

Universidad Hispanoamericana  
Bachillerato en Ingeniería Industrial

Plan de mejora del rendimiento (yield) de la línea  
de catéteres TearAway en Theragenics Costa Rica  
Limitada

Proyecto de graduación para optar por el Bachiller  
en Ingeniería Industrial

Estudiante: Ana Cecilia Zúñiga Zúñiga

Tutor: Marco Cartín Gamboa

Heredia, enero 2019

## Dedicatoria

Deseo dedicarle este proyecto de graduación a mi familia que siempre me ha apoyado en mis estudios y ha estado dispuesta a sacrificarse para que yo logre cumplir mis objetivos.

Por el amor, la paciencia que me demuestran día a día y la confianza que ha depositado en mí, para sacar adelante estos estudios que tanto esfuerzo y dedicación han sido necesarios para su culminación

## Agradecimientos

Le doy las gracias a Dios por permitirme cumplir con una etapa tan importante de mi vida. A mi mamá, a mi esposo y a mis hijas que sin ellos no hubiese logrado esta meta tan importante para mí. Finalmente, a mi tutor y lector por la guía brindada en el desarrollo del proyecto y toda la paciencia que me tuvo.

## Resumen ejecutivo

El estudio del proceso de la línea de catéteres TearAway en la empresa Theragenics Costa Rica es de suma importancia, ya que con este se logra visualizar los diferentes defectos de la línea y la estación específica donde estos se generan. Esta información sirve como base para la toma de decisiones, pues se cuenta con un criterio que se basa en el estudio realizado.

Tanto los resultados obtenidos en el estudio del proceso de la línea para la elaboración del catéter, el producto fabricado en la línea TearAway, como el análisis de defectos por estación permiten conocer la situación actual del proceso de la línea de catéteres. Con esto se logra una visualización del flujo del proceso y esto evidencia los diferentes defectos y su origen de por estación, lo que permite atacarlos, en tiempo real y tomar decisiones o acciones que reduzcan la cantidad de material defectuoso y, así, se pueda incrementar el rendimiento de la línea con un criterio que se basa en el estudio realizado.

El proyecto se realiza con el fin de mejorar el rendimiento de la línea de catéteres TearAway. Primero se hace un estudio de los mayores defectos, para saber dónde se originan y sus causas y, así, trabajar en acciones correctivas que eliminen o reduzcan la cantidad de material que se desecha y se aumente la producción para lograr las metas de volúmenes establecidas por la alta gerencia.

Durante el análisis de la situación actual, se logró determinar que la línea de producción de catéteres TearAway presenta un problema de rendimiento de un 80%, valor que se encuentra muy por debajo de la meta dada por la alta gerencia que es de un 92%.

Se considera un producto de bajo rendimiento, ya que la meta de exportación de 100 000 mensuales no se cumple, aunque se produzcan aproximadamente 107 000 al mes.

Con la información obtenida del diagnóstico realizado en la línea, se planifica una propuesta de mejora, que tiene como objetivo la reducción de los defectos mayores. La implementación parcial de la propuesta de mejora se dio durante los meses de setiembre a diciembre de 2018 y dio como resultado una disminución de los defectos de un 72% a un 16% lo cual significa que el desecho se reduciría en 9844 partes y el rendimiento aumentaría en un 9.2%. La cantidad que se podría exportar sería de aproximadamente 95 444 partes.

Económicamente hablando, con el aumento de las partes exportadas se perciben alrededor de \$478000 adicionales por mes en ventas, además, se reduce el valor del desecho a \$40000 mensuales.

Con los cambios propuestos, se demuestra que se puede cumplir con el faltante de producción mensual, ya que el estudio de capacidad de la línea permite establecer que con el tiempo disponible de los dos turnos de producción (16 horas) y los 22 días disponibles por mes, se muestra que se pueden producir 120 000 unidades mensuales según escenario actual.

DECLARACIÓN JURADA

Yo Ana Cecilia Zúñiga Zúñiga mayor de edad, portador de la cédula de identidad número 108980909 egresado de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Hispanoamericana, hago constar por medio de éste acto y debidamente apercibido y entendido de las penas y consecuencias con las que se castiga en el Código Penal el delito de perjurio, ante quienes se constituyen en el Tribunal Examinador de mi trabajo de tesis para optar por el título de bachiller en Ingeniería Industrial juro solemnemente que mi trabajo de investigación titulado: Plan de mejora de rendimiento (yield) en la línea de catéteres TearAway para la empresa Theragenics Costa Rica LTDA

es una obra original que ha respetado todo lo preceptuado por las Leyes Penales, así como la Ley de Derecho de Autor y Derecho Conexos número 6683 del 14 de octubre de 1982 y sus reformas, publicada en la Gaceta número 226 del 25 de noviembre de 1982; incluyendo el numeral 70 de dicha ley que advierte; artículo 70. Es permitido citar a un autor, transcribiendo los pasajes pertinentes siempre que éstos no sean tantos y seguidos, que puedan considerarse como una producción simulada y sustancial, que redunde en perjuicio del autor de la obra original. Asimismo, quedo advertido que la Universidad se reserva el derecho de protocolizar este documento ante Notario Público. en fe de lo anterior, firmo en la ciudad de San José, a los 28 días del mes de enero del año dos mil 2019.

Ana Jansen

Firma del estudiante

Cédula 108980909

## CARTA DEL TUTOR

Heredia, 05 de Febrero de 2019

**Destinatario**  
**Departamento de Registro**  
**Universidad Hispanoamericana**

Estimados señores:

La estudiante Anna Cecilia Zúñiga Zúñiga, cédula de identidad número 108980909, me ha presentado, para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado: PLAN DE MEJORA DE RENDIMIENTO (YIELD) DE LA LÍNEA DE CATÉTERES TEARAWAY, el cual ha elaborado para optar por el grado académico de Bachillerato.

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

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

a)	ORIGINAL DEL TEMA	10%	10%
b)	CUMPLIMIENTO DE ENTREGA DE AVANCES	20%	10%
c)	COHERENCIA ENTRE LOS OBJETIVOS, LOS INSTRUMENTOS APLICADOS Y LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACION	30%	22%
d)	RELEVANCIA DE LAS CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	20%	20%
e)	CALIDAD, DETALLE DEL MARCO TEORICO	20%	20%
	TOTAL		82%

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

Atentamente,



Ing. Marco Cartín Gamboa, MII  
Cédula identidad: 110610393  
Carné Colegio Profesional: II-15546

## CARTA DE LECTOR

Cartago, 07 de junio de 2019.

Señores  
Universidad Hispanoamericana  
Sede Heredia  
Carrera Ingeniería Industrial

Estimados señores:

La estudiante Ana Cecilia Zúñiga Zúñiga, portadora de la cédula de identidad 1-0898-0909, me ha presentado para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado "PLAN DE MEJORA DE RENDIMIENTO (YIELD) DE LA LÍNEA DE CATÉTERES TEARWAY EN THERAGENICS COSTA RICA LTDA.", el cual ha elaborado para obtener su grado de Bachillerato en Ingeniería Industrial

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

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

Atentamente



Ing. Álvaro Andrés Jácome  
1-0690-0755

## Carta Filóloga

San Pedro de Montes de Oca, viernes 28 de junio de 2019

A quien corresponda  
Universidad Hispanoamericana

Estimado señor/a:

Yo, Gabriela María Brizuela Marín, cédula de identidad 112290954, filóloga de profesión y Licda. en Educación, incorporada al Colegio de Licenciados y Profesores (COLYPRO) con carné #71273 hago constar que la señora Ana Cecilia Zúñiga Zúñiga, cédula de identidad 108980909, sometió a la revisión filológica la tesina llamada *Plan de mejora del rendimiento (yield) de la línea de catéteres Tearaway en Theragenics Costa Rica Ltda.*

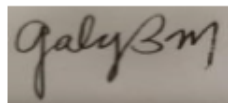
De esta manera, el documento fue revisado para detectar y corregir errores de tipo ortográfico (tildes, uso de letras y de mayúsculas), de puntuación (comas, punto, punto y coma, signos de admiración y exclamación, uso de paréntesis y comillas), de léxico (vocabulario repetido o semánticamente mal usado, redundancias y cacofonías), morfosintáctico (reglas de construcción de las oraciones, conectores, concordancia y anfibologías), normas para la elaboración de párrafos y la bibliografía según el estándar que se use según la asignatura.

Además de esto, se trabajó en lo concerniente a edición de texto. Por ejemplo, se le numeraron las páginas según el índice, se le dio formato al texto y las notas y sugerencias para el cliente fueron corregidas de inmediato.

Asimismo, cabe señalar que la filóloga no se hace responsable de la veracidad y la originalidad de la información que contiene el texto y de los posibles errores en las tablas y las imágenes, pues estas no podían editarse y no fueron tomadas en cuenta para la cotización del trabajo.

Por último, es necesario señalar que la filóloga hizo las observaciones correspondientes en un documento y se las entregó a la autora para que esta realice los cambios necesarios, por lo que la filóloga no se hace responsable en caso de que las notas o sugerencias no se hayan tomado en cuenta.

Agradezco su colaboración.



Gabriela Brizuela Marín

Correo electrónico: [gabi.brizuela.marin@gmail.com](mailto:gabi.brizuela.marin@gmail.com)

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

San José, 8 de agosto del 2019

Señores:  
Universidad Hispanoamericana  
Centro de Información Tecnológico (CENIT)

Estimados Señores:

El suscrito (a) Ana Cecilia Zúñiga Zúñiga con número de identificación 108980909 autor (a) del trabajo de graduación titulado Plan de mejora de rendimiento (yield) de la línea de catéteres TearAway presentado y aprobado en el año 2019 como requisito para optar por el título de Bachiller en Ingeniería Industrial; (SI) autorizo al Centro de Información Tecnológico (CENIT) para que con fines académicos, muestre a la comunidad universitaria la producción intelectual contenida en este documento.

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

Cordialmente,

  
Firma y Documento de Identidad 108980909

# Contenidos

- Resumen ejecutivo ..... 3
- CAPÍTULO I:** ..... 17
- Introducción** ..... 17
- 1.1 Descripción general del proyecto ..... 18
- 1.2 Identificación de la empresa ..... 19
  - 1.2.1 Antecedentes de la empresa ..... 19
  - 1.2.2 Descripción general de la empresa ..... 20
  - 1.2.3 Cultura organizacional ..... 21
  - 1.2.4 Descripción de los procesos ..... 25
- 1.3 Definición del problema ..... 26
- 1.4 Justificación del proyecto ..... 27
- 1.5 Objetivos del proyecto ..... 28
  - 1.5.1 Objetivo general ..... 28
  - 1.5.2 Objetivos específicos ..... 28
- 1.6 Alcances y limitaciones ..... 28
  - 1.6.1 Alcance ..... 28
  - 1.6.2 Limitaciones ..... 28
- CAPÍTULO II** ..... 30
- Marco teórico** ..... 30
- 2.1 Marco conceptual general relativo a la carrera ..... 31

2.1.1	Gestión de procesos .....	31
2.1.2	Mapeo de procesos .....	31
2.1.3	Herramientas .....	33
2.1.3.1	Diagrama de flujo.....	33
2.1.3.2	Diagrama de proceso .....	34
2.1.3.3	Diagrama de causa-efecto.....	36
2.1.3.4	Diagrama de Pareto.....	38
2.1.3.5	Diagrama de Gantt .....	39
2.1.3.6	Población.....	41
2.1.3.7	Muestra.....	41
2.1.3.8	Método estadístico.....	41
2.2	Marco conceptual relativo a la gestión de proyecto .....	42
2.2.1	DMAIC .....	42
2.3	Marco conceptual referente al impacto del proyecto.....	43
2.3.1	Costo-beneficio.....	43
2.4	Antecedentes del proyecto o experiencias semejantes .....	44
<b>CAPÍTULO III</b>	.....	<b>45</b>
<b>Marco Metodológico</b>	.....	<b>45</b>
3.1	Metodología para la definición del problema.....	48
3.2	Metodología para la medición y el respaldo cualitativo del proyecto.....	50
3.3	Metodología para los proyectos de mejora, construcción o implementación de un nuevo proceso, producto o servicio .....	51
3.4	Metodología para la implementación del proyecto.....	51
3.5	Metodología para la verificación, el aseguramiento, el control y el seguimiento de los resultados .....	53
<b>CAPÍTULO IV</b>	.....	<b>55</b>

<b>Línea base y análisis de causa</b> .....	55
4.1 Diagnóstico de la situación actual de la línea TearAway .....	56
4.1.1 Funcionamiento de la empresa.....	56
4.1.2 Historial mensual de defectos .....	59
4.1.3 Proceso productivo de la línea TearAway.....	59
4.1.4 Producto de la línea TearAway .....	61
4.1.5 Estaciones de trabajo .....	67
4.1.5.1 Moldeo.....	68
4.1.5.2 Inspección 1 .....	70
4.1.5.3 <i>Tipping</i> .....	71
4.1.5.4 <i>Trimming</i> .....	72
4.1.5.5 Inspección II .....	74
4.1.6 Estudios de capacidad .....	75
4.1.7 Simulación .....	80
4.1.7.1 Moldeo.....	82
4.1.7.2 Corte de inspección .....	83
4.1.7.3 <i>Tipping</i> .....	84
4.1.7.4 <i>Trimming</i> .....	85
4.1.7.5 Inspección final.....	85
4.2 Resultados .....	86
4.3 Estudio de rendimiento.....	88
<b>CAPÍTULO V</b> .....	98
<b>Diseño e implementación de la solución</b> .....	98
5.1 Propuesta para la solución del problema .....	99
5.2 Propuesta para la reducción de bolas de seguridad dañadas.....	99

5.2.1	Plan y acción para la implementación.....	103
5.3	Propuesta para reducir la cantidad <i>kinks</i> (doblecetes).....	104
5.3.1	Plan y acción para la implementación.....	109
5.4	Propuesta para reducir la cantidad contaminación adherida ( <i>embedded</i> ).....	110
5.4.1	Plan y acción para la implementación.....	113
5.5	Propuesta para reducir la cantidad de <i>heading</i> expuesto.....	115
5.5.1	Plan y acción para la implementación.....	116
5.6	Análisis costo-beneficio de los sistemas de mejora.....	118
5.7	Plan de implementación y cronograma de actividades.....	119
<b>Capítulo VI</b>	.....	<b>121</b>
<b>Conclusiones y recomendaciones</b>	.....	<b>121</b>
6.1	Conclusiones .....	122
6.2	Recomendaciones .....	123
	Referencias Bibliográficas.....	124
	Apéndice .....	126
	CC-005 Rev A Ayuda visual de partes aceptables y no aceptables .....	126

## Índice de tablas

Tabla 1. Detalles específicos de la empresa .....	23
Tabla 2. Actividades y Objetivos.....	48
Tabla 3. Definición .....	49
Tabla 4. Medición .....	50
Tabla 5. Mejora.....	51
Tabla 6. Implementación .....	52
Tabla 7. Control .....	53
Tabla 8. Defectos reportados de enero a junio de 2018.....	59
Tabla 9. Clasificación del trabajo.....	76
Tabla 10. Datos para el cálculo del tamaño de muestra.....	78
Tabla 11. Resultados muestreo de trabajo .....	79
Tabla 12. Defectos y cantidades presentados en la semana del 9 al 14 de julio de 2018.....	90
Tabla 13. Defectos y cantidades presentados en la semana del 20 al 25 de agosto de 2018	91
Tabla 14. Ponderación de defectos y cantidades de las semanas estudiadas.....	93
Tabla 15. Costo de manufactura de buckets .....	101
Tabla 16. Cantidad de bolas de seguridad por mes con los nuevos buckets .....	103
Tabla 17. Cantidad de kinks presente por estación de trabajo .....	106
Tabla 18. Análisis de causa-raíz de kinks.....	108
Tabla 19. Defectos de kinks presentados desde setiembre hasta diciembre .....	110
Tabla 20. Análisis de causa-raíz de contaminación adherida (embedded).....	112
Tabla 21. Defectos encontrados con contaminación durante meses de octubre a diciembre de 2018.....	114
Tabla 22. Defectos de heading expuesto durante los meses de setiembre a diciembre .....	117
Tabla 23. Costos de la propuesta.....	118
Tabla 24. Plan de implementación .....	119

## Índice de ecuaciones

Ecuación 1.....	42
Ecuación 2.....	77
Ecuación 3.....	81

## Índice de ilustraciones

Ilustración 1. Organigrama de la empresa.....	24
Ilustración 2. Diagrama catéter TearAway.....	24
Ilustración 3. Catéter TearAway .....	25
Ilustración 4. Diagrama de flujo .....	34
Ilustración 5. Simbología: diagrama de proceso.....	35
Ilustración 6. Diagrama causa-efecto .....	37
Ilustración 7. Diagrama de Pareto .....	39
Ilustración 8. Diagrama de Gantt.....	40
Ilustración 9. Diagrama de flujo operaciones de la empresa .....	57
Ilustración 10. Diagrama de proceso de la línea TearAway.....	60
Ilustración 11. Muestra de bucket.....	61
Ilustración 12. Muestra de Heading .....	62
Ilustración 13. Cargador .....	63
Ilustración 14. Runner.....	63
Ilustración 15. Catéteres.....	64
Ilustración 16. Diagrama de flujo de la línea TearAway.....	65
Ilustración 17. Distribución de línea.....	68
Ilustración 18. Máquina de moldeo.....	69
Ilustración 19. Primera inspección.....	70
Ilustración 20. Estación de tipping.....	71
Ilustración 21. Estación de trimming.....	73
Ilustración 22. Inspección II .....	74

Ilustración 23. Formulario para recolección de datos .....	77
Ilustración 24. Estadística descriptiva SPT-003-008 .....	82
Ilustración 25. Estadísticas descriptivas SPT-005-07 .....	83
Ilustración 26. Estadísticas descriptivas SPT-003-08 .....	84
Ilustración 27. Estadísticas descriptivas SPT-003-08 .....	85
Ilustración 28. Estadísticas descriptivas SPT-002-07/SPT-003-08.....	86
Ilustración 29. Simulación escenario potencial .....	87
Ilustración 30. Escenario real .....	88
Ilustración 31. Control de Scrap o desecho .....	89
Ilustración 32. Defectos por turno semana del 9 al 14 de julio de 2018 .....	91
Ilustración 33. Defectos por turno semana del 20 al 25 de agosto de 2018 .....	92
Ilustración 34. Pareto de los diferentes defectos .....	94
Ilustración 35. Bolas de seguridad dañadas .....	95
Ilustración 36. Kinks (doblecetes).....	95
Ilustración 37. Contaminación adherida .....	96
Ilustración 38. Heading expuesto .....	96
Ilustración 39. Bolas de seguridad dañadas en lotes manufacturados con el nuevo diseño de los buckets.....	102
Ilustración 40. Bolas de seguridad dañadas usando buckets viejos vs buckets nuevos .....	104
Ilustración 41. Diagrama causa-efecto de Kinks.....	108
Ilustración 42. Diagrama causa-efecto de contaminación adherida (embedded) .....	111
Ilustración 43. Diagrama causa-efecto de heading expuesto en el cubo.....	115
Ilustración 44. Análisis de causa-raíz de heading expuesto en el cubo.....	116
Ilustración 45. Gráfico comparativo de los 4 defectos mayores antes y después.....	117

# **CAPÍTULO I:**

## **Introducción**

## 1.1 Descripción general del proyecto

El presente proyecto de investigación se ha realizado en la empresa Theragenics Costa Rica Limitada que es una compañía que produce dispositivos médicos, los cuales son utilizados por hospitales y clínicas en intervenciones quirúrgicas o en el tratamiento de pacientes con problemas cardiovasculares alrededor del mundo. Debido a esto, cuenta con diversas líneas de producción, donde se fabrican los distintos productos que vende. Sin embargo, para este trabajo se toma en cuenta el proceso que se realiza para la manufactura en la línea de producción TearAway, que es un catéter y es uno de los productos con mayor demanda de acuerdo con los volúmenes de producción mensuales establecidos por la alta gerencia para la empresa y con la tecnología más nueva para su aplicación. De ahí nace la idea de desarrollar una investigación que genere resultados positivos y de utilidad para la empresa.

Actualmente en la empresa los problemas de calidad que afectan la línea de producción del dispositivo mencionado son diversos. El rendimiento de la línea es de un 80%, mientras la meta establecida, por la alta gerencia, es de un 92% casi que en cada uno de sus procesos de la manufactura de los catéteres TearAway tiene sus oportunidades, es por eso que para este proyecto se estudian los diferentes defectos creados en cada proceso de la línea y se atacarán los defectos mayores. Al no exportar las 100 000 unidades mensuales, Theragenics está dejando de percibir alrededor de \$700 000 mensuales, además, el 20% del desecho tiene un valor aproximado de \$78 000 tomando en cuenta la labor y los materiales que se desechan y no se pueden recuperar.

Por lo tanto, se plantea hacer un diagnóstico de la situación actual que esté basado, principalmente, en los defectos generados en cada uno de los procesos de la línea de producción. Finalmente, se diseña la propuesta que le dará solución al problema planteado.

El proyecto a desarrollar en Theragenics tiene una línea de investigación basada en el diseño, el desarrollo y el mejoramiento de procesos, debido a que tiene como finalidad visualizar los diferentes defectos y su estación de origen para mejorar el proceso que actualmente se realiza para elaborar el catéter en la línea TearAway. Es decir, se pretende mejorar las actividades que ejecutan los operarios en cada estación de trabajo por la que debe pasar el

producto para su fabricación y antes de quedar listo para ser empacado y movilizado a su destino final.

Por otro lado, la viabilidad de este proyecto para la empresa es muy alta y la disposición de la compañía para mejorar los procesos en dicha línea facilita las acciones a realizar. Además, la información y la disponibilidad que se le brinda al estudiante permiten hacer un proyecto muy completo y apegado a la realidad de la empresa, lo que da como resultado un diseño de la propuesta que le genere beneficios a la organización. Por ello la importancia de elaborar un proyecto de este tipo que, posteriormente, a decisión de la empresa, pueda ser implementado para obtener los resultados previstos.

## 1.2 Identificación de la empresa

### 1.2.1 Antecedentes de la empresa

Theragenics Corporation® es una familia de empresas con el compromiso compartido de desarrollar y fabricar dispositivos médicos que mejoran la salud y el bienestar de los pacientes en todo el mundo.

En un principio, la idea nació en un laboratorio ubicado en un sótano en el campus de Georgia Tech University en 1981. La Compañía desarrolló conceptos y productos que utilizaban dispositivos radiológicos para combatir el cáncer. Con el tiempo, Theragenics evolucionó para centrarse, específicamente, en el tratamiento del cáncer de próstata con el lanzamiento del dispositivo médico TheraSeed®, un catalizador de paladio-103 radiactivo del tamaño de un grano de arroz. En 1987, el primer implante TheraSeed® se realizó en un paciente con cáncer de próstata.

A mediados de la primera década del año 2000, hubo un cambio para Theragenics en sus operaciones dado que diversificó sustancialmente el negocio con productos quirúrgicos debido a la adquisición de CP Medical situada en Portland, Oregon en mayo de 2005. Fundada en 1990, CP Medical es un fabricante y proveedor de sutura innovadora, adhesivo de heridas y grapadoras de piel, así como los cables de estimulación cardíaca, agujas de braquiterapia o separadores y productos médicos vendidos en los campos quirúrgicos y veterinarios.

Apenas un año después, en agosto de 2006, Theragenics adquirió Galt Medical Corporation, con sede en Garland, Texas. Esta empresa diseña, desarrolla, fabrica y comercializa productos de dispositivos médicos desechables para acceso vascular enfocado en productos de radiología intervencionista, nefrología y cardiología.

En julio de 2008, Theragenics completó la adquisición de NeedleTech Products, un fabricante líder en el mercado de agujas especiales y dispositivos médicos relacionados. Fundada en 1988, NeedleTech comenzó con una sola máquina y un cliente, después de 20 años de trabajo, ahora suministra agujas especiales adaptadas a los tipos de procedimientos o pacientes. En septiembre de 2014, se inauguraron las instalaciones de Theragenics en Alajuela, Costa Rica. La instalación fabrica, principalmente, componentes utilizados en la línea de productos de acceso vascular para Galt Medical y NeedleTech. Actualmente, la familia de Theragenics Corporación sirve a los profesionales dedicados al tratamiento de cáncer, la cirugía, el cuidado de heridas, la veterinaria, la radiología, la cardiología y la odontología.

Fuente: Manual de Orientación de Theragenics y Galt Medical, Rev R (2014, p.4)

### 1.2.2 Descripción general de la empresa

Theragenics Costa Rica Limitada está ubicada en Zona Franca Coyol, edificio 13.3 en el Coyol de Alajuela, es parte de la Theragenics Corporation® que es una familia de empresas fundada en 1981, con el compromiso compartido de desarrollar y fabricar dispositivos médicos que mejoren la salud y el bienestar de los pacientes en todo el mundo. Theragenics Corporation® atiende 2 segmentos de negocio:

- La manufactura y distribución de dispositivos de cierre de heridas, acceso vascular y agujas especializadas.
- El campo de la braquiterapia (semillas: procedimiento poco invasivo para el tratamiento localizado del cáncer de próstata).

En Costa Rica, Theragenics se dedica a la producción de ensambles y subensambles de dilatadores e introductores normalmente llamados catéteres, los cuales son exportados alrededor del mundo. También, es suplidora para otras compañías de la industria médica, a las

cuales les provee productos. Hay cuatro líneas de Producción: Cath Lab, Coaxial, SCL y TearAway.

Actualmente, la empresa cuenta con 90 colaboradores que están distribuidos entre el personal administrativo y el productivo.

Fuente: Manual de Orientación de Theragenics y Galt Medical, Rev R (2014, p.18)

### 1.2.3 Cultura organizacional

Theragenics cree que los estándares que la rigen son la base para el éxito continuo de la empresa y la prosperidad de sus colaboradores. Estos estándares proporcionan el norte para las acciones de la empresa, las cuales unifican y aportan un valor añadido al trabajo.

