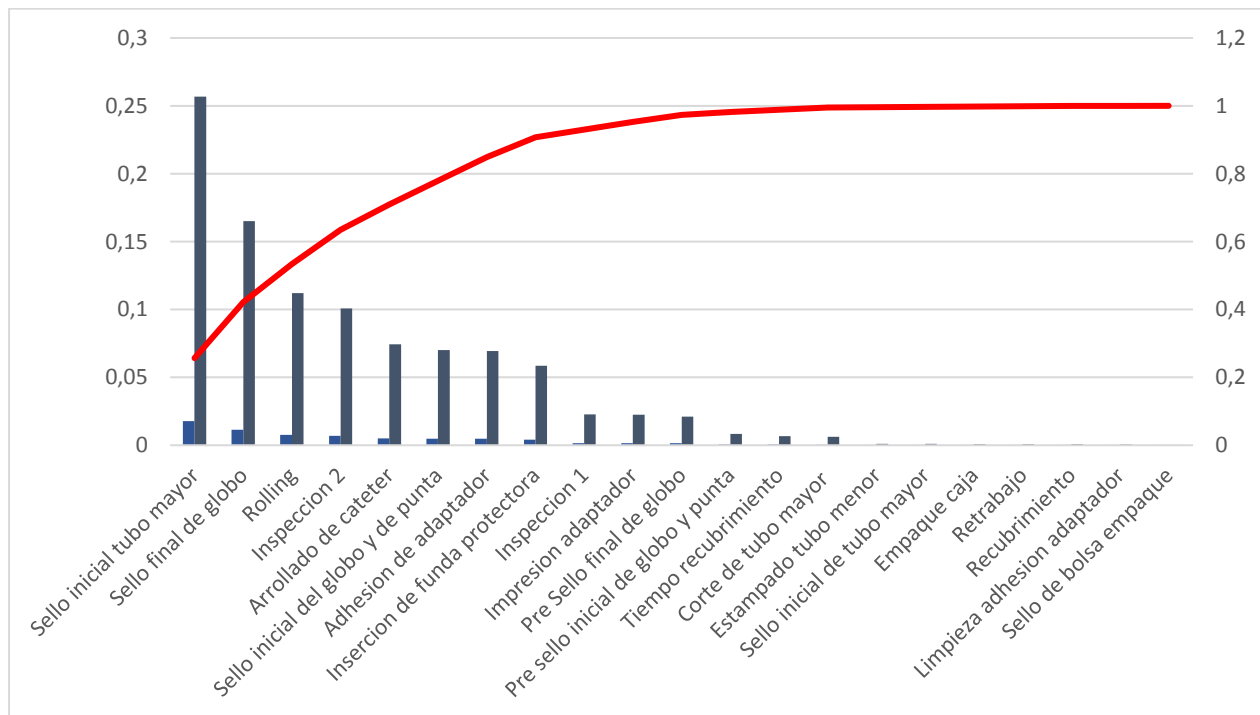
En el análisis para el turno B también se encuentra dentro del 80%, al generar un 0,78% de scrap al año, el porcentaje es menor debido a la cantidad de horas trabajadas en turno B, este porcentaje representa la siguiente cantidad de unidades defectuosas:

$$\text{Cantidad de scrap} = 390,995 * 0.78\% = 3049.76 \approx 3050 \text{ unidades defectuosas}$$

Según el resultado de la fórmula aplicada el porcentaje de yield perdido que representa la estación de Rolling es a 3050 unidades defectuosas y desechadas por los diferentes defectos en la estación durante el año 2018.

La Figura 25 muestra gráficamente la tendencia de los datos antes mencionados de la Tabla 7, en donde se confirma el posicionamiento de la estación en estudio, junto con las estaciones de sello inicial tuvo mayor y sello final de globo siendo esto una similitud entre turnos.

Figura 25: Diagrama de Pareto Turno B



Nota: Autora Alma Sánchez Leiva (2018)

Mediante este análisis se demuestra que la estación de Rolling es una de las estaciones que más scrap aporta al proceso productivo, tanto el turno de la mañana, así como también en el turno de la tarde; juntos al generar un 1.87% al año de desperdicios.

Este porcentaje mencionado de la sumatoria de ambos turnos representa una cantidad importante de scrap en la estación de Rolling a lo largo del año 2018, los cuales están conformados por una serie de defectos generados en la estación.

$$\text{Cantidad de scrap} = 390,995 * 1.87\% = 7311.61 \approx 7312 \text{ unidades defectuosas}$$

Solamente en la estación Rolling en el año 2018 se desecharon 7,312 unidades por defectos varios entre ambos turnos, sin considerar los defectos sello inicial al tubo mayor y sello final de globo, los cuales agregan un porcentaje bastante alto anualmente.

Pareto Estación de Rolling Turno A

A continuación, se presenta el diagrama de Pareto que se realizó en la estación de Rolling, en el turno matutino, con los datos históricos que se cuentan; de defectos de los meses enero a noviembre 2018, el cual muestra el 80% de las causas que está generando el problema.

La Tabla 8 demuestra que el defecto que mayor scrap genera, es por daño o defecto en la Punta, seguidamente por los defectos: daño en tubo mayor, globo arrugado, y pliegues diferentes en globo.

Según los porcentajes demostrados en la Tabla 8 el cálculo por defectos anuales serían los siguientes:

$$\text{Scrap por Daño por punta defectuosa} = 390,995 * 0.33\% = 1290,28 \approx$$

1290 unidades defectuosas

$$\text{Scrap por Daño en tubo mayor} = 390,995 * 0.20\% = 781,99 \approx 782 \text{ unidades defectuosas}$$

$$\text{Scrap por Globo arrugado} = 390,995 * 0.17\% = 664.69 \approx 665 \text{ unidades defectuosas}$$

$$\text{Scrap por Pliegues diferentes en globo} = 390,995 * 0.12\% = 469,19$$

≈ 469 unidades defectuosas

Los cálculos de las cantidades de defectos según el porcentaje de yield perdido por cada uno, demuestran que el defecto que más afecta es por el daño por punta defectuosa, en el cual está enfocado este trabajo de investigación y según el cálculo realizado en el año 2018 generó 1,290 unidades de scrap por daño por punta defectuosa en el turno A.

Ambos turnos trabajan bajo los mismos criterios de aceptación, con la diferencia que existe una brecha de horas entre turnos, es por ello por lo que como ya anteriormente se había mencionado el UPH es diferente y por lo tanto las cantidades de defectos varían.

En la Tabla 8 también se presentan los demás defectos que se generan, los cuales no tienen un peso tan alto como lo son los defectos anteriormente mencionados y actualmente no han presentado ningún problema en la métrica de medición del porcentaje del yield.

Tabla 8: Datos de Diagrama de Pareto Estación de Rolling, Turno A

Estación Rolling					
Tipo de Defecto	Pérdida de Yield por año	%	%	%	Calificación
		Relativo	Acumulado		
Daño por punta defectuosa		0,33%	30,21%	30,21%	A
Daño en tubo mayor		0,20%	17,86%	48,07%	A
Globo arrugado		0,17%	15,64%	63,71%	A
Pliegues de globo diferentes		0,12%	11,32%	75,03%	A
Contaminación por partículas		0,10%	8,88%	83,91%	B
Daño en globo		0,05%	4,35%	88,26%	B
Rolling abierto		0,03%	2,62%	90,88%	B
Material entrante		0,02%	1,78%	92,66%	C
Pruebas destructivas		0,02%	1,47%	94,13%	C
Defecto esporádico		0,01%	1,19%	95,32%	C
Daño en tubo menor		0,01%	1,12%	96,45%	C
Daño Globo recogido		0,01%	1,12%	97,57%	C
Fuga o ruptura		0,01%	0,94%	98,50%	C
Back fold		0,00%	0,40%	98,90%	C
Rayón		0,00%	0,19%	99,09%	C
Configuración de globo		0,00%	0,19%	99,28%	C
Burbuja		0,00%	0,16%	99,44%	C
Contaminaciones por partículas		0,00%	0,14%	99,58%	C
Defecto en adaptador		0,00%	0,14%	99,72%	C
Daños en sello por arrugas/pellizco		0,00%	0,09%	99,81%	C
Quebradura		0,00%	0,07%	99,88%	C
Punta cerrada		0,00%	0,05%	99,93%	C
Espacio sin goma		0,00%	0,02%	99,95%	C
sello arrugado		0,00%	0,02%	99,98%	C
Exceso de goma		0,00%	0,02%	100,00%	
Grand Total		1,09%	100,00%		

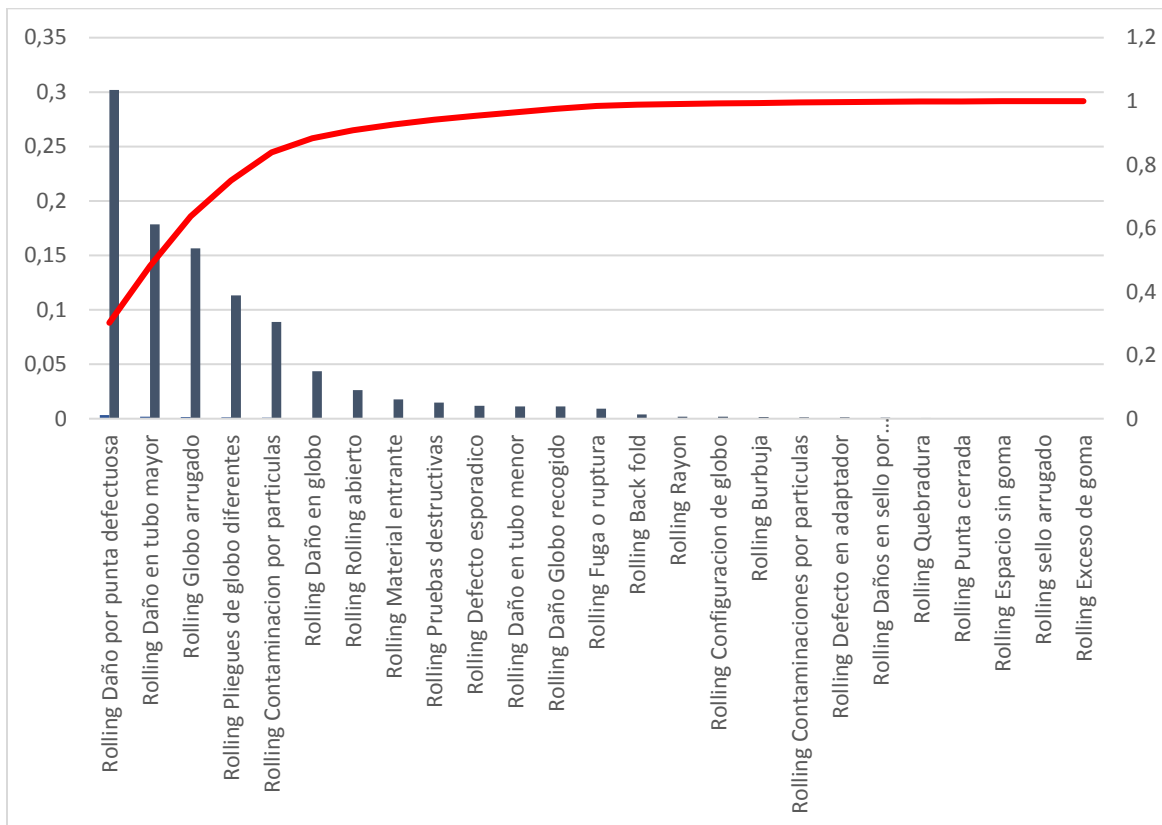
Nota: Autora Alma Sánchez Leiva (2018)

Mediante la Figura 26 está representada gráficamente la información de la Tabla 8 la cual muestra el posicionamiento de cada uno de los defectos de la estación, y en donde el defecto por daño por punta defectuosa sobresale como el daño que más se repite en la estación y como anteriormente se demostró en los cálculos es el defecto que más se ha generado.

La estación aporta a la pérdida del yield un 1,09% del total mostrado en la Tabla 6, lo cual ya en números demostrados anteriormente es una cantidad significativa de scrap que se genera en la estación Rolling.

Figura 26: Diagrama de Pareto Estación Rolling, Turno A

Figura 26: Diagrama de Pareto Estación Rolling, Turno A



Nota: Autora Alma Sánchez Leiva (2018)

Pareto Estación de Rolling Turno B

En la realización del análisis de los datos de turno B el defecto que también predomina es el de daño por punta defectuosa al igual que en el turno de la mañana, también comparten los defectos; contaminación y daño en el tubo mayor como se muestra en la Tabla 9.

Según los porcentajes del yield perdido de los defectos que más peso tienen en el análisis son las causas que más afectan en la estación, los cálculos de las cantidades de los defectos son los siguientes:

$$\begin{aligned} \text{Scrap por Daño por punta defectuosa} &= 390,995 * 0,27\% = 1055,69 \\ &\approx 1056 \text{ unidades defectuosas} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Scrap por Contaminación por partículas} &= 390,995 * 0,13\% = 508,29 \\ &\approx 508 \text{ unidades defectuosas} \end{aligned}$$

Scrap por Daño Gobo Arrugado = 390,995 * 0.11% = 430,09
 ≈ 430 unidades defectuosas

Scrap por Daño en Tubo Mayor = 390,995 * 0.11% = 430,09
 ≈ 430 unidades defectuosas

Los cálculos de los datos del turno B en la estación de Rolling muestran que, aunque existen otros defectos que conforman las causas que mayormente impactan a la pérdida del yield, el defecto que mayor aporte tiene es el daño por defecto de la punta al igual que turno A.

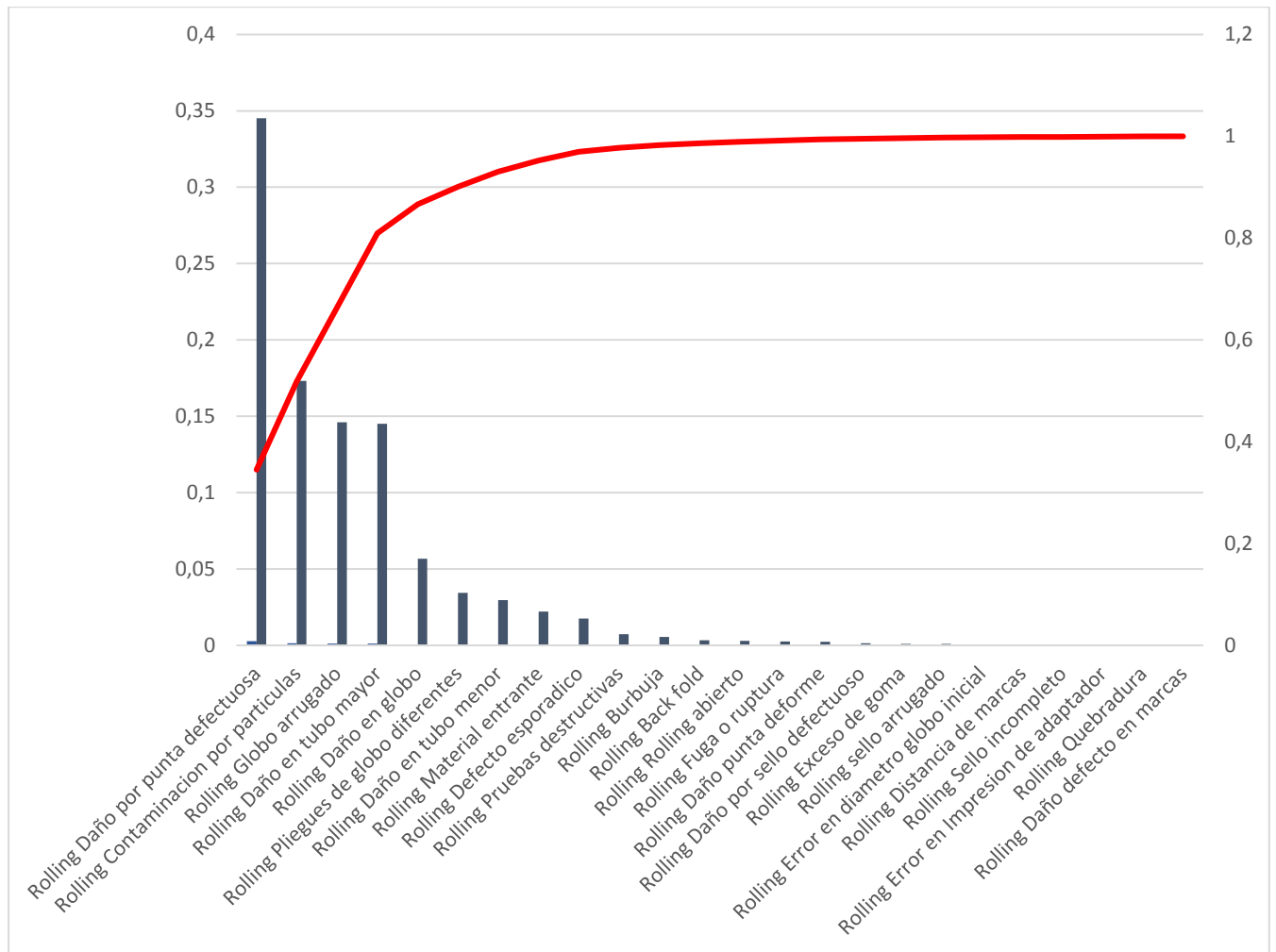
Tabla 9 Datos de Diagrama de Pareto Estación Rolling, Turno B