A continuación, se presentan la política de calidad, la misión y los valores de Theragenics.

#### **Política de calidad**

Es política de Galt Medical Corp. y Theragenics Costa Rica el establecer y mantenerse como una compañía de manufactura de clase mundial. Por lo tanto, es crítico que los productos que se diseñen y se manufacturen cumplan todos los requisitos regulatorios, incluyendo FDA e ISO, especificaciones de producción y estándares de calidad corporativo. La calidad y la efectividad del sistema de gestión de calidad son establecidas por la alta gerencia y es responsabilidad de todos los empleados de la compañía cumplirlas. Sin embargo, el departamento de aseguramiento de la calidad provee la estructura, la cual establece formalmente estas metas.

La adhesión a las políticas de calidad establecidas por todos los empleados y los proveedores permitirá satisfacer y superar las necesidades de los clientes.

#### **Misión**

Fabricar dispositivos médicos que mejoran la atención de la salud de las personas, proporcionando productos de calidad. “Mejorando vidas con cada orden que completamos.”

## **Valores**

Estos principios son la base de todas las políticas internas de Theragenics Costa Rica y su conocimiento ayudará a cada uno de nosotros en la toma de decisiones en situaciones que se nos presentan en nuestros puestos de trabajo.

## **Calidad**

Es nuestra creencia que cada trabajo realizado dentro de la Compañía es importante, la calidad nace en cada uno de nosotros, auto evaluando nuestro desempeño.

## **Dedicación**

El comprender nuestros puestos de trabajo y las especificaciones del producto, nos permite aprender a anticipar los problemas para prevenir errores.

## **Respeto**

El respeto es la clave para un ambiente positivo y más productivo.

## **Integridad**

La Integridad debe ser la base de nuestra conducta diaria, se debe respetar todas las normas y las regulaciones.

Fuente: Manual de Orientación de Theragenics y Galt Medical, Rev R (2014, p.7)

*Tabla 1. Detalles específicos de la empresa*

Información general	Provincia	Alajuela
	Teléfono	4055-6000
	Fax	4055-6000
	Dirección electrónica	<a href="mailto:hr@theragenics.cr">hr@theragenics.cr</a>
Horarios de trabajo	Área administrativa	8: 00 a.m.- 5:00 p.m.
	Personal de producción	6:00 a.m.- 3:36 p.m. 3:30 p.m.-10:00 p.m. 10:00 p.m.-6:00 a.m.
Cantidad de colaboradores	Área administrativa	14 personas Hombres: 7 Mujeres: 8
	Personal de Producción	90 personas Hombres: 40 Mujeres: 50

Fuente: Recursos Humanos Theragenics Costa Rica Limitada.

### **Jornadas laborales**

-Ensamble: 6: 00 a.m.-3:36 p.m. de lunes a viernes.

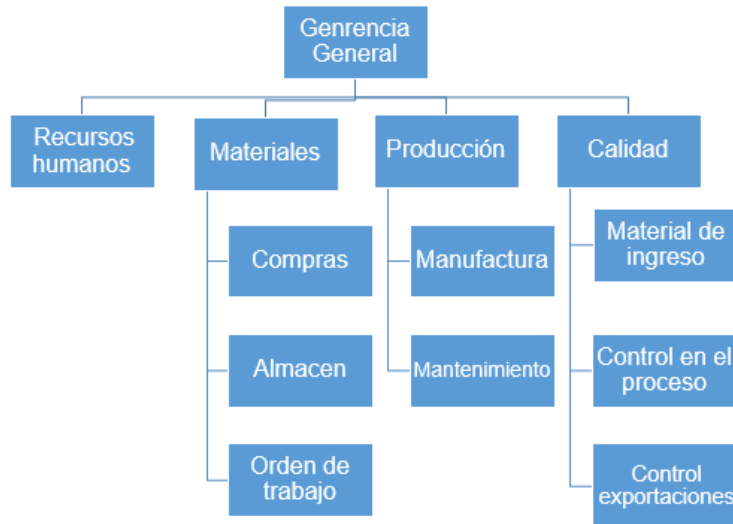
-Molding: 6:00 a.m.-2:00 p.m. (turno A) y 2:00 p.m.-10: 00 p.m. (turno B).

-Cuarto limpio: 6:00 a.m.-3:36 p.m. de lunes a viernes.

-Administrativos: 8:00 a.m. -5:00 p.m. de lunes a viernes.

En el siguiente organigrama, se presenta la estructura de la empresa.

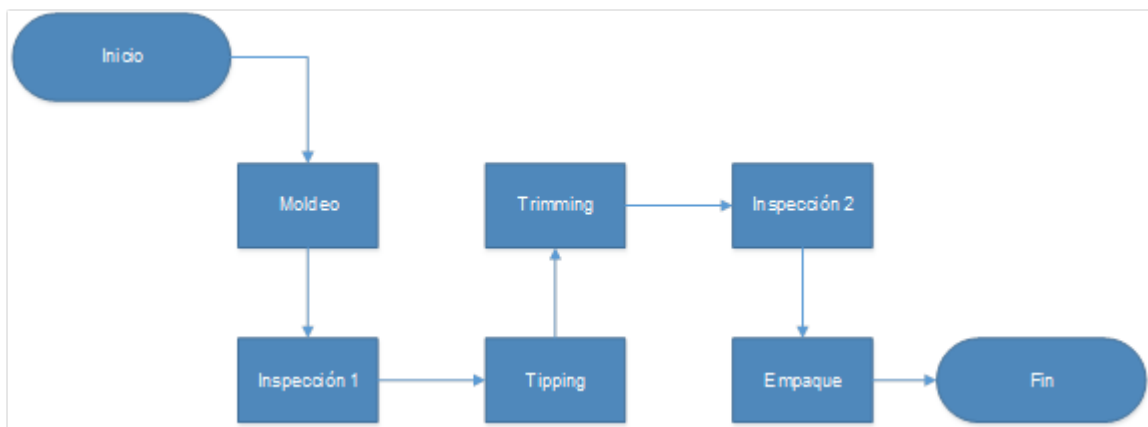
*Ilustración 1. Organigrama de la empresa*



Fuente: Recursos humanos Theragenics Costa Rica LTDA.

El proceso para la elaboración se representa en el siguiente diagrama:

*Ilustración 2. Diagrama catéter TearAway*



Fuente: El autor.

*El proceso de manufactura que se mencionó corresponde a la creación de este modelo en específico de catéteres TearAway.*

*Ilustración 3. Catéter TearAway*



Fuente: Recursos humanos Theragenics Costa Rica LTDA.

#### 1.2.4 Descripción de los procesos

El proceso industrial se divide en 3 partes:

##### **1. Moldeo**

Consiste en fundir un polímero en la cavidad de un molde de inyección cerrado con alta presión, a través de una cámara de distribución o boquilla. Dentro de la cavidad del molde, el plástico se enfría y se cristaliza en polímeros semicristalinos. En unos segundos, dependiendo del material empleado, tras la apertura del molde, se extrae la pieza moldeada con sus características finales.

En este proceso se moldea el cubo del catéter.

##### **2. Proceso de impresión**

Aquí se le estampa el tamaño de French en el cubo del catéter.

### **3. Procedimiento de tipping y trimming**

En este proceso, con una máquina de manipulación de diferentes tubos, se le da el tamaño del diámetro a este y luego se le quitan las rebabas para que no quede obstruido.

### **4. Cuarto limpio**

Consiste en una línea de producción donde se hace el proceso de ensamblado de las unidades y se empaca el producto para exportarlo.

## **1.3 Definición del problema**

Theragenics Costa Rica tiene deficiencias en la línea de producción de los catéteres TearAway, debido a que el rendimiento de la línea es de un 80%, por lo tanto, un 20% de la producción se desecha por diferentes defectos generados en los procesos de producción lo cual provoca que no se cumplan las especificaciones de calidad. Así, de aproximadamente 107 000 que se producen mensualmente solamente 85 600 partes son exportadas.

Fuente: Reporte de rendimiento partes exportadas extraído del Programa SAP de Theragenics Costa Rica Limitada.

Este proyecto se enfoca en los defectos mayores que causan que el rendimiento sea menor al esperado, el cual consiste en un 92%, y que no se cumpla la meta mensual.

Entre las causas del problema de los procesos de la línea están la falta de monitoreo y el control de las estaciones donde se genera el desecho, ya que no se existen datos del tipo de defectos específicos únicamente de las cantidades.

Para la empresa, este problema implica llevar un control del lugar donde se genera el desecho y atacar los mayores ofensores uno a uno. Además, se deben estudiar las causas-raíces para mejorar el rendimiento y lograr el volumen de producción esperado.

Debido a lo anterior, surge la siguiente pregunta de investigación: ¿Cómo desarrollar una propuesta de mejora en el proceso de la línea de catéteres TearAway en la empresa Theragenics, a partir de un estudio de los diferentes procesos que conforman la línea, para aumentar el rendimiento y poder alcanzar la meta de volumen dadas por la alta gerencia?

## 1.4 Justificación del proyecto

La implementación de este proyecto es de interés empresarial porque cuando se les implementan mejoras a los procesos de manufactura, las líneas de producción se vuelven más eficientes y se genera un beneficio para todo el personal de Theragenics, sus dueños y sus clientes, pues aumenta la eficiencia de la línea TearAway y se cumpliría con el volumen de producción planeado, lo cual generaría estabilidad para la empresa y menos pérdidas para sus dueños, además de que el cliente recibiría el producto a tiempo.

Theragenics Costa Rica podría producir eficientemente y exportar su meta mensual de 100 000 catéteres en la línea TearAway si el rendimiento mejorara en un 10%, es decir que de las 107 000 unidades que se producen solamente el 10% se desecharan y continuara incrementado, poco a poco, la producción con el fin de cumplir las metas propuestas para el 2019.

Parte del análisis consiste en determinar las causas o los factores que generan las deficiencias en los procesos de manufactura; específicamente, en la línea de producción TearAway de cuatro cavidades. Esto se debe a que se no cumple la meta de volumen de partes establecida por la dirección debido al bajo rendimiento (yield) actual, el cual es de un 80% y representa 85 600 unidades. Ahora bien, si dicho rendimiento fuera de 92%, el volumen de la meta de 100 000 se cumpliría. En términos económicos, esto significa que Theragenics no percibe aproximadamente \$700 000 por las 14 400 unidades que no se venden y que, en componentes desecho, pierde \$78 000, lo cual indica que esta oportunidad de mejora le cuesta a Theragenics Costa Rica \$77 8000 mensuales.

## 1.5 Objetivos del proyecto

### 1.5.1 Objetivo general

Mejorar el proceso de la línea de catéteres TearAway para aumentar el rendimiento y poder alcanzar la meta de exportar 100 000 unidades mensuales.

### 1.5.2 Objetivos específicos

1. Analizar el proceso de la línea de catéteres TearAway con el fin de encontrar las deficiencias que generan los defectos.
2. Proponer una mejora en el proceso productivo para alcanzar el rendimiento (yield) deseado.
3. Evaluar, mediante un estudio de capacidad, si la meta deseada es alcanzable.

## 1.6 Alcances y limitaciones

### 1.6.1 Alcance

El proyecto de mejora de rendimiento y productividad se realizará en la línea 0, es decir, la del molde de TearAway de cuatro cavidades de la prensa horizontal, con la cual se manufactura el 80% de la producción actual de la familia de catéteres TearAway y cuyo rendimiento es de un 80%. Esta se encuentra operada por ocho colaboradores para sus diferentes procesos: moldeo, corte, inspección, *tipping* y *trimming*.

### 1.6.2 Limitaciones

Dentro de las limitaciones que se puede encontrar para llevar a cabo el proyecto, se destacan:

1. El resguardo de cifras monetarias por parte de la empresa, por lo que se utilizarán porcentajes o cantidades equivalentes, debido a que esta información es absolutamente confidencial.

2. Datos específicos de los procesos que son confidenciales como los procesos patentizados, los salarios, las recetas, los procedimientos, la información de estudios y los contenidos de las capacitaciones.

# **CAPÍTULO II**

## **Marco teórico**

## 2.1 Marco conceptual general relativo a la carrera

En este capítulo, se definen los conceptos teóricos con los que se va a desarrollar el proyecto. Aquí quedarán detallados teóricamente los puntos y las herramientas que serán empleados tanto en el diagnóstico como en la propuesta.

La investigación facilita la detección de las debilidades y las oportunidades de los procesos para optimizarlos y mejorar el rendimiento del producto.

### 2.1.1 Gestión de procesos

La gestión de procesos les permite a las organizaciones, independientemente de su tamaño y del sector de actividad, hacer frente a mercados competitivos en los que deben conciliar la satisfacción de sus clientes con la eficiencia económica de sus actividades.

Tradicionalmente, las organizaciones se han estructurado sobre la base de departamentos funcionales que dificultan la orientación hacia el cliente. Por esto, este tipo de gestión percibe la organización como un sistema interrelacionado de procesos que contribuyen conjuntamente a incrementar la satisfacción del cliente. Asimismo, supone una visión alternativa a la tradicional, la cual está caracterizada por estructuras organizativas de corte jerárquico-funcional.

### 2.1.2 Mapeo de procesos

De forma inicial y para poder tener un panorama mucho más claro de las actividades que realiza la empresa de forma cotidiana es necesario conocer los procesos que se dan, por lo que resulta fundamental un mapeo de los procesos. Según Escalante y González (2016), “El mapeo de procesos permite a una empresa identificar los procesos y conocer la estructura de los mismos, reflejando las interacciones entre éstos, el mapa nos permite saber cómo son “por dentro” y cómo permiten la transformación de entradas en salidas.” (p. 81)

Como bien se explica en la cita anterior, el mapeo de los procesos permite reconocer las operaciones que hace la empresa. Esto proporciona una mejor comprensión de las actividades dentro de la compañía y, también, muestra el camino que siguen los insumos o materia prima

desde que entran hasta el momento en que salen como producto terminado, además, de cómo se relacionan entre sí.

Para realizar un mapeo de procesos es necesario dividir las actividades en distintas categorías, con el fin de volver más fácil la identificación de los procesos. Como lo establece Escalante y González (2016, p. 82):

- **Procesos estratégicos:** corresponden al área de responsabilidades de la dirección y a largo plazo.
- **Procesos tácticos:** corresponden al área de responsabilidades de los mandos medios y a mediano plazo.
- **Procesos operativos:** son los procesos ligados directamente con la realización del producto y/o prestación del servicio.
- **Procesos de apoyo:** son los que dan soporte a los procesos operativos. Como mantenimiento y calidad.
- **Procesos de planificación:** son los que están vinculados al área de responsabilidades de la dirección.
- **Procesos de gestión de recursos:** son los que determinan, proporcionan y mantienen los recursos necesarios (humanos, infraestructura y ambiente de trabajo).
- **Procesos de realización del producto:** son los que permiten llevar a cabo la producción y/o prestación del servicio, como diseño y desarrollo, compras y prestación del servicio, control de equipos entre otros.
- **Procesos de medición, análisis y mejora:** como aquellos procesos que permiten hacer el seguimiento de los procesos, medirlos, analizarlos y establecer acciones de mejora.

Como lo plantean los autores en la cita pasada, los procesos se pueden categorizar en ocho distintos tipos y se involucran los puestos altos como la dirección y los mandos medios y bajos, es decir que se contempla toda la empresa. Posteriormente, se analiza cada proceso y se define, según su naturaleza, en la categoría correspondiente. Una vez divididos se conoce más a fondo el funcionamiento de la compañía y las áreas que están relacionadas con los procesos.

## 2.1.3 Herramientas

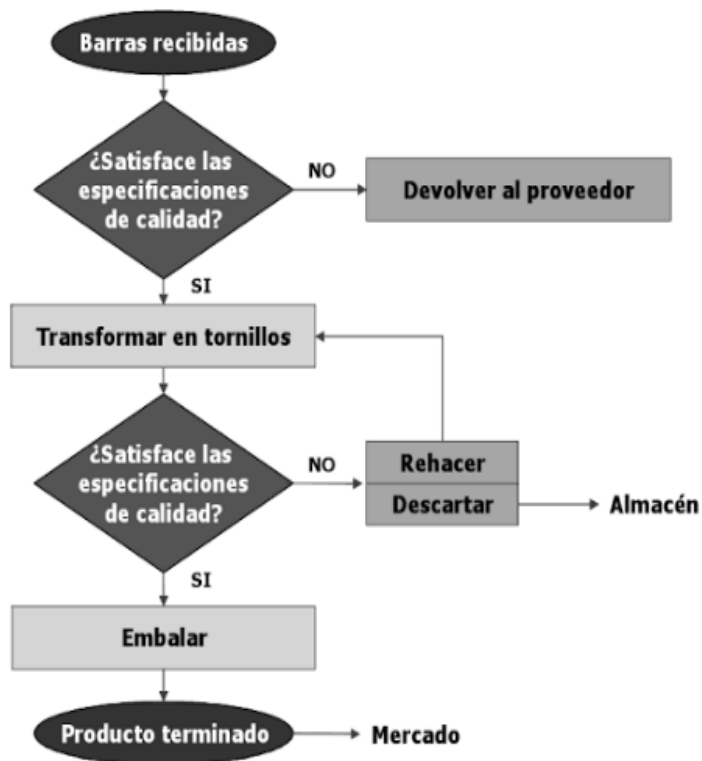
### 2.1.3.1 Diagrama de flujo

El diagrama de flujo es una herramienta sencilla de aplicar, pero que aporta valiosa información en el análisis situacional. Además, facilita la comprensión de los procesos, ya que permite identificar los puntos donde se pueden aplicar mejoras, para hacer que estos sean más fluidos y evitar la duplicidad de tareas. Asimismo, tiene la ventaja de ser muy fácil de entender y permite la colaboración de los trabajadores para construirlo.

Ahora bien, existen muchas definiciones para esta herramienta, una de estas es la siguiente: “Es un modo de representar gráficamente flujos o procesos, es decir, representar la secuencia de pasos que se realizan para obtener un determinado resultado, así como las relaciones entre las diferentes actividades que lo componen a través de un conjunto de símbolos” (Miranda, Chamorro & Rubio, 2007: p. 76).

Según lo que mencionan los autores anteriores, el diagrama de flujo es la representación gráfica de los pasos que se realizan en un proceso en específico para obtener un resultado; por ejemplo, la línea de producción de un artículo “x”. A continuación, se muestra la Ilustración 4 de un diagrama de flujo.

Ilustración 4. Diagrama de flujo



Fuente: Miranda et al.

La Ilustración 4 muestra el ejemplo de un diagrama de flujo, en el cual se presentan tres funciones básicas. Al principio y final se establece dentro de un óvalo. Luego, en los rectángulos, se colocan las actividades realizadas a lo largo del proceso y, en los rombos, se plantean las decisiones que se toman, principalmente los requerimientos. Estos tres elementos son los más utilizados al momento de construir un diagrama de este tipo. Sin embargo, también se puede agregar documentación o alguna otra actividad menos común.







### 2.1.3.2 Diagrama de proceso

A diferencia del diagrama de flujo, el de proceso es mucho más descriptivo y detallado, como lo definen los autores en la siguiente cita:

El diagrama de proceso es un esquema gráfico que sirve para describir un proceso y la secuencia general de operaciones que se suceden para configurar el producto. Es un diagrama descriptivo que sirve para dar una visión general de cómo transcurre el proceso. (Suñé, Gil & Arcusa, 2004: p. 88)

Este tipo de diagrama tiene su propia simbología. En la ilustración 5 se presentan los elementos que la componen.

*Ilustración 5. Simbología: diagrama de proceso*

	Transporte: cualquier operación que implique el desplazamiento del producto de un lugar a otro.
	Almacenaje (o stock): depósito del producto en un lugar fijo durante un periodo de tiempo en general largo
	Espera (parecido al stock): el producto espera un tiempo (en general no muy largo) entre una operación y otra.
	Control: el producto sufre una inspección de cualquier tipo. En general se asocia con comprobaciones de calidad.
	Valor añadido: el producto sufre una transformación que le añade valor.
	Operación combinada. Se utilizan símbolos combinados para indicar operaciones simultáneas

Fuente: Suñé et al.

Según Suñé et al (2004, pp. 89-90), cada uno de los símbolos utilizados corresponde a la siguiente actividad.

Se divide en cinco actividades principales, cada una con un símbolo que la identifica. El punto número uno, el transporte, se refiere a cuando existe algún movimiento de la unidad producida. El almacenaje se indica cuando el producto queda guardado y a la espera de ser enviado a su destino final. La espera se da cuando existen demoras en el proceso, cuando hay material en espera para ser procesado. El control no contribuye a la elaboración del producto, sin embargo, es importante para comprobar si

cumple con los requerimientos. El valor añadido se presenta siempre y cuando el producto mejore y tenga un mayor valor hacia el cliente. La operación combinada es cuando varias actividades se realizan al mismo tiempo.

Por lo tanto, para poder construir un diagrama de proceso es necesario conocer las actividades que se realizan en el transcurso de las operaciones que generan un producto terminado, desde el momento en que se toman los materiales o materia prima hasta el almacenamiento final de la unidad. Es decir, se debe documentar el proceso para poder respaldar el diagrama y sustentar que tiene una fuente fidedigna. La mejor opción es hacerlo junto a la persona que realiza la actividad y aplicar la simbología que se muestra en la Ilustración 5 empleando la teoría.

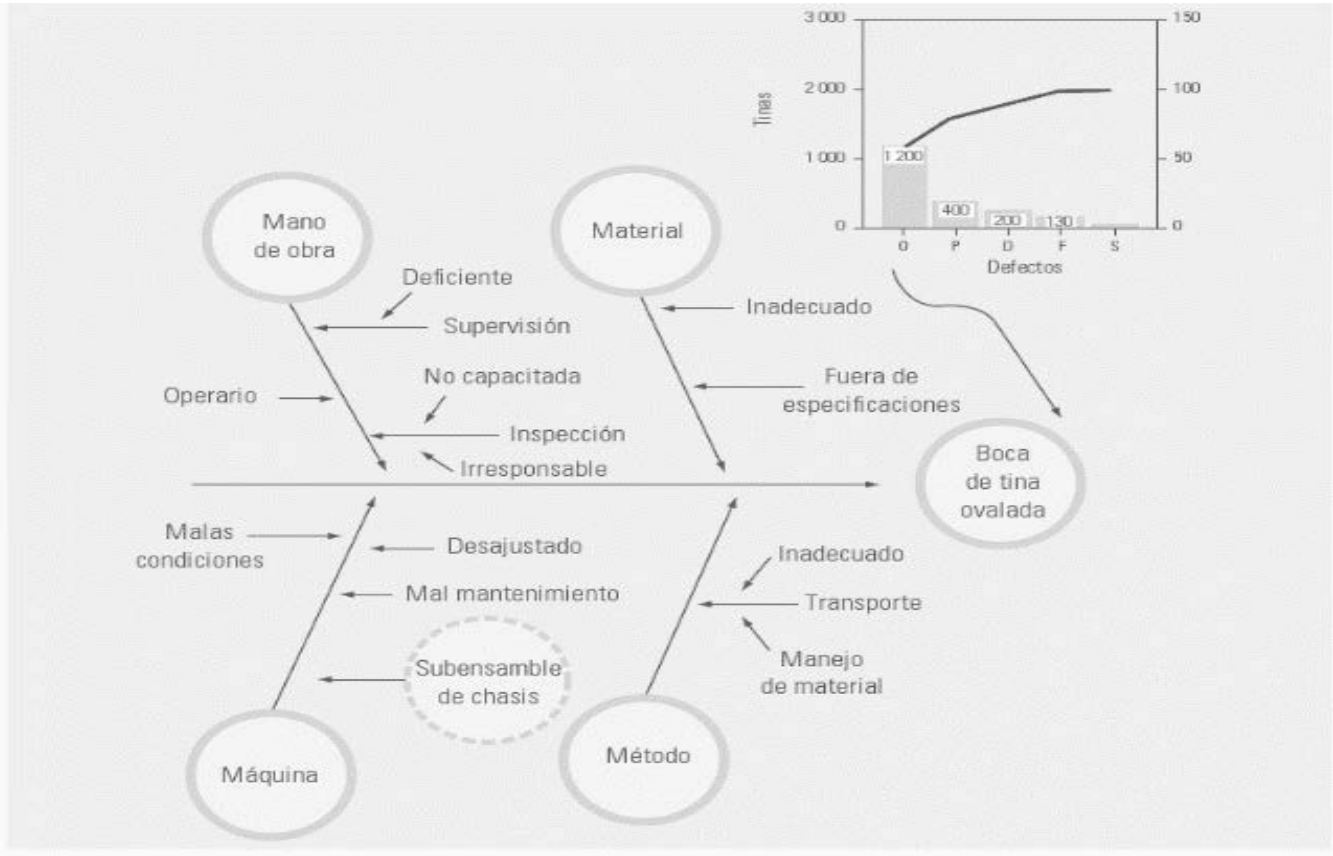
### 2.1.3.3 Diagrama de causa-efecto

Con el fin de identificar cuáles son las causas que actualmente están generando el problema dentro de la organización, en el proceso en estudio se acude a la utilización de este diagrama que, como lo define Gutiérrez (2010):

Una vez que se tenga definido el problema, delimitado y también localizado, dentro de la organización y que sea de importancia. Se puede proceder a utilizar esta herramienta, la cual ayuda a investigar las causas que provocan la situación. El diagrama de causa-efecto o diagrama de Ishikawa, es un método gráfico el cual busca hacer una relación entre un efecto (problema) y sus posibles causas. Esto con el fin de conocerlas e identificar cuáles son las más relevantes. (p. 192).

Con dicha herramienta se pueden observar, de forma más gráfica, los problemas o las causas que se pueden identificar en el estudio, es decir los responsables que contribuyen a la problemática. Para construir un diagrama causa-efecto es importante considerar la observación del proceso, la participación de las personas que están involucradas y realizar una lluvia de ideas, con el fin de obtener una mayor cantidad de datos. A continuación, en la Ilustración 6, se presenta un ejemplo de esta herramienta brindada por el mismo autor.

Ilustración 6. Diagrama causa-efecto



Fuente: Gutiérrez

En el ejemplo de la Ilustración 6, Gutiérrez considera cuatro puntos. Primero, la mano de obra que son los operarios, es decir si estos están calificados y cuál es su desempeño; luego, la máquina, en la que se consideran desajustes y malos mantenimientos; asimismo, el método se refiere a las actividades que generan el problema y, por último, se considera el material, dado que este puede no cumplir las especificaciones. Este es un ejemplo, sin embargo, al adaptarlo a un problema en específico se puede dar mayor cantidad de causas y además considerar otros aspectos como el medio ambiente y las mediciones.

#### 2.1.3.4 Diagrama de Pareto

Una vez realizado el diagrama de causa-efecto, es necesario conocer la frecuencia con que las causas se presentan a lo largo del proceso. Con esto se puede determinar cuáles representan un grado mayor en la problemática, es decir, qué tanto contribuyen a generar el problema. Esto basado en lo que menciona López (2016, p. 58):

El diagrama de Pareto consiste en una representación gráfica, similar al Histograma, de las posibles causas de un problema ordenadas según frecuencia (de mayor a menor), que permite identificar y priorizar las que tienen mayor probabilidad de haber ocurrido y descartar aquellas que tienen menos probabilidad de haber sido las causas reales.

Como bien lo explica la autora, se toman en cuenta aspectos relacionados con la estadística con el fin de obtener un resultado más fiable y con un respaldo numérico. También, sirve para tener una mejor perspectiva del problema, ya que, lo muestra de forma gráfica lo cual resulta más sencillo de entender.

Es importante mencionar que este diagrama toma como base el principio de Pareto, conocido como la regla 80:20, el cual establece que en un grupo de factores que colaboran en la formación de un problema solo una pequeña parte, el 20%, son los causantes de la mayoría del efecto en comparación con el resto que equivale al 80% (López, 2016, p. 58).

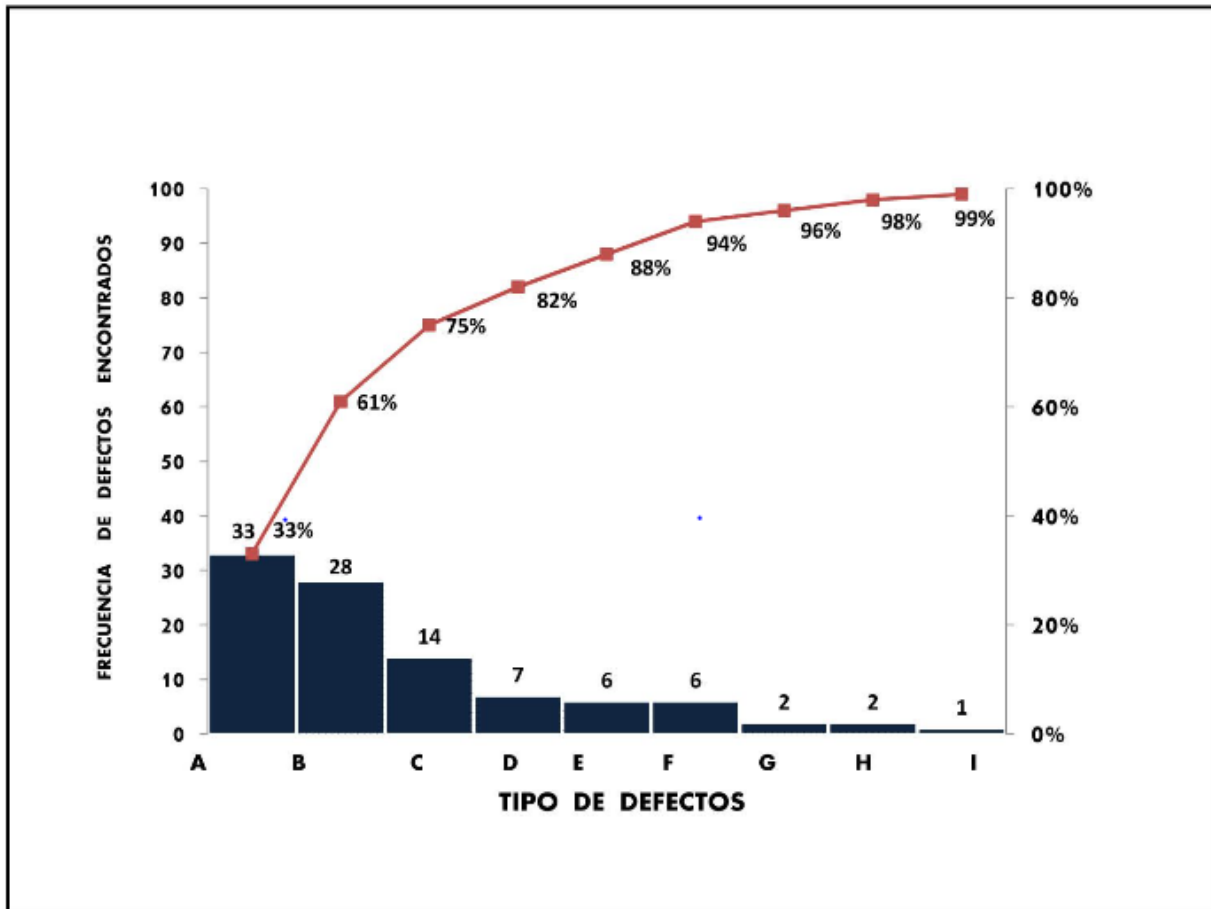
La información que se representa en un diagrama de Pareto, según lo redacta López (2016, p. 60) es la siguiente:

El diagrama muestra gráficamente, en forma de barras, los valores absolutos de cada causa y, en forma de líneas, las frecuencias acumuladas (resultado de ir sumando una frecuencia con la inmediata anterior).

La misma autora menciona, en el eje horizontal, que se representan las diferentes causas (de mayor a menor frecuencia); en los ejes verticales se representa el valor absoluto de la frecuencia (habitualmente a la izquierda) y el valor acumulado (a la derecha). Este último debe tener un valor entre 0 y 100 %.

A continuación, en la Ilustración 7, se muestra un ejemplo del diagrama de Pareto una vez realizado y con la explicación anterior.

Ilustración 7. Diagrama de Pareto



Fuente: López

Como se observa en la Ilustración 7 un diagrama de Pareto construido de forma correcta debe tener las características de este ejemplo.

### 2.1.3.5 Diagrama de Gantt

Una forma para organizar y proyectar las tareas por realizar a lo largo del proyecto es la utilización de una herramienta muy práctica y útil, conocida como diagrama de Gantt. “El diagrama de Gantt consiste en una representación gráfica de la extensión de las actividades

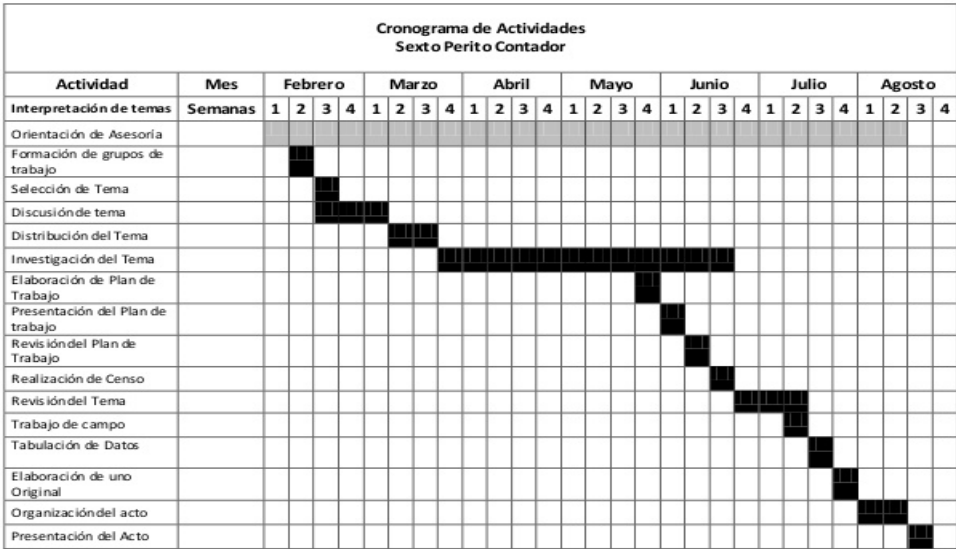
del proyecto sobre dos ejes: en el eje vertical se disponen las tareas del proyecto y en el horizontal se representa el tiempo” (Díaz, 2005, p. 149).

El diagrama de Gantt ayuda a ordenar de forma cronológica los pasos a seguir en el desarrollo del proyecto, desde el inicio o el planteamiento hasta sus instancias finales. Como bien lo menciona el autor, se relacionan las actividades con sus respectivas duraciones. Según Díaz (2005, p.149), los pasos a seguir para elaborar un diagrama de Gantt son los siguientes:

- Dibuje los ejes horizontal y vertical.
- Escriba el nombre de las tareas sobre el eje vertical.  
Dibuje los bloques correspondientes a las tareas que no tienen actividades precedentes. Ubíquelos de manera que el lado izquierdo de los bloques coincida con el instante cero del proyecto (su inicio).
- Dibuje los bloques correspondientes a las tareas que solo dependen de las tareas ya introducidas en el diagrama. Se repite este punto hasta haber dibujado todas las tareas.

Ya definidos los pasos a seguir, se puede realizar un diagrama de Gantt, el cual permite ver cómo este quedará. Sin embargo, el diagrama varía según la cantidad de tareas y la dependencia entre ellas. La Ilustración 8 es un ejemplo de esto.

*Ilustración 8. Diagrama de Gantt*



Fuente: El autor

Se logra apreciar en la Ilustración 8 que las tareas se ordenan según lo planificado, con su respectiva fecha de inicio y final, además de la duración. Al final se presentan las barras que permiten controlar el seguimiento de las actividades.

#### 2.1.3.6 Población

Es necesario conocer la población que está bajo estudio, es decir lo que se va a medir. También, es fundamental determinar qué tipo de población es y así darle el tratamiento adecuado. Existen dos tipos la finita y la infinita, Cárdenas (2014, p. 25) las define como:

La población finita es aquella en la que se puede determinar el número total de elementos u observaciones.

La población infinita a diferencia de la población finita, es aquella en que no se puede conocer el número total de elementos, objetos u observaciones que la componen.

#### 2.1.3.7 Muestra

Determinar el tamaño de muestra es sumamente importante para el correcto análisis del estudio de tiempos, ya que esto afecta qué tan confiable y preciso será el estudio realizado. Debido a ello es necesario que, para cada una de las operaciones del proceso establecidas para analizar, se calcule el tamaño de la muestra. Para esto se utiliza el método estadístico, a continuación, se presenta su explicación.

#### 2.1.3.8 Método estadístico

En general se entiende por muestra estadística todo procedimiento de selección de individuos, procedentes de una población objetivo, que asegure, a todo individuo componente de dicha población, una probabilidad conocida, de ser seleccionado; esto es, de forma parte de la muestra que será sometida a estudio (Rodríguez, 2005, p. 82).

Es un método comúnmente utilizado para los estudios de tiempos. En primera instancia, se toma cierta cantidad de observaciones preliminares (10) y posteriormente se aplica la fórmula mostrada en la Ecuación 1 para conocer la adecuada.

### Ecuación 1

$$n = \left( \frac{t \cdot s}{k \cdot \bar{x}} \right)^2$$

Fuente: Niebel y Freivalds

En la Ecuación 1:

n = tamaño de la muestra que se desee determinar.

n' = número de observaciones del estudio preliminar. (Se calcula la t en la tabla t-student- la cual es una distribución de probabilidad que surge del problema estimar la media de una población normalmente distribuida cuando el tamaño de la muestra es pequeño).

K = Error.

x' = Promedio de los valores.

S = Desviación estándar de la muestra.

Es importante tomar en cuenta que las observaciones deben realizarse durante varios ciclos, con el fin de que en el registro de tiempos queden en evidencia los elementos casuales que pueden surgir durante el desarrollo diario del proceso que se está analizando.

## 2.2 Marco conceptual relativo a la gestión de proyecto

### 2.2.1 DMAIC

Se recuentan las diferentes fases que van a ser utilizadas en el proyecto, por lo que se utiliza la metodología DMAIC, la cual se explica a continuación.

DMAIC es un acrónimo (por sus siglas en inglés: Define, Measure, Analyse, Improve Control) utilizado en la metodología: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar. Es una herramienta de la metodología Six Sigma que se enfoca en la mejora continua y que ayudará en los procesos existentes dentro de Theragenics Costa Rica. Esta herramienta sirve para

definir, medir, analizar, mejorar y controlar los datos obtenidos durante la investigación y, de esta manera, mejorar el proceso.

### **Los 5 pasos:**

**Definir:** define los principales procesos de la línea del catéter TearAway, los cuales causan mayor impacto en el bajo rendimiento. El mal rendimiento de esta línea de producción es crítico por la cantidad de pérdidas económicas que provoca y la imposibilidad de lograr el volumen meta.

**Medir:** el objetivo principal de este paso es medir el desempeño actual de cada uno de los procesos de la línea del catéter TearAway y diseñar un plan a partir del cual se produce cada defecto.

**Analizar:** se llevará a cabo el análisis de la información recolectada para determinar los procesos que producen la mayor cantidad de defectos e identificar las oportunidades de mejora.

**Mejorar:** se diseñan soluciones que ataquen la causa-raíz de los defectos en cada proceso y se implementa el plan.

**Controlar:** una vez corroborado que las soluciones funcionan, es necesario implementar controles para asegurar que los procesos se mantengan. El nuevo proceso será documentado y comunicado.

## **2.3 Marco conceptual referente al impacto del proyecto**

### **2.3.1 Costo-beneficio**

Según lo indica Toro (2016, p. 6), en su libro referente a los costos y presupuestos, “que consiste, en breves términos, en seleccionar entre varias alternativas la que mejor contribuya al logro de los objetivos financieros de una empresa y sobre la base de los costos de desarrollo de cada una de éstas”.

Sin ninguna duda, el factor económico es uno de los más determinantes al momento de tomar una decisión. Por lo tanto, resulta importante realizar un análisis costo-beneficio con el

que se puedan evaluar los distintos escenarios que se plantean para solventar el problema, que se cuantifique el costo en que se debe incurrir y, también, el beneficio esperado. Con esa información la gerencia puede decidir cuál se ajusta a sus necesidades y su presupuesto.

Para poder calcular esta relación, se toman los beneficios (B) totales del proyecto y se dividen entre los costos (C) que se necesitan para llevar a cabo la mejora, lo que se escribe B/C. Si el resultado es positivo significa que los beneficios superan los costos, por el contrario, un valor negativo indica que los costos son mayores. Finalmente, si se obtiene un resultado que muestre que tanto los beneficios como los costos son iguales quiere decir que no hay pérdida, pero tampoco ganancias, al menos, de dinero.

## 2.4 Antecedentes del proyecto o experiencias semejantes

A lo largo de la historia, las personas han desarrollado métodos e instrumentos para definir y mejorar las normas de actuación de sus organizaciones e individuos. El mejoramiento continuo, más que un enfoque, es una estrategia y, como tal, constituye una serie de programas generales de acción y despliegue de recursos para lograr objetivos completos de manera progresiva. En la actualidad, el mejoramiento continuo es un sistema que posee entradas, procesos y salidas que deben mejorarse y retroalimentarse constantemente con la intención de satisfacer diariamente las necesidades reales de los clientes y superarlas, pues permite que el cliente le dé una valoración mayor y así conseguir el éxito dentro de una economía de mercado.

Una de las herramientas más usadas en el mejoramiento continuo lo constituyen los proyectos de mejora, ya que les permite a las organizaciones detectar oportunidades de mejora y desarrollarlas para la consecución de sus objetivos.

Este proyecto es importante, ya que facilita los cambios necesarios en los procesos productivos, orientados al mejoramiento, bajo un enfoque sistémico, multidisciplinario y con las bases metodológicas para optimizar, planificar e implantar mejoras en la calidad y la productividad mediante el uso de métodos y técnicas específicos para cada proceso de la línea y evaluarlos mediante el empleo de sistemas de control basados en la medición.

# **CAPÍTULO III**

## **Marco Metodológico**

En este capítulo, se define el tipo de investigación que se realizará en el proyecto, además de las variables a estudiar, las herramientas y la muestra, entre otros aspectos, con el fin de conocer cómo se trabajará en el muestreo de los datos y definir las variables. A continuación, se presenta el enfoque con el que se va a desarrollar el trabajo.

## Enfoque

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. (Hernández, Fernández & Baptista, 2014: p. 7)

El enfoque cuantitativo representa un conjunto de procesos, es secuencial y probatorio, por lo que se no puede eludir ninguno de sus pasos. El orden a seguir es riguroso, pero sí se puede redefinir alguna fase. Parte de una idea que va acotándose y de la que, 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 mediante el uso de métodos estadísticos y se extrae una serie de conclusiones en relación con las hipótesis (Hernández et al, 2014, p.4).

Hernández et al. (2014, p. 534), “resumen 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”.

El tipo de enfoque con el que se va a desarrollar el proyecto a lo largo de su duración es de tipo cuantitativo, debido a que las variables a estudiar en el trabajo deben ser cuantificadas, es decir, ser medibles. En este caso, serán medidos los defectos de los procesos en la línea de producción, con el fin de conocer cada uno de ellos y del total del proceso. Para esto es necesario realizar una descripción de los procesos, la cual permita conocerlos e identificar la variable o las variables del estudio. Asimismo, se busca que el estudio sea lo más objetivo posible, sin dejar espacio para especulaciones o teorías.

## Diseño (alcance)

- “Investigación exploratoria: se emplea 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: asocia variables mediante un patrón predecible para un grupo o población” (Hernández et al, 2014, p. 93).
- “Investigación explicativa: pretende establecer las causas de los sucesos o fenómenos que se estudian” (Hernández et al, 2014, p. 95).

El alcance de este proyecto es de tipo descriptivo, esto se debe a que en este caso se describen los procesos, para conocer sus características en relación con la duración de cada tarea en la línea de producción. Además, y relacionado con el punto anterior, es fundamental definir las variables que se van a estudiar en la investigación, ya que estas permitirán conocer las tendencias que se estén presentando.

También, es una investigación de tipo explicativa, dado que se realiza un estudio para determinar las causas. En este caso, se pretende determinar las causas que afectan el rendimiento y cómo estas repercuten en la operación en la línea de producción.

### 3.1 Metodología para la definición del problema

Esta es la fase inicial del proyecto y, para la determinación del problema, en primera instancia se realizó una reunión con la gerencia de la empresa en la cual se planearon las actividades y los objetivos contemplados en la Tabla 2.

*Tabla 2. Actividades y Objetivos*

Actividades y Objetivos	Objetivo	Contacto
Reunión con el responsable de la línea.	Conocer la meta de rendimiento que tiene la empresa y los datos generales actuales con respecto a la meta.	Departamento de producción.
Recolección de datos del rendimiento de la línea.	Conocer el rendimiento real basado en el historial de cada mes.	Departamento de ingeniería.
Reunión con el responsable de calidad.	Conocer los defectos por los cuales el material se desecha.	Departamento de calidad.
Realizar un diagrama de flujo proceso.	Conocer el proceso y entender dónde se generan los defectos para una mejor comprensión de los procesos.	Departamento de producción.
Realizar un diagrama de proceso.	Conocer el proceso y la secuencia general de las operaciones que se suceden para configurar el producto.	Departamento de ingeniería y producción.
Analizar la familia de productos.	Conocer los procesos de las diferentes tallas y longitudes.	Departamento de ingeniería y producción.

Fuente: El autor

La empresa ha realizado estudios del rendimiento y la productividad con los reportes de la producción actual en los cuales es claro que los indicadores visualizan un rendimiento pobre.

A continuación, se detallan el proceso de definición del problema encontrado en la línea, las actividades y las personas o departamentos responsables.

Tabla 3. Definición

Etapa	¿Qué se realiza?	¿Quién lo realiza?	Actividades	Herramientas	Resultados
Definir	-Se realiza el proyecto de mejora.	-Responsable de la línea y desarrollador del proyecto.	-Se conoce la meta de rendimiento y la productividad. -Se identifican los defectos que causan el mal rendimiento. -Se conoce el flujo del proceso.	-Reportes de historiales de producción y rendimiento. -Diagrama de flujo o diagrama de proceso.	-No existe un diagrama de flujo o de proceso en un procedimiento que pueda seguirse. -No se conoce, en detalle, en cuál de los procesos se produce la mayor cantidad de defectos ni cuál es su causa-raíz. -Existe la posibilidad de identificar los defectos que causan la mayor cantidad de desecho y disminuirlos.

Fuente: El autor

En el inicio del proyecto se necesita mucha información por parte de los colaboradores de la empresa y, también, acceso a la información y a los procesos de la línea. La práctica actual se debe conocer bien para poder realizar las actividades y utilizar las herramientas

### 3.2 Metodología para la medición y el respaldo cualitativo del proyecto

A continuación, se detalla el proceso de medición y el análisis en la línea de catéteres TearAway.

*Tabla 4. Medición*

Etapa	¿Qué se realiza?	¿Quién lo realiza?	Actividades	Herramientas	Resultados
Medir/ Analizar	-Se realiza el estudio de los diferentes defectos que provocan el mal rendimiento y la baja productividad.	-Responsable de la línea. -Desarrollador del Proyecto.	-Conocimiento del rendimiento y la productividad actual. -Realización del plan para la recolección de datos. -Recolección de datos. -Análisis de datos. -Identificación de los defectos por proceso.	-Reportes de historiales de producción y rendimiento. -Diagrama de Pareto.	-Se obtiene conocimiento del rendimiento y la productividad actual versus la meta. -Se identifican los defectos mayores donde se producen estos. -Se identifica dónde deben concentrarse los recursos para disminuir los defectos y aumentar el rendimiento y la productividad.

Fuente: El autor

Esta sección se enfoca en la medición y análisis de los datos que se recopilan, de este modo se conocen las debilidades y las oportunidades de mejora.

### 3.3 Metodología para los proyectos de mejora, construcción o implementación de un nuevo proceso, producto o servicio

A continuación, se detalla el proceso de mejora en la línea de catéteres TearAway.

*Tabla 5. Mejora*

Etapa	¿Qué se realiza?	¿Quién lo realiza?	Actividades	Herramientas	Resultados
Mejora	-Identificación de las soluciones al problema detectado	-Desarrollador del proyecto.	-Identificación de las causas que afectan el proceso. -Se seleccionan y se tratan de mejorar las causas mayores.	-Diagrama de Pareto. -Entrevista. -Historial de datos.	-Se implementarán las soluciones y las mejoras a los procesos de la línea de TearAway en los que se identificarán las causas-raíces y se valorarán los defectos por estación.

Fuente: El autor

La mejora se enfoca en la visión que se tiene para cada proceso de la línea de manufactura de catéteres TearAway, lo que permite identificar la causa-raíz de los defectos por estación y los ataca en el momento para poder disminuirlos lo cual tendrá como resultado un mejor rendimiento y productividad.

### 3.4 Metodología para la implementación del proyecto

La implementación del proyecto se realizará acorde a las herramientas de la siguiente tabla. Estas permitirán ver los diferentes problemas que se presentan en la línea y así lograr entender su flujo con el fin de lograr la mejora.

Tabla 6. Implementación

Etapa	¿Qué se realiza?	¿Quién lo realiza?	Actividades	Herramientas	Resultados
Implementación	Implementación de la mejora del proceso	Desarrollador del Proyecto Encargado de la línea	<p>Se toma como punto de referencia la situación actual y se implementan las mejoras, se monitorea por hora, turno y diariamente.</p> <p>-Se monitorean los defectos y se miden por hora, turno y diariamente.</p> <p>-Se implementan los controles de desecho y se le envían a los encargados</p>	<p>-Diagrama de Pareto</p> <p>-Entrevista</p> <p>-Formularios de control</p>	<p>-Visualización del rendimiento del proceso por hora, turno diariamente.</p> <p>- Control de desecho y ataque a los problemas justo a tiempo</p>

Fuente: El autor

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

En esta etapa final del proyecto se pretende evaluar las acciones implementadas mediante la realización de las propuestas. Además, se analizarán los resultados obtenidos con la finalidad de determinar la situación anterior y evidenciar los cambios. Una vez en marcha el proyecto, se verificarán los puntos propuestos que se realicen o se determinará si hay necesidad de modificarlos para que se ajusten mejor al proceso.

*Tabla 7. Control*

Etapa	¿Qué se realiza?	¿Quién lo realiza?	Actividades	Herramientas	Resultados
Control	-Se llevan a cabo las actividades necesarias para asegurar que las soluciones perduren en el tiempo.	-Desarrollador del proyecto.	-Se lleva cabo el plan de control de rendimiento. -Se evalúa el monitoreo y el reporte de datos. -Se evalúa que la información de los encargados se dé en tiempo real y de manera que se pueda actuar de inmediato cuando se presente una alteración anormal.	-Gráfico de control. -Pizarra con datos de rendimiento. - Reporte a los encargados.	-El uso de la pizarra de monitoreo les deja saber a los distintos colaboradores cuál es su rendimiento y si existe un problema en un momento dado. Por su parte, los gráficos de control les darán a los encargados la información precisa sobre estatus real del rendimiento y la productividad.

Fuente: El autor

La información que se brinda en la tabla anterior permite mejorar el control del rendimiento de la línea de catéteres TearAway y, por ende, la productividad. Esto tendrá un beneficio para Theragenics ya que, económicamente hablando, las metas se cumplirán, se reducirá el costo actual del desecho y el incremento de la productividad dará otro beneficio, el cual consiste en más ventas para la empresa.

La responsabilidad del seguimiento del nuevo proceso y de su cumplimiento le corresponde al responsable de la línea, el cual deberá monitorear diariamente los gráficos, los reportes y las pizarras para asegurar un rendimiento aceptable en tiempo real.