Estación Rolling					
Tipo de Defecto	Pérdida de Yield por año	%		Calificación	
		Relativo	% Acumulado		
Daño por punta defectuosa	0,27%	34,51%	34,51%	A	
Contaminación por partículas	0,13%	17,32%	51,83%	A	
Globo arrugado	0,11%	14,62%	66,45%	A	
Daño en tubo mayor	0,11%	14,52%	80,96%	A	
Daño en globo	0,04%	5,67%	86,64%	B	
Pliegues de globo diferentes	0,03%	3,43%	90,07%	B	
Daño en tubo menor	0,02%	2,97%	93,04%	C	
Material entrante	0,02%	2,21%	95,25%	C	
Defecto esporádico	0,01%	1,75%	97,00%	C	
Pruebas destructivas	0,01%	0,73%	97,72%	C	
Burbuja	0,00%	0,56%	98,28%	C	
Back fold	0,00%	0,33%	98,61%	C	
Rolling abierto	0,00%	0,30%	98,91%	C	
Fuga o ruptura	0,00%	0,26%	99,18%	C	
Daño punta deforme	0,00%	0,23%	99,41%	C	
Daño por sello defectuoso	0,00%	0,13%	99,54%	C	
Exceso de goma	0,00%	0,10%	99,64%	C	
sello arrugado	0,00%	0,10%	99,74%	C	
Error en diámetro globo inicial	0,00%	0,07%	99,80%	C	
Distancia de marcas	0,00%	0,07%	99,87%	C	
Sello incompleto	0,00%	0,03%	99,90%	C	
Error en Impresión de adaptador	0,00%	0,03%	99,93%	C	
Quebradura	0,00%	0,03%	99,97%	C	
Daño defecto en marcas	0,00%	0,03%	100,00%		
Grand Total	0,78%	100,00%			

Nota: Autora Alma Sánchez Leiva (2018)

Se puede observar el gráfico en la Figura 27 los defectos que más predominan en el turno de la tarde, representados por las barras y en donde el daño por punta defectuosa es el mayor contribuyente en el turno B.

Figura 27: Diagrama de Pareto Estación Rolling, Turno B



Nota: Autora Alma Sánchez Leiva (2018)

Diagramas de Ishikawa

Los resultados del análisis de los gráficos de Pareto demostraron que, para ambos turnos el efecto que más golpea las métricas de yield es el daño por punta defectuosa, además de eso ambos comparten los defectos daño por tubo mayor, globo arrugado y contaminación por

partículas, por lo que se consideró para ambos turnos las posibles causas, que originen este defecto.

El defecto pliegues de globos diferentes que se presenta en la Tabla 8 es un defecto que actualmente se está dando con más concurrencia en turno A, el porcentaje que aporta es muy bajo sin embargo se realizó el respectivo análisis.

En el análisis de los Ishikawa de cada defecto clasificación A, se realiza con un complemento el cual un diagrama de contradicción para cada diagrama de Ishikawa, esto para priorizar el orden e importancia de las causas que originan el 80% de las causas demostradas los gráficos de Pareto anteriormente.

Para la realización de la ponderación de orden se estableció la tabla de puntaje en donde se definió de la siguiente manera:

Tabla 10: Tabla de Ponderación de Priorización

Ponderación	Puntaje
0	No tiene relación
1	Baja relación
2	Relación Moderada
3	Alta relación

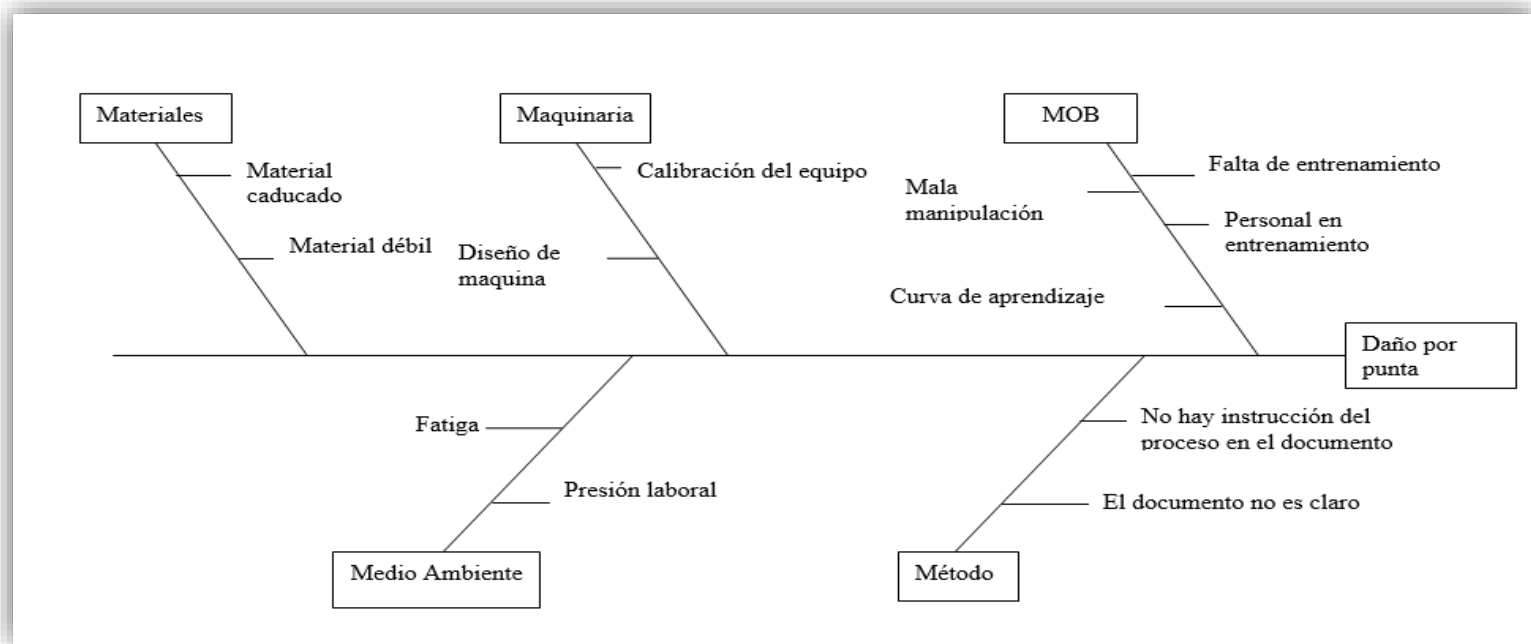
Nota: Autora Alma Sánchez Leiva (2018)

Luego de darle un peso a cada criterio se procede al conteo de las filas en donde la opción con el puntaje mayor será el principal contribuyente para que se esté generando el defecto en la punta.

Mediante una lluvia de ideas con los operarios, acerca de los defectos que más impactan la estación de Rolling, surgieron muchas causas que podrían estar contribuyendo directamente en la aparición de los defectos ya mencionados, a continuación el análisis de cada posible causa para evaluar el peso que tenga en cada defecto.

La Figura 28 Ishikawa del defecto daño de punta muestra los diferentes eventos que pudieran provocar el defecto, el daño de punta es el que más peso tiene en el Pareto, y es por ello que fueron contemplados todos los eventos que pudieran estar provocando este defecto.

Figura 28: Diagrama de Ishikawa: Daño por punta



Nota: Autora Alma Sánchez Leiva (2018)

Tabla 11: Diagrama de Priorización de Daño por Punta

Criterio: Daño por punta	Cable de soporte doblado	Material débil	Diseño de maquina	Calibración del equipo	Mala manipulacion	Curva de aprendizaje	Personal en entrenamiento	Fatiga	Presión laboral	Insercion inadecuada de cable de soporte	No hay instrucción de inspección del proceso en el documento	Totales	Ponderacion	
Cable de soporte doblado	3	0	0	0	2	0	0	0	0	0	3	2	10	11,2
Material débil	3	3	0	0	2	1	1	0	0	0	0	0	7	8
Diseño de maquina	0	0	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Calibración del equipo	0	2	0	3	0	0	0	0	1	1	1	1	5	6
Mala manipulación	3	2	1	2	3	2	2	2	1	3	1	19	21	
Curva de aprendizaje	0	0	0	1	3	3	1	0	1	0	0	6	7	
Personal en entrenamiento	0	0	0	1	3	2	3	1	1	0	0	8	9	
Fatiga	0	1	0	1	2	1	1	3	1	0	0	7	8	
Presión laboral	0	0	0	0	2	2	2	1	3	0	0	7	8	
Insercion inadecuada de cable de soporte	3	2	0	1	3	2	1	1	1	3	0	14	16	
No hay instrucción de inspección del proceso en el documento	0	0	0	1	1	1	2	0	0	0	3	5	6	
Total												89	100,0	

Nota: Autora Alma Sánchez Leiva (2018)

Mediante la asignación de puntos como muestra la Tabla 11 las causas principales identificadas que generan el daño en las puntas del globo son por cable de soporte doblado, mala manipulación por los operarios, e inserción inadecuada de cable de soporte; no se

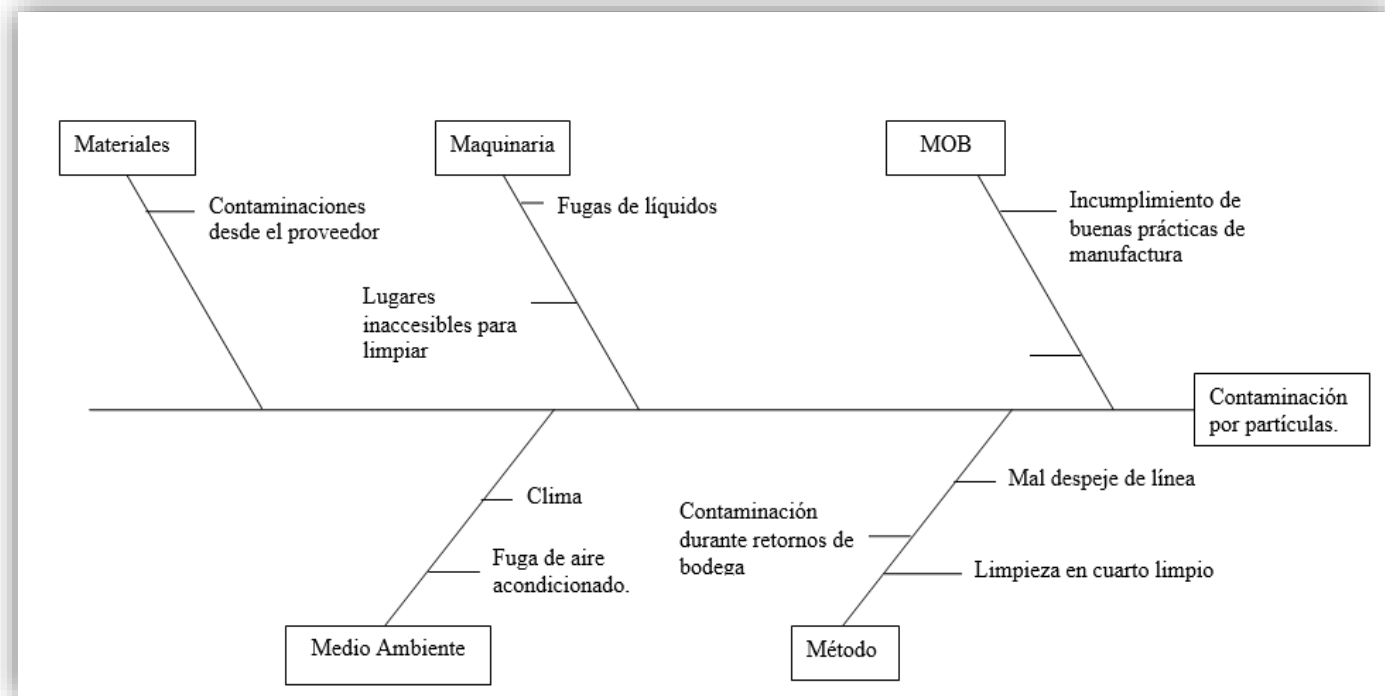
Considera de gran importancia el material débil debido a que a pesar de que el material es utilizado en producción el departamento de bodega asume el costo y la devolución por lo tanto no se contempla en la métrica del yield.

El diseño de máquina no se considerará debido a que el aporte al defecto es mínimo además que son máquinas que fueron validadas para el proceso cumpliendo exitosamente la operación, la calibración del equipo se descarta debido a que por procedimiento además de la ejecución de la configuración de parámetros, existe un segundo filtro de una verificación por otra persona diferente a la que ejecutó dicha configuración.

La curva de aprendizaje y personal en entrenamiento dependerán del factor tiempo y por lo cual la línea está preparada para asumir los resultados de la producción, el factor presión laboral también está sujeto a la experiencia y expertice de la estación para cumplir con el UPH establecido por la empresa para alcanzar la meta de producción.

La Figura 29 muestra las diferentes causas que puedan generar el defecto contaminación por partículas, el cual se puede generar por muchos factores los cuales se muestran a continuación.

Figura 29: Diagrama de Ishikawa de Contaminación por Partículas



Nota: Autora Alma Sánchez Leiva (2018)

La Tabla 12 muestra que la principal causa que genera la contaminación es una mala ejecución del despeje de línea, el cual es de suma importancia en el arranque de cada turno y cada cambio de lote, esta es la secuencia por documento en donde se debe realizar el despeje de línea para asegurar una limpieza efectiva en la estación. Sin embargo, no se está cumpliendo según el procedimiento según el resultado obtenido de la matriz.

La segunda causa que también sobresale en la ponderación, es el incumplimiento de las buenas prácticas de manufactura en donde también por procedimiento interno de la empresa todos los operarios deben de cumplir con reglas de higiene personal, dentro del procedimiento se prohíbe el contacto personal, tocarse el rostro o alguna otra parte de la piel ni del cuerpo, tocar basureros, piso o alguna otra superficie que no esté controlada, además de esto también prohíbe uso de cosméticos como maquillaje o esmalte de uñas y todo lo que pueda provocar la generación de partículas en el área de trabajo.

El material contaminado cuando es traído desde el proveedor es asimilado por el mismo por lo que no será considerado, los lugares inaccesibles de limpiar el personal de limpieza se encargan de ello antes de que las líneas inicien sus labores es por ello que la opción es descartada debido a que el lugar es limpiado diariamente y se lleva un control con producción de firmas en donde se confirma dicha limpieza.

Las fugas de líquidos o por aire acondicionado se descartan debido a que el departamento de facilidades lleva un control de los monitores constantes en todo el día, estos eventos solo han sucedido por algún fallo de energía que se dé en el país, sin embargo, por procedimiento los operarios después de un evento como este, deberán realizar limpieza de línea por lo que recae en la causa ya explicada anteriormente.

La empresa tiene altos controles de pestes por lo que las posibles contaminaciones por causa de clima no se contemplan debido a los diferentes controles que las instalaciones poseen, los materiales que llegan a la línea contaminados desde bodega a causa de retornos.