## **CAPÍTULO IV**

### **Línea base y análisis de causa**

## 4.1 Diagnóstico de la situación actual de la línea TearAway

En este capítulo se desarrollarán las herramientas propuestas para realizar un diagnóstico objetivo de la situación actual de la empresa. Se busca determinar las causas que afectan o contribuyen a la problemática que se intenta solventar en el proyecto, para brindar una solución viable con respecto a los intereses de la compañía.

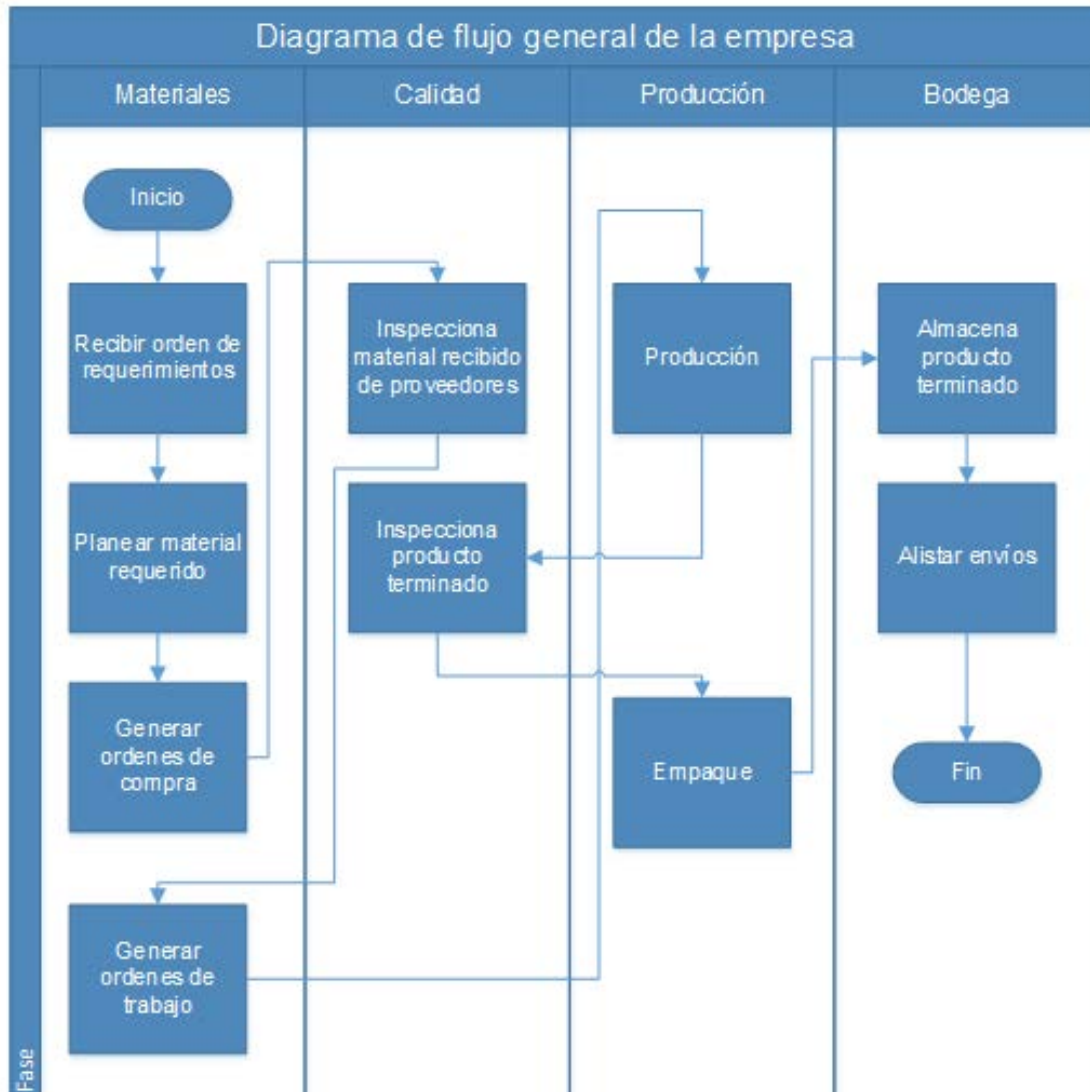
De forma inicial, se realiza una descripción de las actividades ejecutadas de forma cotidiana por la compañía, con el fin de entender el flujo de estas hasta enfocarse en las operaciones de interés estudiadas a lo largo de la investigación.

Como primera instancia, y de forma general, se comienza por conocer la estructura de la empresa en cuanto a sus departamentos y cómo se establecen dentro de la empresa.

### 4.1.1 Funcionamiento de la empresa

Para iniciar el análisis de la situación actual y conocer cuál es el orden de las actividades diarias de la empresa y del responsable a cargo de dichas tareas, se procede a configurar un diagrama que permita observar de forma general cómo se dan las labores operacionales. Esto es importante porque permite conocer la empresa y sus actividades. A continuación, en la Ilustración 9 se observa el diagrama de flujo que muestra las operaciones de la empresa de cada uno de los departamentos que la conforman.

Ilustración 9. Diagrama de flujo operaciones de la empresa



Fuente: El Autor

En la Ilustración 9 se presenta el diagrama de flujo, en el que se muestran las tareas realizadas por cada uno de los diferentes departamentos que existen en la empresa. Se puede observar todas las actividades que se dan desde la orden de producción hasta el despacho del producto final. Así mismo, el diagrama se divide en los responsables de las tareas y las funciones que les corresponden.

Como se mencionó anteriormente, la compañía tiene su casa matriz fuera del país, por lo que, al momento de iniciar con todo su proceso de trabajo, esta depende de las órdenes o requerimientos que recibe por parte de los mandos superiores. Una vez llegada la orden, el equipo de materiales inicia con su trabajo de planear los insumos que serán requeridos para cumplir con la producción asignada para el correspondiente mes. Posterior a ello, se genera la orden de compra para iniciar con las cotizaciones y formalizar la compra de los materiales e insumos necesarios.

Después de realizar el proceso de compra y la materia prima llega a la empresa le corresponde al Departamento de Calidad hacer la inspección del producto que ingresa para verificar que, efectivamente, es lo requerido y que cumple con los estándares exigidos por la compañía. Cuando este departamento le da el visto bueno al producto, se genera la orden de trabajo para cada producto, la cual se mueve a lo largo de la producción de las unidades, para un mayor control del proceso productivo. A continuación, el Departamento de Producción recibe la orden de trabajo e inicia la manufactura del producto. Esta última área en donde se enfoca el proyecto, específicamente en la línea TearAway.

A partir del flujo estructurado, se observa que el Departamento de calidad debe inspeccionar el producto terminado. Cabe resaltar que, debido al uso que este tiene en el campo médico, los requisitos de los estándares de calidad que se deben cumplir son sumamente altos y exigentes, de ahí la importancia de que el proceso se haga bien desde el comienzo. Una vez verificado por los encargados del Departamento de Calidad, el producto se empaca en un cuarto limpio y se pasa a la bodega de producto terminado. Finalmente, se alistan los envíos y estos quedan a la espera de ser transportados a su destino final.

Según lo expuesto anteriormente, ya se conoce el funcionamiento de forma macro de los sectores que componen el proceso realizado por la compañía. Ahora es el momento de profundizar en el área de producción en donde se pretende enfocar el proyecto y analizar los defectos, de manera más rigurosa, con el fin de obtener una solución que aporte beneficios para la organización de las diferentes operaciones donde se están produciendo partes defectuosas, las cuales representan un 20% de la producción actual. Este cálculo se hace

dividiendo la cantidad de unidades completadas entre las planeadas, cuando las producciones finales son agregadas al sistema SAP de la empresa.

#### 4.1.2 Historial mensual de defectos

A continuación, se evidencia la cantidad y el porcentaje de producto defectuoso durante los meses de enero a junio de 2018, los que se calcula dividiendo las unidades desechadas entre el total producido. La información con la que cuenta Theragenics solamente brinda datos sobre la cantidad de defectos y el rendimiento, pero no existe información específica de los defectos.

Tabla 8. Defectos reportados de enero a junio de 2018

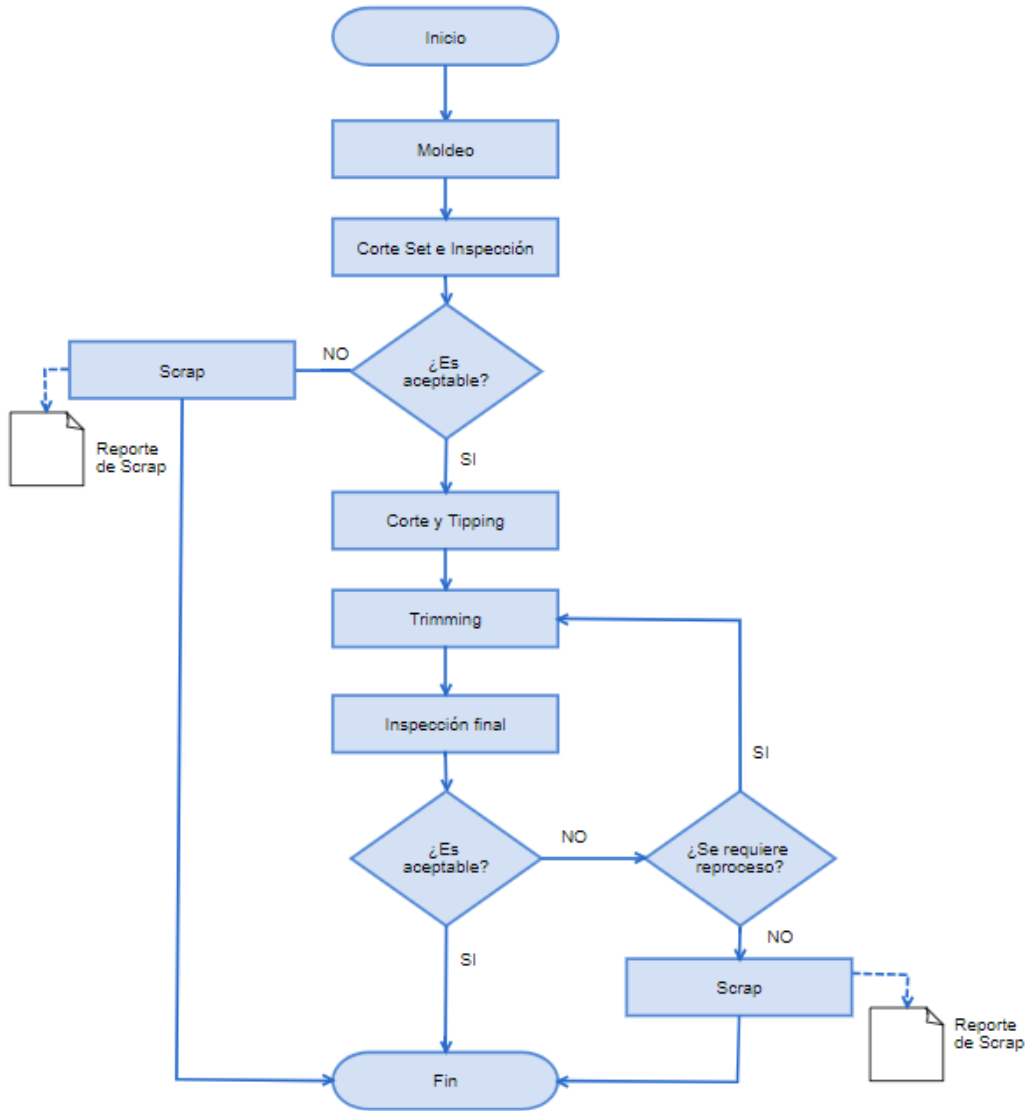
Mes	Producido	Desechado	Rendimiento
January-18	103 280	20 450	80%
February-18	109 300	19 564	82%
March-18	107 500	19 350	82%
April-18	110 500	24 310	78%
May-18	102 400	21 504	79%
June-18	109 300	21 970	80%

Fuente: El autor

#### 4.1.3 Proceso productivo de la línea TearAway

Para poder efectuar un estudio de los diferentes procesos en los que se produce material defectuoso, en primera instancia, es vital conocer el proceso que se va a medir. Por lo tanto, se plantea el diagrama de proceso que se ejecuta en la elaboración del producto. Este se muestra y se explica en la Ilustración 10.

Ilustración 10. Diagrama de proceso de la línea TearAway



Fuente: El Autor

En la Ilustración 10 se muestran los procesos por los cuales el producto debe pasar para ser fabricado. Cada uno de ellos representa una estación de trabajo y el orden de las tareas hechas por los operarios hasta terminar el producto.

El proceso se divide en cinco distintas áreas y cada una de ellas tiene sus propias actividades. De manera general, primero, se presenta el moldeo que es cuando se inyecta el plástico polipropileno que conforma la estructura de la unidad. Luego, se inspecciona el producto para verificar si cumple o no con los requerimientos. En el proceso de *tipping* se utiliza una máquina que calienta las puntas de la unidad para obtener una configuración más refinada. Seguidamente, en el proceso de *trimming*, con la utilización de una cuchilla tipo hoja de afeitar, se termina de perfeccionar la punta. En última instancia se vuelve a inspeccionar el producto y se empaca en su cubierta final.

Más adelante se hará un análisis más detallado del flujo de las actividades a seguir para obtener el producto terminado.

#### 4.1.4 Producto de la línea TearAway

Las unidades que se producen en la línea productiva TearAway se componen, en su totalidad por material plástico. A continuación, se muestran los dos elementos que se introducen en la prensa de inyección de plástico, los cuales provienen de procesos anteriores que, finalmente, se unifican en la línea para obtener el producto final.

*Ilustración 11. Muestra de bucket*



Fuente: El Autor

En la Ilustración 11 se muestra una pequeña pieza de resina plástica que se coloca en el cargador para ser introducido en la moldeadora. Existen distintos tamaños según corresponda la talla que será elaborada en el moldeo. Las tallas que se manejan son 4, 5, 6, 7,8, 9, 10 y 16 French (unidad de medida de la empresa).

Para efectos de este proyecto, y según los operarios y la ingeniera, las tallas se agrupan de forma consensuada de la siguiente manera: (4,5) **A**, (6, 7, 8) **B**, (9; 10) **C** y (16) **D**. Esto debido a que las medidas son muy similares y, por lo tanto, se agrupan de ese modo. La segunda pieza es el tubo con *heading* que se muestra en la Ilustración 12.

*Ilustración 12. Muestra de Heading*



Fuente: El Autor.

Después de haber colocado el *bucket* en el cargador, se une el tubo con el *heading* que se muestra en la Ilustración 12. Una vez situados estos dos elementos en la base utilizada para inyectar el plástico, se introducen en la máquina de inyección para unificar ambas piezas, además se agrega el material en el molde de cada talla.

A continuación, se presenta la Ilustración 13 con el cargador que funciona como base, para los dos elementos mostrados anteriormente, al momento de ingresar a la moldeadora.

*Ilustración 13. Cargador*

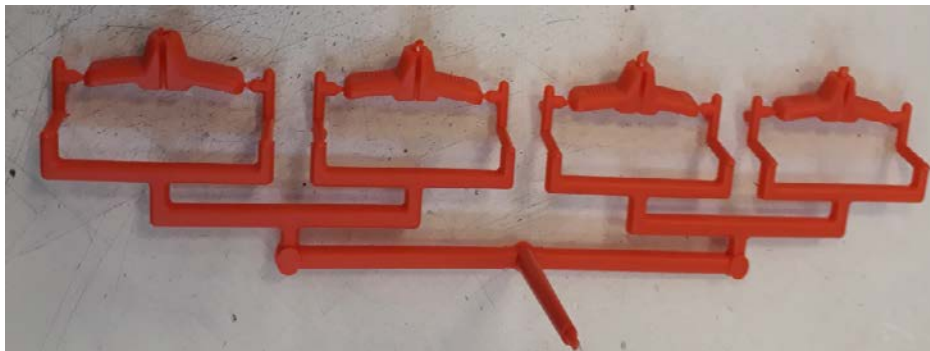


Fuente: El Autor

Como se puede observar en la Ilustración 13, se colocan las primeras unidades mencionadas para su correspondiente moldeo. El cargador tiene una capacidad de cuatro piezas por corrida y el resultado es llamado *runner*, según la terminología de la empresa.

Seguidamente, se establece una fotografía de runner en la Ilustración 14.

*Ilustración 14. Runner*



Fuente: El Autor

Finalmente, las cuatro unidades, como se ve en la Ilustración 14, son cortadas para eliminar el excedente de material plástico y así queda expuesta la unidad que, en este caso, es un catéter después de pasar por el proceso productivo en la línea TearAway. El catéter se observa en la Ilustración 15.

*Ilustración 15. Catéteres*

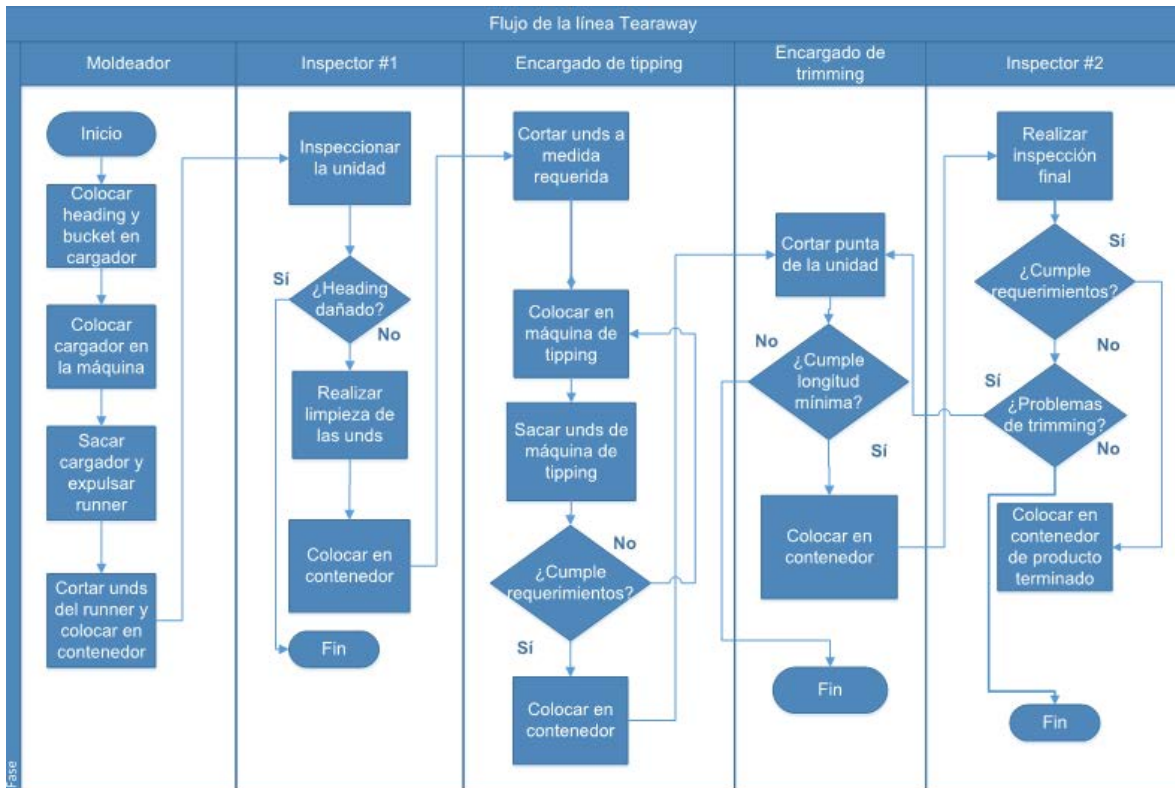


Fuente: El Autor

En la Ilustración 15 se presenta la unidad producida en la línea que está en estudio y de la cual que pretende conocer el tiempo estándar y los diferentes defectos, entre otros aspectos. Por ejemplo, aquí se muestra la talla más pequeña, la de 4 French. Las demás son iguales en aspecto, pero varían en tamaño, grosor y color, ya que cada una tiene uno propio para poder identificar mejor cada pieza y, así, evitar confusiones.

Con el conocimiento, por medio de fotografías, de los elementos físicos que están involucrados en el proceso se continúa con la explicación del diagrama de flujo en la línea productiva. Este se puede visualizar en la Ilustración 16.

Ilustración 16. Diagrama de flujo de la línea TearAway



Fuente: El Autor

En la Ilustración 16 se muestran los pasos a seguir por parte de cada operador en las estaciones de trabajo. Además, se presenta el orden que sigue el flujo al momento de producir las unidades en la línea productiva con su respectivo responsable.

Es importante mencionar que el proceso realizado en la línea es, en su mayoría, manual; solamente el proceso de inyección de moldeo del cubo y el *tipping* del tubo son automatizados, mientras que los cortes, las inspecciones y el *trimming* son manuales, por lo que los trabajadores deben utilizar sus destrezas para realizar una operación de alta calidad. El inicio de las tareas es, precisamente, en el área de moldeo. La persona que trabaja ahí tiene a su cargo dos responsabilidades, la primera es montar las piezas del tubo con *heading* y el *bucket* en el cargador con un total de cuatro unidades; posteriormente este se coloca en la máquina y

se realiza el moldeo. Una vez hecho esto se debe sacar el cargador de la moldeadora y cortar del *runner* las unidades para que queden libres.

Después de haber completado las operaciones anteriores, las unidades son inspeccionadas. De esta manera, se revisan seis unidades de cualquier talla, para lo cual los operarios las colocan entre su dedo índice y cordial con el fin de tener un mejor manejo de las piezas. Con la ayuda de un visor, que funciona como una lupa, la persona tiene una mejor visibilidad lo que le permite identificar imperfecciones o daños en la unidad; también utiliza sus dedos para verificar posibles desperfectos. Si alguna pieza no cumple con los requisitos se desecha; por el contrario, si únicamente requiere una limpieza, esta se hace y se procede a la siguiente estación de trabajo.

En el transcurso de la tarea de *tipping*, el encargado realiza varias operaciones. Primero, toma dos unidades a las que les debe realizar un corte en el *heading* para reducir su longitud, pues cada talla tiene un tamaño determinado. Luego, el operario coloca, por el interior de cada catéter, un mandril (pieza de metal rígido), acomoda las unidades en la máquina de *tipping* que calienta las puntas del producto y las moldea. Finalmente, el operario las saca e inspecciona el resultado. Si está conforme con los requerimientos, coloca el producto en el contenedor para que siga el proceso, de lo contrario debe volver a colocar la pieza en la máquina de *tipping* para repararle la punta.

La penúltima operación en la línea en estudio es la de *trimming*. Primero, es importante acotar que, en las tallas más pequeñas (A) y la más grande (D), la tarea se realiza tomando de una en una las unidades; las tallas B y C se trabajan con grupos de seis piezas que se colocan en la mesa de trabajo, pero, de igual forma, solo se le puede hacer el proceso de *trimming* a una pieza a la vez. Esta situación es así porque, según el encargado, las tallas pequeñas se deben tratar con cuidado, ya que pueden dañarse, por lo tanto, se prefiere trabajar una a la vez. Las piezas de mayor tamaño, también, se manipulan de manera individual para evitar botarlas al suelo, ya que están todas en la mesa de trabajo y si se caen tendrían que ser desechadas.

El *trimming* consiste en recortar, en la punta de cada unidad, el exceso de plástico que queda de la actividad anterior. El corte se realiza con una hoja de afeitar, ya que permite un corte más fino; posteriormente se verifica que la pieza cumple con el tamaño mínimo requerido

pues, de ser inferior, se desecha la unidad. Si la medida es correcta se coloca en el contenedor para que siga el flujo del proceso.

Por último, y para darle fin al flujo de proceso, las unidades son inspeccionadas por segunda vez. Al igual que en la primera inspección, se revisan seis unidades a la vez. Los operarios cuentan con el visor de aumento para una visión más clara de la pieza, además del soplador de aire para limpiar cada unidad. Cuando se detecta algún fallo que no puede ser solucionado o que no cumple con los requisitos, el producto es desechado. También, se presentan problemas del área de *trimming*, por lo que la unidad se devuelve a la estación anterior para ser reprocesada y solucionar el inconveniente. Finalmente, el *heading* de cada unidad se coloca en una cubierta plástica y, ahí, terminan las operaciones de la línea TearAway.

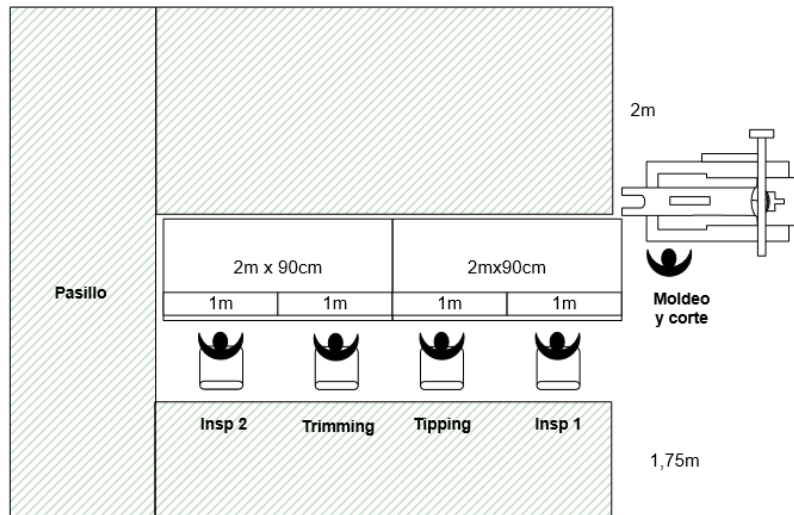
#### 4.1.5 Estaciones de trabajo

Después de haber analizado las operaciones que se desarrollan en la elaboración del producto en la línea y al conocer de qué forma los colaboradores realizan sus operaciones se logra comprender mejor el funcionamiento que se da día a día en la producción del catéter.