Tabla 12: Diagrama de Priorización de Contaminación por Partículas

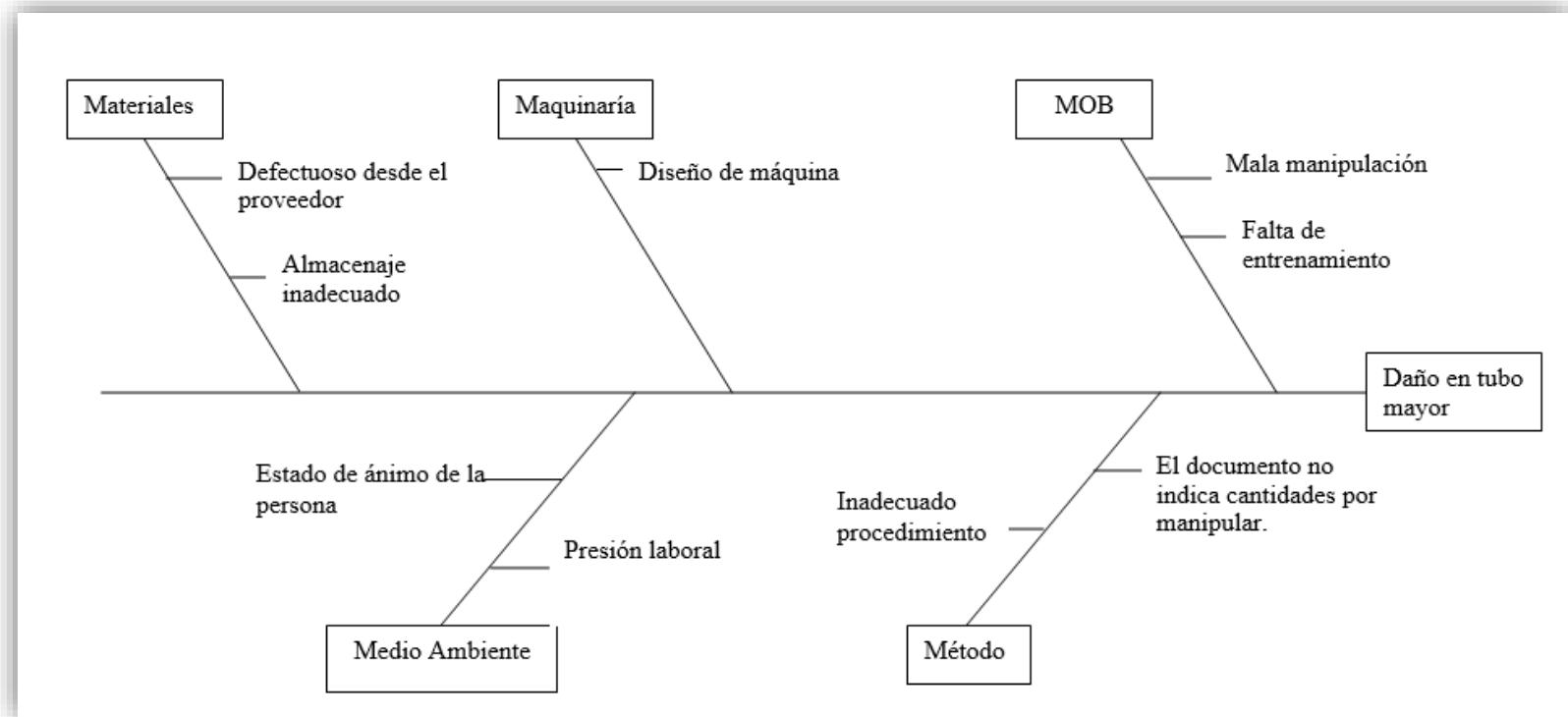
Criterio: Contaminación por partículas.	Contaminaciones desde el proveedor	Lugares inaccesibles para limpiar	Fugas de líquidos	Incumplimiento de buenas prácticas de manufactura	Fuga de aire acondicionado.	Contaminación durante retornos de bodega	Clima	Limpieza en cuarto limpio	Mal despeje de línea	Totales	Ponderación
Contaminaciones desde el proveedor	2	0	0	2	0	0	2	0	0	4	6,5
Lugares inaccesibles para limpiar	0	1	0	0	0	2	0	0	0	3	4,8
Fugas de líquidos	0	2	0	0	2	1	0	1	0	6	9,7
Incumplimiento de buenas prácticas de manufactura	0	0	2	0	0	3	1	2	3	11	17,7
Fuga de aire acondicionado.	1	0	1	0	0	0	2	2	2	8	12,9
Contaminación durante retornos de bodega	2	0	0	2	0	0	0	0	0	4	6,5
Clima	0	1	1	1	0	0	0	0	0	3	4,8
Limpieza en cuarto limpio	0	1	2	2	0	0	0	0	0	5	8,1
Mal despeje de línea	0	1	1	3	1	1	1	1	1	18	29,0
Total										62	100,0

Nota: Autora Alma Sánchez Leiva (2018)

A continuación en la Figura 30 diagrama de Ishikawa del defecto de daño en tubo mayor, muestra las diferentes posibles causas que puedan influir en el defecto, se debe señalar que aunque todas opciones son tomadas en cuenta en el análisis, no todas están directamente vinculadas con el proceso de Rolling, es por ello que se da el descarte de la posibilidad para depurar la opciones que no generan un impacto mayor.

Este defecto por daño en tubo mayor es también un generador alto de scrap, este material es de composición de resina plástica flexible, pero también un poco frágil por ser de esta composición, es el cuerpo del catéter el que le da la longitud al dispositivo, y en donde son ensamblados el resto de los componentes.

Figura 30: Diagrama de Ishikawa de Daño en tubo Mayor



Nota: Autora Alma Sánchez Leiva (2018)

En el análisis de la Tabla 13 la causa que provoca mayor scrap de unidades por daño en el tubo mayor es por una mala manipulación de las unidades, representa el 25% y es la causa principal que está generando la pérdida de yield por este defecto, causas como defectuoso desde el proveedor, almacenaje inadecuado y diseño de máquina son descartadas porque no son causa que potencien el desperdicio en la estación de Rolling.

La falta de entrenamiento se descarta debido a que en la empresa existe un plan de entrenamiento para cada colaborador nuevo, y al cual se le asigna un tiempo considerable antes de iniciar a procesar lotes comerciales, adicionalmente también el nuevo operario siempre está a la supervisión de un experto en el proceso.

El estado de ánimo de la persona es un punto que se puede dar esporádicamente y el cual no tiene un porcentaje representativo para ser considerado, la causa que el documento no indica cantidades a manipular no se considera debido a que cada estación tiene un WIP definido, por otro lado, éste no se está cumpliendo al crear tantos daños por manipulación, lo que también tiene mucho que ver con realizar inadecuadamente el procedimiento.

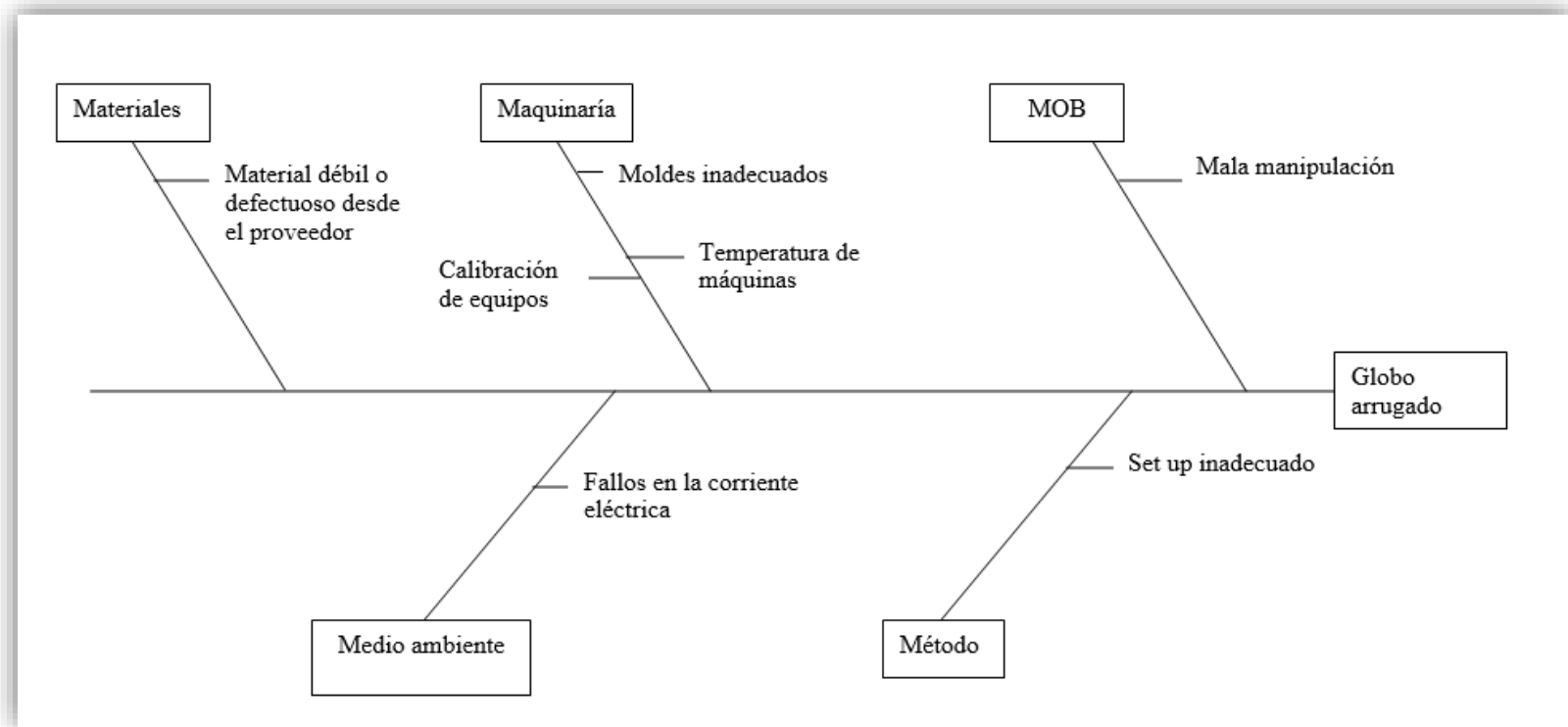
Tabla 13: Diagrama de Priorización de Daño en Tubo Mayor

Criterio: Daño en tubo mayor	Defectuoso desde el proveedor	Almacenaje inadecuado	Diseño de máquina	Mala manipulación	Falta de entrenamiento	Estado de ánimo de la persona	Presión laboral	Inadecuado procedimiento	El documento no indica cantidades a manipular.	Totales	Ponderación
Defectuoso desde el proveedor	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2,8
Almacenaje inadecuado	0	3	0	0	3	0	0	0	0	3	8,3
Diseño de máquina	0	0	2	0	0	0	0	0	2	4	11,1
Inadecuada manipulación	0	3	2	2	0	2	1	0	1	9	25,0
Falta de entrenamiento	0	0	0	0	3	0	0	0	1	4	11,1
Estado de ánimo de la persona	0	0	0	0	1	1	1	1	2	5	13,9
Presión laboral	0	0	0	0	1	1	1	1	0	4	11,1
Inadecuado procedimiento	0	0	0	0	3	1	0	1	0	5	13,9
El documento no indica cantidades a manipular.	0	0	0	0	2	0	0	1	2	5	13,9
Total										36	100

Nota: Autora Alma Sánchez Leiva (2018)

Se muestra en la Figura 31 el diagrama de Ishikawa del defecto por globo arrugado, este componente del catéter es el que cumple la función de dilatar la arteria para liberarla de la obstrucción que tiene, una de las partes más importante del catéter, es un sub ensamble el cual para su fabricación puede durar hasta cinco minutos en manufacturarse un globo, esto debido a su complejidad además de eso es set up puede durar hasta dos días para iniciar a producir un lote de globos para alimentar a la línea de producción.

Figura 31: Diagrama de Ishikawa de Globo Arrugado



Nota: Autora Alma Sánchez Leiva (2018)

La Figura 31 Presenta que la causa que más está generando este daño es por una mala manipulación lo cual esta causa sigue estando dominante en la estación de Rolling, ya observada en los defectos anteriores.

La causa de material débil o defectuoso desde el proveedor es descartada pues el material defectuoso es detectado desde el subensamble del globo por lo que no llega a la línea al ser contenido antes, la calibración de los equipos es descartada debido a que la fecha de caducidad es escaneada por control al sistema, el cual no permite el ingreso, además existen controles como la inspección del técnico de calidad, así como también la verificación de los operarios.

La temperatura de la máquina, así como también, los moldes inadecuados son descartados debido a que la temperatura de las máquinas cuenta con una serie de controles efectivos, los cuales son: el operario que realiza el set up, el verificador y el técnico de calidad, los moldes de las máquinas solamente son manipulados por el departamento de mantenimiento y solo se mueven cuando se los cambia.

Se descarta el fallo en la corriente eléctrica debido a que, por procedimiento los operarios cada vez que sucede esta situación por procedimiento se deben realizar una verificación del despeje de línea y verificar que todo se encuentra estable y listo para manufacturar.

Tabla 14: Diagrama de Priorización de Globo Arrugado

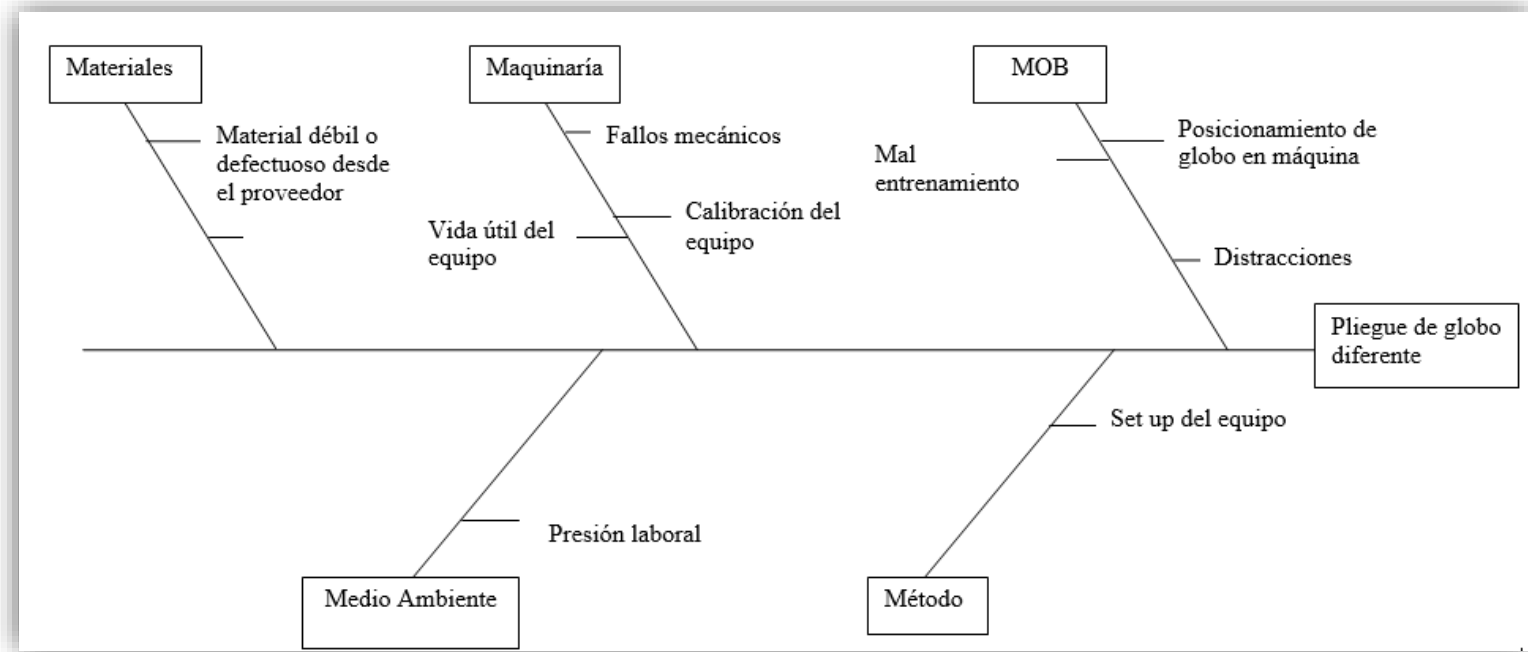
Criterio: Globo arrugado	Material débil o defectuoso desde el proveedor	Calibración de equipos	Temperatura de máquinas	Moldes inadecuados	Mala manipulación	Fallos en la corriente eléctrica	Set up inadecuado	Totales	Ponderación
Material débil o defectuoso desde el proveedor	0	0	0	1	0	0	1	2	11,8
Calibración de equipos	0	0	0	0	0	1	1	2	11,8
Temperatura de máquinas	0	0	0	0	0	1	1	2	11,8
Moldes inadecuados	0	0	1	0	0	0	1	2	11,8
Mala manipulación	0	0	0	3	0	0	2	5	29,4
Fallos en la corriente eléctrica	0	0	1	0	0	0	0	1	5,9
Set up inadecuado	0	1	0	1	0	1	0	3	17,6
Total								17	100,0

Nota: Autora Alma Sánchez Leiva (2018)

Mediante la Figura 32 muestra el defecto pliegue de globo diferente el cual se ha manifestado únicamente en el turno A, se realiza el análisis debido a que en el Pareto de la Tabla 8 está entre el 80%, sin embargo según el desglose de los cálculos no es un defecto que haya causado mayor impacto en la estación.