Ahora bien, también, es importante conocer la forma o distribución física que tiene la línea de producción. La Ilustración 17 permite identificar si el camino que recorre el producto, al momento de ser fabricado, tiene un flujo lógico que contribuye a aprovechar de mejor el tiempo y evitar desplazamientos innecesarios que se cruce o se corte el traslado de las unidades entre las operaciones que se desarrollan durante la producción.

Los puestos de trabajo tienen una dirección hacia el pasillo del edificio, es decir, las operaciones inician desde el interior y se mueven hasta llegar a la vía de tránsito en la zona de producción. Esto es así porque en el fondo se encuentra la máquina de moldeo y esta necesita espacio para ser alimentada de materia prima para manufacturar las partes plásticas. Después, los siguientes puestos de trabajo no requieren mucho espacio, por lo tanto, pueden estar juntos de forma consecutiva. Se trabaja sobre dos mesas que comprenden una gran área de trabajo.

Ilustración 17. Distribución de línea



Fuente: El Autor

#### 4.1.5.1 Moldeo

La primera estación de trabajo es la de moldeo, como se explicó en el diagrama de flujo. En esta operación, se colocan en el cargador dos piezas previamente fabricadas en otras líneas productivas. Posteriormente, se inyecta la resina plástica que les da forma a las unidades que serán procesadas en la línea de producción. En la Ilustración 18 se presenta la estación mencionada.

### Ilustración 18. Máquina de moldeo



Fuente: El Autor

En la Ilustración 18 se observa la máquina de moldeo. Sobre el tapete negro con los bordes amarillos se posiciona el operario, quien coloca su cuerpo viendo hacia la izquierda, donde se encuentra la mesa de trabajo; ahí monta las piezas en el cargador y luego voltea hacia su derecha para introducir el cargador en la moldeadora.

Es importante mencionar que la persona encargada de realizar la operación de moldeo se encuentra de pie, es decir requiere un mayor esfuerzo físico en comparación con los otros procesos en lo que se trabaja sentado; sin embargo, los operadores de moldeo rotan cada dos horas para minimizar el impacto del cansancio.

En este mismo lugar, el colaborador que está a cargo del moldeo, también, debe cortar las piezas del *runner*, es decir, se encarga de dos operaciones a la vez. El corte lo realiza en el

mismo lugar donde cumple su otra función, ya que la mesa de trabajo le permite tener tanto los materiales y el equipo necesario para el moldeo, como el equipo para el corte.

La Ilustración 19, que contiene la estación de inspección 1, se presenta a continuación.

#### 4.1.5.2 Inspección 1

*Ilustración 19. Primera inspección*



Fuente: El Autor

En la Ilustración 19 se observa el espacio físico utilizado para el desarrollo de la operación de inspección número 1.

Posteriormente, está el espacio donde se realiza la primera inspección del proceso. La persona operaria se encuentra sentada en una silla con ruedas que le permite tener una mayor movilidad. En la mesa se encuentran dos contenedores, el primero con unidades sin inspeccionar y en el segundo se colocan las piezas ya revisadas, además se muestra el visor usado para observar de forma más detallada las unidades. La persona toma seis unidades del primer contenedor, realiza la inspección y luego las deja en el segundo contenedor, a la espera de ser procesadas en la siguiente operación.

Según el orden de las operaciones que muestra el diagrama de proceso se prosigue con el *tipping*.

#### 4.1.5.3 *Tipping*

Durante esta actividad, el encargado debe moldear la punta del catéter mediante el uso de calor por medio de una máquina. A continuación, se mostrará el espacio físico donde se ejecuta dicha tarea, que se encuentra junto a inspección uno y al *trimming*.

A continuación, la Ilustración 20 muestra la estación de *tipping*.

*Ilustración 20. Estación de tipping*



Fuente: El autor

Puesto de *tipping* y máquina utilizada en la actividad.

En la estación de la Ilustración 20, la persona encargada de realizar la tarea se encuentra sentada en una silla con ruedas, lo que le permite tener movilidad para alcanzar las unidades

que serán procesadas. La caja azul que se observa en el fondo es la máquina que se usa en la operación y frente a esta se encuentran las cavidades donde se colocan las piezas. Se debe recordar que se ingresan dos unidades en cada ciclo en que la máquina forma o moldea la punta del catéter.

Al lado derecho de la máquina se encuentra el contenedor en el que están las unidades que ya fueron inspeccionadas en la tarea anterior, de ahí se toman las piezas que se van a trabajar. Como se observa en la parte inferior derecha de la foto, se encuentra una cortadora pequeña donde se reduce la longitud del *heading*; dicha cortadora se activa presionando un pedal con el pie. Al lado izquierdo se encuentra el contenedor de las unidades que ya fueron procesadas.

El equipo utilizado para esta tarea, es decir la cortadora, los contenedores y la máquina, se encuentran en la mesa de trabajo. Asimismo, el espacio disponible para dicha operación es de 1.5 metros cuadrados, es decir lo suficientemente amplio para realizar las operaciones sin ninguna dificultad.

Posteriormente se prosigue con la tarea de *trimming*.

#### 4.1.5.4 *Trimming*

Una vez hecho el *tipping* de la pieza, se le realiza el *trimming*. En la Ilustración 21 se muestra el lugar donde se desarrolla dicha actividad.

### Ilustración 21. Estación de trimming



Fuente: El autor

En la Ilustración 21 se observa el área destinada para la operación y el equipo utilizado para ejecutar la tarea.

Además, en la misma ilustración se ven los elementos que intervienen en esta operación. Así el contenedor verde es donde se encuentran las unidades antes de ser procesadas; el operario toma un número de piezas, como ya se explicó, una de talla pequeña, otra grande y seis de las tallas medianas. Una vez que tiene el catéter en la mano, procede a colocarlo en la base donde se ejecuta el corte que elimina el excedente de plástico de la punta que se genera en *tipping*. Luego, en el rectángulo de aluminio que se observa frente al contenedor se comprueba que la medida de la pieza sea correcta.

Al igual que en las operaciones anteriores, la persona se encuentra sentada en una silla con ruedas. También, en el sector izquierdo de su puesto de trabajo, posiciona el contenedor

del producto ya procesado, el cual será inspeccionado en la última estación de la línea productiva TearAway.

#### 4.1.5.5 Inspección II

Finalmente, y con la finalidad de concluir las operaciones necesarias para producir una unidad, se realiza la inspección final dentro de la línea, ya que el Departamento de Calidad constantemente hace revisiones del producto. En la Ilustración 22 se muestra una imagen de este.

*Ilustración 22. Inspección II*



Fuente: El autor

La Ilustración 22 presenta el área de trabajo donde se ejecuta la última operación de la línea.

De la misma forma que en la primera inspección, el operario cuenta con un visor que facilita la revisión de las piezas, además del contenedor para colocar aquellas que ya fueron revisadas y que cumplen con los requerimientos de calidad. Aquí, también, el colaborador se encuentra sentado y la mesa de trabajo tiene el espacio suficiente para la operación, además si se mantiene el orden se aprovecha mejor la zona disponible.

#### 4.1.6 Estudios de capacidad

Después de haber descrito el proceso que realiza la empresa de manera general y luego en detalle con la línea en estudio, se evidencia la capacidad potencial y real de la línea de producción y se compara con la demanda mensual, lo cual deja en evidencia que la demanda puede cumplirse sin ningún problema y se evidencian los diferentes defectos generados por proceso, además de una visualización de la secuencia dentro del área productiva y sus respectivos puestos de trabajo.

En primera instancia, se realiza un muestreo de trabajo el cual permite determinar en qué porcentaje se encuentran produciendo cada una de las estaciones de trabajo. Este muestreo consiste en verificar, de manera aleatoria e independiente y en diversos momentos durante la jornada laboral, si cada una de las estaciones se encuentra laborando. Sin embargo, cabe destacar que, debido a la disponibilidad de tiempo por parte de la estudiante, se consideraron únicamente los días martes y miércoles de los meses de julio y agosto, por lo que se puede considerar como un muestreo por conveniencia, por lo tanto, para decisiones concluyentes, es recomendable realizar nuevamente el estudio incluyendo todos los días laborales en ambas jornadas.

Las actividades se clasifican en:

*Tabla 9. Clasificación del trabajo*

Trabajo	Primario
	Secundario
	No relacionado
No trabajo	--

Fuente: El autor

A continuación, se definen las actividades:

### **Trabajo:**

**Primario:** el operario se encuentra dedicado plenamente a sus labores relacionadas directamente con la elaboración de producto.

**Secundario:** el operario se dedica a realizar actividades relacionadas con el producto, sin embargo, no están relacionadas directamente con la producción. Ejemplo de estas actividades son: la búsqueda de materia prima, el cambio de recipiente, entre otros.

**No relacionado (NR):** el operario se dedica a realizar actividades no competentes con su puesto de trabajo.

**No trabajo:** el operario no se encuentra desempeñando ninguna labor.

A continuación, se presenta una fotografía del formulario utilizado para la recolección de datos. Debido a la política de confidencialidad de Theragenics Costa Rica, este no puede ser parte de los anexos.

Ilustración 23. Formulario para recolección de datos

MUESTREO DE TRABAJO									
ETAPA									
MOLDEO					CORTE SET E INSPECCION MOLDEO				
TRABAJO				NO TRABAJO	TRABAJO			NO TRABAJO	
HORA	PRIMARIO	SECUNDARIO	NR	-	PRIMARIO	SECUNDARIO	NR	-	
1									
2									
3									
4									

Fuente: El autor

Se realiza un muestreo preliminar de 30 muestras que toman en cuenta únicamente si las estaciones de trabajo se encuentran trabajando o no, con el fin de definir el valor de p. Se considera un 95% de nivel de confianza y un error de precisión de 10% y se define el tamaño de la muestra para el estudio mediante la siguiente fórmula:

Ecuación 2

$$n = \frac{Z_{\alpha}^2 p(1 - p)}{E^2}$$

Donde:

- Z= es el valor tomado de la tabla para la curva normal cuando se trabaja con 100 muestras, sin embargo, debido a que son 30 muestras preliminares se utiliza el estadístico T de student, cuyo valor para este tamaño de muestra (30 muestras) es de 2,042.
- p= número de observaciones trabajando/número total de observaciones.
- E= precisión (error máximo permitido), se refiere al error que se le permite al analista, es decir, si se define un error de 3%, implica que 3 de cada 100 muestras recolectadas pueden estar erróneas.
- n= tamaño de muestra.

Los datos para el cálculo del tamaño de muestra fueron tomados durante 4 martes, debido a la poca disponibilidad de tiempo por parte de la estudiante. Durante el primero y el segundo turno, a diferentes horas, entre 9:30 am y 5:30 pm en los meses de julio y agosto. Los datos promediados se presentan a continuación:

*Tabla 10. Datos para el cálculo del tamaño de muestra*

Etapa	Trabajan	No trabajan	p	n
Moldeo	27	3	0.9	38
Corte set e inspección	24	6	0.8	67
Corte y tipping	29	1	0.9666667	14
Trimming	24	6	0.8	67
Inspección final	26	4	0.8666667	49

Fuente: El autor

Por lo tanto, los tamaños de muestra (n) que se exponen en el cuadro anterior se encuentran basados en un 95% de confianza con un 10% de precisión.

### **Resultados:**

A continuación, se muestran los resultados obtenidos del muestreo de trabajo para la línea de producción SPT, en el que se detalla el porcentaje de la actividad o la inactividad del proceso productivo para cada una de las etapas que lo conforman.

De acuerdo con el estudio, se obtuvo los siguientes resultados:

Tabla 11. Resultados muestreo de trabajo

Resultados muestreo de trabajo			
Etapa	Condición	Tipo de trabajo	%
Moldeo	Trabaja	Primaria	90%
		Secundaria	4,3%
		NR	0%
	No trabaja	-	5,7%
Corte e inspección set	Trabaja	Primaria	84,3%
		Secundaria	1,4%
		NR	0%
	No trabaja	-	14,3%
Corte y <i>tipping</i>	Trabaja	Primaria	90%
		Secundaria	5,7%
		NR	0%
	No trabaja	-	4,3%
<i>Trimming</i>	Trabaja	Primaria	72,9%
		Secundaria	5,7%
		NR	0%
	No trabaja	-	21,4%
Inspección final	Trabaja	Primaria	80%
		Secundaria	4,3%
		NR	0%
	No trabaja	-	15,7%

Fuente: El autor

Al analizar los resultados obtenidos con el muestreo de trabajo, se observa que las estaciones de moldeo, corte y *tipping* son las que marcan mayormente el porcentaje de tiempo en actividad del proceso, pues se detienen únicamente cuando hay cambios de talla o para firmar documentos del proceso que solo pueden ser firmados por ellos. Las estaciones se encuentran activas en un 90%, lo que implica que los colaboradores de estas deben mantener su actividad para garantizar la fluidez de la línea dado que estas operaciones alimentan las dos

estaciones de *trimming* y las de *trimming* el resto de la línea. Se debe recordar que el proceso de moldeo es semiautomático por la colocación manual de los *buckets* y los tubos en los pines guía. Además, el porcentaje de ocupación de los operadores de las otras estaciones se disminuye debido a que los colaboradores se dedican a llenar papeleo o a abastecer con materia prima su estación.

Nota: En la simulación que se desarrolla seguidamente se propone un escenario real que está basado en los datos obtenidos durante el muestreo de trabajo actual, en el cual se involucra el porcentaje de actividad (90%) del sistema productivo debido a la naturaleza del sobre moldeo de los *buckets* y los tubos para formar el cubo del catéter. Este es un proceso semiautomático que requiere la apertura de la puerta de la inyectora y la colocación de los cargadores, manualmente, en el molde, lo que lo hace un proceso repetitivo y cansado, debido a que se tiene que levantar con mucha frecuencia un cargador de 1.5 kg. Además, el operador lo tiene que hacer de pie, lo que lo hace agobiante.

#### 4.1.7 Simulación

Notas importantes:

- ✓ La simulación es un escenario potencial el cual muestra la producción que se podría dar si el proceso se encontrara siempre en un flujo constante.
- ✓ La simulación del escenario real muestra la producción e incluso la disminución porcentual de los tiempos no productivos obtenidos del muestreo de trabajo realizado.
- ✓ Todos los tiempos de la simulación se encuentran en segundos.
- ✓ En la propuesta de escenario potencial se consideran 16 horas laborales, lo que equivale a 57 600 segundos.
- ✓ En el escenario real, se disminuyen las 16 horas laborales a un 90% de productividad, lo que equivale a 14,4 horas por día, lo que en segundos es igual a 51 840.
- ✓ Los análisis estadísticos se crearon usando el software Minitab, versión 2018 y licencia de Theragenics.
- ✓ La simulación se hace solamente con tallas de catéteres de 6-9 French, que son las tallas que representan un 90% de la producción.

- ✓ Para el arribo de las piezas, se asumió una distribución uniforme (0,1;0,1) basada en el modelo para variables continuas y se toma valores comprendidos en dos extremos de manera que los valores tienen la misma probabilidad y toman en cuenta que la distribución uniforme es muy usada para la simulación estadística.
- ✓ Los tiempos de cada etapa se ven directamente influenciados de acuerdo con el operador que esté desempeñando la tarea, por lo que para futuros estudios es importante considerar la experiencia de los colaboradores.
- ✓ Este documento abarca únicamente las tallas de 6-9 French.
- ✓ Para la determinación de los tamaños de muestra se toman de manera preliminar 10 datos y se utiliza el estadístico t de Student con el fin de determinar un aproximado del comportamiento de la media y de la desviación estándar basados en el tamaño de la población, el margen de error (intervalo de confianza), el nivel de confianza y la desviación estándar. El tamaño de muestra, con un 95% de nivel de confianza, se calculó mediante la siguiente fórmula:

*Ecuación 3*

$$n = \left( \frac{t * s}{\alpha * x'} \right)$$

Donde:

- t= estadístico t de Student, cuyo valor para 10 datos es de 1,833.
- s= desviación estándar obtenida de la muestra de 10 datos.
- α= nivel de confianza del estudio.
- x'= promedio de la muestra de 10 datos.
- n= tamaño de muestra.

Finalmente, en las diversas estaciones, los datos obtenidos del muestreo no se ajustaron a ninguna distribución paramétrica conocida, por lo que se asume normalidad, este criterio se tomó de acuerdo con el criterio experto brindado por el ingeniero Heiler Mejías quien ocupa el puesto de Gerente de calidad.

Para la simulación se obtuvieron los siguientes resultados, los cuales son mostrados por estación de trabajo, es decir moldeo, corte e inspección, *tipping*, *trimming* e inspección, como se muestra a continuación.

El estudio se realizó en dos semanas, entre los meses de julio y agosto.

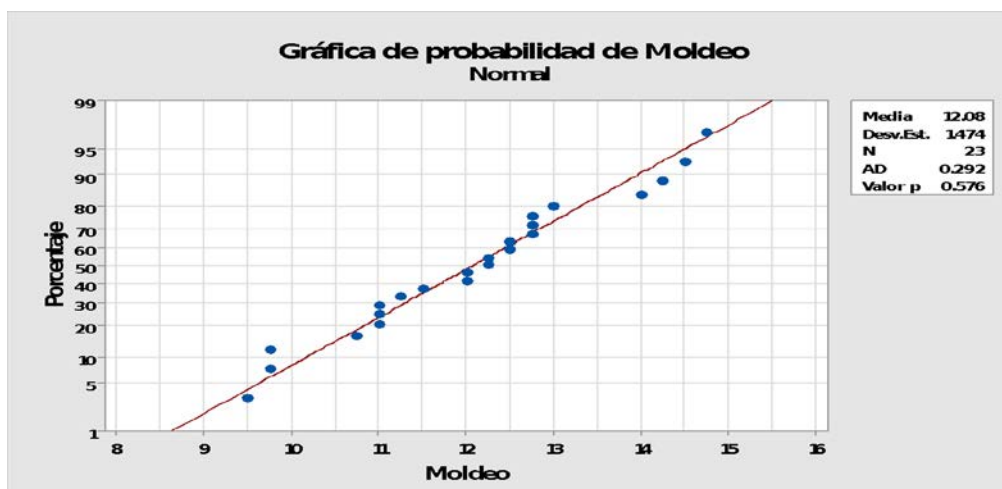
#### 4.1.7.1 Moldeo

- Se realizó tomando muestras del catéter TearAway 3F cuyo número de parte es SPT-003-08.
- Se registran los tiempos de salida de las piezas, para el operario José del turno A, quien está en la estación en el momento del estudio y es uno de los operarios certificados y de mayor experiencia en el proceso.
- Se realiza un análisis unitario.
- Para este caso, se realizó un análisis con el fin de evaluar la distribución a la que los datos poseen mejor ajuste; sin embargo, no se logró determinar un ajuste de los datos, por lo que se asume normalidad, de acuerdo con el criterio experto brindado por el ingeniero Heiler Mejías, los parámetros son los siguientes:

*Ilustración 24. Estadística descriptiva SPT-003-008*

#### Estadísticas descriptivas

N	N*	Media	Desv.Est.	Mediana	Mínimo	Máximo	Asimetría	Curtosis
26	0	9.42308	0.611430	9.25	8.5	10.75	0.742879	-0.508408



Fuente: El autor

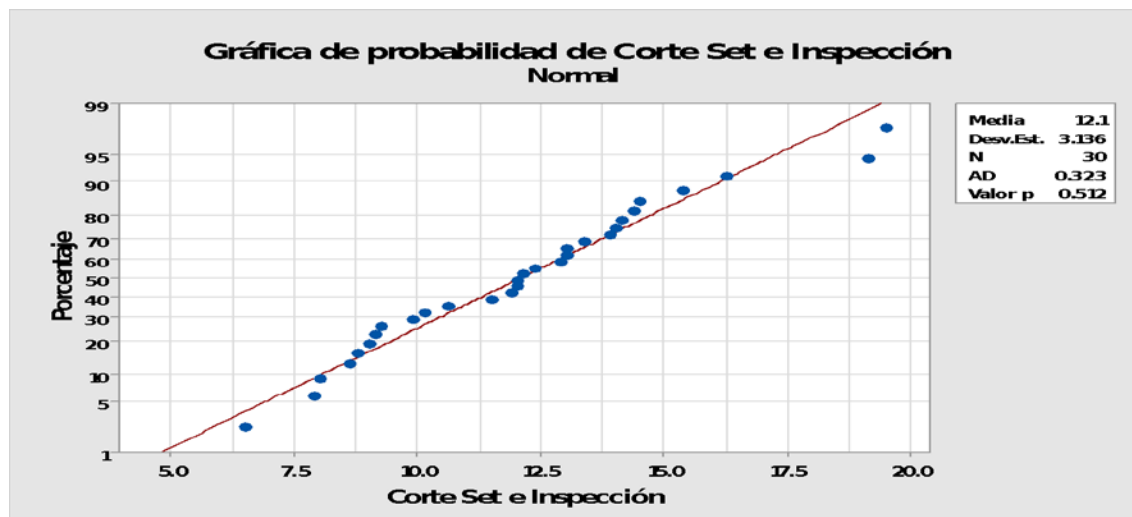
#### 4.1.7.2 Corte de inspección

- Se realizó tomando muestras del catéter TearAway 7F cuyo número de parte es SPT-003-08. El ingeniero de manufactura Heiler Mejías, quien es la persona de mayor conocimiento en el proceso de manufactura de la línea TearAway, opina que ambos poseen un comportamiento similar, por lo que se pueden combinar datos.
- Se registran los tiempos desde que se toma el set de 4 piezas para ser cortado, hasta que se finaliza la inspección del moldeo y se disponen las piezas para la siguiente etapa.
- Los tiempos tomados corresponden a la operaria Jessica del turno A, quien está en la estación al momento del estudio y es una de las operarias certificadas y de mayor experiencia en el proceso.
- Se realiza un análisis unitario.
- Para este caso, se realizó un análisis con el propósito de evaluar la distribución a la que los datos poseen mejor ajuste; sin embargo, no se logró determinar un ajuste de los datos, por lo que se asume normalidad, de acuerdo con el criterio experto brindado por el ingeniero Heiler Mejías. Los parámetros son los siguientes:

*Ilustración 25. Estadísticas descriptivas SPT-005-07*

#### Estadísticas descriptivas

N	N*	Media	Desv.Est.	Mediana	Mínimo	Máximo	Asimetría	Curstosis
17	0	8.88235	0.953479	8.625	7.625	11.25	1.29830	1.25599



Fuente: El autor

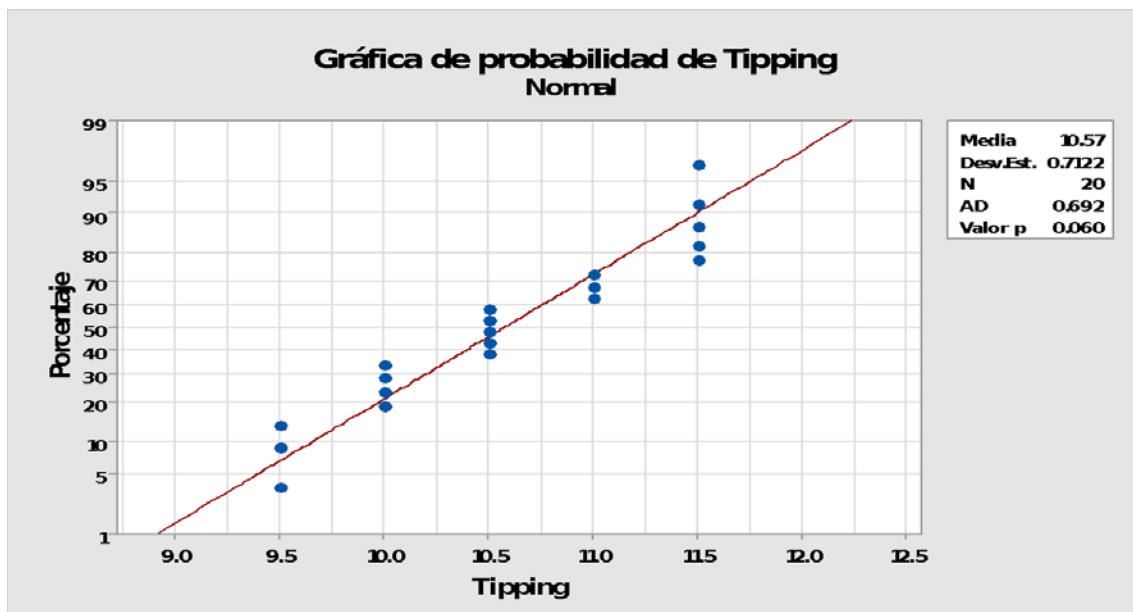
### 4.1.7.3 Tipping

- Se realizó tomando muestras del catéter TearAway 8F cuyo número de parte SPT-003-08.
- Se registran los tiempos desde que se toman las piezas del recipiente para ser cortadas, hasta que se finaliza el maquinado y se disponen las piezas para la siguiente etapa.
- Los tiempos tomados corresponden a la operaria Valentina del turno A, quien está en la estación en el momento del estudio y es una de las operarias certificadas y de mayor experiencia en el proceso.
- Se realiza un análisis unitario.
- Se realizó un análisis para evaluar la distribución a la que los datos poseen mejor ajuste, sin embargo, no se logró determinar un ajuste de los datos, por lo que se asume normalidad, de acuerdo con el criterio experto brindado por el ingeniero Heiler Mejías. Los parámetros son los siguientes:

*Ilustración 26. Estadísticas descriptivas SPT-003-08*

#### Estadísticas descriptivas

N	N*	Media	Desv.Est.	Mediana	Mínimo	Máximo	Asimetría	Curtosis
50	0	15.43	2.03793	15	12	21.5	1.40121	1.84454



Fuente: El autor

#### 4.1.7.4 Trimming

- Se realizó tomando muestras del catéter TearAway 8F cuyo número de parte SPT-003-08.
- Se registran los tiempos desde que se toman las piezas del recipiente para ser cortadas, hasta que se finaliza el maquinado y se disponen las piezas para la siguiente etapa.
- Los tiempos tomados corresponden a la operaria Laura del turno A, quien posee 10 meses de trabajar para la empresa.
- Se realiza un análisis unitario.
- Se realizó un análisis para evaluar la distribución a la que los datos poseen mejor ajuste, sin embargo, no se logró determinar un ajuste de los datos, por lo que se asume normalidad, de acuerdo con el criterio experto brindado por el ingeniero Heiler Mejías. Los parámetros son los siguientes:

*Ilustración 27. Estadísticas descriptivas SPT-003-08*

#### Estadísticas descriptivas

N	N*	Media	Desv.Est.	Mediana	Mínimo	Máximo	Asimetría	Curtosis
29	0	7.68966	1.22776	7	6	10	0.521553	-0.709482

Fuente: El autor

#### 4.1.7.5 Inspección final

- Se realizó tomando muestras de SPT-002-07/SPT-003-08.
- Se registran los tiempos desde que se toman las piezas del recipiente hasta que se finaliza la inspección y se disponen las piezas para la siguiente etapa.
- Los tiempos tomados corresponden a la operaria Keilyn del turno A, quien posee 8 meses de trabajar para la empresa.
- Se realiza un análisis unitario.
- Se realizó un análisis para evaluar la distribución a la que los datos poseen mejor ajuste, sin embargo, no se logró determinar un ajuste de los datos, por lo que se asume

normalidad, de acuerdo con el criterio experto brindado por el ingeniero Heiler Mejías. Los parámetros son los siguientes:

*Ilustración 28. Estadísticas descriptivas SPT-002-07/SPT-003-08*

### Estadísticas descriptivas

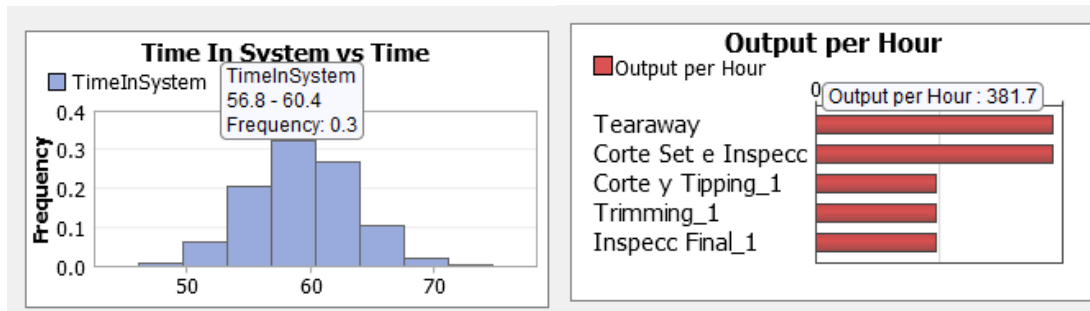
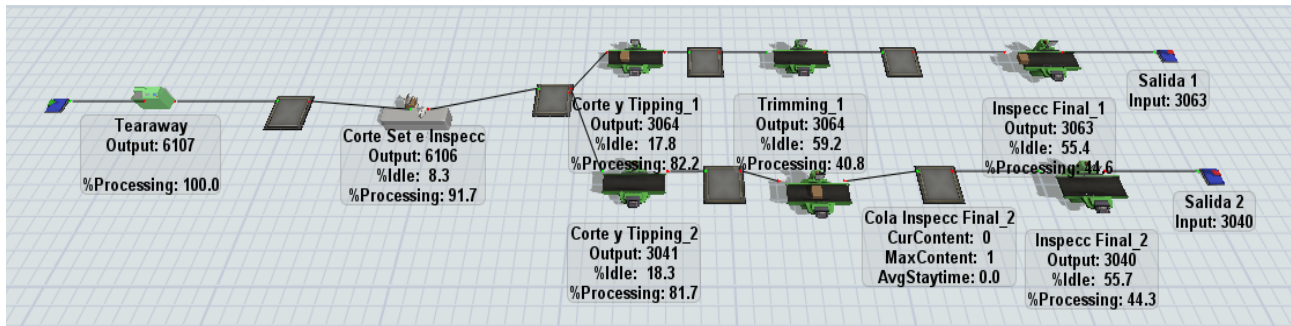
N	N*	Media	Desv.Est.	Mediana	Mínimo	Máximo	Asimetría	Curtosis
54	0	8.38457	3.20641	9.0625	2.375	14	-0.0936287	-1.18500

Fuente: El autor

## 4.2 Resultados

Utilizando el software de simulación Flexim, versión 2018 (18.0), se ingresan los datos obtenidos de los estudios y, en primera instancia, se muestran los resultados de la simulación Escenario potencial y se consideran ambos turnos laborales, lo que implica 16 horas productivas, equivalentes a 57 600 segundos.

Ilustración 29. Simulación escenario potencial



Fuente: El autor

Como se puede observar, con el escenario potencial de la Ilustración 29, se podría producir aproximadamente 6103 unidades si se suman la cantidad en la salida 1 y la cantidad en la salida 2.

En el gráfico Time in system vs Time se puede observar los resultados del tiempo en sistema por pieza que se encuentra aproximadamente entre 56,8 y 60,4 según la Ilustración 29.

En el gráfico Output per hour, finalmente, la simulación muestra la salida de piezas por hora para cada estación y esto se basa en la estación que toma mayor tiempo para procesar. Se calcula la cantidad total de partes que se puede producir por hora.

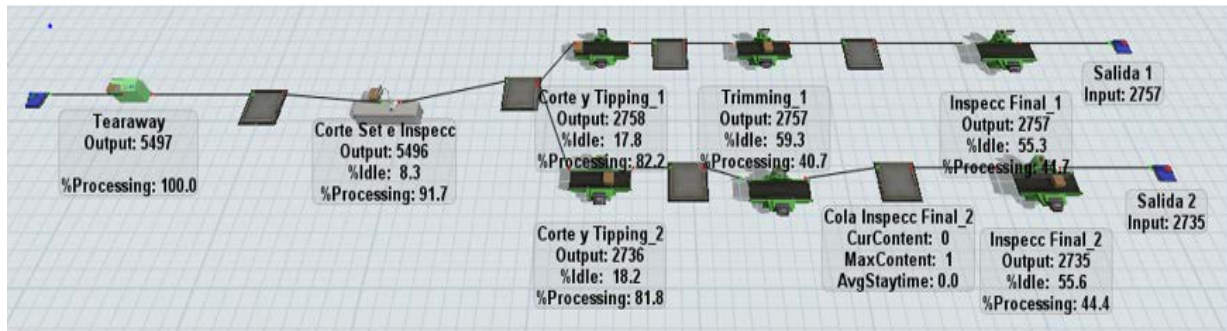
Según Ilustración 30

A continuación, se muestra el escenario real. Para esto, se considera una productividad del 90%, por lo que el tiempo de producción es de 51 840 segundos.

Con un 90% del tiempo productivo, la cantidad de piezas en una jornada laboral se reduce a 5492 piezas producidas. Si se asumen 22 días disponibles mensuales para producir

y se trabaja únicamente dos turnos, se pueden producir un total de 120 000 partes aproximadamente, lo cual confirma que la línea puede cumplir con la meta de 100 000 unidades mensuales con los recursos existentes.

*Ilustración 30. Escenario real*



Fuente: El autor

### 4.3 Estudio de rendimiento

Para el estudio de los defectos y su procedencia específica, se trabaja con el formulario de recolección de datos llamado Control de scrap o desecho, el cual fue creado por la autora y adoptado por Theragenics actualmente. Este está basado en los defectos más comunes históricamente y se utiliza durante los dos turnos, para monitorear los diferentes defectos y la cantidad presentada.

De acuerdo con los datos, una vez identificados los defectos, se podrá determinar la estación donde estos se generan.

Ilustración 31. Control de Scrap o desecho

Control de Scrap	
Lot#	P/N: SPT - -
Turno: A <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/>	Linea: 4c <input type="checkbox"/> 2c <input type="checkbox"/>
FECHA: / /	Estación: M <input type="checkbox"/> T <input type="checkbox"/> IF <input type="checkbox"/>
Defecto	Cantidad defecto
Kink	
Tubo marcado <b>(Por Tipping)</b>	
Puntas quemadas	
Lock Balls dañadas	
Contaminación ADHERIDA	
Contaminación COLORANTE	
Falda	
Flash en hub	
Falta de material	
Hub abierto (área de bucket)	
Hub abierto (tubo expuesto)	
Heading expuesto	
Burbujas	
Medida fuera de especificación	
Caídas	
Puntas abiertas	
Otro:	
Solo para control interno	TOTAL SCRAP _____

Fuente: Theragenics Costa Rica Documentación.

Durante las semanas 28 y 34 de 2018 se recolectaron y se analizaron los diferentes defectos producidos durante los dos turnos de producción con la ayuda de un inspector de calidad y un ingeniero de proceso.

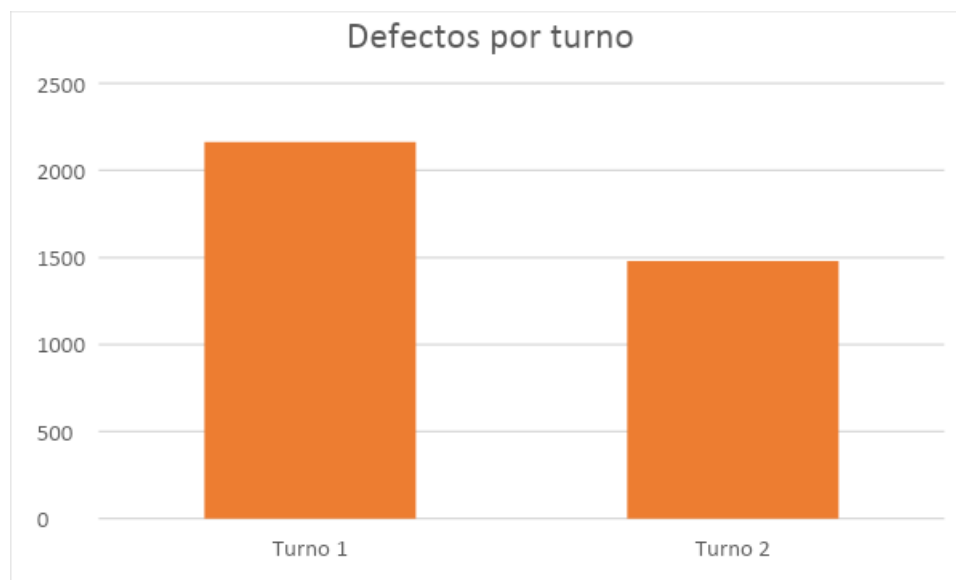
A continuación, se muestran los datos recolectados:

Tabla 12. Defectos y cantidades presentados en la semana del 9 al 14 de julio de 2018

Defectos	Cantidad
Kinks (doblecetes en el tubo)	597
Tubo marcado por tipping	150
Puntas quemadas	147
Bolas de seguridad dañadas	1099
Contaminación adherida	584
Contaminación colorante	46
Falda	36
Flash en el cubo	99
Falta de material	106
Cubo abierto (área de bucket)	87
Cubo abierto (tubo expuesto)	7
Heading expuesto	254
Burbujas	72
Medida fuera de especificación	77
Piezas caídas	109
Puntas abiertas	120
Otros	7
Total	3597

Fuente: El autor

Ilustración 32. Defectos por turno semana del 9 al 14 de julio de 2018



Fuente: El autor

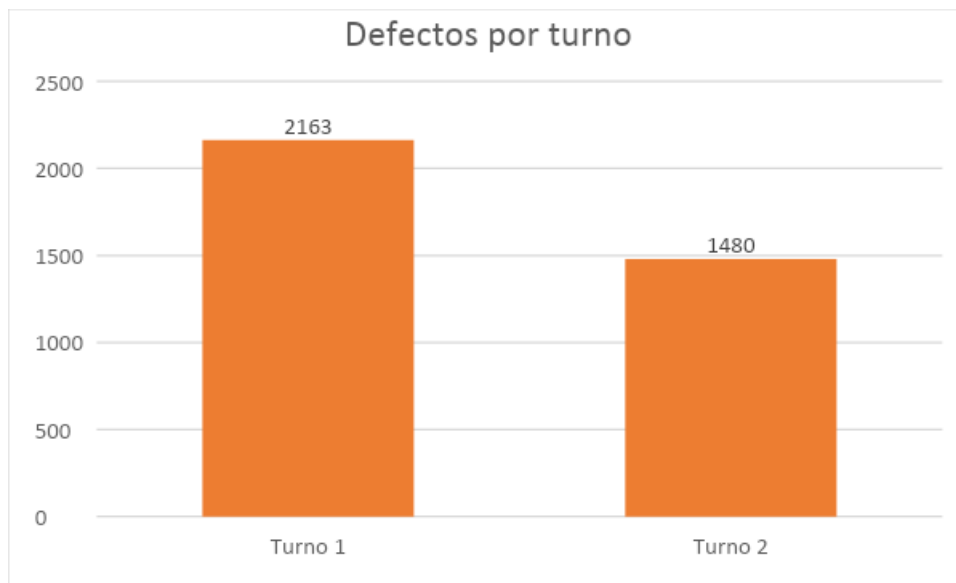
Tabla 13. Defectos y cantidades presentados en la semana del 20 al 25 de agosto de 2018

Defectos	Cantidad
<i>Kinks</i> (dobles en el tubo)	614
Tubo marcado por <i>tipping</i>	120
Puntas quemadas	170
Bolas de seguridad dañadas	998
Contaminación adherida	<u>610</u>
Contaminación colorante	<u>96</u>
Falda	<u>50</u>
Flash en el cubo	<u>115</u>
Falta de material	<u>120</u>
Cubo abierto (área de <i>bucket</i> )	<u>77</u>
Cubo abierto (tubo expuesto)	<u>14</u>
Heading expuesto	<u>321</u>

Burbujas	<u>84</u>
Medida fuera de especificación	<u>60</u>
Piezas caídas	<u>78</u>
Puntas abiertas	<u>85</u>
Otros	<u>31</u>
Total	<u>3643</u>

Fuente: El Autor

*Ilustración 33. Defectos por turno semana del 20 al 25 de agosto de 2018*



Fuente: El Autor

Los defectos reportados por los dos turnos son similares y los ofensores mayores corresponden a los mismos defectos, como se puede evidenciar en la Tabla 14.

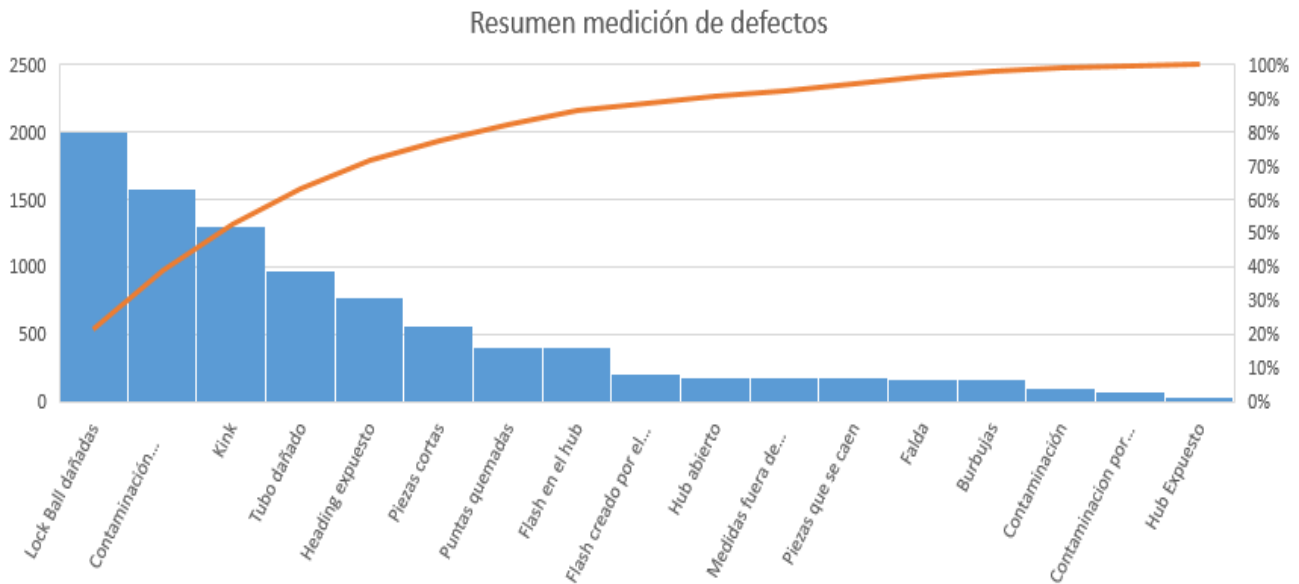
Tabla 14. Ponderación de defectos y cantidades de las semanas estudiadas

<b>Defectos</b>	<b>Cantidad</b>
<i>Kinks</i> (doblecetes en el tubo)	1211
Tubo marcado por tipping	270
Puntas quemadas	317
Bolas de seguridad dañadas	2097
Contaminación adherida	1194
Contaminación colorante	142
Falda	86
Flash en el cubo	214
Falta de material	226
Cubo abierto (área de <i>bucket</i> )	164
Cubo abierto (tubo expuesto)	21
<i>Heading</i> expuesto	575
Burbujas	156
Medida fuera de especificación	137
Piezas caídas	187
Puntas abiertas	205
Otros	38
<b>Total</b>	<b>7240</b>

Fuente: El Autor

A fin de observar de forma gráfica los datos anteriores, se procede a la construcción de un diagrama de Pareto que muestra el comportamiento de la distribución de los defectos en la Ilustración 34.

*Ilustración 34. Pareto de los diferentes defectos*



Fuente: El Autor

En la Ilustración 34 se pueden observar, de forma más clara, los mayores ofensores de los defectos y con estos queda en evidencia la estación de trabajo que los produce. Para efectos del cálculo de porcentaje de los defectos, se toman la cantidad y la ponderación de los defectos y se multiplican por 2, ya que solamente se estudiaron dos semanas los defectos.

- Bolas de seguridad dañadas: se producen durante el proceso de moldeo del cubo. Este defecto representa un 29% de los defectos totales.

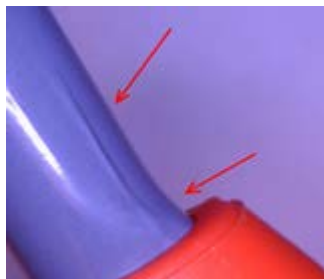
*Ilustración 35. Bolas de seguridad dañadas*



Fuente: El Auto

- Kinks (doblecés) en los tubos: estos ingresan dañados o se producen durante el manipuleo de los tubos en las diferentes estaciones. Este defecto representa un 17% de los defectos totales.

*Ilustración 36. Kinks (doblecés)*



Fuente: El Autor

- Contaminación adherida: se produce durante el proceso de moldeo. Este defecto representa un 18% de los defectos totales.

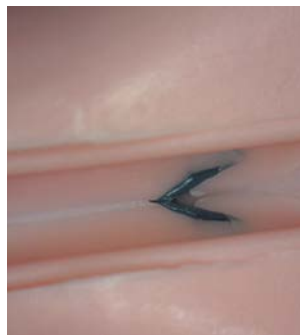
Ilustración 37. Contaminación adherida



Fuente: El Autor

- *Heading* expuesto: es producido durante el moldeo del cubo. Dicho defecto representa un 8% de los defectos totales.

*Ilustración 38. Heading expuesto*



Fuente: El Autor

Como resultado final del diagnóstico, se evidencia la situación actual con el historial de defectos, lo cual brinda el rendimiento aproximado de la línea. El diagrama de flujo da un entendimiento de este y el diagrama del proceso, la descripción del producto y las estaciones nos proporcionan aún más detalles sobre esta.

Se evidencia en el estudio de capacidad que la meta de producir 100 000 unidades al mes sí es posible, ya que actualmente se labora dos turnos de 8 horas y con un promedio de 22 días disponibles.

El estudio de rendimiento deja en evidencia los cuatro defectos identificados como los mayores ofensores, pues producen el 72% del desecho o *scrap* actual de la línea del TearAway.

# **CAPÍTULO V**

## **Diseño e implementación de la solución**

## 5.1 Propuesta para la solución del problema

El diagnóstico de la situación actual evidencia la magnitud del problema de la línea de producción de dispositivos TearAway, en la cual se desecha un 20% de la producción con un costo de \$78 000 en materiales y labor. Además, al no vender esas 20 000 unidades, también se deja de percibir en ventas 700,000 mensuales, por ende, Theragenics no logra cumplir con su volumen meta de 100 000 unidades. Asimismo, la empresa tiene una gran pérdida de \$778 000 mensuales. Con base en los datos recolectados y en los cálculos realizados en el diagnóstico se procede a establecer el diseño.

En este capítulo se establece el plan de implementación de mejora y su control. La investigación se enfocará en los defectos que representan la mayor cantidad de unidades perdidas en el proceso, lo que produce una pérdida significativa para la empresa.

En el siguiente diseño se detallan las propuestas sobre cómo disminuir la cantidad de defectos mayores por estación y así reducir las pérdidas y aumentar la cantidad de partes producidas.

Cabe resaltar que antes de plantear el diseño de mejora, se conversó con el gerente general de la empresa para conocer su postura ante la problemática actual y llegar a un acuerdo para resolver el problema, ya que se debe reducir la cantidad de materiales defectuosos. El gerente mostró gran disposición para realizar los cambios necesarios e inclusive se señaló que se está haciendo una inversión para reducir la cantidad de defectos actuales.

## 5.2 Propuesta para la reducción de bolas de seguridad dañadas

Como se pudo evidenciar en el capítulo 4, el mayor defecto representando es el de bolas de seguridad dañadas, las cuales representan un 29% de los defectos totales. Durante el proceso de moldeo, el operador tiene que montar un *bucket* en cada pin del cargador y cerrarlo antes de introducir el cargador en la máquina inyectora. El molde actual de *buckets* en Theragenics Costa Rica consiste en un diseño viejo, lo cual produce *buckets* abiertos que se

deben cerrar manualmente después de que se colocan en el pin y, si no se tiene los cuidados necesarios, las bolas de seguridad tienden a aplastarse.

Al consultar al ingeniero de transferencia sobre el proceso de Galt Medical a Theragenics Costa Rica, se informa que Theragenics Corporation decidió enviar el molde con el diseño viejo y mantener el otro molde similar en Galt Medical, una de sus instalaciones en Estados Unidos, donde originalmente estaba toda la manufactura de los catéteres TearAway. El molde de buckets en Galt Medical es un diseño actualizado y esto permite que los *bucket* se moldeen y salgan cerrados. Al consultarle al responsable de producción en Galt Medical sobre el nivel de desecho de las bolas de seguridad dañadas, se informa que este consiste en un 2% lo que resulta mínimo comparado con el porcentaje de Theragenics Costa Rica.

Basados en el porcentaje de dicho defecto en Galt medical vs Theragenics Costa Rica, se procede a ejecutar un estudio de costo beneficio de la manufactura de los *buckets* en Costa Rica vs USA.

El molde en uso actualmente en Theragenics Costa Rica usa una cantidad de resina y colorante mayor, ya que es de colada fría y, por lo tanto, manufactura un runner en cada inyección, donde vienen los *buckets* pegados. Este usa más resina que los mismos *buckets* y se desecha. Por su parte, el molde en Galt Medical consiste en un diseño nuevo de colada caliente por lo que no tiene runner y solamente manufactura los *buckets*, por lo que utiliza únicamente el 40% de resina y colorante en comparación con el que se usa en Theragenics Costa Rica. Por lo tanto, la manufactura de los *buckets* es más económica en USA que en Costa Rica. La Tabla 15 muestra la comparación de costo.

Tabla 15. Costo de manufactura de buckets

Costo de <i>buckets</i> hechos en Costa Rica	Costo <i>buckets</i> hechos en Estados Unidos
\$0.03	\$0.025

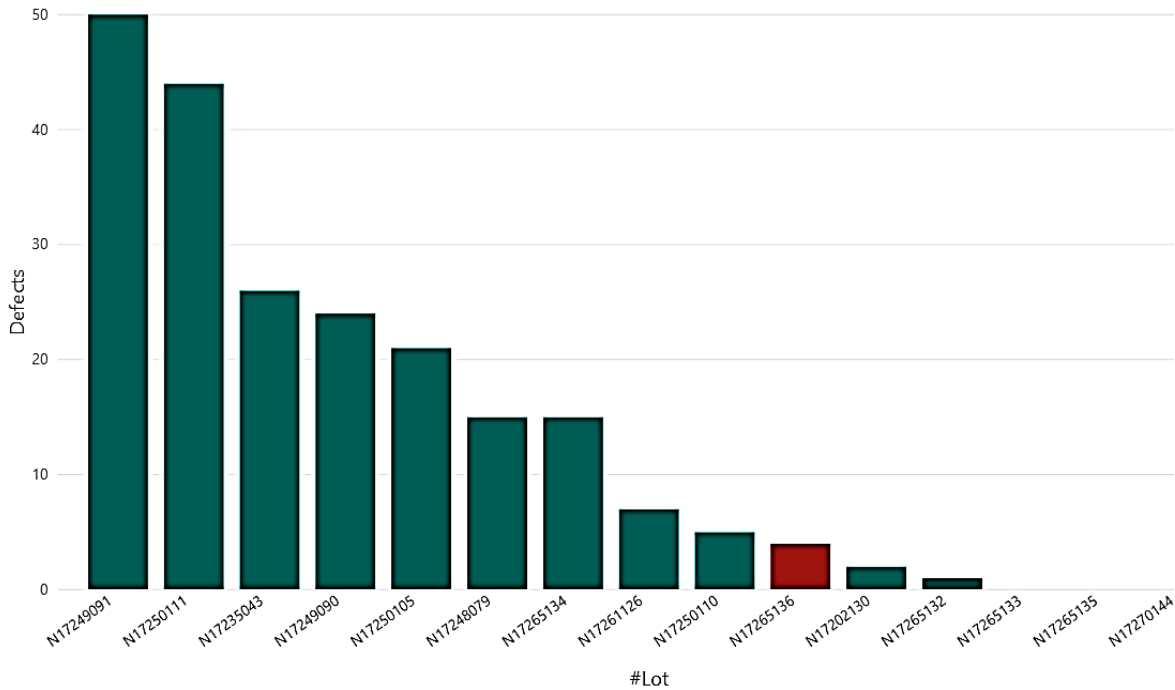
Fuente: El Autor

A pesar de esto, se debe tomar en cuenta que hay que agregarle a cada importación el costo del envío y el de importación y no solamente basarse en que la manufactura es más económica en USA.