Este defecto se considera cuando los pliegues son diferentes o no van en una misma dirección, este es semejante a los dobleces de una sombrilla en donde los pliegues deben de cumplir con esta indicación, cuando se da lo contrario por procedimiento es considerado como defecto.

Figura 32: Diagrama de Ishikawa de Pliegue de Globo Diferente



Nota: Autora Alma Sánchez Leiva (2018)

La Tabla 15 muestra la ponderación de cada una de las opciones que generen el defecto, como anteriormente se ha mencionado el defecto por pliegue de globo diferente representa el 12% como se muestra en la Tabla 8 del Pareto del turno de la mañana, las causas que mayor influencia tienen en el proceso para que se genere este defecto es la calibración con un 17.5% y set up del equipo 19%, lo que demuestra que hay una mejor ejecución en el turno B.

En general las demás opciones presentan un porcentaje que no es representativa además de que existen controles para ellos, estos ya mencionados anteriormente, sin embargo, existe la oportunidad de mejora para el turno A, el cual es el que está causando el desperdicio mencionado.

Tabla 15: Diagrama de priorización Pliegue de globo diferente

Criterio: Pliegues de Globo diferentes	Material débil o defectuoso desde el proveedor	Vida útil del equipo	Calibración del equipo	Fallos mecánicos	Mal entrenamiento	Posicionamiento de globo en máquina	Set up del equipo	Presión laboral	Totales	Ponderación
Material débil o defectuoso desde el proveedor	0	0	1	0	0	2	1	1	5	7,9
Vida útil del equipo	0	0	3	3	0	0	2	0	8	12,7
Calibración del equipo	0	3	0	3	2	0	3	0	11	17,5
Fallos mecánicos	0	3	2	0	0	0	2	0	7	11,1
Mal entrenamiento	0	0	1	1	0	0	2	0	4	6,3
Posicionamiento de globo en maquina	1	0	1	0	3	0	2	1	8	12,7
Set up del equipo	0	2	2	3	3	2	0	0	12	19,0
Presión laboral	0	0	0	0	3	2	3	0	8	12,7
Total									63	100,0

Nota: Autora Alma Sánchez Leiva (2018)

Después de la selección de las causas más potenciales que generan más scrap en la estación y las cuales son las responsables de la pérdida del porcentaje del yield, se prioriza cada una de ellas para conocer la causa que más contribuye al problema lo cual es importante para la toma de soluciones en el trabajo de investigación.

Como muestra la Tabla 16 el defecto prioritario sigue siendo daño en la punta por mala manipulación, seguidamente por la inserción inadecuada de cable de soporte que también provoca el mismo defecto del daño de la punta al igual que por el cable de soporte doblado, estas causas son las que han estado presentes en los Pareto de ambos turnos y corresponden al defecto de enfoque.

Los defectos como, despeje de línea, buenas prácticas de manufactura y daño en el tubo mayor por mala manipulación se encuentra en un mismo nivel sin embargo eso no le quita importancia pues el factor de mala manipulación se encuentra presente.

En último lugar está el defecto de globo arrugado nuevamente por una mala manipulación por parte de Rolling, es por ello que se debe analizar una propuesta para solucionar este factor que está afectando el proceso productivo de la estación.

Tabla 16: Priorización de Causas

	Cable de soporte doblado	Mala manipulación (daño por punta)	Inserción inadecuada de cable de soporte	Despeje de línea	Buenas prácticas de Manufactura	Mala manipulación (daño en tubo mayor)	Mala Manipulación (Globo arrugado)	Total	Ponderación
Cable de soporte doblado		1	2	1	0	0	1	5	16,13
Mala manipulación (daño por punta)	3		3	0	0	0	3	9	29,03
Inserción inadecuada de cable de soporte	3	2		0	0	0	1	6	19,35
Despeje de línea	0	1	0		2	0	0	3	9,68
Buenas prácticas de Manufactura	0	0	0	3		0	0	3	9,68
Mala manipulación (daño en tubo mayor)	1	0	2	0	0		0	3	9,68
Mala Manipulación (Globo arrugado)	2	0	0		0	0		2	6,45
Total								31	100,00

Nota: Autora Alma Sánchez Leiva (2018)

La Tabla 17 muestra de manera resumida la ponderación de las causas, y el porcentaje de priorización de cada una de ellas, mediante esta herramienta se eligieron las causas más importantes para al final dar una prioridad, basados en el criterio de expertos de los operarios además y en conjunto con ellos fueron asignados los valores, tomando en cuenta procedimientos y estándares de calidad de la industria médica con que la empresa está comprometida.

Tabla 17: Ponderación de Causas

Criterios	Ponderación
Cable de soporte doblado	16,13%
Mala manipulación (daño por punta)	29,03%
Inserción inadecuada de cable de soporte	19,35%
Despeje de línea	9,68%
Buenas prácticas de Manufactura	9,68%
Mala manipulación (daño en tubo mayor)	9,68%
Mala Manipulación (Globo arrugado)	6,45%
Total	100,00%

Nota: Autora Alma Sánchez Leiva (2018)

La Tabla 18 muestra las principales causas que generan el defecto por punta defectuosa el cual representa el 48% de los defectos en la estación.

Tabla 18: Causas Principales

Causa Principales	
Mala manipulación (daño por punta)	29,03%
Inserción inadecuada de cable de soporte	19,35%
Total	48,38%

Nota: Autora Alma Sánchez Leiva (2018)

Magnitud del Problema

Actualmente en el proceso productivo de Rolling existe mucha variación de defectos de los cuales unos tienen mayor peso que otros, sin embargo mediante el análisis que se realizó en este trabajo de investigación se identificaron los defectos que más scrap generan en la estación, así como las causas principales.

El defecto que predomina en el área de estudio es por punta defectuosa, la cual mediante la data ya presentada es generada por una mala manipulación de las unidades en proceso, es importante mencionar que este defecto de la punta defectuosa provoca el desecho del dispositivo completo, además de ello también están presentes los otros defectos que son generadores de scrap.

La Tabla 19 muestra las unidades perdidas que se generaron durante el año 2018 por los defectos que mayor impacto tienen en la estación Rolling, y como se puede observar el scrap por el daño de punta es mayor a los demás, al dar un total de 5,630 unidades desechadas en la estación por defectos.

Tabla 19: Unidades perdidas por defectos

Unidades perdidas por defectos 2018			
Turno	A	B	Total
Scrap por daño de Punta	1290	1056	2346,0
Scrap por daño en tubo mayor	782	430	1212,0
Scrap por Globo Arrugado	665	430	1095,0
Scrap por pliegue diferente en globo	469	–	469,0
Scrap por contaminación de partículas	–	508	508,0
	3206	2424	
Gran Total			5630,0

Nota: Autora Alma Sánchez Leiva (2018)

Para las empresas poder controlar el desperdicio es un objetivo constante y para MediCare Plus siempre es de suma importancia que el porcentaje de pérdida del volumen no se salga de control, sin embargo, actualmente este defecto está generando un alto costo.

Los componentes que conforman el dispositivo tienen un costo diferente, dicho costo es a cuánto le cuesta a la empresa comprar al proveedor los cuales se presentan a continuación:

Tabla 20: Costo por componentes AREX51

Componentes	Descripcion	Costo
Saxxx	Tubo Menor	\$ 0.16
Saxxx	Tubo Mayor	\$ 0.53
Saxxx	Globo	\$ 0.55
PPLxxx	Caja	\$ 0.20
PKxxx	Rollo Protec	\$ 0.22
MCxxx	Accesorio 1	\$ 0.38
PKxxx	Etiqueta 1	\$ 0.09
PPLxxx	Instructivo	\$ 0.36
MCxxx	Adaptador	\$ 0.97
RMxxx	Marcas	\$ 0.93
PKxxx	Bolsa Empaque	\$ 0.35
Saxxx	Funda	\$ 0.07
Saxxx	Punta	\$ 0.01
MCxxx	Accesorio 2	\$ 0.31
MCxxx	Accesorio 3	\$ 0.08
		\$ 5.22

Nota: Autora Alma Sánchez Leiva (2018)

La Tabla 20 muestra el costo por cada componente al dar un total de \$5.22 UDS lo cual este monto representa solamente el costo de una unidad ya ensamblada sin contemplar ningún otro costo.

La Tabla 21 muestra el desglose de los diferentes costos por unidad terminada, el costo por componente como ya se había mencionado es de \$5, 23 dólares, el costo de manufactura o costo estándar incluye todo lo relacionado a servicios eléctricos, máquina, mano de obra y áreas de soporte para la fabricación de la unidad, el costo de envío es un 20% al costo de la sumatoria del costo por componente y costo por manufactura, este costo abarca el almacenamiento y envío a los centros de distribución.

Es importante mencionar que el costo de venta al cliente (hospitales y clínicas) solo es desconocimiento divisional la planta de Medicare Plus Costa Rica no maneja esta información, por lo que un aproximado a este costo puede variar entre \$550 a \$600 dólares.

Tabla 21: Costos por unidad terminada

Costos por unidad terminada	
Costo por componentes	\$ 5,22
Costo por manufactura o estándar	\$ 40,00
Costo de envío 40%	\$ 21,23
Total	\$ 66,45

Nota: Autora Alma Sánchez Leiva (2018)

Tabla 22: Cantidad de Daño por Punta Defectuosa Turno A

Turno A				
Meses 2018	Volumen del mes	Scrap del mes	Rolling	Daño por punta defectuosa
Enero	40236	9898	434	114
Febrero	37497	3835	420	111
Marzo	36531	3494	423	136
Abril	35677	3373	383	132
Mayo	42473	4062	555	172
Junio	38064	4136	468	190
Julio	35313	2382	194	77
Agosto	40253	3079	353	126
Septiembre	36508	3015	337	95
Octubre	35499	2854	351	94
Noviembre	12944	1185	158	43
Total	390995	41313	4076	1290

Nota: Autora Alma Sánchez Leiva (2018)

La Tabla 22: Cantidad de Daño por Punta Defectuosa muestra el volumen de unidades producidas en los 11 meses del año 2018, en donde se desglosa las cantidades de scrap por los diferentes defectos, al filtrar el defecto por punta defectuosa, el cual fue de 1,290 unidades desechadas por el defecto mencionado.

Esta cantidad representa un costo que la empresa dejó de percibir por componentes turno de la mañana en esos meses, al realizar el cálculo de pérdida en dólares sería el siguiente:

$$\text{Costo de perdida anual} = 1269 \text{ unidades} \times \$5.22 = \$6,733.8 \text{ dolares}$$

Por otra parte, los datos de turno B muestra que por este defecto en el año desechó 1030 unidades, lo cual esto representa un costo diferente debido a la diferencia de horas que laboran ya explicadas anteriormente, el cálculo para ello es el siguiente:

$$\text{Costo de pérdida anual} = 1056 \text{ unidades} \times \$5.22 = \$5512.32 \text{ dolares}$$

Tabla 23: Cantidad de Daño por Punta Defectuosa Turno B

TB				
Meses	Volumen del mes	Scrap del mes	Rolling	Daño por punta defectuosa
1	40236	8203	210	49
2	37497	2907	193	63
3	36531	3141	359	84
4	35677	2985	316	117
5	42473	3245	381	107
6	38064	3233	423	183
7	35313	1796	180	86
8	40253	2327	272	104
9	36508	2737	351	154
10	35499	1922	213	77
11	12944	674	57	32
Total	390995	33170	2955	1056

Nota: Autora Alma Sánchez Leiva (2018)

Mediante la Tabla 22 y Tabla 23 se muestra el desglose de las cantidades de unidades que se desecharon por el defecto de daño por punta defectuosa en ambos turnos, los cálculos fueron realizados solo en este defecto ya que es el defecto de enfoque.

Justificación de la Magnitud

Durante el 2018 los datos demostraron que en la estación de Rolling es una de las que más scrap género, esto genera un impacto en los costos de producción los cuales justifican la magnitud del trabajo de investigación.

Mediante la Tabla 24 se puede mostrar la pérdida en dólares por componentes debido al scrap que se generó en el 2018, el desglose muestra el aporte de cada defecto, el daño por punta defectuosa al generar un costo de \$12, 246, 12 de dólares que la empresa pierde únicamente por este defecto.

A continuación, se presenta el desglose de cada rubro perdido por defecto que se dio en el 2018:

Tabla 24: Costos Perdidos por Componentes

Costo por componentes				\$5,22 por unidad
Turno	A	B	Total	
Scrap por daño de Punta	1290	1056	2346,0	\$ 12.246,12
Scrap por daño en tubo mayor	782	430	1212,0	\$ 6.326,64
Scrap por Globo Arrugado	665	430	1095,0	\$ 5.715,90
Scrap por pliegue diferente en globo	469	-	469,0	\$ 2.448,18
Scrap por contaminación de partículas	-	508	508,0	\$ 2.651,76
	3206	2424		\$ 29.388,60
Gran Total			5630,0	

Nota: Autora Alma Sánchez Leiva (2018)

El costo de manufactura que es generado únicamente por el defecto por punta defectuosa durante el 2018 fue por \$93, 840 dólares, los demás defectos también aportan gran cantidad de dólares perdidos.

Tabla 25 Costo de Manufactura o Stándard

Costo de Manufactura				\$40, 00 por unidad
Turno	A	B	Total	
Scrap por daño de Punta	1290	1056	2346,0	\$ 93.840,00
Scrap por daño en tubo mayor	782	430	1212,0	\$ 48.480,00
Scrap por Globo Arrugado	665	430	1095,0	\$ 43.800,00
Scrap por pliegue diferente en globo	469	-	469,0	\$ 18.760,00
Scrap por contaminación de partículas	-	508	508,0	\$ 20.320,00
	3206	2424		\$ 225.200,00
Gran Total			5630,0	

Nota: Autora Alma Sánchez Leiva (2018)

El costo de envío es un 20% asignado al costo de manufactura lo cual esta tiene un costo de \$21,23 dólares por unidad, y como se muestra en la Tabla 26 por el defecto de daño por punta defectuosa, este porcentaje es asignado por el departamento de Finanzas el cual es el que contempla todos los costos representativos para fijar el porcentaje, por términos de confidencialidad no se brinda es desglose de este porcentaje.

Tabla 26: Costo de envío

Costo de Envío				20% por unidad (21,23)
Turno	A	B	Total	
Scrap por daño de Punta	1290	1056	2346,0	\$ 49.805,58
Scrap por daño en tubo mayor	782	430	1212,0	\$ 25.730,76
Scrap por Globo Arrugado	665	430	1095,0	\$ 23.246,85
Scrap por pliegue diferente en globo	469	-	469,0	\$ 9.956,87
Scrap por contaminación de partículas	-	508	508,0	\$ 10.784,84
	3206	2424		\$ 119.524,90
Gran Total			5630,0	

Nota: Autora Alma Sánchez Leiva (2018)

La Tabla 27 representa la sumatoria del costo de los componente, costo de manufactura y costo de envío, los cuales suman \$66,44 dólares por unidad, monto que al realizar el cálculo con las cantidades desechadas por los defectos brindan el costo total que la empresa perdió en el año 2018, al dar como resultado para el defecto de daño por punta defectuosa una pérdida de \$155,891.70 al generar el costo más alto en comparación con los demás defectos.

Tabla 27: Costo Total

Costos Totales				\$66,45 por unidad
Turno	A	B	Total	
Scrap por daño de Punta	1290	1056	2346,0	\$ 155.891,70
Scrap por daño en tubo mayor	782	430	1212,0	\$ 80.537,40
Scrap por Globo Arrugado	665	430	1095,0	\$ 72.762,75
Scrap por pliegue diferente en globo	469	-	469,0	\$ 31.165,05
Scrap por contaminación de partículas	-	508	508,0	\$ 33.756,60
	3206	2424		\$ 374.113,50
Gran Total			5630,0	

Nota: Autora Alma Sánchez Leiva (2018)

El costo de pérdida de venta o el costo que la empresa dejó de percibir en el año 2018 está representado en la Tabla 28, como anteriormente ya se había explicado este dato es un aproximado (\$600 dólares), y debido a que la compañía no tiene acceso a ese dato ya que una vez que los lotes salen de la empresa, división se encarga del marketing y la distribución al cliente final.

La cantidad que la empresa pierde por el daño de punta fue muy significativa, al dar como resultado una pérdida de \$1, 407.600 dólares por el defecto en estudio, al dar como resultado un total de \$3, 378,000 dólares contemplando todos los defectos en la estación de Rolling.

Tabla 28: Costo de Pérdida de Venta

Pérdida de unidades sin vender al cliente final				\$600 por unidad
Turno	A	B	Total	
Scrap por daño de Punta	1290	1056	2346,0	\$ 1.407.600,00
Scrap por daño en tubo mayor	782	430	1212,0	\$ 727.200,00
Scrap por Globo Arrugado	665	430	1095,0	\$ 657.000,00
Scrap por pliegue diferente en globo	469	-	469,0	\$ 281.400,00
Scrap por contaminación de partículas	-	508	508,0	\$ 304.800,00
	3206	2424		\$ 3.378.000,00
Gran Total			5630,0	

Nota: Autora Alma Sánchez Leiva (2018)

CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

Mediante el análisis realizado y los resultados obtenidos se concluye lo siguiente:

La estación Rolling es la tercera estación que más scrap produce en la línea, siendo el defecto que más impacta daño por punta defectuosa, el cual es el defecto que más impacta la estación, tanto como en ambos turnos demostrados en el análisis de los Paretos el cual constituye el 80%.

Es importante mencionar que de los cuatro defectos que se analizaron el que mayor peso tiene es el de daño en punta del catéter por mala manipulación, sin embargo, los otros defectos también son causados por esta misma razón, al ejecutar el proceso con una mala manipulación provoca una serie de causas que generan los defectos.

Los procedimientos son claros sin embargo no se están siguiendo como debe de ser, lo cual indica que el personal de apoyo de la línea, supervisor y líder no tienen un control de los diferentes comportamientos de los operarios.

La empresa cuenta con un plan de entrenamiento para las personas de nuevo ingreso, sin embargo, una vez que el operario termina no se le brinda un seguimiento adecuado del desempeño de las tareas de la operación y no se contempla la curva de aprendizaje, por lo que esto provoca la adopción de malas prácticas por cumplir el UPH asignado, como la inserción inadecuada del cable de soporte siendo la causa principal que provoca el daño en las puntas de dispositivo.

Recomendaciones

Se recomienda el ingreso de una inspección en el documento para la verificación después de la inserción del cable de soporte, ya que la inspección del proceso el documento lo solicita hasta el final del ciclo, mediante una herramienta de ayuda visual.

Programar un espacio en las presentaciones que se brindan todas las semanas a la línea, esto para reforzar los procedimientos con los operarios de la estación, y crear conciencia de ello.

El aprovechamiento de la máquina enderezadora de cables de soporte con que la empresa cuenta, la cual ayudará a la reutilización, al aseguramiento de la integridad de los cables de soporte, así como también el ahorro de costos.

Incluir en el método de entrenamiento actual, el monitoreo de la curva de aprendizaje después de haber concluido con el entrenamiento, y reforzar criterios así como evaluación de técnica.

CAPÍTULO VI PROPUESTA

Propuesta

Nuevo control de Inspección

De acuerdo con los resultados obtenidos, en el diagnóstico de la empresa MediCare Plus el problema radica en la estación de Rolling, en donde el defecto que más impacta en la pérdida del yield es el daño de las puntas del dispositivo, que se genera por la mala manipulación del dispositivo.

Es por ello que se sugiere el ingreso de un nuevo filtro de inspección en el documento, en el paso de la inserción del cable de soporte, con ayuda de una herramienta que permita una ayuda visual al operario al realizar esta operación, la herramienta es adaptable a la estación por lo que no será necesario realizar ningún cambio en la distribución de la estación.

Se propone el establecimiento de tiempo en la agenda de las presentaciones semanales de calidad para aprovechar el espacio y reforzar procedimientos y actividades que no se deben hacer.

Finalmente se propone utilizar la máquina enderezadora de cables de soporte con que la empresa cuenta actualmente, la línea no la utiliza, por lo que es un recurso que se puede aprovechar debido a los excelentes resultados que se pueden obtener en la línea, así como también se reducirían los costos por el usaje de los mismos.

Nuevo paso de Inspección


En la actualidad el proceso general de la estación se encuentra diseñado de manera que la inspección de la unidad se realiza hasta el paso número 4 como se muestra en la Figura 33, por lo que no se puede saber si la unidad presenta el defecto por daño en la punta, esto solo hasta el final del proceso.

Se propone el ingreso de una inspección adicional en el paso de preparación, específicamente en el punto 1.2 en donde se realiza la inserción del cable de soporte en la punta del dispositivo, esta inspección se realizará con una herramienta de ayuda visual la cual acompañará esta propuesta, para ello se deberá invertir en la compra de la misma.



A continuación, se presenta el actual procedimiento de la estación de Rolling en donde indica los procesos generales de la estación.

Figura 33: Procedimiento Actual de Rolling



1 Preparación

- 1.1 Tomar unidad en proceso
- 1.2 Inserte cable de soporte en el catéter por el extremo de la punta. 
- 1.3 Colocar llave de paso en adaptador.

2 Operar Máquina

- 2.1 Colocar unidad en máquina de Rolling. 
- 2.2 Iniciar proceso de Rolling, y esperar a que termine el ciclo.
- 2.3 Retirar unidad de máquina.
- 2.4 Colocar unidad en herramienta de soporte. 

3 Inspección de catéter

- 3.1 Inspeccionar unidad de manera visual todo el catéter en busca de defectos y contaminación. 
- 3.2 Rechace si el dispositivo presenta daños por manipulación.
- 3.3 Retirar cable de soporte. 

Cable de soporte



Máquina de Rolling




Transportador de catéter



Microscopio

4 Transporte de unidades

- 4.1 Colocar unidad en el soporte transportador. 
- 4.2 Transportar unidades a la siguiente estación.






DOCUMENTO CONFIDENCIAL MEDICARE PLUS

MediCare Plus

Estación de Rolling

K.K00001
Rev AG
Página 2 de 1

	Personal Adicional Requerido
1 	<ul style="list-style-type: none">• Inspector de calidad
2 	<ul style="list-style-type: none">• Operarios

Criterio de Rechazo de Puntas



Nota: MediCare Plus (2018)

La herramienta propuesta consiste en una lupa con luces led como se presenta en la Figura 34, la cual está sobre un brazo metálico flexible el cual es adaptable a la estación exactamente en donde se insertan los cables de soporte en las unidades, lo cual no va a implicar modificar la estación, esta herramienta se puede ajustar de acuerdo con la comodidad de los operarios.

Mediante el uso de esta herramienta los operarios podrán darle una manipulación más consciente en el proceso de inserción de los cables guías, debido a la magnificación visual que la herramienta brinda iluminación, ya que la herramienta emite luz LED lo cual contribuye a una manipulación más exacta sin poner en riesgo la calidad e integridad de la unidad.

Figura 34: Lupa de ayuda visual



Nota: McMaster (2019)

El procedimiento con la propuesta se puede observar en la Figura 35 en donde se agrega en la página 1, paso 1 Preparación 1.1, se indica inspeccionar la punta mediante la herramienta que acompaña la nueva instrucción, con la cual se evitará el daño que lo convierte en defecto lo que genera el desecho de la unidad, así mismo todo se referencia mediante caracteres para guiar al operario de una manera clara y acertado.

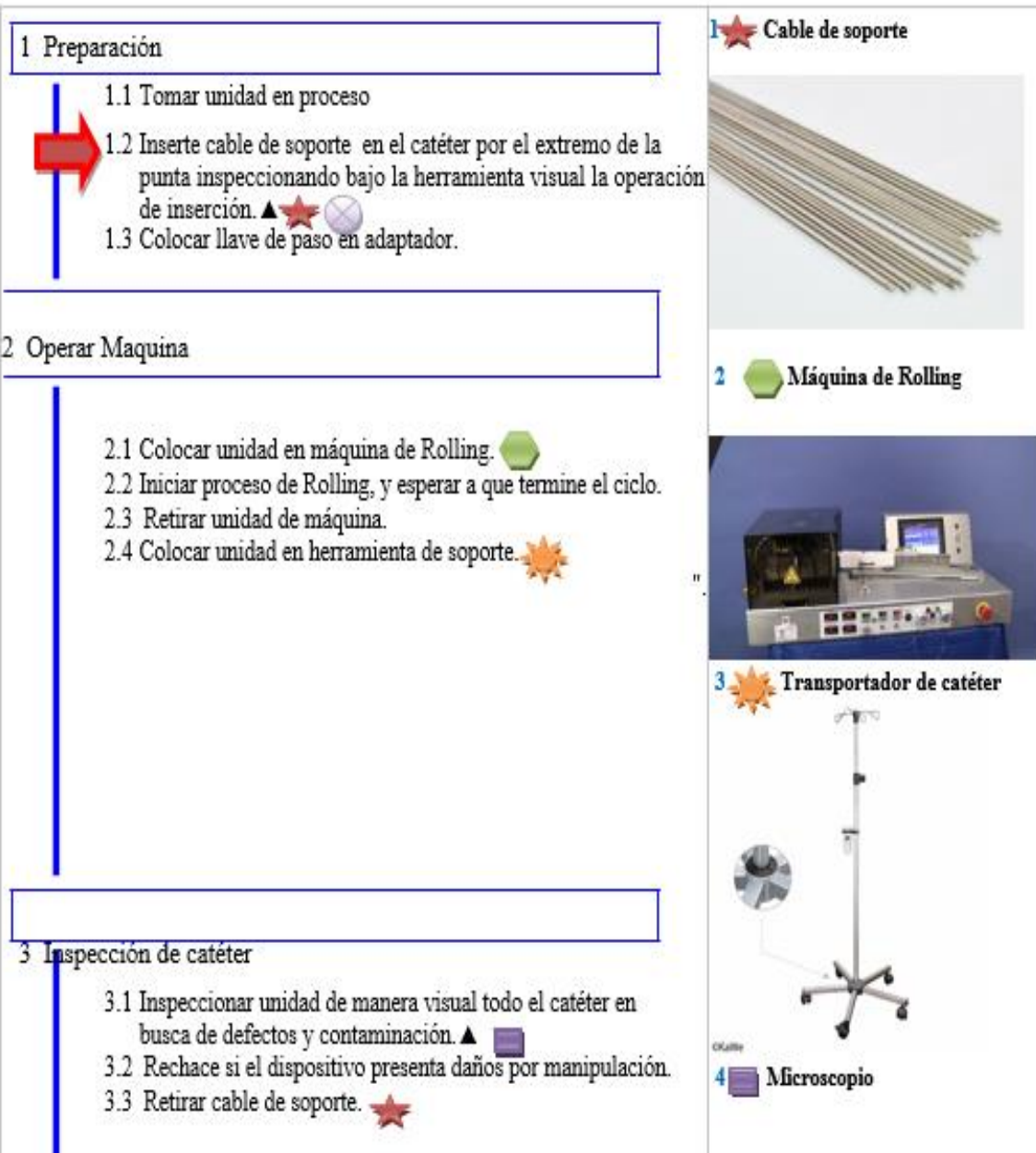
En la página 2 del procedimiento, se agrega la herramienta de ayuda visual, así como también la ampliación y mejoramiento de criterios de pasa o falla de la punta del catéter, lo cual ayuda a reforzar los conocimientos y la toma de decisiones en el proceso, esto evitará a que se desechen unidades por dudas de aceptación o rechazo mediante la amplitud del criterio citado por nota.

El procedimiento es amigable y entendible para los operarios, esta referencia los pasos del proceso, con los requerimientos que se necesitan, así como también herramientas, equipos e indicaciones de criterios que conforman el proceso productivo.


Con esta propuesta la manipulación inadecuada de las puntas del producto se podrá disminuir, debido al nuevo control de inspección agregado en el documento el cual será efectivo al ser un requerimiento del procedimiento, los operarios deberán de cumplir y realizar los nuevos pasos agregados.

Anteriormente en la Figura 33 el procedimiento actual tiene únicamente un control de inspección casi en el final del procedimiento, lo cual la unidad debe de esperar pasar por la mayoría del proceso, a diferencia de la nueva propuesta como se muestra en la Figura 35, al proponer un nuevo control de inspección en el inicio la unidad que contenga el daño se desechará de inmediato lo cual evitará que la unidad pase por el proceso restante.

Figura 35: Procedimiento Propuesto.



4 Transporte de unidades

4.1 Colocar unidad en el soporte transportador. 

4.2 Transportar unidades a la siguiente estación.



DOCUMENTO CONFIDENCIAL MEDICARE PLUS




Estación de Rolling

K.K000001
Rev AG
Página 2 de 1

😊 Personal Adicional Requerido	
1 ⭐	• Inspector de calidad
2 ⭐	• Operarios





|  5  Lupa de ayuda visual

▲ Notas

 • Acepte las puntas si no presentan ningún daño como la figura 1.

• Rechace si las puntas se presenten deformadas, arrugadas o estiradas como muestra la figura 2, 3 y 4.

Criterio de Aceptación y Rechazo de Puntas

			
1. Punta aceptada	2. Punta Rechazada	3. Punta Rechazada	4. Punta Rechazada



Nota: Autora Alma Sánchez Leiva (2018)

Refrescamientos Semanales

Debido a que las malas prácticas de manipulación están relacionadas directamente al factor cultural, se propone impartir refrescamientos semanales con los cuales se establezca una interacción más directa con los operarios, en donde mediante las presentaciones se proyecte la importancia de la calidad del producto, mediante imágenes comparativas, esto ayudara a que la información se logre transmitir y dar a entender.

Además de eso, la información recolectada semanalmente también involucra al departamento de quejas, el cual enviará la información de las quejas que se presentan del mercado, esta información también será agregada a las presentaciones para crear conciencia en las personas de los eventos e implicaciones que ocurren en la vida del paciente y el impacto que genera la mala manipulación.

La información de la presentación Poniendo Corazón es una iniciativa que estoy proponiendo que consiste en fusionar la información de los eventos sucedidos en el mercado con lo que sucede en la línea de producción.

Debido a que actualmente la información que se brinda son los eventos de quejas que ya han sucedido en el mercado, la iniciativa propuesta está diseñada para que los operarios vean el impacto que pueden llegar a generar los actos o malos comportamientos hechos durante el proceso productivo, los eventos de incumplimiento que se logren capturar en la semana, deberán ser registrados para ser presentados a los operarios, esta iniciativa estará dividida en diferentes puntos de enfoque.

1. Introducción. En esta primera parte se explica en Figura 36 la importancia del programa "Poniendo Corazón" y se explicara la finalidad.

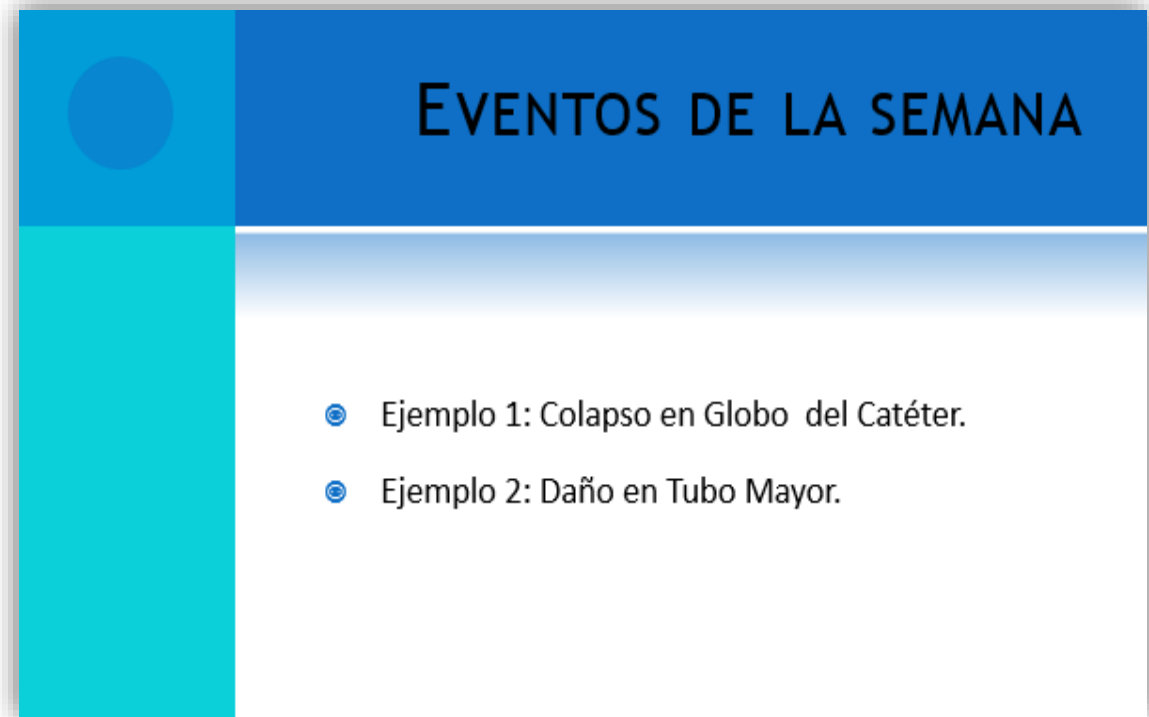
Figura 36: Introducción al programa.