El costo de la importación de los buckets, al ser estos muy pequeños, vía FedEx es de \$320 por cada 120 000 partes más el costo del DUA que es de \$33. El costo total de los buckets si se le compran a Galt Medical, incluyendo el coste de transporte y de la nacionalización, sería de \$3353 mensuales vs \$3600 que es el costo si se manufacturan en Costa Rica, lo cual indica que sería más económico importarlos que producirlos. Se consultó a Galt Medical la capacidad de producir 120 000 buckets al mes para vendérselos a Theragenics Costa Rica y la respuesta fue positiva y la posibilidad existe pues actualmente solamente corren el molde 5 días del mes para su producción actual.

Como parte del estudio, se procede a ordenarle 30 000 partes a Galt Medical con el fin de iniciar la manufactura de los catéteres TearAway con el nuevo diseño de buckets y, de esta manera, monitorear la cantidad de partes con el defecto de bolas de seguridad dañadas y evidenciar que, efectivamente, se puede cuantitativamente tener una mejora con el uso de los nuevos buckets. Se entrena al personal con el uso del nuevo bucket y se procede a manufacturar 15 lotes de 2000 unidades cada uno. Los resultados fueron excelentes, pues se inició con un 2.5% de desecho y se pudo observar que este se fue reduciendo lote con lote hasta terminar con 0 desechos por bolas de seguridad.

Ilustración 39. Bolas de seguridad dañadas en lotes manufacturados con el nuevo diseño de los buckets



Fuente: El Autor

La Ilustración 39 muestra cómo el desecho fue disminuyendo lote con lote y conforme los operadores se acostumbraron a usar los nuevo *bucket* se redujo a 0. Para el lote N17265136, en color rojo, se capacitó bien a una nueva operadora con respecto a la forma de poner los *bucket* en los pines guía y quedó demostrado que si la persona está capacitada el desecho es 5 piezas y pasa a ser insignificante la cantidad o un defecto menor.

Además de la reducción de los defectos con el nuevo *bucket*, Theragenics se ahorrará un aproximado de \$2964 al comprarle los *buckets* a Galt y dejar de producirlos en Costa Rica.

## 5.2.1 Plan y acción para la implementación

De acuerdo con los resultados de los defectos que se presentaron, se propone seguirle comprando los *buckets* a Galt Medical, ya que se pudo demostrar con evidencia objetiva que el defecto se reduciría al mínimo.

Durante setiembre de 2018, se le ordenaron 120 000 *buckets* mensuales a Galt, los cuales se utilizaron en la producción desde octubre y se monitoreó la cantidad de bolas dañadas hasta diciembre de 2018.

*Tabla 16. Cantidad de bolas de seguridad por mes con los nuevos buckets*

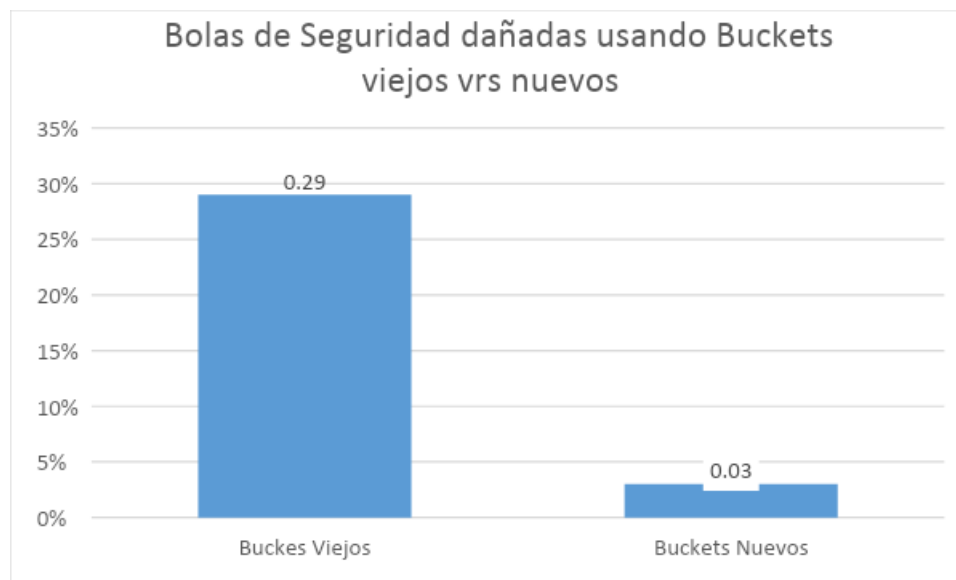
Mes	Defecto	Cantidad
Octubre	Bolas de seguridad dañadas	320
Noviembre	Bolas de seguridad dañadas	201
Diciembre	Bolas de seguridad dañadas	210

Fuente: El Autor

El cambio de *buckets*, en los meses de octubre a diciembre de 2018, disminuyó la cantidad de defectos por bolas de seguridad, lo que provocó que pasara de ser el mayor defecto, con un 29% del total de los defectos, a ser uno menor, el cual se encuentra muy cerca en porcentaje con el que cuenta Galt Medical, como se observa en la Ilustración 39.

Dado a los resultados obtenidos al utilizar los *buckets* de Galt Medical con su debido entrenamiento, Theragenics decidió comprarle los *buckets* a Galt Medical y eliminarlos de su manufactura en Costa Rica. Dicho cambio no aumentó el costo de la manufactura, como se explicó anteriormente, ni siquiera incluyendo los costos de logística e importación.

Ilustración 40. Bolas de seguridad dañadas usando buckets viejos vs buckets nuevos



Fuente: El Autor

### 5.3 Propuesta para reducir la cantidad *kinks* (doblecetes)

En el capítulo 4, durante el proceso de recolección de datos, se evidenció que no todo el desecho por *kinks* era generado en el proceso de manufactura y que los doblecetes están presentes en los tubos antes de iniciar la orden de trabajo, por lo que se realizó un estudio por *kinks* desde que el material se recibe o inspecciona en Theragenics Costa Rica hasta que el producto termina su proceso y queda listo para empacar.

*Kinks* (doblecetes) en los tubos del catéter representan el segundo defecto mayor, el cual constituye a un 17% del desecho total.

Basados en los datos obtenidos después de los cambios, se observa que este defecto apareció en casi todos los procesos, como lo muestra la Tabla 21. El material del tubo del catéter TearAway es PTFE, material muy flexible el cual se puede dañar muy fácilmente ya que este debe pasar por varias estaciones y es manipulado en cada una.

Durante el estudio, se le dio seguimiento, desde el ingreso a Theragenics hasta que se termina su uso en las órdenes de producción, a un lote de tubos de 10 000 unidades, el cual fue distribuido para la creación de 6 órdenes de trabajo de los catéteres TearAway, con el objetivo de determinar dónde se genera el defecto. Los tubos de PTFE usados en los catéteres TearAway son manufacturados en USA y son transportados en cajas vía aérea a Costa Rica vía FedEx, ya que la cantidad de cajas es muy poca para ponerlos en una paleta.

Los lotes del suplidor de tubos PTFE son de 10 000 unidades cada uno y estos se empaican en bolsas de 500 para evitar que se dañen con el peso y para facilidad de su manipulación.

El lote de tubos pasa por un proceso de inspección inicial en el cual se toman bolsas de tubos de manera aleatoria para seleccionar la muestra de inspección.

Los *kinks* o dobleces constituyen un defecto mayor de acuerdo con la especificación de calidad interna de los tubos de PTFE, entonces si el defecto se encuentra durante la inspección inicial que se realiza cuando el material ingresa a Theragenics el lote de tubos se rechaza y requiere una inspección a un 100%.

Para el estudio se monitorea el lote de suplidor 15643618 de 10 000 unidades, el cual se utiliza para producir 6 lotes de producción de catéteres TearAway.

En la Tabla 17 se puede apreciar la cantidad de desecho de *kinks* que se produce por estación de trabajo.

Tabla 17. Cantidad de kinks presente por estación de trabajo

<b>Tubos PTFE</b>								
<b>Lote 15643618</b>								
<b>Orden de trabajo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Kinks antes de moldear</b>	<b>Kinks Moldeo</b>	<b>Kinks Tipping</b>	<b>Kinks Trimming</b>	<b>Moldeo Inspección final</b>	<b>Desecho total Kinks</b>	<b>Porcentaje</b>
104567	1500	72	51	34	28	22	207	14
104568	1500	83	59	28	37	41	248	17
104569	1500	66	45	67	51	28	257	18
104570	1500	67	52	48	30	16	213	14
104571	2000	101	100	80	35	22	338	17
104572	2000	123	75	23	41	17	279	14

Fuente: El Autor

1. El 5% del material, antes de ser manufacturado, ya viene con *kinks*, como se puede observar en la Tabla 21 al dividir la cantidad de *kinks* antes del moldeo entre la cantidad total de los lotes.

2. El 10% de los defectos de *kinks* es causado por la manipulación de los colaboradores en las operaciones de la línea y se desglosan de la siguiente manera:

- Moldeo 37%
- Tipping* 27%
- Trimming* 22%
- Inspección 14%

Los porcentajes se toman de los datos de la Tabla 21 al sumar la cantidad total por estación y dividirla entre la cantidad total de desecho, sin tomar en cuenta *kinks* antes de moldear, ya que esto se calculó previamente.

Se realiza una investigación de causas potenciales para determinar de dónde se generan los *kinks* antes del proceso de manufactura. Para esto, se elaboró un diagrama causa-efecto y un análisis de causa-raíz.

Ilustración 41. Diagrama causa-efecto de Kinks

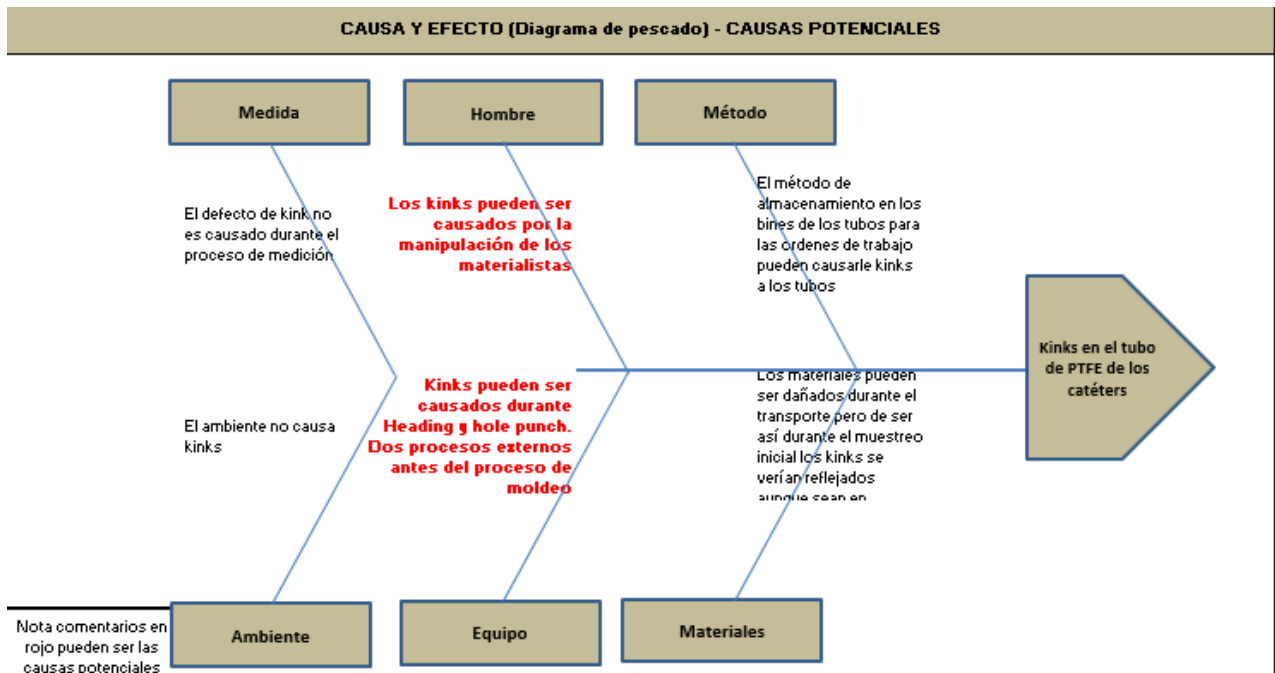


Tabla 18. Análisis de causa-raíz de kinks

5 PORQUES ANALISIS DE CAUSA RAIZ					
Causa	PORQUE 1	PORQUE 2	PORQUE 3	PORQUE 4	PORQUE 5
Los kinks pueden ser causados por la manipulación de los materialistas	El 33% de los defectos de kinks se encuentran en la estación de moldeo antes de que inicie el proceso de manufactura de los cateters TearAway	El material de los tubos de los cateteres TearAway es muy delicado y puede ser danado facilmente	Los tubos deben de ser asignados a las ordenes de trabajo y deben ser transportados al piso de producción.	Actualmente no existe un procedimiento para el manipuleo de dichos tubos a las ordenes de trabajo	Anteriormente a este estudio el defecto existia pero no se conocia que un alto porcentaje es causado previo al proceso de manufactura
Kinks pueden ser causados durante Heading y hole punch, dos procesos externos antes del proceso de moldeo	El 33% de los defectos de kinks se encuentran en la estación de moldeo antes de que inicie el proceso de manufactura de los cateters TearAway	El material de los tubos de los cateteres TearAway es muy delicado y puede ser danado facilmente	El proceso de heading y hole punch requiere que los tubos sean manipulados manualmente e insertados en diferentes equipos	El operador requiere entrenamiento para manipular los tubos de una manera que evite danos durante los procesos de Heading y hole punch	Anteriormente a este estudio el defecto existia pero no se conocia que un alto porcentaje es causado previo al proceso de manufactura

Fuente: El Autor

Una vez revisados los datos, se procede a informarles a los operadores, a los materialistas, a los inspectores de calidad, a los líderes y a los supervisores sobre el impacto que ese defecto está teniendo en el rendimiento de la línea.

Al mismo tiempo, se les indica que la causa-raíz está 100% relacionada con la manipulación de los tubos, tanto en el proceso previo como en el de manufactura.

Se procede a capacitar al personal en cuanto a la forma adecuada de manipular los tubos y a informar cada vez que el defecto se encuentre durante los diferentes procesos.

### 5.3.1 Plan y acción para la implementación

Se inició con la capacitación del personal en el mes de setiembre, una vez que se le presentaron los datos al Departamento de producción de Theragenics. Se inició con los materialistas, quienes son los responsables de alistar los materiales para las órdenes de trabajos, y se continuó con los inspectores de calidad, los operadores, los líderes y los supervisores, los cuales fueron capacitados al mismo tiempo, ya que todos ellos manipulan tubos durante la inspección y la manufactura, por lo que los materiales pueden ser fácilmente dañados si no se tienen los cuidados necesarios. La capacitación fue dada por mi persona y consistió en una presentación interactiva para mostrar la facilidad con que los tubos se dañan con el simple hecho de manipularlos y de no utilizar los contenedores correctos. También se mostró piezas físicas libres de daños que con la manipulación no adecuada llegan a presentar *kinks*, lo cual no es aceptable, pues se convierten en desecho. Para efectos de este proyecto, los manuales de las capacitaciones y el material utilizado no se pueden mostrar, ya que esto viola los lineamientos de la empresa.

Theragenics invirtió 16 horas de capacitación que tuvieron un costo aproximado de 189 000 colones, según los datos proveídos de contabilidad. De esta manera, se pudo reducir el defecto de un 17% a un 3%. Los resultados se basaron en un promedio de 400 partes con *kinks* presentes en la actualidad vs 2450 que se presentaron antes de llevarse a cabo el estudio.

Desde setiembre hasta diciembre de 2018, se monitoreó el defecto de los *kinks* o dobleces en los tubos y se obtuvieron los resultados mostrados en la Tabla 19.

Tabla 19. Defectos de *kinks* presentados desde setiembre hasta diciembre

Mes	Defecto	Cantidad
Setiembre	<i>kinks</i>	425
Octubre	<i>kinks</i>	452
Noviembre	<i>kinks</i>	380
Diciembre	<i>kinks</i>	341

Fuente: El Autor

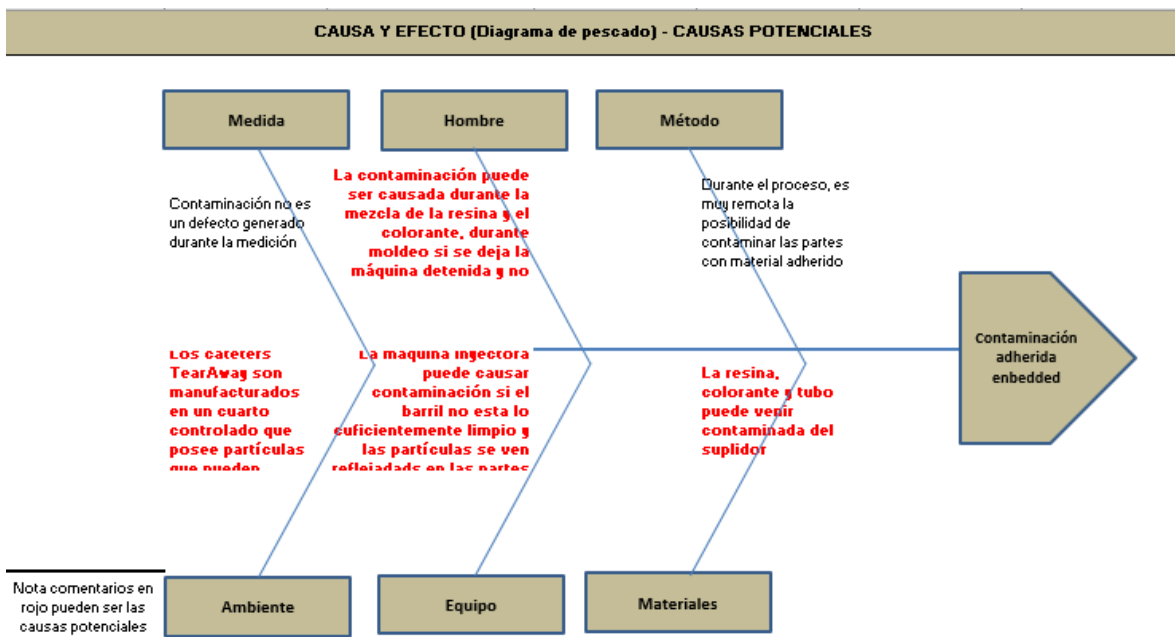
Con la capacitación brindada a los colaboradores, se les explicó la condición no aceptable de los tubos con *kinks*, pues el porcentaje del defecto consiste en un 17%, lo cual lo hace el segundo ofensor en la tabla de defectos. De esta manera, se entrenó uno a uno en la correcta manipulación de los tubos y se les mostró, con ejemplos físicos, lo frágiles que son los tubos y qué tan fácilmente se pueden dañar. Se puede observar que los *kinks* se redujeron a un promedio de 400 partes por mes comparado con las 2432 que se presentaban al inicio del estudio, esto porcentualmente representa una mejora de un 83.4%.

#### 5.4 Propuesta para reducir la cantidad contaminación adherida (*embedded*)

La contaminación adherida (*embedded*) puede estar presente en todos los procesos de manufactura y puede darse ya sea en el tubo o en el cubo. Esta consiste en cualquier tipo de contaminación presente en los catéteres que exceda la especificación de calidad con respecto a contaminación. Es importante mencionar que los catéteres son inspeccionados con microscopios a 4X. Este defecto representa un 18% de los totales.

Para encontrar las causas potenciales de dicha contaminación, se realiza un diagrama causa-efecto y un análisis de causa-raíz que está basado en las causas potenciales.

Ilustración 42. Diagrama causa-efecto de contaminación adherida (embedded)



Fuente: El Autor

Tabla 20. Análisis de causa-raíz de contaminación adherida (embedded)

5 PORQUES ANALISIS DE CAUSA RAIZ					
Causa	PORQUE 1	PORQUE 2	PORQUE 3	PORQUE 4	PORQUE 5
La contaminación puede ser causada durante la mezcla de la resina y el colorante, durante moldeo si se deja la máquina detenida y no se purga	Para la mezcla de la resina y el colorante el proceso es manual, donde se sacan de los recipientes las cantidades necesarias para la mezcla y este proceso presenta una potencial causa de manipulación	Los materialistas pueden utilizar contenedores contaminados para la mezcla o pueden no hacer un buen proceso de limpieza del secador que puede contaminar el material	Falta de capacitación o cuidado	Para el procedimiento de mezcla de material no hay certificación	Porque el proceso de certificación se esta implementando en otros procesos pequeños.
Los catéters TearAway son manufacturados en un cuarto controlado que posee partículas que pueden contaminarlos	El cuarto controlado no es un cuarto limpio donde no existan partículas y el proceso de inyección es un proceso que genera partículas	Los filtros de las manejadoras pueden estar saturados por el ambiente y una no apropiada limpieza puede darse	El departamento de mantenimiento y limpieza pueden no seguir el procedimiento	La verificación del procedimiento puede no darse	Por descuido y falta de compromiso
La máquina inyectora puede causar contaminación si el barril no esta lo suficientemente limpio y las partículas se ven reflejadas en las partes	Mala limpieza del barril cuando se cambia de talla de otro color mas claro	Falta de uso del material Dyna puge para la limpieza	No se sigue el procedimiento de limpieza paso a paso	Falta de capacitación o cuidado	La ausencia de contaminantes en el barril visualmente es difícil determinar
La resina, colorante y tubo puede venir contaminada del suplidor	Contaminación es difícil de ver en resina, colorante y tubos	Los pellets son muy pequeños y el material es concentrado. En el caso de los tubos estos son de color gris oscuro y visualmente	Los suplidores pueden obviar son contaminación en su proceso de inspeccion	El producto no es inspeccionado 100%	No es requeriso una inspeccion 100%

Fuente: El Autor

#### 5.4.1 Plan y acción para la implementación

Se revisaron las causas potenciales con el equipo de trabajo, es decir los operadores, los materialistas, los inspectores de calidad, los líderes y los supervisores, y así se pudo alertar sobre el impacto que ese defecto está teniendo en el rendimiento de la línea. Los mismos miembros del equipo propusieron que se capacitara al personal de cómo medir de una manera adecuada la contaminación adherida y que simplemente no quede a criterio de la persona. Se propuso medir el tamaño de la contaminación adherida con un pin calibrado que simplemente se coloque encima y si el pin cubre la contaminación la parte es aceptable, de lo contrario se desecha. Se acordó que para la capacitación el personal se entrenara con un método físico de partes aceptables y rechazables que deben ser identificadas a un 100% por las personas involucradas en el estudio. Una vez la persona identifica las partes correctamente, se ha aprobado el proceso de certificación de reconocimiento de contaminación adherida (*embedded*).

La gerencia aprobó un plan de capacitación para las personas involucradas en la mezcla de resina y también la capacitación del personal de mantenimiento, moldeo y limpieza, ya que la mayor cantidad de contaminación adherida que se analizó consistía en fibras que, si se mantienen los materiales, los equipos y el cuarto limpios, se disminuyen y se previene la presencia de este alrededor del moldeo por inyección. En dicha capacitación, se le informó al personal el impacto que sus tareas de trabajo pueden tener si no son realizadas correctamente, ya que la mayor parte de la contaminación adherida eran fibras o partículas que a simple vista no se ven, pero con magnificación son fáciles de identificar y una manera de prevenirlas es asegurando que los cuartos de producción estén bien limpios. La certificación consistió en mostrar los mayores contaminantes en los cuartos de producción y, a partir de la evidencia objetiva, qué sucede cuando las superficies no se esterilizan por 24 horas, lo cual se hizo mediante la colocación de una toalla negra encima de una mesa y su observación bajo el microscopio.

Se inició un monitoreo del defecto de octubre a diciembre de 2018, después de la capacitación y la certificación del personal, y se observó una reducción de un promedio de 2672 unidades mensuales a únicamente 650 unidades. Esto indica una mejora porcentual de un 86% y una reducción del defecto de un 18% a un 4%. Según la Tabla 19, el promedio de partes desechadas por contaminación adherida al mes es de 650 partes vs 2672 antes del estudio

Para efectos de este proyecto, los manuales de capacitación no pueden ser mostrados por lineamientos de la empresa.