Nota: Autora Alma Sánchez (2018)

2. Presentación de los eventos. Mediante la Figura 37 se presentan los eventos que se presentaron en el mercado y en la línea de producción la semana anterior a la de la presentación, en la Tabla 38 la iniciativa inicia el 4 de junio del 2019, por lo que la información presentada deberá de haber sido recolectada la semana del 27 al 31 de mayo del 2019, en este paso es en donde se explican los eventos sucedidos en el mercado y en la línea de producción.

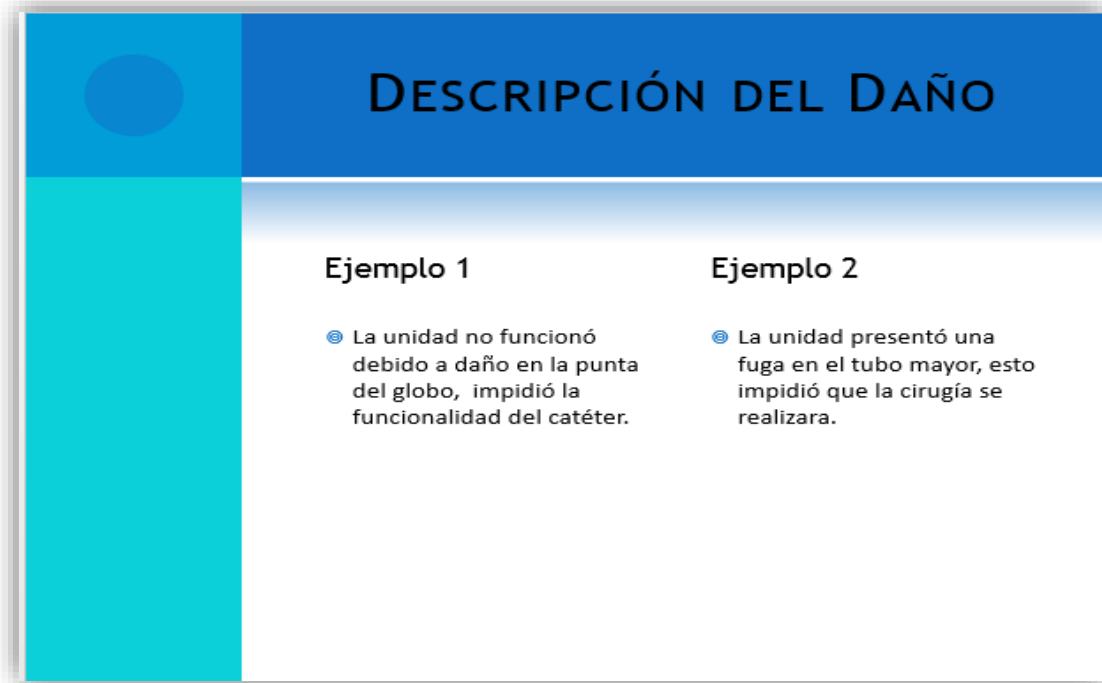
Figura 37: Presentación de los eventos.



Nota: Autora Alma Sánchez Leiva (2018)

3. Descripción del daño. Como se muestra en la Figura 38 se genera una explicación del daño, y del por qué, el funcionamiento de la unidad no se llevó a cabo, en donde los operarios van a poder ver el impacto que proyecta un evento por el daño o defecto de la unidad, en donde se irán creando vínculos e involucrando con el negocio.

Figura 38: Descripción del daño.



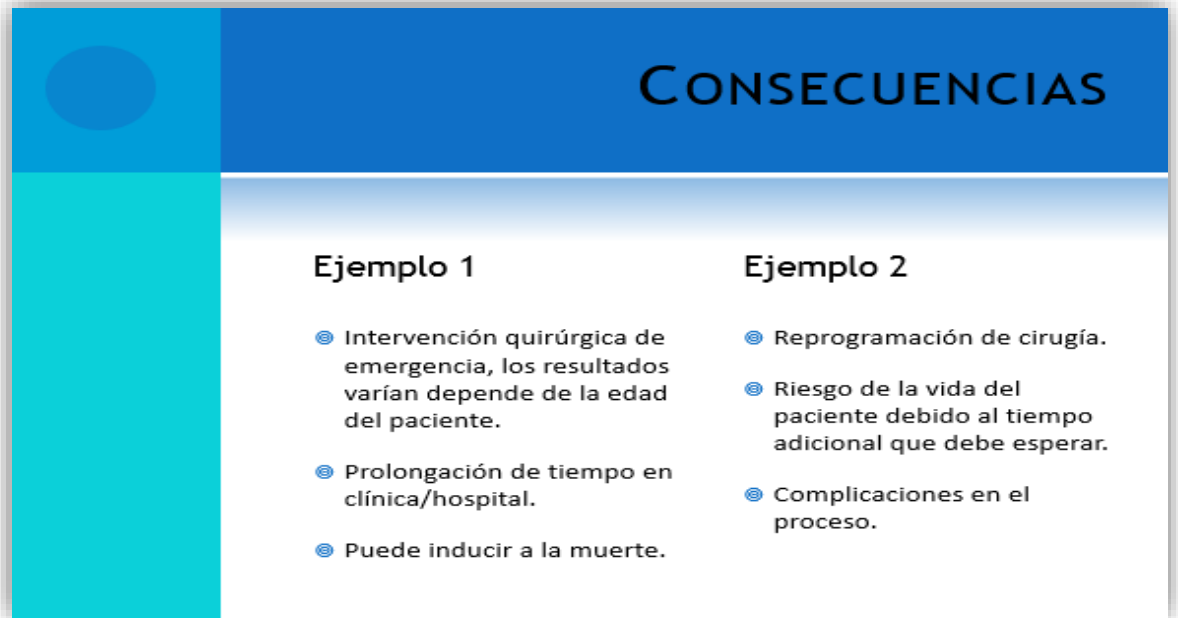
El diagrama muestra un recuadro con un encabezado azul que dice "DESCRIPCIÓN DEL DAÑO". A la izquierda hay una barra vertical de color cian. El contenido principal está dividido en dos columnas: "Ejemplo 1" y "Ejemplo 2".

Ejemplo 1	Ejemplo 2
● La unidad no funcionó debido a daño en la punta del globo, impidió la funcionalidad del catéter.	● La unidad presentó una fuga en el tubo mayor, esto impidió que la cirugía se realizara.

Nota: Autora Alma Sánchez Leiva (2018)

4. Consecuencias. En la Figura 39 se explican las diferentes consecuencias que se pueden generar durante el proceso de cirugía, debido al defecto que llegue a presentar la unidad.

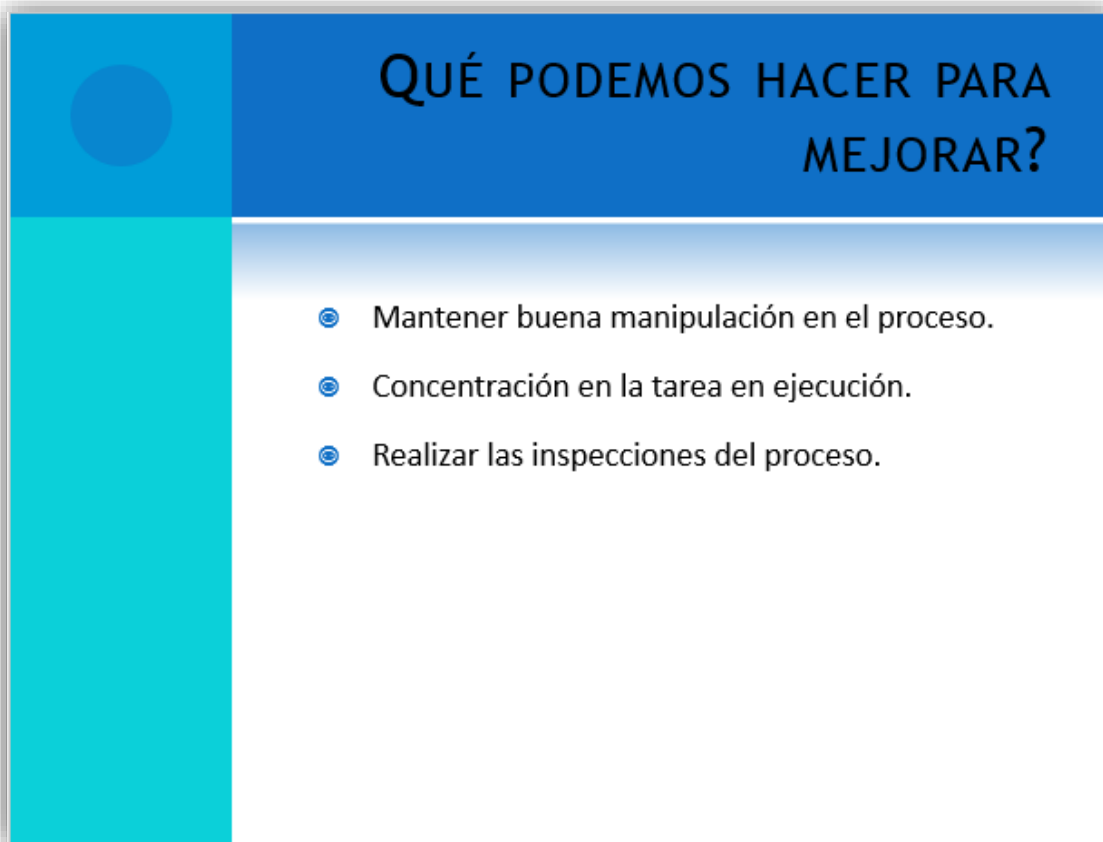
Figura 39: Consecuencias



Nota: Autora Alma Sánchez Leiva (2018)

5. Oportunidad de mejora, En este paso se mencionan los puntos por reforzar en relación con los eventos presentados, y se enfocará en los documentos que rige cada proceso al indicar la importancia de seguir paso a paso de los procedimientos, como por ejemplo como se muestra en la Figura 40.

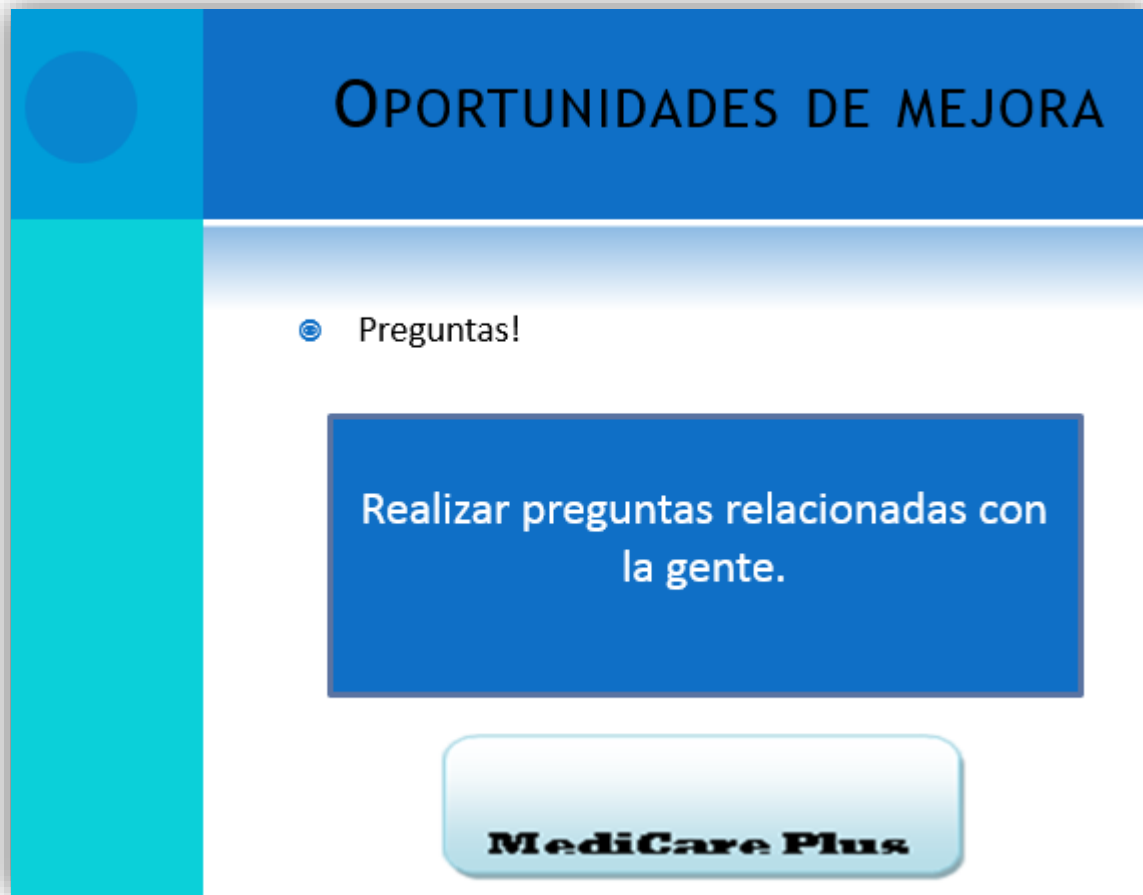
Figura 40: Recomendaciones de Mejora.



Nota: Autora Alma Sánchez Leiva (2018)

6. Oportunidad de mejora. El ejercicio termina con brindar el espacio para que los operarios brinden los diferentes criterios o ideas que ayuden a la mejora y contribuya a la eficiencia del yield de la línea, el ejemplo se muestra en la Figura 41

Figura 41: Oportunidades de Mejora.



Nota: Autora Alma Sánchez Leiva (2018)

La propuesta está diseñada para que sea impartida año a año durante todos los meses, y así poder compartir con los operarios y recibir la retroalimentación de los expertos en la estación, de acuerdo con el análisis realizado la estación de Rolling es uno de los contribuyentes más alto de scrap, por lo que al compartir este tipo de información los eventos son expuestos y por ende los involucrados conocerán el impacto generado.

Indicador de Efectividad de la Capacitación

Mediante el análisis de la recomendación mencionada, la cual establece monitorear la curva de aprendizaje del operario, una vez terminado el entrenamiento y certificación en la estación de trabajo en ambos turnos, para ello se propone la medición mediante el siguiente indicador:

- Indicador: medirá la cantidad o porcentaje de scrap del operador nuevo, que reporte en el sistema mediante el tiempo que ejecute y procese unidades en la estación.
- Calculo:
$$Valor = \frac{\text{Cantidad o porcentaje de scrap}}{\text{Tiempo}}$$
- Periodicidad:

Este indicador se calculará cada semana, para llevar un control más preciso del desempeño del operario.

- Responsable:

El responsable de esta acción será el departamento de entrenamiento.

- Fuente de información:

La información se sacará del sistema con que la empresa cuenta, el cual lleva un registro completo de las unidades buenas y malas que salen en cada lote producido, con este sistema se puede sacar un listado de estos datos por operario individualizado y por estación.

Mediante la aplicación de este indicador se podrá medir la curva de aprendizaje del operario por la cantidad de unidades que deseché en el proceso, durante los primeros meses en que se adapta al procedimiento de la estación.

Información para graficar el indicador: los valores que la tabla muestra son valores de ejemplo de la información de la información que será requerida para el análisis del indicador, en donde muestra cada estación, el mes de interés, el nombre del operario, la cantidad de scrap por estación de cada operario, seguidamente el porcentaje que estas cantidades representan en la pérdida del yield y la meta establecida.