*Tabla 21. Defectos encontrados con contaminación durante meses de octubre a diciembre de 2018*

Mes	Defecto	Cantidad
Octubre	Contaminación	628
Noviembre	Contaminación	702
Diciembre	Contaminación	622

Fuente: El Autor

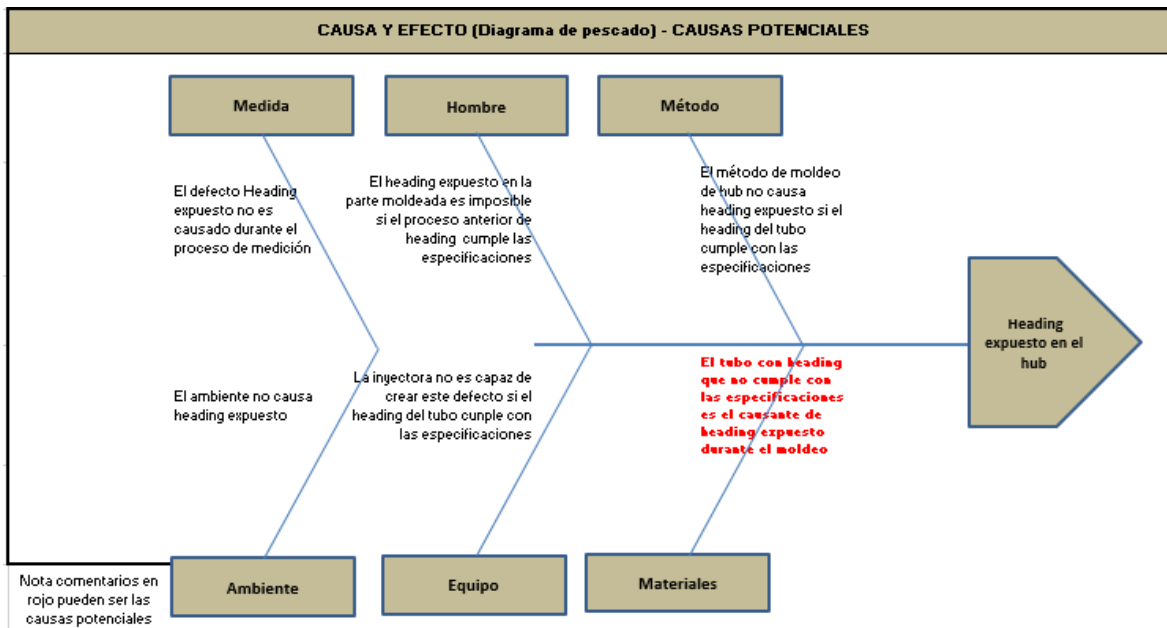
## 5.5 Propuesta para reducir la cantidad de *heading* expuesto

El *heading* es un proceso previo al de manufactura que se le hace al tubo de los catéteres TearAway para ayudar a sostener el tubo en el cubo. Este puede hacerse de manera inapropiada y, cuando es usado en el proceso de manufactura del catéter, puede quedar expuesto durante el sobremoldeo del cubo.

El defecto es muy visible y, si está presente, la parte debe ser desechada. El *heading* expuesto representa un 8% de los defectos totales de la línea de manufactura del TearAway.

Para determinar las causas potenciales por la cuales se presenta este defecto, se realizó un diagrama de causa-efecto y un análisis de causa-raíz.

Ilustración 43. Diagrama causa-efecto de *heading* expuesto en el cubo



Fuente: El Autor

Ilustración 44. Análisis de causa-raíz de heading expuesto en el cubo

5 PORQUES ANALISIS DE CAUSA RAIZ					
Causa	PORQUE 1	PORQUE 2	PORQUE 3	PORQUE 4	PORQUE 5
El tubo con un heading que no cumple con las especificaciones es el causante de heading expuesto durante el moldeo	Las especificaciones del heading son visuales lo que puede prestar para errores	El patrón del operador y el inspector es una imagen	El heading debe ir cubierto con el sobremoldeo del hub	Solamente es usado para amarrar el tubo sobre moldeo del hub	Para asegurar que el tubo no se va a desprender.

Fuente: El Autor

### 5.5.1 Plan y acción para la implementación

Con el objetivo de poder reducir la cantidad de defectos de *heading* expuesto, se propone preparar ayudas visuales, las cuales son parte de los anexos, con piezas físicas con el fin de diferenciar una parte aceptable de una rechazable y también se capacitó al personal. Theragenics adoptó el formato de ayudas visuales creado durante el proyecto. El documento forma parte del sistema de calidad de la compañía y está bajo el número CC-005 el cual se incluirá como apéndice del proyecto. Esta ayuda visual es parte de la capacitación del personal de Theragenics en la actualidad.

El defecto de *heading* expuesto fue monitoreado de setiembre a diciembre de 2018 y fue reducido de un 8% a un 3%.

Tabla 22. Defectos de heading expuesto durante los meses de setiembre a diciembre

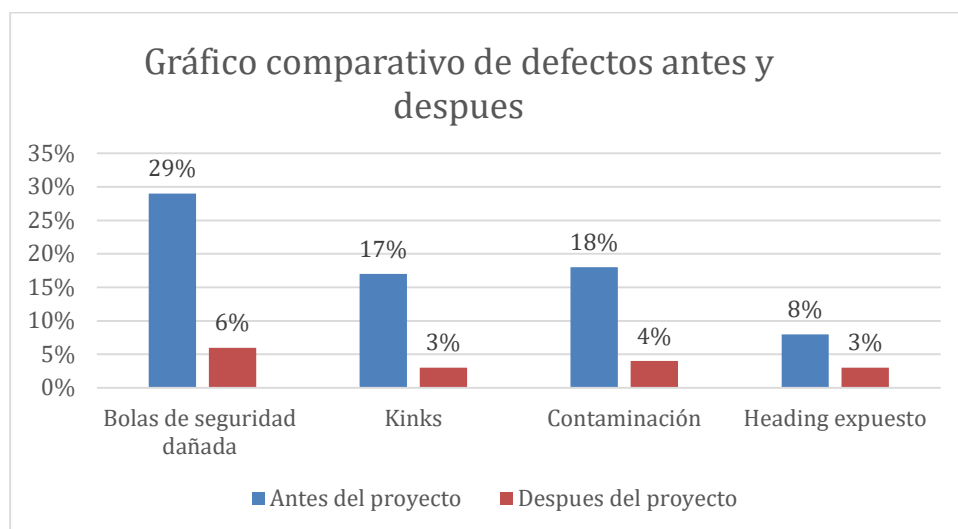
Mes	Defecto	Cantidad
setiembre	heading expuesto	488
octubre	heading expuesto	451
noviembre	heading expuesto	413
diciembre	heading expuesto	380

Fuente: El Autor

Con la minimización de los 4 defectos mayores de un 72% a un 16% el desecho se reduciría en partes de 15 408 unidades a 5564 unidades. Esto significa que el desecho se reduciría en 9844 partes, por lo tanto, el rendimiento aumentaría en un 9.2%. Es decir, la cantidad que se podría exportar sería de aproximadamente 95 444 partes.

Dado a que en Theragenics no se cuenta con un proceso establecido de certificación, solamente de inducción y de entrenamiento de trabajo, se considera generar el puesto de trabajo para un entrenador, ya que para la implementación del entrenamiento y los refrescamientos trimestrales se necesitaría una persona responsable de la tarea.

Ilustración 45. Gráfico comparativo de los 4 defectos mayores antes y después



Fuente: El Autor

## 5.6 Análisis costo-beneficio de los sistemas de mejora

El factor económico es uno de los que tiene mayor peso al momento de tomar una decisión, por lo tanto, es fundamental realizar el análisis correspondiente que permita conocer los costos de poner en funcionamiento la mejora y los beneficios obtenidos de la esta. En la Tabla 21 se presentan los costos en los que debe incurrir la empresa para implementar las mejoras de la propuesta en el funcionamiento de la línea.

Tabla 23. Costos de la propuesta

Defecto	Actividad	Costo
Bolas de seguridad dañadas	Compra de buckets a Galt	\$0
Kinks	Creación y capacitación de manipuleo de tubos	\$700
	Refrescamiento trimestral al personal del correcto manipuleo de tubos. Duración 30 minutos.	\$280
Contaminación	Desarrollo del metodo de inspección y capacitación	\$900
	Creación y capacitación de la manera correcta de mezcla de resina	\$300
	Creación y capacitación principales causas causantes de contaminación en el producto	\$1,300
	Refrescamiento trimestral al personal en la limpieza de los cuartos, correcto uso de la mezcla de resina y colorante y prevención de la contaminación. Duración 45 minutos.	\$300
Heading expuesto	Creación e implementación de las ayudas visuales. Procedimiento CC-005	\$2,000
	Capacitación en el procedimiento CC-005	\$1,600
Contratación de un entrenador	Encargado de entrenar, refrescar y certificar al personal	\$14,263
<b>Total</b>		<b>\$21,643</b>

Fuente: El Autor

El costo total a invertir, para poner en funcionamiento la propuesta planteada a la empresa, asciende a \$21 643 si se toma en cuenta la contratación de un entrenador, que es lo que genera el coste más alto con un valor de \$14 263, incluyendo cargas sociales, lo que representa aproximadamente un 45% más de su salario, según la información brindada por el Departamento de Recursos Humanos de Theragenics.

La creación de los procedimientos y el entrenamiento se implementaron con aprobación de la gerencia durante los meses de setiembre y diciembre. Estos se llevaron a cabo con la ayuda de la autora y los ingenieros de manufactura y calidad.

Ahora bien, con el incremento del *yield* en un 9.2%, reflejado en los meses de octubre a diciembre de 2018, se logran exportar un aproximado de 9844 unidades adicionales, las cuales representan, en ventas, alrededor de \$480 000 mensualmente y además se reduce el costo del desecho en aproximadamente \$400 000 al reducirlo.

El beneficio de Theragenics en invertir en un entrenador para capacitar y actualizar al personal es un proyecto de baja inversión y, de igual manera, puede darle a la empresa beneficios económicos significativos, ya que se reduce el tiempo de espera del cliente al poder exportar más y cumplir con el volumen de meta establecido por la alta gerencia.

Con esta propuesta se demuestra que se cumplen los objetivos planteados del proyecto y, si se lleva a cabo la contratación del entrenador, se asegura el seguimiento de capacitación para que los defectos se mantengan en los niveles propuestos. La inversión total sería de \$21 643 para lograr una rentabilidad de aproximadamente \$518 000.

### 5.7 Plan de implementación y cronograma de actividades

Tabla 24. Plan de implementación

Mes	agosto				setiembre				octubre				noviembre				diciembre				enero				febrero			
Duración en semanas	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Actividades																												
Creación de procedimientos			■	■																								
Entrenamientos				■	■	■	■	■																				
Refrescamiento de capacitaciones																									■	■	■	■
Contratación del entrenador																					■	■						
Capacitación del entrenador																							■	■	■	■		

Fuente: El Autor

Debido a que las actividades a ejecutar para el funcionamiento de la propuesta son pocas, ya que las más simples y aquellas que requerían menos inversión se realizaron durante la ejecución del proyecto, en los meses de agosto y setiembre, se procedió a monitorear las acciones implementadas en los meses de setiembre a diciembre, en los cuales se demuestran los resultados de la mejora de los rendimientos, la duración se extiende por dos meses, como se puede visualizar en la Tabla 22. La tarea que tiene una mayor duración es la capacitación del entrenador, quien será la persona encargada de realizar las capacitaciones y la actualización de los procedimientos en dicha línea. Las otras actividades requieren una menor duración, pues ninguna de las actividades afectará la producción de la línea.

La contratación de un nuevo recurso humano se realizará en dos semanas y, para ello, se utilizará los lineamientos ya establecidos por el Departamento de Recursos Humanos.

## **Capítulo VI**

# **Conclusiones y recomendaciones**

## 6.1 Conclusiones

- La descripción de las actividades hechas por la empresa permitió entrar en el contexto operacional de la organización, conocer su funcionamiento de forma general y, posteriormente, observar la línea en estudio. En esta se recolectó información valiosa, la cual fue brindada por los operarios, los líderes, los supervisores y los ingenieros, como la forma de realizar las actividades, el proceso de cada una de las estaciones y el área específica donde se generan los defectos. Asimismo, se apreció la distribución física de la línea, donde se encuentra cada estación de trabajo y el camino que recorre la unidad en el transcurso de su elaboración.
- La elaboración de la unidad pasa por seis estaciones de trabajo. En la primera, se ejecuta el moldeo del plástico de la pieza que va a ser procesada. Una vez hecho el molde, se realiza el corte de las unidades que salen de la máquina; posteriormente se hace una inspección de la unidad y, la cuarta estación es la de *tipping*, donde se perfila la punta del catéter aplicándole calor con el uso de una máquina. Luego se pasa a la estación de *trimming*, donde se retira el exceso de plástico en la punta del catéter y, en última instancia, se realiza la inspección final del proceso.
- Las herramientas utilizadas para el desarrollo del estudio permitieron generar información de provecho para analizar la situación actual. El diagrama de flujo estableció el orden de las operaciones y las actividades que se realizan en cada una de ellas. Además, al analizar la cantidad de defectos presentados en los primeros 6 meses de 2018 y el bajo rendimiento obtenido quedó en evidencia que la línea no cumple con la producción meta establecida por la alta gerencia. En cuanto a la capacidad para producir, con la simulación actual, se logró determinar que el proceso es capaz de producir 120 824 unidades lo cual confirma que la línea puede cumplir con la meta dada por la alta gerencia de 100 000 unidades mensuales con los recursos existentes.

Por medio de las herramientas utilizadas se llegó a la causa-raíz de cada uno de los 4 defectos estudiados y se dieron detalles de las principales causas que provocan los defectos que perjudican gravemente el rendimiento de la línea.

- El proceso de implementación, al mes de diciembre de 2018, muestra, como resultado, que el porcentaje de cumplimiento de la meta de exportación es de un 95.4% y que el desecho se redujo en un 9.2%
- Por último, una vez analizados los costos de la implementación de las propuestas de mejora a la problemática de los cuatro defectos mayores, se logra identificar que para la alta gerencia el costo es aceptable con respecto a los beneficios que se obtienen al implementar la propuesta y también se logra alcanzar la meta de producción mensual, lo que permite la mejora del proceso actual.

## 6.2 Recomendaciones

El diseño o la solución que se pretende desarrollar con el proyecto tiene como objetivo aumentar el rendimiento (*yield*) de la línea de producción, con el fin de reducir el faltante de unidades que no se exportan mes a mes debido a la cantidad de partes que no cumplen con las especificaciones de calidad y que, por lo tanto, se convierten en desecho.

### Corto plazo (2 meses)

- Se deben realizar las actividades con respecto al plan de implementación. Además, se recomienda acatar las medidas de las propuestas del capítulo V.

### Mediano plazo (6 meses)

- Elaborar un proyecto similar con el resto de los defectos, con el cual se puedan estudiar una a una las causas raíz y así aumentar aún más la eficiencia.
- Desarrollar entrenamientos interactivos de los diferentes procesos para un mejor entendimiento de los requerimientos de calidad del producto. Estos se pueden llevar a cabo con partes físicas y ayudas visuales que hacen los defectos más evidentes, ya que las partes deben ser inspeccionadas con magnificación 4X.
- Según los resultados de la simulación de capacidad de la línea, es evidente que se está elaborando menos producto de lo que se debería, según el escenario actual, por lo tanto, es recomendable hacer un estudio ya que se están produciendo 14 000 unidades mensuales menos.

## Referencias Bibliográficas

- Bernárdez , M. (2009). *Desempeño Humano Manual de Consultoría* . Estados Unidos: AuthorHouse.
- Caso, A. (2006). *Técnicas de medición del trabajo*. España: FUNDACIÓN CONFEMETAL.
- De la Fuente, D., García, N., Gómez, A., & Puente, J. (2006). *Organización de la producción en Ingenierías* . España: Ediciones de la universidad de Oviedo.
- Díaz, L. (2005). *Análisis y planeamiento con aplicaciones a la organización policial* . Costa Rica: EUNED.
- Díaz, L. F. (2005). *Análisis y planeamiento* . Costa Rica: EUNED.
- Escalante, A., & González, J. (2016). *Ingeniería Industrial Métodos y Tiempos con Manufactura Ágil* . México: Alfaomega .
- Gutiérrez, H. (2010). *Calidad total y productividad (3a. ed.)*. México: McGraw-Hill Interamericana.
- Herdández, R., Fernández, C., & Baptista , M. (2014). *Metodología de la investigación*. México: Mc GrawHill.
- ISO. (2015). Norma Internacional ISO 9000:2015. *Sistema de gestión de la calidad- Fundamentos y vocabulario*. Suiza.
- ISO. (2015b). *Sistemas de gestión de la calidad. Requisitos. ISO 9001:2015*.
- Krajewski, Lee, j., Ritzman, & Larry, P. (2000). *Administración de operaciones: estrategia y análisis*. México: PEARSON EDUCACIÓN.
- López, P. (2016). *Herramientas para la mejora de la calidad* . España: FUNDACIÓN CONFEMETAL .
- Miranda, F., Chamorro, A., & Rubio, S. (2007). *Introducción a la gestión de la calidad*. España: Delta Publicaciones.
- Niebel , B., & Freivalds , A. (2009). *Ingeniería industrial Métodos, estándares y diseño del trabajo* . México: MG GRAW HILL.

Ricardo, C. (2014). *Estadística en la educación*. México: UNID.

Rodríguez, E. (2005). *Metodología de la investigación* . México: Universidad Juárez Autónoma de Tabasco .

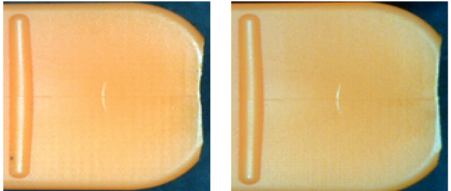

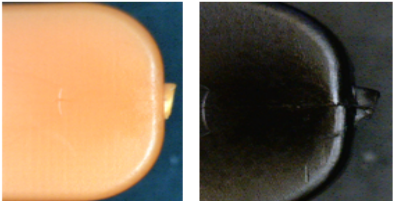
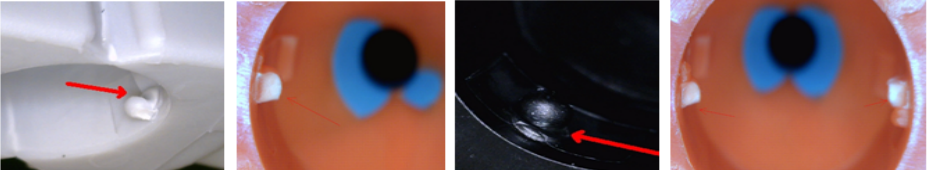
Suñé, A., Gil, F., & Arcusa, I. (2004). *Manual Práctico de Diseño de Sistemas Productivos*. España: Ediciones Díaz de Santos, S.A.

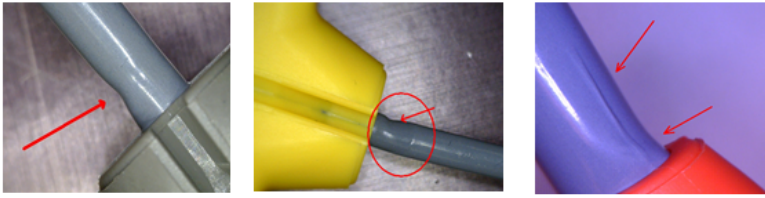
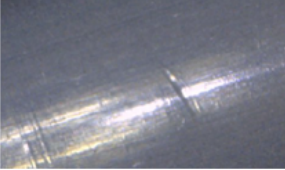

Toro López, F. J. (2016). *Costos ABC y presupuestos: herramientas para la productividad (2a. ed.)* . Colombia: Ecoe Ediciones.

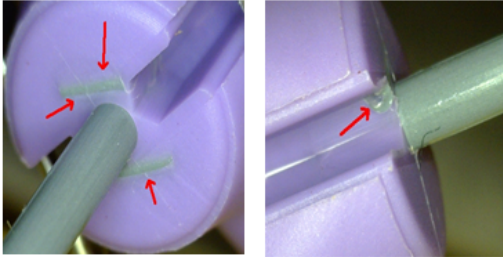

# Apéndice

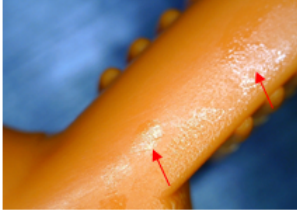
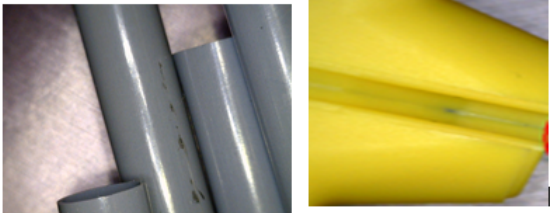
CC-005 Rev A Ayuda visual de partes aceptables y no aceptables


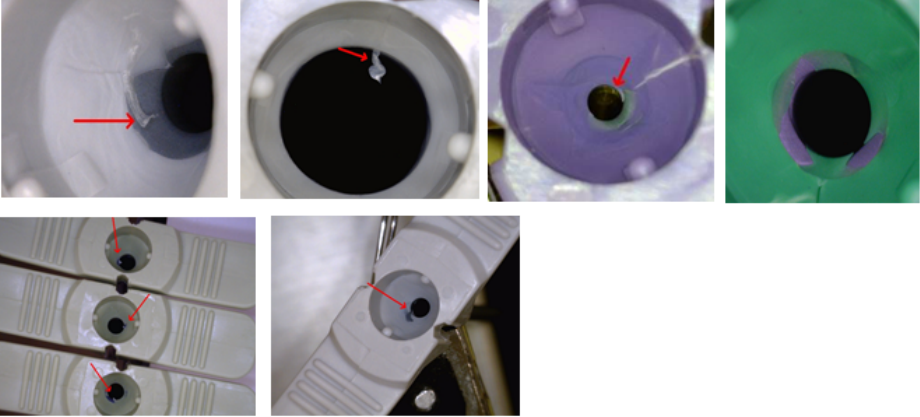
<b>Theragenics Costa Rica</b>	<b>Documento No.: CC-005</b>
<b>Descripción: Ayuda visual de defectos para catéteres TearAway</b>	<b>Rev.: A</b>
	<b>Fecha efectiva: 29-Nov-18</b>
	<b>Pág.: 128 of 129</b>

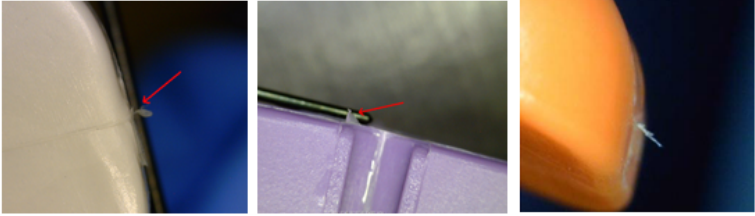
<p><b>DF12</b></p> <p><b>Componente Deformado</b></p>	<p><b>No Aceptable:</b> *Algún componente deformado podría ser causado por cargas externas, o cambios en temperatura, humedad, o reacciones químicas, etc. Rechace – Bola de seguridad dañada en más de un 25%</p>	<p>6) Sobrecorte-<b>No Aceptable</b> Note: Cortes que deformen la forma original de las partes no son aceptables.</p>  	<p>7) High gates- <b>No acceptable</b></p> 
		<p>8) Bolas de seguridad malformadas Nota: <b>No Aceptable</b> – revise por tamaño bola seguridad</p> 	

<p><b>DF33</b></p> <p><b>Kinks</b></p>	<p><b>Aceptable:</b> No se permiten los pliegues, marcas o dobladuras no pueden ser vistas a 12-14" o sentidas al pasar entre los dedos.</p> <p><b>No Aceptable:</b> No se permite pliegues, marcas o dobladuras en el tubo que puedan ser visibles a 12-14" o al sentirlos a pasar entre los dedos.</p>	<p>1) <b>Pliegues- No Aceptable</b></p>  <p>2) <b>Mrcas –No Aceptable</b></p> 
<p><b>DF34</b></p> <p><b>Decoloración</b></p>	<p><b>Aceptable:</b> El color de las partes debe ser similar comparado con el color del patrón enviado por el proveedor de acuerdo al colorante usado.</p>	<p>1) <b>Color chip</b></p> 

<p><b>DF14</b></p> <p><b>Defecto de Superficie</b></p>	<p><b>UnAceptable:</b> Exposición del tubo que pueda ser sentido no es aceptable, si solo es visual acepte</p>	<p>4) <b>Tubo expuesto– No aceptable</b></p>  <p>5) <b>Exposición del tubo inaceptable si se siente, de otra manera acepte</b></p> 
--	--	--

<b>DF16</b> <u>Contaminación</u> <u>Adherida</u>	<p><b>Aceptable:</b>  * Parte debe no presentar contaminación adherida menor a 0.050"</p>	<p>1) <u>Grasa</u> – <b>No Aceptable</b></p> 
	<p><b>Unnacceptable:</b>  *Parte debe no presentar contaminación adherida mayor a 0.050"</p>	<p>2) <u>Aceite</u> – <b>No Aceptable</b></p> 

FOTOGRAFÍAS DE DEFECTOS- MODOS DE FALLA TEARAWAY		
<b>DF10</b> <u>Flash</u>	<p><b>Aceptable:</b>  * Flash aceptable menor a 0.015" en altura y mayor o igual a 0.005" en grosor son aceptables.  *Pelo de ángel "Angel hair" sólo es permitido en el área de los runners; menor a 0.030" en altura es aceptable.</p>	<p>1) Flash en el borde inferior del Hub mayor a 0.015" - <b>No aceptable</b>  Nota: Revise por altura y grosor del flash</p> 
	<p><b>No aceptable:</b>  Flash igual o mayor a 0.015" y menor a 0.005" en grosor.  Flash en el paso de fluido no es aceptable.  Pelo de ángel "Angel hair" sólo es permitido en el área de los runners; igual o mayor a 0.030" en altura no es aceptable.</p>	<p>2) Flash en el paso del fluido- <b>No aceptable</b>  Nota: Paso del fluido debe estar libre de Flash</p> 

<p><b>DF10</b></p> <p><b><u>Flash</u></b></p>	<p><b>No Acceptable:</b> Flash igual o mayor a 0.015" y menor a 0.005" en grosor.</p> <p>Flash en el paso de fluido no es aceptable.</p>	<p>3) Flash en el hub mayor a 0,015" <b>No aceptable</b> Nota: Pelo de angel "Angel hair" <b>No aceptable</b> en cualquier parte del hub que no sean los runners</p> 
	<p><b>Pelo de ángel "Angel hair" sólo es permitido en el área de los runners; igual o mayor a 0.030" en altura no es aceptable.</b></p>	<p>4) Flash presente en el tubo <b>No aceptable</b> Nota: Ningún flash presente en el tubo con material levantado es aceptable, si el material esta adherido es aceptable</p> 