Tabla 29: Ejemplo de Información de Medición de Indicador

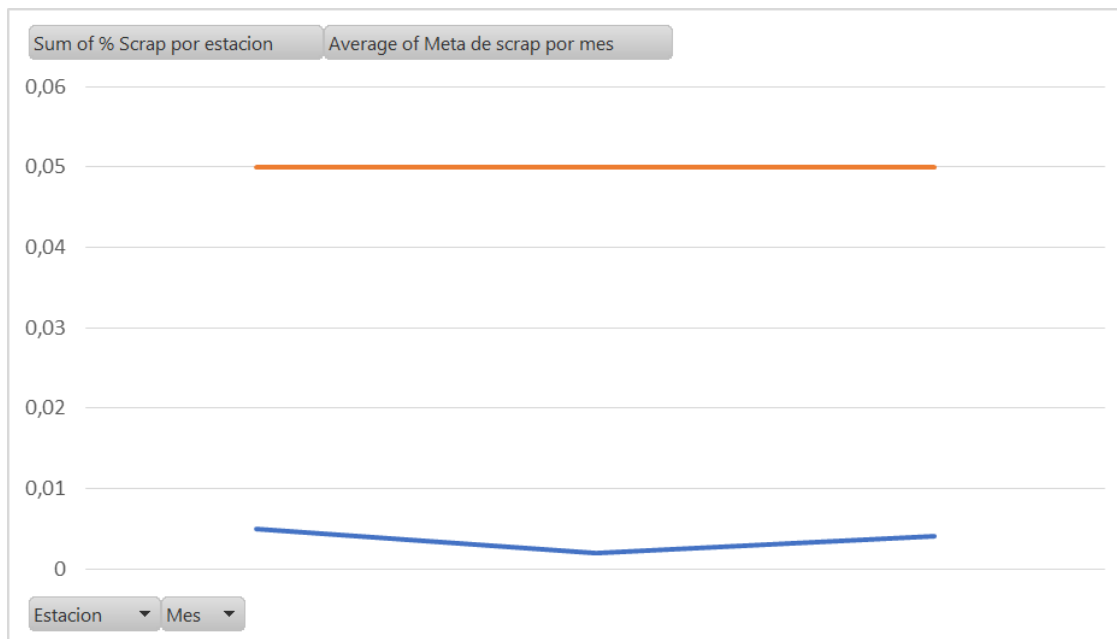
Estación	Mes	Volumen por estación	Operario	Scrap por estación	% Scrap por estación	Meta de scrap por mes
1	Enero	1000	Juan Chaves	5	0,50%	5%
2	Enero	1000	Juan Chaves	2	0,20%	5%
3	Enero	1000	Juan Chaves	4	0,40%	5%
4	Enero	1000	Juan Chaves	6	0,60%	5%
5	Enero	1000	Juan Chaves	8	0,80%	5%
6	Enero	1000	Juan Chaves	10	1,00%	5%
7	Enero	1000	Juan Chaves	12	1,20%	5%
8	Enero	1000	Juan Chaves	14	1,40%	5%
9	Enero	1000	Juan Chaves	16	1,60%	5%
10	Enero	1000	Juan Chaves	18	1,80%	5%
11	Enero	1000	Juan Chaves	20	2,00%	5%
12	Enero	1000	Juan Chaves	22	2,20%	5%
13	Enero	1000	Juan Chaves	24	2,40%	5%
14	Enero	1000	Juan Chaves	26	2,60%	5%
15	Enero	1000	Juan Chaves	28	2,80%	5%
16	Enero	1000	Juan Chaves	30	3,00%	5%
17	Enero	1000	Juan Chaves	32	3,20%	5%
18	Enero	1000	Juan Chaves	34	3,40%	5%
19	Enero	1000	Juan Chaves	36	3,60%	5%
20	Enero	1000	Juan Chaves	38	3,80%	5%
21	Enero	1000	Juan Chaves	40	4,00%	5%
22	Enero	1000	Juan Chaves	42	4,20%	5%

Nota: Autora Alma Sánchez Leiva (2018)

Seguidamente de la información se deberá graficar la información para evaluar visualmente la oscilación del desempeño de cada operario, la línea azul del grafico demostrará el desempeño del operario y la línea naranja el porcentaje permitido de la pérdida del yield.

A continuación, se muestra en la imagen Figura 42 el grafico del indicador que medirá la curva de aprendizaje mediante el comportamiento de la ejecución de tareas del operario.

Figura 42: Grafico de Medición del Indicador



Nota: Autora Alma Sánchez Leiva (2018)

Análisis Costo Beneficio

A continuación, se presenta el análisis económico donde se realiza la comparación de la inversión que se hizo y la pérdida económica que la empresa presentó en el año 2018, mediante lo cual se demostrará la rentabilidad de la propuesta.

En la **Error! Reference source not found.** se muestra la inversión de este trabajo de investigación se basa en la adquisición de una herramienta de ayuda visual, mediante la cual contribuye a mejorar la manipulación de las unidades específicamente las puntas del dispositivo, debido que al realizar la operación de inserción del cable guía se podrá ver el proceso en una magnificación más amplia lo cual ayuda a la precisión de inserción.

Tabla 30: Costo de Herramientas

Lupa con luz LED		
Costo por unidad	\$	197,74
Cantidad		2
Total de Inversión	\$	395,48

Nota: Autora Alma Sánchez Leiva (2018)

El costo de la adquisición de la herramienta sería de \$197,74 por unidad sin embargo se propone adquirir dos herramientas, esto debido a que se contempla un repuesto para asegurar que la herramienta siempre esté disponible en caso de un evento no planeado.

La empresa en el año 2018 generó una pérdida significativa por el defecto del daño por punta defectuosa la cual según el análisis demostrado en la Tabla 27, la pérdida fue de \$155,891.70 dólares resultado del scrap generado por daño de punta, se contempla los costos de la tabla ya mencionada ya que son costos más exactos, esto en comparación a la Tabla 28.

Tabla 31: Pérdida Vs Inversión de compra

Pérdida Vs Inversión de Compra		
Pérdida 2018	\$	155.891,70
Inversión de compra	\$	395,48
Diferencia	\$	155.496,22

Nota: Autora Alma Sánchez Leiva (2019)

La **Error! Reference source not found.** muestra que la diferencia de costos es muy significativa, en donde la inversión de compra es muy poca en comparación con la pérdida que se genera por el defecto de daño de punta en la estación de Rolling.

Las mediciones se realizarán mediante las métricas del yield que la empresa emplea día a día para verificar el comportamiento de cada estación de la línea AREX51.

Depreciación de Inversión

La depreciación de la herramienta está proyectada a tres años, el cálculo se realizó con base en una herramienta "Lupa Luz LED" y a la vida útil con la que cuenta, suministrada, según la información recolectada de la página principal del proveedor cuenta con una vida útil de 3

años, como muestra la Tabla 32 la depreciación contempla la adquisición de dos unidades de la herramienta propuesta en donde cada año se deprecia por un monto de \$131,79%.

Debido a que al tener una vida útil tan corta la depreciación será mayor, sin embargo, el aprovechamiento de la herramienta es mucho, pues será utilizada en ambos turnos de la línea AREX51 en la estación de Rolling.

➤ Fórmula Línea Recta:

$$\frac{\text{Costo del activo} - \text{valor de desecho}}{\text{vida útil}}$$

Tabla 32: Depreciación de Herramientas

	Depreciación de Herramienta		
Costo Inicial	Año 1	Año 2	Año 3
\$ 395,48	\$ 131,79	\$ 131,79	\$ 131,79

Nota: Alma Sánchez Leiva (2018)

En la adquisición de estas herramientas se contemplaron los costos que implica la inversión inicial de este trabajo de investigación, los gastos se proyectaron a tres años acorde con la vida útil, es importante señalar que todos los costos por salarios es un aproximado basado en la información generada por el Ministerio de Trabajo de Costa Rica, adicionalmente estos ya tienen contemplado el porcentaje del seguro personal de la Caja Costarricense Social de Costa Rica.

Se detallaron los gastos de la inversión inicial de la propuesta de este trabajo de investigación por un gasto total de \$21,005 dólares tomando en cuenta la compra de las herramientas, la mano de obra por instalación del equipo la cual se asigna una hora del técnico para realizar el trabajo, únicamente en el primer turno, la capacitación será brindada por el ingeniero de procesos en ambos turnos debido a que se deberán aclarar y estandarizar bien los criterios y dudas de los operarios, este tipo de cambios en el documento siempre se imparten por ingeniería, por reglamento de la empresa.

Las horas extras se toman en cuenta debido a que estas serán utilizadas para la capacitación del nuevo paso de inspección, y uso de la herramienta en el proceso para no impactar producción, se toma en cuenta el costo de energía por parte de la herramienta basados

en la tarifa de KWh (tarifa industrial T-IN) ₡106,68 de la Compañía Nacional de Fuerza y Luz de Costa Rica, así como también basados en los KWh que consume la herramienta.

La depreciación y la obsolescencia también fueron contempladas, esto porque una de las herramientas deberá estar almacenada para repuesto ya que por decisión de la compañía todos los equipos y herramientas deben de tener un repuesto en caso de algún fallo, reparación o calibración que implique interrumpir producción.

Tabla 33: Costos de Inversión Inicial

Costos de Inversión	
	Año 1
Compra de equipo	\$395, 48
Mano de obra	\$18
Capacitación	\$80
Salario de investigador	\$3.400
Costo de Validacion	\$17.207
Horas Extra operarios	\$20
Energía eléctrica	\$83
Depreciacion	\$66
Obsolescencia	\$132
Total	\$21.005

Nota: Autora Alma Sánchez Leiva (2018)

Adicionalmente en la Tabla 34 toma en cuenta el salario del líder de validación cual abarca el tiempo que dedicó para poner en marcha el nuevo cambio en el procedimiento, este proceso contempla una hora de producción en cada turno, equivalente a 230 unidades de validación que dejan de ser producto comercial, este es el costo más alto y equivale a \$15,284 dólares ver Tabla 21: Costos por unidad terminada Tabla 21. Costos por unidad terminada Tabla 20 en donde el precio de la unidad ya contempla todos los servicios.

En los costos de salarios de producción se contempla la mano de obra de los operarios, líderes y supervisores de ambos turnos, así como también el costo por salarios de técnicos de calidad los cuales inspeccionan el proceso y ejecutan las pruebas.

Tabla 34: Costos de validación

Costo de validación	
Líder de validación	\$1.600
Costo en 133 línea de producción	\$15.284
Costo salarios producción	\$280
Costo salarios Técnico calidad	\$43
Total	\$17.207

Nota: Autora Alma Sánchez Leiva (2018)

MediCare Plus tiene un riesgo de pérdida anual de \$155, 496. 22 dólares por defecto por punta defectuosa lo cual esto significa que se pierden 2,346 unidades como o muestra la Tabla 19, lo cual representa un 48,38% por este defecto que es generado por una mala manipulación e inserción de cable de soporte por parte de los operarios según muestra la Tabla 17.

Tabla 35: Riesgo de Pérdida Anual

Detalle	
Riesgo de Pérdida	\$155 496,7

Nota: Autora Alma Sánchez Leiva (2018)

Al haber analizado los diferentes costos que son necesarios para la inversión, así como también los costos de riesgo de pérdida anual la cual se puede observar en la Tabla 35, es necesario realizar el análisis de los problemas que se representaron en el Pareto, es importante donde se observa el inicio de la problemática de la empresa, para atacarlos y reducir el 80% que están representados.

A continuación, la proyección que se muestran demuestra que en el año dos, la empresa está recuperando el 99,82% de las pérdidas que está teniendo actualmente, con la propuesta planteada en el trabajo de investigación.

Tabla 36: Proyección de Mejora en la Estación Rolling

	Año 1	Año 2	Año 3
Pérdida	155.497	155.497	155.497
Inversión	21.005	280	280
Diferencia	86,49%	99,82%	99,82%

Nota: Autora Alma Sánchez Leiva (2018)

Beneficios del nuevo paso de Inspección

- Es importante mencionar que la nueva inspección no necesitará de tiempo adicional, debido a que la inspección se realiza en paralelo bajo la herramienta, inspeccionando la inserción de los cables de soporte.
- No requiere de una persona adicional, debido a que se les brindará el entrenamiento del cambio en el documento del nuevo paso a los operarios entrenados en la estación.
- Los operarios tendrán una mayor visibilidad en la ejecución de la inserción de cables guías, lo cual ayuda a crear conciencia en la manipulación de las unidades.
- La luz que emite la herramienta permite que los operarios hagan un esfuerzo menor de la vista.
- Se asegura el 100% del cumplimiento de la nueva inspección debido a que al estar en el documento será completamente obligatorio, al asegurar así la calidad del producto y la reducción de scrap por inserción inadecuada del cable guía en la unidad.
- La empresa creará una cultura de buenas prácticas de manufactura mediante los refrescamientos semanales, lo cual ayuda a los operarios a no cometer incumplimientos injustificados.
- La empresa podrá fabricar y comercializar más unidades de calidad, con la disminución de defectos en la estación de Rolling.
- Los costos del producto en el mercado serán más accesibles para la satisfacción de los clientes.

- La disminución del defecto por punta defectuosa contribuye directamente con una mayor estabilidad de las métricas del yiel, lo cual demostrará un proceso más eficiente.

Plan de Implementación

A continuación, se presenta el plan de implementación de la propuesta del trabajo de investigación, en la Tabla 37 se muestra la secuencia de la implementación de la nueva inspección en el proceso.

Tabla 37: Implementación de Inspección en Documento

Tarea	Actividad	Duración (min)	Desde	Hasta	06-may-19	07-may-19	27-may-19	28-may-19	29-may-19	30-may-19
A	Reunión con operaciones	30	10:00:00 a.m.	10:30:00 a.m.						
B	Realizar Cambio en el documento	120	05:50:00 a.m.	07:50:00 a.m.						
C	Enviar documento a firmas	2	07:50:00 a.m.	07:52:00 a.m.						
D	Brindar entrenamiento a operarios	30	10:00:00 a.m.	10:30:00 a.m.						
E	Monitorear cambio	120	10:00:00 a.m.	10:30:00 a.m.						
F	Solicitar Retroalimentación a los operarios.	60	10:00:00 a.m.	11:00:00 a.m.						
Total minutos		362								
Total horas		6,0								

Nota: Autora Alma Sánchez Leiva (2018)

Reunión con operaciones

En la reunión se describirá la importancia del nuevo paso de inspección que se agregó en el documento, la reunión la conformará los encargados de área: supervisor, líder, gerente de operaciones y gerente de calidad

Realizar cambio en el documento

En la realización del cambio del documento se ingresará la nueva inspección en el proceso, la cual indica la propuesta para la reducción del scrap en la estación Rollin

Mandar documento a firmas

El cambio en el documento se deberá enviar a firmas al personal de ingeniería, para que se realice la aceptación de este nuevo paso del proceso, esta actividad es la que más tiempo requiere pues cada aprobador deberá dedicarle tiempo para revisar los detalles ingresados.

Brindar entrenamiento a operarios

Al tener la aprobación del cambio en el procedimiento, se requiere reunir a los operarios para darles a conocer las nuevas modificaciones e incorporación del nuevo paso lo cual contribuirá al éxito del cambio.

Monitorear cambio

Brindar el seguimiento adecuado para verificar la ejecución del nuevo cambio, esto es importante para garantizar éxito del cambio.

Solicitar retroalimentación

La retroalimentación es necesaria para conocer si el cambio generó alguna variación en el proceso, o para conocer oportunidades de mejora para seguir avanzando hacia la excelencia, es por ello que la comunicación con los operarios debe de ser fluida debido a que ellos son los expertos en la estación.

Como se muestra en la Tabla 38 la implementación de la propuesta de retroalimentación para los operarios, en donde se imparte un día cada semana de cada mes, al iniciar en junio y concluir en diciembre 2019.

Tabla 38: Implementación de Programa Poniendo Corazón

					Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Tarea	Actividad	Duración (min)	Desde	Hasta	4-11-18-25	2-9-16-23-30	6-13-20-27	3-10-17-24	1-8-15-22-29	5-12-19-26	03/10/2017
A	Bienvenida a Poniendo ❤️	2	09:00:00 a.m.	09:02:00 a.m.							
B	Introducción	4	09:02:00 a.m.	09:06:00 a.m.							
C	Eventos de la semana	5	09:06:00 a.m.	09:11:00 a.m.							
D	Descripción del daño	5	09:11:00 a.m.	09:16:00 a.m.							
E	Consecuencias	5	09:16:00 a.m.	10:21:00 a.m.							
F	Buscar soluciones	5	09:21:00 a.m.	09:26:00 a.m.							
G	Oportunidad de mejora	4	09:26:00 a.m.	10:00:00 a.m.							
Total minutos		30									
Total horas		0,5									

Nota: Autora Alma Sánchez Leiva (2018)

Bienvenida a poniendo Corazón

Los operarios deben de sentirse bienvenidos a cada sesión, y deberán saber la importancia del trabajo que realizan día a día en cada estación

Introducción

Se debe realizar una breve introducción en donde se explique la dinámica y en qué consiste el programa de "poniendo corazón".

Eventos de la semana

Se deberán explicar los eventos que sucedieron en la semana, las diferentes no conformidades o quejas que se hayan presentado en el mercado.

Descripción del daño

La descripción del daño consiste en explicar el por qué se generó la no conformidad o queja en el mercado, se brindan los detalles para que los operarios conozcan y se involucren más en el negocio.

Consecuencias

Se deberán explicar las consecuencias que implica cada punto ya mencionado, con ello los operarios se darán cuenta de la importancia de cada proceso y cómo impacta en la vida del paciente.

Buscar soluciones

Involucrar a los operarios e invitarlos a participar para escuchar los diferentes criterios o ideas que ayuden a mejorar o erradicar los diferentes comportamientos o actos que contribuyan a generar los eventos.

Oportunidades de mejora

Se concluye el ejercicio con generar las oportunidades de mejora que salen del punto anterior y realizar la debida evaluación para determinar la importancia.

Proyección Entre Turnos con Mejora

La información utilizada en la Tabla 39 son los mismos datos que se han venido utilizando en la ejecución de este trabajo de investigación, sin embargo, se le fue agregado el 0,03% porcentual que el trabajo de investigación propone como una de las proyecciones, considerando la aplicación de la propuesta del mismo.

Aplicando este porcentaje se demuestra un incremento en el porcentaje del yield en comparación del que tenían.

Tabla 39: Porcentaje de Scrap y Producción Entre Turnos con Mejora

Mes	Scrap TA	TA	Yield TA	Scrap TB	TB	Yield TB	Total	Meta yield
Jan-2018	2780	20764	90%	2450	19472	90%	40236	95,0%
Feb-2018	2448	19150	90%	1804	18347	93%	37497	95,0%
Mar-2018	2193	18785	91%	2109	17746	91%	36531	95,0%
Apr-2018	2243	18794	91%	2193	16883	90%	35677	95,0%
May-2018	2499	21683	91%	2526	20790	91%	42473	95,0%
Jun-2018	2004	18567	92%	2332	19497	91%	38064	95,0%
Jul-2018	1467	18202	95%	1341	17111	95%	35313	95,0%
Aug-2018	1856	20035	94%	1873	20218	94%	40253	95,0%
Sep-2018	1805	18104	93%	2047	18404	92%	36508	95,0%
Oct-2018	1759	18336	93%	1592	17163	94%	35499	95,0%
Nov-2018	1809	20165	94%	1517	20133	95%	12944	95,0%
Dec-2018	945	9680	93%	747	10111	96%	19791	95,0%

Nota: Autora Alma Sánchez Leiva (2018)

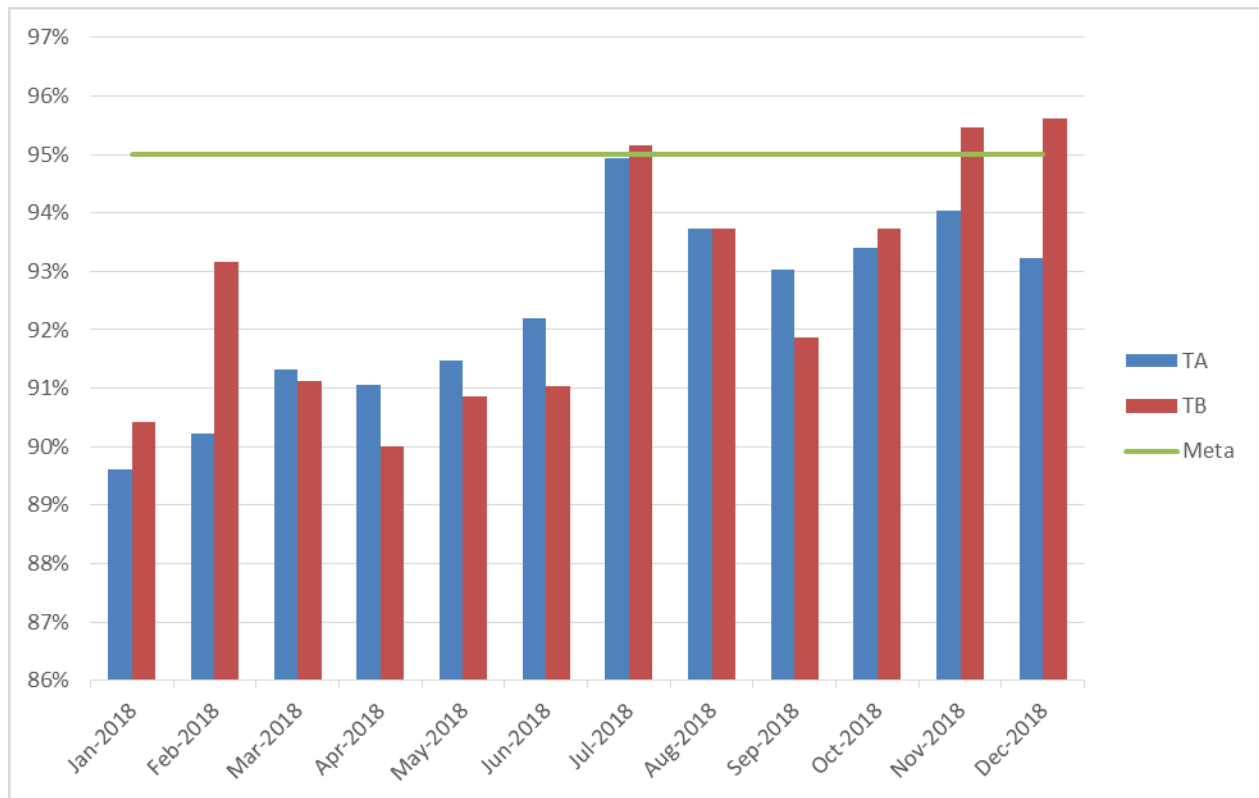
En la aplicación del porcentaje proyectado, se demuestra mediante la Figura 43 el grafico de los datos ya actualizados, en donde se observa que solo algunos meses logran alcanzar la meta e incluso sobrepasarla, sobresaliendo el turno B el cual presenta una producción más estable en comparación al turno A.

Es importante mencionar que el éxito de alcanzar la meta de la empresa también dependerá de las acciones que se tomen en las demás estaciones que también aportan un

porcentaje importante de scrap en la línea, en este apartado únicamente se ve reflejado la proyección de mejora de la estación de Rolling, por lo que es muy probable que ambos turnos lleguen a una estabilidad y alcance de la meta mejorando las demás estaciones.

Debido a que esta mejora en la estación demuestra que, si es factible y ayudara al alcance de los objetivos definidos por la compañía, en la línea de producción ARX51.

Figura 43: Grafico de Scrap por Turno con Mejora



Nota: Autora Alma Sánchez Leiva (2018)

REFERENCIAS

- Acuña, J. (2012). *Control de Calidad: Un Control Integral y Estadístico*. Cartago: editorial tecnologica de Costa Rica.
- Arbones Malasani, E. (1990). *Logística empresarial*. España: Marcombo.
- Baca Baldomero, E. (2009). Reducción y Reduccionismo: Una polémica en psiquiatría. *Revista de Neuro-Psiquiatría*, 26.
- Baca, G. (2014). *Administración Integral de un proceso*. Mexico: GRUPO EDITORIAL PATRIA, S.A. DE C.V.
- Baptista, L., Fernández Collado, C., & Hernández Sampieri, R. (2014). *Metodología de la Investigación*. Mexico: McGraw Hill.
- Barreto Villanueva, A. (2012). El progreso de la Estadística y su utilidad en la evaluación del desarrollo. *Papeles de población*, 4-10.
- Bembibre, C. (2009).
- Berenson, M., & Levine, D. (1996). *Estadística básica en Administración, conceptos y aplicaciones*. Mexico: Pearson Educación.
- Betancourt, D. (2017). *www.ingenio empresa.com*. Obtenido de www.ingenio empresa.com: <https://ingenioempresa.com/diagrama-causa-efecto/>
- Camisón, C., Cruz, S., & González, T. (2008). *GESTIÓN DE LA CALIDAD: Conceptos, enfoques, modelos y sistemas*. España: PEARSON, Prentice Hall.
- Cordova, H. M. (2007). *Dialnet*. Obtenido de http://ri.ues.edu.sv/2166/1/Dise%C3%B1o_de_un_programa_de_reducci%C3%B3n_de_desperdicios_apoyado_con_manufactura_esbelta.pdf: http://ri.ues.edu.sv/2166/1/Dise%C3%B1o_de_un_programa_de_reducci%C3%B3n_de_desperdicios_apoyado_con_manufactura_esbelta.pdf
- Cuatrecasas Arbós, L. (2011). *Logística, Gestión de la Cadena de Suministros*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos.

- Cuatrecasas, L. (2012). *Gestion e la calidad*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos.
- Cuevas, A., Hernández, R., Méndez, S., & Mendoza, C. P. (2017). *Fundamentos de Investigación*. Ciudad de México: McGraw Hill Education.
- Delgado , E. (2015). *Dialnet*. Obtenido de Downloads/DELGADO_EMERSON_PROPUESTA_PLAN_REDUCCION_MERMA%20
- Estany, J. (2017). *Reviso Soluciones Cloud* , 2.
- Gillet, F., & Seno, B. (2014). *Control de Calidad, la Caja de Herramientas*. Mexico: Editorial Patria.
- González, C., Martínez, J., & Navas, R. (2013). *Tecnicas de Mejora de la Calidad*. Madrid: UNED.
- Gutiérrez Pulido, H. (2010). *Calidad Total y productividad*. Mexico: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.
- Gutiérrez Pulido, H., & De la Vara Salazar, R. (2009). *Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma*. México: McGRAW-HILL.
- Hernández Matias, J. C., & Vizán Idiopé, A. (2013). *Lean Manufacturing, Concepto, técnicas e implantación*. Madrid: Creative commons.
- Hernández, Orozco , C. (2007). *Análisis Administrativo*. San José, Costa Rica: Univesidad Estatal a Distancia .
- Laporta Pomi, R. (2016). *Costos y Gestion Empresarial*. Bogotá: Ecoe Ediciones.
- López Lemos, P. (2016). *Herramientas para la mejora de la calidad*. España: FC Editorial.
- Lopez, E. D. (2015). *Dialnet*. Obtenido de file:///C:/Users/BIG%20BLUE/Downloads/DELGADO_EMERSON_PROPUESTA_PL AN_REDUCCION_MERMA.pdf
- McMaster-Carr. (s.f.). *McMaster-Carr*. Obtenido de <https://www.mcmaster.com/orders>
- Mcmaster-Carr. (s.f.). *Mcmaster-Carr Supply Company*. Obtenido de <https://www.mcmaster.com/>

- Niebel, B. (2009). *Ingeniería Industrial: Metodos estandares y diseño del trabajo*. España: McGraw Hill.
- Oliveros Azarak, E. (Julio de 2011). *Amrica Latina PMI*. Obtenido de Gerencia de Proyectos: http://americalatina.pmi.org/~media/Files/latam/Venezuela-Capitulo/2011_VE_ErickOliveros
- Ortega, B. (2012). *Análisis Coste-Beneficio*. Obtenido de DIALNET: Dialnet-AnalisisCosteBeneficio-5583839%20(1).
- Ortíz, M. (01 de 2011). *Excel Total*. Obtenido de <https://exceltotal.com/>
- Pardo Álvarez, J. (s.f.). *Gestion por Procesos y Riesgo Operacional*.
- Perez Marquez, M. (2014). *Control de Calidad, Tecnicas y Herraminetas*. España: Copyright RC libros.
- Perez Urrego, M. L., Carrión García, A., & Peláez zúñiga, J. (s.f.). *Dialnet*. Obtenido de LA CAPACIDAD DE PROCESOS COMO MÉTRICA DE CALIDAD PARA CARACTERÍSTICAS:
file:///C:/Users/BIG%20BLUE/Downloads/Perez_Urrego_Pelaez_Zuniga_Carrion_Garcia.pdf
- Rajadell, M., & Sánchez, J. (2010). *Lean Manufacturing, la evidencia de una necesidad*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos.
- Ramirez, A. A. (2015). *Dialnet*. Obtenido de https://bibliotecadigital.usb.edu.co/bitstream/10819/3321/1/Reduccion_desperdicio_proceso_ramirez_2015.pdf
- Rodríguez Medina, G., & Mélian Romero, S. (2009). Análisis estratégico del proceso productivo en el sector industria. *Revista de Ciencias Sociales (Ve)*, 137.
- Valencia, D. (2014). Innovacion en Reciclado Industrial. *Cero Scrap*, 5.

APÉNDICE

Glosario Técnico

Scrap: Producto que no cumple con las especificaciones y no puede ser utilizado en el proceso de fabricación, se debe desechar y sacar de inventario.

Catéter: Dispositivo médico utilizado para eliminar obstrucciones coronarias.

EHS: Departamento de seguridad y medio ambiente.

IT: Departamento de informática.

Meta: Objetivo en cantidades producidas establecido por la compañía.

UPH: Unidades producidas por hora.

Yield: El porcentaje de la relación de defectos de acuerdo con la cantidad de unidades producidas en toda la planta.

Estación: Puesto de trabajo.

Desperdicio: Todo aquello que no agrega valor al proceso.

Recursos: Materiales, personas, instalaciones necesarias para realizar una determinada operación.

Merma: Pérdida o reducción de partes que afectan el inventario.

Resina: Producto que tiene una apariencia traslúcida y se utiliza para elaboración de partes.

QTY: Cantidad.

SAP: Software informático que utilizan las empresas para gestionar distintos recursos, sus siglas en español significan: sistemas, aplicaciones y productos.

Set Up: configuración de máquinas/equipo así como también herramientas que se le requiera agregar parámetros, o propiedad según las necesidades del negocio.

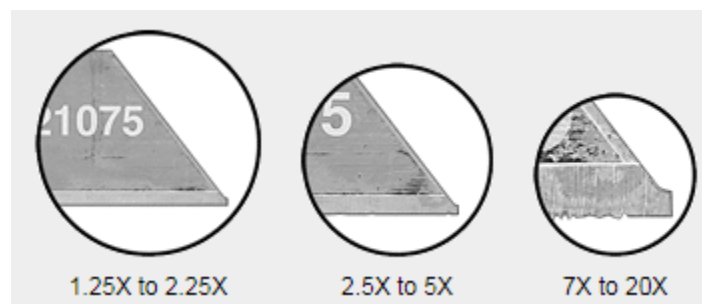
Despeje de línea: limpieza de la estación, al eliminar contaminación y partículas así como también materiales.

Propiedades de las Herramientas

McMASTER-CARR.

Cuando se trata de ampliación, la potencia que necesita depende de su aplicación. Un aumento mayor revela detalles finos, pero también da como resultado un campo de visión más pequeño, por lo que tendrá que mover el objeto para ver más. El siguiente ejemplo muestra la mejora de una hoja de afeitar con diferentes poderes de ampliación, tiene una vida útil de 3 años, 54 KWh de consumo energético.

- 1.25X a 2.25X mejora los detalles que ya puede ver. Utilice este rango para leer números de serie y ensamblar placas de circuito.
- 2.5X a 5X trae detalles que de otra manera podrías perderte. Utilice este rango para la inspección general y para encontrar fallas en su pieza de trabajo.
- 7X a 20X recoge características que no puede ver a simple vista. Utilice este rango para encontrar imperfecciones en las superficies.
- Vida útil de 3 años en funcionamiento.



Nota. (Mcmaster-Carr, s.f.)

Cotización de Herramientas

630-600-3600
630-834-9427 (fax)
chi.sales@mcmaster.com

Medicare Plus
Fitz Code 521 Registration ZF901035
Tax ID 3-102-61061504 Building
B31 Zona Franca Coyoil El Coyoil

20101 Alajuela
Costa Rica

Quote
70304

Quotation



Date
3/01/19

Recuestad **Bv.**

Alma Sanchez

Line	Product	Quantity	Available	Price	Total
1	1465T63 Economy LED Workstation Magnifier, Clamp-on, 2.25x Magnification, 30" Long Arm	2 each	today	197.74 each	395.48
				Merchandise	\$395.48

Notes

Applicable shipping charges will be added.

Prices good through 4/27/19.

Your order is subject only to our terms and conditions, available at www.mcmaster.com or from our Sales Department.

McMaster-Carr Supply Company

Page 1 of 1